

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO DEL CIRCUITO DE PREPARACIÓN DE PASTA**  
**PARA LA CAPA SUPERIOR DE LA LÍNEA DE**  
**PRODUCCIÓN DE PAPEL DE EMPAQUE**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**ELABORADO POR:**

**ALEJANDRO EMMANUEL HINOSTROZA BORDA**

**PROMOCIÓN 2011 - II**

**LIMA – PERÚ**

**2015**

## DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y ser mi fortaleza a lo largo de ella.

A mi abuelo Alejandro por ser mi ejemplo de vida. A mi abuela Laura Yolanda por su apoyo constante. A mis abuelos Armando y Zoila por sus bendiciones. A mis padres José Luis y Ana Zoila por ser mi guía y formación. A mis hermanos Renzo y Diego por todo su cariño infinito. A mi tío Armando por estar siempre pendiente de mi desarrollo como persona y profesional.

A mi compañera de vida Claudia y mi hijo Alejandro, por ser la chispa que me hace sentir vivo y ser feliz y por quienes doy todo mi esfuerzo y dedicación.

## ÍNDICE

PRÓLOGO	01
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</b>	<b>03</b>
1.1 Descripción de la Empresa	04
1.1.1 Datos de la empresa	04
1.1.2 Misión, visión y política de calidad	04
1.1.3 Mercado	05
<b>CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>06</b>
2.1 Antecedentes del problema	06
2.2 Problema General	06
2.3 Problemas específicos	07
<b>CAPÍTULO 3: FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	<b>08</b>
3.1 Circuito de preparación de pasta de papel	08
3.2 Papel de empaque	08
3.2.1 Liners	08
3.2.2 Corrugado medio	09
3.3 Fabricación de papel con dos capas	09
3.4 Definiciones importantes	12
3.4.1 Papel	12
3.4.2 Pasta de papel	12
3.4.3 Consistencia	12
3.4.4 Toneladas por día (TPD)	12
3.5 Descripción de equipos	12

3.5.1 Hidrapulper	13
3.5.2 High density cleaner	16
3.5.3 Fiberizer	17
3.5.4 Bombas de pasta	19
3.5.5 Depurador a presión o screen	20
3.5.6 Espesadores de tornillo inclinado	21
3.5.7 Refinadores	22
<b>CAPÍTULO 4: OBJETIVOS E HIPOTESIS</b>	<b>26</b>
4.1 Objetivo General	26
4.2 Objetivos Específicos	26
4.3 Justificación	26
4.4 Alcances	27
4.5 Descripción del trabajo	28
4.6 Hipótesis General	28
4.7 Hipótesis Específicas	29
<b>CAPÍTULO 5: DISEÑO DEL CIRCUITO DE PREPARACIÓN DE PASTA DE PAPEL</b>	<b>30</b>
5.1 Definición del circuito de preparación de pasta	30
5.2 Determinación de los flujos máxicos del circuito de preparación de pasta	32
5.3 Selección de equipos	36
5.3.1 Hidrapulper	36
5.3.2 Bomba 1 CS	37
5.3.3 High Density cleaner (HDC)	40
5.3.4 Fiberizer	41
5.3.5 Bomba 2 CS	45
5.3.6 Screen Primario	47
5.3.7 Espesador de tornillo primario	50
5.3.8 Bomba 3 CS	52
5.3.9 Screen Secundario	55

5.3.10	Espeador de tornillo secundario	56
5.3.11	Bomba 4 CS	57
5.3.12	Refinador	60
5.4	Evaluación del rechazo del circuito de preparación de pasta para la capa superior.	63
<b>CAPÍTULO 6: COSTOS</b>		<b>64</b>
6.1	Costos de los equipos adquiridos	62
6.2	Costos de equipos nuevos	65
6.3	Comparativo de costos	65
6.4	Resultados esperados de la implementación	66
6.4.1	Productividad	66
6.4.2	Rentabilidad	66
CONCLUSIONES		67
RECOMENDACIONES		68
BIBLIOGRAFÍA		69
ANEXOS		

## **PRÓLOGO**

La importancia del papel y los productos derivados de este en la vida moderna es indiscutible, no hay ningún producto manufacturero que tenga un papel tan importante en cualquier área de la actividad humana. Es el material de envase y embalaje más ampliamente utilizado directamente y sirve como materia prima para la elaboración de cajas de cartón utilizando papel de empaque.

En América Latina el Perú es uno de los países con menor consumo de papel, con solo 13 kg per cápita al año, mientras que Chile y Argentina presentan consumos de 53 kg y 49 kg respectivamente. En el Perú la industria papelera representa el 5.5% del PBI manufacturero y el 0.8% del PBI total.

La industria es consciente de la penetración y competición de otros sectores, notablemente los plásticos y la electrónica, en los mercados tradicionales del papel. Esto obliga a la industria papelera a adoptar nuevas tecnologías y metodologías para que la industria pueda seguir siendo competitiva en los mercados existentes y estar lista para nuevas oportunidades.

La idea de ser más competitivo es lo que motivo a la empresa Cartones Villa Marina S.A. a desarrollar el proyecto de ampliar la capacidad de producción trabajando con papel formado por dos capas (capa inferior y capa superior).

El objetivo del presente informe es diseñar el circuito de preparación de pasta de la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa Cartones Villa Marina-división Molino.

En el primer capítulo se muestra la introducción del presente informe así como la descripción de la empresa, donde se hace mención a los datos de la misma, misión, visión, política de calidad y mercado.

En el segundo capítulo se define el planteamiento de problema, dividido en tres subcapítulos: antecedentes del problema, problema general y problemas específicos.

En el tercer capítulo se desarrolla el fundamento teórico, donde se define el circuito de preparación de pasta, el papel de empaque, la metodología de fabricación de papel con dos capas, se mencionan algunas definiciones comunes en el argot de la industria papelera además utilizadas en el presente informe y se desarrolla una descripción de los equipos utilizados para la elaboración del circuito de preparación de pasta.

En el cuarto capítulo se presenta el objetivo general, objetivos específicos, justificación, alcances, descripción del trabajo, hipótesis general e hipótesis específicas.

En el quinto capítulo se sustentan los criterios y cálculos para la selección de los equipos utilizados para la elaboración del circuito de preparación de pasta y se concluye con la determinación del porcentaje de rechazo del circuito de preparación de pasta diseñado.

En el sexto capítulo se muestran los costos de los equipos seleccionados y adquiridos, costos de equipos nuevos y equivalentes, el comparativo de costos y los resultados esperados de la implementación.

Finalmente se presentan conclusiones y recomendaciones del presente informe originadas como resultado del desarrollo del diseño de la línea de preparación de pasta de papel.

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN**

Los papeles de empaque son utilizados principalmente en la industria corrugadora, es decir para la fabricación de cajas de cartón. Las cajas de cartón tienen caras en las que se deben hacer impresiones y mostrar algún detalle publicitario, en estos casos se debe de utilizar papeles con algunas características especiales, entre las que principalmente tenemos: baja porosidad, lisura y no tener pecas o contaminantes que se puedan observar.

Cuando se utiliza fibra reciclada o fibra secundaria para la fabricación de papel, una buena opción para bajar los costos es fabricar papeles de empaque con dos capas adheridas en la mesa de formación, donde una de ellas se le da las propiedades anteriormente mencionadas y la otra capa se utiliza básicamente para llegar al gramaje y propiedades solicitados por el cliente. Obviamente el cliente debe de tener conocimiento cual es la cara del papel con propiedades de impresión.

Normalmente en el mundo papelerero cuando se trabajan con dos capas se les dan el nombre de capa inferior y capa superior. Cada capa tiene su mesa de formación y por lo general la dirección de las velocidades del papel en esas mesas son opuestas y se unen en el rodillo de acople.

En la empresa cartoneros Villa Marina la capa inferior aporta el 70% de la masa del papel, mientras que la capa superior aporta el 30% restante.

## **1.1 Descripción de la Empresa**

El Grupo COMECA de Costa Rica es una institución con más de 30 años de experiencia y cuenta con presencia en 9 países alrededor de América Latina, participando en el rubro de empaques de cartón corrugado, envases de hojalata, alimentos, turismo y comercio retail.

En el Perú, cuenta con Cartones Villa Marina (CARVIMSA) y Envases Los Pinos (EPINSA), en los rubros de cartón corrugado y envases de hojalata respectivamente.

La empresa Cartones Villa Marina cuenta a su vez con dos divisiones: división molino (fábrica de papel) y división corrugado (fábrica de cajas).

### **1.1.1 Datos de la empresa**

- Razón Social: CARTONES VILLA MARINA S.A.
- Ubicación: Lote B del Segundo Lote de la Parcela N 2 Ex Fundo Nieveria - Lurigancho, Chosica.
- Teléfono: (51-1) 719-0552
- RUC: 20424964990

### **1.1.2 Misión, visión y política de calidad**

- Misión: Somos una empresa orientada a la solución rentable y personalizada de envases de cartón corrugado para nuestros clientes, sobre la base del desarrollo humano y una actitud positiva frente al cambio.
- Visión: Trabajamos con una visión corporativa de manera que en el plazo de cinco años habremos alcanzado:
  - El liderazgo en servicio al cliente y en la solución integral de sus necesidades de envases.

- Una sólida y creciente presencia en el mercado agroindustrial.
- La consolidación de nuestro crecimiento y participación en el segmento domestico del mercado nacional de envases de cartón corrugado.
- Política de calidad: Conocer y satisfacer los requerimientos de nuestros clientes, traducirlos en productos y servicios efectivos asegurando estos resultados mediante un mejoramiento permanente de nuestra gestión.

### 1.1.3 Mercado

“Cartones Villa Marina S.A.” a través de sus soluciones de empaques en las líneas de corrugado y micro corrugado, atiende a los sectores de Agro, Pesca, Textil, Farmacéutico, Alimentos, Cosméticos e Industrial.

Los empaques en cartón corrugado se han distinguido por ser uno de los medios de almacenamiento más versátiles del mercado mundial y “Cartones Villa Marina S.A.” los ofrece al mercado peruano en la más amplia variedad de soluciones de acuerdo a sus necesidades.

## **CAPÍTULO 2**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **2.1 Antecedentes del Problema**

El montaje del molino de “Cartones Villa Marina S.A.” se realizó en el transcurso del año 2008. En el mes de enero del año 2009 se iniciaron las pruebas para el arranque de máquina, para estas pruebas vino personal del área de producción del molino de “CARTOPEL”, el cual está ubicado en la ciudad de Cuenca en el país de Ecuador y también pertenece al grupo COMECA. El objetivo del personal que vino para el arranque de máquina desde “CARTOPEL” era apoyar con su experiencia y hacer el arranque lo más rápido y seguro posible. Finalmente el arranque de máquina se realizó en el mes de Marzo y se inició la producción continua de papeles de empaque.

Si bien es cierto que la máquina de producción de papel se montó con dos mesas de formación para producir papeles con dos capas (capa inferior y capa superior), no estaba diseñado el circuito de preparación de pasta de la capa superior, debido a que se contempló arrancar solo con una capa.

#### **2.2 Problema General**

No existe un diseño para el circuito de preparación de pasta para la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa “Cartones Villa Marina S.A.”.

### **2.3 Problemas específicos**

- No está definido el circuito de preparación de pasta para la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa “Cartones Villa Marina S.A.” en el año 2013.
- No están determinados los flujos máxicos presentes en cada etapa del circuito de preparación de pasta para la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa “Cartones Villa Marina S.A.” en el año 2013.
- No se tienen los equipos de segunda mano necesarios para el circuito de preparación de pasta para la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa “Cartones Villa Marina S.A.” en el año 2013.

## **CAPÍTULO 3**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO**

#### **3.1 Circuito de preparación de pasta de papel**

Se llama circuito de preparación de pasta de papel al conjunto de instalaciones y equipos previos a la máquina de papel donde se preparan las pastas que van a formar parte de la composición fibrosa, es decir se desintegran, depuran y refinan, se mezclan entre sí en las proporciones requeridas obteniendo finalmente la composición del papel necesaria para que una vez fabricado en la máquina de papel, tenga las características físico-químicas requeridas.

Aunque todas estas fases tienen una gran importancia, podemos considerar a la refinación como la más importante porque es en ella donde prepararemos las fibras de celulosa para dotar al papel con las características necesarias.

#### **3.2 Papel de empaque**

Se define como papel de empaque, al papel utilizado para la fabricación de empaques de cartón. En la figura 3.1 se puede apreciar la composición básica de un cartón y los tipos de papeles de empaque que se utilizan.

##### **3.2.1 Liners**

Son los papeles de empaque utilizados en las caras externas del cartón.

### 3.2.2 Corrugado medio

Son los papeles de empaque utilizados para formar la onda interna en un cartón.

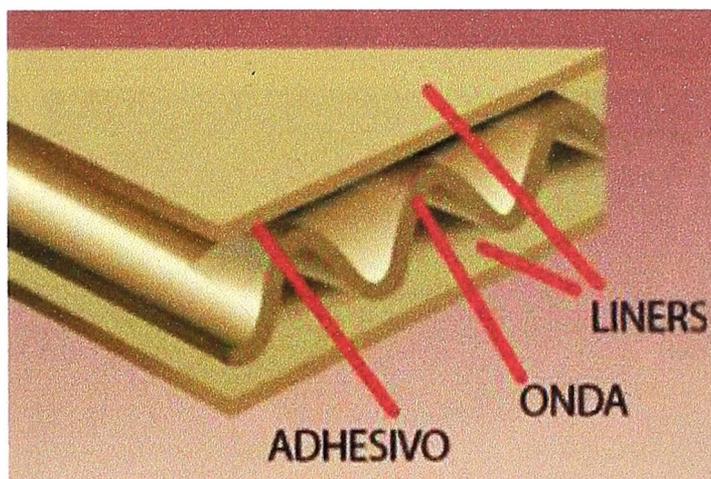


Figura 3.1 Composición típica de un cartón.

### 3.3 Fabricación de papel con dos capas

La fabricación del papel en dos capas es un procedimiento muy utilizado en la industria moderna de fabricación de papel de empaque. Se refiere a la capacidad de fabricar papeles independientes o capas, los cuales se unen en la mesa de formación en el rodillo acople, como se puede ver en la figura 3.2, dando como producto final un solo papel con caras de propiedades distintas.

La posibilidad de poder fabricar papeles con dos capas, permite darle características específicas a cada capa. Generalmente la capa inferior es de menor calidad y aporta el 70% en la masa de papel, mientras que la capa superior es de mejor calidad y aporta el 30% restante. La rentabilidad de esto radica en que al necesitar que solo una cara del papel tenga características especiales, se fabrica la capa superior con la materia prima de alta calidad ( mayor costo) y solo representa el 30% de la masa de

papel, mientras que si fabricaría papel de una sola capa tendría que destinar materia prima de alta calidad para fabricar el 100% de la masa de papel, elevándose drásticamente el costo de fabricación de la tonelada de papel de empaque, haciendo el papel poco competitivo en el mercado debido al alto costo de conversión.

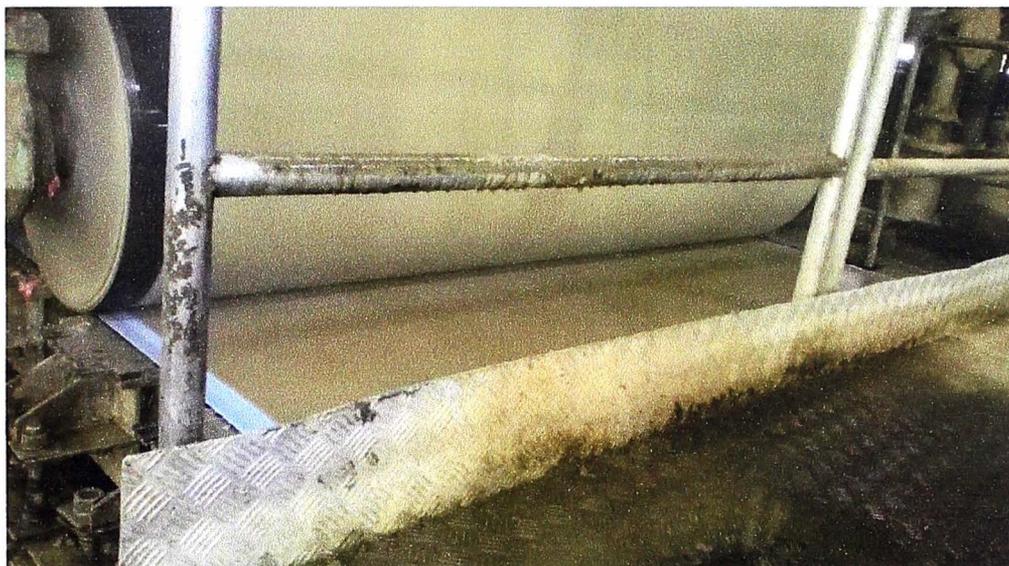


Figura 3.2 Unión de capas en el rodillo acople de la mesa de formación.

Es importante mencionar que para poder fabricar el papel utilizando dos capas, se deben de tener dos mesas de formación: mesa de formación superior y mesa de formación inferior, el nombre tiene relación con la capa correspondiente. En la figura 3.3 se puede observar la distribución de las dos mesas de formación de la empresa “Cartones Villa Marina”. Las velocidades lineales en ambas mesas son de igual módulo pero de dirección opuesta hasta el rodillo acople que es donde se unen las dos capas.

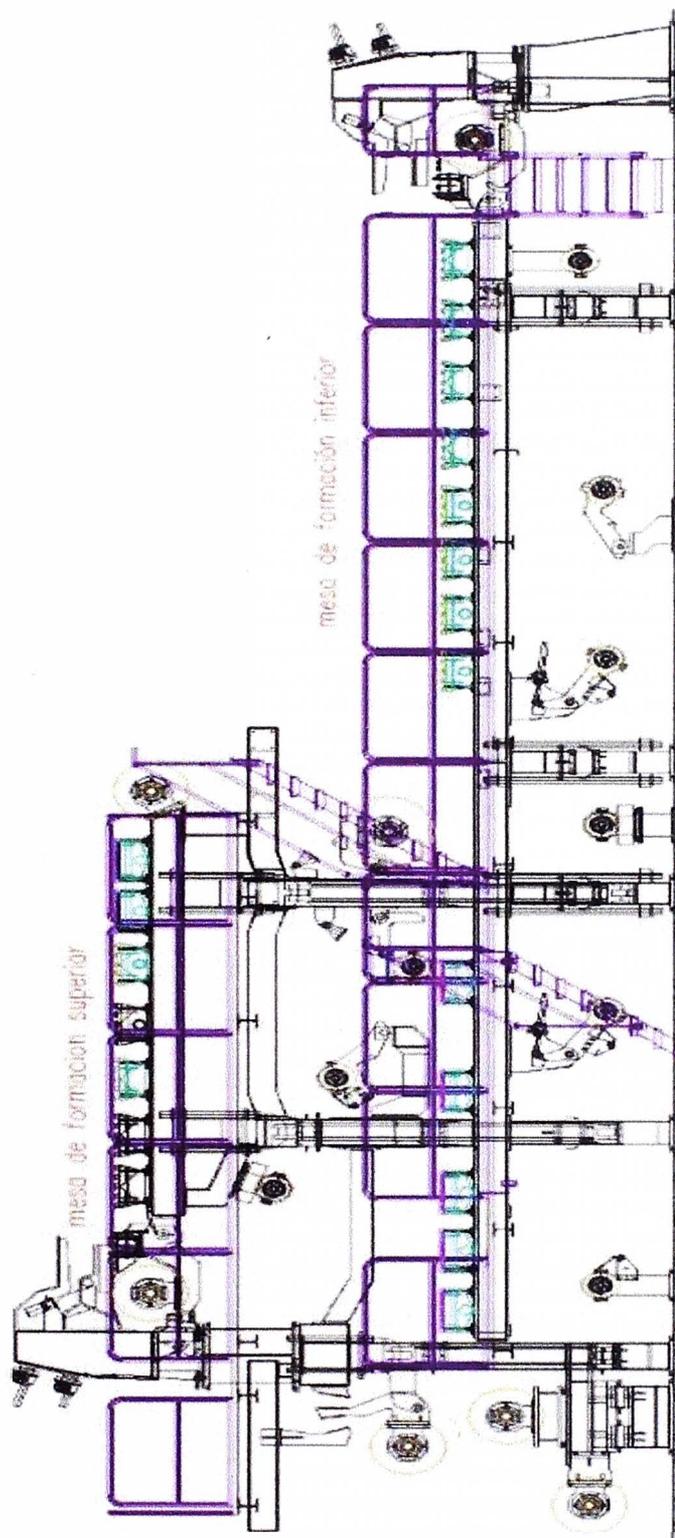


Figura 3.3 Distribución de la mesa de formación inferior y superior de la empresa “Cartones Villa Marina”.

### **3.4 Definiciones importantes**

Antes de iniciar detalle de las máquinas o procesos para obtener la pasta de papel, es necesario definir cuatro conceptos importantes manejados en la industria papelera:

- 3.4.1 **Papel:** el papel se define como una hoja afieltrada de fibras formada sobre un tamiz fino a partir de una suspensión acuosa. Se considera papel a hojas con espesores menores a 0.3 mm, para mayores espesores se considera cartón.
- 3.4.2 **Pasta de papel:** consiste en una suspensión acuosa de material fibroso para la fabricación de papel. Las fibras de pulpa son normalmente de origen vegetal clasificándose en fibra virgen y fibra secundaria (fibra que ya ha sufrido un proceso de manufacturado y son recicladas).
- 3.4.3 **Consistencia:** Es el cociente entre la masa de fibra presente en la pulpa y la masa de pulpa, la consistencia se expresa en porcentaje y es un parámetro muy importante en todo el proceso de fabricación de papel.
- 3.4.4 **Toneladas por día (TPD):** cuando uno revisa un diagrama de flujo del proceso paplero es muy común encontrar las iniciales "TPD", se refiere a las Toneladas por día nominales de una máquina, la capacidad instalada de una línea de producción o la capacidad instalada de la planta.

### **3.5 Descripción de equipos**

A continuación tenemos una breve definición e información de los equipos más usados en los circuitos de preparación de pasta de papel utilizando como materia prima a la fibra reciclada.

### 3.5.1 Hidrapulper

Es una máquina que se encarga de la acción mecánica que transforma las fibras de la materia prima en una suspensión o pasta de papel. Según la consistencia de pulpa deseada se tienen: hidrapulper de baja consistencia (4-6%) e hidrapulper de alta consistencia (12-18%). El hidrapulper también sirve para reintegrar al proceso papeles defectuosos o rotos de la máquina de papel.

Un hidrapulper típico consiste en:

- Tanque: generalmente son de acero inoxidable y sus dimensiones dependen de las TPD requeridas, su forma puede ser circular, rectangular o poligonal.
- Rotor: es muy robusto y con aspas situado en la parte inferior de los hidrapulper, se tienen dos tipos de rotores: de baja consistencia (figura 3.4) y de alta consistencia o helicoidal (figura 3.5).



Figura 3.4 Rotor de hidrapulper de baja consistencia.



Figura 3.5 Rotor de hidrapulper de alta consistencia.

- Cámara de extracción: se encuentra debajo del rotor, está cubierta por la placa de extracción a través de la cual se descarga la pasta desintegrada. La placa de extracción esta perforada con agujeros de 6 a 25 mm de diámetro.

El giro del rotor establece una agitación violenta y una circulación dentro del tanque. Los factores que causan la desintegración son:

- La turbulencia: provoca la desintegración entre fibras.
- El contacto directo de las fibras con el rotor.

En la figura 3.6 y la figura 3.7 se pueden observar un hidrapulper típico de baja consistencia y un hidrapulper típico de alta consistencia respectivamente.

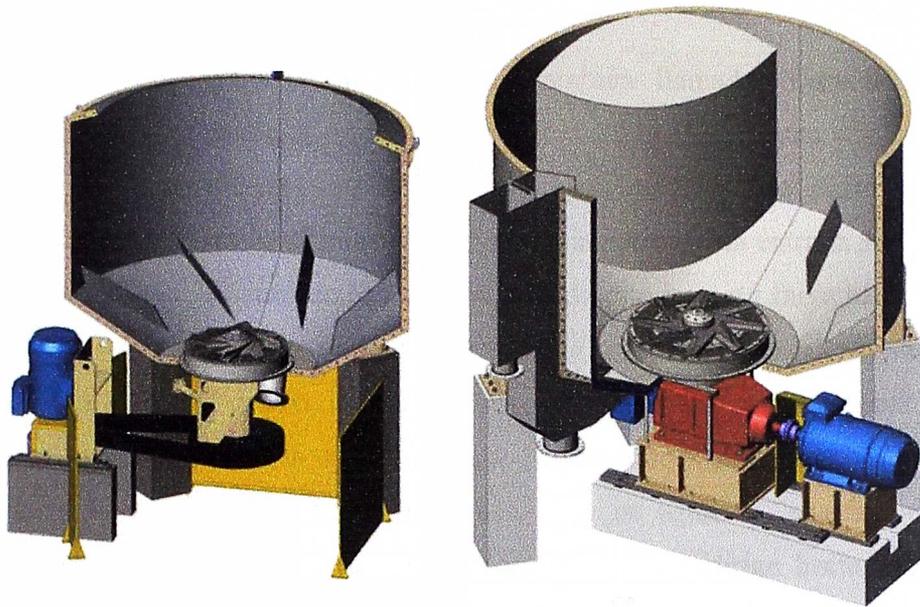


Figura 3.6 Vista en corte de un hidrapulper de baja consistencia.



Figura 3.7 Vista en corte de un hidrapulper de alta consistencia.

### 3.5.2 High Density Cleaner (HDC)

Son hidrociclones de “alta consistencia” también llamados depuradores dinámicos, todos funcionan por un vórtice libre generado por una caída de presión que desarrolla una fuerza centrífuga cuya fuente de potencia es la bomba. La pasta entra en el hidrociclón tangencialmente, esta entrada guía al flujo hacia un movimiento de rotación. A medida que la pasta fluye hacia el interior, la velocidad se incrementa, lo que produce grandes fuerzas centrífugas cerca del centro, lo que desplaza a las partículas pesadas hacia el exterior separándolas de la pasta aceptada. La pasta aceptada fluye hacia el interior y hacia arriba ayudada generalmente por un agua de “elutriación”. Los contaminantes se mantienen en la corriente que se dirige hacia abajo hasta el extremo inferior. Se observa en la figura 3.8 la conicidad del hidrociclón y como los contaminantes son dirigidos hacia el extremo inferior, a medida que el diámetro se hace más pequeño el flujo es forzado hacia el interior y la fuerza centrífuga se incrementa, concentrando las impurezas y liberando las buenas fibras que van hacia el flujo de aceptados. Se debe tener en cuenta que para una buena eficiencia de depurado la consistencia debe ser máximo 3.5%.

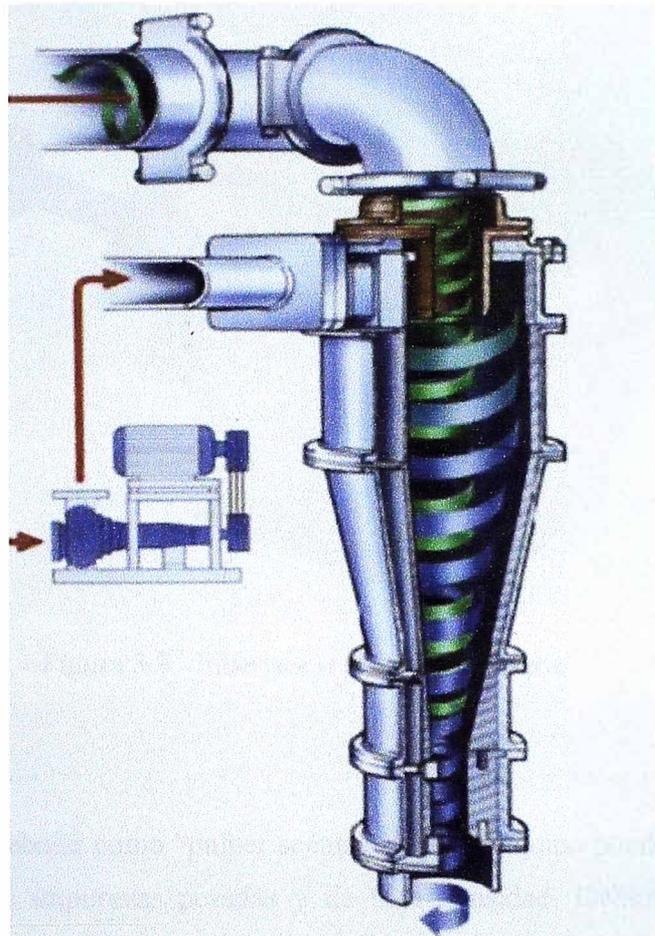


Figura 3.8 Vista en corte de un hidrociclón de alta consistencia.

### 3.5.3 Fiberizer

Normalmente en la industria papelera que utiliza fibra secundaria, se utiliza los hidrapulpers de baja consistencia trabajando en continuo. El principal problema de esta forma de trabajo, es que la desintegración de la pasta no se realiza completamente y aparecen los llamados “flakes”. Para solucionar este problema se utiliza un equipo llamado “Fiberizer” o “pulper secundario”, ilustrado en la figura 3.9. Generalmente consisten en una carcasa cónica que contiene la turbina desintegradora. Una placa de acero inoxidable con perforaciones de pequeño diámetro está colocada después del rotor, la pasta aceptada pasa a través de esta.

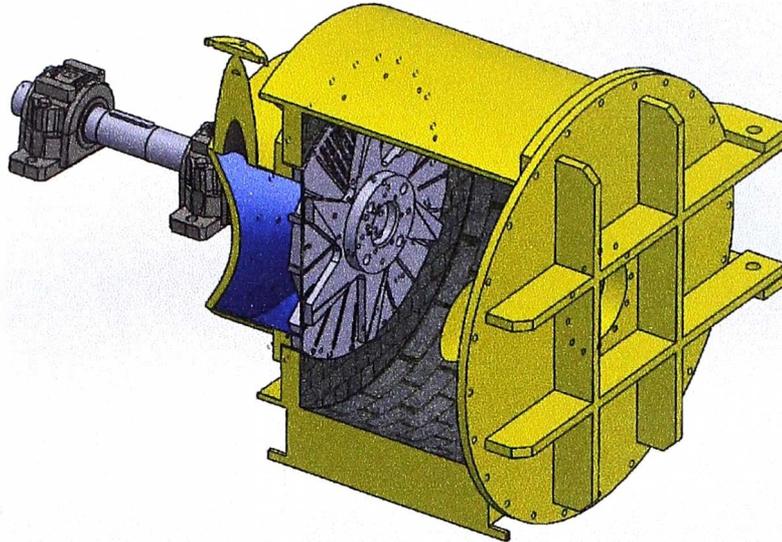


Figura 3.9 Fiberizer o pulper secundario.

Además de trabajar como “pulper secundario” este equipo puede realizar una separación de impurezas pesadas y de baja densidad. Debido a la forma cónica de su carcasa, posee el ingreso tangencial, que sumado al efecto del rotor crean corrientes que impulsan desde el centro del rotor una corriente con rechazos livianos y envía los rechazos pesados hacia el extremo de la carcasa, según se puede observar en la figura 3.10.

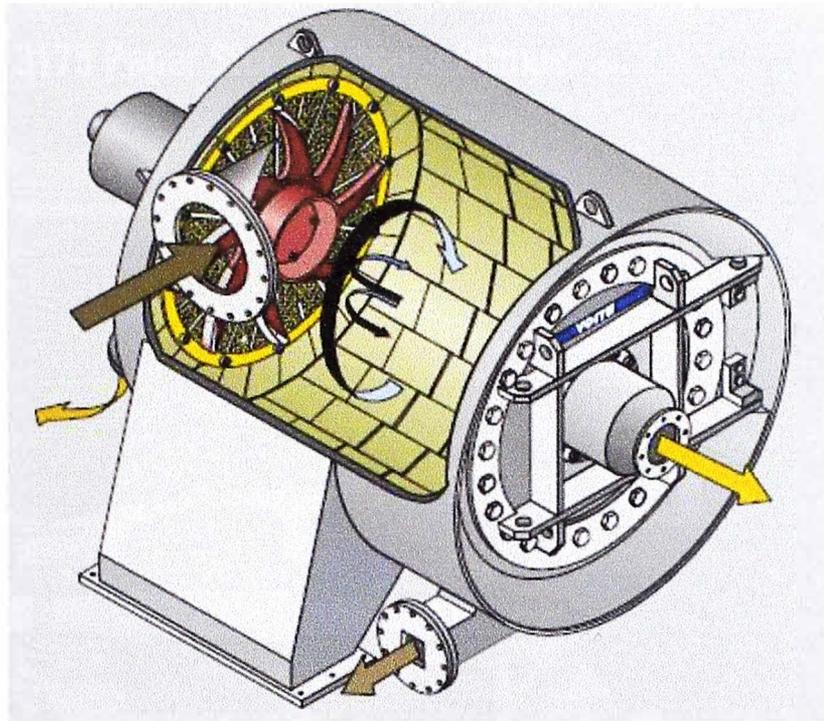


Figura 3.10 Corrientes presentes en el trabajo de un fiberizer.

#### 3.5.4 Bombas de pasta

Las bombas centrífugas de impulsor abierto, son las más utilizadas en la industria papelera, en la empresa Cartones Villa Marina la totalidad de bombas de pasta son bombas centrífugas marca Goulds modelo 3175, dependiendo el tamaño de la necesidad de caudal y presión que requiera la instancia del proceso. Las bombas goulds modelo 3175, según su catálogo, son bombas especialmente diseñadas para el trabajo con pulpa de papel, permite bombear hasta una consistencia de 6%. Sus partes principales son: caja de rodamientos, caja de sellado, carcasa, cono de desgaste, eje e impulsor (tipo abierto). Las partes descritas se pueden observar en la figura 3.11.

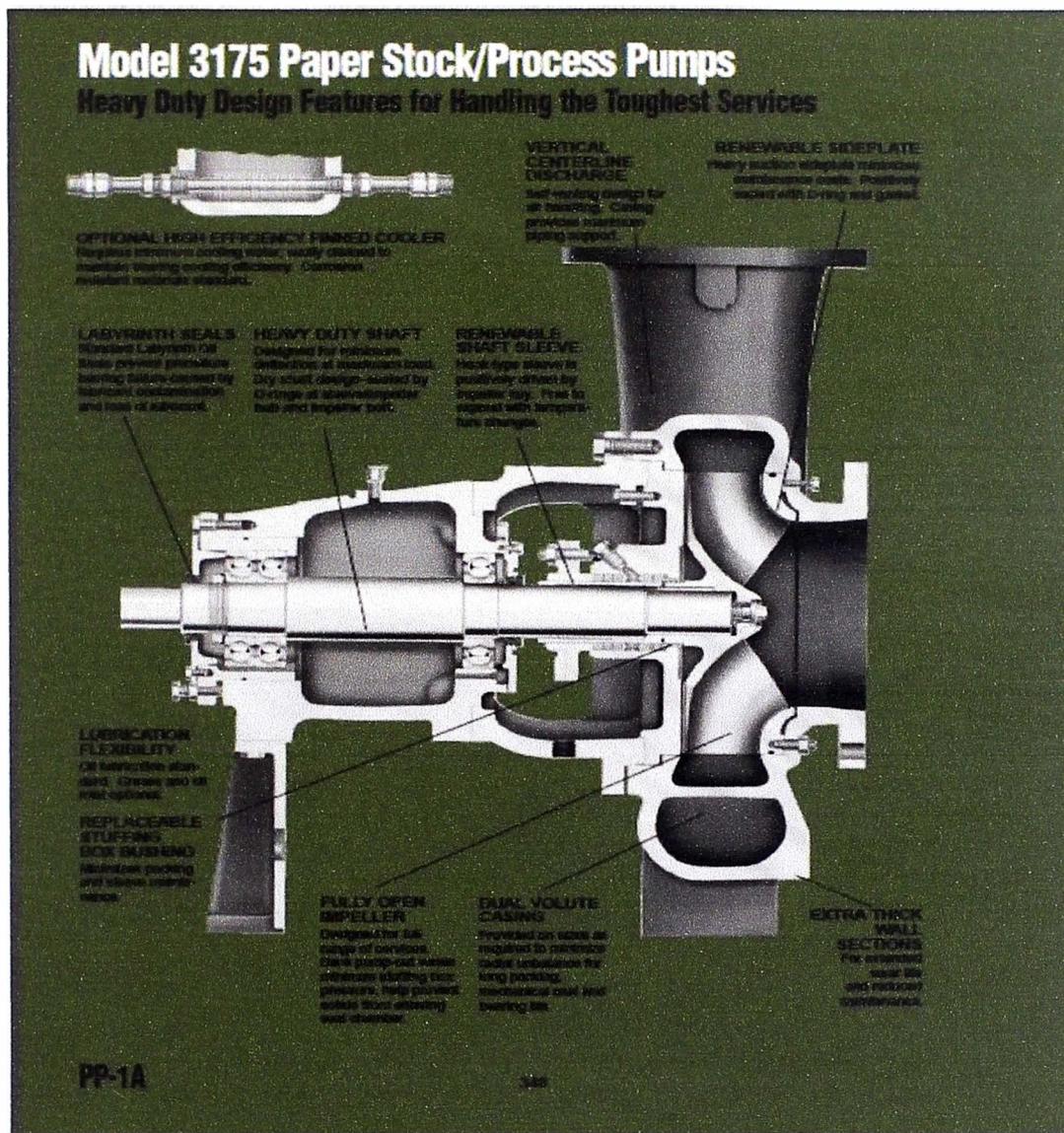


Figura 3.11 Vista en corte de bomba marca Goulds modelo 3175.

### 3.5.5 Depurador a presión o Screen

La palabra screen está en el idioma inglés y uno de sus significados en español es “pasar por el tamiz “.Los depuradores a presión son máquinas que se encargan de eliminar contaminantes presentes en la pasta de papel. Básicamente hacen pasar el flujo por una plancha perforada o ranurada (tamiz), en el rechazo se eliminan los contaminantes que no se dejaron pasar

por el tamiz. El flujo puede ser radial hacia el interior o radial hacia el exterior dependiendo del diseño del fabricante.

En la figura 3.12, se puede observar claramente el rotor y criba en vista de corte, así como las velocidades presentes en todo depurador a presión. De la buena selección del depurador depende que las velocidades estén balanceadas y la operación sea eficiente y confiable. Se debe tener presente que la consistencia máxima para poder tener una buena eficiencia de un depurador a presión es 3.5%.

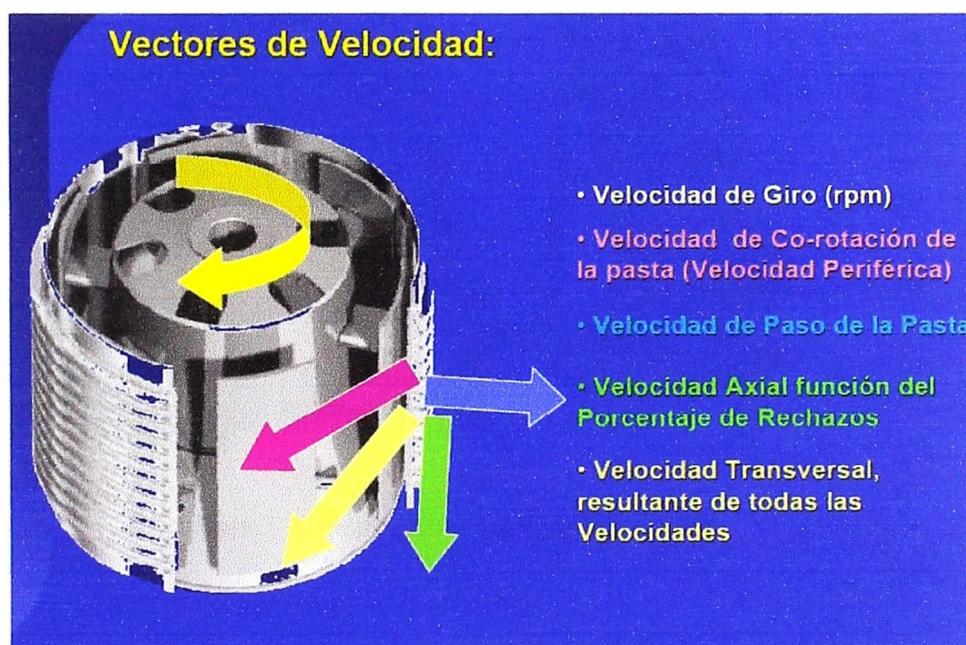


Figura 3.12 Velocidades en un depurador a presión.

### 3.5.6 Espesadores de tornillo inclinado

Después de las operaciones de depuración que se realizan a baja consistencia (2-3%), es necesario espesar o subir la consistencia para poder ingresar el flujo de pasta de papel a los refinadores. Para este trabajo se utiliza en

Cartones Villa Marina los espesadores de tornillo inclinado, como el que se muestra en la figura 3.13. La pasta ingresa por la parte inferior y es transportada hacia la parte superior por el tornillo sin fin, el cual en su recorrido expulsa agua por una criba perforada que lo rodea, el agua expulsada es canalizada a etapas posteriores del proceso o utilizada por ejemplo para diluir consistencias.

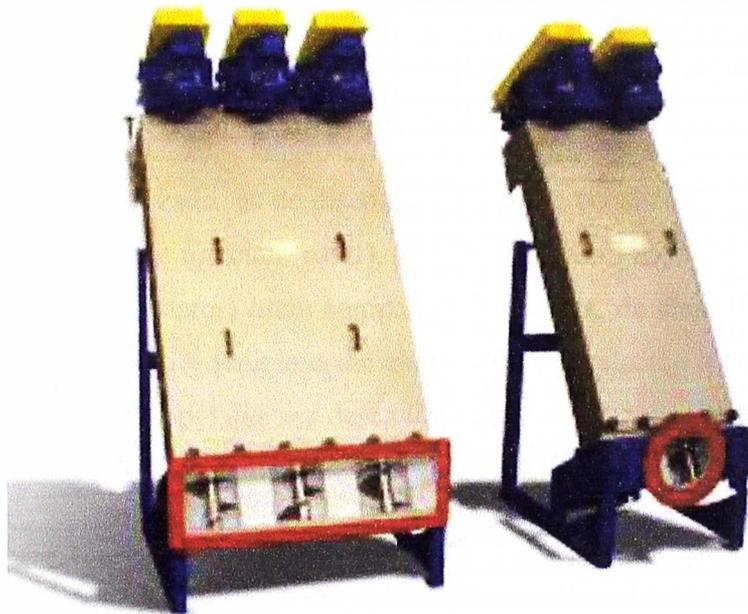


Figura 3.13 Espesadores de tornillo inclinado.

### 3.5.7 Refinadores :

El refinador es el único equipo en la línea de producción de papel que otorga o suprime propiedades, en el refinador se realiza el refinado. El refinado es la operación en la preparación de pasta por la cual, mediante la acción de un trabajo mecánico y en presencia de un medio acuoso (agua), se modifica la morfología de las fibras y su estructura físico química.

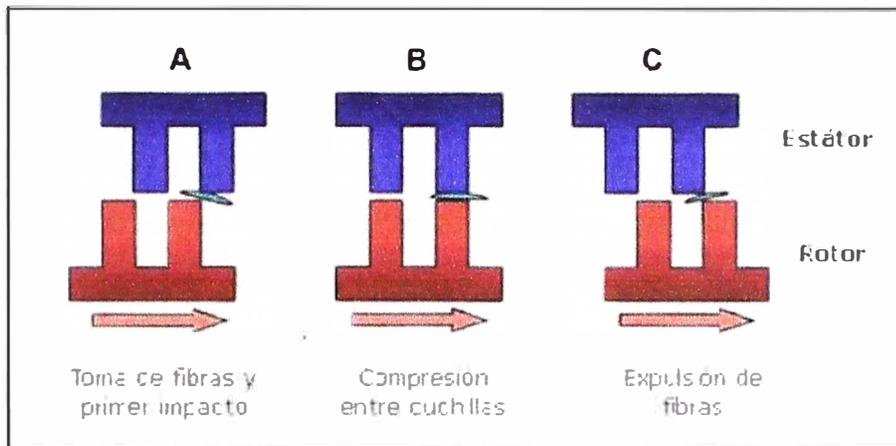


Figura 3.14 Principio de refinado.

El refinador utilizado es de discos, básicamente consiste en un elemento fijo (estator) y otro de rotación (rotor), entre los cuales se hace pasar la pasta. Los discos (rotor y estator) están equipados con barras de aleaciones especiales, cuya composición y temple están estudiados con relación a las fibras que se van a tratar y el papel que sea desea obtener.

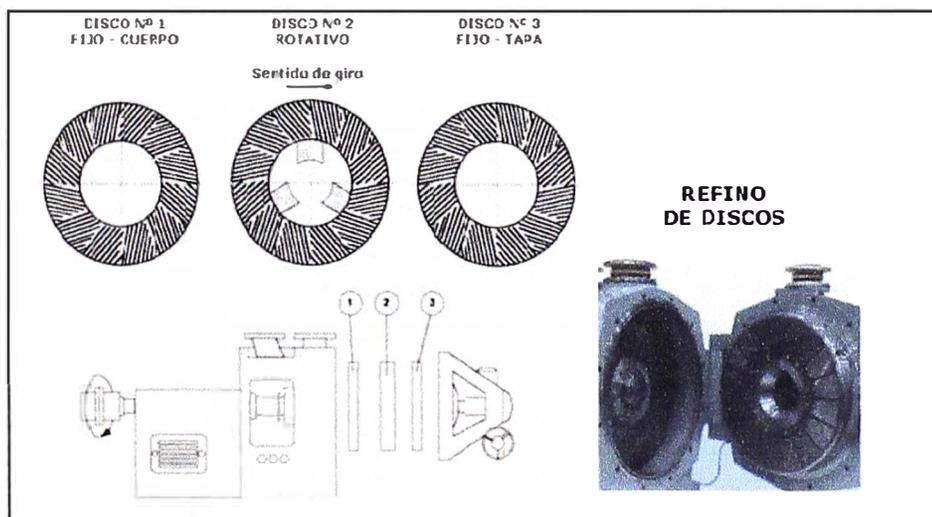


Figura 3.15 Esquema de un refinador de discos.

Entre los principales efectos del refinado se tiene:

- **Hidratación:** se produce cuando debido al batido o agitación de las fibras en el refino, el agua penetra entre las fibrillas, causando un efecto de hidratación en la fibra. Esto es que el agua y la celulosa se combinan mediante una reacción química.
- **Fibrilación:** es la liberación y separación de fibrillas producidas por la ruptura parcial de las paredes, durante el roce de las cuchillas del refino y las fibras entre sí.
- **Corte:** es el efecto ocasionado por la acción de las cuchillas sobre las fibras, sufriendo roturas y por consiguiente disminuyendo su longitud.

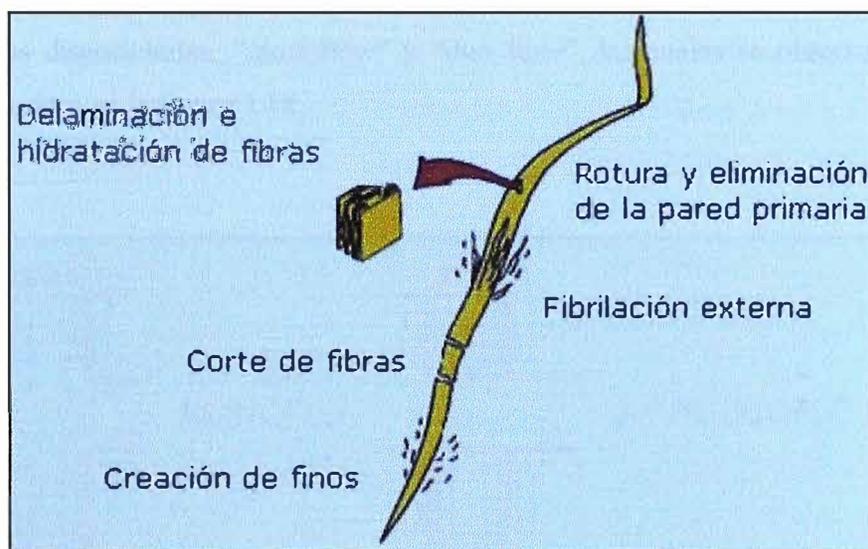


Figura 3.16 Efectos de la refinación.

En la figura 3.17 se puede observar las propiedades afectadas por el refinado.

PROPIEDADES AFECTADAS POR EL REFINADO	
Propiedades que aumentan	Propiedades que disminuyen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>).</li> <li>• El índice de tracción (N·m/g) (aumenta la longitud de rotura).</li> <li>• La transparencia.</li> <li>• El alargamiento (%).</li> <li>• La cohesión interna (Scott).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La porosidad.</li> <li>• La opacidad.</li> <li>• El desgote de la pasta.</li> <li>• El índice de volumen.</li> </ul>

Figura 3.17 Propiedades afectadas por el refinado.

En cuanto a la dirección que puede pasar la pasta por entre los discos, puede tener dos disposiciones, “monoflow” y “duo flow”, las cuales se observan bastante claro en la figura 3.18.

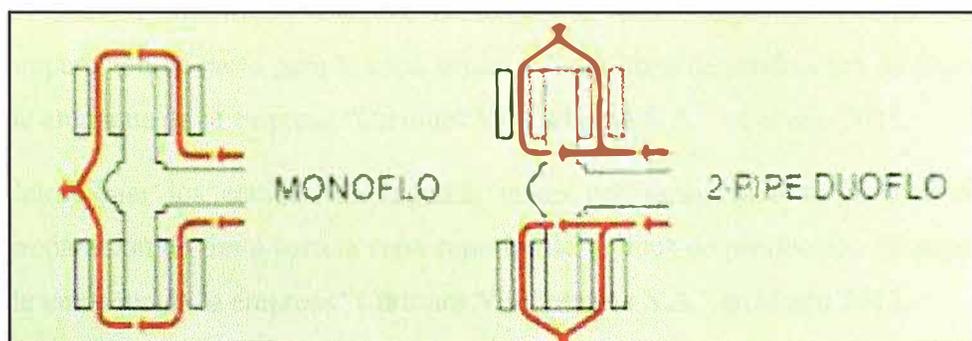


Figura 3.18 Direcciones de flujo entre los discos de refinadores

## **CAPÍTULO 4**

### **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **4.1 Objetivo General**

Diseñar el circuito de preparación de pasta para la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa “Cartones Villa Marina S.A.” en el año 2013.

#### **4.2 Objetivos Específicos**

- Definir el circuito de preparación de pasta para la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa “Cartones Villa Marina S.A.” en el año 2013.
- Determinar los flujos másicos presentes en cada etapa del circuito de preparación de pasta para la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa “Cartones Villa Marina S.A.” en el año 2013.
- Seleccionar los equipos de segunda mano necesarios para el circuito de preparación de pasta para la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa “Cartones Villa Marina S.A.” en el año 2013.

#### **4.3 Justificación**

La técnica de fabricación de papel de empaque con dos capas es una de las tendencias recientes en el proceso de fabricación de papel de empaque. Cuando se fabrica papel de empaque con dos capas, se tiene la posibilidad de darle propiedades especiales a una de las caras del papel, esto es una ventaja ya que por lo general los

clientes de las fábricas de papel de empaque solo necesitan propiedades especiales en una de las caras, ya sea para hacer impresiones publicitarias o por necesitar algún acabado especial. Cuando damos propiedades especiales a una de las caras del papel, utilizamos la materia prima de alta calidad solo para la capa asociada a esa cara, utilizando materia prima de baja calidad para la otra capa del papel. Esta posibilidad de direccionar la materia prima de alta calidad permite disminuir el costo de fabricación del papel de empaque, generando un ahorro importante para la empresa.

En el proyecto del montaje del molino de papel de empaque de la empresa Cartones Villa Marina S.A. en el año 2009, a pesar de que la máquina de fabricación de papel estaba preparada originalmente con las dos mesas de formación para producir papel de empaque con dos capas, se tomó la decisión, por tema de presupuesto, de arrancar la producción del molino con la capa inferior, es decir con una sola capa, dejando para un proyecto futuro la habilitación de la línea de preparación de pasta para la capa superior y por ende la producción de papel con dos capas.

La utilización de máquinas de segunda mano en la industria papelera en Latinoamérica es muy común. Los 5 molinos con los que cuenta el grupo Comeca han sido montados en su totalidad con la máquina de producción de papel y los equipos de segunda mano. Cuando se utilizan equipos de segunda mano la inversión del proyecto es mucho menor que con equipos nuevos, sin embargo se puede caer en algunos problemas como: baja eficiencia de los equipos, problemas en el montaje y puesta en marcha por poca información de los equipos, falta de repuestos, etc.

#### **4.4 Alcances**

El presente informe de ingeniería abarca lo siguiente:

- Definición del circuito de preparación de pasta de la capa superior, desde el hidrapulper hasta el tanque máquina, para el proyecto de ampliación de producción de la empresa Cartones Villa Marina S.A. en el año 2013.

- Seleccionar los equipos necesarios para los flujos máxicos definidos en cada etapa del circuito de preparación de pasta de la capa superior.
- Detalle de costos de los equipos de segunda mano seleccionados.

El presente informe no incluye lo siguiente:

- Desarrollo de planos del circuito de preparación de pasta de la capa superior.
- Determinación del flujo máxico (TPD) requerido en el tanque máquina de la capa superior, se considera parámetro de ingreso.

#### **4.5 Descripción del trabajo**

El trabajo se inició con la definición del circuito de preparación de pasta de la capa superior, para emplear como materia prima fibra secundaria. El circuito en mención se encuentra funcionando actualmente.

Considerando como parámetro de ingreso al flujo máxico requerido en el tanque máquina, se determinan los flujos máxicos requeridos en cada etapa del circuito de preparación de pasta.

Para cada etapa del circuito definido se seleccionan los equipos necesarios según la capacidad requerida y la disponibilidad en el mercado de segunda mano. Es importante mencionar que se toman consideraciones propias de la experiencia en el mantenimiento de los equipos para la toma de las decisiones de compra.

#### **4.6 Hipótesis General**

Al diseñar el circuito de preparación de pasta para la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa “Cartones Villa Marina S.A.” en el año 2013 se incrementara la productividad en un 43 %.

#### 4.7 Hipótesis específicas

- Al definir el circuito de preparación de pasta para la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa “Cartones Villa Marina S.A.” en el año 2013 se obtendrá un flujo másico de pasta con contaminantes menores de 2 mm y un porcentaje de rechazo de flujo másico en el rango de 10% a 14%.
- Al determinar los flujos másicos presentes en cada etapa del circuito de preparación de pasta para la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa “Cartones Villa Marina S.A.” en el año 2013 se logrará un circuito de preparación de pasta con la capacidad de 50 TPD.
- Al seleccionar los equipos de segunda mano necesarios para el circuito de preparación de pasta para la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa “Cartones Villa Marina S.A.” en el año 2013, se conseguirá un ahorro económico en el rango de 50% a 80% respecto del costo de equipos nuevos similares.

## **CAPÍTULO 5**

### **DISEÑO DEL CIRCUITO DE PREPARACIÓN DE PASTA DE PAPEL**

#### **5.1 Definición del circuito de preparación de pasta**

El proceso de fabricación de papel con fibras secundarias (material reciclado) puede tener diferentes etapas o procesos dependiendo principalmente de la calidad de fibra secundaria que se tiene, capital disponible para invertir, tipo de papel que se desee obtener, el nivel de limpieza o calidad que requiera el mercado, la capacidad instalada deseada, etc.

En la figura 5.2, se muestra el diagrama de flujo del sistema de preparación de pasta diseñado para la capa superior de la empresa Cartones Villa Marina, se puede observar que el proceso se inicia en el hidrapulper, usando una bomba se transporta la pasta de papel por el High Density Cleaners (HDC) y Fiberizer hasta llegar al tanque ordinaria. Del tanque de pasta ordinaria usando una bomba se transporta el flujo de pulpa por el “screen o depurador” primario, el flujo de pasta aceptado pasa por un “espesador” para llegar al tanque depurada, el rechazo del screen primario es llevado al tanque mezcla, de donde usando una bomba se transporta el flujo de pasta por el screen secundario, cuyo aceptado se hace pasar por un espesador para poder ingresar al tanque depurada, el rechazo del screen secundario es considerado desecho del proceso. Del tanque depurada usando una bomba se transporta el flujo de pasta por el “refinador” hasta llegar al tanque máquina, donde concluye la preparación de pasta de papel y esta queda lista para ingresar a la máquina de papel.

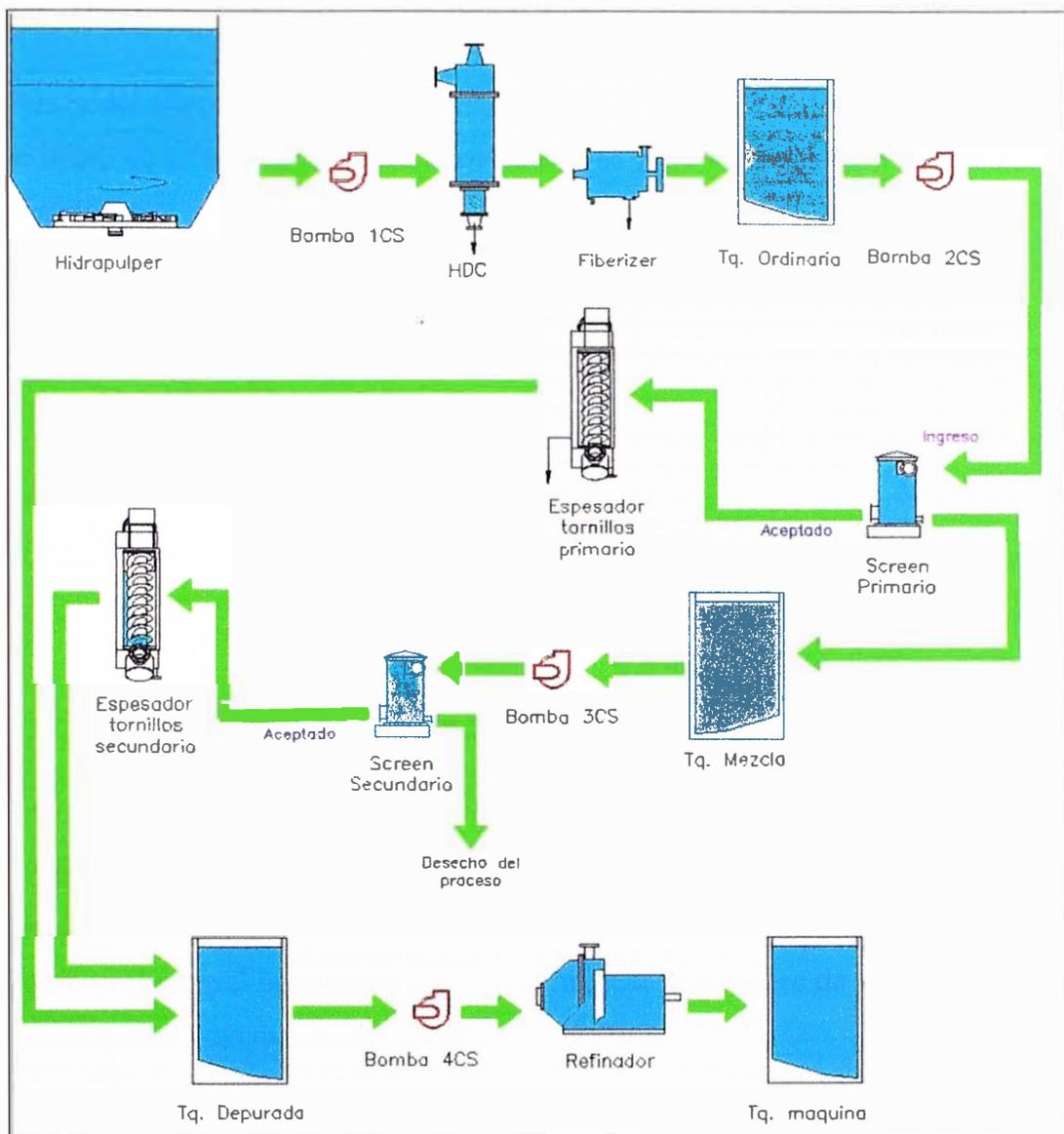


Figura 5.1 Circuito de preparación de pasta de la capa superior de la empresa Cartones Villa Marina.

## 5.2 Determinación de los flujos máxicos del circuito de preparación de pasta

Para poder seleccionar los equipos presentes en el circuito definido en la figura 5.1 se deben de calcular los flujos máxicos, caudales y consistencias en cada etapa del circuito.

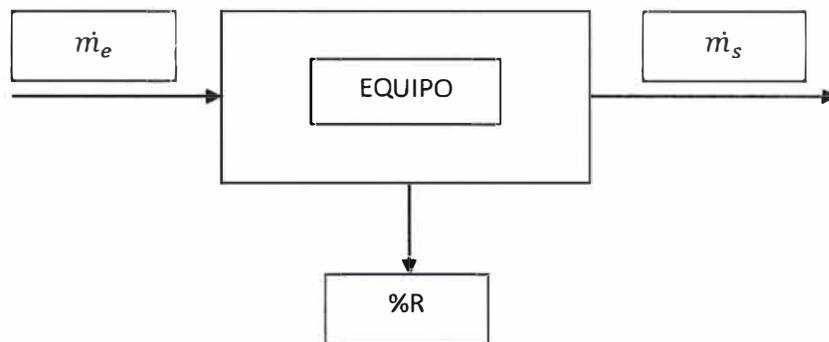


Figura 5.2 Esquema de equipos

En la figura 5.2 se puede apreciar el esquema general de un equipo del circuito de preparación de pasta tales como: HDC, fiberizer, screen, espesadores y refinador, donde se observa el flujo máxico de ingreso ( $\dot{m}_e$ ), el flujo máxico de salida ( $\dot{m}_s$ ) y el porcentaje del flujo de entrada rechazado (%R).

Debido a que los flujos máxicos se calculan desde el tanque máquina hacia el hidrapulper, siempre se tendrá de datos  $\dot{m}_s$  y %R. Para completar la información se necesita calcular  $\dot{m}_e$ ,  $Q_{entrada}$  y  $Q_{salida}$ , para lo cual emplearemos las ecuaciones 5.1 y 5.2.

Se debe de considerar que las bombas presentes en el circuito tienen el flujo máxico, caudal y consistencia igual a la entrada y a la salida.

$$\dot{m}_e = \frac{\dot{m}_s}{(100-R)\%} \dots\dots\dots (5.1)$$

$$Q = \frac{\dot{m}}{24 \times \%C} \dots\dots\dots (5.2)$$

Dónde:

$\dot{m}_e$ : flujo másico de entrada, TPD

$\dot{m}_s$ : flujo másico de salida, TPD

Q: caudal volumétrico, m<sup>3</sup>/h

%C: porcentaje del flujo másico de entrada rechazado

Es preciso aclarar que en la ecuación 5.2 se obtendrá el caudal de salida del equipo si se reemplaza como flujo másico el de salida y se obtendrá el caudal de entrada si se reemplaza como flujo másico el de entrada.

Por ejemplo para el refinador no existe rechazo, por lo que %R=0 y el flujo másico de salida ( $\dot{m}_s$ ) sería el dato de entrada, es decir  $\dot{m}_s=50$  TPD.

Reemplazando en las ecuaciones 5.1 y 5.2.

$$\dot{m}_e = \frac{50 \text{ TPD}}{(100 - 0)\%} = 50 \text{ TPD}$$

$$Q = \frac{50 \text{ TPD}}{24 \times 5\%} = 41.67 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Con los valores de  $\dot{m}_e$  y Q, queda definida la información para el refinador. Debido a que el refinador no tiene rechazo, el caudal de entrada y el caudal de salida son iguales.

Utilizando las mismas ecuaciones se obtuvieron los datos mostrados en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Tabla de parámetros del circuito de pasta.

EQUIPO	$m_s$ (TPD)	$m_e$ (TPD)	%R	%C <sub>entrada</sub>	%C <sub>salida</sub>	Q <sub>entrada</sub> (m3/h)	Q <sub>salida</sub> (m3/h)
Refinador	50	50	0	5	5	41.67	41.67
Espesador de tornillo secundario	4.55	4.55	0	3	5	6.32	3.79
Screen secundario	4.55	5.06	10	3	3	7.02	6.32
Espesador de tornillo primario	45.45	45.45	0	3	5	63.13	37.88
Screen primario	45.45	50.5	10	3	3	70.14	63.13
Fiberizer	50.5	53.16	5	3	3	73.83	70.14
HDC	53.16	55.96	5	3	3	77.72	73.83

Se puede observar en la tabla 5.1 que todos los equipos tienen la misma consistencia a la entrada y a la salida, menos los espesadores. Los espesadores solo retiran agua, por lo que modifican la consistencia y el caudal, pero el flujo másico de fibra permanece constante.

Con los datos obtenidos generamos el diagrama de flujo de la figura 5.3, el cual con la información que tiene nos va a permitir realizar la selección de equipos.

Es importante conocer la nomenclatura X / XX / XXX, donde “X” es el caudal expresado en m3/h, “XX” es la consistencia expresada en porcentaje y “XXX” es el flujo másico expresado en Toneladas por día (TPD).

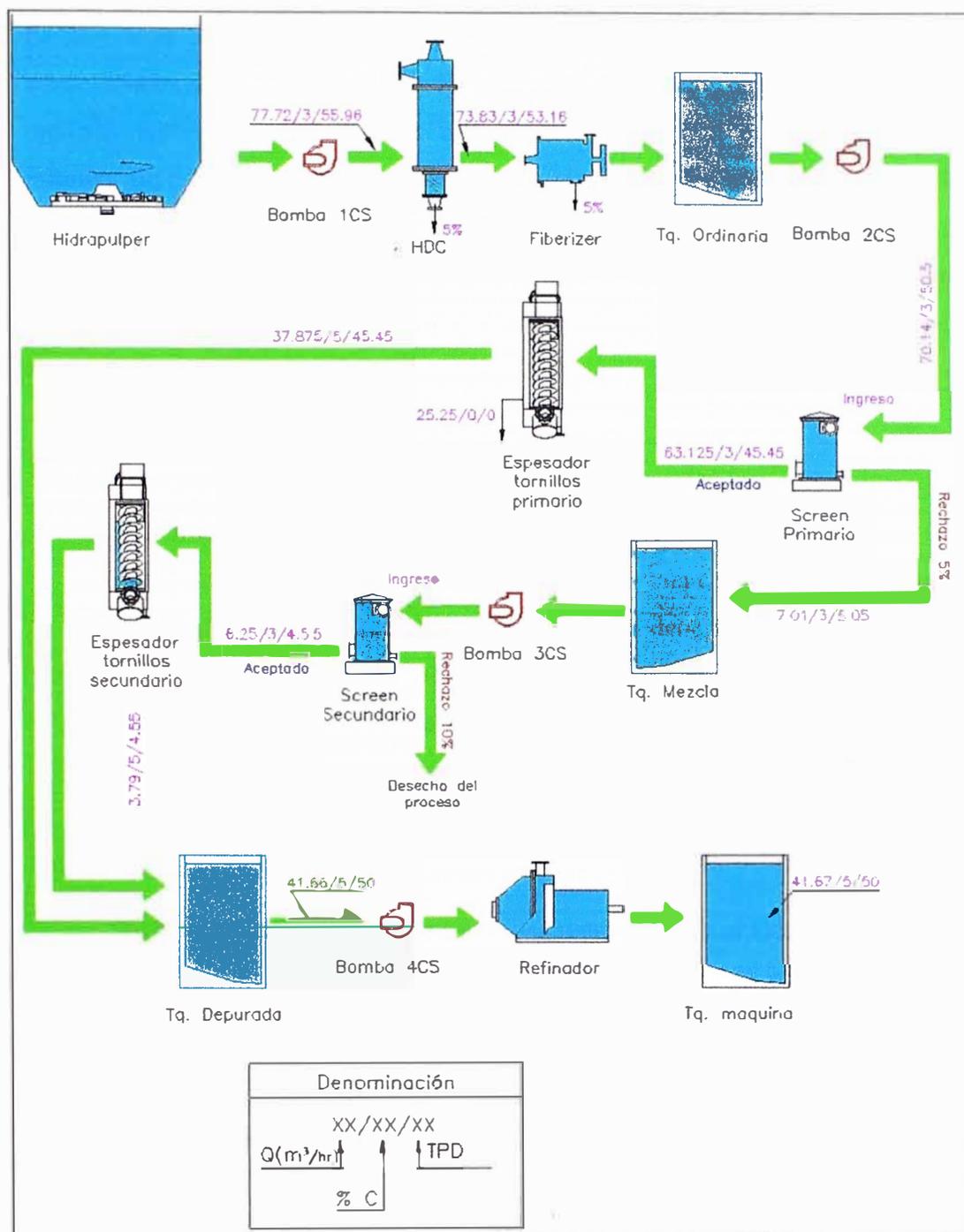


Figura 5.3 Diagrama de flujo de preparación de pasta de la capa superior de la línea de producción de papel.

### 5.3 Selección de equipos

Se debe tener en cuenta que los equipos para preparación de pasta de papel fueron seleccionados de un universo de equipos de “segunda mano”, que se disponen en el mercado norteamericano. Esto es una dificultad debido a que no se tiene la información completa del equipo como: tablas de capacidades, curvas de desempeño, especificaciones de montaje, procedimiento de operación y programa de mantenimiento. Siendo tarea la búsqueda de esta información para poder sustentar correctamente la utilización de los equipos y evaluar posteriormente su desempeño en operación.

#### 5.3.1 Hidrapulper

El hidrapulper seleccionado es marca Licar y modelo Delta de 8m<sup>3</sup>. Este hidrapulper modelo “delta” está constituido por una cuba cilíndrica equipada con un deflector llamado “delta”. Algo que se debe tener en cuenta es que este hidrapulper tiene la criba perforada debajo del rotor, lo que ayuda al bombeo de la pasta a través de la criba, en un hidrapulper de “trabajo en continuo” este detalle es muy importante porque garantiza que la succión de la bomba siempre va a estar inundada y por ende la bomba no va a cavitarse.

Según el diagrama de flujo la capacidad requerida para el hidrapulper es:

**Capacidad de hidrapulper: 77.72/ 3 / 55.96**

En la tabla 5.2 se muestran las capacidades dadas por el fabricante “Licar” para los distintos tamaños de hidrapulper modelo “Delta”.

Tabla 5.2 Capacidades de hidrapulpers modelo Delta marca Licar.

Modelo (volumen) m <sup>3</sup>	Potencia motor Kw	Diametro depósito mm.*	Altura total mm.*	Producción TMPD BD **	Modelo (volumen) m <sup>3</sup>	Potencia motor Kw	Diametro depósito mm.*	Altura total mm.*	Producción TMPD BD **
8	75 - 90	2800	3600	40 - 75	25	200 - 250	4000	4800	140 - 260
10	90 - 110	3000	3600	50 - 100	30	200 - 250	4500	4800	170 - 300
12	110 - 132	3200	3600	60 - 120	35	250 - 280	4650	4800	210 - 340
15	132 - 160	3600	4700	75 - 150	40	250 - 315	4900	5500	240 - 390
18	160 - 200	3800	4400	90 - 180	50	315 - 400	5100	6200	300 - 520
20	160 - 200	3900	4900	100 - 200	60	355 - 450	5500	6600	360 - 590
22,5	200	3900	5100	110 - 220	70	450 - 560	5850	8700	420 - 680
ACCIONAMIENTO POR POLEAS-CORREAS V					ACCIONAMIENTO POR REDUCTOR				

Se puede observar que el hidrapulper instalado de 8m<sup>3</sup> tiene un rango de capacidad de producción entre 40TPD-75TPD trabajando en continuo por 24 horas, esta capacidad es suficiente sabiendo que se necesita 55.96 TPD.

Se puede encontrar mayor información del fabricante en el anexo I.

#### Especificaciones técnicas

- Potencia motor : 100 kw
- Diámetro de la hoya : 2,800 mm
- Volumen de la hoya : 8 m<sup>3</sup>
- Altura de la hoya: 3,600 mm
- Producción de pasta esperada : 55.96 TPD

#### 5.3.2 Bomba I CS

La bomba seleccionada para esta posición es una bomba centrífuga marca “goulds”, modelo 3175, tamaño 3x6-12, con carcaza e impulsor de acero

inoxidable AISI 316. En la figura 5.4 se puede observar que para cumplir con las presiones recomendadas de ingreso a los equipos, la bomba debe de dar una presión de 41 m. En el diagrama de flujo se observa la capacidad requerida para la bomba.

**Capacidad de bomba 1 CS: 77.72/ 3 / 55.96**

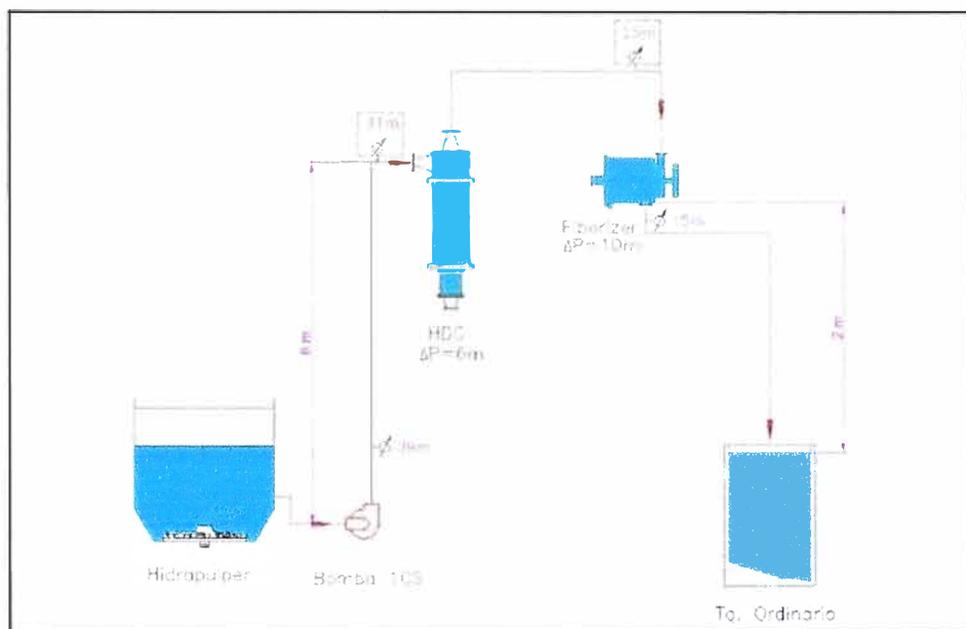


Figura 5.4 Diagrama de instalación de bomba 1 CS

El punto de operación deseado quedaría definido por:

$$Q = 78 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P = 40 \text{ m}$$

En la figura 5.5, se observa la curva característica de la bomba Goulds 3175,3 x 6-12 y se ubica el punto de operación.

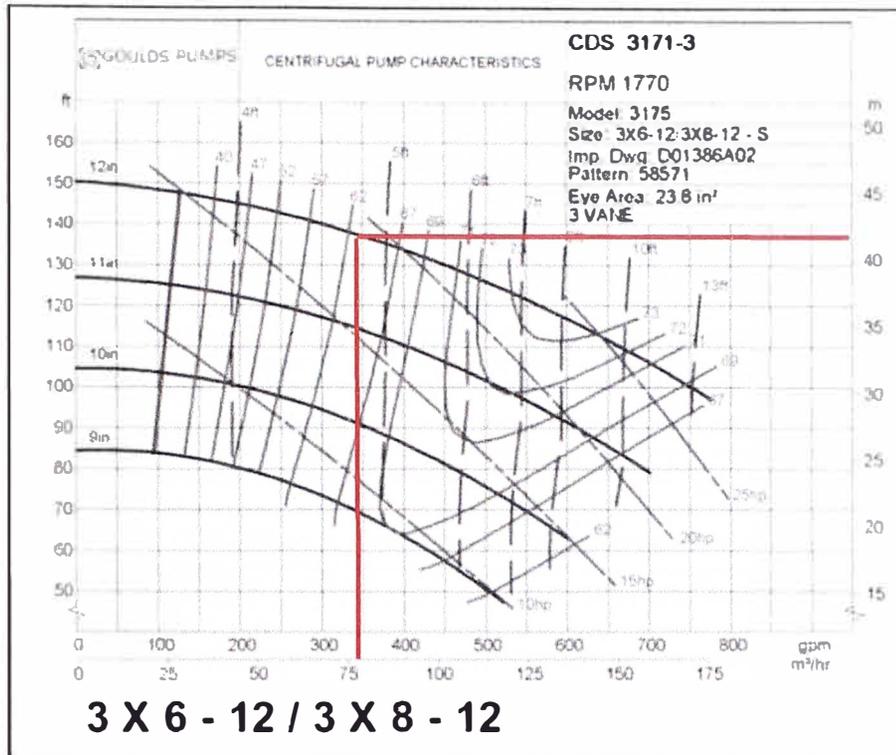


Figura 4.5 Curva característica de bomba goulds 3175, 3x6-12 a 1770 RPM.

El punto de operación que nos entrega la bomba es:

$$Q_b = 78 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P = 42 \text{ m}$$

**Características de la bomba para el punto de operación:**

Diámetro de rotor: 12in.

Número de álabes: 3

RPM: 1770

**La potencia del motor:**

$$P = \frac{Q_b \times P}{274 \times n_b \times n_e} = \frac{78 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 42 \text{ m}}{274 \times 0.64 \times 0.89} = 21 \text{ hp}$$

Donde  $n_b$ =eficiencia de la bomba,  $n_e$ =eficiencia de motor eléctrico.

- Motor instalado: Motor de corriente alterna, 1770 RPM, 30 hp,  $n_e=0.89$ .

Especificaciones técnicas:

- Caudal: 78m<sup>3</sup>/h
- Presión : 42m
- Diámetro del rotor : 12 in.
- Número de álabes : 3
- Potencia motor : 30 hp
- RPM motor: 1770
- Tipo de acople: directo.

### 5.3.3 High Density cleaner (HDC)

El equipo instalado fue marca “Black Clawson” No. 10, este equipo viene con un recubrimiento cerámico en el cono el cual es muy resistente al desgaste.

Según el diagrama de flujo la capacidad requerida para el HDC es:

**Capacidad HDC : 77.72/ 3 / 55.96**

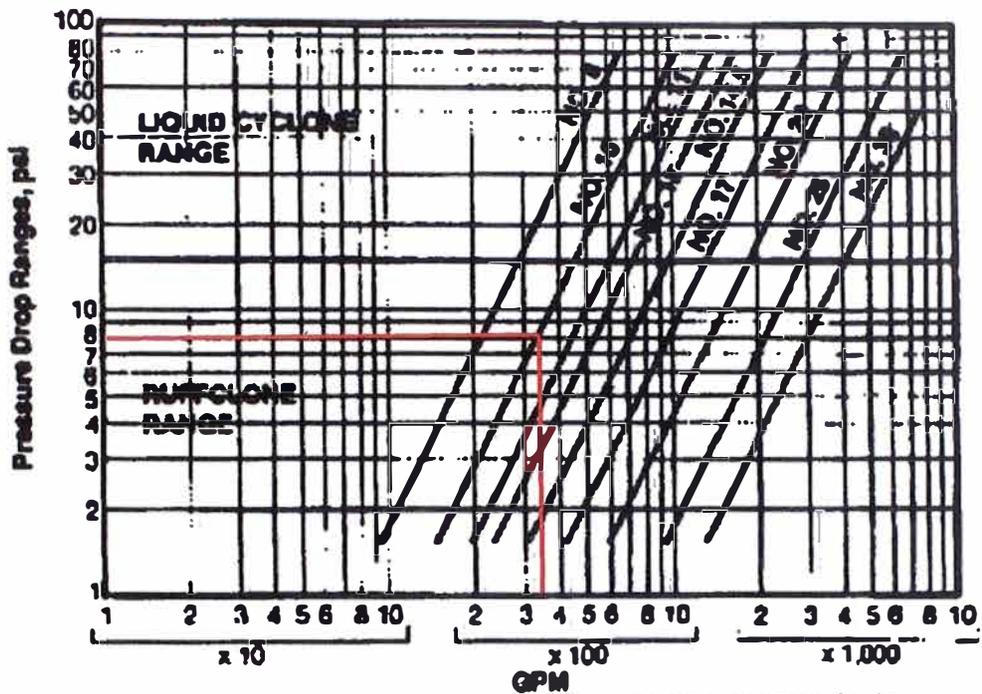


Figura 4.6 Curva características para HDC marca Black Clawson.

En la figura 5.6, se observa la curva de capacidades para los distintos modelos de HDC marca “Black Clawson”, donde para el caudal requerido de 77.72 m<sup>3</sup>/h ( 342.19 GPM) el HDC No. 10 se encuentra en su rango de trabajo y produce una caída de presión de 8psi (5.62mca).El rechazo del equipo es 5% de flujo másico según como se muestra en la figura 5.3.

#### Especificaciones técnicas

- Caudal requerido : 77.72 m<sup>3</sup>/h
- Caída de presión : 8psi
- %R: 5%

#### 5.3.4 Fiberizer

El equipo instalado fue marca “Escher Wyss” modelo F-1, este equipo viene con una criba perforada con agujero de 4.5mm, un rotor de acero inoxidable

AISI 304 con postizos de Acero inoxidable AISI 431 para mejorar la resistencia al desgaste, 10 cuchillas regulables distribuidas tangencialmente para mejorar el desfibrado. En la figura 4.7, se muestra el detalle del rotor, criba perforada y cuchillas tangenciales.

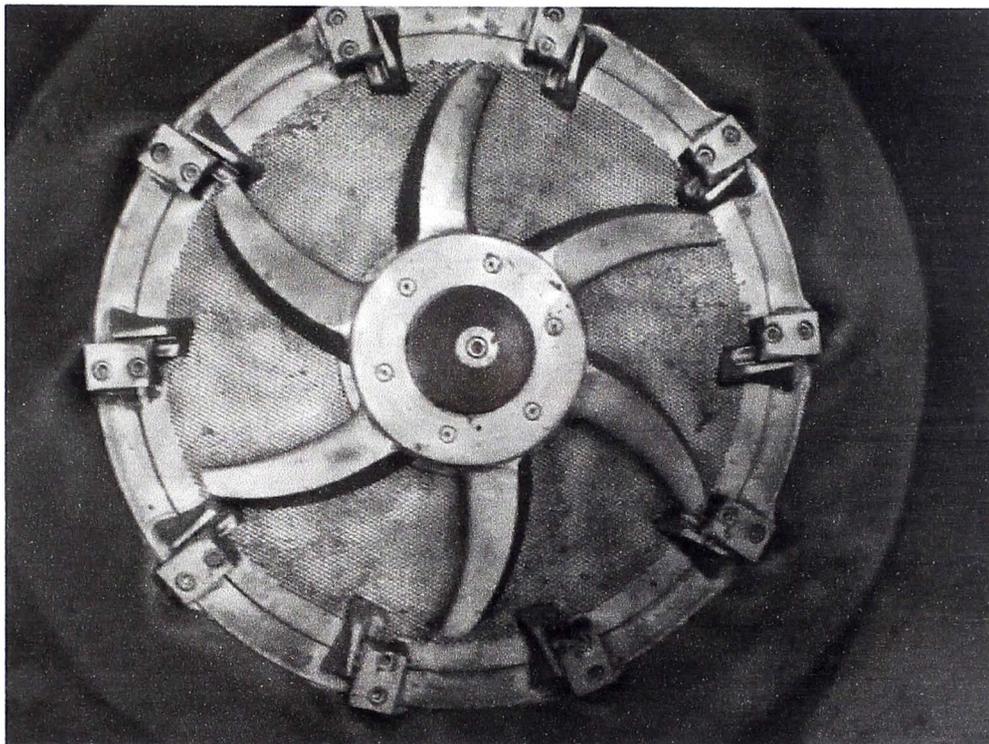


Figura 5.7 detalle interno de fiberier “Escher Wyss” modelo F-1.

Según el diagrama de flujo la capacidad requerida para el fiberizer es:

**Capacidad Fiberizer : 70.14/ 3 / 50.5**

En la figura 5.8 se observa la hoja técnica del fabricante “Escher Wyss” para el Fiberizer modelo F-1 donde indica que el equipo es capaz de entregar 100 TPD, es suficiente ya que se necesita solo 50.5 TPD.

Siempre en Fiberizer y depuradores se debe hacer la verificación de la velocidad de pase por el agujero de la criba, se recomienda que sea menor de

1m/s, esto nos garantiza que el desgaste en la criba no sea severo y que la criba tenga una frecuencia de cambio razonable.

	Instrucciones de montaje y servicio	PT 926
<p>14. <u>RESUMEN DE LOS DATOS DE SERVICIO</u></p> <p>14.1. <u>Fiberizer F 1</u></p> <p>Máquina:</p> <p>Absorción de potencia máx. = 60 kW</p> <p>Velocidad = 650 1/min.</p> <p>Carga máx. = 2000 1/min. 4150 kg/h 100 1x/día seco aba. en relación al 2,5 % de consistencia</p> <p>Consistencia de pasta = 3 - 4 %</p> <p>Presión de entrada máx. = 3 bar</p> <p>Presión de salida = 2,5 bar</p> <p>Diferencia de presión, aprox. 0,3 - 0,6 bar</p> <p>Presión máx. de agua obturante para la zona de la junta de eje = 3,5 bar</p> <p>Consumo de agua obturante, aprox. 0,5 1/min.</p> <p>Presión máx. de agua obturante esclusa de partes pesadas = 3,5 bar</p> <p>Consumo de agua obturante, aprox. 60 1/min.</p> <p>Momento de inercia sin poleas = 5 kg m<sup>2</sup></p> <p>Peso del Fiberizer (sin carga) aprox. 1320 kg</p> <p>Distancia intersticial "bordes de trabajo rotor-chapa perforada" = 2 - 3 mm</p> <p>Distancia intersticial "bordes de trabajo piezas de robotamiento-rotor" = 2 - 3 mm</p>		
ESCHER WYSS O.M.S.H. Ravensburg, 13. 11. 1979 Kln/Str	Escher Wyss Fiberizer F1 y F2	8 481 061 Hoja 32 SF

Figura 5.8 Capacidad y datos de operación de Fiberizer F-1 según fabricante "Escher Wyss".

**Tabla 4.3**

Cuadro comparativo entre área abierta de Fiberizer f-1 de Escher Wyss versus el fiberizer de la empresa Voith.

Cuadro comparativo de la criba F1 y criba Turbosorter voith				
Equipo	∅ de agujero mm	Total agujeros	Área x aguj. mmΛ2	Área total mΛ2
Criba F1	4.5 mm	7086	15.9	0.112
Criba voith turbosorter	2.2 mm	26160	3.8	0.0994

En la tabla 4.3 elaborada por el área de mantenimiento de la empresa Cartones Villa Marina para comparar los Fiberizer disponibles en el mercado se puede observar que el área abierta total para el Fiberizer F-1 es 0.112 m<sup>2</sup> para agujeros de 4.5 mm, en el Anexo II se puede observar el plano de fabricación de la criba para Fiberizer F-1.

Calculando la velocidad de pase por los agujeros se tiene:

$$Q = A \times V$$

Donde Q=caudal, A: Area y V: velocidad

$$70.14 \frac{m^3}{h} \times \frac{1h}{3600s} = 0.112m^2 \times V$$

$$V = 0.2 \frac{m}{s}$$

La velocidad de pase calculada por el agujero de la criba es 0.2 m/s, es menor a la recomendada de 1 m/s, esto nos garantiza que la criba va a tener una vida útil considerable.

### Especificaciones técnicas

- Potencia motor : 60 kw
- Consistencia : 3 %
- Presión de entrada: 25 m
- Presión de salida : 15 m
- Delta de presión : 10 m

#### 5.3.5 Bomba 2 CS

La bomba seleccionada para esta posición es una bomba centrífuga marca “goulds”, modelo 3175, tamaño 3x6-12, con carcasa e impulsor de acero inoxidable AISI 316. En la figura 4.9, se puede observar que para cumplir con las presiones recomendadas de ingreso a los equipos, la bomba debe de dar una presión de 27 m. La capacidad requerida de la bomba es:

**Capacidad de bomba 2 CS :  $70.14/3 / 50.5$**

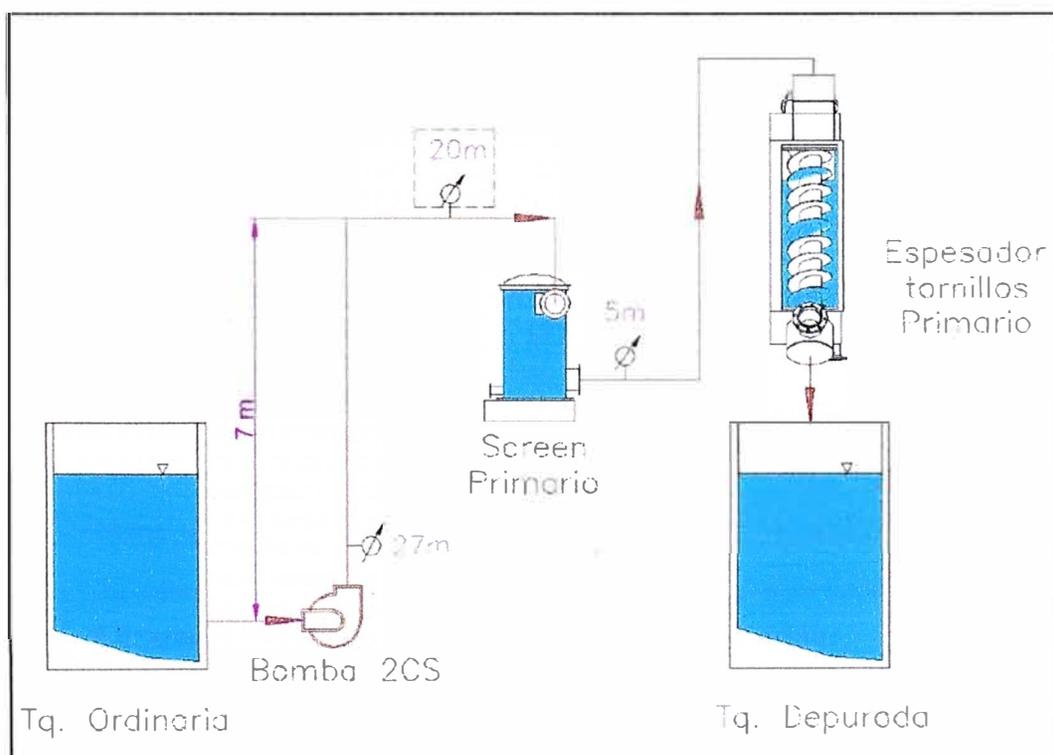


Figura 5.9 Diagrama de instalación de bomba 2 CS

El punto de operación deseado quedaría definido por:

$$Q = 70.14 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P = 27 \text{ m}$$

En la figura 5.10, se observa la curva característica de la bomba Goulds 3175,3x6-12 y se ubica el punto de operación.

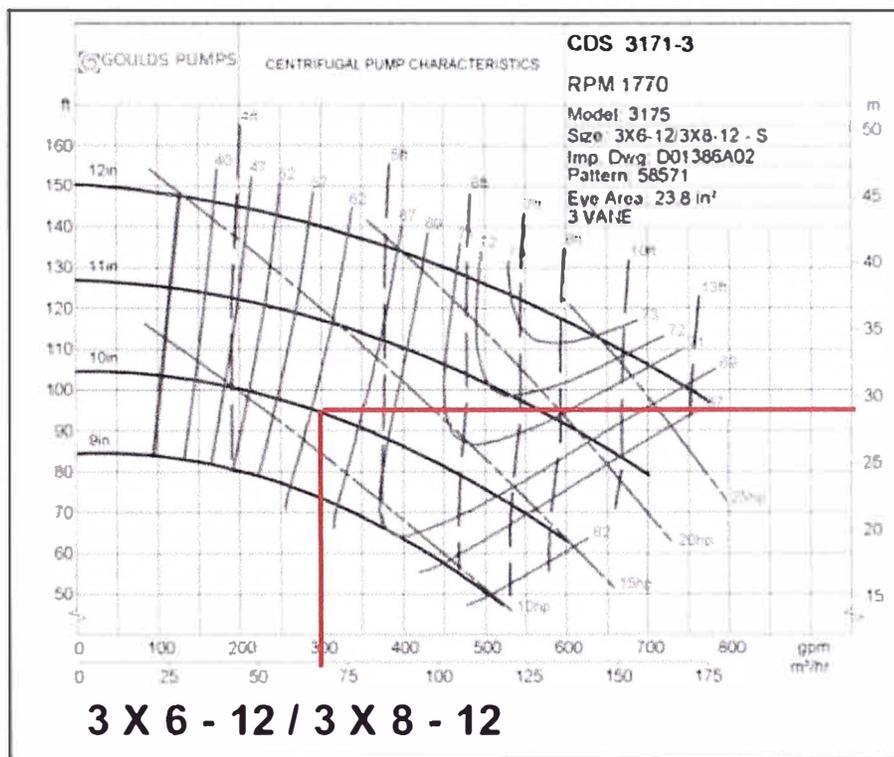


Figura 5.10 Curva característica de bomba goulds 3175, 3x6-12 a 1770 RPM

El punto de operación que nos entrega la bomba es:

$$Q_b = 70.14 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P = 28 \text{ m}$$

**Características de la bomba para el punto de operación:**

Diámetro de rotor: 10 in.

Número de álabes: 3

RPM: 1770.

**La potencia del motor:**

$$P = \frac{Qb \times P}{274 \times n_b \times n_e} = \frac{70.14 \frac{m^3}{h} \times 28m}{274 \times 0.61 \times 0.89} = 13.2 \text{ hp}$$

Donde  $n_b$ =eficiencia de la bomba,  $n_e$ =eficiencia de motor eléctrico.

- Motor instalado: Motor de corriente alterna, 1770 RPM, 20 hp,  $n_e=0.89$ .

Especificaciones técnicas

- Caudal: 70.14 m<sup>3</sup>/h
- Presión : 28 m
- Diámetro del rotor : 10 in.
- Número de álabes : 3
- Potencia motor : 20 hp
- RPM motor: 1770 RPM
- Tipo de acople: directo.

### 5.3.6 Screen Primario

El depurador o screen seleccionado fue marca Sotera , modelo SH-475, con criba perforada de agujeros cónicos de 2mm-2.5mm. Este depurador es horizontal, este detalle es importante debido a que el sellado de un depurador horizontal es por estopas o empaquetaduras cuadradas y no por sello mecánico como los depuradores verticales. Por ser el primer depurador de la línea, siempre llegan contaminantes que son muy perjudiciales para un sello mecánico y pueden dar fallas en línea y ocasionar paradas de producción.

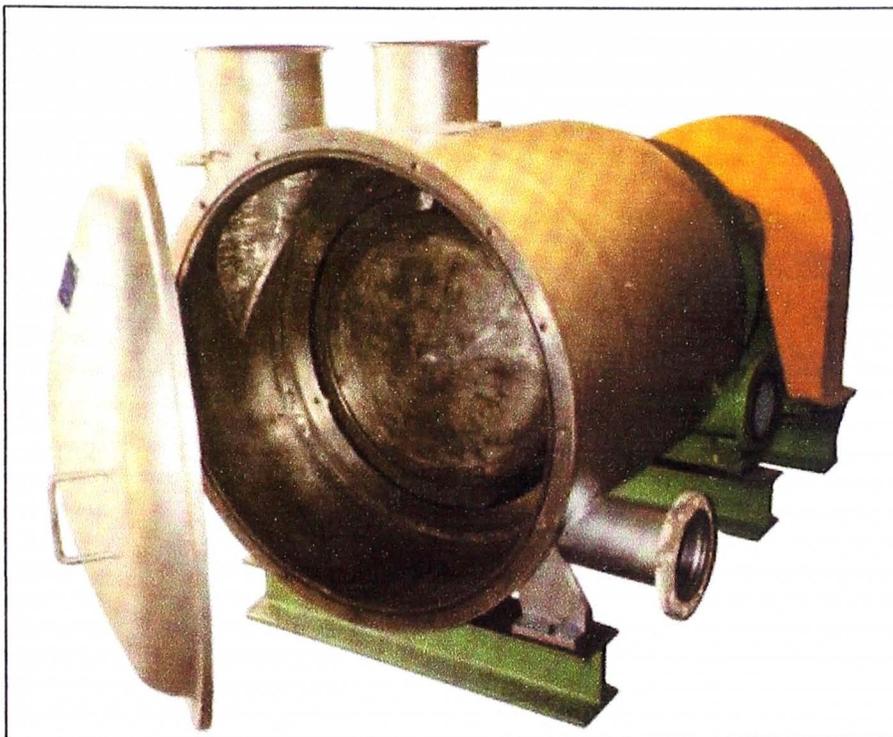


Figura 5.10 Screen marca Sotera, modelo SHI-475.

Según el diagrama de flujo la capacidad requerida para el screen primario es:

**Capacidad Screen primario : 70.14/ 3 / 50.5**

Tabla 5.4 Tabla de datos para los distintos modelos de screen marca "Soteras".

<b>SCREENS HORIZONTALES SERIE SH</b>					
Los Seleccionadores Horizontales de esta Serie se construyen en cuatro diferentes modelos. Con ello se pretende ajustar lo mejor posible al requerimiento particular de cada caso.					
<b>Datos Técnicos</b>					
Modelo		SH - 400	SH - 475	SH - 700	SH - 1000
Superficie del tamiz	(m <sup>2</sup> )	0.377	0.610	1.430	2.500
Potencia motor	(kw)	30	45	90	160
Consumo energético	(kw)	24 - 26	35 - 38	75 - 80	110 - 132
Revoluciones motor	(min - 1)	1500	1500	1000	750
Producción	max. (tm./día)	40	60	150	180
	min. (tm./día)	23	37	75	90
Densidad	(%)	2 - 4.5	2 - 4.5	2 - 4.5	2 - 4.5
<b>TALLERS SOTERAS S.L.</b>					
C/. Amador Romani, s/n - Tel. 93 / 801 02 05 Fax 93 / 801 30 06 - 08786 CAPELLADES (Barcelona) España					

En la tabla 4.4 se puede observar la tabla de capacidades dada por el fabricante para los distintos modelos. El screen Sotera modelo SH-475 tiene una capacidad en el rango de 37TPD-60TPD, la cual es suficiente sabiendo que se necesita 50.5 TPD.

Tabla 4.5

equipo	ubicación	Ø agujero (mm)	Total agujeros	A. original(m <sup>2</sup> )
Screen sotera SH-475	screen primario capa superior	2	20000	0.06

En la tabla 4.5 elaborada por el área de mantenimiento de la empresa Cartones Villa Marina, se puede observar que el área abierta total del screen Sotera modelo SH-475 es 0.06 m<sup>2</sup> para agujeros de 2 mm.

Calculando la velocidad de pase por los agujeros se tiene:

$$Q = A \times V$$

Donde Q=caudal, A: Area y V: velocidad

$$70.14 \frac{m^3}{h} \times \frac{1h}{3600s} = 0.06m^2 \times V$$

$$V = 0.32 \frac{m}{s}$$

La velocidad de pase calculada por el agujero de la criba es 0.32 m/s, es menor a la recomendada de 1 m/s, esto nos garantiza que la criba va a tener una vida útil considerable.

Se puede encontrar mayor información del fabricante en el anexo III.

Especificaciones técnicas

- Flujo másico esperado : 50.5 TPD
- Potencia motor : 60 hp
- RPM motor: 1500RPM

### 5.3.7 Espesador de tornillo primario

El espesador de tornillo inclinado utilizado fue marca Licar modelo ETI-225. En la figura 4.11, se puede apreciar que solo el 29% (13.2 TPD) del flujo másico se hace pasar por el espesador de tornillo inclinado, esto debido a que la consistencia de salida del espesador es alrededor de 10% y en el tanque depurada se necesita que la pasta este con una consistencia de 5% para ingresar al refinador, por ellos se dirige el 71% (32.25 TPD) de flujo en forma directa para que ayude a diluir y conseguir la consistencia deseada.

**Capacidad espesador de tornillo primario : 18.3/ 3 / 13.2**

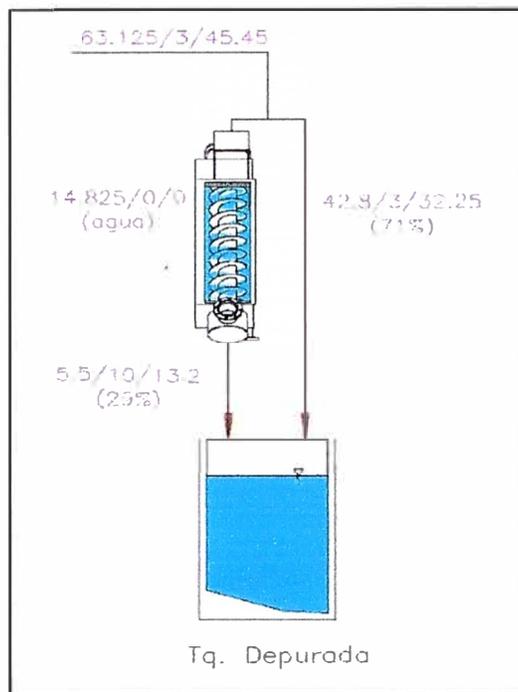


Figura 5.11 Distribución de montaje de espesador de tornillo inclinado primario.

En la tabla 5.6 se puede apreciar la capacidad de cada espesador inclinado, un espesador tiene la capacidad de espesar de 3% de consistencia a 10% de consistencia de 15-20 TPD, tiene la capacidad correcta ya que se necesita 13.2 TPD.

Tabla 5.6 Capacidad del espesador de tornillo inclinado marca Licar, modelo ETI-225.

MATERIAS PRIMAS	CONCENTRACION		PRODUCCION POR
	ENTRADA	SALIDA	TUBO Y 24 HORAS
Kraft	3 %	12 a 14 %	15 a 20 Tns
Kraft	4 %	15 a 18 %	18 a 20 Tns
<b>Mezclas de papelotes</b>	<b>3%</b>	<b>10 a 12 %</b>	<b>15 a 20 Tns</b>
Recortes de periódicos	4 %	12 a 16 %	14 a 16 Tns
Sulfito	4 %	14 a 16 %	16 a 18 Tns

#### Especificaciones técnicas

- Flujo másico esperado: 13.2 TPD
- Consistencia de entrada: 3 %
- Consistencia de salida: 5%.

#### 5.3.8 Bomba 3 CS:

En esta posición debido a que solo se maneja un flujo másico de 5 TPD como rechazo del screen primario en el tanque mezcla, no se utiliza la bomba las 24 horas, sino cada vez que se llena el tanque mezcla. La bomba seleccionada para esta posición es una bomba centrífuga marca "goulds", modelo 3175, tamaño 3x6-12, con carcasa e impulsor de acero inoxidable AISI 316. En la figura 4.12 se puede observar que para cumplir con las presiones recomendadas de ingreso a los equipos, la bomba debe de dar una presión de 27 m.

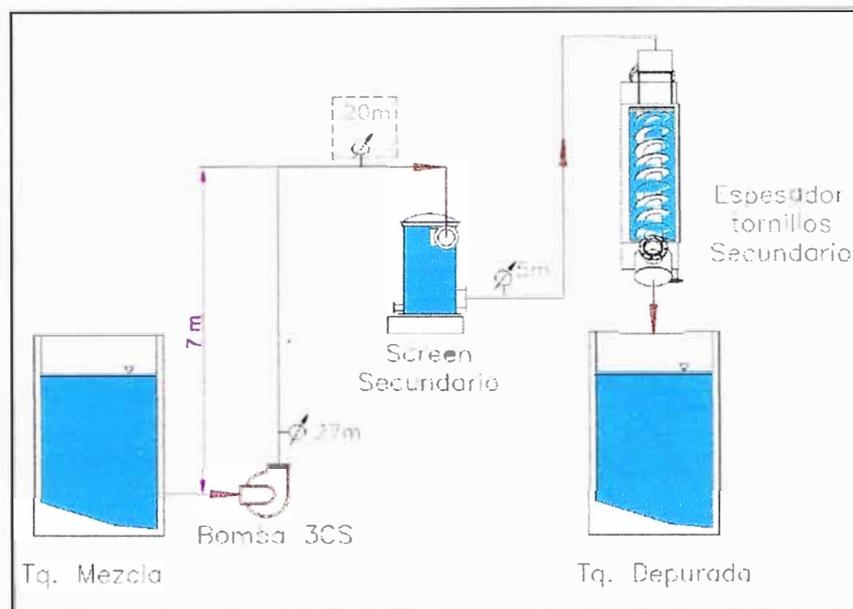


Figura 4.12 Diagrama de instalación de bomba 3 CS

Considerando que el tanque Mezcla tiene  $90 \text{ m}^3$  y se llena a razón de  $7 \text{ m}^3/\text{h}$ , en 10 horas tenemos  $70 \text{ m}^3$  que representa el 77.8 % del tanque, en este momento se pone en línea la “bomba 3CS” considerando un caudal de  $70 \text{ m}^3/\text{h}$ , quiere decir que en 1 hora el tanque debería quedar vacío. Con esta consideración el punto de operación deseado quedaría definido por:

$$Q = 70 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P = 27 \text{ m}$$

En la figura 5.13, se observa la curva característica de la bomba Goulds 3175,3 x 6-12 y se ubica el punto de operación.

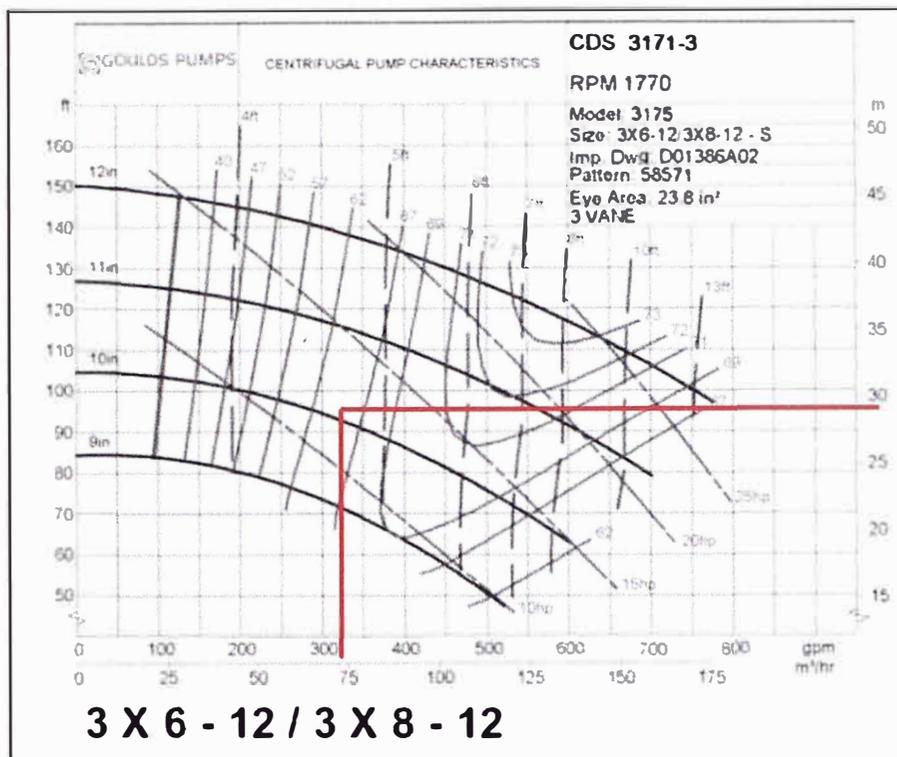


Figura 4.13 Curva característica de bomba goulds 3175, 3x6-12 a 1770 RPM.

El punto de operación que nos entrega la bomba es:

$$Q_b = 70 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P = 28 \text{ m}$$

**Características de la bomba para el punto de operación:**

Diámetro de rotor: 10 in.

Número de álabes: 3

RPM: 1770

**La potencia del motor:**

$$P = \frac{Q_b \times P}{274 \times n_b \times n_e} = \frac{70 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 28 \text{ m}}{274 \times 0.61 \times 0.89} = 13.17 \text{ hp}$$

Donde  $n_b$ =eficiencia de la bomba,  $n_e$ =eficiencia de motor eléctrico.

- Motor instalado: Motor de corriente alterna, 1770 RPM, 20 hp,  $n_e=0.89$

#### Especificaciones técnicas

- Caudal: 70m<sup>3</sup>/h
- Presión : 28m
- Diámetro del rotor : 10 in.
- Número de álabes : 3
- Potencia motor : 20 hp
- RPM motor: 1770
- Tipo de acople: directo.

#### 5.3.9 Screen Secundario :

Debido a que la bomba 3 CS que alimenta este circuito trabaja 1 hora cada 10 horas, debe tener la capacidad de manejar :

#### **Capacidad Screen secundario : 70 / 3 / 50.5**

El depurador seleccionado fue el mismo que para el screen primario, marca Sotera , modelo SH-475, con criba perforada de agujeros cónicos de 2mm-2.5mm.

Tabla 5.7 Área abierta de screen Sotera 475

equipo	ubicación	Ø agujero (mm)	Total agujeros	A. original(m <sup>2</sup> )
Screen sotera SH-475	screen secundario capa superior	2	20000	0.06

Según la tabla 5.7, el screen Sotera modelo SH-475 tiene una capacidad en el rango de 37TPD-60TPD, la cual es suficiente sabiendo que se necesita 50.5

TPD. También se puede observar que el área abierta total del screen Sotera modelo SH-475 es  $0.06 \text{ m}^2$  para agujeros de 2 mm.

Calculando la velocidad de pase por los agujeros se tiene:

$$Q = A \times V$$

Donde Q=caudal, A: Area y V: velocidad

$$70 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 0.06\text{m}^2 \times V$$

$$V = 0.32 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad de pase calculada por el agujero de la criba es 0.32 m/s, es menor a la recomendada de 1 m/s, esto nos garantiza que la criba va a tener una vida útil considerable.

Especificaciones técnicas

- Flujo másico esperado : 50.5 TPD
- Potencia motor : 60 hp
- RPM motor: 1500RPM

#### 5.3.10 Espesador de tornillo secundario :

El espesador de tornillo inclinado secundario debe ser el mismo que el espesador primario, ya que maneja la misma capacidad, solo que por 1 hora cada 10 horas por lo expuesto anteriormente. Espesador de tornillo marca Licar modelo ETI-225. Podemos guiarnos de la figura 4.11 , donde se puede apreciar que solo el 29% (13.2 TPD) del flujo másico se hace pasar por el espesador de tornillo inclinado, esto debido a que la consistencia de salida del espesador es alrededor de 10% y en el tanque depurada se necesita que la

pasta este con una consistencia de 5% para ingresar al refinador, por ellos se dirige el 71% (32.25 TPD) de flujo en forma directa para que ayude a diluir y conseguir la consistencia deseada.

### **Capacidad espesador de tornillo primario : 18.3/ 3 / 13.2**

En la tabla 4.6 se puede apreciar la capacidad de cada espesador inclinado, están en la capacidad de espesar de 3% de consistencia a 10% de consistencia de 15-20 TPD, tiene la capacidad correcta ya que se necesita 13.2 TPD.

#### Especificaciones técnicas

- Flujo másico esperado: 13.2 TPD
- Consistencia de entrada: 3 %
- Consistencia de salida: 5%.

#### 5.3.11 Bomba 4 CS

La bomba seleccionada para esta posición es una bomba centrífuga marca "goulds", modelo 3175, tamaño 3x6-12, con carcaza e impulsor de acero inoxidable AISI 316. En la figura 5.14 se puede observar que para cumplir con las presiones recomendadas de ingreso a los equipos, la bomba debe de dar una presión de 37 m. La capacidad requerida por la bomba es:

### **Capacidad de bomba 1 CS : 41.66/ 5 / 50**

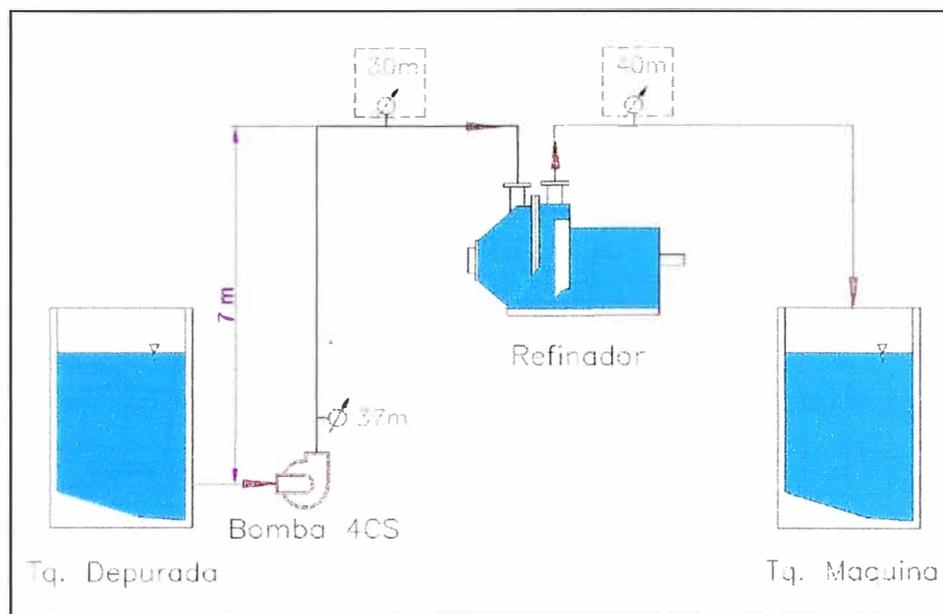


Figura 5.14 Diagrama de instalación de bomba 4 CS

El punto de operación deseado quedaría definido por:

$$Q= 41.66 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P= 37 \text{ m}$$

En la figura 5.15, se observa la curva característica de la bomba Goulds 3175,3 x 6-12 y se ubica el punto de operación.

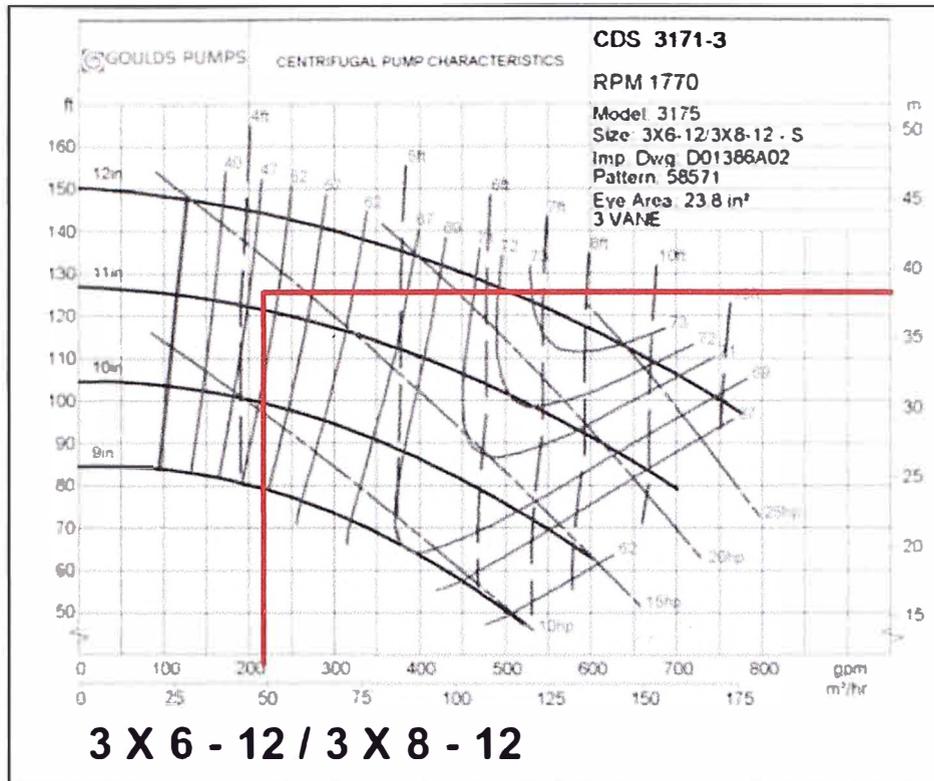


Figura 5.15 Curva característica de bomba goulds 3175, 3x6-12 a 1770 RPM.

El punto de operación que nos entrega la bomba es:

$$Q_b = 41.66 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P = 38 \text{ m}$$

**Las características de la bomba para el punto de operación:**

Diámetro de rotor: 11 in.

Número de álabes: 3

RPM: 1770

**La potencia del motor:**

$$P = \frac{Q_b \times P}{274 \times n_b \times n_e} = \frac{41.66 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 38 \text{ m}}{274 \times 0.47 \times 0.89} = 13.81 \text{ hp}$$

Donde  $n_b$ =eficiencia de la bomba,  $n_e$ =eficiencia de motor eléctrico.

- Motor instalado: Motor de corriente alterna, 1770 RPM, 20 hp,  $n_e=0.89$ .

#### Especificaciones técnicas

- Caudal: 41.66 m<sup>3</sup>/h
- Presión : 38 m
- Diámetro del rotor : 11 in.
- Número de álabes : 3
- Potencia motor : 20 hp
- RPM motor: 1770
- Tipo de acople: directo.

#### 5.3.12 Refinador

Para esta posición se reutilizo un refinador Marca Jones, modelo DD 3000 , tamaño 20in ( se refiere al diámetro de los discos). Este refinador salió de la capa inferior de la línea de producción de papel por falta de capacidad, pero se acomodaba muy bien para las necesidades de la capa superior. La ventaja de utilizar este equipo es que se tiene más información debido a que se ha trabajado con él y se han podido registrar algunos datos importantes como la carga sin pasta o “NO LOAD” y la carga en proceso de refinado o “LOAD”, los cuales se pueden observar en la tabla 4.6.

Tabla 5.6 Carga LOAD y NO LOAD para refinador Jones DD 3000 de 20 in.

	NO LOAD	LOAD
CARGA (A)	25	55

Se debe de resaltar la importancia de que la consistencia a la entrada del refinador sea de 5%, esto permite tener un colchón de pasta que separa los discos refinadores evitando desgaste acelerado de los discos, también se evitan golpes que terminan por romper los discos refinadores, recordemos que por lo general el material de los discos es inoxidable martencítico con durezas alrededor de 55 HRC, si bien es cierto tienen buena resistencia al desgaste, pero son muy frágiles.

La capacidad requerida para el refinador es:

$$\text{Capacidad refinador : } 41.66 / 5 / 50$$

En la figura 4.16, se puede observar que la capacidad del refinador Beloit DD 3000 de 20 in trabajando con disposición "Duo flow" es de 25TPD – 100 TPD, siendo suficiente debido a que se necesita refinar 50 TPD.

Utilizando los valores de la tabla 3. 6, podemos calcular la eficiencia energética del refinador:

$$n_r = \frac{(55A - 25A)}{55A} = 0.545$$

Utilizando el consumo de amperaje con pasta se puede calcular el consumo de potencia eléctrica:

$$P_r = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

$$P_r = \frac{\sqrt{3} \times 2300v \times 55 A \times 0.8}{1000} = 175.288 \text{ kw} = 235 \text{ hp}$$

En la imagen 19, se observa que la potencia del motor para un refinador Jones DD 3000 de 20 in debe estar entre 150 hp – 300 hp, podemos evidenciar que el valor calculado se encuentra en este rango.

- Motor instalado: Motor de corriente alterna, 900 RPM, 300 hp,  $\cos \phi = 0.8$ .

Para mayor información de refinador Beloit DD 3000, revisar anexo IV.

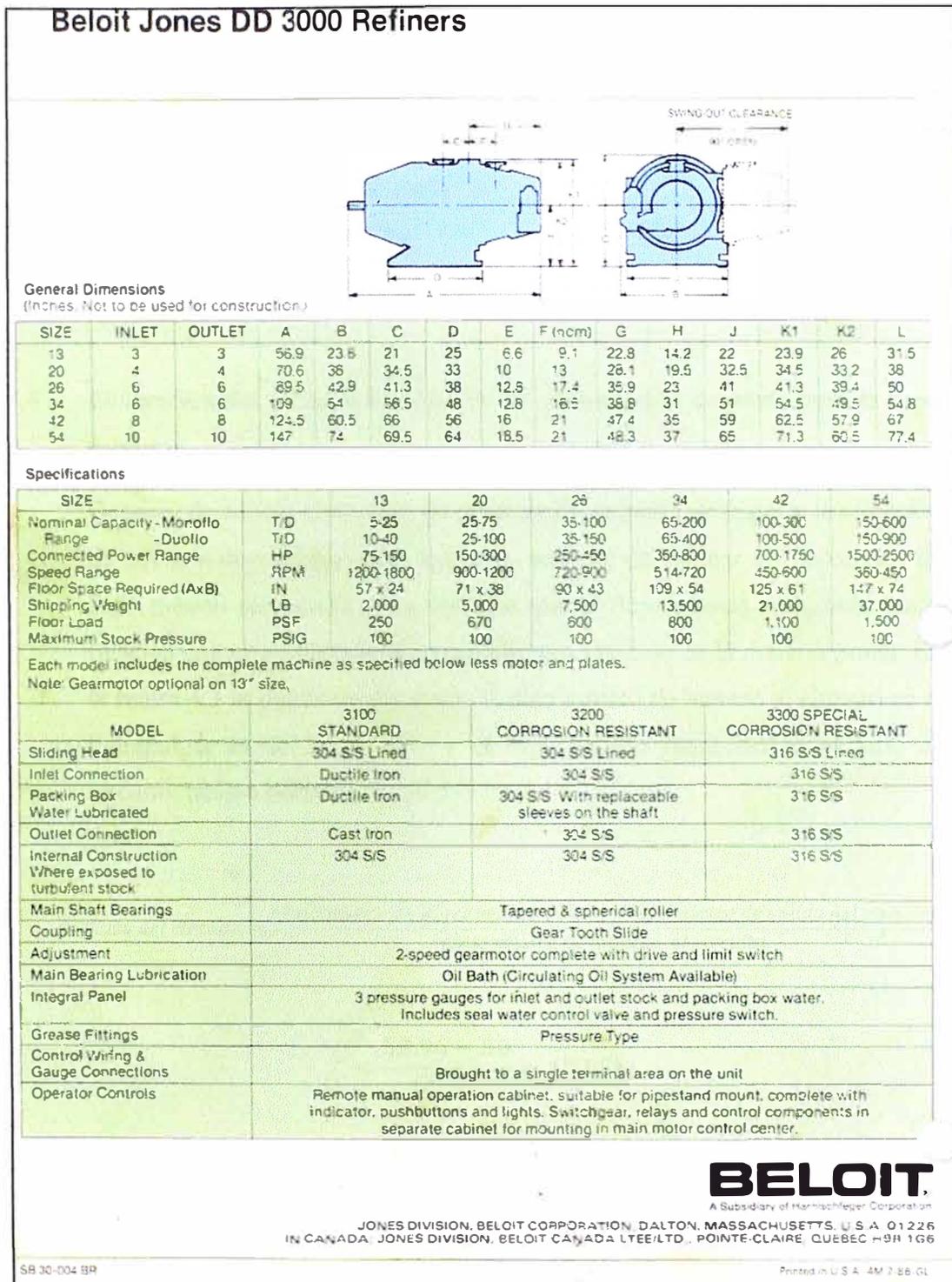


Figura 5.16 Hoja técnica de refinadores marca Beloit Jones, modelo DD 3000

#### Especificaciones técnicas

- Flujo másico esperado : 50 TPD
- Presión de entrada : 30m
- Diámetro de discos : 20 in.
- Número de discos rotativos : 2
- Número de discos estáticos : 2
- Potencia motor : 300 hp
- RPM motor: 900.

#### 5.4 Evaluación del rechazo del circuito de preparación de pasta para la capa superior.

Después de definir el circuito de preparación de pasta de papel y la selección de equipos disponibles en el mercado, se debe de evaluar el porcentaje de flujo másico rechazado, para verificar que el flujo másico rechazado tenga relación con el porcentaje de contaminantes presente en la materia prima. En la figura 4.3 se puede verificar que el flujo másico de ingreso al circuito en el hidrapulper es de 55.96 TPD y el flujo másico requerido en el final de circuito, tanque máquina, es 50 TPD.

$$\text{Rechazo del circuito} = \frac{\text{Flujo másico de ingreso al circuito} - \text{Flujo másico de salida del circuito}}{\text{flujo másico de ingreso al circuito}}$$

$$= \frac{55.96 - 50}{55.96} = 10.65\%$$

El valor de % de rechazo del circuito diseñado es 10.65%, sin embargo esto va a depender mucho de que el porcentaje de contaminantes de la materia prima este en el rango promedio del mercado peruano que es de 10% a 14%.

## **CAPÍTULO 6**

### **COSTOS**

Después de haber realizado la definición, determinación de flujos máxicos y selección de equipos de la capa superior de la línea de producción de papel de empaque de la empresa “Cartones Villa Marina”, se determinó el costo de los equipos y se hizo una comparación referencial con equipos nuevos de la misma capacidad y marca, a excepción del refinador, que los seleccionados. Se debe tener en cuenta que los precios de los equipos nuevos son sin negociación ya que esta se hace cuando se van a comprar.

#### **6.1 Costos de los equipos adquiridos**

A continuación se muestra un cuadro donde se pueden apreciar los costos de los equipos de segunda mano adquiridos. Se debe de tener en cuenta que los equipos vienen con overhaul realizado, es decir listos para ser montados. Los precios de los equipos son FOB (Free on board) o puesto en el puerto de origen.

Tabla 6.1 Costo FOB de los equipos de segunda mano adquiridos

Descripción de equipos	precio unitario (US\$)	cantidad (unidades)	precio total (US\$)
Hidrapulper, Licar , 8m <sup>3</sup>	40,000.0	1	40,000.0
Bombas, goulds 3175, 3x6-12	5,100.0	4	20,400.0
HDC ,Black Clawson No. 10	13,000.0	1	13,000.0
Fiberizer Escher Wyss F-1	18,000.0	1	18,000.0
Screen Sotera SH-475	23,000.0	2	46,000.0
Refinador Beloit Jones DD 3000	27,000.0	1	27,000.0
Espesador de tornillo inclinado, Licar ETI-225	16,400.0	2	32,800.0
		Costo Total	197,200.0

## 6.2 Costos de equipos nuevos

En la tabla 5.2, se puede apreciar los costos de los equipos nuevos equivalente a los adquiridos de segunda mano, estos tienen una capacidad similar y son de la misma marca a excepción del refinador. Se debe tener en cuenta que todos estos precios son FOB, por lo que hay que considerar también el costo de transporte y nacionalización.

Tabla 5.2 Costo de equipos nuevos

Descripción de equipos	precio unitario (US\$)	cantidad (unidades)	precio total (US\$)
Hidrapulper, Licar , 8m <sup>3</sup>	138,000.0	1	138,000.0
Bombas, goulds 3180, 3x6-12	43,000.0	4	172,000.0
HDC ,Black Clawson No. 10	35,000.0	1	35,000.0
Fiberizer Escher Wyss F-1	105,000.0	1	105,000.0
Screen Sotera SH-475	95,000.0	2	190,000.0
Refinador Andritz, Twin Flow 20 in	125,000.0	1	125,000.0
Espesador de tornillo inclinado, Licar ETI-225	30,000.0	2	60,000.0
		Costo Total	825,000.0

## 6.3 Comparativo de costos

En la tabla 5.3 se puede observar el comparativo entre los equipos de segunda mano adquiridos y equipos nuevos referenciales, que nos sirven para darnos una idea cuanto se ahorra en la inversión inicial cuando se trabajan con equipos de segunda mano.

El porcentaje de ahorro total es de 76.1 % y equivale a US\$ 627,800.0, se puede evidenciar que utilizar equipos de segunda mano para la industria de papel de empaque es una medida acertada cuando se tiene como uno de los objetivos que la inversión inicial sea lo menor posible.

Tabla 5.3 comparativos de costos entre equipos de segunda mano y nuevos

Descripción de equipos	costo de equipos de segunda mano (US\$)	costo de equipos nuevos (US\$)	cantidad (unidades)	costo total de equipos de segunda mano (US\$)	costo total de equipos nuevos (US\$)	porcentaje de ahorro (%)
Hidrapulper, 8m <sup>3</sup>	40,000.0	138,000.0	1	40,000.0	138,000.0	71.0
Bombas de pasta	5,100.0	43,000.0	4	20,400.0	172,000.0	88.1
HDC	13,000.0	35,000.0	1	13,000.0	35,000.0	62.9
Fiberizer	18,000.0	105,000.0	1	18,000.0	105,000.0	82.9
Screen	23,000.0	95,000.0	2	46,000.0	190,000.0	75.8
Refinador 20 in	27,000.0	125,000.0	1	27,000.0	125,000.0	78.4
Espesador de tornillo inclinado	16,400.0	30,000.0	2	32,800.0	60,000.0	45.3
			<b>Total (US\$)</b>	<b>197,200.0</b>	<b>825,000.0</b>	<b>76.1</b>

#### 6.4 Resultados esperados de la implementación

Implementando el circuito de preparación de pasta de la capa superior de la línea de producción de papel se esperan los siguientes resultados:

- 6.4.1 Productividad: Incremento de la productividad en un 43%.
- 6.4.2 Rentabilidad: Reducción en un 32% el costo de materia prima en la fabricaciones de papel de empaque tipo liner , considerando un precio de S/.650 por tonelada de materia prima DKL y S/.350 por tonelada de fibra OCC.

## CONCLUSIONES

1. Se diseñó el circuito de preparación de pasta de la capa superior de la línea de producción de papel de empaque incrementando la productividad en un 43%.
2. Se define un circuito de preparación de pasta con contaminantes menores de 2 mm y un porcentaje de rechazo de flujo másico de 10.65%.
3. Se logran determinar los flujos másicos que permitan tener un circuito de preparación de pasta con capacidad de 50 TPD.
4. Seleccionando equipos de segunda mano se consigue ahorrar 76.1% respecto del costo de utilizar equipos nuevos.

## RECOMENDACIONES

1. Para poder diseñar un circuito de preparación de pasta de papel se debe de revisar y evaluar cuál es el que más conviene según el tipo de materia prima con la que se cuenta, presupuesto disponible para el proyecto y la calidad de papel que se desee o exija el mercado.
2. En la etapa de definición del circuito de preparación de pasta, es muy importante verificar que el rechazo neto del circuito sea menor al 14% del flujo másico que ingresa, esto para garantizar que se eliminen los contaminantes y no fibra.
3. No se debe de incrementar la capacidad de los equipos de limpieza cerrando los rechazos, esto ocasiona que la eficiencia de limpieza no sea la correcta y genera que la calidad del papel disminuya.
4. Cuando se seleccionan los equipos se debe de considerar que una fábrica de papel trabaja en proceso continuo y por lo general solo para la producción para realizar los mantenimientos programados. Por ello se deben de seleccionar equipos con los materiales correctos y que estén en un rango de trabajo holgado, no hacerlos trabajar al límite o por encima de su capacidad, para disminuir la probabilidad de una parada de producción no programadas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aspapel (2010). *Curso de fabricación de papel*. España.
2. García Prats, Alberto; Cobacho Jordán, Ricardo. (2012) *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*. España. Primera Edición
3. Ostos R. Andrés J. (2007). *Curso de Ingeniería de cribado para Acotepac*. Colombia.
4. Torraspapel S.A. (2008). *Libro de fabricación de papel*. España.
5. Smook G.A. (1990). *Manual para técnicos de pulpa y papel*. Estados Unidos de América. Primera edición
6. Viejo Zubicaray, Manuel; Alvarez Fernández, Javier. (2012). *Bombas, teoría, diseño y aplicaciones*. México. Tercera edición.

## **ANEXOS**

- Anexo I: Catálogo de hidrapulpers, marca Licar, modelo Delta.
- Anexo II: Plano de fabricación de criba para Fiberizer, modelo F-1.
- Anexo III: Catálogo de depuradores horizontales, marca Sotera.
- Anexo IV: Catálogo de refinador de discos, marca Beloit, modelo DD3000.

## **Anexo I**

**Catálogo de Hidrapulpers, marca Licar, modelo Delta.**

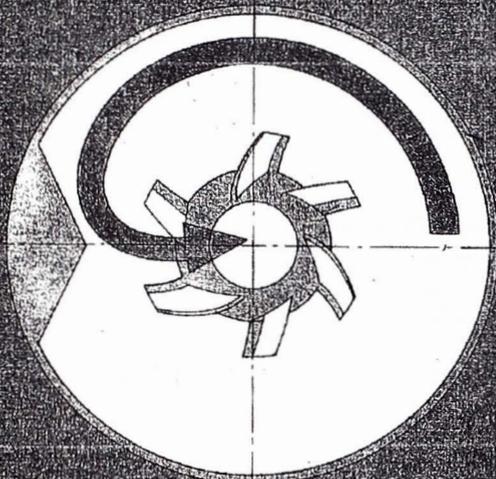
## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El Pulper Delta está constituido por una cuba cilíndrica equipada con un deflector Delta; por un rotor especial que tiene los álabes dispuestos de tal forma que se consigue una acción eficaz de desintegración y bombeo; y por una chapa tamiz de extracción.

La cuba tiene un fondo cónico de manera que la pasta impulsada por el rotor circula suavemente por las paredes de la cuba. La tendencia de la pasta a moverse circularmente según la geometría de la cuba es desviada por el deflector Delta que la conduce hacia el rotor por el camino más corto.

La chapa tamiz perforada está equipada con barras rompedoras que crean una turbulencia y fluidez en la pasta.

Todo esto hace posible trabajar a una consistencia alta y aumentar la eficacia en el desfibrado. También aumenta la eficacia de la energía empleada. El pulper Delta es uno de los más avanzados entre los pulpers de baja y media consistencia.



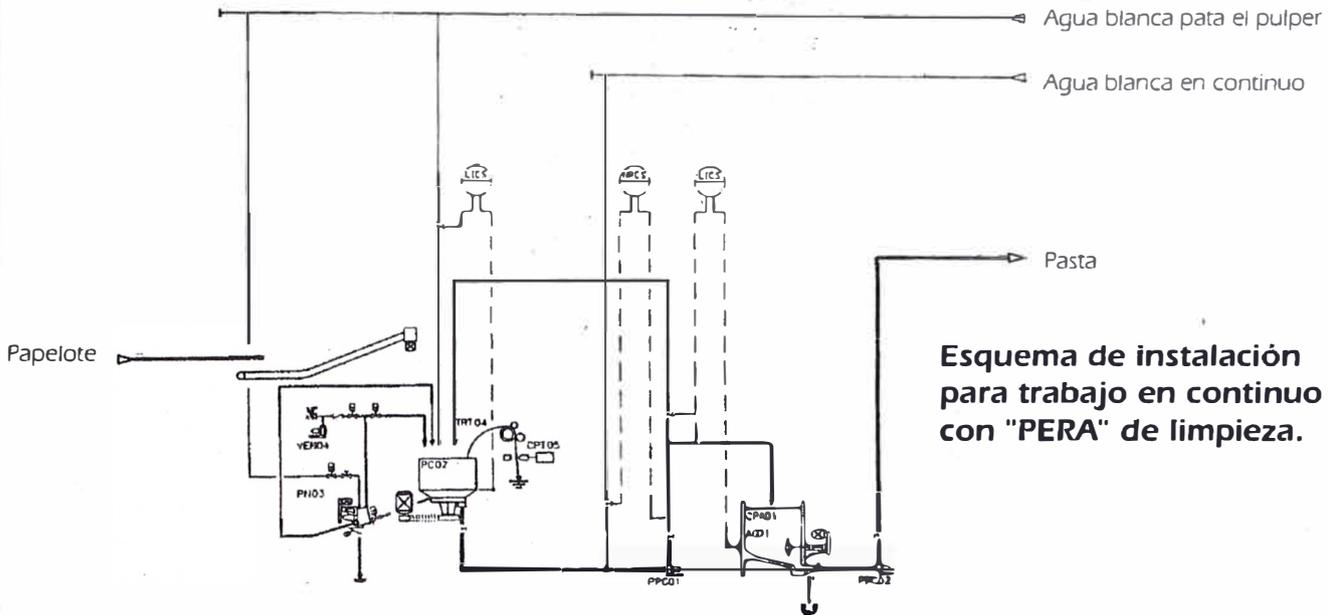
## PRINCIPALES VENTAJAS

- Gran eficacia de desfibrado a consistencias entre 3 - 8%.
- Importante ahorro de energía por comparación con los pulpers convencionales.
- Posibilidades de trabajo en continuo ó discontinuo.
- Trabajando con papelote en continuo y aplicando una "PERA" de limpieza se eliminan las paradas de limpieza.
- Puede aplicarse un extractor de trenza trabajando en continuo con papelote.
- Rápida absorción de los fardos alimentados al flujo de pasta en circulación.
- Elevada producción y fácil mantenimiento.

## APLICACIONES PRINCIPALES

Pulpeado de:

- Celulosa
- Pasta Kraft de fibra corta y larga
- TMP
- Roturas y recortes (Fin de máquina de papel, bobinadora, converting)
- Papelote (Mezclas, O.C.C., Revistas, Periodicos)



Modelo (volumen) m <sup>3</sup>	Potencia motor Kw	Diametro depósito mm.*	Altura total mm.*	Producción TMPD BD **	Modelo (volumen) m <sup>3</sup>	Potencia motor Kw	Diametro depósito mm.*	Altura total mm.*	Producción TMPD BD **
8	75 - 90	2800	3600	40 - 75	25	200 - 250	4000	4800	140 - 260
10	90 - 110	3000	3600	50 - 100	30	200 - 250	4500	4800	170 - 300
12	110 - 132	3200	3600	60 - 120	35	250 - 280	4650	4800	210 - 340
15	132 - 160	3600	4700	75 - 150	40	250 - 315	4900	5500	240 - 390
18	160 - 200	3800	4400	90 - 180	50	315 - 400	5100	6200	300 - 520
20	160 - 200	3900	4900	100 - 200	60	355 - 450	5500	6600	360 - 590
22,5	200	3900	5100	110 - 220	70	450 - 560	5850	8700	420 - 680

ACCIONAMIENTO POR POLEAS-CORREAS V

ACCIONAMIENTO POR REDUCTOR

Dimensiones informativas sin compromiso, pueden ser variadas sin aviso previo.

\* Producciones a definir en cada caso según: materia prima, forma de trabajo (continuo ó discontinuo), concentración, diámetro de perforación de la chapa tamiz, tiempos muertos.

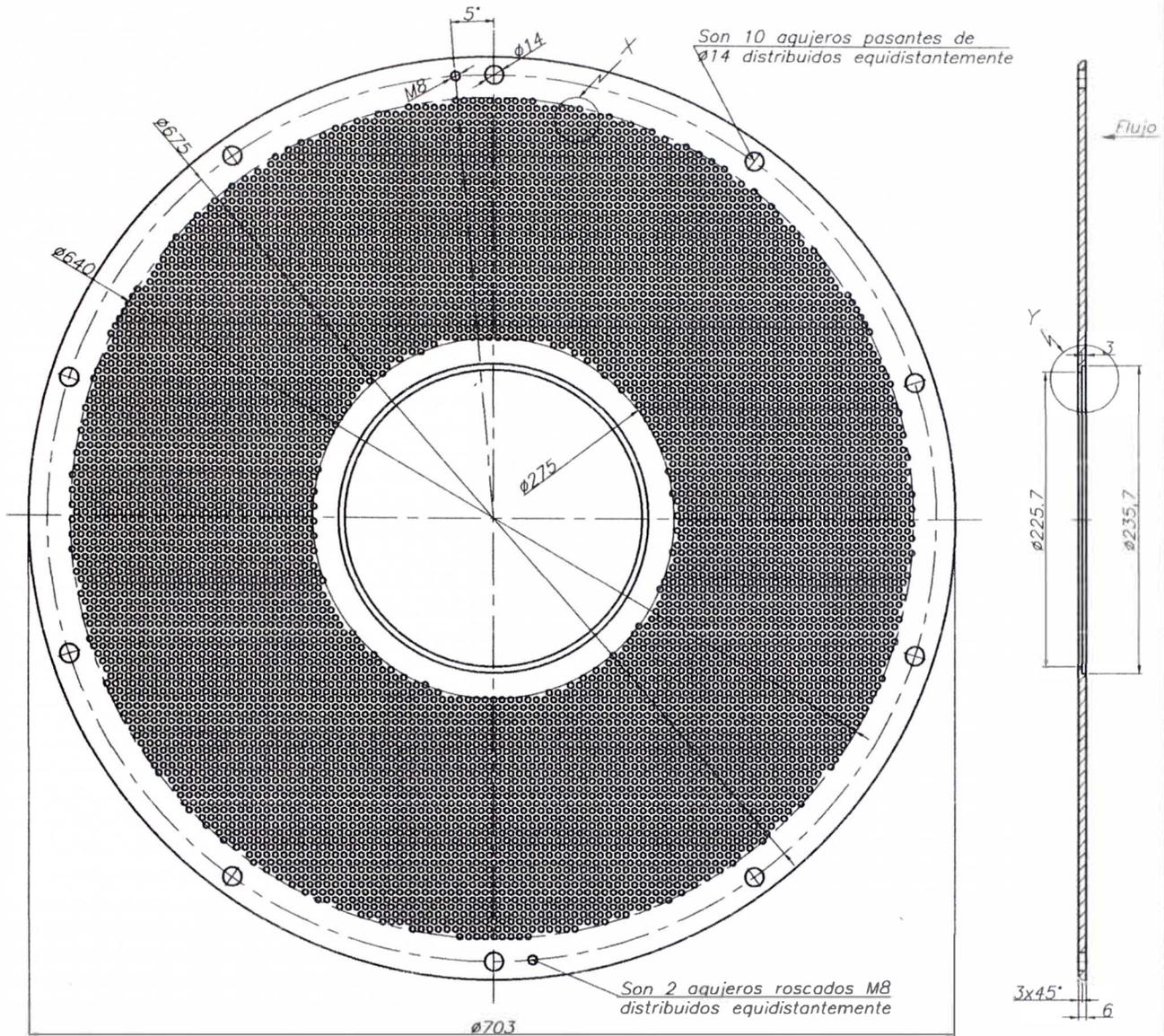
### Materiales de construcción:

- Cuba y chapa tamiz: Acero inoxidable AISI 316 L
- Rodete Acero fundido resistente a la abrasión con aportación de soldadura antidesgaste en los bordes de ataque.

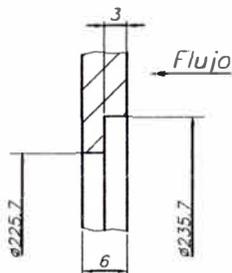
## **Anexo II**

**Plano de Fabricación de criba para Fiberizer, modelo F-1.**

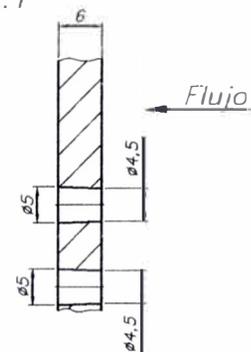
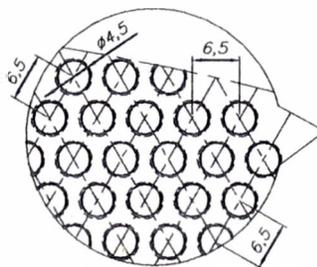
Acabado superficial:  $\nabla$  N6/  
 Tolerancias generales:  $\pm 0.01$



detalle "Y"  
 esc: 1:1



detalle "X"  
 esc: 1:1



01	01	$\phi 703 \times 6$	AISI 304	
Item	Cantidad	Denominación	Material	Tratamiento
Codigo maquina 00410		CRIBA-TURBOSORTER F1		
Escala	Nombre	Fecha	Firma	Plano N°
1:5	Aprobado	Inq. A.H.B.	07/01/12	
	Revisado			
	Modificado	J. Apolinario	05/01/12	
	Dibujado	J. Apolinario	30/12/11	
Observaciones:				

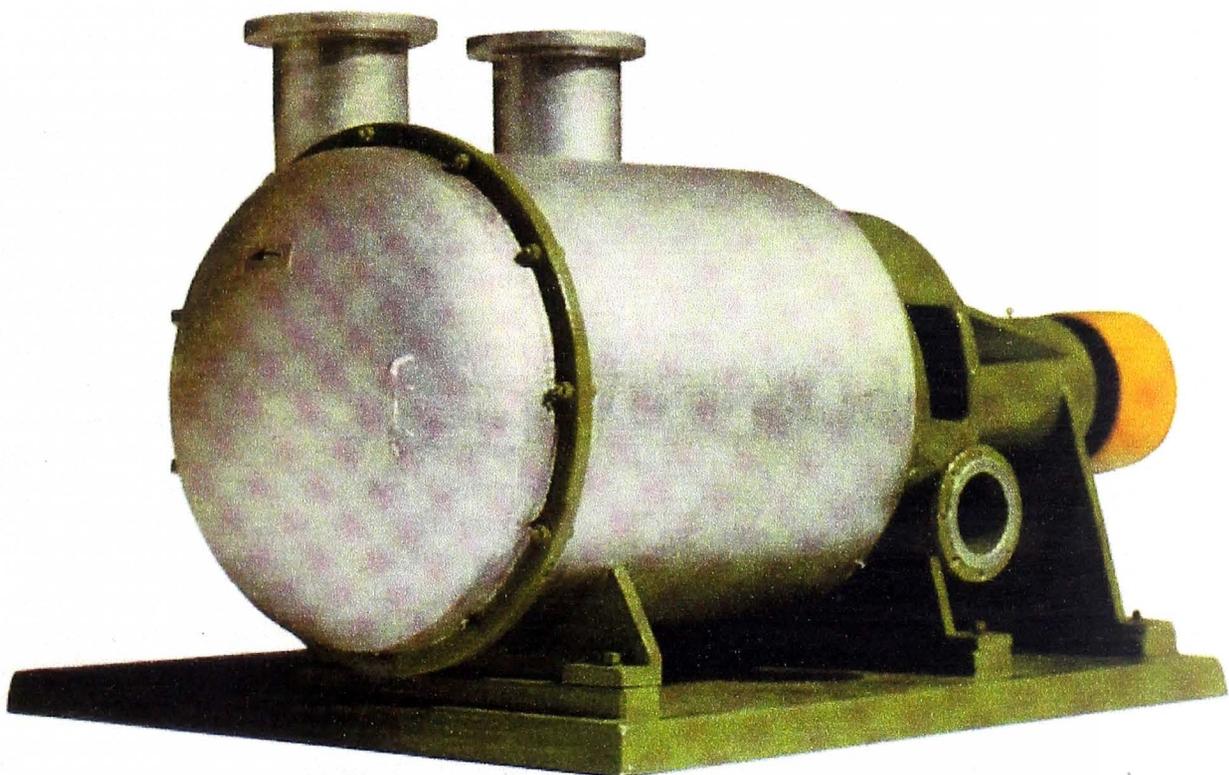


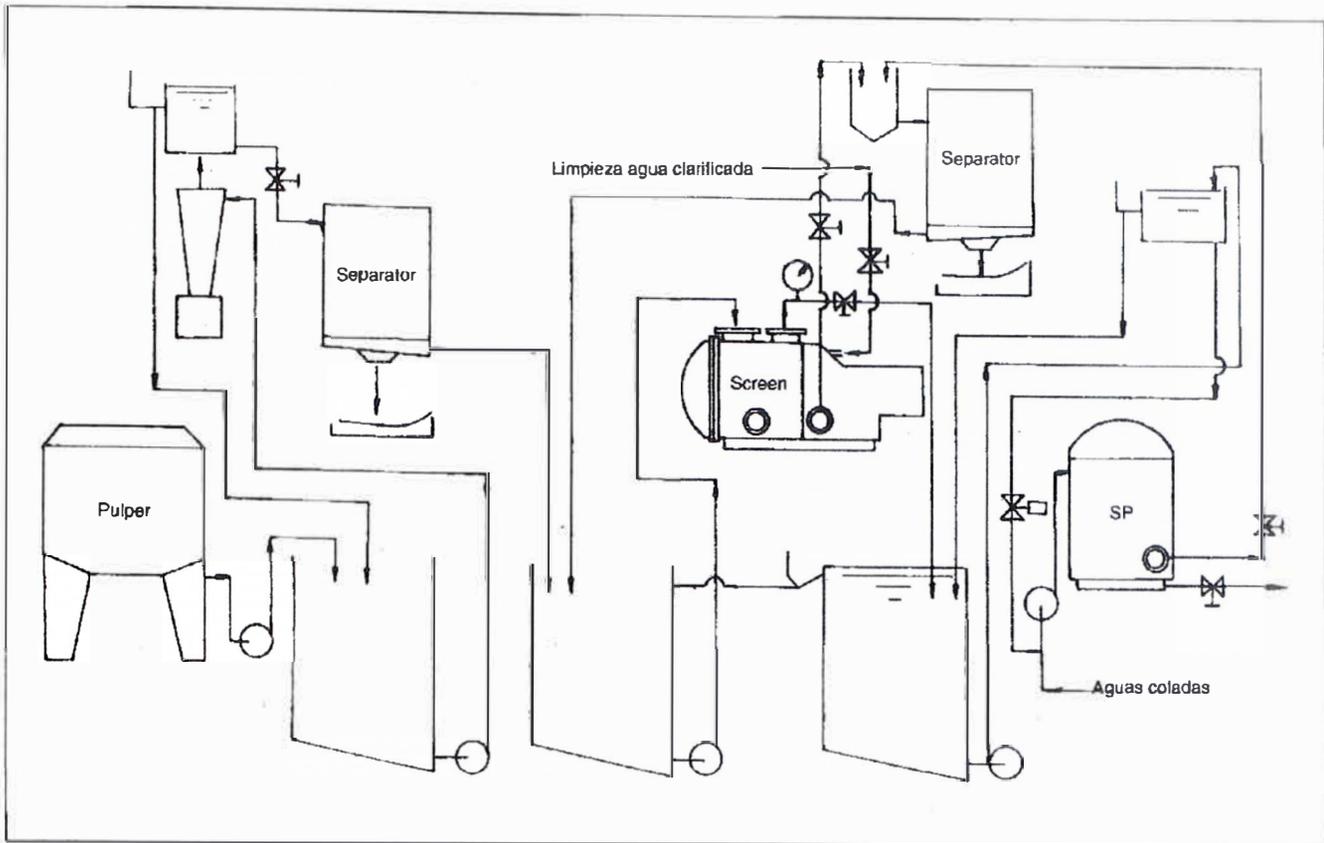
### **Anexo III**

**Catálogo de depuradores horizontales, marca Sotera.**

# HORIZONTAL SCREEN

El mejor seleccionador con tamices  
agujereados o ranurados



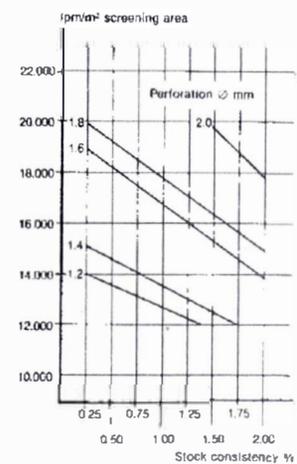
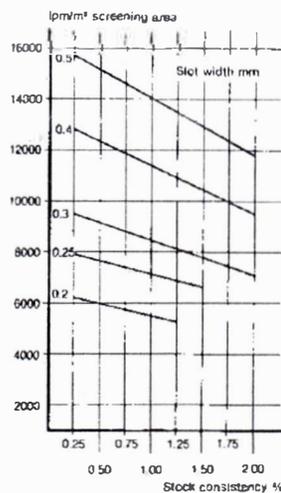


## Aplicación del SCREEN HORIZONTAL SERIES SH

Mediante el seleccionado de materiales se consigue una eficaz eliminación de todo tipo de impurezas, en un sistema que consiste en varias etapas de seleccionado en serie con diámetros de agujeros o anchura de ranura gradualmente decrecientes. En éste, la combinación de agujeros redondos y ranuras se ha demostrado especialmente ventajosa en una primera acción de prelimpieza en nuestros depuradores DR y en el Separator con gran eficacia. Este es un concepto de ingeniería de procesos que está dando excelentes resultados en más de 650 instalaciones por todo el mundo. La primera fase del Separator no presurizado es seguida por un SCREEN HORIZONTAL que dispone de agujeros redondos más pequeños según las necesidades de limpieza y seleccionado, teniendo en cuenta el producto final. Una segunda fase podría pasar directamente a un Screen Horizontal con tamiz de finas ranuras o en el caso de perforaciones redondas que fueran más pequeñas.

Si se requiere una calidad muy buena, se recomienda que los Screen de la línea principal de materias, rechacen una cantidad algo más elevada y prever más SCREENS HORIZONTALES con el mismo tamaño de agujeros o ranuras o más pequeño en la

línea de rechazos. Los rechazos de estos SCREENS HORIZONTALES secundarios podrían tratarse con nuestro Separator, para recuperar la mayor cantidad de fibras posibles.



# Principio funcional del Seleccionador

El SCREEN HORIZONTAL es una máquina de selección presurizada con un tamiz cilíndrico en posición horizontal y un rotor del tipo tambor con múltiples paletas que actúan dentro de este cesto. Pueden preverse dos formas distintas de funcionamiento centrífugo i centrípeto. En el caso del funcionamiento centrífugo, el material fluye desde el interior del cesto al exterior del mismo mientras que la contaminación permanece dentro del cesto y pasa gradualmente al extremo opuesto de la criba, para ser descargada a través de las salidas del material de rechazo.

En el modo de funcionamiento centrípeto, el material pasa del exterior al interior del cesto con el rotor que actúa dentro del stator, o sea en el lado del material aceptado. El tipo de ejecución más adecuado para la aplicación que se pretenda depende del tipo de contaminación y la posición de la máquina dentro del proceso o sistema.

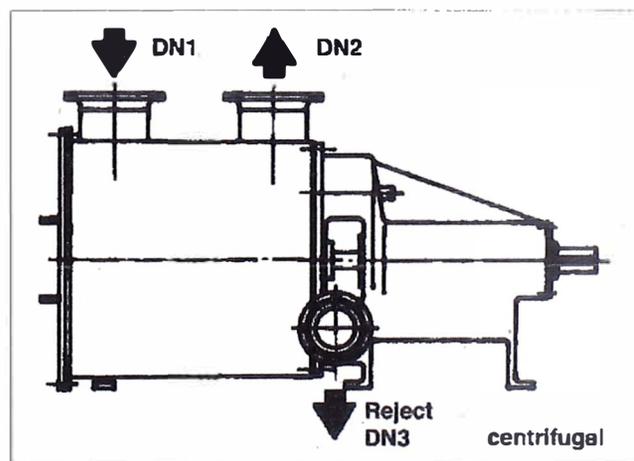
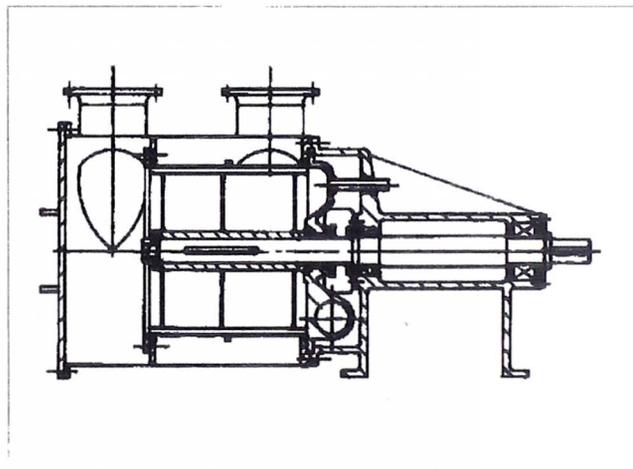
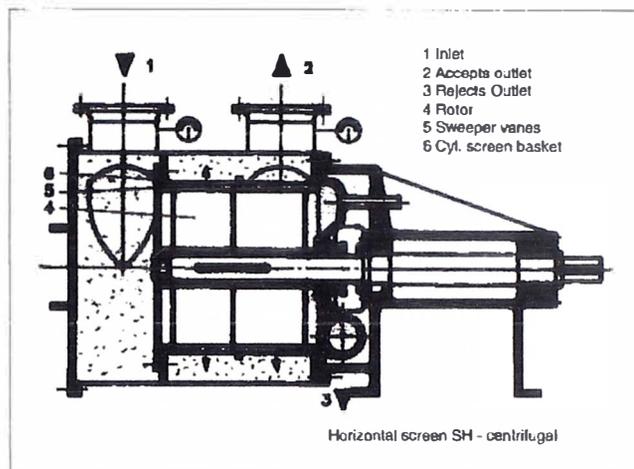
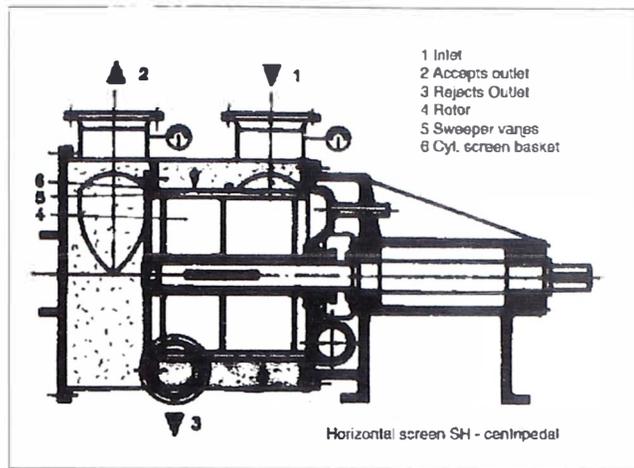
El material entra en el SCREEN HORIZONTAL por una tubería tangencial en el extremo superior de la envuelta del material. Una cámara separadora, situada delante de la zona del seleccionado, sirve para recoger las partículas gruesas y evitar que causen algún daño al rotor y al cesto. Una vez el material ha entrado en la cámara colectora de partículas gruesas, el sentido del flujo cambia axialmente y el material entra en la zona de trabajo, entre el rotor y el stator. El rotor consiste en un cuerpo cilíndrico y múltiples paletas dispuestas de forma escalonada o aletas transversales. En este último caso, pueden disponerse preferentemente en espiral. El rotor mantiene limpia la superficie del stator y promueve el paso de las fibras aceptadas a través de las perforaciones o ranuras finas del tamiz. Las fibras limpias aceptadas se descargan a través de una salida tangencial situada en el extremo superior de la envuelta.

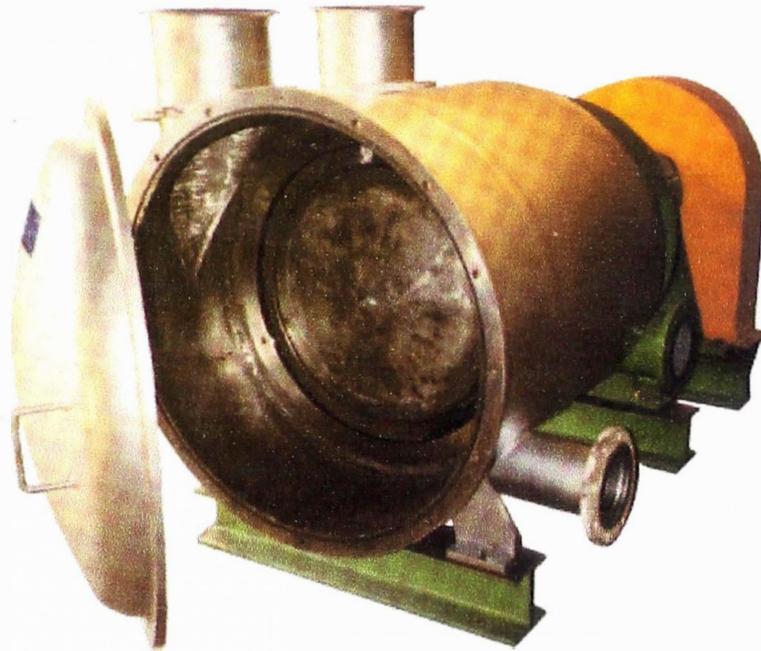
El material rechazado puede pasar a un Separator o Depurador final para la recuperación de las fibras. Con esta disposición del sistema, las pérdidas de fibra son inferiores y se consigue la mejor limpieza posible del material.

## Medidas Valonas

### SCREEN HORIZONTAL SH

Modelo	SH 400	SH 475	SH 700	SH 1000
DN 1	125	150	250	350
DN 2	125	150	250	350
DN 3	80	100	150	200





## SCREENS HORIZONTALES SERIE SH

Los Seleccionadores Horizontales de esta Serie se construyen en cuatro diferentes modelos. Con ello se pretende ajustar lo mejor posible al requerimiento particular de cada caso.

### Datos Técnicos

Modelo		SH - 400	SH - 475	SH - 700	SH - 1000
Superficie del tamiz	(m <sup>2</sup> )	0.377	0.610	1.430	2.500
Potencia motor	(kw)	30	45	90	160
Consumo energético	(kw)	24 - 26	35 - 38	75 - 80	110 - 132
Revoluciones motor	(min - 1)	1500	1500	1000	750
Producción	max. (tm./día)	40	60	150	180
	min. (tm/día)	23	37	75	90
Densidad	(%)	2 - 4.5	2 - 4.5	2 - 4.5	2 - 4.5

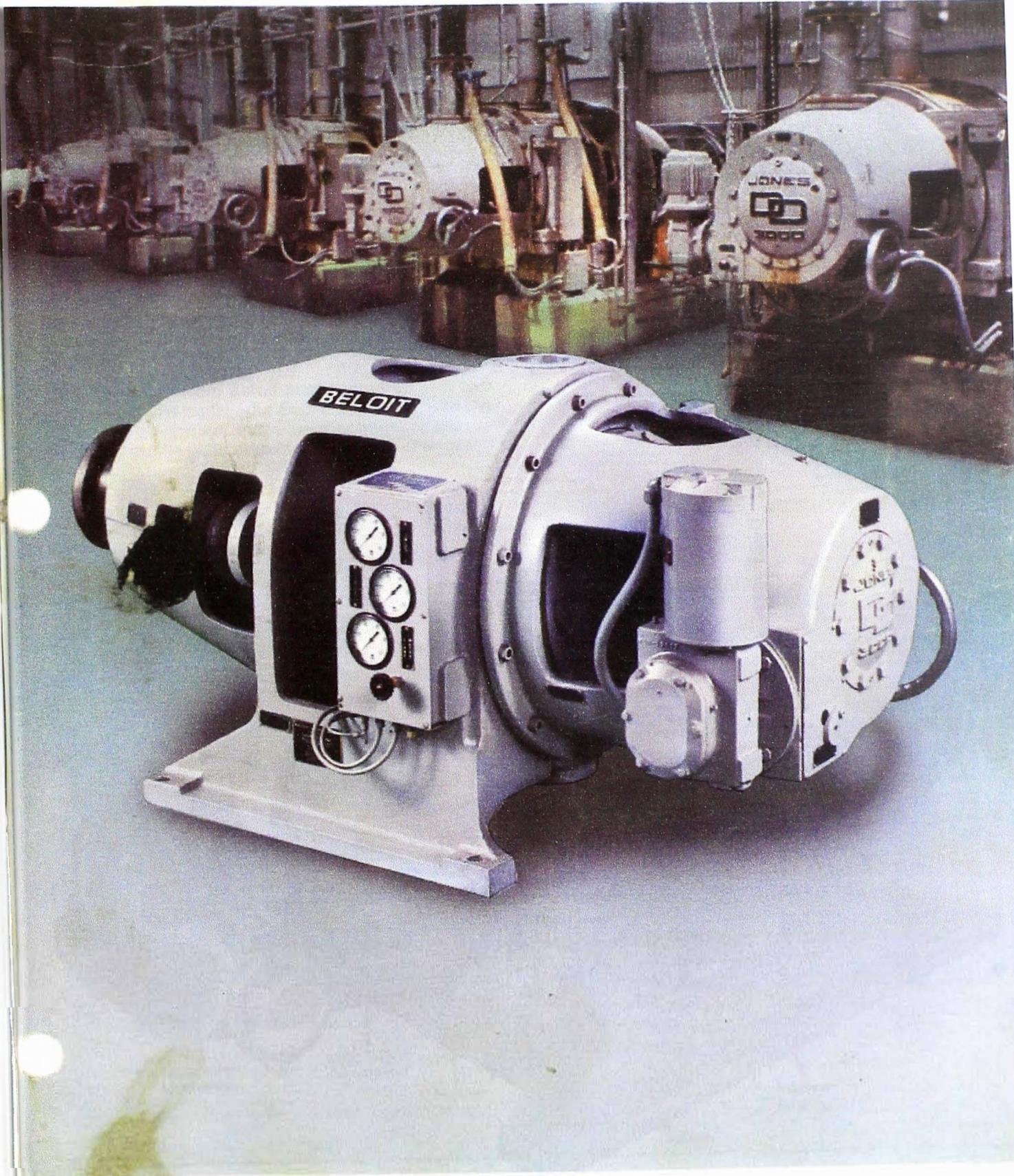
### TALLERS SOTERAS S.L.

C/. Amador Romani, s/n - Tel. 93 / 801 02 05 Fax 93 / 801 30 06 - 08786 CAPELLADES (Barcelona) España

**Anexo IV**

**Catálogo de refinador de discos, marca Beloit, modelo DD3000.**

**Beloit Jones DD 3000 Refiners**  
with optional Monoflo/Duoflo design



# Beloit Jones DD 3000 Refiners

Beloit Jones DD 3000 refiners are manufactured specifically for pulp or paper mill operation. They are equipped with an electromechanical positive-action plate positioning system which is an extremely accurate, dependable,

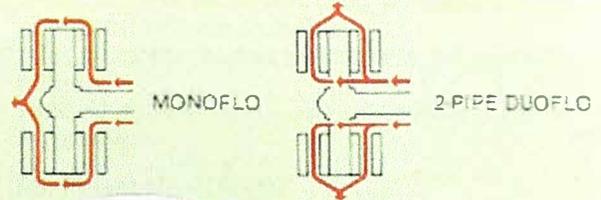
and stable system for uniform processing of stock. Beloit Jones DD 3000 refiners offer maximum versatility for present and future needs.

## Optional Monoflo/Duoflo Installation

In Monoflo, the machine is in two-pass operation with the stock being refined in series as it passes first over one set of plates, followed by a pass over the second set—a feature unique to Beloit Jones—offering you two units in one machine.

Duoflo applications employ a spoked rotor\* that permits half of the incoming stock to pass through to the eye of the second set of disks. Stock passes in parallel across both sets of disks, rejoins, and leaves the unit through a single outlet.

This innovation from Beloit Jones requires only two pipes—inlet and outlet—for Duoflo operation, with the additional advantage that pipe disconnects are unnecessary during plate inspection and plate changes.

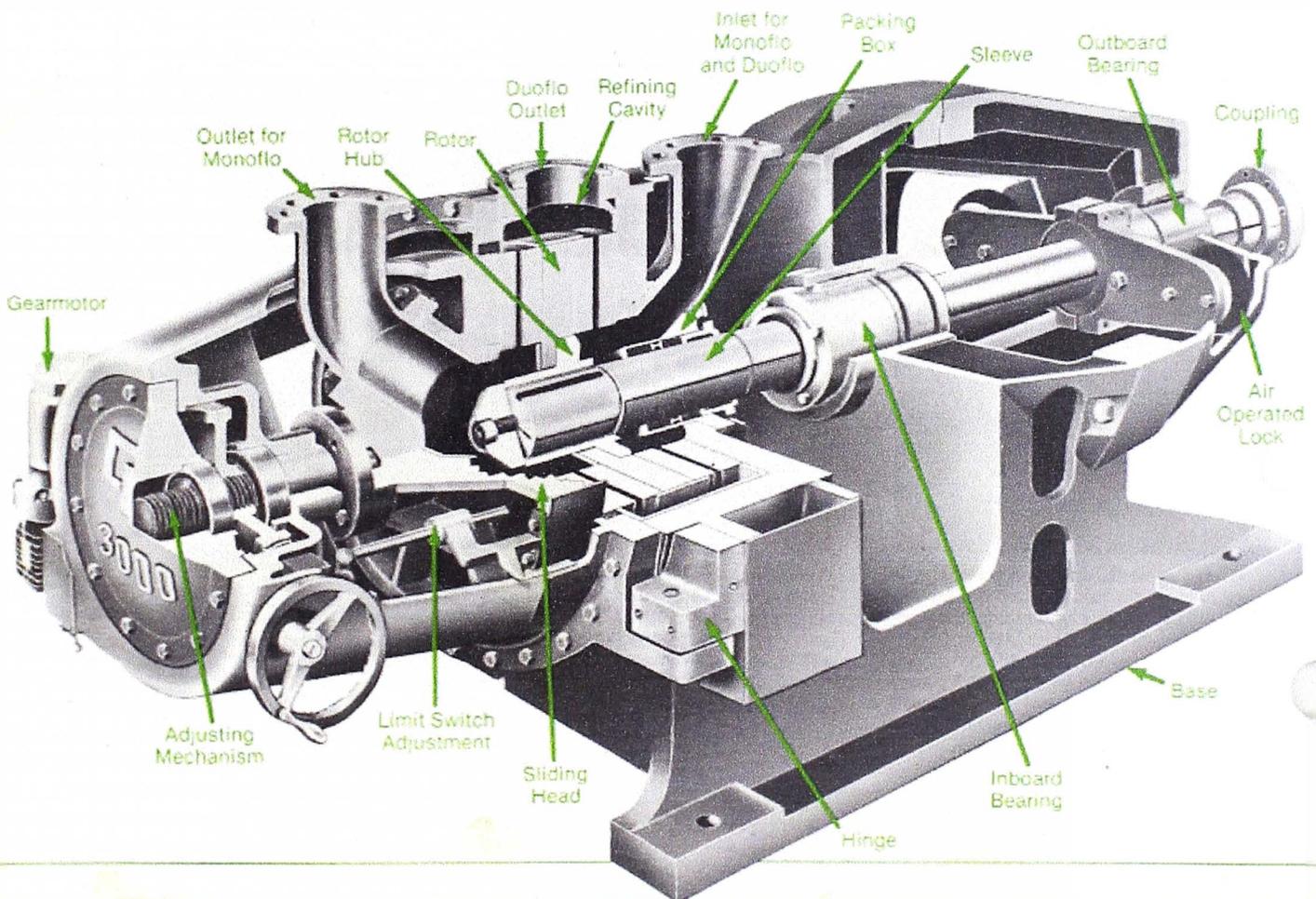


### SPOKED ROTOR\*

Beloit Jones patented spoked rotor provides Duoflo operation with only one inlet and one outlet pipe. Flow is split inside the refiner!

An optional cover plate can be provided to convert from Duoflo to Monoflo operation.

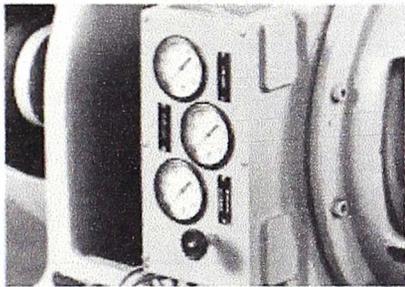
\*U.S. Pat. No. 3438566



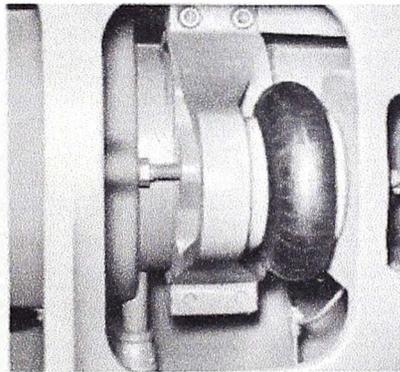
## Features

- Easy installation—only two pipes to connect.
  - Simplicity of design for ease of operation and maintenance.
  - Unique two-pipe Duoflo with single stock inlet—eliminates the need to disconnect piping for plate inspection or replacement.
  - Cutting, fibrillation or brushing—by correct choice of plates, speed, and operating consistency.
  - Hinged end-housing for easy access to plates.
  - Full range of overlap\* design plates available in a variety of alloys suitable to the application.
  - Single post adjustment insures plate parallelism.
  - Centered outlet/inlet.
  - Scientific plate designs provide unit responsibility.
  - Plate sizes available from 13" to 54".
  - All units may be run Monoflo (plates in series) or Duoflo (plates in parallel).
  - A full range of automatic programmable refiner controls (PRC) are available.
  - Integral motor models available in 34" and 42" refiners.
  - Helicoil thread inserts are provided for plate fastening.
- \*U.S. Patent No. 4005827

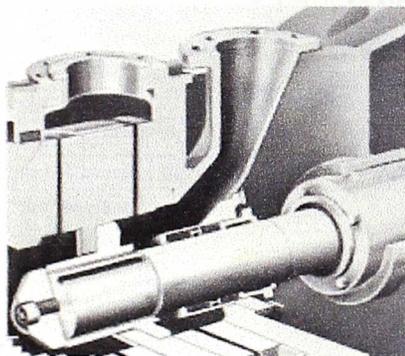
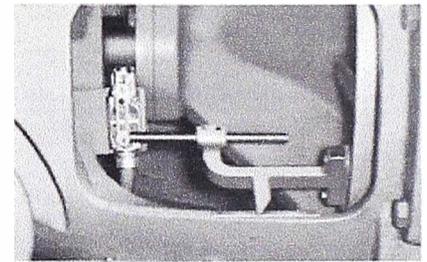
**Instrument panel**—Mounted on the side of the refiner. Includes inlet and outlet stock pressure gauges, a gland water gauge, and a gland water pressure control valve. All connections are terminated near the bottom of the panel and are tagged for easy mill connections.



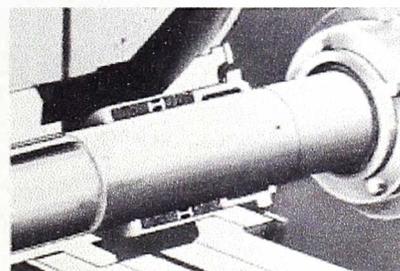
**Rotor lock**—A patented device which automatically prevents axial movement of the rotor during startup and shutdown.



**Limit switch and position indicator**—Mounted in the end housing, limits the back off travel of the sliding head. An adjustable rod, mounted in a bracket on the sliding head, actuates the limit switch and can be adjusted to compensate for plate wear. A pointer indicates the position of the sliding head on a graduated scale.



**Inlet configuration**—Hydraulic design of the inlet eliminates sharp turns and provides a varying cross section to uniformly distribute stock to the eye of the rotor.

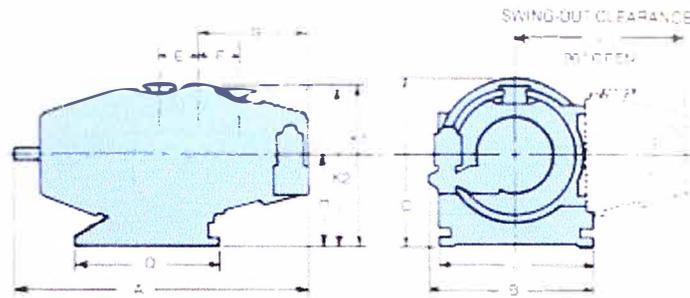


**Packing box features**—The packing box is stationary—requiring no flexible connections. The packing is lubricated by pressurized water through a lantern ring located between the packing rings. The standard sleeve is 316SS, coated with polished ceramic. Alternate sleeve materials are available.



**Hinged end housing**—Disk access is a hinged end-housing containing the adjusting mechanism and sliding head assembly. Electrical conduit to the gearmotor has sufficient slack to permit the head to swing without disconnecting terminals. Plates shown are the segmental type—although one-piece plates are available.

# Beloit Jones DD 3000 Refiners



**General Dimensions**  
(Inches. Not to be used for construction.)

SIZE	INLET	OUTLET	A	B	C	D	E	F (nom)	G	H	J	K1	K2	L
13	3	3	56.9	23.8	21	25	6.6	9.1	22.8	14.2	22	23.9	26	31.5
20	4	4	70.6	38	34.5	33	10	13	28.1	19.5	32.5	34.5	33.2	38
26	6	6	89.5	42.9	41.3	38	12.8	17.4	35.9	23	41	41.3	39.4	50
34	6	6	109	54	56.5	48	12.8	16.5	38.8	31	51	54.5	49.5	54.8
42	8	8	124.5	60.5	66	56	16	21	47.4	35	59	62.5	57.9	67
54	10	10	147	74	69.5	64	18.5	21	48.3	37	65	71.3	60.5	77.4

## Specifications

SIZE		13	20	26	34	42	54
Nominal Capacity - Monoflo	T/D	5-25	25-75	35-100	65-200	100-300	150-600
Range - Duoflo	T/D	10-40	25-100	35-150	65-400	100-500	150-900
Connected Power Range	HP	75-150	150-300	250-450	350-800	700-1750	1500-2500
Speed Range	RPM	1200-1800	900-1200	720-900	514-720	450-600	360-450
Floor Space Required (Ax B)	IN	57 x 24	71 x 38	90 x 43	109 x 54	125 x 61	147 x 74
Shipping Weight	LB	2,000	5,000	7,500	13,500	21,000	37,000
Floor Load	PSF	250	670	600	800	1,100	1,500
Maximum Stock Pressure	PSIG	100	100	100	100	100	100

Each model includes the complete machine as specified below less motor and plates.  
Note: Gearmotor optional on 13" size.

MODEL	3100 STANDARD	3200 CORROSION RESISTANT	3300 SPECIAL CORROSION RESISTANT
Sliding Head	304 S/S Lined	304 S/S Lined	316 S/S Lined
Inlet Connection	Ductile Iron	304 S/S	316 S/S
Packing Box Water Lubricated	Ductile Iron	304 S/S With replaceable sleeves on the shaft	316 S/S
Outlet Connection	Cast Iron	304 S/S	316 S/S
Internal Construction Where exposed to turbulent stock	304 S/S	304 S/S	316 S/S
Main Shaft Bearings	Tapered & spherical roller		
Coupling	Gear Tooth Slide		
Adjustment	2-speed gearmotor complete with drive and limit switch		
Main Bearing Lubrication	Oil Bath (Circulating Oil System Available)		
Integral Panel	3 pressure gauges for inlet and outlet stock and packing box water. Includes seal water control valve and pressure switch.		
Grease Fittings	Pressure Type		
Control Wiring & Gauge Connections	Brought to a single terminal area on the unit		
Operator Controls	Remote manual operation cabinet, suitable for pipestand mount, complete with indicator, pushbuttons and lights. Switchgear, relays and control components in separate cabinet for mounting in main motor control center.		

# BELOIT

A Subsidiary of Harnischfeger Corporation

JONES DIVISION, BELOIT CORPORATION, DALTON, MASSACHUSETTS, U.S.A. 01226  
IN CANADA: JONES DIVISION, BELOIT CANADA LTEE/LTD., POINTE-CLAIRE, QUEBEC H9R 1G6