



UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA DE RECICLAJE DE PAPEL

TRABAJO DE GRADUACION
PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO MECÁNICO

PRESENTADO POR:
MARLON MAURICIO FLORES GARCIA



SEPTIEMBRE DE 1999.
SOYAPANGO, EL SALVADOR. CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL

PBRO. PEDRO JOSÉ GARCÍA CASTRO S.D.B.

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ING. CARLOS GUILLERMO BRAN

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. RENÉ MAURICIO HERNÁNDEZ

JURADO EXAMINADOR

ING. RICARDO ANTONIO SILIEZAR SALINAS

ING. FEDERICO JOSÉ MENDEZ MENDEZ



UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

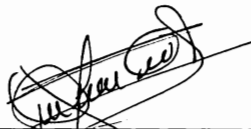
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

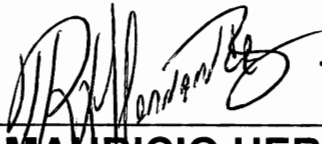
**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA DE RECICLAJE DE
PAPEL**



**ING. RICARDO A. SILIEZAR SALINAS
JURADO**



**ING. FEDERICO JOSÉ MENDEZ MENDEZ
JURADO**



**ING. RENÉ MAURICIO HERNÁNDEZ
ASESOR**



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
I. OBJETIVO GENERAL.....	2
ii.OBJETIVO ESPECÍFICO.....	2
III. ALCANCES.....	3
IV.LIMITACIONES.....	3
CAPITULO I.....	4
1.1 GENERALIDADES DEL PAPEL.....	4
1.1.1Historiadelpapel.....	4
1.1.2 Introducción a la química del papel.....	5
1.1.3 Estructura molecular de la celulosa.....	8
1.1.4 lignina.....	9
1.1.5 Producción de pulpa.....	9
1.1.6 Tipos de producción de pulpa.....	10
1.1.7 Papel Reciclado: Características.....	11
1.2 SITUACION ACTUAL.....	12
1.2.1 Desechos sólidos en el AMSS.....	12
1.2.2 Administración de los desechos sólidos.....	12
1.2.3 Población en el AMSS.....	13
1.2.4 Clasificación de los desechos sólidos.....	13
1.2.5 Composición de los desechos sólidos en el AMSS.....	14
1.2.6 Proyección a futuro de la generación de desechos sólidos en el AMSS para elaño2010.....	15
1.3 LEY DE MEDIO AMBIENTE.....	16
1.4 HÁBITOS DE RECICLAJE EN PAÍSES DESARROLLADOS.....	16
1.4.1 Alemania.....	16
1.4.2 Estados Unidos.....	19
1.5 MERCADO DE PAPEL EN SAN SALVADOR Y SUS ALREDEDORES.....	21
1.6 RECUPERACIÓN Y PROCESAMIENTO: Experiencia de las empresas del AMSS.....	23
1.6.1 Sepacesa.....	23
1.6.2 Cartotécnica Centroamericana.....	24
1.7 MÉTODOS DE RECICLAJE DE PAPEL.....	26
1.7.1 Sistema Black Clawson.....	27
1.7.2 sistema Voit-Morden.....	28
1.7.3 Sistema Beloit-Jones Belcor.....	30
1.7.4 Sistema fiberizador Escher Wyss.....	31
1.7.5 Sistema para alfalto bituminoso.....	32
1.8 DESTINTADO DE PAPEL.....	34
1.8.1 Condiciones para el proceso de destintado.....	41
1.8.2 Etapas de limpieza en el proceso de destintado.....	44
1.8.3 Etapa de depuración en el proceso de destintado.....	45
1.8.4 Etapa de Lavado en el proceso de destintado.....	46
1.8.5 sistema de destintado y lavado por flotación.....	50
1.8.6 Contracción del papel de desecho en el destintado.....	53
1.8.7 Blanqueo de material destintado.....	55
1.8.8 Propiedades del papel destintado.....	57
CAPITULO II.....	58
2.1 SISTEMA PROPUESTO.....	58
2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	58
2.2.1 Banda Transportadora.....	58

2.2.2 Hidrapulpers.....	59
2.2.3 Tanque de Homogeneización.....	60
2.2.4 Refinador.....	60
2.2.5 Hidrociclones.....	60
2.2.6 Tanque de Almacenaje.....	61
2.3 DISEÑO DE BANDA TRANSPORTADORA.....	61
2.3.1 Componentes.....	61
2.3.2 Factores a Tomar en Cuenta.....	61
2.3.3 Material a Manejar.....	61
2.3.4 Capacidad del Sistema.....	62
2.3.5 Sección y Velocidad del Transportador.....	63
2.3.6 Clasificación del Material y tipo de carga.....	63
2.3.7 Determinación del Ancho de la Banda.....	64
2.3.8 Determinación de la Velocidad Máxima.....	64
2.3.9 Selección de los Rodillos.....	65
2.3.10 Potencia del Sistema.....	68
2.4 DISEÑO DE HIDRAPULPER	69
2.4.1 Características de la Hélice.....	69
2.4.2 Objetivos.....	69
2.4.3 Potencia Requerida.....	71
2.4.4 Definición del Problema.....	72
2.4.5 Soldadura.....	73
2.5 EQUIPO DE LIMPIEZA.....	77
2.5.1 Fitro de tambor Giratorio.....	77
2.5.2 Hidrociclones.....	79
2.6 TANQUE DE ALAMACENAMIENTO Y HOMOGENEIZACIÓN.....	81
2.6.1 Partes del Tanque.....	81
2.6.2 Cubierta del Tanque.....	82
2.6.3 Soldadura.....	84
2.7 EQUIPO DE BOMBEO.....	86
2.8 TUBERIAS.....	88
CAPITULO III.....	89
3.1 CONTROL AMBIENTAL.....	89
3.1.1 Generalidades.....	89
3.1.2 Definición y Medida de los Contaminantes.....	89
3.1.3 Sustancias que Consumen oxígeno.....	89
3.1.4 Agentes que Provocan Enfermedad.....	93
3.1.5 Compuestos Orgánicos Sintéticos.....	94
3.1.6 Sedimentos.....	96
3.2 TRATAMIENTO PRIMARIO DE SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN.....	99
3.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO BIOLÓGICO.....	104
3.3.1 Estanque Para Estabilización Aireada(ASB).....	106
3.3.2 Sedimento Activado.....	109
3.3.3 Sedimento Activado con Oxígeno.....	110
3.4 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.....	112
3.4.1 Definición.....	112
3.4.2 Tipos de Proceso y sus Características.....	112
3.4.3 Tipo de Distribución a Adoptar.....	114
3.5 DIAGRAMA DE FLUJO.....	115
3.6 DIAGRAMA DE RECORRIDO.....	116
CAPITULO IV.....	117

4.1 ANALISIS ECONÓMICO.....	117
4.1.1 Salarios.....	117
4.1.2 ISSS y AFP.....	118
4.1.3 Aguinaldo.....	118
4.1.4 Vacaciones.....	118
4.1.5 Planilla.....	118
4.1.6 Maquinaria.....	118
4.1.7 Terreno.....	119
4.1.8 Servicios.....	119
4.1.9 Materia Prima.....	119
4.1.10 Transporte.....	119
4.1.11 Instalación Eléctrica.....	119
4.1.12 Equipo de Oficina.....	119
4.1.13 Inversión Tangible.....	119
4.1.14 Depreciación.....	120
4.1.15 Inversión Intangible.....	120
4.1.16 Cálculo del Valor Actual Neto, Punto de Equilibrio y Tasa Interna de Retorno.....	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	125
BIBLIOGRAFIA.....	126
GLOSARIO.....	128
ANEXO.....	129

INTRODUCCION

El impacto ambiental que ha tenido la humanidad en la naturaleza es alarmante, la contaminación ambiental y la cantidad de desechos generados, disminuye la calidad de vida de las personas.

La búsqueda de soluciones involucra a toda la sociedad, es necesario cambiar nuestra forma de pensar, para el bienestar de la sociedad y del ecosistema.

El reciclaje plantea una solución a uno de los problemas más difíciles de resolver “los desechos sólidos”. Rellenos Sanitarios, botaderos, Incineración son soluciones a corto plazo y de consecuencias dañinas a largo plazo.

La falta de leyes concretas y de un sistema legal eficiente, crean incertidumbre para aplicar las políticas estratégicas adecuadas y establecer las Reglas que se deben seguir; esto sumado a una deficiencia institucional técnica y administrativa de las municipalidades.

El estudio del reciclaje de papel plantea métodos apropiados, cantidades de material desechado, mercado actual y muestra un panorama de la situación actual del reciclaje.

Este estudio se enfoca en el área metropolitana de San Salvador y sus alrededores, analizando como pueden aprovecharse los desechos de papel.

Como consecuencia se aumentará la cantidad de papel reciclado, también se ayudará a una mejor gestión de los desechos sólidos y al ecosistema; ya que por cada tonelada de papel reciclado equivale a diecisiete arboles salvados, se ahorran 30,000 litros de agua, se disminuyen la cantidad de materias suspendidas en los ríos, se reduce la carga de basura y se ahorran 4,200 kwatts de electricidad.

I. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de Factibilidad técnica real del reciclaje de papel.

II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Diseñar un proceso de reciclaje de papel adecuado a nuestro entorno industrial:
- ii Diseño de banda transportadora, hidrapulper selección de dispositivos de limpieza.
- iii. Presentar una alternativa práctica para la reutilización de los desechos de papel en San Salvador.
- iv. presentar una alternativa viable para la conservación de nuestro entorno ecológico.
- v. conocer la actualidad tecnológica de la industria del reciclaje de papel a un nivel industrial.

III. ALCANCES

- a. Investigación y análisis de la situación actual.
- b. Investigación y comparación de métodos de tratamientos de los desechos sólidos(papel).
- c. Diseño preliminar de sistema de depuración y planta de tratamiento.
- d. Estudio financiero de relación costo-beneficio con un enfoque económico.

IV. LIMITACIONES

- a. Existe una actitud reacia por parte de las empresas dedicadas al reciclaje de papel al proporcionar información y valores actuales económicos.
- b. La información no es actualizada en su mayor parte.
- c. Existe poca accesibilidad a la información existente.

CAPITULO I

1.1 GENERALIDADES DEL PAPEL.

1.1.1 Historia del papel.

Desde los tiempos más remotos nuestros antepasados dibujaban en superficies que la naturaleza ofrece, como paredes, rocas, piedras, hojas de varias plantas, barro cocido y tejidos de diversas fibras, papiro y finalmente papel.

La palabra papel y papier son derivadas de la palabra griega papyrus utilizada para nombrar, la cáscara de la planta de papiro.

Al parecer los griegos tenían conocimiento del papiro desde comienzos del siglo quinto antes de Cristo; el uso del papiro para trabajos literarios continuo hasta los griegos y los romanos del siglo cuarto después de Cristo.

Los papiros más antiguos, se encontraron en tumbas egipcias cuyo origen se remonta al año 3000 A. C. La abundancia y la utilidad del papiro en el bajo Nilo, hizo un símbolo importante de la arquitectura y religión egipcia. La habilidad de las hojas de papiro para grabar información fue un importante logro para las reglas egipcias. El uso del papiro sigue hasta el siglo IX de la época de Cristo cuando los egipcios hacían finos trabajos con pedazos de plantas.

Los chinos crearon un método para formar una esterilla con una pasta aguada de fibras de bambú a la cual presionaban y secaban, grabados históricos muestran que la invención del papel fue reportada al emperador chino por Ts'ai Lun, un oficial de la corte del imperio en el año 105 antes de Cristo.

Por aproximadamente 500 años el arte de hacer papel fue confinado a China, pero en el año 610 d. C. Fue introducido a Japón y a Asia Central cerca del 750 d. C.

El papel fue introducido a Europa por los Moros, y el primer molino para hacer papel fue establecido en España cerca del año 1150, a mediados del año 1450 con la invención de la imprenta se estimula la elaboración del papel, el primer libro que se imprime fue la Biblia Mazarin o Biblia de línea 42, No se sabe realmente si fue impresa por Gutenberg o por el hijo político del socio de Gutenberg, Peter Shoffer. El

primer molino de papel en Inglaterra fue establecido en 1495, y el primer molino en América fue establecido en 1690.

En 1719 René Antoine Ferchault de Réaumur, físico y naturalista, observó que las avispas de América forman un papel muy fino, semejante al nuestro. Extraen las fibras de la madera común en los países donde habitan; enseñando que pueden hacerse papel usando las fibras de las plantas, sin recurrir a los trapos y al lino, muestran que se puede hacer papel de buena calidad utilizando ciertas maderas.

Transcurrieron otros 120 años antes de que el químico francés Anselmo Payen demostrara que una sustancia fibrosa, a la que llamó celulosa (en 1839), podía aislarse mediante el tratamiento de la madera con ácido nítrico. El aislamiento de dicha sustancia abrió las puertas para la producción de pulpa de madera mediante métodos comerciales de deslignificación, incluyendo los procesos con sosa que patentaron Watt y Burgers(1853), el proceso de sulfito inventado por tilgman(1866), el proceso Kraft desarrollado por Eaton (1870) y Dahl(1879), y varios métodos para el blanqueo. Numerosos refinamientos y dichos procesos durante el siglo veinte, han conducido al Rápido desarrollo y adaptación del papel, no solamente para escritura e impresión, sino también para envoltura, fabricación de envases y de varios productos desechables.

El aislamiento de la celulosa de los tejidos de las plantas por procesos de laboratorio e industriales atrajo el interés científico por definir la estructura, la composición, las propiedades, y la biogénesis de este material.

1.1.2 Introducción a la Química del Papel.

La palabra celulosa(forma pura) tiene diferentes significados. Para los químicos orgánicos significa β -D-(1 $\rightarrow$ 4)-glucopiranososa. Para los tecnólogos significa una entidad asintótica, con frecuencia denominada α -celulosa, que representa la parte insoluble en álcali de la pulpa de madera. Para el biólogo significa las finas microfibrilas de las paredes de la célula de las plantas, las que alcanzan un elevado grado de pureza y de perfección en un grupo de algas verdes, tales como Valonia, Cladophora, y Chaetomorfa. Todos ellos han ocupado no únicamente de la estructura química de la celulosa y de sus reacciones, sino también de sus

propiedades físicas, morfológicas, y biológicas interrelacionadas. Aplicando distintos métodos de investigación, han tratado de encontrar como la celulosa se cristaliza y agrupa en las fibrilas para dar su carácter fibroso, y otras propiedades físicas; para determinar lo que son las fibrilas y microfibrilas, y la forma en que se organizan en las capas y laminillas de la pared de la célula, y para determinar si las microfibrilas son producidas y están organizadas por fuerzas físicas inanimadas, o bajo la influencia biológica de la célula viva.

El aislamiento y la investigación química de la celulosa condujeron a la producción de derivados, entre ellos la nitrocelulosa, el acetato de celulosa, el rayón, y el celofán, precursores de la moderna industria de los plásticos y polímeros, la nitrocelulosa es el más antiguo entre los derivados conocidos de la celulosa. En 1892, Charles Frederick Cross y E.J. Bevan descubrieron el Xantato de celulosa. Este presenta la forma de una solución viscosa de la que se puede regenerarse la celulosa como una fibra continua(rayón) o como película(celofán). El desarrollo de los procesos industriales para la producción de rayón para telas y en hoja de celofán llevó al desarrollo de la industria de la pulpa para disolución en 1911. Hasta entonces la industria de la pulpa no había tenido más preocupación que la de producir fibras para la industria del papel; los derivados químicos de la celulosa se obtenían utilizando trapos purificados o borras de algodón. El desarrollo de la pulpa para disolución a partir de madera puso a disposición una fuente relativa barata y pura de celulosa como materia prima para la expansión de la industria química.

Las paredes celulares de la planta en la madera están formadas por celulosas y hemicelulosas enlazadas mediante la lignina, un polímero aromático altamente oxigenado, con un esqueleto de fenilpropano que se repite. Sobre esta matriz se deposita una mezcla de compuestos de bajo peso molecular llamados extractivos.

En el laboratorio se preparan los extractivos mediante solventes orgánicos neutros. Debido a la diversidad de sustancias extractivas que se presentan en distintas especies, ningún solvente aislado es eficaz para su aplicación a todas las maderas.

Entre los solventes que se utilizan para eliminar los extractivos están los siguientes, éter de petróleo, éter etílico, metanol, etanol, acetona, benceno, mezcla

de etanol-benceno(1:2) y agua. Por lo general, la extracción se lleva a cabo utilizando un extractor tipo soxlet.

Antes del deslignificado puede eliminarse una parte de las hemicelulosas. Sin embargo, es necesario en la mayoría de los casos, eliminar la mayor parte de la lignina antes de que puedan aislarse las porciones más importantes de la hemicelulosa o de la celulosa. Los procesos en el laboratorio para la deslignificación se basan principalmente en la reacción de la madera húmeda cloro gaseoso, o en la digestión con una solución acidificada de clorito de sodio. El método clásico de Cross y bevan para el aislamiento de la celulosa incluye alternadamente el clorado y la extracción con una solución acuosa de sulfito de sodio en caliente. El procedimiento logra la eliminación de una parte considerable de las hemicelulosas, a la vez que de la lignina. Otros tratamientos que eliminan esencialmente toda la lignina dejando sin atacar los carbohidratos, llevan a la preparación de la holocelulosa. Esta se puede preparar en el laboratorio mediante clorado y extracción con una solución alcohólica caliente de monoetanolamina alternadas. Otro método utilizado para preparar la holocelulosa al clorito se basa en la digestión de un molido de madera con una solución acidificada de clorito de sodio. La temperatura del tratamiento varía desde aproximadamente 70°C hasta 90°C. La medida de la degradación de la celulosa y la holocelulosa ocasionada por estos distintos métodos de aislamiento ha sido comparada y revisada por varios investigadores.

Las hemicelulosas se separan de la celulosa mediante extracción, usando preferentemente una preparación de holocelulosa con soluciones alcalinas acuosas a la temperatura ambiente aproximadamente. La extracción efectiva de las hemicelulosas y la fragmentación parcial con solventes se lleva a cabo con tales como el hidróxido de sodio a 5%, el hidróxido de potasio al 24%. La adición de ácido bórico o de metaboratos a las soluciones alcalinas mejora la extracción de las hemicelulosas que contienen mannana.

Para lograr el aislamiento cuantitativo de la celulosa de madera, se comienza por eliminar la lignina con ácido cloroso. La holocelulosa que resulta se extrae exhaustivamente con solución acuosa de hidróxido de sodio al 24% a la que se agrega 4% de ácido bórico para eliminar las hemicelulosas. La celulosa, obtenida

con rendimiento casi cuantitativo, usualmente contiene sólo vestigios de los residuos de mannososa y xilosa, y en su hidrólisis produce D-glucosa. Su diagrama a los rayos X es el de la celulosa II. Sin embargo, la celulosa queda gravemente degradada, habiendo bajado el grado indicado por el número promedio original de polimerización desde casi 5,000, hasta valores entre 200 y 700. Para el aislamiento cuantitativo de la celulosa sin degradarla, debe en primer lugar nitrarse directamente la madera con una mezcla de ácido no degradante, de manera que la celulosa obtenida aparezca en forma de nitrato. Este material puede utilizarse para determinar el peso molecular de la celulosa.

1.1.3 Estructura Molecular de la Celulosa.

La celulosa se aisló por primera vez y caracterizada como sustancia química en 1830, por el químico agrícola francés Anselmo Payen. Él llega a la conclusión, de que la celulosa y el almidón eran sustancias isométricas, ya que ambas daban en análisis el mismo contenido de carbono e hidrógeno, y, al ser hidrolizadas, ambas producían D-glucosa. Sin embargo, debieron transcurrir casi tres cuartos de siglo para que la fórmula empírica precisa de la celulosa quedara establecida como $C_6H_{10}O_5$. Los resultados de antiguos estudios en la acetilación y la nitración han indicado que la celulosa tiene tres grupos de hidroxílicos libres por unidad de $C_6H_{10}O_5$.

La celulosa es un polisacárido lineal formado por unidades de anhidro-D-glucopiranososa enlazadas entre las posiciones 1 y 4 de las unidades adyacentes de azúcar mediante un enlace beta.

Microfibrilas: en la pared celular, las cadenas de celulosa se unen para formar filamentos largos y delgados denominados microfibrilas. Las microfibrilas en combinación con los restantes materiales de la matriz, suministran la rigidez y la resistencia mecánica necesarios para la planta. Según Freudenberg las microfibrilas de la pared celular actúan en la misma forma que las varillas de refuerzo lo hacen en el concreto preesforzado.

1.1.4 Lignina.

Para el productor de papel, la lignina es el ingrediente indeseable de la madera que ocasiona la mayoría de los problemas que surgen durante la producción de pulpa. De no ser por la lignina no resultaría necesario aplicar reactivos fuertes alcalinos o ácidos para la deslignificación, si se tiene en cuenta que una planta deposita lignina con el propósito de reforzar la resistencia mecánica de las fibras mediante un aumento en la rigidez, la eliminación de la lignina, puede considerarse como un deslaminado de la fibra. La naturaleza ha creado en la lignina un laminante soberbio, que penetra las fibras de tal manera que la deslaminación es muy difícil; por el tamaño molecular gigantesco de la lignina y por la existencia de enlaces covalentes entre el aglutinante y los carbohidratos componentes de la fibra. Por otra parte, la deslignificación se facilita por la magnitud de las diferencias entre las propiedades químicas de la lignina y los demás componentes de la fibra, en términos químicos, entre el componente fenólico y el componente sacarílico de la madera.

1.1.5 Producción de pulpa.

La pulpa se obtiene de la separación de las fibras de la madera u otros materiales fibrosos; es un producto intermedio en la manufactura de papel y cartón. Cuando la madera es la materia prima inicial, debe reducirse a un tamaño adecuado antes de pasar a la producción de pulpa. Dicho tamaño corresponde al de la madera cernida o las astillas.

La producción de pulpa se logra por medios mecánicos o químicos, o mediante la combinación de los dos procesos. En la producción mecánica de pulpa los integrantes químicos originales del material fibroso quedan inalterados, excepto por la eliminación de los solubles en agua. La producción química de pulpa tiene como objetivo la eliminación selectiva de la lignina que une las fibras, eliminación variable en grado, con ataque mínimo a las hemicelulosas y las celulosas. Si el papel que va a producirse es blanco, continúa la purificación durante la etapa del blanqueo. Durante dicha etapa puede lograrse una posterior purificación de pulpas químicas con alto contenido de alfacelulosa.

Las propiedades de los productos de las pulpas utilizadas en su manufactura. Estas variarán a su vez con las especies de fibras de distintas maderas o de plantas no leñosas utilizadas, así como el proceso empleado en la obtención de la pulpa.

1.1.6 Tipos de procesos para producir pulpa.

El proceso al sulfato o proceso kraft fue el último que se inventó(1879) entre los procesos estrictamente químicos de obtención de pulpa, pero durante casi 100 años de existencia la producción de pulpa ha llegado a dominar en Estados Unidos, alcanzando un nivel de 70% de la producción total de pulpa. El proceso de la sosa, el primero entre los procesos químicos, un proceso intermedio o semiquímico(parte químico y parte mecánico) basado en el empleo del sulfito neutro, denominado proceso semiquímico al sulfito neutro(NSSC), la tabla 1(anexo) muestra la clasificación de los procesos de producción de pulpa de madera.

La producción de la pulpa Kraft tipo polisulfuro se ha investigado en gran parte, instalándose varias fábricas en los países escandinavos y en Estados Unidos, a fin de obtener las ventajas. Consecuencia de un alto rendimiento por la retención de los carbohidratos propia de este proceso. En una modificación de la producción de pulpa a la sosa se utiliza un aditivo, la antraquinona, de donde procede su nombre de producción de pulpa a la sosa-AQ. Las ventajas de este proceso son un mejor rendimiento de pulpa, así como en la resistencia de la misma.

El proceso de obtención termomecánica de pulpa(TMP) y el proceso por refinador mecánico(RMP) utilizan astillas en lugar de los troncos cortos de madera requeridos para el molido de la madera en molinos de piedra.

1.1.7 Papel Reciclado: Características.

Los grados de papel de desecho son los siguientes:

Papeles de desecho mezclados: contienen varias calidades de papel que no se limitan en cuanto al tipo o al contenido de la fibra. El material prohibitivo no puede exceder del 2% y los desperdicios no pueden exceder del 10%. El papel de desecho mezclado se utiliza para techados y para tejas de asfalto bituminoso, artículos moldeados, la capa central en los cartones múltiples para cajas, muros secos estructurales y cartones comunes de bajo costo.

Desecho corrugado: contiene superficies exteriores Kraft con recubrimiento doble y un centro ondulado. Incluye también los cortes corrugados con recubrimiento doble, los cortes corrugados, los cortes corrugados Kraft nuevos y los contenedores o cajas corrugadas. El material prohibitivo no puede exceder del 1%, los rechazos no pueden exceder del 5%. Este grado se utiliza en la producción de cartones recubiertos, medios corrugados, tableros de pared seca y para techos. Constituye el tonelaje más grande en el terreno de las fibras secundarias, con un consumo anual muy superior a 5 millones de toneladas en Estados Unidos.

Entradas Directas: consiste en papeles blancos sin imprimir, de una bancura razonablemente uniforme y sin material prohibitivo. Los desechos no pueden exceder del 1%. Este grado se utiliza a la vez de la pulpa virgen blanqueada para producir para producir papeles finos y papeles para publicaciones.

Grados Destintados: formados por papeles que han sido impresos, o que tienen color o contenido de pasta mecánica, y se pueden tratar en un proceso de destintado que elimina el color, la tinta de impresión, y las impurezas. No deberá contener material prohibitivo, y los rechazos no podrán exceder del 1%. Este grado se utiliza para la producción de papeles finos, papeles para libros, sobres, y todos los tipos de papeles tisú que integran los productos para el consumidor.

Periódicos: formado por periódicos en pacas, escogidos, frescos y secos, no quemados al sol y sin incluir papeles de revistas, papeles blancos, excedentes de prensa y papeles de distintos de los de periódico, el empaque no deberá contener alquitrán. No se permite ningún material prohibitivo. Los rechazos no pueden exceder del 1%.

Material Prohibitivo: cualquier material que por su presencia en pacas, más allá de la cantidad autorizada, hará que dicha paca sea inadecuada o inutilizada para el grado especificado. Cualquier material que pueda causar daños físicos al equipo.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL.

1.2.1 Desechos Sólidos en el AMSS

Actualmente el manejo de los desechos sólidos en el AMSS presenta un diagnostico muy delicado; la falta de una ley específica, la deficiencia técnica y administrativa, esto sumado a la falta de recursos, la falta de planes estratégicos y la planificación a corto plazo en algunas municipalidades, crean una mala gestión de los desechos sólidos.

Solamente las municipalidades de Nueva San Salvador, San Salvador e Ilopango cuentan con un departamento de Saneamiento Ambiental o Departamento de Desechos Sólidos, de estos tres el de San Salvador es el mejor estructurado contando con personal dedicado específicamente a la planificación del manejo de los desechos Sólidos del municipio, teniendo bajo su responsabilidad el manejo del Botadero de apopa-nejapa, elaborando un banco de datos computarizado sobre las cantidades.

El AMSS esta constituida en la actualidad por 15 municipios con un total de 1,494.518 Habitantes representando el 29.9% del total(5118599Hab). (Según el censo poblacional de 1992), de los 15 municipios 13 pertenecen al departamento de San Salvador y 2 al de la libertad.

1.2.2 Administración de los Desechos Sólidos.

Legalmente la responsabilidad recae sobre las Autoridades Municipales y las Autoridades del Ministerio de Salud.

Actualmente Existen 3 tipos:

1. administración Pública: las Municipalidades.
2. Administración Privada: las municipalidades contratan a empresas privadas para la recolección y transporte de desechos.

3. Administración Mixta: Alcaldías y empresa privada (COAMMS conforma una sociedad mixta para el manejo, tratamiento y disposición de los desechos del AMSS).

1.2.3 Población el Área Metropolitana de San Salvador(ver gráfico 1 Anexo)

La Tabla 1.1, muestra la población y territorio del Área Metropolitana de San Salvador.

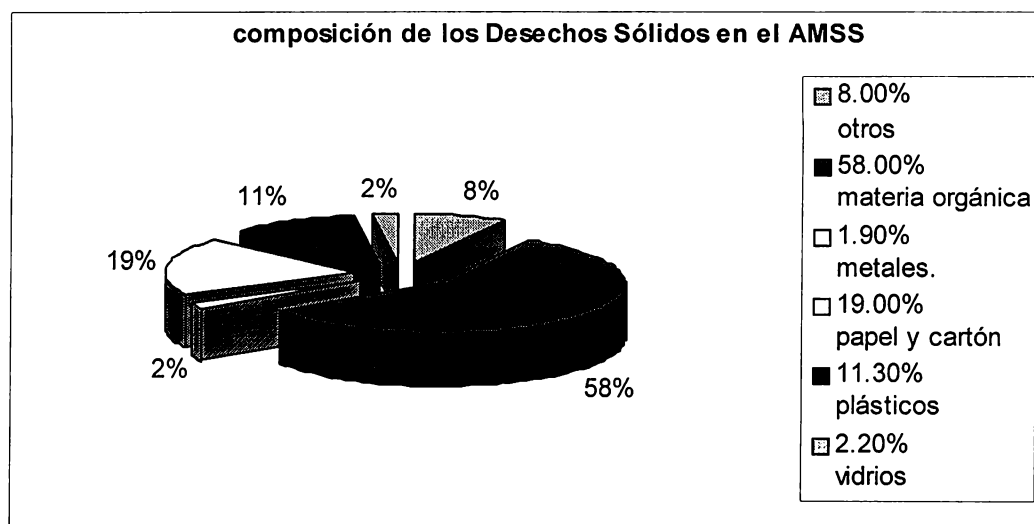
Municipio	Extensión Km².	Número de Habitantes	Municipio	Extensión Km².	Número de Habitantes
Antiguo Cuscatlan	28.2	28 187	Nueva San Salvador	112.2	113 698
Apopa	51.8	109 179	San Marcos	14.7	59 931
Ayutuxtepeque	8.4	23 810	SanMartín	55.8	56 530
Ciudad Delgado	33.4	109 863	San Salvador	72.3	415 346
Cuscatancingo	5.4	57 485	Santiago Texacuangos	30.5	16 300
Ilopango	34.6	90 639	Santo Tomas	24.3	21 400
Mejicanos	22.1	144 855	Soyapango	29.7	261 122
Nejapa	83.4	23 891	Total	29.9%	1494.518

Fuente: DIGESTYC, Censo de población 1992

1.2.4 Clasificación de los desechos sólidos.

1. Desechos Caseros y similares.
2. Desechos de Parques y jardines.
3. Desechos de la construcción y demolición.
4. Desechos de la extracción de energía.
5. Desechos del tratamiento de aguas residuales municipales.
6. Desechos del tratamiento de aguas residuales industriales.
7. Desechos de la explotación de recursos minerales.
8. Desechos específicos del sector industrial.
9. Desechos no específicos del sector industrial.
10. Desechos especiales.

1.2.5 Composición de los desechos sólidos en el AMSS.



Fuente: Doble G-ADS Groupe Conseil

1.2.6 Proyección a futuro de generación total de desechos sólidos del AMSS para el 2010.

Tabla 1.2

Tipo de Desechos; 0.8 Ton/m³	TM día	TM mes	TM año	%
Domiciliares	2248	69680	836163	92.0
Mercado	75	2235	28023	3.0
Industriales	73	2260	27119	3.0
Hospitalarios	15	452	5424	1.0
Comerciales	19	603	7232	1.0
TOTAL	2430	75330	903960	100

Fuente: DIGESTYC Y GSAMS

1.3 LEY DE MEDIO AMBIENTE.

Los artículos que hacen referencia al reciclaje son los siguientes:

Capítulo I- Título IV – Dimensión Ambiental

Capítulo Único

Investigación Científica y Tecnológica

Art. 40.- El consejo Nacional de Ciencia y Tecnológica, las Universidades, el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Educación y demás organismos que promuevan y desarrollen la investigación científica y tecnológica, incluirán en sus planes, programas y proyectos de ciencia y tecnología la dimensión ambiental.

Capítulo III- Prevención y Control de la Contaminación

Contaminación y disposición final de desechos sólidos

Art. 52. - El Ministerio promoverá, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Gobiernos Municipales y otras organizaciones de la sociedad y el sector empresarial el reglamento y programas de reducción en la fuente, reciclaje, reutilización y adecuada disposición final de los desechos Sólidos, el cual incorporará los criterios de selección de los sitios para su disposición final.

1.4 HÁBITOS DE RECICLAJE EN PAÍSES DESARROLLADOS.

1.4.1 Alemania.

Alemania es el país que va sentando los precedentes más importantes para la gestión, recuperación y la creación de leyes con respecto a los desechos sólidos.

Con el reglamento sobre empaques, las normas técnicas sobre la gestión de desechos domésticos y la Ley sobre la economía de recirculación de materiales; Alemania crea el marco jurídico para una moderna y funcional gestión de desechos.

El objetivo principal, es aumentar los volúmenes recolectados de materiales reciclables; reduciendo significativamente el volumen de desechos remanentes, además organiza la eliminación de desechos de manera compatible con el medio ambiente.

La ley sobre la economía de recirculación de materiales sustituye a la ley de gestión de desechos de 1996.

En julio de 1991, se prescribió por primera vez la responsabilidad por el producto en el campo de la gestión de desechos; mediante el Reglamento sobre empaques como un componente esencial de una producción ecocompatible. Alemania fue pionero a nivel mundial, ya que a estas alturas no existían a nivel internacional, reglamentos similares.

Con la experiencia obtenida, ha sido posible transmitir a otros países, que hacen esfuerzos por crear sistemas de reglamentación análogos.

Solo en un año, se redujeron un millón de toneladas de desechos proveniente de los empaques; con este ejemplo se pudo comprobar que los ciclos de materiales se pueden cerrar.

El objetivo de la modificación del reglamento sobre empaques es perfeccionar los mecanismos de evitación y recuperación de los desechos de empaque, a través de medidas de sanción, para aquellas empresas que se aprovechan de los incentivos para la reducción de empaques. Incumpliendo las normas respectivas, el aumento en la competencia en el campo de la eliminación de desechos, además pretenden hacer cambios en la definición de plazos. Sobre todo en cuanto a los procesos de recuperación de materiales sintéticos como materia prima, las medidas de protección ambiental en el campo de la gestión de desechos y reciclaje han generado un significativo impulso para el desarrollo de tecnologías completamente nuevas.

La tabla 1.3 muestra como se agrupa el sistema de normas jurídicas y de compromisos:

LEY SOBRE LA ECONOMÍA DE RECIRCULACIÓN DE MATERIALES Y GESTIÓN DE DESECHOS		
Reglamentos sobre la evitación de desechos	Compromisos de los agentes económicos	Reglamentos para la implementación de la ley sobre la economía de recirculación de materiales y gestión de desechos.
Reglamento sobre aceite usado de 1987. Reglamentos sobre disolventes de 1989. Reglamentos sobre empaques de 1991. Normas técnicas sobre el manejo de desechos de 1989. Normas técnicas sobre el manejo de desechos domésticos de 1993. Escombros de construcción. Productos textiles. Muebles.	Automóviles fuera de circulación(1996) Papel desechado. Baterías Aparatos electrodomésticos y electrónicos.	Reglamento sobre la adopción del inventario europeo de desechos. Reglamento sobre la clasificación de desechos. Reglamento sobre la comprobación. Reglamento sobre autorización de transportes. Reglamento sobre modelos de gestión de desechos y el balance de desechos. Reglamento sobre empresas especializadas en la eliminación de desechos y directriz para el funcionamiento y la concesión de eliminadoras manejadas comunitariamente.

Fuente: Desechos sólidos y educación ambiental, Eckhard Deustscher

1.4.2 Estados Unidos.

En ciudades como San Francisco existen programas de manejo de desechos sólidos establecidos desde 1978.

El programa de reciclaje fue puesto en 1980, este trabaja con residentes y negocios promoviendo: el reciclaje, el rehuso y la prevención de desechos.

El programa trabaja con los departamentos de las ciudades para cumplir con la ordenanza de la conservación de los recursos de la ciudad y la implementación de leyes locales para el reciclaje.

Compañías privadas como: ECOCYCLE, WASTE MANAGEMENT INC, WESTER DISPOSAL SERVICES. Son puestas a licitaciones para escoger la de mejores servicios a la comunidad, mientras tanto se encargan de promover sus servicios; en las comunidades se llevan a cabo una serie de actividades de educación, publicaciones, presentaciones de grupo, cabinas de información, conferencias y eventos públicos. Se emplean una serie de voluntarios los cuales sirven de contacto con sus comunidades o edificios multifamiliares, estos grupos han ido multiplicándose en muchas ciudades como un modelo educacional de reciclaje comunitario también, se publica una revista dedicada al reciclaje, la cual se distribuye a 3,200 residentes tres veces al año.

Otros métodos de reciclaje empleados son los propuestos por las universidades, como ejemplo la Universidad de Oregon la cual posee en su campus lugares para el reciclaje empleando coordinadores a tiempo completo y más de 30 estudiantes.

Algunos de los aspectos incluidos en el programa de reciclaje son los siguientes:

- Emplear y desarrollar el pensamiento de la gente involucrada en el reciclaje, usualmente se tienen dos personas en staff, otra recibiendo producto y otras trabajando en asignaciones especiales.
- Se tiene un número de bicicletas las cuales son utilizadas para la transportación y planean construir un modelo de bicicleta que les permita transportar grandes cantidades de desechos para así, utilizar lo menos posible camionetas para el transporte.

- Se trabaja en recuperar los desechos de comidas dejados por los estudiantes, también se tiene un programa para recuperar la comida no consumida y donarla a instituciones de caridad.
- Se cuenta con una página Web en la que se da información, consejos, lugares de recolección etc.

De 1996 a 1997 reciclaron el 43% de sus desechos, con un aproximado de 779 toneladas de papel.

En Puerto Rico se funda en 1993 la industria y comercio ProReciclaje(ICPRO), organización que tiene la misión de promover programas educativos sobre la reducción rehuso y reciclaje en escuelas comunidades alrededor de la isla.

En colaboración con la Universidad Interamericana de Puerto Rico, y con el departamento de educación y escuelas privadas para establecer la red de clubes ProRecicaje sirviendo como enlace entre organizaciones estudiantiles dedicadas a la protección del medio ambiente.

1.5 MERCADO DE PAPEL EN SAN SALVADOR Y SUS ALREDEDORES.

El mercado del reciclaje en el AMSS puede dividirse en sector formal e informal, el sector informal opera en la mayoría de los hogares y colonias de ingresos medio- alto, medio-bajo. Los que conforman este mercado son recogedores ambulantes y compradores domiciliarios, que recogen insumos reciclables de hogares que suministran papel; los empleados del tren de aseo municipal; los pepenadores en los botaderos municipales; y una amplia gama de intermediarios ubicados fuera del Botadero municipal o externos, intermediarios locales, ubicados dentro del Botadero; y mayoristas ubicados en la zona comercial central de San Salvador.

Las empresas compradoras de Reciclables que pertenecen al sector formal, son aquellas empresas e industrias que compran insumos para exportarlos o incorporarlos como materia prima a su proceso de producción industrial. La principal empresa es Sepacesa.

Se agrupan en nueve categorías:

- i. Compradores Domiciliarios.
- ii. Recogedores Ambulantes.
- iii. Hogares Proveedores.
- iv. Empresas e Instituciones Proveedoras.
- v. Empleados del Tren de Aseo.
- vi. Pepenadores.
- vii. Intermediarios Locales y Externos.
- viii. Intermediarios Mayoristas.
- ix. Empresas Compradoras de Insumos Reciclables.

Seis de estos grupos pertenecen al sector informal, y tres al sector formal.

Los intermediarios mayoristas venden a Sepacesa y a otros usuarios del papel Reciclado, como los coheteros y otros compradores minoristas.

Otros distribuyen el producto en el interior del país, para ser utilizado comercialmente y domésticamente.

Tabla 1.4, precios actuales de los materiales reciclables según la Gerencia de Saneamiento Ambiental son:

Material	Precio
Aluminio	1.50 Lb.
Cobre	2.0 lb.
Bronce	3.0 lb.
Lata	2.0 lb.
Radiador de bronce	2.0. Kg.
Papel periódico	1.75 Unidad
Cartón	348 tonelada
Plástico	0.70 lb.

Fuente : Gerencia de Saneamiento Ambiental

La empresa Sepacesa compra la mayoría del papel usado que se acopia localmente; solo una pequeña parte del volumen de papel que maneja Sepacesa es importado 20%.

La mayor parte del mercado formal e informal del papel lo compra Sepacesa, aún así, solo recolecta 8,400 Toneladas al año.

La principal empresa compradora de Sepacesa es Kimberly Clark que produce una línea de diverso productos higiénicos(papel higiénico, papel toalla, servilletas, toallas sanitarias, pañuelos desechables y otros). En algunos de estos se utiliza hasta un 40% de papel Reciclable, en combinación con pulpa virgen.

Cartotécnica es una de las empresas recicladoras de papel su demanda representa un 20%(144 Ton/mes) de lo que Sepacesa acumula y distribuye mensualmente.

1.6 RECUPERACIÓN Y PROCESAMIENTO: Experiencia de las Empresas del Area metropolitana de San Salvador.

1.6.1 Sepacesa.

Sepacesa es una empresa que se dedica a la recolección y compra de desechos de papel funciona desde hace 25 años, al inicio de su operación importaba la totalidad de la fibra del área Centroamericana. En la actualidad, el 80% de la fibra de papel es comprada localmente.

Sepacesa tiene cuatro centros de acopio. Uno en Santa Ana, dos en San Salvador y uno en San Miguel; la función que desempeña esta empresa es de intermediaria, es decir Recolecta, clasifica y elimina los contaminantes.

Los precios de compra son: 0.30Lb comprado en la recolección y 0.75Lb puestos es bodega.

Posee unidades móviles para efectuar las tareas de recolección, que son destinadas a los diferentes sectores del comercio. Este servicio también es brindado a instituciones tales como: Bancos, Imprentas, Empresas Estatales, oficinas de gobierno, colegios y algunas colonias del área metropolitana.

Todos estos procesos son manuales, al final son colocados en una máquina(fig. 1.1) que los compacta en cubos llamados pacas o balas(fig. 1.2) para ser llevados a las fabricas.

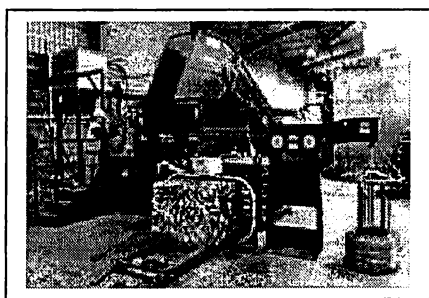


Figura 1.1

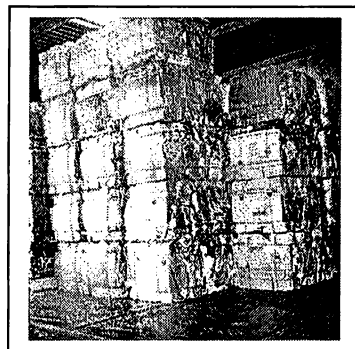


Figura 1.2

6.2 Cartotécnica Centroamericana.

El proceso inicia con la escogitación del papel a reciclar, con los desperdicios de material de la misma empresa se procede a separarlos según el tipo de papel: cartón, kraft, papel blanco, papel rayado. Estos tipos de papel se separan y se convierten en pacas(cubos) para su posterior almacenamiento y utilización; algunas pacas de papel irán con cierto grado de contaminación(tinta).

El otro papel que se recicla es el que se importa en su mayoría de Estados Unidos (Miami), Brasil, y raras veces de Europa, este papel viene en rollos o bobinas (fig. 3) es el que es desechado por el control de calidad extranjero, algunos de los motivos son: centro golpeado, bobinas golpeadas, bobinas mojadas, bobinas con varios colores, mala textura, con diferencias en su peso base.

Estos rollos son embodegados tal como llegan a la planta y cuando se utilizan son colocados en máquinas que los cortan en pliegos(fig.4) y son puestos en el mercado a los que no cumplen con ciertas condiciones se les regresa para volver a ser reciclados, a cada rollo se le aprovecha un 55%.

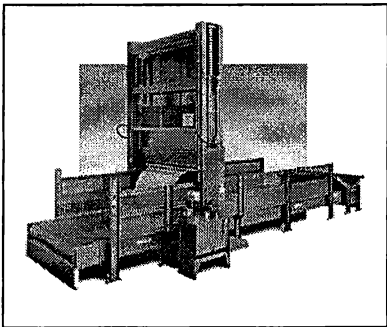


Figura 1.3



Figura 1.4

El siguiente paso es el molino(hidrapulper), este es un recipiente grande de forma de cono en su interior y al fondo posee una propela la cual es accionada por un motor, también posee un filtro; dependiendo del tipo de papel a producir así será la paca con que se cargará el molino y los químicos que se utilizarán al molino se le pondrá agua a una temperatura de 40 -45°C; dependiendo de la calidad y el pedido del cliente se le agregan fibras para una mejor consistencia. El papel es convertido en un

fluido pastoso el cual se extrae por medio de tuberías y bombas de succión, la pasta es llevada a un tanque o directamente a la máquina que sacará las nuevas bobinas.

Proceso dentro de la máquina:

- El refinador: se le afina y se le quitan las impurezas, además se le agregan otros químicos, el refinador tiene la forma de un cilindro y termina en un cono. Luego cae la pasta en una malla o tamiz aquí se separan los distintos tamaños pasando las porciones más pequeñas a una banda transportadora, aquí se tiene 100 % de agua esta banda transportadora tiene forma irregular no es completamente plana si no en forma de cadena, en las partes acanaladas tiene cierto grado de vacío donde succiona.
- Rodillo Pecho: estos son dos cilindros los cuales se encargan de formar una lámina de la pasta, después pasa a otra serie de rodillos de menor diámetro en los cuales existe succión; la lamina es transportada hacia otros rodillos en esta parte se tiene un 70% de humedad en la lámina. Está lamina es llevada hacia 37 rodillos en los cuales se les aplica vapor proveniente de una caldera.
- Calandrea: se le llama a los rodillos que se encargan de darle la textura al papel, al salir la lámina se embobina en rollos de 60pulg. de diámetro por 102 pulgadas de largo(figura 1.5). Cuando se forma cada rollo se remueve y simultáneamente se empieza a formar la otra bobina de papel. Estos rollos son colocados en otras máquinas las cuales se encargan de darle las características de rallado para cuadernos etc.

Sepacesa vende 144 toneladas de papel a Cartotécnica pero según Cartotécnica para ellos les es más barato importar las bobinas de papel por el tipo de escogitación que se tiene que realizar.



Figura 1.5

1.7 MÉTODOS APLICADOS AL RECICLAJE DE PAPEL.

Existen distintos diseños para la obtención de papel Reciclado(pulpa secundaria), en Estados Unidos y Europa. Todos los sistemas implican el empleo de un desbaratador, que rompa los mazos o balas(pacas) de papel de desecho; un dispositivo para eliminar la basura pesada; otro que elimine trapos, cuerdas y alambres metálicos; un sistema de cernido para eliminar los contaminantes de todo tipo, llevando a cabo estas operaciones con un gasto mínimo de energía.

Los sistemas para la producción de pulpa de fibras secundarias deben de tener una salida especificada en su tonelaje, con una consistencia determinada, produciendo pulpa que corra bien en la máquina de papel. Deberán poder operar sin producir contaminantes al elaborar la pulpa. La cantidad de energía consumida en la producción de pulpa con fibra secundaria es uno de los factores más importantes que se debe tener presente, y depende del tipo de materia prima que se utilizará. Los sistemas de producción de pulpa de tipo secundario, actualmente incluyen:

- 1 producción de pulpa con baja densidad Black Clawson(LIP).
- 2 Sistema turbo separador Voith-Morden.
- 3 Sistema fiberizador Escher Wyss.
- 4 Sistema Fiberizador Escher Wyss

5 Sistema para asfalto bituminoso.

Clasificación de los Procesos:

Proceso mecánico.

Proceso químico-mecánico.

1.7.1 Sistema Black Clawson de producción de pulpa de baja intensidad.

Este sistema es relativamente nuevo, requiere un mínimo de energía de entrada, aproximadamente 36KWh(2Hp), lo que hace que su costo de operación sea bajo. La degradación de los contaminantes es mínima, lo que hace más eficaz su eliminación. El sistema de producción, que se ilustra en la figura 6, opera en forma continua, dependiendo en la extracción por orificios de 1.59 a 2.54 cm (5/8 a 1 pulg.), Y requiere tan sólo 18 kW(1Hp) por tonelada de desfibrado. El papel de desecho utilizado normalmente en este productor contiene aproximadamente 5% de contaminantes, de manera que incluso si el sistema resulta eficiente en un 100%, siempre habrá 5% de contaminación en la suspensión. El sistema lleva a cabo una eliminación continua de cuerdas y trapos, y la caja de basura elimina los contaminantes pesados, que resultan demasiado grandes para pasar por los orificios de la placa de extracción.

La materia extractada se bombea a través de limpiadores centrífugos que eliminan los contaminantes pesados. La caída de presión por el limpiador deberá ser de 69 a 103Kpa(10 a 15 libras por pulgada cuadrada) y, debido al elevado volumen de rechazos, se cuenta con un sistema automático de descarga de los mismos. El material entra a continuación en un cernidor a presión equipado con perforaciones de 0.2 a 0.3 cm. (0.079 a 0.125 pulgadas) accionado por 225KW(125 HP) con consistencia del 4%. El material desfibrado aceptado por la criba se mueve hacia abajo para su posterior limpieza y cernido.

El flujo de rechazo procedente de la criba a presión se eleva al 40% del peso de la fibra, y contiene cierta cantidad de material desfibrado, el flujo de rechazos, con una consistencia aproximada del 5%, pasa a un desfibrado, formado por una *máquina con juego de separación ajustable*, diseñada para manejar la gran cantidad de trozos no desfibrados presentes en el papel y los contaminantes. El desfibrado no

tiene contacto de barra a barra, de manera que solamente actúan sobre los trozos de papel las tijeras hidráulicas, dejando intacto el contaminante. El desfibrado requiere de 18 a 27 kW(1 a 1.5 HP) por tonelada. El flujo de rechazos continúa hacia una criba vibratoria equipada con agujeros de 0.47 a 0.95 cm(3/16 a 3/8 de pulgada) con consistencia del 3%. El material aceptado por la criba se vuelve al productor de pulpa y se eliminan los rechazos ligeros.

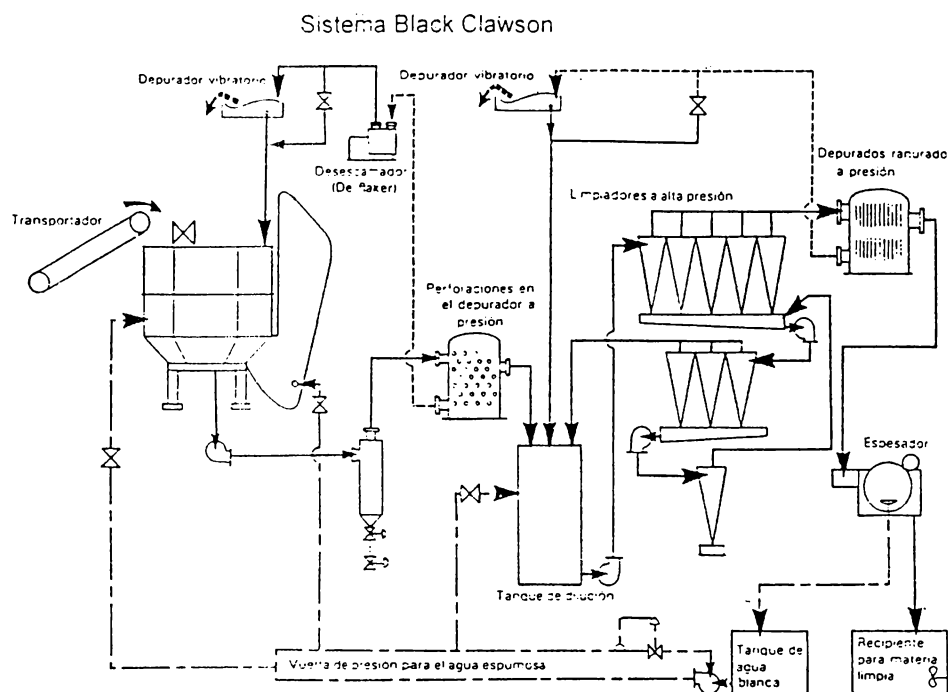


Figura 1.6

1.7.2 Sistema Voith-Morden de producción de pulpa con papel de desecho.

Este sistema está integrado por:

1. Desbaratador.
2. Turbo separador.
3. Limpiador a alta presión.
4. Cernidor vibratorio.

Está diseñado para la operación continua y elimina tanto los contaminantes pesados como los ligeros, con una pérdida mínima de fibras utilizables. Lleva a cabo

una suspensión en agua y la limpieza de la fibra, por lo que no se requiere aplicar flujo abajo un cernido o limpieza adicionales.

Opera con consistencia del 3 al 4% y requiere aproximadamente 36kW(2 HP) por tonelada.

Como se observa en la figura 1.7, el hidrapulper recibe en balas(pacas) de papel de desecho procedente del transportador.

Los contaminantes de peso ligero que se reúnen en la zona de turbulencia forman una cuerda de trapos y se eliminan mediante un dispositivo controlado por tiempo. Los contaminantes pesados se reúnen en la trampa para basura. La fibra secundaria parcialmente desfibrada, más los contaminantes flotantes no eliminados antes, salen por conducto de la placa de extracción. Se bombean hacia el turboseparador para un nuevo desfibrado y limpieza. Una gran cubeta situada en el rotor estabiliza el vórtice y extrae los contaminantes ligeros restantes. Los productos aceptados pasan por la placa de extracción del rotor mientras los contaminantes pesados se mueven continua y tangencialmente. Un limpiador recibe los contaminantes ligeros restantes. Los productos aceptados pasan por la placa de extracción del rotor mientras los contaminantes pesados se mueven continua y tangencialmente. Un limpiador recibe los contaminantes ligeros y devuelve el aceptado al hidrapulper. Los contaminantes ligeros se descargan y bombean periódicamente hacia el cernidor vibrante, que devuelve lo aceptado al hidrapulper.

El desfibrado y el cernido que tiene lugar flujo abajo completan el sistema.

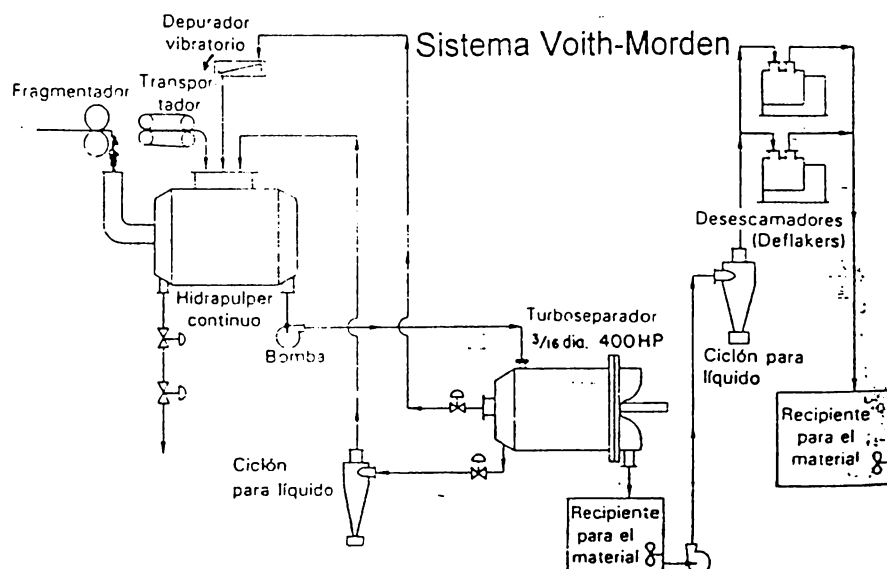


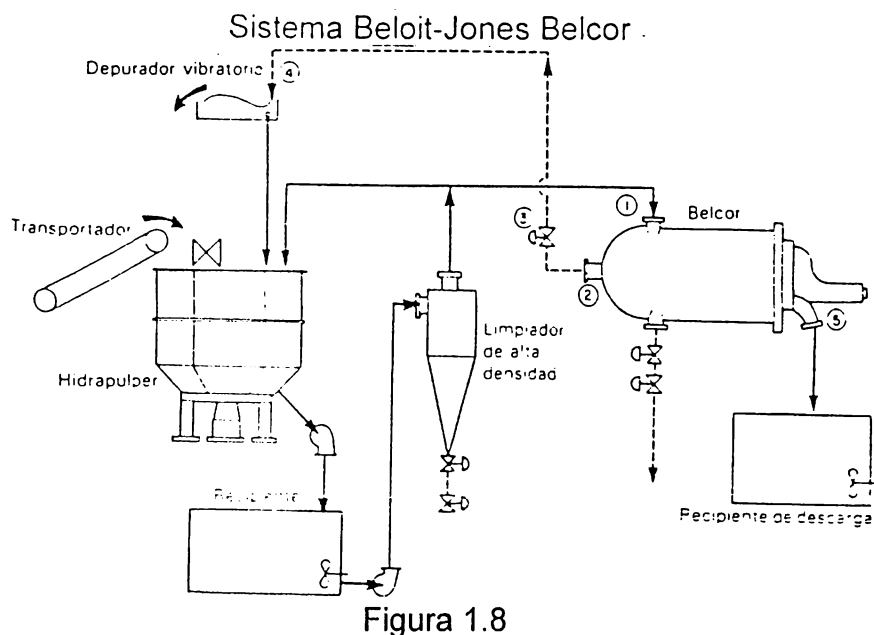
Figura 1.7

1.7.3 Sistema Beloit-Jones Belcor.

El sistema belcor, que se ilustra en la figura 8, es un sistema combinado de limpieza y desfibrado dispuesto para una extracción continua. El material procedente del hidrapulper se envía continuamente y en forma tangencial a la unidad Belcor. Su función consiste en cernir las piezas, de tamaño intermedio, de plásticos y de papel resistente a la humedad; servir como una unidad secundaria de bombeo una vez que prácticamente todas las piezas grandes de plástico y de basura pesada se han eliminado, y suprimir cualquier metal pesado, tales como las abrazaderas para el papel y las grapas que no hayan sido separadas bien sea en el hidrapulper o en el limpiador. En la figura 8 se observa que los rechazos ligeros se descargan por la salida central (2) situada frente al rotor. Usualmente es adecuado un ritmo del 10% en el flujo en relación con el volumen, para evitar la formación de una masa de rechazos en el tanque y lograr una buena eficiencia en la limpieza. El flujo de rechazo puede controlarse mediante una válvula manual(3) o por la presión a la entrada. El flujo es ajustable según sea la cantidad de rechazo en el desperdicio. Los rechazos se ciernen en un depurador vibratorio(4) y se vuelven de nuevo al productor de pulpa.

El material aceptado se descarga mediante una placa perforada de extracción situada tras el rotor(5). Las perforaciones van de 0.317 a 0.47cm(1/8 a 3/16 de pulgada) con consistencias en el material de 2 a 3%.

La unidad Belcor actúa como una segunda etapa de pulpeo. Su capacidad para desfibrar es aproximadamente igual a la de un hidrapulper convencional y utiliza de 9 a 18 kW(0.5 a 2.0 HP) por tonelada. El hidrapulper primario, que cuenta con perforaciones de mayor diámetro, requiere una baja energía, por que parte de la energía para producir pulpa se aplica en el Belcor. La eficiencia en la limpieza depende del tamaño de las partículas y de la concentración de los contaminantes, y fluctúa del 75 al 90%.



1.7.4 Sistema Fiberizador Escher Wyss.

Este sistema, se ilustra en la figura 1.9, se ideó para separar los contaminantes, presentes en el papel de desecho, a la salida del hidrapulper. En el fiberizador se encuentran combinadas las funciones de separación centrífuga, de cernido y de desfibrado.

El material penetra en fiberizador mediante una entrada tangencial situada en el alojamiento cónico(1). El rotor da lugar al movimiento de giro, ajustándose dicho rotor cerca de la placa pantalla. Las barras fijas de desfibrado se colocan en un círculo alrededor del rotor, para mejorar la acción de desfibrado y mantener limpia la pantalla mediante la turbulencia. El material aceptado sale por la placa cernidora, que cuenta con perforaciones de 0.3 a 0.4cm(2). Los trozos no desfibrados y grandes se retienen juntos con los plásticos y contaminantes pesados. El material con alto porcentaje en su contenido de contaminantes ligeros se retira de manera intermitente por la salida situada al centro de la tapa(3). Los contaminantes pesados se reúnen bajo la acción de la fuerza centrífuga en la trampa para basura, situada al fondo de la unidad(4) y se hacen caer automáticamente a intervalos determinados. Un flujo de agua de percolado recupera fibras. El espacio ajustable entre el rotor y la placa fija, así como las barras de desfibrado, desfibran los trozos grandes, pero se evita el corte de las láminas delgadas de plástico. Los contaminantes de peso ligero,

tales como el poliestireno y las láminas, se expelen intermitentemente por medio de una válvula de control hacia un depurador vibratorio(5).

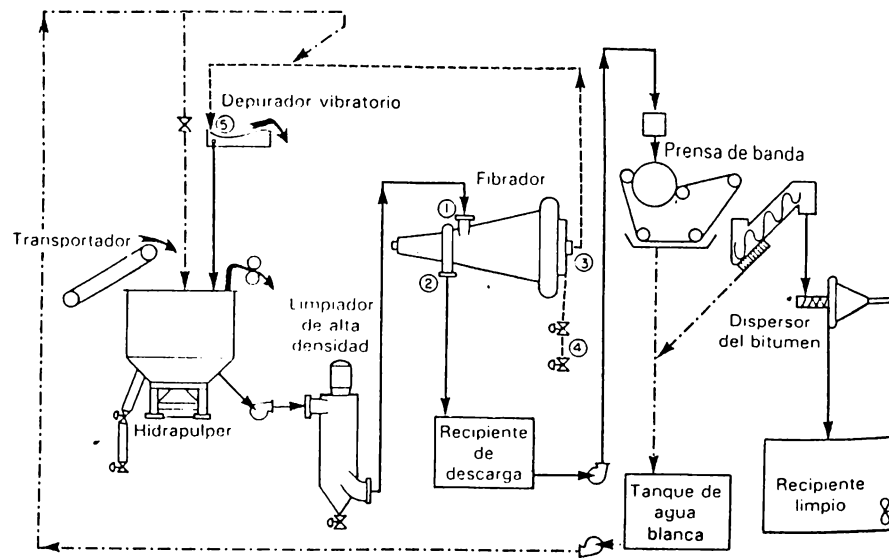


Figura 1.9

1.7.5 Sistema para asfalto bituminoso.

El asfalto bituminoso, que por lo general se utiliza como adhesivo en los laminados y como barrera contra el vapor y el agua en los sacos de papel, en los barriles contenedores de fibra, y en las bolsas Kraft para embarque, tiene antecedentes como origen de problemas al reciclar estos materiales para elaborar pulpa. Cuando dichos papeles se utilizaban en los primitivos sistemas, producían cartones manchados de negro, creándose puntos para sangrar. Para lograr sistemas mejorados se ha realizado un esfuerzo considerable. Es posible dispersar el asfalto hacia las fibras adyacentes durante la obtención de fibra secundaria, de manera que no sea observable en el producto final y no produciendo sangría en los papeles, por ejemplo en los cartones de yeso para pared.

El sistema de uso más generalizado en Estados Unidos se ilustra en la figura 1.10, Después del espesador que forma parte de un sistema continuo de papel de desecho, tal como el que aparece en el hidrapulper de la figura 1.6 se elimina el agua del material hasta un 12-16% con un espesador helicoidal inclinado, se le comprime hasta una consistencia del 35% en una prensa de tipo cónico, y de descarga mediante un alimentador transportador hacia un digestor continuo. En la garganta del

alimentador se forma un tapón de material con una consistencia aproximada del 50%, lo que ayuda a contener la presión del vapor en el tubo digestor. El vapor, el vapor con una presión aproximada de 515 kPa(75Psi) se pasa al digestor continuo. Este vapor eleva la temperatura del material muy por encima del punto de fusión del asfalto. Al agitarse el material bajo la acción de las hélices internas situadas en el tubo digestor, el asfalto ablandado se deposita y se extiende sobre la superficie de las fibras. El tubo diestro tiene un impulsor de velocidad variable que controla el tiempo de exposición del material tanto al vapor como a la acción de agitación. En el extremo de descarga del tubo diestro hay un orificio especial que libera el material, reduciendo la presión del recipiente a la presión atmosférica. El vapor que acompaña al material lo impulsa hacia el ciclón, en donde se le agrega agua de dilución y para enfriamiento, con el fin de dar al material la temperatura y consistencia deseadas. La energía de vapor es de 0.4Kg(0.9libras) de vapor/0.454Kg(1libra) de fibra.

En el método Europeo se aplica un sistema diferente que se ilustra en la figura 1.11, Se elimina el agua del material procedente de los espesadores y se envía a un tubo amasador, con el fin de dispersar el asfalto. Un refinador de disco situado en el extremo de descarga de la máquina amasadora dispersa el asfalto en forma completa, retirándolo de la totalidad de las fibras.

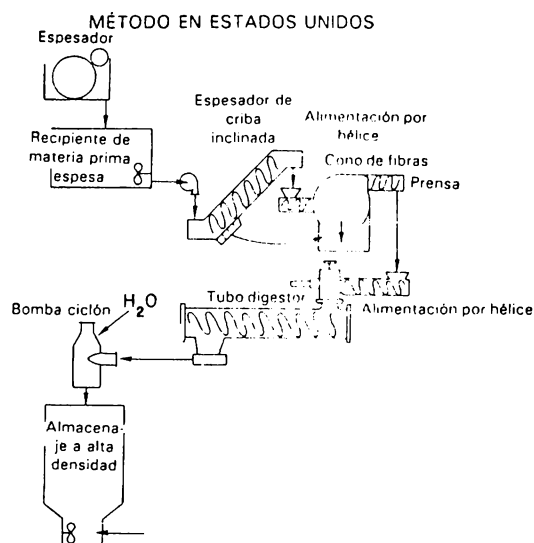


Figura 1.10

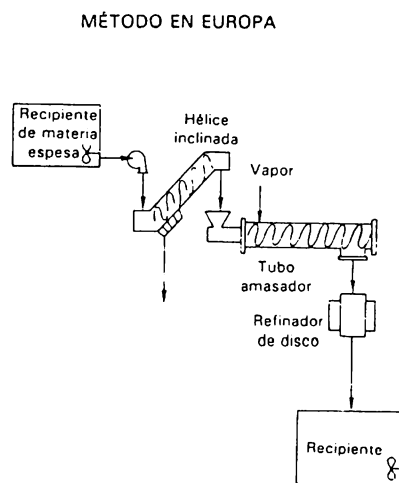


Figura 1.11

1.8 DESTINTADO DE PAPEL.

Para producir pulpa blanca con base en el papel de desecho, de manera que sea adecuada para producir papeles para libros y otros similares, es necesario eliminar la tinta que tiene el papel de desecho. El proceso orientado a dicha finalidad se denomina destintado. Son dos los pasos básicos del destintado:

- Disolver o aflojar la tinta por métodos químicos.
- Eliminar la tinta presente mediante un lavado mecánico.

Todos los sistemas de destintado consisten en las etapas siguientes:

1. Desbaratado o desfibrado en presencia de productos químicos.
2. Limpieza y depuración.
3. Lavado.
4. Eliminación del agua y espesado.

La eliminación de la tinta se logra en ocasiones por la flotación. Cuando se requiere producir pulpa blanca se aplican sistemas de blanqueo y de lavado-blanqueo.

Tipos de papeles utilizados en el destintado.

La calidad de la pulpa destintada queda fundamentalmente determinada por el tipo de papeles de desecho utilizado en la planta de destintado. Por ello es conveniente obtener únicamente los grados más blancos de papel de desecho, y que sea todo del mismo tipo general. En algunos casos el papel de desecho puede obtenerse de plantas con gran uso de papel, el que está tan bien segregado que no requiere separación. El procedimiento de separación a mano se elimina paulatinamente (a causa de los altos costos en mano de obra), orientándose hacia el empleo de métodos de destintado basados en el correcto equilibrio de productos químicos y de operaciones mecánicas con el fin de lograr los resultados finales deseados a la vez que la utilización de una amplia variedad de papeles. Los más convenientes para el destintado son los recortes finos, los trozos, el material usado para papel de contabilidad y el material para revistas. Los grados más bajos de papeles mezclados pueden separarse a fin de eliminar los papeles indeseables, y otros contaminantes tales como papel carbón, papeles encerados, impregnados, papel cristal, pergamino, trozos de tela, cintas de máquinas de escribir, trocitos de

madera y de basura, las portadas de colores muy vivos y los carteles, así como los papeles resistentes a la humedad. Tal separación es costosa y su aplicación en la industria desaparece poco a poco.

Las especificaciones de compra para el papel de desecho destinado, limitan en ocasiones el contenido de papel proveniente de madera molida, porque es difícil de destintar; se pone pardo durante la operación de destintado, y no puede ser blanqueado sólo con hipoclorito. Los papeles viejos de pulpa de madera son particularmente difíciles de desfibrar y tienden a formar mazos reducidos y duros de fibras. Originalmente se excluían los papeles de pulpa de madera en la mayor parte de las fábricas de destintar, pero con el uso generalizado de la madera molida para papeles de impresión y otras categorías, cada vez es más difícil obtener papel de desecho sin madera molida que llegue a satisfacer la demanda de las plantas de destintado. Por ello se han creado procesos especiales para manejar los papeles hechos de madera molida. Cuando el contenido en madera molida supera al 10%, deberá diseñarse un método de destintado capaz de manejar la madera molida. En estas circunstancias se requiere un proceso especial de blanqueo, para lograr niveles de blancura de 70 o más. Los papeles que contienen madera molida pueden identificarse mediante la reacción al color que se logra cuando el papel se colorea con sulfato de anilina(amarillo) floroglucinol(rojo), o una solución de hidróxido de sodio(amarillo). El papel resistente a la humedad no es aceptable, por razón de su resistencia a la separación de fibras, requiriéndose temperaturas altas y bajo pH para la desintegración de estos papeles. El papel cristal y los papeles de pergamino son difíciles, aunque no imposibles de desfibrar. El papel encerado, el impregnado con resina, y los papeles recubiertos con una resina resisten al agua y no se pueden desfibrar aplicando métodos ordinarios de destintado. El celofán no se dispersará, pero, amenos que sea excesivamente quebradizo, se mantiene de un tamaño suficientemente grande para que se pueda eliminar al cernir.

Los papeles tratados con materiales del tipo de goma o termoplásticos originan problemas al destintar. Una cantidad tan reducida como de un Kilogramo de material semejante a la goma puede arruinar más de 100 toneladas de pulpa, si no se le dispersa adecuadamente. Los papeles de libros recubiertos con pigmento se

destintan fácilmente. Los papeles coloreados presentan ciertos problemas al destintar, particularmente si los tintes aplicados al papel son resistentes, rápidos, o químicos. La mayoría de los tintes básicos y ácidos se destruyen mediante una cocción alcalina, y pueden reducirse con hidrosulfito de cinc, aún cuando los tintes básicos tienden a reoxidarse a largo plazo. La mayor parte de los tintes directos se pueden eliminar bien sea con álcali, cloro, o hidrosulfito, pero hay excepciones, tales como los amarillos de estibeno, los naranjas, los azules turquesa, todos los cuales se consideran no destintables. Los tipos de pigmentos difieren:

1. Los amarillos cromo y los azules hierro se destruyen mediante el álcali.
2. Los tipos azoicos se consideran como no destintables, pero pueden descargarse mediante un clorado directo.
3. Las lacas fosfotúngstico-molibdicas, no presentan problemas, ya que se destruyen fácilmente mediante el blanqueo por hipoclorito.

Productos químicos utilizados para el destintado.

Gran parte del destintado se lleva a cabo con simple álcali, pero en ocasiones se utilizan detergentes dispersantes y agentes dispersantes, tales como jabones, aceites sulfonados, bentonita, metasilicato de sodio o pentahidrato del silicato y otras sustancias activas, en combinación con el álcali. Una fórmula ideal para destintar incluiría un álcali para saponificar el barniz o el vehículo de la tinta de impresión, un detergente para ayudar a humedecer el pigmento de la tinta, un agente dispersante que impidiera la aglomeración de las partículas del pigmento una vez que éstas queden liberadas del papel, y un agente absorbedor que junte los pigmentos e impida que vuelvan a depositarse sobre la fibra.

El álcali se utiliza en las fórmulas de destintado con dos objetivos:

- Eliminar la absorción de colofonia del papel.
- Saponificar el vehículo de la tinta liberando de ésta el pigmento. En general se utiliza entre el 0.5 y 2.0% de tinta en relación con el peso del papel; dicha tinta deberá eliminarse por completo si va a producir pulpa blanca. Desde el punto de vista de la facilidad en el destintado.

Los principales tipos de tinta son:

1. Tintas secantes con base de aceite.

2. Tintas no secantes con base de aceite.
3. Tintas con base de resina sintética.
4. Tintas metálicas con base de látex.

Las tintas secantes con base de aceite se oxidan levemente, y se pueden saponificar con facilidad mediante el álcali. Sin embargo, las tintas con base de aceite completamente oxidadas, las no secantes con base de aceite, y las tintas que tienen una base de resina sintética no se pueden saponificar totalmente por el álcali con una concentración normal. Por lo tanto, deben utilizarse métodos especiales de destintado para su aplicación a los papeles que contienen dichos tipos de tinta.

Las tintas diversas de gran brillo y metálicas utilizadas actualmente son difíciles de eliminar con álcali. Los solventes (por ejemplo el tri o el tetracloroetileno, el benceno, o el tetracloruro de carbono) o los jabones y detergentes, ayudan a destintar estos papeles. La colofonia se elimina fácilmente mediante saponificación con álcali, e incluso las ceras utilizadas en los papeles encolados se funden y eliminan fácilmente. En ocasiones se utilizan solventes para eliminar la cera y polietileno.

El tipo y la cantidad de álcali requerido para el destintado depende del tipo de tratamiento mecánico y de la temperatura y duración de la cocción. Para destintar se utilizan mucho el carbonato de sodio y el hidróxido de sodio. El carbonato de sodio es un agente más suave que el hidróxido de sodio, y produce una oxidación menor de la fibra y una pérdida más reducida de la misma. El hidróxido de sodio produce la pulpa más rápidamente. Sin embargo, el empleo de una sosa cáustica demasiado concentrada pueda atacar de manera grave la celulosa, ya que ésta se encuentra en un estado particularmente susceptible por ser grande la superficie de exposición. El máximo utilizado de hidróxido de sodio es de aproximadamente 5%. Una fórmula típica para destintar con sosa cáustica el papel blanco para contabilidad incluye una solución de hidróxido de sodio al 3%, a temperatura de 71°C. El hidróxido de sodio concentrado deberá diluirse siempre si se le agrega directamente a las fibras. En ningún caso deberá aplicarse una concentración mayor del 17% a una mezcla de fibras y de agua, porque lo cáustico de esta

concentración disolverá la celulosa y contaminará el lote con costras viscosas semejantes a productos de fusión calientes y látex. Si es necesario utilizar un álcali fuerte éste deberá agregarse al agua antes que el papel. Cuando se usa solo, el carbonato de sodio del 3 al 8% es suficiente para destintar la mayoría de los papeles. Hay quienes prefieren una mezcla del 2.5% de carbonato de sodio y 0.5% de hidróxido de sodio. En la cocción sólo se consume una pequeña parte del álcali. Los resultados obtenidos en el laboratorio indican que el consumo de álcali se encuentra dentro de un margen del 0.25 al 1.0% del peso del papel, de modo que la mayor parte del álcali original aparece en el licor remanente. Al destintar papeles comunes con apresto de colofonia, el álcali reacciona con la colofonia para formar jabón de colofonia, el que actúa como detergente sobre las partículas de tinta. Los agentes separadores pueden resultar útiles para evitar la formación de jabones de calcio. Si se utilizan papeles sin apresto no se forma jabón de colofonia, y en ese caso son convenientes los detergentes especiales. El jabón corriente parece resultar útil en ciertas circunstancias.

En ocasiones se utiliza el silicato de sodio para que forme parte del álcali. El silicato es eficaz con un pH más bajo que el hidróxido de sodio. Esto es importante al destintar papeles de madera molida, con el fin de evitar que se vuelva de color amarillo. Se prefieren los grados más alcalinos de silicato. Un grado adecuado es el que contiene: 1 parte de Na_2O a 1.6-1.7 partes de SiO_2 o metasilicato de sodio ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) la cantidad de silicato varía del 2% al 9%. El papel periódico de gran calidad puede destintarse utilizando 3% de silicato 42° Bé (Baumé) y el 1.5% de hidróxido de sodio a una temperatura de 66°C durante 45 minutos.

Una vez que se ha liberado el pigmento de la tinta son deseables los agentes dispersantes y absorbedores, para evitar que el pigmento se deposite sobre la superficie de las fibras, las que son sumamente absorbentes. Un proceso patentado requiere una mezcla de silicato de sodio con alto sílice y un ácido graso. Para el mismo fin puede utilizarse la bentonita y para evitar la aglomeración de las partículas negras de carbono alrededor de los cuajos de los jabones de calcio o de magnesio formados durante el destintado. Pueden utilizarse otras

arcillas, o puede obtenerse ésta del relleno del papel. El material de desecho procedente de libros y revistas se ha destintado con éxito durante años, y parte de la facilidad del destintado de estos papeles puede atribuirse a la presencia de los rellenos de arcilla. Bragg indica que 0.75% de bentonita absorbe completamente la tinta y la espuma de una pulpa que contenga tintas sin saponificar. La eliminación de la tinta mediante absorción en un sólido particulado hidrofóbico ha mostrado ser eficaz, pero previamente deberán desactivarse cualesquiera agentes jabonosos o tenso-activos.

Se ha propuesto el peróxido como ayuda para las operaciones de destintado.

Los peróxidos son particularmente eficaces en combinación con el silicato. Una fórmula adecuada está formada por del 1 al 3 % de peróxido de hidrógeno, del 3 al 6% de silicato (58.5°Bé, relación 1.6), y del 0.5 al 2.0 % de hidróxido de sodio, utilizando a una temperatura de 71°C durante un período de 35 a 90 minutos. Si se utiliza peróxido de sodio en vez del peróxido de sodio en vez del peróxido de hidrógeno, no es necesario agregar hidróxido de sodio. Los licores normales alcalinos tienen un efecto nocivo en la blancura de las pulpas que contienen madera molida, pero el peróxido ayuda a evitar el oscurecimiento y la revisión de color de la pulpa. No se obtiene ventaja alguna al utilizar peróxido, a menos que el contenido de madera molida en el papel de desecho sea de más del 15% aproximadamente. Se ha utilizado el hidrosulfito de cinc para destintar papeles de madera molida, con el fin de mejorar su blancura. Se utiliza como ayuda para destruir los tintes cuando hay presentes papeles coloreados. Aproximadamente del 0.5 al 1.5% mejorará la blancura de los papeles de madera molida.

La mayoría de las fórmulas utilizadas en los procesos comerciales de destintado son relativamente sencillas. En el caso de los papeles para contabilidad coloreados, las tarjetas, los impresos de computadora, y otros desechos seleccionados de fibras químicas, algunas de las fórmulas típicas son las siguientes:

1. Hidróxido de sodio, 4%.

2. Hidróxido de sodio, 2.5%. más 2.5% de silicato de sodio, más 3% de carbonato de sodio.
3. Hidróxido de sodio, 3%. más 2% de silicato de sodio.
4. Hipoclorito de sodio, 0.8%, expresado como cloro, más 4% de hidróxido de sodio.

En el caso de los papeles coloreados para contabilidad y de los papeles sin carbono y recubiertos, los que se hacen con arcilla activada y tinta en cápsulas, la fórmula 4 es la mejor. Se utiliza el hipoclorito para soltar el color. Se le agrega al agua a 60°C, desfibrándose el lote durante 5 minutos. El hidróxido de sodio disuelto a no más de 15% de concentración se agrega a continuación, y se continúa el desfibrado durante otros 15 minutos adicionales. Las cartulinas para etiqueta y los papeles de contabilidad con bajo contenido de madera molida pueden procesarse utilizando las fórmulas 2 ó 3. El papel periódico se puede destintar mediante soluciones que contengan:

1. 2% de peróxido de sodio, más 5% de silicato de sodio.
2. 2% de peróxido de sodio más 3% de silicato de sodio.
3. 1% de Hidróxido de sodio más 1.5% de silicato de sodio, y 0.7% de peróxido de hidrogeno.

La temperatura debe mantenerse por debajo de 54°C cuando sé destinta madera molida, una fórmula para destintar papeles hechos con madera molida, que puede utilizarse a temperaturas altas, está formada por 1% de hidróxido, más 8% de perborato de sodio, más 2% de carbonato de sodio. Después de producir la pulpa se elimina el del material hasta darle una consistencia del 20%, mediante extractores helicoidales inclinados, y se rediluye para la limpiadores centrífugos con alta caída de presión, y se la cierne en cribas a presión con ranuras de 0.014 de pulgada. Deberá tenerse cuidado de no eliminar agua más allá de una densidad del 20%, ya que la tinta, que se encuentra parcialmente saponificada y blanda, ennegrecerá las fibras por presión en el roce.

1.8.1 Condiciones para el proceso de destintado.

La producción puede ser intermitente o continua. El método intermitente permite mejor control del agua, de los productos químicos y del papel de desecho que se agrega al hidrapulper. El lote con una consistencia, una temperatura y una concentración químicas predeterminadas, se procesa durante un período igualmente predeterminado, lo cual permite un control positivo de las condiciones en que se realiza la producción, sin importar el tamaño de las perforaciones en la máquina a través de las cuales haya de retirarse el material. Por lo general, el desfibrado se completa del 98 al 100%, y se deja tiempo suficiente para que se produzca la reacción química. Pueden tomarse muestras antes de retirar el lote, con el fin de asegurar que el proceso terminó. En general, el proceso intermitente se considera el mejor en el destintado, aun cuando la productividad será 25% menor que la que se puede obtener mediante operación continua.

La producción continua permite lograr un máximo de productividad en relación con el tamaño de la unidad productora de pulpa. El agua, los productos químicos y el papel de desecho se agregan a una velocidad controlada, adecuada a la capacidad de producción de pulpa y a las demandas del sistema. El papel de desecho se expone a la solución química y a la acción de desfibrado del rotor hasta que las partículas son lo bastante pequeñas para retirarlas por las perforaciones situadas en la placa de extracción. El tiempo de retención en la unidad de producción de pulpa varía, y no todo el papel de desecho tiene la misma exposición a la acción química y a la de desfibrado. El grado de desfibrado depende de la velocidad de extracción y de la demanda. Es posible tomar muestras aunque éstas no siempre son representativas de la totalidad del lote.

El destintado original se lleva a cabo por cocción en digestores de globo, con consistencias que van desde 6% como límite bajo hasta 35% como límite alto, con temperaturas de 79 a 93°C y con un tiempo de cocción de 3 a 8 horas. En general, se metía directamente el vapor en la carga mediante un tubo perforado que corría a todo lo ancho del digestor. El calentamiento con vapor saturado, en vez de hacerlo con vapor saturado, se aplica sobre todo cuando se utilizaba hidróxido de sodio como agente de cocción. En casos extremos se aplicaban

tiempos tan largos como de 8 a 10 horas, a 275-345 kPa(40 a 50 libras por pulgada cuadrada) de presión de vapor.

Pero esto por resultado una pérdida en rendimiento debida a la degradación y solución de los carbohidratos. Al terminar el período de cocción se retiraba el material, bajo la forma de una masa de pulpa, hacia un pozo situado bajo el cocedor, del que eliminaba el licor.

En la mayoría de los casos dicho licor se conservaba para volver a utilizarlo. La mayor parte del destintado se lleva a cabo en productores abiertos, a temperaturas de 60 a 82°C, con un tiempo de retención de 45 minutos a 1 hora 30 minutos. La energía requerida utilizada para desfibrar; no se produce ningún batido real de material en el sentido de hidratar la fibra. Las consistencias en la producción varían desde 7 a 25%. La elevada consistencia en la producción de pulpa activa el desfibrado, reduce la cantidad de producto químico requerido, y da como resultado una pulpa con una libertad más elevada, en comparación con la producción de pulpa a baja consistencia. Puede recuperarse el licor de cocción extrayéndolo de manera inmediata del recipiente donde cae. La figura 1.12, se representa un diagrama de flujo típico, y en la figura 1.13, puede observarse un sistema abreviado del proceso.

DESTINTADO DE PAPEL

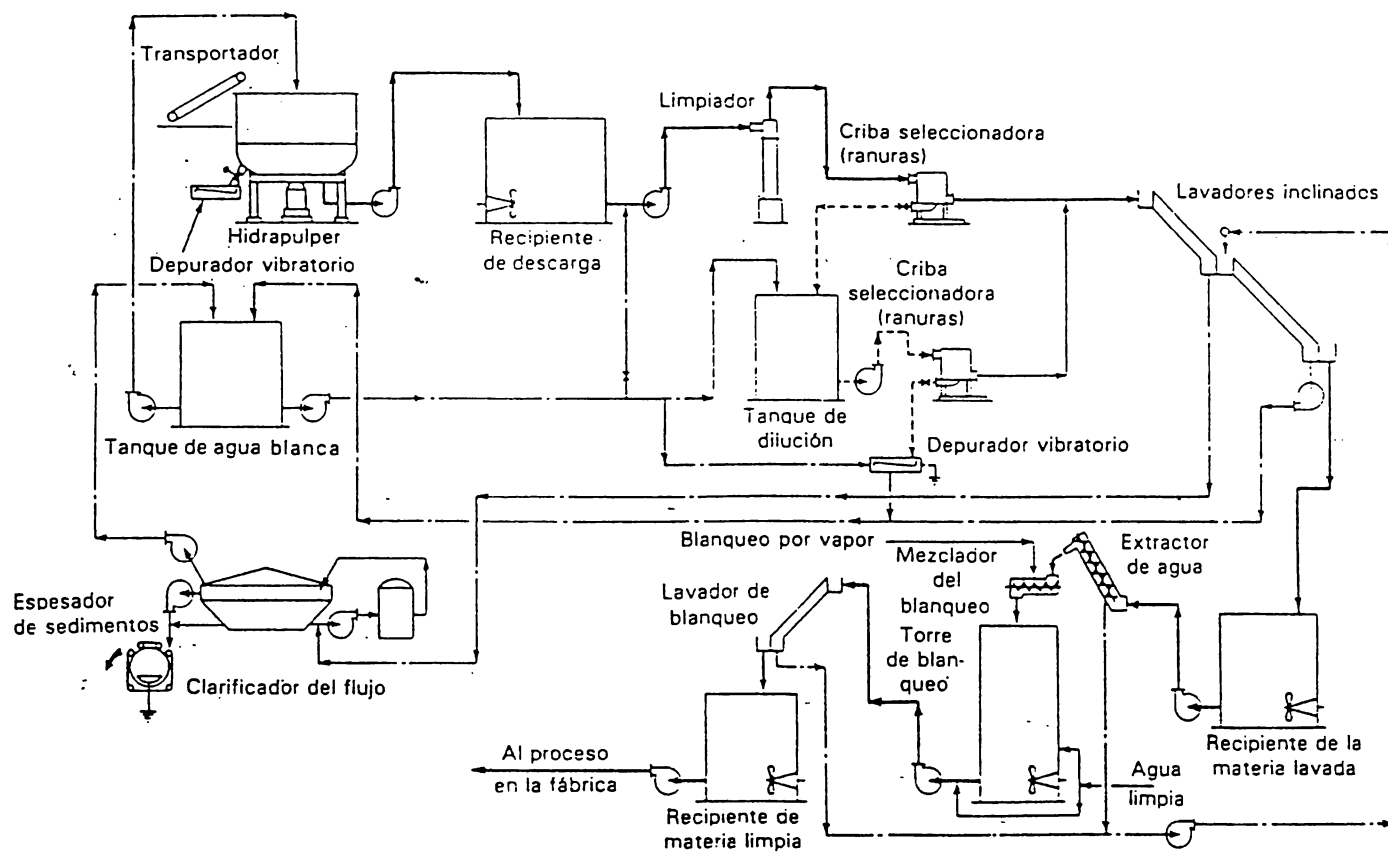


Figura 1.12

SISTEMA DE DESTINTADO DE PAPEL

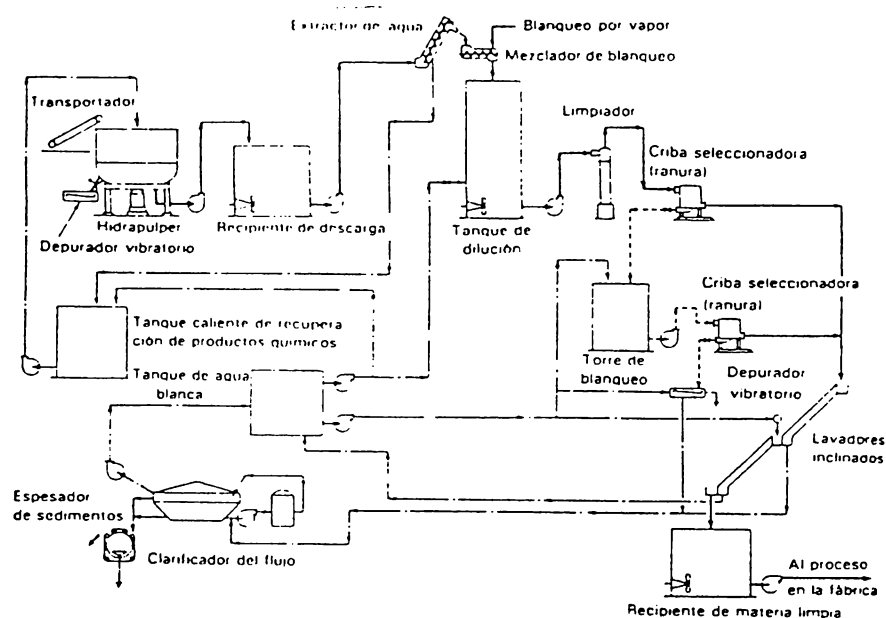


Figura 1.13

Se ha propuesto el empleo de un tambor giratorio con perforaciones en parte de su largo para desfibrar y precernir los papeles de desecho, utilizando en general, del 1 al 2 % de hidróxido de sodio.

Después de la cocción puede evaluarse la calidad del material de destintado haciendo hojas y examinándolas mediante luz tanto reflejada como transmitida.

Deberán examinarse las partículas de la hoja con el fin de determinar su origen. Algunos de los materiales menos deseables son las bolas de tinta(tinta procedente de papeles utilizados por los impresores), las partículas de plástico(de los adhesivos y recubrimientos), el látex o las partículas de goma oxidada(de los impregnantes y aglutinantes). El asfalto(de los papeles lamificados), las partículas de papel no dispersadas(procedentes de un contenido elevado de madera molida o de papeles con resistencia a la humedad) y los adhesivos de fusión caliente(de los envases de cartón y de los lomos cuadrados de las revistas).

1.8.2 Etapas de limpieza en el proceso de destintado.

Los pasos de limpieza siguen a continuación del desfibrado de papel de desecho en el hidrapulper. Los limpiadores centrífugos, que actúan según el principio de

convertir la presión en velocidad, suministrado así la fuerza centrífuga requerida para la separación, son los más habitualmente utilizados. El material entra

por la parte alta del limpiador. En tanto que la fuerza de la gravedad se mantiene constante, la velocidad del material se reduce debido a la fricción con las paredes laterales. El material limpio vuelve a subir por la zona central, en la que la presión es baja o inexistente, y se descarga por la parte alta del separador. Los contaminantes pesados se separan por el fondo del limpiador y se eliminan a continuación.

Las dos variables importante en los separadores cónicos son la consistencia del material y la caída de presión en los separadores. Los limpiadores con alta caída de presión, en los que el diferencial de presión va de 205 a 275 Kpa(30 a 40 libra por pulgada cuadrada), los que se utilizan con consistencias de 0.4 a 0.8%, eliminan impurezas metálicas, arena, partículas grandes de tinta, y contaminantes pequeños. Se utilizan en dispositivos en multietapa después de los limpiadores a baja presión. Los limpiadores con baja caída de presión se aplican con caídas de presión de 48 a 138 kPa(7 a 20 libras por pulgada cuadrada) y una consistencia de 0.8 a 5.0% por lo general, se encuentran instalados en etapa sencilla seguida por la depuración y a continuación por los limpiadores con alta caída de presión. Los limpiadores con baja caída de presión eliminan los contaminantes con diámetro de 0.42cm(1/16 pulg.) o mayor.

Más adelante en el proceso pueden utilizarse limpiadores tales como el celleco y el Tri-clean de purga por el núcleo; para eliminar materiales con peso específico muy bajo, tales como las partículas de plástico, los productos fundidos calientes, y cintas metálicas. Estos aparatos funcionan con consistencia de 0.7% o más baja.

1.8.3 Etapa de depuración en el proceso de destintado.

Después de la limpieza centrífuga se depura el material antes de lavarlo. Para ello se utilizan depuradores a presión con pequeños agujeros o ranuras. Cuando se requiere el máximo de limpieza, las cribas a presión se utilizan en serie,

siendo en este caso menor las perforaciones o las ranuras en la criba secundaria que en la anterior.

La depuración primaria puede llevarse a cabo con consistencias que van del 0.3 al 4.5% según sea el tamaño de las perforaciones o ranuras. Casi toda la depuración primaria se realiza con consistencias de 0.1 a 1.5%. existen muchos tipos de depuradores a presión; la mayoría operan con presiones de entrada de 138 a 275kPa(20 a 40 psi) y un tamaño de ranura de 0.036 cm(0.014 pulg.). el flujo de rechazo de los depuradores primarios deberá diluirse y volverse a depurar para aumentar el rendimiento. La depuración fina se realiza mediante depuradores vibratorios giratorios que funcionan con una frecuencia alta, mientras que el cilindro se encuentra parcialmente sumergido en el material. Estos depuradores tienen ranuras que van desde 0.010 a 0.020 cm. (0.04 a 0.08 de pulgada) de ancho. En general, la consistencia es de 0.8 a 1.0%. Los rechazos se eliminan como basura, o bien se pasan a otro depurador para residuos, el material aceptado por las pantallas de depurador primario y secundario se combina y se pasa a los lavadores.

1.8.4 Etapa de lavado en el proceso de destintado.

Después de limpiar y depurar el material éste debe lavarse para eliminar las tintas dispersadas, la arcilla y los productos químicos. El tipo de lavado depende de la preferencia individual, la disponibilidad de agua, el sistema de manejo de los líquidos efluentes, y las limitaciones determinadas por la inversión inicial. Existen cinco tipos diferentes para el lavado:

1. Lavador Lancaster.
2. Lavador Sidehill.
3. Lavador con hélice inclinada.
4. Lavador a vacío.
5. Filtro de disco tipo americano.

Lavador Lancaster. En este método, un cilindro giratorio cubierto con malla de alambre(20/20, 40/40, 40/60, según sea el papel de desecho) está parcialmente sumergido en el material diluido, formándose una maraña en la superficie del cilindro

a consecuencia de la presión diferencial controlada. El agua, la tinta y la arcilla. Fluyen desde el exterior hacia el centro, y se descargan por las puntas del cilindro. La presión diferencial se controla mediante esclusas ajustables situadas en las cámaras de descarga.

Se le considera el mejor método para lavar, porque la maraña es delgada, lo que permite que el agua fluya libremente hacia el centro del cilindro. Se aplica un rodillo para ayudar a eliminar el agua; dicho rodillo al aplicar presión elimina el agua, la que se combina con la que ha sido purgada en forma natural. La acción de presión elimina agua hasta dar a la maraña una consistencia del 8 al 10%. El material pasa de la cara del cilindro al rodillo de contacto cubierto con goma, del que un dispositivo recubierto con metal o plástico adecuado elimina la maraña del rodillo de contacto.

Los lavadores Lancaster son costosos y requieren mucho espacio. Su capacidad es baja; aproximadamente de 0.02 a 0.034 litros/cm² (5 a 9 gal./ pie²) de área del cilindro son los tamaños que pueden lograrse. La velocidad que pueden lograrse. La velocidad de drenado se controla mediante la temperatura del material, la criba de alambre, la libertad del producto y la diferencia de presión. Un Lancaster con diámetro de 594cm.(60pulg.) manejará 0.14t/cm(0.36t/pulg.) de frente; por tanto, un aparato de 152 por 594cm(60 por 234 pulg.) de frente manejará 0.14t/cm(0.36t/pulg.) de frente; por tanto, un aparato de 152 por 594 cm(60 por 234 pulg.) de frente manejará 85 toneladas de pulpa. Dos o más Lancaster en serie, con cámaras para desbaratar la pulpa situada entre ellos, podrán utilizarse para el lavado múltiple. Las pérdidas se encuentran en el margen del 8% en la primera etapa y del 6% en la segunda etapa.

Lavador Sidehill. El lavador sidehill o de deslizamiento, considerado por muchos como un burdo de lavador, realiza un buen trabajo. La pulpa, con consistencia de 0.6 a 1.0%, entra por la cámara alta situada arriba del lavador, y la velocidad se disminuye mediante un vertedero, para a continuación enviar el sobreflujo hacia la superficie inclinada de la malla de alambre, la que forma un ángulo de 38°. El agua se purga a través de los alambres, en tanto que el material

se desliza por la superficie inclinada o cae por la superficie inclinada. El agua se recoge en un compartimiento situado bajo los alambres, compartimiento que se extiende hacia la parte baja del lavador. A medida que las fibras caen por los alambres inclinados, se exponen constantemente nuevas zonas con el fin de eliminar el agua. La criba de alambre es habitualmente de 58 X80 ó de 58 X 100 y en raros casos de 60 X 60. La pulpa se recibe con consistencia del 3 al 7% en una cámara de descarga situada en la parte superior baja del lavador.

El lavador Sidehill se caracteriza por su bajo costo inicial, su bajo costo de operación y su reducido costo de mantenimiento. La libertad del material tiene poco efecto en cuanto a la operación, en comparación con los lavadores tipo maraña. Los lavadores Sidehill se hacen habitualmente con largo de 3.65 metros (12 pies) y ancho de 9.14 metros (30 pies). Un lavador de este tipo manejará 100 toneladas de material, ó 0.11 t/cm (0.28 t/pulg.) de frente. Los lavadores Sidehill tienen pérdidas que pueden ser del 10% en la primera etapa y del 4% en la segunda etapa, dependiendo esto naturalmente del tipo de material que se esté lavando.

Lavador de Hélice inclinada. El lavador de hélice inclinada está formada por una sección de entrada que suministra el material a varias hélices inclinadas alojadas en un recipiente común o cilindro perforado con agujeros de 0.157 cm (0.062 pulg.) de diámetro, a medida que gira la hélice, el material se empuja hacia arriba, purgándose el agua por las perforaciones del cilindro, y enviándole el material espesado a una salida separada de descarga que se encuentra en un punto opuesto

a la sección de entrada. La hélice puede tener brochas de nylon en sus rebordes impulsores, con el fin de mantener limpios los agujeros perforados o, en algunos modelos, este efecto se logra si se mantiene una separación mecánica muy reducida. La hélice lleva hacia arriba el material que se espesa hasta un punto en que detiene la trayectoria. A partir de este punto y hasta la salida de descarga es únicamente la presión del producto que sube la que empuja el tapón de material espesado hacia la salida. Cuando el tapón de material sale del cilindro perforado se

cuenta con un brazo especial rompedor, sujeto al eje de la hélice, el que rompe el tapón y lo hace caer por la abertura de descarga. Los espesadores de hélice inclinada se construyen en diámetro de 22.8 cm(9pulgadas) y de 40.6 cm(16 pulgadas) de diámetro. La capacidad del aparato de 22.8 cm (9 pulg.) es nominalmente de 20 toneladas, y la consistencia del producto que sale varía del 16 al 25%. Este método de lavado no logra la eficiencia de los Lancaster o Sidehill, porque las partículas de tinta quedan atrapadas en la maraña de material con grueso de 7.6cm(3 pulg) y no se pueden expulsar con el líquido.

Lavador al vacío. Se utilizan para la operación continua, y tienen alta capacidad productiva. Se sumerge un tambor en la suspensión de pulpa, aplicando vacío a la parte sumergida, haciendo que las fibras se depositen en la superficie exterior mientras el tambor gira. El tambor está dividido en compartimientos conectados a una válvula giratoria. Se aplica en vacío mediante esta válvula para eliminar la salida de la tinta, arcilla y agua. Pueden conectarse varios compartimientos hacia la salida de vacío con el fin de formar una maraña cada vez mas gruesa. Cuando el compartimiento sale de la zona de vacío se permite que el aire entre para ayudar a retirar el material.

Pueden utilizarse rociadores de agua sobre la superficie del tambor, para mejorar el lavado. La consistencia de descarga puede ser del 12 al 17%. El lavador de tambor realiza un trabajo razonablemente bueno, pero debido al grueso de la maraña de fibras quedan atrapadas parte de la tinta y de las partículas de arcilla. La pérdida en fibra es muy baja.

Lavador tipo disco. En general el lavador de disco, opera con el mismo principio que el tambor cilíndrico al vacío. La zona de lavado se dispone en disco en lugar de hacerlo en forma de tambor. Cada uno de los discos puede eliminar independientemente, sin perturbar a los restantes discos, y cada uno de ellos se puede operar como un lavado independiente. El disco tiene ocho o más segmentos al vacío a medida que por ellos pasa la suspensión, formándose así una maraña pesada en cada lado de la superficie de lavado. Conforme los segmentos pasan por

la última salida al vacío, se introduce aire hacia el centro del segmento, se aplican chorros de agua para soltar la maraña de material y retirarla de la superficie del disco. Este chorro de agua también limpia la superficie del disco. Este chorro de agua también limpia la superficie de alambre o de tejido.

El lavado de disco tiene alta capacidad en cuanto a la eliminación del agua, lo que va desde 0.008 a 0.020 Litros/cm² (2 a 5.0 gal/pie²) de superficie. Tiene la misma desventaja que el lavador de tambor al vacío, ya que la pesada maraña actúa como filtro para retener la tinta y las partículas de arcilla.

1.8.5 Sistema de destintado y lavado por flotación.

Consiste en:

1. celda o tanque.
2. Agitador de alta velocidad.
3. Rebosador para eliminar la espuma,
4. Pala mecánica para suprimir el batido.
5. Tubería de descarga para pasar el material hasta la celda siguiente en la línea de flotación.

El agitador a alta velocidad produce un vacío parcial, el que a su vez obliga al aire a entrar en el sistema y mezclarse con la pulpa y los agentes flotadores, formando así pequeñas burbujas de aire. Se utilizan productos químicos para crear un ambiente adecuado para la atracción de las partículas de tinta y los pigmentos hacia las burbujas de aire, las que se generan en la parte baja de la celda y van hacia arriba a través de la suspensión, para convertirse en espuma al llegar a la superficie.

Como la flotación de la espuma depende de una diferencia en las características superficiales, más bien que en la densidad de los materiales que se separarán, se puede utilizar con muchos materiales sin importar su densidad respectiva. A medida que las burbujas de aire cargadas de tinta llegan a la superficie, pasan a una cámara separada mediante una paleta giratoria de dos brazos que logra la eliminación de un volumen uniforme de espuma en cada una de sus revoluciones. La espuma se retira de las celdas primarias y se pasa mediante la bomba a las celdas secundarias, donde la tinta sigue concentrándose. Las fibras pasan por las

unidades secundarias y vuelven a las celdas primarias. La espuma eliminada en la celda secundaria pasa a una centrífuga hasta lograr una masa semiseca, y a continuación se elimina. El agua procedente de la centrífuga pasa al sistema efluente. No obstante que la tinta flota con mayor facilidad que las fibras, es necesario pasar la pulpa a lo largo de celdas en serie con el fin de eliminar la totalidad de la tinta. La espuma de estas celdas primarias debe pasar por varias celdas secundarias para recuperar la fibra.

La flotación es considerada el mejor sistema para recuperar papeles de periódico y de revistas, porque todas las fibras y rellenos pasan por la celda y solamente se elimina la tinta. El rendimiento es mayor que el que se obtiene mediante el lavado, pero hay ciertas desventajas. El tiempo de retención requerido en una celda de flotación se encuentra dentro del margen de 13 a 15 minutos. La consistencia es usualmente del 0.8%, lo que significa que después de la flotación se requiere un espesado. Se ha indicado, que para obtener mejores resultados se requiere tanto la flotación como el lavado. En el caso de los papeles finos, la flotación ayuda a mejorar la blancura.

Pero el lavado es esencialmente en cuanto a la calidad de la pulpa y la eliminación de la arcilla. La flotación elimina las manchas demasiado pequeñas para suprimirlas mediante el cernido, y demasiado grandes para que las elimine el lavado. En el caso de los periódicos, el lavado es esencial para obtener una resistencia elevada y lograr un aumento en libertad.

El sistema de flotación-lavado es más eficiente cuando se aplica al papel de periódico o al papel con mucha madera molida, pero también puede aplicarse a los papeles de pulpa química para contabilidad, con una eficiencia un poco menor.

Los productos químicos utilizados para el papel periódico o para el papel con mucha madera molida son:

1. 2% de peróxido de sodio.
2. 4 a 5% de silicato de sodio.
3. 0.1 a 0.3% de espumador(Trilon BASF).
4. 0.05 a 0.25% de espumador (Decolrt R).
5. 0.3 a 0.8% de Decolor S o Biancal Collector .

Todos con un pH de 9.5.

Los productos químicos utilizados para los papeles químicos son:

5% de peróxido de sodio y 0.8% de hidróxido de sodio en la etapa de desfibrado.

Más la adición en las celdas de flotación del 3 al 5% de jabón de ácidos grasos, y 1% de cloruro de calcio. El agua caliente y los productos químicos para dispersar, para la flotación, y para el blanqueo, se agregan al desbaratador antes que el papel de desecho. Esta secuencia es importante porque si se envía al desbaratador el papel primero, antes de haber añadido los productos químicos, alguna parte de las tintas de impresión puede resultar batida en la fibra, lo que hará que no pueda flotar y por ello sea imposible eliminarlos. La fórmula necesita ser exacta, porque debe mantenerse determinada alcalinidad para las etapas posteriores del proceso. El material hecho pulpa se deja caer a un recipiente con capacidad bastante para dos lotes, se le limpia a alta densidad y se le predesfibra.

Esto tiende a separar las láminas, las revistas pegadas con látex, los papeles resistentes a la humedad, así como cualesquiera fibras adheridas a los sujetadores o ganchos metálicos. Un segundo limpiador de alta densidad elimina el metal. Una criba vibratoria elimina contaminantes tales como plásticos, partículas de látex y materiales con bajo peso específico. A continuación se desfibra completamente el material y se almacena en un recipiente hasta que se agote cualquier blanqueador agragado. Un almacenaje de más de 2 horas oscurecerá el material, porque las partículas de tinta volverán a depositarse en las fibras o producirán coágulos de tinta difíciles de eliminar. Pueden también usarse los limpiadores a baja densidad, algunos de ellos con purga en el núcleo, para eliminar todos los contaminantes pequeños. El material se envía con bombas a la caja de distribución, con consistencia regulada al 0.8-1.2% según sea la cantidad deseada, enviándole a continuación el material medido hacia el sistema de flotación. Para la flotación se requiere un flujo y una consistencia constantes.

Las burbujas de aire producidas en la celda de flotación se estabilizan con los productos químicos espumantes mediante una disminución en la tensión superficial del agua. A pesar que los pigmentos son más pesados que el agua, se mantienen suspendidos por razón de su pequeño tamaño y de sus propiedades hidrofóbicas. El

colector químico une las partículas de tinta a las burbujas de aire de manera que puedan flotar hacia la superficie y formar una capa de espuma que se envía hacia el espumador para su eliminación. La cantidad y tipo de espumante y de los productos químicos colectores se aplican para lograr la flotación deseada. Si no se emplea la relación exacta requerida, la manera en que se realiza el trabajo resultará muy afectada. El material flotando se cierne a continuación por perforaciones de 0.16 a 0.20 cm (0.062 a 0.079 de pulgada) de diámetro, seguido por el cernido mediante ranuras de 0.010 a 0.018 de pulgada, y a continuación se espesa. En la figura 14, se ilustra en diagrama de flujo completo de un sistema de destintado por flotación y de lavado. Horacek ha señalado que las partículas dispersadas de tinta en el margen de 8 a 10 μm pueden eliminarse por lavado en prensa con elevada consistencia (hasta del 35%), lo que reduce el flujo requerido para procesar y/o tratar.

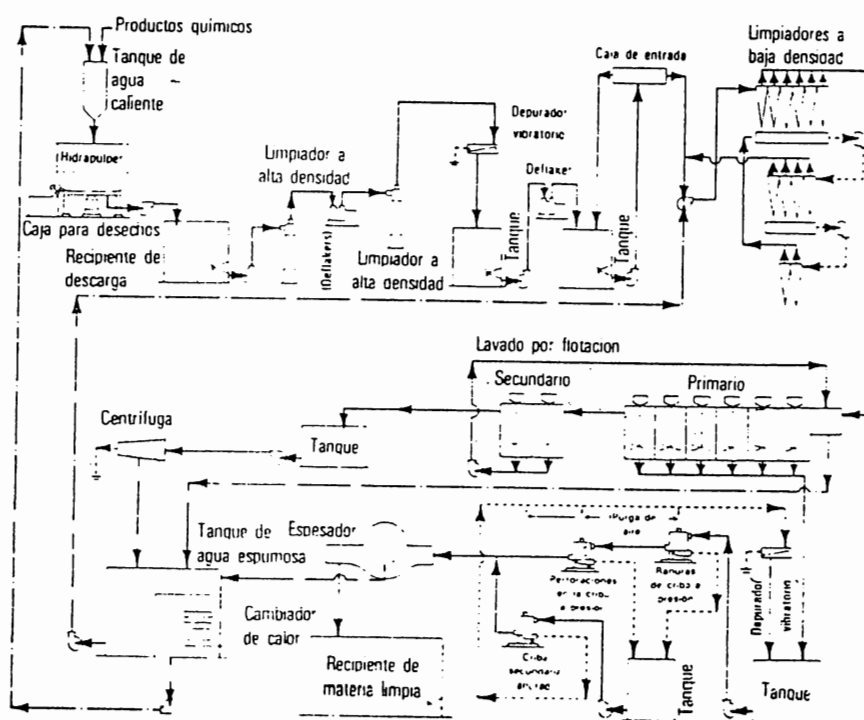


Figura 1.14

1.8.6 Contracción del papel de desecho en el destintado.

La contracción, que es la razón entre la pérdida total y el total del material, es un factor económico importante al destintar el papel de desecho. Entre los factores que afectan la contracción figuran la composición del papel de desecho, las pérdidas

ocasionadas por el tratamiento mecánico, y las pérdidas debidas al tratamiento químico. La contracción al lavar varía desde el 8 al 10% para el material de papeles de contabilidad y hasta el 20 a 35% para el material procedente de libros y revistas. La pérdida total del material al destintar va usualmente del 15 al 40%. El papel para libros con recubrimiento fuerte puede dar, si se utiliza solo, del 40 al 60% de contracción. La pérdida en fibra es relativamente reducida cuando se utiliza papel contabilidad de fibras largas, pero es muy elevada cuando los papeles que se utilizan son procedentes de libros con recubrimiento de pigmento y fibras cortas. Los datos requeridos para calcular la contracción, todos ellos sobre la base de materiales secos, son los siguientes:

1. Peso del papel suministrado, incluyendo los rechazos (A).
2. Peso de los materiales en el agua alimentada al hidrapulper(B).
3. Peso de los productos químicos agregados(C).
4. La pérdida total, incluyendo todos los rechazos clasificados, y la materia soluble e insoluble en el flujo de salida de la planta(D).

El porcentaje de contracción se calcula a continuación mediante la fórmula:

$$D/A+B+C * 100$$

tabla 1.5 indica los rendimientos relativos en pulpa correspondientes a varios grados de papel de desperdicio. El contenido alto en ceniza presente en el papel de desecho tiene una particular importancia por sus efectos en el rendimiento.

Tabla 1.5

Tipo de papel	Ceniza(%)	Rendimiento(%)
Bond	2	90
Contabilidad.	5	85
Offset	12	81
Libro	20	66
Recubierto	25	58
Recubierto	30	50

1.8.7 Blanqueo del material destintado.

El material destintado y bien lavado va, en cuanto a su color, desde una blancura adecuada, banco azulado para el papel de contabilidad, hasta un gris opaco cuando se emplean papeles mezclados. La blancura puede llegar a 60 GE. Como antes se indica, puede utilizarse peróxido en la operación de cocción para mejorar la blancura de la pulpa, particularmente cuando están presentes papeles de madera molida. También puede utilizarse el peróxido como agente blanqueador después de la cocción, aplicando aproximadamente:

1. 3.0% de hidróxido de sodio y 1.25% de peróxido de hidrogeno.
2. 1.5% de hidróxido de sodio y 1.5% de peróxido de sodio.

Si se desea una blancura en el rango de más del 80 al destintar fibras químicas, podrá aplicarse una etapa de blanqueo utilizando hipoclorio. Son tres los sistemas más usuales:

1. Etapa, con hipoclorito de sodio. El material espesado procedente de los lavadores, se desagua con un espesador helicoidal inclinado hasta lograr una consistencia del 20%; se le mezcla con 0.8% de cloro bajo la forma de hipoclorito de sodio, calentándola a 50-60°C y manteniéndola durante un tiempo de retención de 60 minutos. En ocasiones se emplea una cantidad más reducida de cloro, especialmente si el material ya blanqueado se va a utilizar para servilletas a toallas de media calidad.
2. Cloración de hipoclorito. El material espesado hasta una consistencia del 4 al 5% se trata con gas cloro y se envía con bombas hacia lo alto de una torre a una velocidad que proporcione un tiempo de retención de 15 minutos, agregando a continuación al hidróxido de sodio para integrar una etapa al hipoclorito. Se aplica un tiempo de retención de 60 minutos. La desventaja de este sistema radica en la baja consistencia requerida, las pérdidas relativamente elevadas en la etapa de cloro, y bajo grado de efectividad en la etapa de hipoclorito. Normalmente lo mejor que puede lograrse es un aumento de 7 puntos en la blancura.
3. Sistema de blanqueo en tres etapas. Este sistema consiste en el clorado directo en una torre, la extracción alcalina en una torre, el lavado cáustico, y finalmente

una etapa con hipoclorito. El aumento en blancura utilizando este método es habitualmente de 10 a 11 puntos.

A continuación se describe el proceso de blanqueo en el que se agrega el hipoclorito. A la pulpa espesada antes que pase al lavado. Después de la producción de pulpa utilizando métodos químicos, el material es desprovisto de agua hasta lograr una consistencia del 25% y se le calienta en forma simultánea hasta 49-60°C. Los productos químicos eliminados por presión y el agua caliente se almacenan para volver a utilizarlos. Los productos químicos, especialmente el hidróxido de sodio, se consumen sólo aproximadamente en 15% en el proceso de producción de pulpa, y por ello el costo en productos químicos se reduce considerablemente.

El material espesado se mezcla con suficiente licor de blanqueo al hipoclorito, para lograr la blancura deseada después del lavado. El grado de blancura que se obtiene está en relación directa con la cantidad de cloro que se agrega, como se observa en la figura 1.15.

Litro/t	Galón/t	Kg/t
68.13	18	14.54
45.42	12	10.91
35.06	9	7.27
18.92	5	3.64
0	0	0

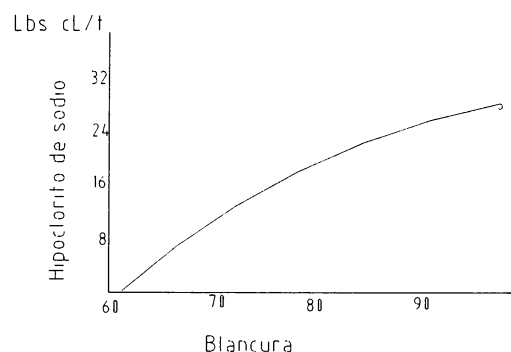


Figura 1.15

En la que se ha relacionado la blancura contra el cloro utilizando con un material destinado formado por papeles químicos. La cantidad de blanqueo y el costo del blanqueo no difieren de esta forma sustancialmente de las correspondiente a un sistema convencional. Aunque no es un método ortodoxo agregar licor de blanqueo inmediatamente después de haber eliminado el agua mientras la sosa, la tinta y los pigmentos están aún presentes, el método ha demostrado tener éxito. Este sistema abreviado se basa en el hecho de que con un pH de 8 la absorción de cloro es

reducida, y la tinta, por ser inerte, no absorbe el cloro. El color que permanece será el mismo que el observado en un sistema convencional.

Aplicado este método puede destintarse y procesarse el papel periódico hasta lograr un buen sustituto de la madera molida. Con este proceso se convierte en pulpa el papel periódico con productos químicos seleccionados y una temperatura de 54°C; se le somete al desfibrado durante 45 minutos, se le pasa al recipiente de almacenamiento, y se le desprovee del agua hasta una consistencia no superior al 20%, se agregan los productos químicos para blanquear, se vuelve a diluir el material en una torre, y a continuación se limpia, se cierne y se lava.

El material destintado y blanqueado tiende a revertirse en su color. La reversión depende de los métodos utilizados en la cocción (siendo peor la sosa cáustica que los demás agentes para destintar), así como de los procedimientos aplicados al blanquear. Un pH elevado al blanquear con hipoclorito reduce la reversión. El empleo de peróxido para la cocción o el blanqueo ayuda también. La aplicación de temperaturas elevadas hasta de 71°C en el blanqueo al hipoclorito ayuda a reducir la reversión.

1.8.8 Propiedades del papel destintado.

La mayoría de los materiales destintados tienden un tono ligeramente grisáceo, debido a la pequeña cantidad de carbono retenido por las fibras. El material hecho con papeles químicos se utiliza en gran parte para los mismos fines que la pulpa a la sosa y, en general, compite con dicha pulpa en cuanto a su precio. Se le utiliza en los papeles de libros y en la materia prima recubierta, en la que mejora la masa, la opacidad, la suavidad, y la formación del papel. La pulpa no requiere batido. En realidad, el batido perjudica, y, por esta razón, el material destintado debe agregarse siempre después del refinado cuando se le utiliza como materia prima mezclada. En general, el contenido final de ceniza del material destintado se encuentra en el margen del 2.5 al 4.0%; incluso un elevado excesivo no reducirá el contenido de ceniza a menos del 1.0%. en general, el pH es de 8.0 a 8.5.

CAPITULO II

2.1 SISTEMA PROPUESTO

El sistema de reciclado que se propone se compone de los siguientes elementos:

1. 2 hidrapulpers(molinos).
2. Tanque de Homogeneización con agitador.
3. Refinador(tamiz).
4. 17 hidrociclones.
5. Tanque de materia prima reciclada.
6. Bombas.

El sistema de transporte y depuración del material es:

1. Banda transportadora.
2. Montacargas.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

El material es recolectado y llevado a la planta de procesamiento y depuración, el proceso de depuración es una parte importante en el reciclado del papel, ya que la mayoría de sistemas emplean una serie de dispositivos de limpieza y depuradoras en el proceso; esto lo realizan por las siguientes razones:

1. El hidrapulper es cargado sin revisar el estado del papel.
2. En algunos casos se realiza una limpieza de material contaminante, pero es muy limitada.
3. En los países desarrollados, la mano de obra especializada es muy cara, y en estos casos resulta más rentable; la adición equipos de limpieza en lugar de personal capacitado.

2.2.1 Banda transportadora.

La banda transportadora está diseñada para que se realice, una depuración de la materia prima; de tal forma, que se utilicen los dispositivos necesarios para obtener la pulpa secundaria ya en el proceso y de una manera rentable.

Se dispondrá de una serie de personas para que realicen una limpieza manual de la materia prima que se transporta, estas personas tendrán una capacitación, la cual proveerá del conocimiento necesario para decidir, clasificar y depurarlos distintos tipos de contaminantes.

Para la eliminación del contaminante se dispondrán de recipientes ubicados a los costados de las personas, además de la banda transportadora, en el proceso de recolección del material, se capacitará al personal de transporte para que reciba en condiciones lo más limpia posible los desechos de papel y distinguir, cuando un papel esta demasiado contaminado o muy viejo para ser llevado a la planta.

Cuando el material ha sido depurado manualmente. Se lleva a almacenaje y pesado del papel.

Se dispondrá de recipientes para el transporte del papel a la bodega, estos recipientes son de forma cúbica, están contruidos de tal forma que la capacidad de estos sea, aproximadamente, media tonelada de papel y sean fácilmente transportados por los montacargas; llevando la materia prima a los hidrapulper, para ser cargados sin ningún problema.

2.2.2 Hidrapulpers

Son en esencia molinos, estos se encargan de formar un líquido de consistencia pastosa el cual es llevado a través de tuberías y se bombea a un tanque de homogeneización, la forma de la hélice que utilizan estos molinos, es para no dañar las fibras durante el mezclado; y el material con que se construye la criba es de acero inoxidable.

En la práctica se establecen las cantidades de sustancias por tonelada métrica de papel, estas son:

- Una tonelada métrica de papel.
- 200 lb. de caolin(proporciona peso, blancura).
- 40 lb. de resina colofonica.
- 250lb. azulantes(químicos que proporciona blancura).
- 50lb. de sulfato de Aluminio(controla el pH [4.5-5]).
- Agua.

- Sosa cáustica(elimina los contaminantes y remueve la tinta del papel).

El tiempo de mezclado en el hidrapulper es de 30 minutos, luego la mezcla se succiona por medio de bombas hacia un tanque de homogeneización.

2.2.3 Tanque de homogeneización.

El propósito de este tanque es, homogeneizar la mezcla. Utilizando una hélice de tipo axial, además de agregar sustancias antibacteriales, el tanque esta construido de acero inoxidable (AISI 304).

2.2.4 Refinador.

El refinador es simplemente una separación mecánica, la cual se realiza con un filtro de forma cilíndrica el cual rota sobre su eje; separando las fibras de los contaminantes.

2.2.5 Hidrociclones.

Este es un sistema de limpieza, cuando el fluido es llevado a estos dispositivos; se encargan de separar las partículas no deseables en la pasta secundaria, por general se utilizan 17 hidrociclones, 10 primarios, 5 secundarios y 2 terciarios. La forma cómo están colocados se le llama en serie, los hidrociclones trabajan de la siguiente forma: cuando el flujo llega a los primarios, se encargan de separar las sustancias contaminantes; el flujo que es aceptado pasa al tanque 2 ya como materia limpia. Y el flujo que es rechazado se deposita en una canaleta, de donde una bomba succiona la sustancia y la envía como flujo entrante a los secundarios. La materia que es aceptada se manda al tanque 1 y la que rechazada se deposita en una canaleta, y se bombea hacia los terciarios estos realizan la ultima depuración; la materia que es aceptada se envía por tuberías al tanque 1, y la materia que es rechazada se deposita como basura.

2.2.6 Tanque de Almacenaje.

Finalmente la fibra secundaria es llevada a un tanque de almacenaje, como materia limpia para ser utilizada; la producción de la planta es de 4 toneladas de fibra por hora. 

2.3 DISEÑO DE BANDA TRANSPORTADORA

2.3.1 Componentes:

1. Banda: parte donde hace contacto el material a transportar, sufre el desgaste y soporta el material.
2. Rodillos: soportan la faja en movimiento y el material a transportar.
3. Poleas: las cuales soportan energizan y controlan la tensión de la faja.
4. Sistema motriz: el cual imparte movimiento a una o más poleas para mover la faja y el material a manejar.
5. Estructura: la cual soporta y mantiene alineados los rodillos, poleas y sistema motriz.

2.3.2 Factores que se deben tomar en cuenta para el diseño:

1. Material a ser manejado.
2. Densidad.
3. Máximo tamaño de terrón y proporción de terrones finos.
4. Condiciones del material: seco, húmedo, abrasivo.
5. Si es tóxico.
6. Frágil, blando o duro.
7. Si forma terrones al apilarse.
8. Temperatura del material

2.3.3 Material a manejar

Desechos de papel y cartón

Características del material

Densidad del papel

La densidad del papel se define como: Gramaje/calibre(μ)

El gramaje es el peso del papel por unidad de área, en el sistema internacional es: Gramos/M²

En el sistema ingles se define: libras/ resma

El calibre se define como la distancia perpendicular entre dos superficies paralelas, planas y circulares con un diámetro aproximado de 16mm.

Según la tabla 7 se tienen los valores de calibre y gramaje del material:

Tabla 2.1

TIPO DE PAPEL	GRAMAJ E	CALIBRE(μ M)
Papel mezclado: Papel bond, papel de revistas, papel de libros, cartulina, kraf gris	50 a 115	65 a 150
Papel periódico	120 a 195	230 a 635

Fuente:Pulpa y papel, James P. Casey

Por lo tanto la densidad para el papel mezclado será:

48 Lb/pie³

la densidad del papel periódico será:

21Lb/pie³

Las características del papel que se tendrán durante la transportación son:

1. No es material tóxico.
2. No es abrasivo.
3. No es corrosivo.
4. No contiene polvos o sustancias explosivas.

2.3.4 Capacidad del Sistema.

El sistema manejará materiales a granel, y tendrá una capacidad de 8 toneladas métricas por hora.

2.3.5 Sección y Velocidad del Transportador.

Sección: es el conjunto formado por el tipo de rodillo, el ángulo de inclinación, el ancho de la banda, los rodillos de retorno y el espesor de la banda.

Ángulo de inclinación: al cual puede trabajar el transportador. Este ángulo está determinado por la fricción que existe entre el material que se maneja y la superficie de la banda

El ángulo de inclinación será igual a cero, porque la banda trabajará horizontalmente.

2.3.6 Clasificación del Material y Tipo de Carga.

Tomando como base la distribución del tamaño de los distintos papeles se determina que el material es de tipo No Clasificado, lo que significa una mezcla del material de distintos tamaños.

El tipo de carga sobre la banda es un resultado de la consideración del tamaño del material, ángulo de reposo, ángulo de sobrecarga, es decir la forma que lleva el material sobre la banda.

Generalmente la clasificación de la carga se representa por las letras A, B, y C(ver tabla 2.2).

La clase de carga A, representa a un material muy libre para fluir con un ángulo de reposo menor de 30° y con un ángulo de sobre carga hasta de 5 grados.

La clase de carga B, representa un material con fluidez intermedia y que mantiene un ángulo de reposo de 30 a 35° y un ángulo de sobre carga hasta de 20° (figura 2.1).



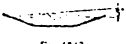
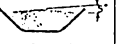
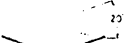
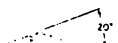
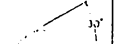
a) Banda acanalada; b) banda plana. (Uniroyal, Inc.)

Figura 2.1

La clase de carga C, representa un material que mantiene un ángulo de reposo arriba de los 40° o puede formar pacas, y un ángulo de sobrecarga hasta de 30 grados.

En nuestro caso se representa la condición C.

Tabla 2.2

Maximum belt width in inches	Belt angle in degrees	Comparative cross-sectional areas			Material characteristics	Typical materials
		22 degree trough	45 degree trough	Flat belt		
A	5 degrees	 Fig. 4842	 Fig. 4842		Very free-flowing, having angle of repose of less than 30 degrees Semi-fluid or flat slump	Whole grain, whole beans, whole seeds, dry siliceous sand, cement, fly ash, mica flakes or wet concrete
B	20 degrees	 Fig. 4843	 Fig. 4843	 Fig. 4843	Maintains angle of repose between 30 and 35 degrees Largest lumps permitted by width of belt as shown in Table 6, page 146	Coal, shales, iron, gravel, earth, stone, ore, rock, lump iron, limestone, coarse sand and cracked granite
C	30 degrees	 Fig. 4844	 Fig. 4844	 Fig. 4844	Maintains angle of repose over 40 degrees Sluggish, fibrous, stringy, shredded, or flakes that cling together	Same as for loading Class B Wet clay, lime, shavings, bagasse, undried cotton seed, green malt, hay, shredded cane, shredded rubber, damp dirt and tempered foundry sand

2.3.7 Determinación del Ancho Mínimo de la Banda.

Según la tabla 2.3 para una designación de material No Clasificado y para una clase de carga de tipo C, el mínimo de ancho de la faja es de:

Tabla 2.3

ANCHURA DE BANDA	24PULG.	30PULG.
MATERIAL NO CLASIFICADO	8 PULG	10 PULG.

Fuente: Manual del Ingeniero mecánico.

2.3.8 Determinación de la Velocidad Máxima Recomendada.

La tabla 2.4, establece la velocidad máxima recomendada, es de 700 pies/minutos, según el ancho de la banda y el material a transportar; pero como el propósito de la banda es de clasificación y depuración de material contaminante la velocidad será de 60 pies/minuto(velocidad de trabajo de la banda).

Tabla 2.4

	VELOCIDAD MÁXIMA SUGERIDA, PIES/MINUTO	
	Ancho de banda(pulgadas)	
Material: astillas de madera, pulpa de papel, papel.	24	30
	600	700

Fuente: LINK BELT

2.3.9 Selección de los Rodillos

Son los que soportan el lado de la banda que lleva el material, pueden ser de un solo rodillo o de discos de hule; según sean las condiciones de trabajo.

Para escoger los rodillos CEMA ofrece el siguiente método:

Según la tabla 11, el tipo de servicio se determina el factor A, y según la densidad del material y el tipo de carga se determina el factor B.

Tabla 2.5

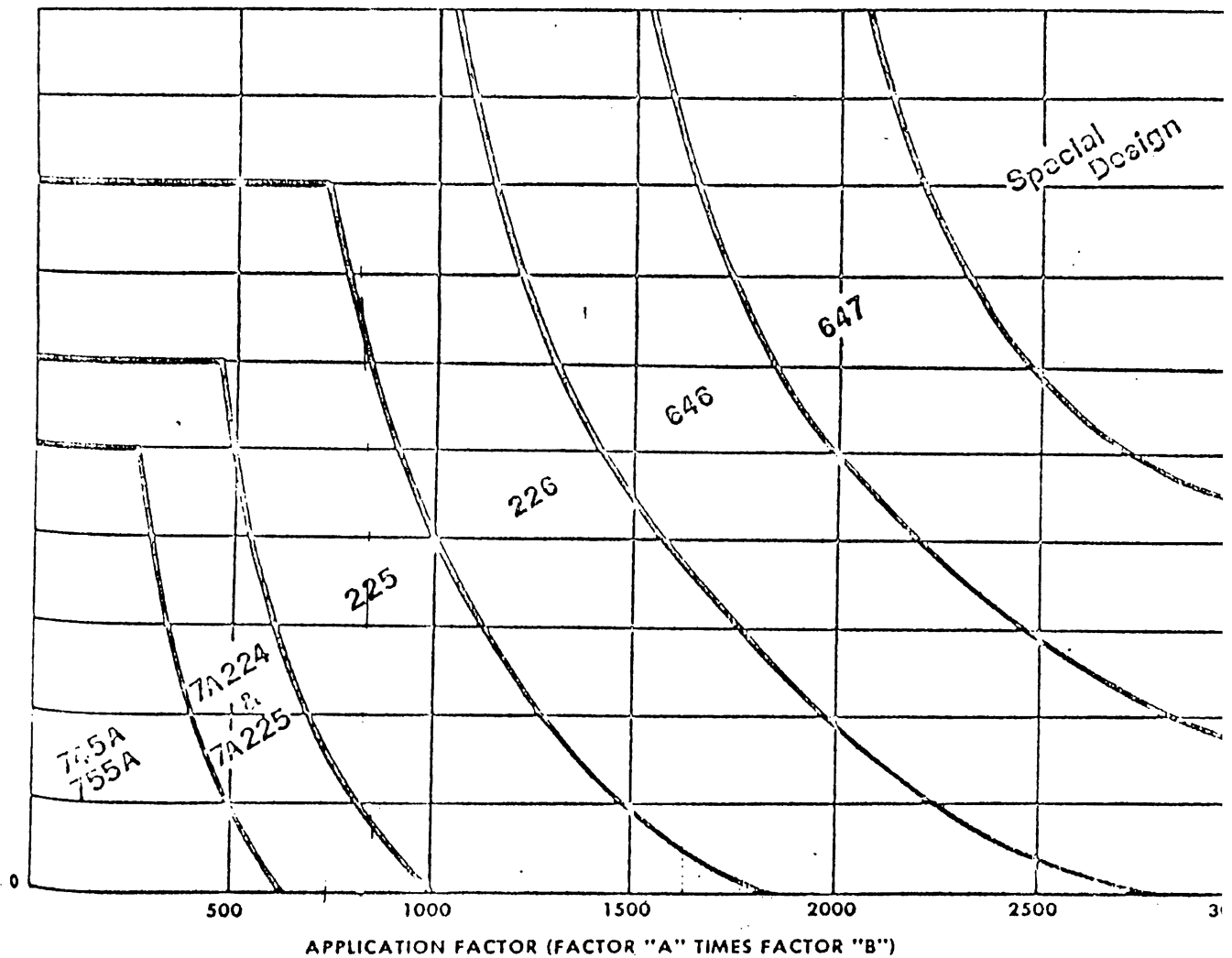
Tipo de servicio	Factor
Operación de 6 a 9 horas, material no clasificado	Factor A 15
Densidad del material 50Lbs/pies ³	Factor B 48

Fuente: LINK BELT

Con los factores A×B, se tiene 15 ×48= 720.

Con la velocidad de 60 pies/minuto y 720, interceptando los valores en la gráfica 2 da como resultado la serie 7A225 Stephen Adamson. Las especificaciones de estos rodillos son:

5 pulg. De diámetro, eje de ¾ pulg. Con baleros de cilindros como soportes y disponibles para bandas de 18 a 60 pulg.



Gráfica 2.1

Para los rodillos de retorno, se sigue un procedimiento muy parecido, con la diferencia que el factor de aplicación se halla multiplicando el factor A y el peso por unidad de longitud de la banda(ver tabla6).

Una banda de 30pulg. Llevando material de 21 a 48 lbs/pie³, pesa aproximadamente 5.3 lbs/pie.

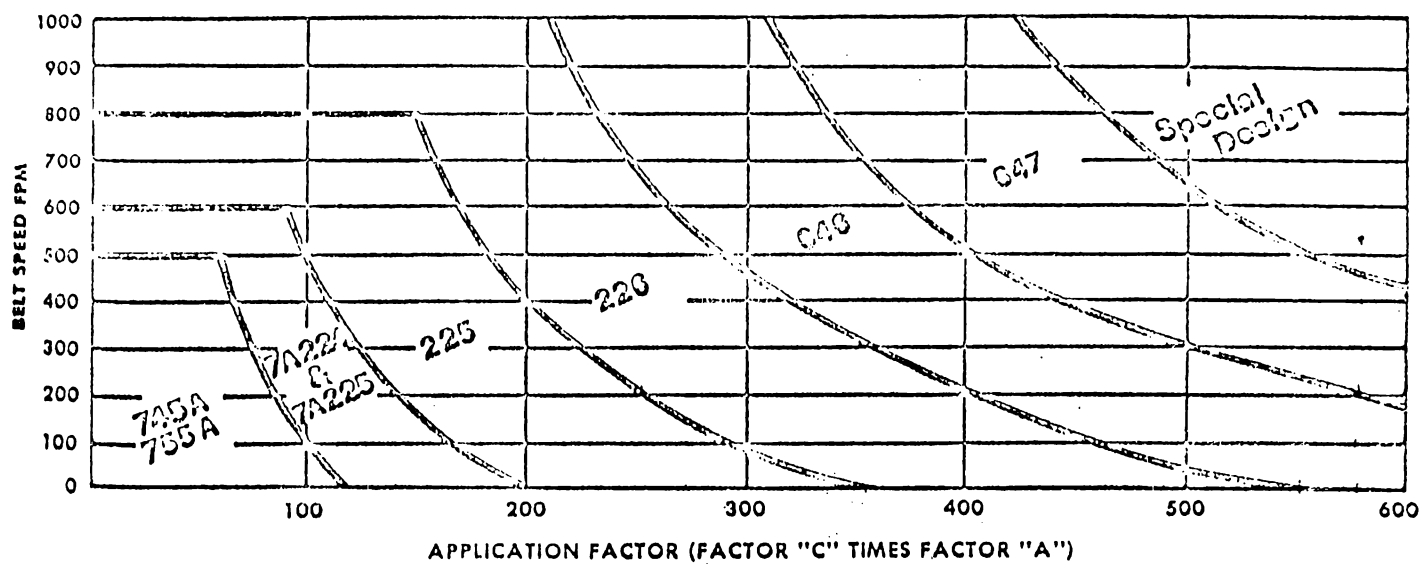
Tabla2.6

Ancho de banda Pulgadas	Peso del material a llevar
	30 a 40 (densidad)
	Liviano
30	5.3

$$\text{Factor de aplicación} = A \times W = 15 \times 5.3 = 79.5$$

Interceptando este factor con la velocidad en la gráfica 3, se tiene que la serie 755^a.

Gráfica 2.2



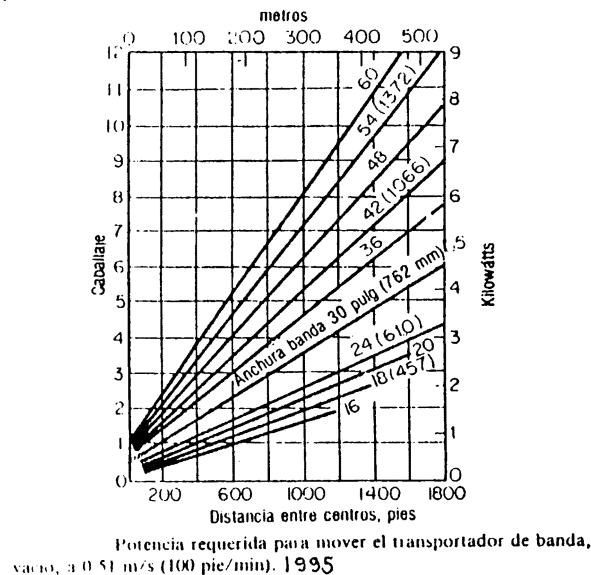
2.3.10 Potencia del Sistema

La potencia requerida para impulsar el transportador es la suma de las potencias necesarias para:

1. Mover la banda vacía.
2. Mover la carga en sentido horizontal.
3. Elevar la carga si el transportador está inclinado hacia arriba.

Si la condición tres es mayor que la suma de 1 y 2, se debe tener un freno automático para sostenerlo si se interrumpe la corriente. Se acostumbra un freno de solenoide.

La potencia requerida para mover la banda vacía se obtiene de la gráfica 2.3.



Gráfica 2.3

Se obtiene aproximadamente 1/2 hp.

La potencia necesaria para mover el transporte con carga en sentido horizontal, se obtiene con la fórmula:

$$HP = 0.04 + 0.00325L$$

Donde:

L = es la distancia entre centros, en pies.

HP = Caballos de fuerza

$$HP = 0.04 + 0.00325(32.8 \text{ pies}) = 0.5$$

HP=1/2.

Como el transportador solamente trabajara horizontalmente, no se toma en cuenta la energía para elevar el material.

La potencia necesaria para mover el material es:

Potencia en vacío + Potencia con carga = $\frac{1}{2}$ HP + $\frac{1}{2}$ HP = 1 HP.

Potencia del sistema = 1 HP.

Tabla 2.7

Especificaciones de la Banda	
Longitud	10 m
Potencia	1hp
Ancho de Banda	30 pulg
Capacidad	8 ton/h

2.4 DISEÑO DEL HIDRAPULPER.

2.4.1 Características de la hélice:

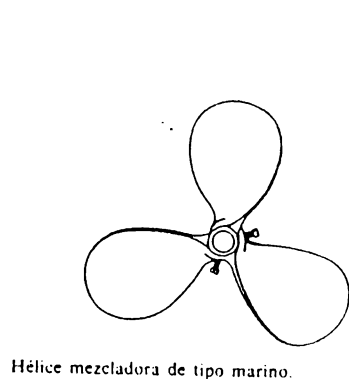
La acción cortante debe de ser mínima para no desgarrar las fibras de papel, el propósito es crear turbulencia para que el papel se desintegre.

2.4.2 Objetivos

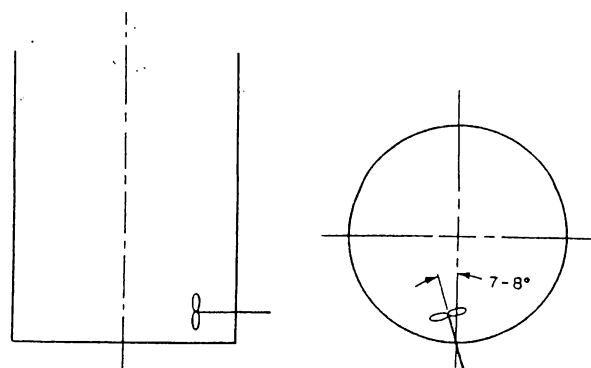
- El proceso de desintegración consiste en producir fibras de pulpa suspendidas en agua; las cuales se puedan bombear en forma continua.
- Separar la fibra individualmente de manera que no se agrupen formando foculos o bolas de pasta.

Las hélices o impulsores pueden dividirse en dos clases: de flujo axial y de flujo radial.

Las hélices de flujo axial incluyen todas las que tienen aspas que forman un ángulo de menos de 90° con el plano de rotación. Las hélices y las ruedas de paleta o turbinas de aspas inclinadas se representan en las figuras 2.2 Y 2.3, este tipo de hélices se utilizaran para los tanques 1 y 2



Hélice mezcladora de tipo marino.

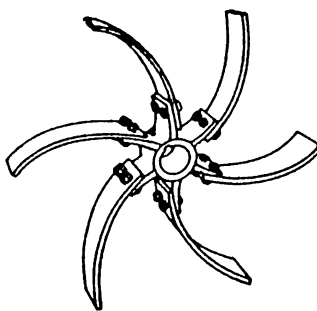


Mezcladora de hélice de entrada lateral.

Figura 2.2

Figura 2.3

Las hélices de flujo radial, tienen aspas paralelas al eje del husillo impulsor, las pequeñas de aspas múltiples se conocen como turbinas; las mayores de velocidades más bajas se conocen como ruedas de paleta. Según el Manual del ingeniero Químico, El diámetro de una turbina se establece entre 0.3 y 0.6 del diámetro del tanque. La forma del propulsor del hidrapulper será de aspas curvas (ver figura 2.4), porque este tipo de aspas curvas ayudan en el arranque de una hélice entre sólidos sedimentados.



Turbina de aspas curvas.

Figura 2.4

Y a la desintegración del papel, ya que se utiliza para velocidades de circulación axial y cuando el consumo de sea mayor que 5 hp. Además es muy eficaz para la inmersión rápida de partículas sólidas en flotación; el sentido de rotación es contrario

a las manecillas del reloj, con esto se logra un patrón de flujo de recirculación de la mezcla como se observa en la figura 2.5.

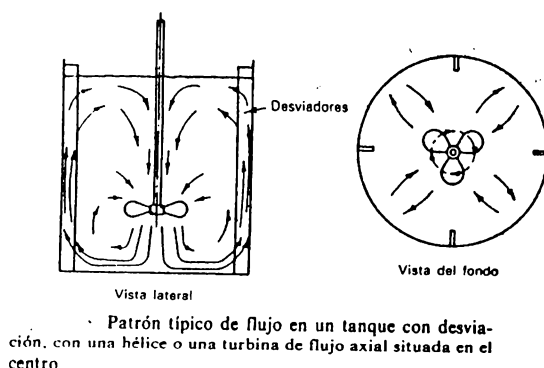


Figura 2.5

2.4.3 Potencia requerida para girar el impulsor de un agitador

Para determinar la potencia que requerirá el hidrapulper es necesario, conocer el número de potencia y el número de reynolds estos se definen así:

Número de potencia (Np): es una variable adimensional, que relaciona la potencia del impulsor; con variables de operación como: la densidad del líquido, la velocidad de rotación del agitador y el diámetro del impulsor. Su ecuación es:

$$N_p = \frac{P}{\rho N^3 D^5} \quad (\text{Ecuación 1})^1$$

Donde:

Np= Número de Potencia(adimensional).

P= potencia del impulsor

N= velocidad de agitación del agitador.

D= diámetro del impulsor.

Número de reynolds(Nre): la turbulencia producto de la agitación se puede cuantificar mediante esta variable adimensional. Este número de Reynolds es similar al que se utiliza en el flujo de fluidos; pero la definición del número de reynolds del impulsor y los valores relacionados con las condiciones turbulentas y laminas son

¹ Manual del Ingeniero Químico, Perry H. Robert.

diferentes a los que se manejan en el flujo de fluidos. El número de Reynolds se define como:

$$N_{re} = D^2 N \rho / \mu \quad (\text{Ecuación 2})^1$$

Donde:

D^2 = diámetro del impulsor.

ρ = densidad de líquido.

μ = viscosidad del líquido

Es necesario establecer un factor de corrección que se debe utilizar cuando se trabaja con unidades inglesas. si el cálculo se realiza en unidades métricas (SI), no es necesario emplearlo. El factor es 10.7 para N_{re} y 1.72 para N_p cuando se obtiene la potencia el resultado se divide entre 1.524×10^{13} para obtener HP.

2.4.4 Definición del problema:

Se tiene un impulsor de turbina radial de 6 alabes con un diámetro de 2mts(78.7pulg), se requiere una velocidad de 80 rev/min. En el impulsor, el cual opera en un líquido con una densidad de 1000 kg/m^3 y una viscosidad de 12000 cP (12 Pa.s) valor establecido en un flujo turbulento.

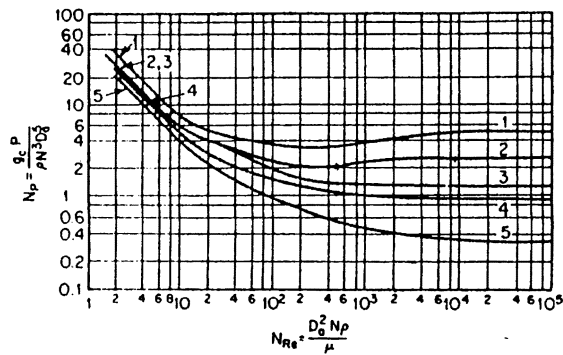
Con: $N_{re} = D^2 N \rho / \mu$ sustituyendo, se tiene:

$$N_{re} = \frac{(2\text{m})^2 \times 1.33 \text{ rev/s} \times 1000 \text{ kg/m}^3}{12 \text{ Pa.s}}$$

$$N_{re} = 443.3$$

Con este valor, y utilizando la gráfica para una turbina de 6 aspas le corresponde la curva 2. se tiene un Número de potencia(N_p) de 2, además muestra una relación $W_i/Da = 1/8$ que se utiliza para conocer el ancho de la hélice, como Da = diámetro de la hélice y es igual a 2m. Entonces el ancho es 25cm.

Gráfica 2.4



Correlaciones de potencia de las hélices: curva 1, turbina de seis aspas, $D_a/W_i = 5$, con seis aspas y cuatro desviadores, cada uno de $D_T/12$; curva 2, turbina abierta de aspas verticales, $D_a/W_i = 8$, cuatro desviadores, cada uno con $D_T/12$; curva 3: turbina de aspas inclinadas a 45° , $D_a/W_i = 8$, cuatro desviadores, con $D_T/12$; curva 4, hélice, inclinación igual que $2D_a$, cuatro desviadores, cada uno de $0.1 D_T$, también la misma hélice en posición angular y excéntrica, sin desviadores; curva 5: hélice, inclinación igual a D_a , cuatro desviadores cada uno de $0.1 D_T$, también la misma hélice en posición angular y excéntrica, sin desviadores. Los símbolos se definen en la tabla de nomenclatura, página 19-4. [Curvas 4 y 5 de Rushton Costich, y Everett, *Chem. Eng. Progr.*, 46, 395, 467 (1950), con autorización; curvas 2 y 3 de Bates, Fondy y Corpstein, *Ind. Eng. Chem. Process Design Develop.*, 2, 310 (1963), con autorización del propietario de los derechos de autor, la American Chemical Society.] 1995

Ahora despejando la potencia de la ecuación 1, se tiene:

$$P = 2 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times (1.33 \text{ rev/s})^3 \times (2 \text{ m}) = 150.5 \text{ Kwatt} = 200 \text{ Hp}$$

La potencia necesaria para el equipo será de: 200HP.

La capacidad del Hidrapulper será de 2 toneladas métricas por hora, y las dimensiones serán: diámetro 4m, altura 3.5m y espesor 6 mm (1/4 pulg.). El material con que se construya la cuba será de acero inoxidable austenítico, ya que es el que se recomienda para este tipo de estructuras.

2.4.5 Soldadura.

Se recomienda electrodos según norma DIN 8556 AWS E Kb 19 9 20 ó E 308-15 (BOEHLER FOX AS 2) ó E Ti 19 9 26 ó E 308-16 (BOEHLER FOX AS 2-A).

Recomendación:

- luego de soldar el enfriamiento brusco no es necesario.
- Será necesario utilizar agua suavizada, ya que el cloro presente en el agua podría dañar la estructura de la cuba.

Tabla 2.8

Tipo de aleación		Cmax. 0.05		Cr 18.5		Ni 9.5%						
Normas		AISI				304						
		DIN				X5 CrNi 189						
		MAT No				4301						
Color de identificación				Blanco –negro								
Estado de suministro				Apagado y decapado								
Propiedades mecánicas												
Ensayo por choque sobre probeta entallada Kpm/cm²	Ensayo Erichsen de estampa do en chapa de 1 mm	Límite de fluencia ensayad a en probeta caliente Kp/mm²				Dureza (Brinell) HB	Limite de fluencia Min Kp/mm²	Resisten cia a la tracción Kp/mm²	Alargami ento(L=5 d) Min%	Contracci ón Min. %		
20	12	1	2	3	4		22	50-70	50	50		
		0	0	0	0							
		0	0	0	0							
		C	C	C	C							
		-	-	-	-							
Valores fisicos												
Peso específico ρ/cm³	Módulo de elasticidad a 20°C Kp/mm²	Resistencia eléctrica a 20°C Ohm.mm²/m		Condúctibilid ad térmica a 20°C Cal/cm.s.°C		Calor específico a 20°C Cal/g.°C		Dilatación térmica				
								1	2	3	4	5
								0	0	0	0	0
								0	0	0		
								0	0	0		
7.8	20300	0.73		0.035		0.12		1	1	1		
								6	7	7		
								8	8	8		

Fuente: ABASTECEDORA INDUSTRIAL

HIDRAPULPER

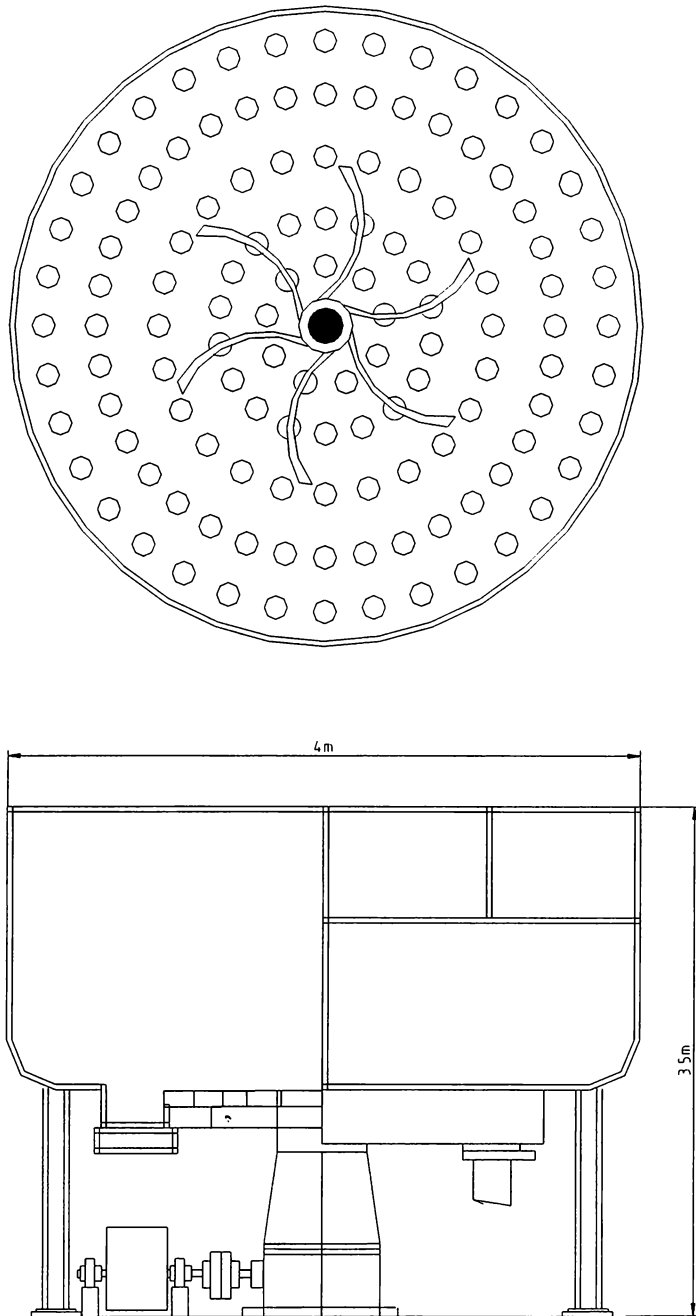


Figura 2.6

Tabla 2.9

Especificaciones del Hidrapulper	
Capacidad	2 ton/h
Dimensiones	
Altura	3.5m
Diámetro	4m
Potencia	200hp
Espesor	4mm
Materia	AISI 304

2.5 EQUIPO DE LIMPIEZA

2.5.1 Filtro de tambor giratorio

Es un filtro que acumula cantidades visibles apreciables de sólidos filtrados en la superficie del medio de filtración.

La alimentación que se va a filtrar contiene por lo común, por lo menos, 1% de sólidos suspendidos y puede llegar a 40% o más. Después de los primeros instantes de la filtración, la mezcla acumulada se convierte en el medio real de filtro y la filtración sigue adelante según las leyes de las mezclas.

El filtro de tambor consiste esencialmente en un tambor cilíndrico(ver figura 2.7) sostenido en un tanque de extremo superior, de tal forma que se permita una rotación del tambor en torno a su propio eje, que se encuentra en un plano horizontal. La posición del tambor en el tanque es de tal índole que su porción inferior queda confinada dentro de las paredes del tanque mientras que la porción superior queda abierta hacia arriba.

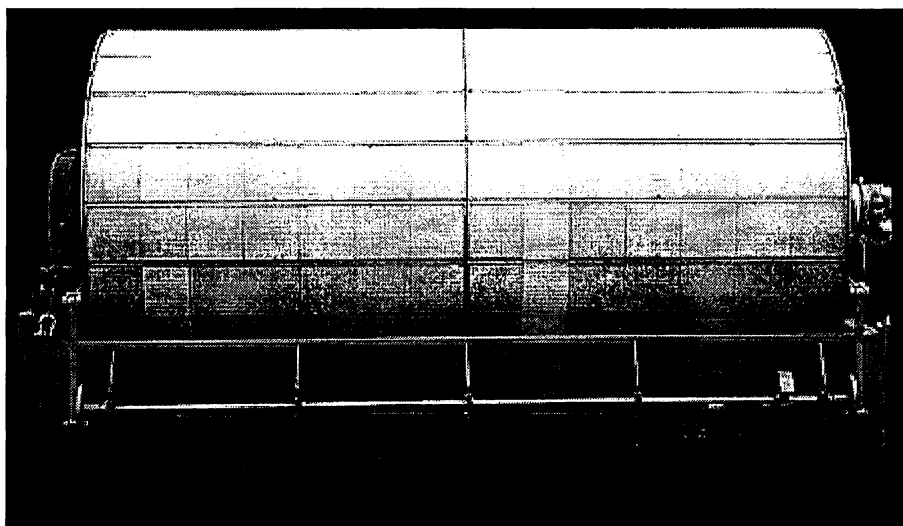


Figura 2.7

La siguiente tabla muestra las especificaciones del tambor giratorio

Tabla 2.10

Tabla de Especificaciones Mecánicas para Filtro de Cachaza De 10' Ø X 20' de Cara					
Filtro de vacío continuo, de cachaza de 10' ø x 20' de cara		SUMERGENCIA DE 10 A 25%		área de filtración : 628 pies cuadrados	
Materiales de fabricación : acero inoxidable 304 y acero al carbón a – 36 motores : eléctrico horizontal marca iem, tccv, 220/440 volts, 60 ciclos trans. Princ. 2 hp, agitador 2 hp.					
REDUCTORES : MARCA FALK		COPLES : MARCA FALK		INVERSOR DE FRECUENCIA 1-10 MIN. X REVOLUCIÓN SUMIMOTO O SIMILAR	
PLACA/LAMINA	ESP	Material	Tuberia	Ø	Mat.
Envolvente tambor	3/16"	Inox. 304	Tambor	1-1/4"	Inox 304
Agitador	3/8"	Inox. 304	Lavado de mezcla	1"	Inox 304
Envolvente tina	3/16"	Inox. 304	Achicamiento	1-1/2"	Inox 304
Componentes principales		Material			
Muñones 40.6 cm (diám)		F.F.,F-40			
Chumacera L/ válvula		F.F.,F-30			
Alojamiento de engranes		F.F.,F-30			
Corona 90 dientes		F.F.,F-40			

2.5.2 Hidrociclones

El propósito de los hidrociclones es: separar los contaminantes de baja gravedad específica, utilizando el principio de la fuerza centrífuga en la sedimentación. Para separar partículas elegidas por su tamaño, forma y densidad.

La forma en que trabajan los hidrociclones es la siguiente:

El fluido que necesita ser limpiado entra al hidrociclón a través de un tubo de entrada tangente a la pared cilíndrica, cerca de la parte superior del hidrociclón(ver figura 2.8).

El patrón de flujo impartido por el fluido entrante. Es el flujo dominante característico del ciclón.

Una cantidad de patrones de flujo menores acompañan el flujo rotacional.

Partículas en el campo de flujo rotacional, experimentan fuerzas centrífugas las cuales son opuestas a una fuerza de atracción. La fuerza centrífuga depende directamente de la velocidad circunferencial y el conocimiento de esto, es vital para predecir el desenvolvimiento del hidrociclón.

La presión de alimentación de entrada, es convertida a energía rotacional y combinando fuerzas de gravedad con fuerzas centrífugas. Causa una separación de sólidos, desde un medio líquido.

Las partículas contaminantes son descargadas desde el regulador B, automáticamente ya sea a una canaleta para una limpieza extra o directamente a la canaleta de desechos.

En la práctica se utilizan 15 hidrociclones, 10 son los que reciben el flujo directamente de la bomba(primarios), y el flujo rechazado se recolecta en una canaleta, por medio de una bomba se lleva este fluido a los 5 hidrociclones restantes(secundarios).

El flujo que es limpiado por los hidrociclones primarios y secundarios se une a una sola tubería la cual llega al tanque 2, que contiene la materia prima reciclada.

HIDROCICLON

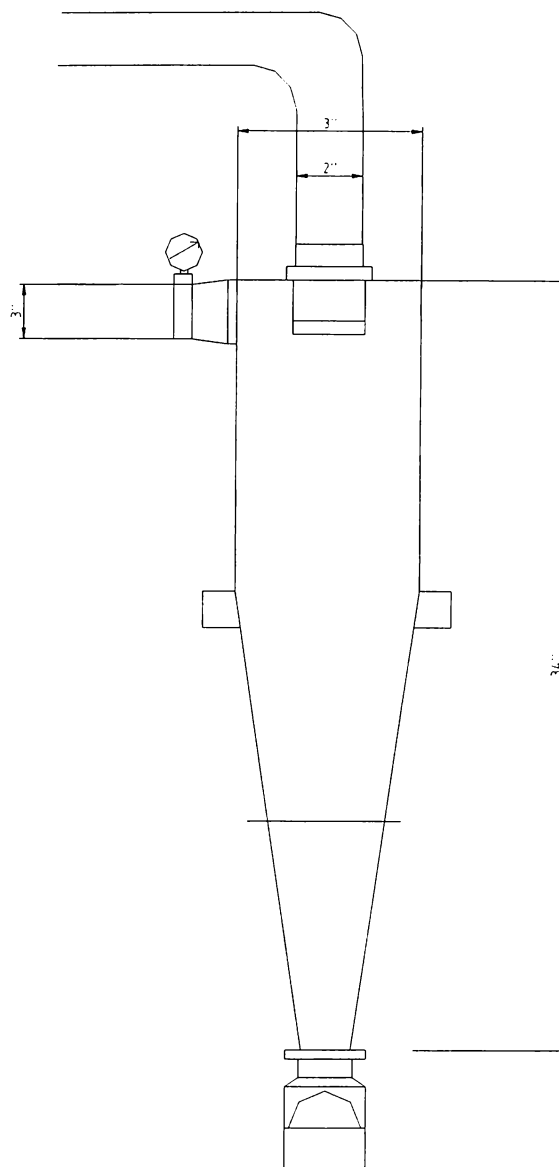


Figura 2.8

DATOS DE DISEÑO	
Dimensiones	
Diámetro de entrada	3pulg.
Diámetro de salida	2pulg.
Longitud del hidrociclón	34pulg.
Angulo del cono	20°

2.6 TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y HOMOGENEIZACIÓN.

El tanque utilizado para el almacenamiento y durante el procesamiento de la materia prima se le conoce como tanque Atmosférico, toma este nombre porque está diseñado para trabajar dentro de más o menos unas cuantas libras por pie cuadrado de diferencia con la presión atmosférica. Pueden estar abiertos o cerrados a la presión atmosférica. Por lo común, se obtiene el costo mínimo con una forma cilíndrica vertical y un fondo relativamente plano al nivel del terreno.

Se han desarrollado una serie de Normas para los tanques atmosféricos, entre estas podemos encontrar las del Instituto Americano del Petróleo(API), y las de la Asociación Americana Para trabajos con Agua(A.W.W.A).

2.6.1 Partes del Tanque

Un tanque se divide en tres partes principales: la base, la cubierta y el techo. Desde el punto de vista del diseño, la cubierta es la parte más importante.

La base del tanque

Las platinas de la base transfieren la presión vertical del líquido directamente en los cimientos.

La parte central de la base consiste placas rectangulares de 6 mm de espesor, estas placas están conectadas unas sobre otras, soldadas en el lado superior solo por una completa de filete(figura 2.9)

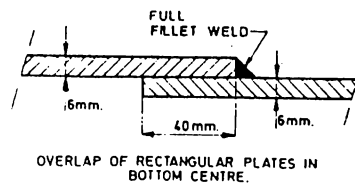


Figura 2.9

Para tanques pequeños(menores o iguales de 12.5m de diámetro) las placas rectangulares también son puestas bajo la cubierta cilíndrica del tanque, para tanques más grandes (mayores de 12.5 diámetro) un anillo es soldado a las placas y puesto debajo de la cubierta cilíndrica del tanque.

El anillo de la base tiene un espesor de 10 a 13 mm y la forma de soldadura esta soldada de tal forma que se obtiene una penetración completa(figura 2.10)

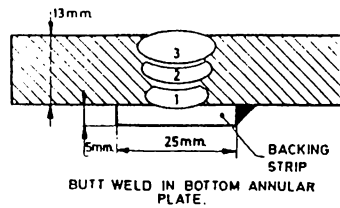


Figura 2.10

Cuando realiza la soldadura de la base del tanque se debe de seleccionar de tal forma, que la contracción debe de ser mínima, la figura 2.11 muestra la forma la base para tanques pequeños y grandes.

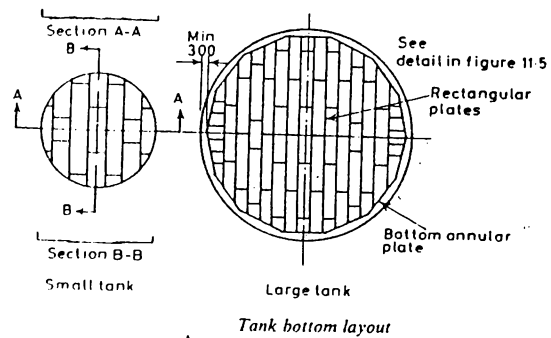


Figura 2.11

2.6.2 Cubierta del tanque

La altura del tanque depende de la presión del fluido en el lugar donde será construido, generalmente varía de 14 a 22 m. En la mayoría de los casos es preferible construir el tanque lo mas alto posible, especialmente para los tanques de techo flotante. Las condiciones del flujo deben de ser revisadas por investigadores especializados, es decir se deben de conocer muy bien para prevenir la sedimentación excesiva

La cubierta del tanque está construida de una serie de patrones usualmente del mismo tamaño, los cuales se van incrementando en espesor según sea la profundidad. Cada patrón tiene una altura de 1.5 a 2 m. Para tanques pequeños y 2 a 2.5m. para los grandes. Cada patrón esta hecho de un número de placas con un largo aproximado de 7.5 m. Para tanques pequeños y de 10m para tanques grandes.

El espesor de la cubierta del tanque se incrementa cada paso que se va profundizando, y el espesor de las placas esta calculado por la presión del líquido en el punto más bajo del patrón envuelto.

El espesor de las placas de la cubierta se calcula con la formula:

$$T = \frac{4.9 \times D \times (H - 0.3)}{S \times E} \quad (\text{Ecuación 3})^2$$

Donde:

T= espesor mínimo en mm;

S= esfuerzo máximo permisible;

E= factor de eficiencia para la soldadura;

D= diámetro nominal del tanque;

H= altura del tanque m

El espesor de las placas se calcula sumiendo que el tanque será llenado completamente con agua, desde que todos los tanques son hidroestaticamente probados después de su construcción. Esto permite al tanque ser llenado con cualquier tipo de fluido, independientemente de la gravedad específica.

Para propósitos de levantamiento el espesor mínimo esta especificado para las placas de la cubierta. Para tanques con un diámetro arriba de 33m el mínimo de espesor es de 6mm, para diámetros entre 30 y 60m es 8 mm y diámetros arriba de 60m es 10mm. Es esfuerzo permisible es tomado como 2/3 del esfuerzo de fluencia garantizado según el acero que este utilizando.

En general se utilizará un factor de eficiencia(E) de 1 pulg. Además se examinará con rallo X, para mantener una buena calidad de la soldadura.

Para el sistema propuesto se necesitaran 2 tanques con las siguientes capacidades:

Tanque de homogeneización capacidad 75 m³, material acero inoxidable 304.

Tanque de almacenamiento capacidad 150 m³, material acero inoxidable 304.

Con la tabla se conocen las dimensiones del tanque:

² Manual de Cálculos del Ing. Químico, Chohey P.

Tabla 2.11

NOMINAL CAPACITIES OF STANDARD VERTICAL CYLINDRICAL TANKS													
Height (m)	Tank diameter (m)												
	3	4	6	8	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30
Nominal capacities (m ³)													
1	7	12	28	50	78	122	176	240	314	397	490	593	706
2	14	25	56	100	157	245	353	481	628	795	981	1 187	1 413
3	21	37	84	150	235	368	530	721	942	1 192	1 472	1 781	2 120
4	28	50	113	201	314	490	706	962	1 256	1 590	1 963	2 375	2 827
5	35	62	141	251	392	613	883	1 202	1 570	1 988	2 454	2 969	3 534
6	42	75	169	301	471	736	1 060	1 443	1 884	2 385	2 945	3 563	4 241
7		87	197	351	549	859	1 237	1 683	2 199	2 783	3 436	4 157	4 948
8		100	226	402	628	981	1 413	1 924	2 513	3 180	3 926	4 751	5 654
9			254	452	706	1 104	1 590	2 164	2 827	3 578	4 417	5 345	6 361
10			282	502	785	1 227	1 767	2 405	3 141	3 976	4 908	5 939	7 068
11				552	863	1 349	1 943	2 645	3 455	4 373	5 399	6 533	7 775
12				603	942	1 472	2 120	2 886	3 769	4 771	5 890	7 127	8 482
13					1 021	1 595	2 297	3 126	4 084	5 168	6 381	7 721	9 189
14					1 099	1 718	2 474	3 367	4 398	5 566	6 872	8 315	9 896
15					1 178	1 840	2 650	3 607	4 712	5 964	7 363	8 909	10 602
16						1 963	2 827	3 848	5 026	6 361	7 853	9 503	11 309
17							2 086	3 004	4 088	5 340	6 759	8 344	10 097
18							2 208	3 180	4 329	5 654	7 156	8 835	10 691
19							2 331	3 357	4 570	5 969	7 554	9 326	11 285
20							2 454	3 534	4 810	6 283	7 952	9 817	11 879
21								3 711	5 051	6 597	8 349	10 308	12 473
22								3 887	5 291	6 911	8 747	10 799	13 067
23								4 064	5 532	7 225	9 144	11 290	13 661
24								4 241	5 772	7 539	9 542	11 780	14 254
25								4 417	6 013	7 853	9 940	12 271	14 848

Tanque de homogeneización: capacidad 75 m³: altura 6m, diámetro 4m. Tanque de almacenaje: capacidad 150m³, altura 3, diámetro 8 m.

Utilizando la ecuación 3, se encuentra que el espesor utilizado para estos tanque es ¼ de pulgada.

Ambos tanques tendrán una hélice de tipo axial, con un motor de 3 hp.

2.6.3 Soldadura

Por utilizar acero inoxidable austenítico, la soldadura esta propensa al decaimiento por la sensitización de la zona afectada por el calor.

Alternativamente deberán utilizarse aceros con carburos estabilizados mediante el agregado de elementos Ti y Nb o mejor aún aceros con contenidos de carbono extra bajos que evitan la posibilidad de disolución reprecitación de carburos de Ti y Nb en la zona afectada por el calor con la consiguiente merma en ductilidad.

La sensitización es menor cuando se utiliza métodos de soldadura de baja densidad térmica.

La presencia de ferrita delta es ventajosa en el metal de soldadura, contribuyendo a evitar fisuras en caliente disminuyendo las tensiones de contracción. La siguiente gráfica muestra el costo aproximado para tanques de ¼ de espesor y fabricados de acero inoxidable 304.

Gráfica 2.5

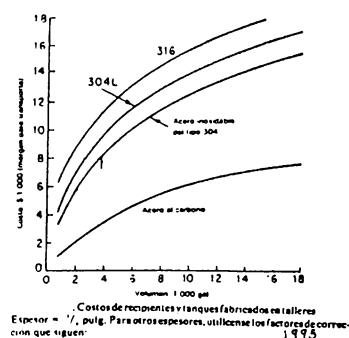


Tabla 2.12

Especificaciones Tanques 1 y 2		
	Tanque 1	Tanque 2
Capacidad	75 m ³	150m ³
Dimensiones		
Altura	6m	3m
Diámetro	4m	8m
Espesor	6mm	6mm
Material	AISI 304	AISI 304

2.7 EQUIPO DE BOMBEO.

Las Bombas que se utilizan en este sistema manejan líquidos y sustancias como agua, ácidos, sosas y fibras de celulosa.

Bombas que manejan fibras de papel.

Características del impulsor: las bombas de tamaños no mayores de 30.5 a 40.6 cm, poseen impulsores que no se obstruyen; por lo general sólo tienen dos álabes. Las bombas de tamaños más grandes normalmente usan tres o cuatro álabes.

El diseño del impulsor es totalmente abierto, no se obstruye, y tiene álabes de tornillo y radiales currentilíneos. El extremo conductor de tornillo sobresale bastante dentro de la boquilla de succión, permitiendo el manejo de material de alta consistencia de pulpa de papel.

Selección del material y valores del pH

El valor del pH de un líquido es una representación cuantitativa de su acidez o alcalinidad relativas. El valor está basado en la concentración de iones H^+ (hidrógeno positivo) contra iones OH^- (Hidroxilos negativos) en la solución. Se calcula como sigue:

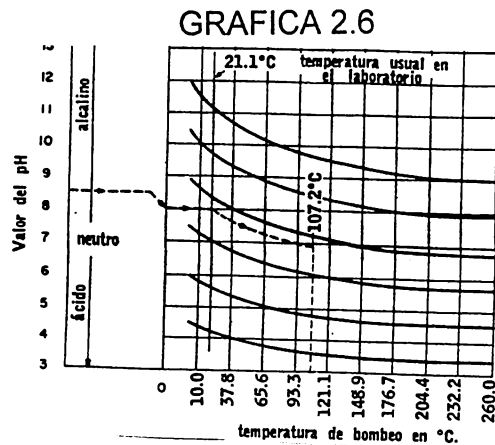
$$PH = \text{Log} \frac{1}{\text{Concentración de } H^+} \quad (\text{Ecuación 4})^3$$

Entre más bajo sea el pH, es obvio que la solución será más ácida.

Una solución con un valor arriba de 7.0 indica alcalinidad y los valores debajo de 7.0 acidez. Como los valores del pH se expresan logarítmicamente, se debe recordar que los cambios en pH representan algo más que un cambio directo lineal. Por ejemplo una solución que tenga un pH de 5.0 es diez veces más ácida que una con un pH de 6.0.

El pH de una solución dada varía algo con los cambios de temperatura, disminuyendo más bien rápidamente hasta 148.9°C y permaneciendo bastante constante a temperaturas mas altas. Por ejemplo, una solución con un pH de 8.5 a 21.1°C, tendrá un pH aproximadamente de 7.0 a 148.9°C y de 6.8 a 260°C (gráfica 7)

³ Bombas, Teoría Diseño y aplicaciones, Viejo Zubicaray



Aunque los valores del pH son sólo un factor influyente en la selección de materiales para bombas, puede asegurarse que las bombas normales equipadas con bronce no deberían usarse para valores de pH menores de 6.0 o mayores de 8.5 a la temperatura de Bombeo. Para valores debajo de 6.0 se deben usar bombas enteramente de Bronce o Bombas equipadas con acero inoxidable y para valores arriba de 8.5 son preferibles las bombas enteramente de hierro o las equipadas con acero inoxidable.

Para el caso del papel se pueden encontrar papeles alcalinos y papeles ácidos, la acidez del papel se mantiene entre 4.5 a 5. Por lo tanto se utilizaran Bombas centrifugas de acero Inoxidable para el manejo de la pasta (figura 2.12).

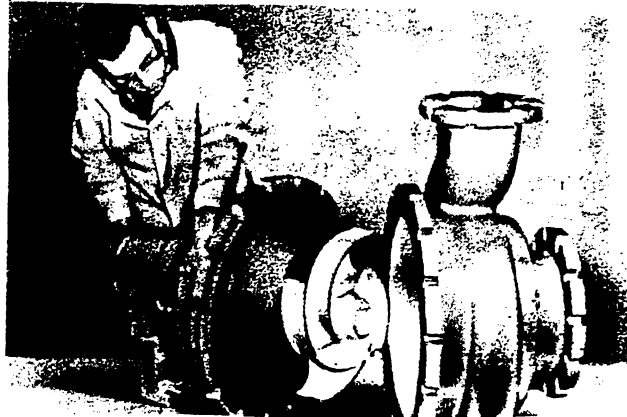


Figura 2.12

2.8 TUBERIAS

Por el tipo de fluido, se recomienda la utilización de tuberías de acero inoxidable austenítico 304.

Precauciones sobre el material.

1. la posibilidad de que la corrosión llegue a tener proporciones importantes cuando la tubería de acero inoxidable austenítico se exponga a medios con cloruros y haluros, ya sea externa o internamente.
2. La sensibilidad a la corrosión intergranular del acero inoxidable austenítico, después de estar expuesto a temperaturas elevadas (427-871°C), a menos que se establezca o se utilice acero al carbono de bajo grado.
3. La posibilidad de un ataque intercrystalino del acero inoxidable austenítico por contacto con cinc o plomo a temperaturas por encima de sus puntos de fusión, o compuestos de cinc y plomo a temperaturas elevadas similares.
4. la fragilidad del acero inoxidable ferrítico a temperatura ambiente, posterior al uso por encima de 370°C

CAPITULO III

3.1 CONTROL AMBIENTAL

3.1.1 Generalidades.

La contaminación puede definirse como la introducción en una masa de agua de sustancias con tal característica y en tal cantidad, que la calidad natural del agua resulta tan alterada que se afecta su utilidad o se le hace perjudicial para la vista, el gusto o el olfato.

3.1.2 Definición y medida de los contaminantes.

Si se define un contaminante como una sustancia que puede alterar el ambiente natural, resulta que todos los materiales conocidos son contaminantes potenciales, por lo que una clasificación más estricta ayuda en la práctica. La agencia de protección ambiental de Estados Unidos(EPA), clasifica en general los contaminantes dividiéndolos en grupos:

1. Sustancias que consumen oxígeno.
2. Agentes que causan enfermedad.
3. Compuestos sintéticos inorgánicos.
4. Nutrientes de las plantas.
5. Sustancias inorgánicas químicas minerales.
6. Sedimentos.
7. Sustancias Radiactivas.
8. Descargas térmicas.

3.1.3 Sustancias que consumen oxígeno

El grupo más amplio de materiales que consumen oxígeno es de carácter orgánico, y se realizan pruebas que reflejan el contenido orgánico del desecho. La mayoría de las pruebas no miden la cantidad de orgánica de forma directa, sino que relacionan ésta con la cantidad de oxígeno que se tendrá que requerir para oxidar la materia orgánica. Si la composición exacta de la materia orgánica se conoce de tal manera que pueda expresarse en una fórmula, la demanda teórica de oxígeno se

determinará describiendo una reacción en la que la materia orgánica se oxida para formar dióxido de carbono y agua.

Demanda bioquímica de oxígeno(DBO).

La medida que más se utiliza de sustancia orgánica es la DBO. La razón de su aceptación y uso generales es que refleja en cierta medida el destino de la materia orgánica en un sistema de tratamiento biológico. La demanda bioquímica de oxígeno es una medida del oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra mediante la acción de los microorganismos. El método clásico de dilución ha determinado el oxígeno disuelto tanto antes como a continuación de un período de incubación a 20°C durante 5 días. Pueden utilizarse otros intervalos y otra temperatura, con tal de que ésta se mantenga constante. Por tanto la DBO se utiliza para designar un período de incubación de 5 días, entendiéndose que la temperatura es de 20°C, a menos que se indique lo otro valor. En el método de dilución, si la demanda de oxígeno de la muestra es mayor que el oxígeno disuelto disponible, se lleva a cabo una dilución. La cantidad de ésta depende del oxígeno disuelto original. En el caso de desechos que tengan una demanda desconocida, es necesario formular un número de diluciones para asegurarse de que una de ellas cumplirá las necesidades. Son varios los factores que influyen en la velocidad de oxidación, y por lo tanto, en la demanda de oxígeno de cinco días. El tipo de agua de dilución, el pH, y el contenido de bacterias son los más importantes. El agua de dilución se siembra con un cultivo bacterial ya aclimatado, si es necesario, de acuerdo con la materia orgánica presente en el agua. El cultivo sembrado es un cultivo mezclado, y contiene grandes números de bacterias saprofíticas, otros organismos que oxidan la materia orgánica, y bacterias autotróficas que oxidan la materia no carbonosa. Después de la incubación, el oxígeno disuelto de la muestra se mide, y se calcula la DBO en mg/litro.

$$DBO = (DO_b - DO_i)100/\% - (DO_b - DO_s)$$

Con pipeteado directo.

$$DBO = (DO_b - DO_i) \text{ volumen de la botella/ml de la muestra} = (DO_b - DO_s)$$

Donde DOb, DOi = valores de oxígeno disuelto encontrados en vacío (con contenido de agua de dilución solamente) y diluciones de muestra, respectivamente, al terminar el período de incubación, Dos=oxígeno disuelto originalmente presente en la muestra no diluida.

La oxidación bioquímica es un proceso lento, y requiere en teoría un tiempo infinito para acabar. Dentro de un período de 20 días la oxidación se ha completado hasta aproximadamente del 95 al 99 %, y en el período de cinco días que se aplica en la prueba DBO la oxidación ha terminado del 60 al 70 %.

Las dinámicas de la reacción DBO se formulan por lo general de acuerdo con la dinámica de la reacción de primer orden, aun cuando algunos consideran que sería más aplicable como método la de segundo orden.

$$dL / dt.(t) = k' Lt$$

La que integrada da:

$$Lt / L = e - kt$$

En donde L es la DBO que permanece con tiempo t=0, es decir, la DBO total o última de la primera etapa inicialmente presente. La cantidad de DBO que se ha gastado en cualquier tiempo t es igual a y:

$$y = L - Lt = L(1 - e - k' t)$$

La DBO de 5 días es:

$$ys = L(1 - e - 5k')$$

Los valores de k' varían en forma significativa; el margen puede ser desde 0.2 día a 0.15 o más. La constante de velocidad de la reacción depende de la temperatura y puede utilizarse una relación aproximada derivada de Van't hoff –

$$K' t = k' 20\theta(T - 20^\circ)$$

Arrhenius:

El valor de θ es de 1.056 para un margen de temperaturas de 20 a 30°C, y de 1.135 para un margen de temperaturas de 4 a 20° C.

La DBO total dependiente del tiempo se divide en general en dos etapas, como se indica en la siguiente figura

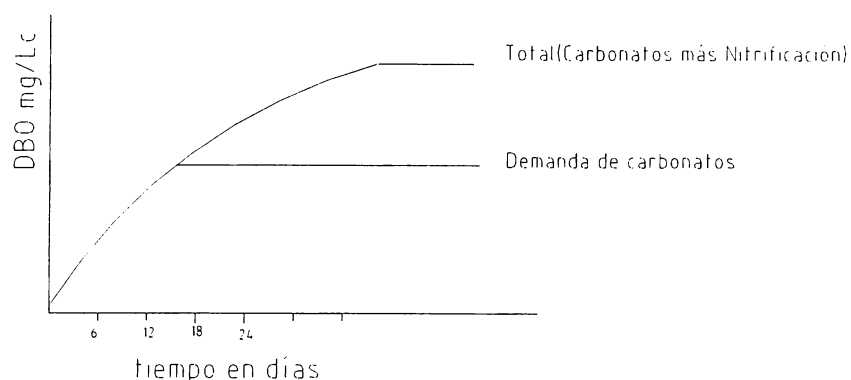


Figura 3.1

Curva acumulativa de DBO mostrando la demanda total de DBO y carbonácea.

La DBO de la primera etapa se debe a la materia orgánica carbonosa, y la segunda etapa a la materia no carbonosa, tal como el amoníaco que se produce durante la hidrólisis de las proteínas. Las bacterias autotróficas capaces de utilizar oxígeno para oxidar el amoníaco en nitratos y nitritos, toman en general de 6 a 10 días para alcanzar números significativos y ejercer una demanda apreciable de oxígeno. El tiempo de retardo para la nitrificación ha dado lugar a que se le considere una segunda etapa. La demanda de nitrógeno puede eliminarse agregando agentes inhibidores tales como el metileno azul, la tiourea, la alitiourea, y la piridina 2-cloro-6-(triclorometil).

El valor de k' se requiere si ha de utilizarse la DBO para obtener la DBO final o de 20 días. El procedimiento habitual, seguido cuando no se conoce este valor,

consiste en determinar k' y L tomándolos de una serie de mediciones de DBO, aplicando uno de los métodos siguientes:

Mínimos cuadros.

De momentos.

Método de diferencia diaria.

Rápido de las razones.

Thomas.

Para detalles concretos acerca de cómo efectuar la apreciación de la DBO, debe consultarse el libro de referencia "Estándar Methods for the Examination of Water and Wastewater" American public Health Association (APHA), Washington D.C. La prueba de la DBO, aunque muy ventajosa porque

3.1.4 Agentes que provocan enfermedad.

La preocupación principal en esta categoría corresponde a microorganismos patógenos, bacterias, hongos, o virus que ocasionan enfermedades en el hombre. Si la fábrica de pulpa y papel tiene un sistema segregado de alcantarillas, en el que se maneja en forma independiente el desecho sanitario, no hay motivos para que se encuentren organismos patógenos en el líquido de salida de la fábrica.

Debido a que el número de organismos patógenos presentes en los desechos y en las aguas contaminadas son muy pocos y difíciles de aislar, el organismo coliforme, más numeroso y más fácil de comprobar, se utiliza como indicador. La presencia de organismos coliformes se toma como indicación de que pueden encontrarse también otros organismos patógenos y la ausencia de los organismos coliformes se acepta como indicación de que el agua está libre de organismos que produzcan enfermedad. Entre las bacterias coliformes se incluyen el género *Escherichia* y *Aerobacter*. El empleo de los coliformes como organismos indicadores se complica por el hecho de que el *Aerobacter* y ciertas variedades de *Escherichia coli*, no son totalmente de origen fecal, y se ha creado una prueba con elevada temperatura de incubación, a 44.5°C, con el fin de diferenciar este grupo.

La diferenciación no es total, y será mejor denominar la prueba con el nombre de coliforme a alta temperatura, que como se hace en general, denominando la prueba

coliforme fecal. En particular se sabe que la *Klebsiella pneumoniae* ha respondido positivamente a la prueba y se encontró presente en aguas superficiales y flujos de salida de la fábrica. Por ello, una prueba coliforme fecal positiva no siempre indica la contaminación de la materia fecal.

Hay dos métodos aceptados para obtener el número de organismos coliformes presentes en determinado volumen de agua; a saber, la técnica del número probable (TNP) y la técnica del filtro de membrana. La técnica TNP se basa en el análisis estadístico de un número de resultados positivos y negativos obtenidos.

En la técnica del filtro de membrana se hace pasar un volumen conocido de muestra a través de un filtro con poros de muy pequeño tamaño. Las bacterias quedan retenidas en el filtro, se desarrollan en agar y se cuentan. La técnica de filtro de membrana tiene la ventaja de ser más rápida que la del procedimiento TNP, y da un conteo directo del número de coliformes. En los métodos estandar, se obtiene información detallada de ambos procedimientos.

3.1.5 Compuestos orgánicos sintéticos

En esta categoría de contaminantes pueden llevarse a cabo cuatro subclasificaciones: detergentes, plaguicidas, aceites y grasas, y productos químicos industriales.

Todos estos materiales tienen toxicidad potencial. Los medios comunes para determinar la toxicidad consisten en emplear pruebas de bioensayo. Los objetivos específicos de las pruebas de bioensayo consisten en:

Determinar la concentración del desecho que matará al 50% de los organismos de prueba en un periodo determinado de tiempo.

Determinar la concentración máxima que no causa efecto visible en el organismo de la prueba durante 96 horas. Estos objetivos se logran al introducir peces u otros organismos adecuados de prueba en el acuario de prueba, en el que hay varias concentraciones de desecho, y se observa el tiempo de supervivencia. Por lo general, las observaciones se hacen después de 24, 48 y 96 horas. La prueba puede realizarse en condiciones estáticas, en las que el desecho permanece fijo en el recipiente de prueba, o en las condiciones dinámicas, en las que el desecho fluye a

través del recipiente de prueba en condiciones estandarizadas. La medida de toxicidad aguda es el límite medio de tolerancia(TLm), que se define como concentración de intoxicantes en la que el 50% de los animales de prueba pueden sobrevivir durante un período determinado de exposición, en general abreviado como LD50.

Los niveles del 0.05 a 0.1 de la concentración LD50 de 96 horas no producen esfuerzo en el ambiente acuático.

Los detergentes son materiales potencialmente tóxicos, y demás pueden crear problemas por la producción de espumas. Los detergentes se utilizan en las fábricas de papel para ciertas aplicaciones de limpieza, tales como el lavado de fieltros. También se utiliza una amplia variedad de materiales de actividad superficial como agentes dispersantes para mantener libre el sistema de depósitos y para limpiarlo. Los surfactantes pueden detectarse midiendo el cambio de color de una solución estándar de tinte azul de metileno. Hay surfactantes naturales que se producen que se producen y liberan en el proceso de producción de pulpa que reaccionará positivamente con esta prueba. Si se conoce el surfactante específico que interesa, es mejor aplicar un procedimiento con gas cromatográfico para detectar su presencia.

En la industria del papel se utilizan los microbicidas para mantener la población microbial en el sistema de agua adentro de ciertos límites, al fin de evitar el incremento de lodos. Entre los microbicidas utilizados aparecen el cloro, los fenoles clorados, las aminas, los compuestos cuaternarios de amonio, los compuestos de organoazufre y los compuestos de plata. El criterio aplicado a la selección de un microbicida es el de su susceptibilidad al tratamiento biológico y su persistencia en el ambiente. Los proveedores de la industria han logrado microbicidas que cumplen adecuadamente dichos requerimientos. Normalmente se detectaran los microbicidas mediante procedimientos especiales utilizando gas cromatográfico.

Nutrientes de las plantas

La principal preocupación se refiere a la cantidad de nitrógeno, fósforo, e iones de vestigios metálicos que se encuentren en el desecho. Los efluentes de la industria

de la celulosa y del papel son tradicionalmente bajos en nitrógeno y fósforo, y deben suplir con los mismos antes de llevar a cabo el tratamiento biológico. Por tanto, debe haber poca dificultad, a menos que los Nutrientes se suministren en exceso durante el proceso de tratamiento de agua. La única excepción puede ocurrir cuando se utiliza amoníaco para la producción de pulpa mediante el proceso al sulfito con base de amonio.

Productos químicos inorgánicos y sustancias minerales

Son tres las clases de materiales que interesan: ácidos, álcalis y metales pesados.

El pH, la acidez, y la alcalinidad del efluente de una fábrica dependen del tipo de producción de pulpa y de blanqueado que se utiliza, en todos los casos se requerirá ajustar el pH dentro de un margen de 6 a 8 antes del tratamiento biológico y/o la descarga. El margen de pH de 6 a 8 se acepta en general como el requerido para mantener la supervivencia de la mayoría de la vida acuática.

La principal dificultad en el caso de los metales pesados es su toxicidad. Los conceptos acerca del límite medio de tolerancia(TLm) y de LD50 son aplicables, como se indicó. Los iones principales de metales pesados que ocasionan preocupación son: aluminio, cromo, cobre, níquel, titanio, hierro, mercurio y zinc.

Los metales pesados que podrían encontrarse en los efluentes de las fábricas de pulpa y papel proceden de tres fuentes potenciales: los productos químicos que se utilizan en la producción de pulpa, los aditivos utilizados en la fabricación del papel, y los productos de la corrosión del equipo. Los productos químicos de la producción de pulpa, principalmente azufre, sal, piedra caliza, hidrosulfito de sodio, cloro y sus compuestos y la sosa caústica son en general bajo en metales pesados, y su empleo es tal que los presentes se precipitarán quizá durante el proceso, y se descargan con el producto o con el desecho sólido.

3.1.6 Sedimentos

Esta clase de contaminantes se ocupa de los componentes sólidos sedimentables en los desechos, que puedan ocasionar la formación de sedimentos

en las partes bajas de los ríos. Los lechos de sedimento perjudican los ríos porque; cubren el fondo del río y alteran la vida béntica existente, requieren de los recursos oxígeno del río, su descomposición anaeróbica produce problemas por los olores, los gases de la descomposición anaeróbica hacen flotar sólidos del lecho, llevándolos a la superficie del río.

Cuando los sólidos de desecho se consideran en un sentido más amplio que el de simples sólidos asentables, en general, se dividen en tres clasificaciones: sólidos totales, sólidos disueltos, y sólidos en suspensión. Analíticamente los sólidos totales se definen como toda la materia que permanece como residuo después de una evaporación a temperatura de 103 a 105°C. Los sólidos suspendidos (filtrables) se definen como los que son mayores de aproximadamente 1 μm de diámetro y quedan retenidos en un medio filtrador. El material que pasa por el medio filtrante se considera como sólidos disueltos, y contiene tanto sólidos coloidales como disueltos: los sólidos coloidales se consideran usualmente dentro del margen de 1 a 10^{-3} μm , en el tanto que los sólidos disueltos están por debajo de 10^{-3} μm . La fracción de sólidos suspendidos puede dividirse en sólidos asentables y no asentables. Los primeros son aquellos que se asentarán en el fondo de un contenedor con forma de cono llamado cono Imhoff, en 60 minutos. Los sólidos asentables son una medida aproximada de la cantidad de sedimento que se eliminarán por sedimentación. Cada categoría de sólidos puede clasificarse todavía más con base en su volatilidad de 600°C. La fracción orgánica se oxidará y se expulsará como gas a dicha temperatura, y la fracción inorgánica permanecerá bajo la forma de ceniza. A los 600°C, la descomposición de las sales inorgánicas se limita al carbonato de magnesio, el cual se descompone en óxido de magnesio y dióxido de carbono a 350°C.

El carbonato de calcio es estable hasta llegar a una temperatura de 825°C.

Material Radioactivo

Este es un contaminante potencialmente muy peligroso, pero no es motivo de preocupación en la industria de pulpa y el papel ya que no aparece ningún material radiactivo en ninguno del proceso de esta industria.

Contaminación Térmica.

La adición de agua que contiene energía térmica a un río hará que se eleve la temperatura del mismo. Este aumento de temperatura ocasionará un aumento en la velocidad metabólica de los organismos que viven en dicho río, lo que producirá una demanda mayor en cuanto a los recursos de oxígeno del río. La temperatura incrementada hace que disminuya la solubilidad del oxígeno, lo que viene a aumentar el problema. El incremento de la temperatura puede dar lugar a un desplazamiento de la población en los tipos de organismos presentes.

Si la turbulencia en la masa de agua no es suficiente para producir una mezcla completa y una uniformidad en la temperatura, algunos organismos que nadan libremente, tales como los peces, pueden sufrir choques térmicos al entrar en la zona más caliente.

La agencia de protección del Ambiente(EPA) recomienda una temperatura máxima promedio en el receptor de agua de 90°F(32°C), con una elevación máxima permisible por encima de la temperatura que naturalmente existe de 5°F. En el caso de los lagos, el promedio tolerable de aumento será de 3°F. Los efluentes de las fábricas de pulpa y papel están en general por encima de la temperatura ambiente, de manera que pueden ocasionar problemas potenciales de contaminación térmica, pero este problema se manifestará sólo cuando los flujos receptores sean pequeños. En general, los estándares de la EPA podrán cumplirse mediante el empleo de un buen sistema difusor en la tubería de descarga.

3.2 TRATAMIENTO PRIMARIO DE SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN.

La materia en suspensión presente en la pulpa y en los desechos de papel está formada fundamentalmente por partículas de corteza, fibras, desechos de fibras, y materiales de carga y recubrimiento tales como: caolín, el carbonato de calcio y el dióxido de titanio. Se utilizan tres métodos generales para eliminar este material:

Sedimentación.

Flotación.

Depuración.

Debido a las propiedades del taponado y obstrucción de los desechos de pulpa y papel, por lo general no se utilizan mayas finas, microfiltros o filtros de presión. Además un sistema adecuado de depuración cuesta aproximadamente lo mismo que un sistema clarificador, y sus problemas inherentes son mayores. Los dos sistemas clarificadores de uso más frecuente son los de sedimentación por gravedad y la filtración de espuma, siendo el de sedimentación el que en buena medida se prefiere por este tipo de industria.

Clarificadores por sedimentación.

Por lo general, el clarificador por sedimentación se ve precedido por una cámara de impurezas y un tamizado de barras.

La primera está ideada para separar los productos orgánicos de los inorgánicos. El propósito consiste en eliminar todas las partículas de suciedad con tamaño menor de criba 65 (menor de 0.15 de diámetro), lo que se logra manteniendo una velocidad promedio menor de 0.76 m/min. (2.5 pies/min). La malla para auto limpieza de los desechos en movimiento debe diseñarse con ranura de aproximadamente 15.8mm (5-8 pulg.) Deben evitarse los problemas operativos mecánicos.

La mayoría de las fabricas de pulpa y de papel en los Estados Unidos tienen clarificadores primarios. El tipo que predomina es el clarificador circular que se limpia, mecánicamente seguido por clarificadores reactores, y a continuación recipientes rectangulares mecánicamente limpiados. La mayoría de las fabricas no agregan floculantes o coagulantes a los sistemas de clarificación primaria ya que los sólidos tienen buenas características de asentamiento. La eficiencia en la eliminación

varía según el tipo de papel producido, como se indica en la figura 29 como puede observarse, la mayoría de las fábricas experimentan una eliminación de los sólidos en suspensión de 80 a 90 %. Esto equivale a 95-100% de los sólidos asentables, ya que no toda la materia en suspensión es asentable.

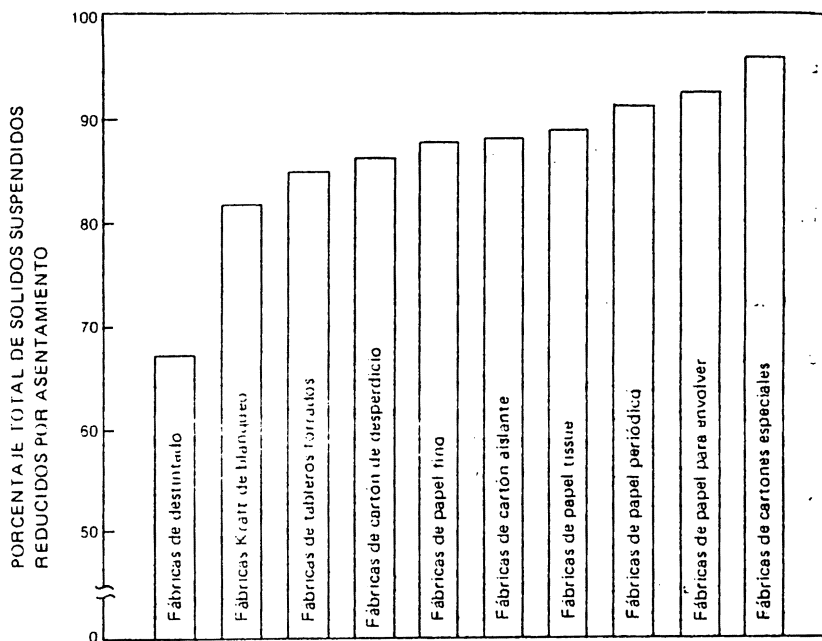


Figura 3.1. Porcentaje total de sólidos en suspensión reducidos por asentamiento del agua de desperdicio de diferentes papeles.

Figura 3.2

Las diferencias en funcionamiento se deben a la naturaleza de los sólidos descargados. Las fábricas con sistema de recuperación de fibras muy eficaz tienen dificultades para obtener la eficiencia máxima, debido a la preponderancia de fibras cortas y de partículas de corteza. Las fibras secundarias, los tipos de carga, y los tipos recubiertos producen agua de desecho con un alto contenido de sólidos de cenizas, debido a la presencia de cargas e, incluso con una alta eliminación de sólidos en suspensión, el efluente de salida puede todavía estar turbio debido a la elevada fuerza dispersora de incluso una pequeña cantidad de material de carga en suspensión. Los agentes activos superficiales, tales como el almidón, tienden a peptizar parte de la carga, haciendo que su eliminación sea muy difícil. Esta es una de las causas de la baja eficiencia en la eliminación que se experimenta en las plantas de destintado.

La materia suspendida que se ha eliminado tiene cierta cantidad de DBO₅ asociada con ella, según sea el tipo de fabrica de que se trate, como puede observarse en la figura 3.3. especialmente las fábricas de cartón, las de papel para envoltura, y las de papel tissue tienen casi todos sus DBO₅ asociadas con los sólidos en suspensión, por lo que se experimenta una alta eficiencia en su eliminación.

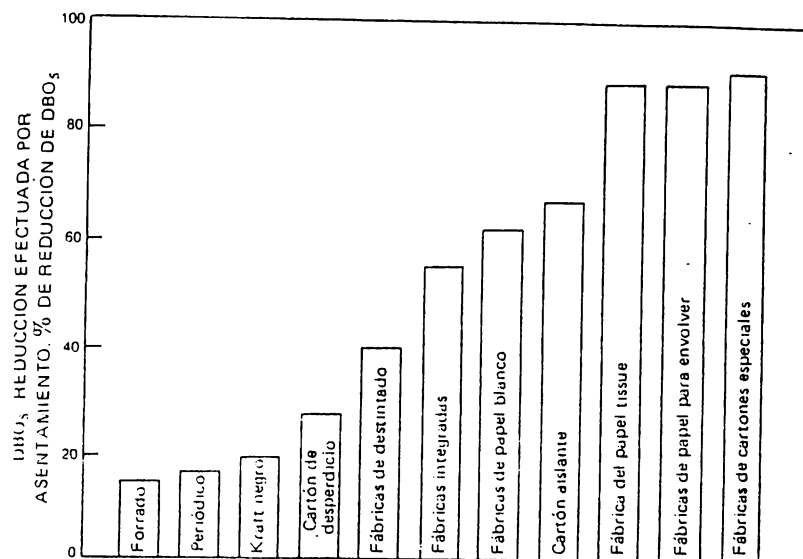


Figura 3.3 Reducción de DBO₅ lograda por asentamiento del agua de desperdicio de diferentes papeles.

Figura 3.3

Por el contrario, las operaciones integradas tienen baja eficiencia en la eliminación de la DBO₅ por asentamiento, porque la mayoría de la DBO₅ aparece bajo la forma de material disuelto.

Por lo general, un clarificador limpiado mecánicamente consiste en un gran tanque circular de concreto con un agitador giratorio del sedimento montado en su centro. Usualmente el flujo entra en el tanque procedente de un pozo situado en una columna central. El sedimento asentado se mueve hacia un sumidero central o a una tolva concéntrica, y se elimina mediante bombas adecuadas para el manejo de los sólidos. El agitador del sedimento debe tener torque suficiente para operar en situaciones de carga pesada, y se requieren alarmas confiables que anuncien el corte del torque a fin de proteger así el mecanismo impulsor. El agitador debe estar cercano al fondo, para evitar que los sedimentos se acumulen y puedan descomponerse anaeróbicamente. El fondo del clarificador se inclina usualmente

hacia el centro con razón de 1:12. El material flotante se recoge por medio de un espumador de superficie unido a un mecanismo giratorio, y se descarga hacia una tolva por un tubo con un diámetro no inferior a 0.152m(6pulg.), Es imprescindible contar con un buen cimientto para evitar el hundimiento del clarificador; en caso de duda debe instalarse una buena sedimentación con pilotes. Es también esencial tener gran cuidado en los casos en que la tabla de agua sea alta, ya que el agua del terreno puede hacer flotar la unidad cuando ésta se encuentre vacía.

En la práctica los derrames del clarificador irán desde 815 a 61.125 litros/día/m²(200 a 1500gdp/pie²) con una practica habitual de diseño de 24450 a 32 600 litros/día/m²(600 a 800 gdp/pie²). Una fábrica típica puede tener de 0.36 a 6.0 kg./m³ (3 a 5 lb/1000gal) de sólidos en suspensión fluyendo hacia el clarificador primario, y con una eficiencia del 90% en la eliminación habría de 0.036 a 0.06 kg./m³(0.3 a 0.5 lb/1000 gal) en la salida del clarificador en el derrame. Los clarificadores tienen gran sensibilidad a los aumentos bruscos, de temperatura a los diferenciales que causan corrientes de convección, y al aire que entra arrastrado. Las causas habituales para la entrada del aire arrastrado se encuentra en las bombas de transferencia defectuosas y en los efectos de educción ocasionados por una tubería mal diseñada.

Clarificadores por flotación

En algunas fábricas se aplica la flotación del aire como la técnica primaria para el clarificado. En ciertos casos puede eliminarse hasta 98% de sólidos en suspensión. El aire se mete a presión en el efluente que entra por la parte baja de una unidad de flujo hacia arriba. El aire supersaturado se libera bajo la forma de burbujas muy finas de aire que se unen a los sólidos en suspensión llevándolos hacia la superficie. Un limpiador mecánico elimina la espuma del material flotante, separándolo del efluente clarificado que se vierte a la unidad. Este dispositivo básico ha sido utilizado durante muchos años como recuperador, como ya se explicó. Una modificación del dispositivo Favair, creado en Alemania, cuenta con laminillas internas que permiten unas velocidades de efluente más elevadas, requiriendo a la vez menos espacio. Para obtener resultados aceptables de una unidad de flotación

debe agregarse una ayuda floculante tal como el alumbre con o sin un polielectrólito. La flotación por aire no es sensible a la temperatura, pero no se afecta por las fluctuaciones grandes en la carga de sólidos y en el efluente.

La sensibilidad al flujo se elimina dando más tamaño a la unidad y operando con un flujo fijo. Parte del agua tratada se envía de nuevo automáticamente a la entrada, a fin de mantener un recorrido óptimo. La flotación es muy eficaz para eliminar los materiales cuyo peso específico es próximo a 1, pero no para eliminar aquellos cuyo peso específico es mayor.

En este último caso se ha ideado unidades con un agitador en el fondo para eliminar el material que se asiente pero que no flote.

El costo relativamente alto del equipo, el requerir productos químicos para la floculación, la excesiva demanda de energía, y la complejidad mecánica, hacen inadecuados los clarificadores por flotación en aplicaciones distintas del recuperador, excepto en los casos en que el espacio esté muy limitado.

Clarificadores por gravedad mejorada. Para mejorar la eficiencia de los clarificadores por gravedad y/o aumentar la velocidad de carga superficial tolerable mientras se mantiene la eficiencia, se han ideado clarificadores de tubo (llamados también barreras de flóculos). El clarificador de tubo es una matriz de tubos plásticos paralelos con sección transversal aproximada de 5 cm o en forma de V invertida, con inclinación de 60° de la vertical. Como las partículas por eliminar tienen un largo recorrido hidráulico que efectuar, y las corrientes de convección se eliminan en buena medida, se logra obtener un asentamiento más eficaz. Estos dispositivos pueden instalarse por gravedad en los clarificadores ya existentes, o incluirse en el diseño de nuevas unidades. La figura 3.4. Muestra como se les instala.

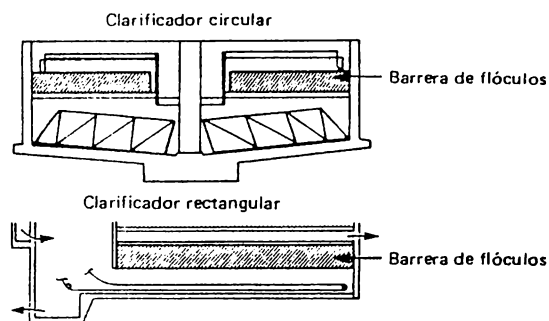


Figura 3.4 Asentadores de tubo en los clarificadores en uso.

La velocidad de derrame puede aumentarse por un factor de 1.5 a 4, según sea el tipo de los sólidos en suspensión manteniendo en tanto la misma eficiencia. Estos dispositivos encuentran aplicación en los casos en que los clarificadores existentes están sobrecargados o cuando el espacio disponible es muy escaso.

Una mejora aplicable al clarificador de tubos es el separador de laminillas creado en Suecia. En el que los tubos son sustituidos por placas inclinadas. Se trata de una unidad de flujo descendente, en tanto que el sistema de tubos opera en forma ascendente. El líquido y los sólidos pasan en la misma dirección hacia abajo entre las placas. El flujo clarificado retorna a la superficie y se derrama por tubos de salida verticales. El sedimento se desliza por las placas inclinadas hacia el fondo de la unidad. Estos dos avances parecen presentar ventajas técnicas, pero deberá realizarse una cuidadosa prueba en la planta piloto en el lugar de trabajo para comprobar si pueden lograrse dichas ventajas en la aplicación particular de que se trate.

Después de la clarificación primaria, el flujo pasa a recibir un tratamiento biológico secundario. Si el flujo procedente de la fabrica tiene una composición muy variable, puede resultar aconsejable instalar un recipiente igualador entre el clarificador primario y el sistema de biotratamiento, en especial si se utiliza un sistema de biotratamiento de gran velocidad. El tiempo de retención en el recipiente igualador de mezclas deberá ser igual por lo menos al doble del periodo de tiempo asociado con la frecuencia de la variación en fuerza, cuando ello es posible.

3.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO BIOLÓGICO.

Todos los desechos débiles que se generan en la industria del papel son susceptibles de un tratamiento biológico para reducir de la DBO₅. Además, se obtienen beneficios adicionales tales como la destrucción de la toxicidad que pueden representar para la vida acuática una reducción en la tendencia a formar espuma reducción en la turbiedad dispersada producida por aditivos inorgánicos de recubrimiento, y la eliminación en la reproducción de sedimentos en las aguas que reciben el flujo. El sistema de biotratamiento lleva a cabo una ligera reducción en el

color del flujo, pero lamentablemente en la medida requerida en la mayoría de los casos.

Los tratamientos biológicos de uso más común en la industria de la pulpa el papel incluyen:

Grandes recipientes para almacenado y oxidación.

Recipientes aireados de estabilización.

Proceso de sedimento activado y varias modificaciones del mismo.

Eliminación de lodos.

El primer sistema de biotratamiento adoptado por la industria fue el correspondiente a los recipientes de almacenaje y oxidación, pero este sistema sólo tiene interés histórico.

Oxidación por Almacenamiento

Este sistema se creó como respuesta a la necesidad de limitar el efluente hacia ríos que periódicamente tienen un caudal reducido. De esta manera, en el sur de Estados Unidos, donde el terreno era relativamente barato, se construyeron grandes estanques de almacenaje. Estos ofrecían un ambiente adecuado para el desarrollo de los organismos, obteniendo así un tratamiento biológico. Se logra una reducción de la DBO del 50 al 90% con una carga de 4.89 a 5.8×10 kg./m² con un tiempo de retención desde 20 hasta llegar a más de 60 días. Este tipo de tratamiento tiene dos ventajas principales: puede amortiguar los derrames accidentales de los desechos fuertes sin alteraciones y no cuenta con dispositivos mecánicos con sus problemas inherentes de mantenimiento. Un problema potencial es la estratificación de los desechos calientes por la superficie del estanque. Esto puede obviarse utilizando una barrera que haga que el desecho entre por la parte baja del estanque.

Cuando se aplica el tratamiento de almacenaje para oxidación usualmente se le hace preceder por un sistema más rápido, a fin de cumplir los estándares más estrictos en cuanto a la calidad del agua.

3.3.1 Estanque para Estabilización Aireada(ASB).

El estanque para la estabilización aireada es una ampliación natural del concepto del estanque para oxidación, capaz de aumentar la carga al sistema y una velocidad de estabilización más rápida.

Para aumentar la actividad biológica es necesario aumentar el ritmo de aireado mediante medios mecánicos y agregando Nutrientes al sistema. Para los sistemas de sedimento activado a gran velocidad se recomienda agregar Nutrientes a la proporción de 100:5:1 para DBO5: N:P. Este sería el límite superior de un sistema de estanque de estabilización aireada(ASB), y una fábrica afirma haber obtenido buenos resultados con 0.4lb(0.18kg.)P y 3.8lb(1.73kg.)Npor 100lb de DBO5 eliminado. Cuanto más prolongado es el tiempo de detención, menos importante es el nivel de nutriente. Muchas fábricas no agregan fósforo y como norma, adicionan nitrógeno a una proporción de 50:1, DBO: N para un tiempo de retención de cuatro días y 100:1 DBO: N para un tiempo de retención de 10 a 15 días. Los Nutrientes que con mas frecuencia se agrega son el amoniaco y el ácido fosfórico. En la industria de la pulpa y el papel es usual un tiempo de detención de 5 a 10 días, pero muchos sistemas llegan hasta 15 días. Con estos tiempos de detención la eficacia en la eliminación se encuentra normalmente en el margen de 80 a 90 %, produciendo un flujo con DBO de aproximadamente 30 mg/litro.

Para la eficiencia máxima es necesario mantener un nivel de oxígeno disuelto residual en el estanque de 0.5 ppm. Por lo general, esto requiere una entrada de 0.5 a 0.6 kg. De oxígeno, por kg. De DBO eliminado.

La mayoría de las instalaciones utilizan aireado mecánico, con aireadores de alta velocidad(directos) o de baja velocidad(engranados) para lograr dicha entrada. Si la laguna tiene un fondo irregular, o si es profunda, debe usarse un sistema aireador difuso, pero estos sistemas requieren una energía en su operación algo más elevada. Se han observado menos problemas de mantenimiento con los aireadores mecánicos de impulsión directa y alta velocidad que cuando se utilizan las unidades con engranes reductores. Un aireador bien diseñado disolverá 2.43 a 3.04×10^{-2} kg./kw día de oxígeno. La tendencia de la industria es hacia la instalación de un número más reducido de unidades de alta potencia en lugar de muchas unidades

poco potentes de 75 a 100 hp como tamaño popular. Además de satisfacer las necesidades de oxígeno disuelto se suministra bastante energía para mantener el ASB completamente mezclado, de manera que los sólidos no se asienten. En la figura 3.5 se muestra las necesidades de energía correspondientes a distintos estados de mezcla y a diferentes razones largo/ ancho del estanque.

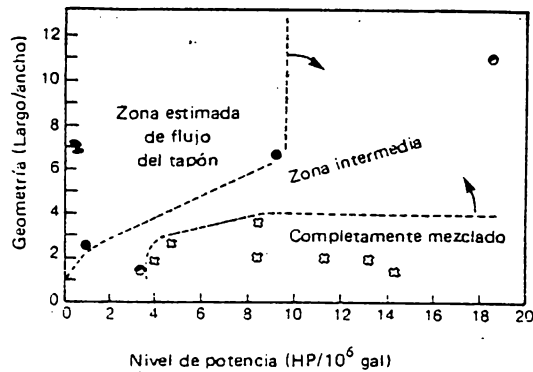


Figura 3.5 Requerimientos de poder de un estanque de estabilización aireada aplicando distintas configuraciones.

El estanque pueden instalarse como un sistema completamente mezclado, como un sistema de flujo por hélice o con alguna solución de compromiso. Un tópico importante con los sistemas ASB es el de la generación de sólidos biológicos. Como la mayoría de los sistemas no están equipados con clarificador secundario, no se generan sedimentos, lo cual es una ventaja clara de este tipo de sistemas.

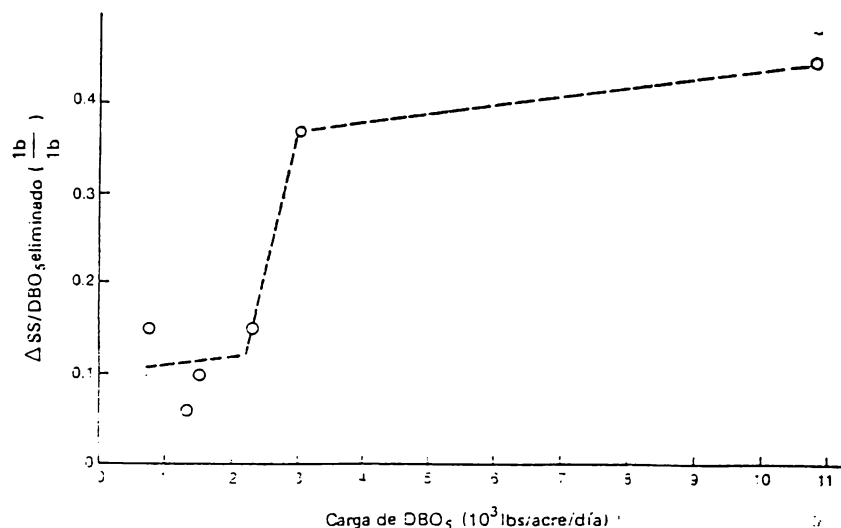


Figura 3.6 Generación de sólidos orgánicos en relación con la carga orgánica en un estanque de estabilización aireada.

Figura 3.6

La menor cantidad de material biológico generado sale con el flujo. Al diseñar un sistema ASB es importante mantener la velocidad de carga por debajo de $0.002 \text{ kg./m}^2/\text{día}$ a fin de mantener los sólidos biológicos en suspensión que se generan el margen de 0.045 a $0.09 \text{ kg./kg. De DBO eliminando}$. En la figura 3.6 se resumen los datos correspondientes a estanques reales, los que refuerzan la anterior conclusión. Con temperaturas entre 20 y 45° C no surgen dificultades, porque los microorganismos son digeridos por autólisis, por lo general, esto resulta en un flujo con sólidos suspendidos de aproximadamente 50mg/litro . Al bajar la temperatura se genera una cantidad en aumento de detritus biológicos, que algunos opinan que deben eliminarse. Sin embargo, estos sólidos no se asientan satisfactoriamente en los dispositivos convencionales de clarificado, ni se les elimina en forma adecuada mediante aparatos para filtrado mecánico, convencionales. Es posible eliminar estos sólidos mediante una combinación de coagulantes químicos y de filtrado mecánico, pero es costoso.

Sin embargo, una fábrica de papel periódico informa buenos resultados utilizando espesadores de flotación al aire y un recipiente sólido centrífugo con la adición de aproximadamente 15 a $25 \text{ kg. De polímero}$. Una fábrica de celulosa química informa acerca de los buenos resultados obtenidos utilizando un estanque aireado y una combinación de sedimento activado en el que se utiliza tan solo un día de retención en el estanque, seguida por la adición del polímero y de clarificadores secundarios equipados para retirar los sedimentos reciclados en flujo ascendente. En la mayoría de los casos surge la duda de los costos de capital y los gastos operativos de estos sistemas, más el de la energía consumida, pueden justificarse al compararlos con la ganancia ambiental. Los sólidos biológicos de un ASB rara vez ocasionan problemas en el agua que los recibe. En realidad, estos sólidos son difícilmente detectables más allá de la zona de mezcla en el punto de salida y aparecen quedar fácilmente asimilados por el ecosistema natural.

A medida que desciende la temperatura del sistema, desciende también la eficiencia en la eliminación de la DBO, con temperaturas inferiores a 20° , son usuales eliminaciones de DBO tan baja como del 70 a 75% , por lo que esta sensibilidad para con la temperatura es un inconveniente importante en el tratamiento ASB.

3.3.2 Sedimento Activado

En situaciones en que en que se dispone de poco espacio, o en que el estanque de estabilización aireada no cumple las exigencias relativas a los sólidos en suspensión es una alternativa lógica el proceso de sedimento activado o una de sus modificaciones. Este proceso se copió del tratamiento de desechos sanitarios, este proceso es una extensión lógica del ASB, en el que la concentración de sólidos en el estanque cambia desde un margen de 50 a 200 mg/ litro al margen de 2000 a 5000 mg/litro, separándose los sólidos en un clarificador secundario. El proceso incluye la oxidación controlada con un cultivo mezclado de bacterias. En el proceso se neutraliza el licor de salida, se agregan los productos químicos Nutrientes, y el licor se airea en un reactor, en presencia de un cultivo bacterial. En un proceso a alta velocidad se recupera y recicla una parte de las bacterias. El tiempo de detención es de 3 a 8 horas, y el exceso de sólidos que se producen se purgan desde el fondo del clarificador secundario. Estos sólidos crean un problema de eliminación del sedimento, lo que es una de las principales desventajas del proceso. El sedimento es sumamente difícil de desaguar, y por lo general tiene que mezclarse con sedimento primarios, cortezas o cenizas volátiles antes de que se le pueda desaguar en forma satisfactoria. La cantidad de sedimento generado va desde 0.23 a 0.34kg./kg. De DBO eliminada.

El sistema de sedimento activado es capaz de cargar por encima de 1.6kg. DBO/m³ de volumen aireado, y puede producir una eficiencia en la eliminación de la DBO del orden de 80 a 90 %. El volumen del sistema es tan reducido que es insensible a la situación operativa en el invierno, a diferencia de lo que ocurre con el estanque de estabilización aireada.

Sin embargo, si la temperatura del flujo de la fábrica se eleva más allá de 38°C, tiene que ser enfriado antes de someterlo a tratamiento. El breve tiempo de detención y el escaso volumen del sistema hacen a este proceso susceptible a las alteraciones en el proceso, después de las cuales pueden requerirse de 2 a 3 semanas para que el sistema vuelva a su eficiencia óptima. Estos choques en el sistema, o una amplia variedad de otros factores, pueden llevar a obtener un

sedimento secundario no asentable, denominado relleno. Este relleno es una dificultad extremadamente molesta, y con frecuencia se asocia con la presencia de organismos filamentosos. Usualmente, los clarificadores secundarios están diseñados para una velocidad de rebase de 24450 litros/día/m².

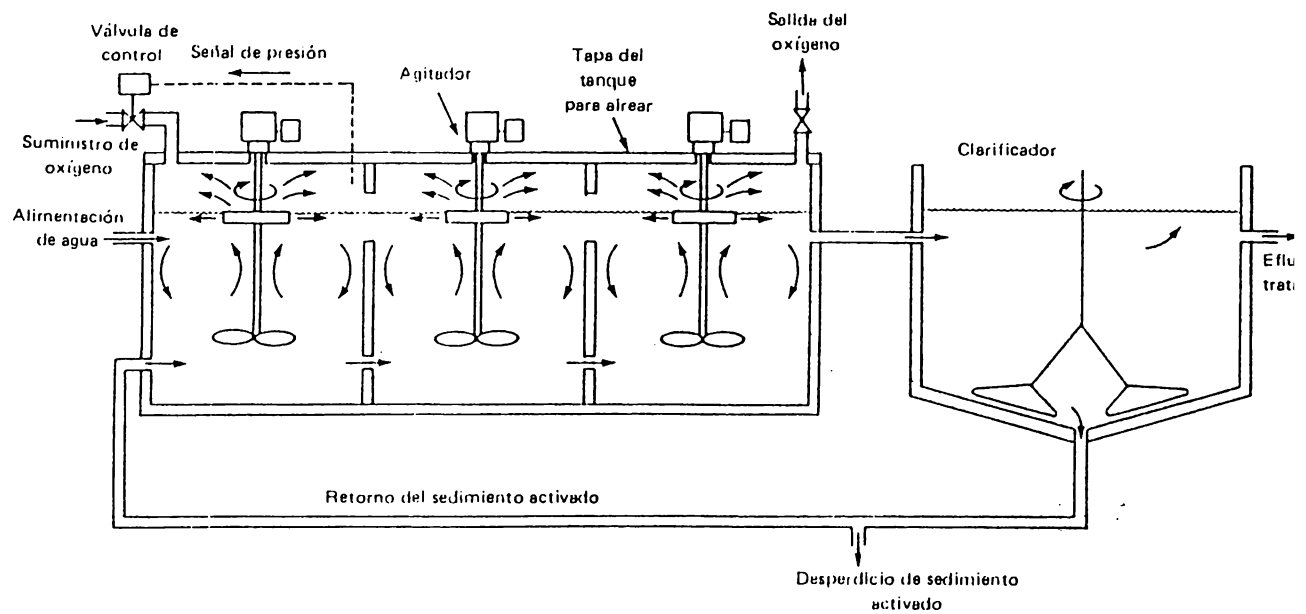
Para evitar los problemas de asentamiento asociados con los clarificadores por gravedad se utilizan los clarificadores por flotación. En este sistema, los sólidos en suspensión se unen a pequeñas burbujas de gas y las hace subir a la superficie, desde donde se espuman. El funcionamiento se controla por medio de un licor de clarificador reciclado. El sistema no es susceptible a la carga de materia prima, y con altos niveles de nutriente, la eliminación del DBO soluble es del 93 al 96%.

El sistema de sedimento activado requiere nutrientes suplementarios que deben agregarse al flujo de la fabrica con una razón DBO:N:P, de 100:5:1. Las necesidades de oxígeno son de 1 lb de oxígeno por lb. de DBO eliminando, y por lo general se le suministra mediante aireadores de superficie. Las primeras plantas grandes se instalaron en la industria del papel en 1953.

3.3.3 Sedimento Activado con Oxígeno Puro.

Con el desarrollo del sistema de absorción por desplazamiento mediante presión(criba molecular) orientado a producir oxígeno puro en pequeñas cantidades y con costo reducido se ha renovado el interés en relación con el sedimento activado con oxígeno puro. En este sistema, el tanque de aireado se recicla. Se afirma haber obtenido mediante el uso del oxígeno una eficiencia superior al 90%. Estas plantas operan con niveles muy elevados de sólidos en suspensión en el licor mezclado, a saber, de 5000 a 7000mg/litro y con una elevada concentración de oxígeno disuelto superior a 5 ppm. Este sistema da del 87 al 97% de eliminación de la DBO, con niveles en el flujo de DBO menores, con frecuencia, de 30mg/litro. El proceso tiene cierto número de ventajas entre ellas menor susceptibilidad a las cargas de choque; al volumen del tanque de aireación, más reducido; un mejor asentamiento de los sedimentos, y una posibilidad de disolución del sedimento mejorada. En la figura 3.7 se muestra un esquema de uno de estos procesos. El oxígeno se produce y se utiliza

en forma gaseosa, pero puede producirse oxígeno líquido como respaldo o bien para venderlo como producto secundario.



7 Diagrama esquemático del proceso de sedimentos activados con oxígeno puro. (UNOX system).

Figura 3.7

3.4 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.

3.4.1 Definición:

La distribución en planta proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica, a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores.

Objetivos y principios básicos de la distribución de la planta.

Integración total. Consiste en integrar en lo posible todos los factores que afectan la distribución, para obtener una visión de todo el conjunto y la importancia relativa de cada factor.

Mínima distancia de recorrido. Al tener una visión general de todo el conjunto, se debe tratar de reducir en lo posible el manejo de los materiales, trazando el mejor flujo.

Utilización del espacio cúbico. Aunque el espacio es de tres dimensiones, pocas veces se piensa en el espacio vertical. Esta opción es muy útil cuando se tienen espacios reducidos y su utilización debe de ser máxima.

Seguridad y bienestar para el trabajador. Éste debe ser uno de los objetivos principales de toda distribución.

Flexibilidad. Se debe obtener una distribución que pueda reajustarse fácilmente a los cambios que exija el medio, para poder cambiar el tipo de proceso de la manera más económica, si fuera necesario.

3.4.2 Tipos de proceso y sus características.

Cualquiera que sea la manera en que esté hecha una distribución de la planta, afecta el manejo de los materiales, la utilización del equipo, los niveles de inventario, la productividad de los trabajadores, e inclusive la comunicación de grupo y la moral de los empleados el tipo de distribución está determinado en gran medida por:

El tipo de producto(ya sea un bien o un servicio, el diseño del producto y los estándares de calidad).

El tipo de proceso productivo (tecnología empleada y tipo de materiales que se requieren).

El volumen de producción(tipo continuo y alto volumen producido o intermitente y bajo volumen de producción).

Existen tres tipos básicos de distribución:

Distribución por proceso. Agrupa a las personas y al equipo que realizan funciones similares. Hacen trabajos rutinarios en bajos volúmenes de producción. El trabajo es intermitente y guiado por órdenes de trabajo individuales. Éstas son las principales características de la distribución por proceso:

Son sistemas flexibles para trabajo rutinario, por lo que son menos vulnerables a los paros. El equipo es poco costoso, pero se requiere mano de obra especializada para manejarlo, lo cual proporciona mayor satisfacción al trabajador. Por lo anterior, el costo de supervisión por empleado es alto, el equipo no se utiliza a su máxima capacidad y el control de la producción es más complejo.

Distribución por producto. Agrupa a los trabajadores y al equipo de acuerdo con la secuencia de operaciones realizadas sobre el producto o usuario. Las líneas de ensamblaje son características de esta distribución con el uso de transportadores y equipo muy automatizado para producir grandes volúmenes de relativamente pocos productos. El trabajo es continuo y se guía por instrucciones estandarizadas. Sus principales características se mencionan a continuación.

Existe una alta utilización del personal y del equipo, el cual es muy especializado y costoso. El costo del manejo de materiales es bajo y la mano de obra necesaria no es especializada. Como los empleados efectúan tareas rutinarias y repetitivas, el trabajo se vuelve aburrido. El control de la producción es simplificado, con operaciones interdependientes, y por esta razón la mayoría de este tipo de distribución es inflexible.

Distribución por componente fijo. Aquí la mano de obra, los materiales y el equipo acuden al sitio de trabajo, como en la construcción de un edificio o un barco. Tienen la ventaja de que el control y la planeación del proyecto pueda realizarse usando técnicas como el CPM(ruta crítica) y PERT.

Actualmente hay muchos avances en la implantación de distribuciones flexibles. Esto es, distribuciones de fácil y económica adaptación a un cambio de proceso de

producción, que incorpore las ventajas de la distribución por proceso y por producto, lo cual haría a una empresa mucho mas competitiva en su área.

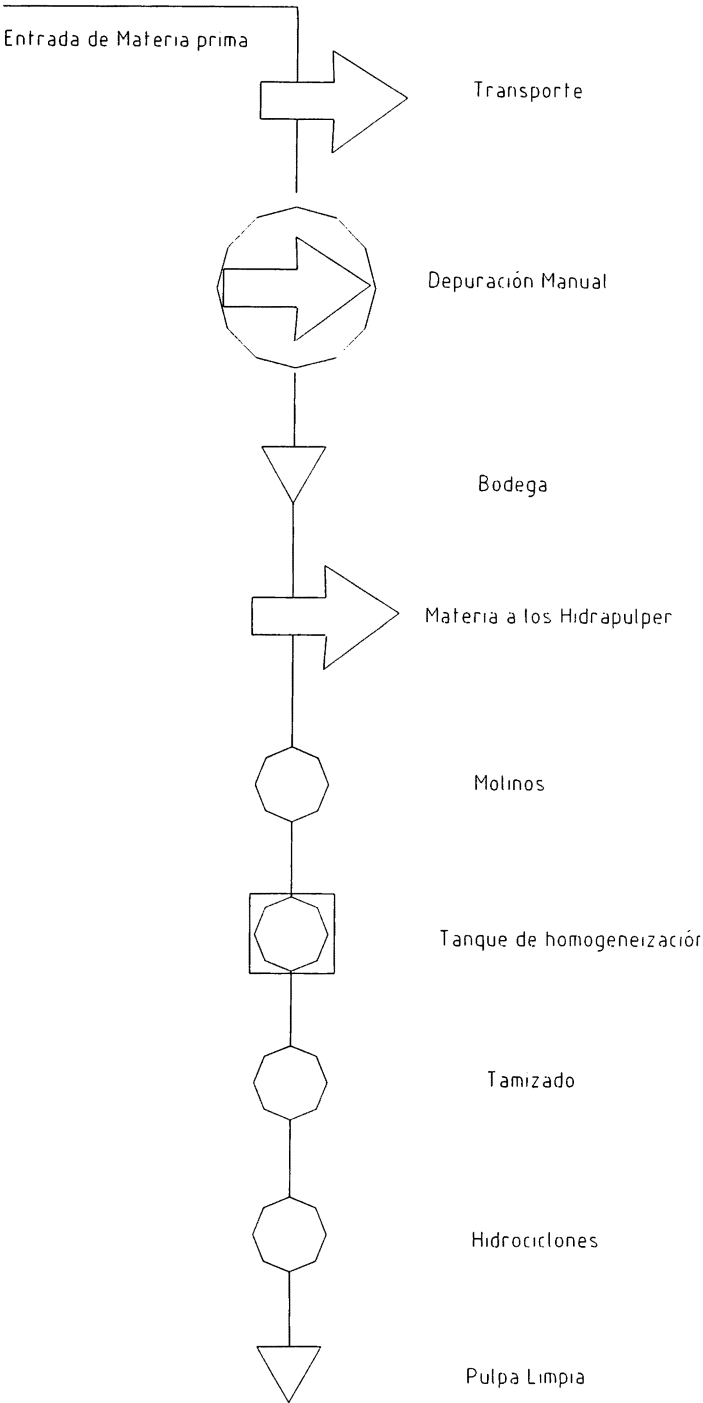
3.4.3 Tipo de Distribución a Adoptar.

Se empleará Distribución por producto, por ser ideal para el tipo de producción que se realizará. Se necesitará de menos espacio de suelo y los obreros se entrenarán fácilmente en sus tareas, además se dispondrá de puntos estratégicos para el control de calidad.

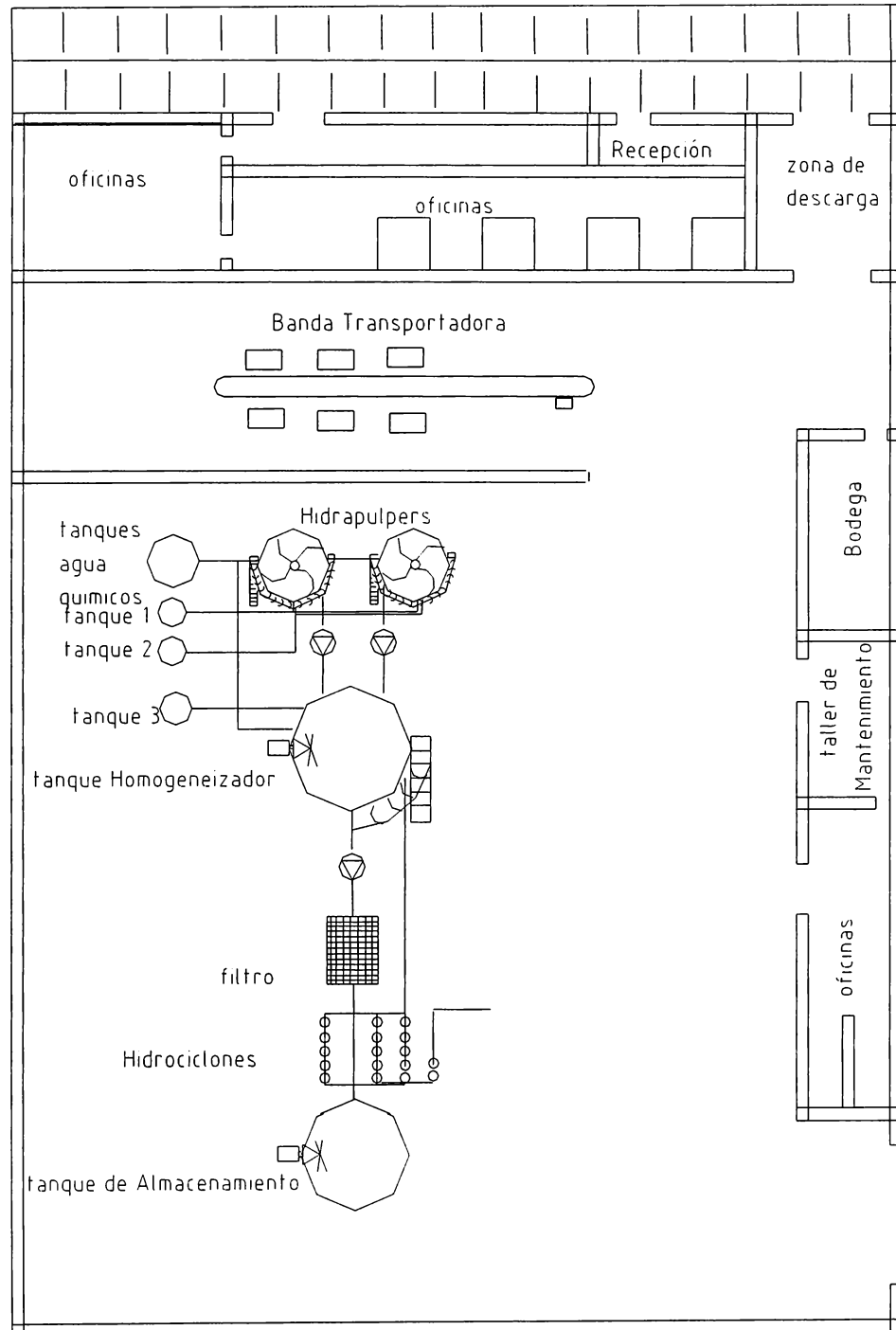
Desventajas.

El costo de las máquinas y equipo es considerable así que, se tendrá que definirse la demanda que tendrá el producto, los obreros podrían sufrir de monotonía en el trabajo por el tipo de acción repetitiva a la que se dispondrán.

3.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL RECICLADO DE PAPEL



3.7 Diagrama de Recorrido



CAPITULO IV

4.1 ANÁLISIS ECONOMICO

4.1.1

SALARIOS

Administración

Cargo	Número de personas	sueldo	TOTAL
Gerente general	1	14,000	14,000
Gerente administrativo	1	10,000	10,000
Gerente de producción	1	10,000	10,000
Gerente de mantenimiento	1	10,000	10,000
Encargado de ventas y compras	2	2,500	5,000
Técnico Mecánico	1	2,000	2,000
Técnico eléctrico	1	2,000	2,000
Secretaria	1	2,000	2,000
Recepcionista	1	1,500	1,500
Vigilante	2	1,500	3,000
Encargado de pesaje en Báscula(entrada de la planta)	1	1,500	1,500
Ordenanza	1	1,400	1,400
Mensajero	1	1,500	1,500
		TOTAL	63,900

área de clasificación y depuración

Cargo	Número de personas	Sueldo	
Clasificadores y depuradoras de materia prima	6	1,400	8,400
Conductor de Montacargas	2	1,500	3,000
		TOTAL	11,400

área de hidrapulper y limpieza

Cargo	Número de personas	Sueldo	
Carga de hidrapulper	4	2,000	8,000
Recepción de materia prima	1	2,000	2,000
		TOTAL	10,000

Mes	TOTAL	85,30
Año	TOTAL	1,023,600

4.1.2 ISSS Y AFP

ISSS Y AFP= 7.5% x salario anual = 7.5%x1,023,600= 76,770 anuales

4.1.3 AGUINALDO

Aguinaldo=15 días de trabajo=15xsalario total mensual/30

Aguinaldo =15x85,300/30= 42,650 anual

4.1.4 VACACIONES

Vacaciones=15 días de trabajo+30%x=42650+(42650x30%)=55,445

4.1.5 PLANILLA

Planilla= salario total anual + ISSS y AFP + aguinaldo + vacaciones.

=1,023,600+76,770+42,650+55,445

=1,198,465 anual

4.1.6 MAQUINARIA

Equipo	N de equipo	Precio	Total
Hidrapulper 200Hp	2	140,000	280,000
Tanque de homogeneización	1	63,000	63,000
Filtro	1	174,000	174,000
Hidrociclones	17	50,000	850,000
Tanque de almacenaje	1	174,000	174,000
Bombas para pulpa	5	50,000	50,000
Balanza 250 kg.	1	10,000	50,000
Banda transportadora 1hp	1	60,000	60,000
Montacargas 1/2ton	2	30,000	60,000
Capital de inversión en equipos		TOTAL	1,761,000
Capital de inversión en terreno			500,000
Capital de inversión TOTAL OBRA CIVIL			2,261,000

El estimado de la inversión es aproximadamente de 1000,000 colones.

4.1.7 TERRENO

El área a utilizar tendrá un valor de 500,000 colones y su costo varía de acuerdo al lugar de su ubicación final.

4.1.8 SERVICIOS

Teléfono=2,500 mensuales

Agua= 35,000 mensuales

Energía eléctrica= 500,000

Combustible = 5,000(diesel)

Total 542,500

4.1.9 MATERIA PRIMA

El costo de la materia prima se establece en 0.75 centavos, es el valor que la competencia establece.

4.1.10 TRANSPORTE

1 camión 5 toneladas (diesel) 85,000 usado.

1 Pick up 1 tonelada 40,000

1 motocicleta 12,000

4.1.11 INSTALACION ELECTRICA

Se estima que tendrá un valor de 500,000 colonos.

4.1.12 EQUIPO DE OFICINA

Comprende: computadoras, escritorios, fotocopiadora, etc. : 200,000 colonos.

4.1.13 INVERSION TANGIBLE

Esta conformada por los siguientes rublos:

COSTOS TANGIBLES

MAQUINARIA	1,761,000
OBRA CIVIL	1,000,000
TERRENO	500,000

TRANSPORTE	137,000
INSTALACION	500,000
ELECTRICA	
EQUIPO DE OFICINA	200,000
TOTAL	4,098,000

4.1.14 DEPRECIACIÓN $D = C - R/P$
N(LINEAL)

C = inversión tangible
R = Valor de recuperación
(típicamente 10% de C)
P = Período de tiempo de vida
útil(5 años)

$D = 4,098,000 -$
 $0.1(4,098,000)/5$
 $D = 737,640$ ANUAL

4.1.15 COSTOS INTANGIBLES

Planilla	1,023,600
Servicios	6,510,000
Depreciación	737,640
Mantenimiento	50,000
Imprevistos(5%I.T.)	204,900
TOTAL	8,526,140

4.1.16 Cálculo del Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno.

Producción del Sistema		Observación
Restricción del sistema	hidrapulper	Es el que limita la capacidad del sistema
Capacidad	32 TM	
Tasa de crecimiento población	3 % anual	Según DIGESTYC datos de 1998
Tasa de recolección (38%)	64 TM	
Tratado por hora	4 TM	
Máximo tratado por jornada de 8 h	32	
Precio de compra de papel	0.75lb.	Precio de compra de la competencia (sepacosa)

Precio de venta 4,000 colones/TM

Producción de basura diaria

Producción total en SS	890 TM	
Precio pasta virgen importado	8318 colones/TM	1998. Según Revista Trimestral Oct-Dic del BCR

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Producción diaria total SS (TM)	917	945	973	1002	1032	1062
Producción de Papel diaria (19%)	174	179	185	190	196	201
Recolección Máxima de Papel diaria (19%)	30	30	31	32	33	34

VAN y TIR de acuerdo a eficiencia del sistema

Eficiencia del proceso de producción	80%					
Tratamiento Máximo de Papel diario	24	24	25	26	26	27
Tratamiento Máximo de Papel anual	8,760	8,760	9,125	9,490	9,490	9,855
Ingreso por venta (colones)	¢ 35,040,000	¢ 36,500,000	¢ 37,960,000	¢ 37,960,000	¢ 39,420,000	
Costos anuales de materia prima	¢ 14,484,353	¢ 14,967,165	¢ 15,449,977	¢ 15,932,789	¢ 16,415,601	
Costos intangibles	¢ 8,526,140	¢ 8,526,140	¢ 8,526,140	¢ 8,526,140	¢ 8,526,140	
Ganancia anual	¢ 12,029,507	¢ 13,006,695	¢ 13,983,883	¢ 13,501,071	¢ 14,478,259	
Depreciación	¢ 737,640	¢ 737,640	¢ 737,640	¢ 737,640	¢ 737,640	
Margen operativo	¢ 12,767,147	¢ 13,744,335	¢ 14,721,523	¢ 14,238,711	¢ 15,215,899	
Impuestos de operación 25%	¢ 3,191,787	¢ 3,436,084	¢ 3,680,381	¢ 5,091,160	¢ 3,803,975	
Utilidad neta	¢ 9,575,360	¢ 10,308,251	¢ 11,041,142	¢ 9,147,551	¢ 11,411,925	
Depreciación	¢ 737,640	¢ 737,640	¢ 737,640	¢ 737,640	¢ 737,640	
Utilidad neta (+) Depreciación	¢ 10,313,000	¢ 11,045,891	¢ 11,778,782	¢ 16,011,120	¢ 12,149,565	
Capital de Inversión	¢ 4,098,000					
Flujo de efectivo	¢ 4,098,000	¢ 13,504,787	¢ 14,481,975	¢ 15,459,163	¢ 27,216,420	¢ 15,953,539
VAN	¢ 36,292,033					
TIR	339%					

Eficiencia del proceso de producción	70%					
Tratamiento Máximo de Papel diario	21	21	22	22	23	24
Tratamiento Máximo de Papel anual	7,665	7,665	7,921	8,176	8,176	8,687
Ingreso por venta (colonos)	¢	30,660,000	¢	31,682,000	¢	32,704,000
Costos anuales de materia prima	-¢	12,673,809	-¢	13,096,270	-¢	13,941,190
Costos intangibles	-¢	8,526,140	-¢	8,526,140	-¢	8,526,140
Ganancia anual	¢	9,460,051	¢	10,059,590	¢	10,236,670
Depreciación	¢	737,640	¢	737,640	¢	737,640
Margen operativo	¢	8,722,411	¢	9,321,950	¢	9,499,030
Impuestos de operación 25%	-¢	2,180,603	-¢	2,330,488	-¢	2,374,757
Utilidad neta	¢	6,541,808	¢	6,991,463	¢	7,124,272
Depreciación	¢	648,805	¢	648,805	¢	648,805
Utilidad neta (+) Depreciación	¢	7,190,613	¢	7,640,268	¢	7,773,077
Capital de Inversión	-¢	4,098,000				
Flujo de efectivo	-¢	4,098,000	¢	9,371,216	¢	9,970,755
			¢	10,570,295	¢	10,147,835
					¢	9,725,375
VAN		¢	23,144,786			
TIR			233%			

Eficiencia del proceso de producción	50%		50%		50%		50%		50%		50%	
Tratamiento Máximo de Papel diario	15	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20	20
Tratamiento Máximo de Papel anual	5,475	5,475	5,658	5,840	6,023	6,205	6,390	6,575	6,760	6,945	7,130	7,315
Ingreso por venta (colonos)	¢	21,900,000	¢	22,630,000	¢	23,360,000	¢	24,090,000	¢	24,820,000	¢	25,550,000
Costos anuales de materia prima	-¢	9,052,721	-¢	9,354,478	-¢	9,656,236	-¢	9,957,993	-¢	10,259,750	-¢	10,561,507
Costos intangibles	-¢	8,526,140	-¢	8,526,140	-¢	8,526,140	-¢	8,526,140	-¢	8,526,140	-¢	8,526,140
Ganancia anual	¢	4,321,139	¢	4,749,382	¢	5,177,624	¢	5,605,867	¢	6,034,110	¢	6,462,353
Depreciación	¢	737,640	¢	737,640	¢	737,640	¢	737,640	¢	737,640	¢	737,640
Margen operativo	¢	3,583,499	¢	4,011,742	¢	4,439,984	¢	4,868,227	¢	5,296,470	¢	5,724,713
Impuestos de operación 25%	-¢	895,875	-¢	1,002,935	-¢	1,109,996	-¢	1,217,057	-¢	1,324,117	-¢	1,431,178
Utilidad neta	¢	2,687,624	¢	3,008,806	¢	3,329,988	¢	3,651,170	¢	3,972,352	¢	4,293,535
Depreciación	¢	737,640	¢	737,640	¢	737,640	¢	737,640	¢	737,640	¢	737,640
Utilidad neta (+) Depreciación	¢	3,425,264	¢	3,746,446	¢	4,067,628	¢	4,388,810	¢	4,709,992	¢	5,031,177
Capital de Inversión	-¢	4,098,000										
Flujo de efectivo	-¢	4,098,000	¢	4,321,139	¢	4,749,382	¢	5,177,624	¢	5,605,867	¢	6,034,110
VAN	¢	10,280,260										
TIR		111%										

Eficiencia del proceso de producción	35.0%					
Tratamiento Máximo de Papel diario	11	11	11	11	12	12
Tratamiento Máximo de Papel anual	3,833	3,833	3,960	4,088	4,216	4,344
Ingreso por venta (colones)	¢	15,330,000	¢	15,841,000	¢	16,352,000
Costos anuales de materia prima	-¢	6,336,905	-¢	6,548,135	-¢	6,759,365
Costos intangibles	-¢	8,526,140	-¢	8,526,140	-¢	8,526,140
Ganancia anual	¢	466,955	¢	766,725	¢	1,066,495
Depreciación	¢	737,640	¢	737,640	¢	737,640
Margen operativo	-¢	270,685	¢	29,085	¢	328,855
Impuestos de operación 25%	¢	67,671	-¢	7,271	-¢	82,214
Utilidad neta	-¢	203,013	¢	21,814	¢	246,641
Depreciación	¢	737,640	¢	737,640	¢	737,640
Utilidad neta (+) Depreciación	¢	534,627	¢	759,454	¢	984,281
Capital de Inversión	-¢	4,098,000				
Flujo de efectivo	-¢	4,098,000	¢	466,955	¢	766,725
			¢	1,066,495	¢	1,366,265
					¢	2,158,870
VAN	-¢	838,157				
TIR		10%				

Eficiencia del proceso de producción	32.9%					
Tratamiento Máximo de Papel diario	10	10	10	11	11	11
Tratamiento Máximo de Papel anual	3,603	3,603	3,723	3,843	3,963	4,083
Ingreso por venta (colones)	¢	14,410,200	¢	14,890,540	¢	15,370,880
Costos anuales de materia prima	-¢	5,956,690	-¢	6,155,247	-¢	6,353,803
Costos intangibles	-¢	8,526,140	-¢	8,526,140	-¢	8,526,140
Ganancia anual	-¢	72,830	¢	209,153	¢	490,937
Depreciación	¢	737,640	¢	737,640	¢	737,640
Margen operativo	-¢	810,270	-¢	528,487	-¢	246,703
Impuestos de operación 25%	¢	202,568	¢	132,122	¢	61,676
Utilidad neta	-¢	607,703	-¢	396,365	-¢	185,027
Depreciación	¢	737,640	¢	737,640	¢	737,640
Utilidad neta (+) Depreciación	¢	129,937	¢	341,275	¢	552,613
Capital de Inversión	-¢	4,098,000				
Flujo de efectivo	-¢	4,098,000	-¢	72,630	¢	209,153
			¢	490,937	¢	1,937,640
					¢	1,517,769
VAN	¢	2,394,735				
TIR		0%				

si el sistema es viable económicamente debe ser evaluado con métodos que determinen el valor de la inversión. El parámetro a evaluar será el valor del capital de inversión será su valor en el tiempo, dado que para un inversionista es importante saber si su inversión rendirá ganancias en un tiempo prudencial.

Las técnicas a utilizar son las de Valor Actual Neto y Tasa Interna de retorno. Siendo la primera una evaluación de inversión alternativa y la segunda la determinación del rendimiento de la inversión. En el cálculo del VAN se utilizará una tasa del 12%, que es vigente en el sistema financiero nacional para depósitos superiores al millón de colones. Como se vio antes ya calculamos la inversión tangible, para realizar la evaluación es necesario conocer inversión intangible. Un cálculo incluyendo el VAN y la TIR se puede ver detallado en la tabla Anexo.

Se evalúa basados en eficiencia del proceso, tomando inicialmente el valor de 80%, en el que los valores de VAN y TIR son muy favorables para la inversión. El sistema debe manejar altos porcentajes de la producción diaria para operar con ganancias. Para el 33%, se desvanece la factibilidad del proyecto.

Los valores de VAN y TIR para la inversión muy favorables con alta eficiencia por lo tanto es conveniente realizar la inversión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se concluye que el reciclaje de papel es técnica y económicamente factible.
- La gestión de los desechos sólidos en el AMSS, presenta un panorama muy deficiente; se deben de tomar medidas necesarias, para una mejor recolección de los desechos. El reciclaje de los distintos tipos de materiales disminuiría la carga de desechos; en una gran medida.
- El reciclaje en el AMSS es muy deficiente, por razones culturales y de falta de apoyo de las instituciones.
- Se deben de abrir líneas de créditos designadas a personas cuyo sustento es el reciclaje, para así fomentar este tipo de empresa.
- Aunque la factibilidad del reciclaje sea evidente, esta no es muy bien vista por las grandes empresas; ya que en algunos casos las cantidades de materia prima es muy reducida; Para implementar material reciclado en los productos. En otros casos la contaminación de la materia prima sobrepasa la implementación de un sistema rentable.
- Es recomendable, el asesoramiento de países desarrollados en materia de gestión de desechos y de reciclaje. Para mejorar los sistemas empleados en nuestro país.

BIBLIOGRAFIA.

LIBROS

BACA URBINA, Grabiél. **Evaluación y formulación de Proyectos** Tercera edición, McGraw-hill.

DEL VAL, Alfonso. **El Libro del Reciclaje**. Segunda edición, Barcelona.

DEUTSCHER, Eckhard. **Desechos Sólidos y Educación Ambiental**. DSE.

FREEMAN M. Harry. **Manual de Prevención de la Contaminación Industrial**. McGraw-hill, 1998.

GREENPEACE CENTROAMERICA. **Manual del Ciudadano Sobre desechos Sólidos**. Segunda edición.

CHOPEY P. Nichólas. **Manual de Cálculos del Ing. Químico**. McGraw Hill 1988.

PERRY H. Robert. **Manual del Ing. Químico**. Sexta Edición Mc Graw hill 1995.

MARKS. **Manual del Ing. Mecánico**. Mc Graw hill 1995.

AFET. **Belt Conveyor for bulk Materials**. Conferencia.

Link Belt Mfg. Co Catálogo.

Stephens Adamson Co Catálogo.

Jeffrey Mfg. Co catálogo.

ENCICLOPEDIA ENCARTA. Microsoft 1994.

SALVANATURA. **El mercado de Reciclaje en San Salvador**. OCTUBRE 1994.

ENCICLOPEDIA DE LA TECNICA Y DE LA MECANICA. Volumen sexto, Edición mauta S.A Barcelona España1969.

GRAN ENCICLOPEDIA DE LA CIENCIA Y DE LA TECNICA. Oceano Barcelona España 1997.

TRABAJOS DE GRADUACION

FIGUEROA LUNA, Douglas. **El Reciclaje y el Papel del Ingeniero Industrial**. Trabajo de graduación para optar al grado de ingeniero Industrial.Universidad José Simeón Cañas septiembre 1996.

CARTAGENA HERNANDEZ, Rosa. **El Control de Calidad Como Una Herramienta en los Procesos de Producción Para la Industria del Papel**. Trabajo de

graduación para optar al grado de ingeniero Industrial. Universidad Politécnica
octubre 1986.

GARCIA E. Carlos. **Gestión Municipal de los Desechos Sólidos en el AMSS.**

Trabajo de graduación para optar al grado de Master of Science of Technology.
Chalmers University of Technology 1998.

ELIAS AYALA, Mario Enrique. **Reciclaje de desperdicio de papel Con Fines de elaboración de Cartones Utilitarios para la Industria Avícola.** Trabajo de graduación para optar al grado de ingeniero Industrial. Universidad Politécnica
octubre 1992.

REVISTAS

Prisma. **Perfil ambiental de la región del área metropolitana de San Salvador.**

Proyecto salvadoreño de investigación sobre desarrollo y medio ambiente 1997.

Prisma. **Contaminación por Desechos Sólidos en la Región metropolitana de**

San Salvador. Proyecto salvadoreño de investigación sobre desarrollo y medio ambiente 1997.

Revista Trimestral. **Banco Central de Reserva.** Octubre- Noviembre-Diciembre 1998.

INTERNET

1. <http://www.matrix.com.br/~eixe>.
2. <http://WWW.sl.bc.ca/cyclone/cyclone.htm>
3. <http://WWW.Pro.equinox.com>

GLOSARIO

1 **Botadero:** lugar final donde se depositan los desechos sin ningún tratamiento.

Escogitación: jerga empleada en la recolección de desechos de papel tiene como sinónimos escoger, seleccionar, clasificar.

Desechos Sólidos: Cualquier Materia que es descargada, depositada, enterrada, diluida o vertida en el medio ambiente, en cantidades tales que puede producir alteraciones a la calidad ambiental y a la salud Humana. Por su calidad pueden ser inocuos o no peligrosos, peligrosos, patógenos, tóxicos o radioactivos. Por su origen pueden ser domiciliarios, industriales, agroindustriales, comerciales u hospitalarios. Por su tipo pueden ser orgánicos, plásticos, papel, vidrio, metales, etc. Pueden ser biodegradables o no. También se les llama residuos y más comúnmente basura.

2 **Gasificación:** acción y efecto de pasar al estado gaseoso, uno de los tres estados visibles de la materia, los gases se expanden libremente hasta llenar el recipiente que los contiene. Y son mucho más bajos en densidad que los líquidos y los sólidos.

Incineración: es el proceso por el cual los residuos combustibles sólidos, líquidos o gaseosos son quemados y convertidos en gases que contienen residuos tóxicos generalmente, y el residuo obtenido contiene poco o nada de materia combustible.

3 **Materia orgánica:** Compuestos químicos que tienen carbono combinado con otros elementos químicos, las materias orgánicas pueden ser de origen natural o antropogénico. La mayoría de los compuestos orgánicos son una fuente de alimentación para las bacterias y normalmente son combustibles.

4 **Reciclaje:** retorno al sistema de producción de materiales desechados o sobrantes de procesos productivos y de consumo, destinados para la fabricación de nuevos bienes y para la conservación de recursos y el ahorro de energía.

Algunos materiales son reciclables, es decir que tienen la posibilidad o potencialidad de ser reciclados, es decir, producidos a partir de materias ya usadas.

5 **Rellenos Sanitarios:** Zona utilizada como depósito de basura, con un manejo técnico adecuado. Debe incluir entre otras cosas la selección adecuada del sitio, la separación previa de los desechos, la impermeabilización del suelo del área destinada al vertido de los desechos, la compactación en capas sucesivas de

desechos y tierra, la prevención y control de lixiviados mediante tuberías y lagunas de oxidación, el control de emisiones de gas metano mediante su envasado y aprovechamiento comercial.

Anexo

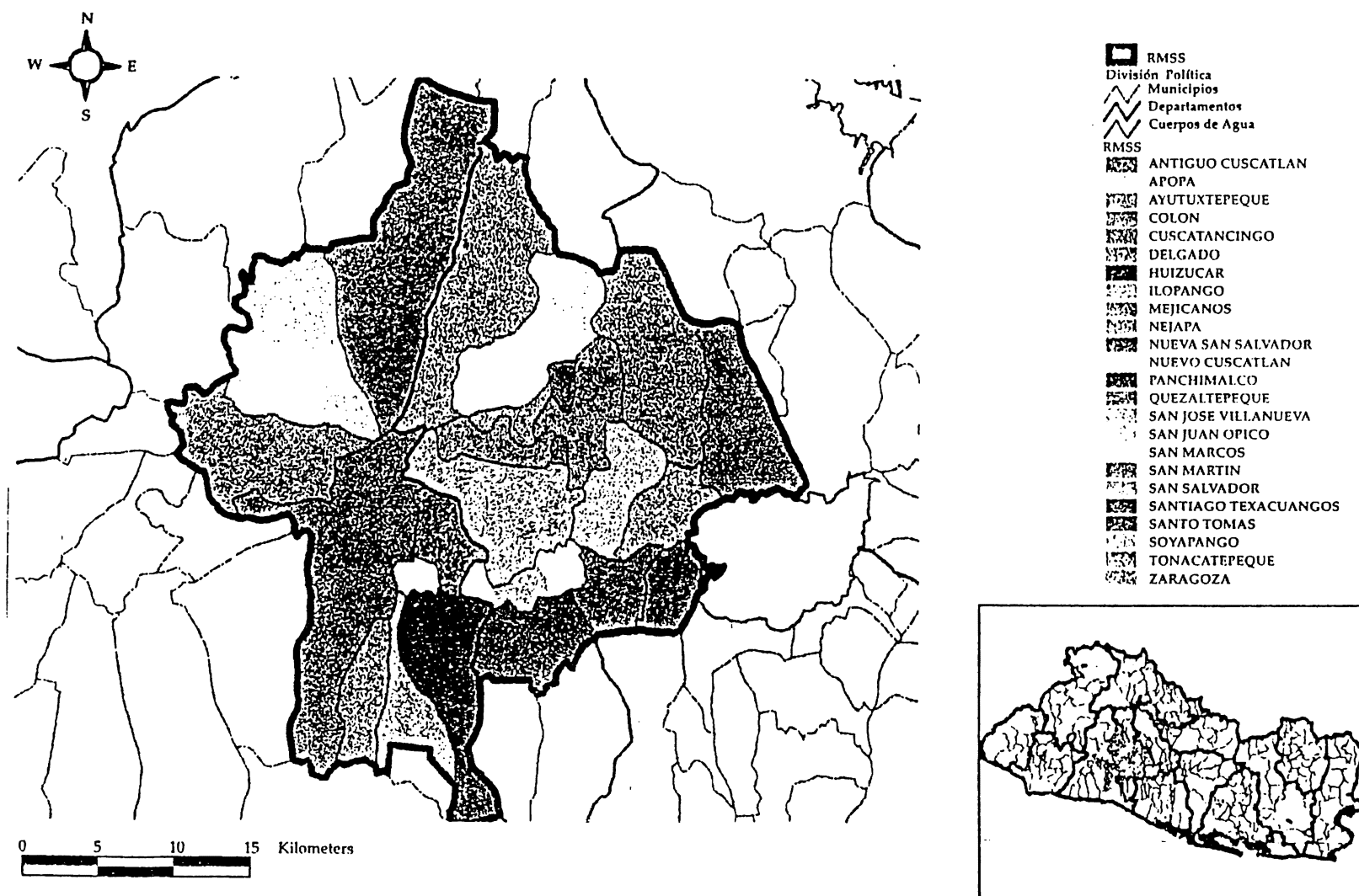


Gráfico 1

Fuente: Revista Prisma

Tabla 1 Clasificación de los procesos de producción de pulpa de madera según sus rendimientos.^a

Forma de la madera	Nombre común	Tratamiento químico	Tratamiento mecánico	Rendimiento en pulpa %
<i>Mecánico</i>				
Tarugos	Madera molida, fría y caliente ^b	Ninguno	Piedra de molino	93-98
Astillas	Refinador mecánico (RMP)	Ninguno	Refinador de disco	93-98
Astillas	Masonite	Vapor	Expansión de vapor	80-90
Astillas	Asplund (fibra burda)	Vapor	Refinador de disco	80-90
Astillas	Termomecánica (TMP)	Vapor	Refinador de disco (presión)	91-95
<i>Quimicomecánico y quimicothermomecánico</i>				
Tarugos	Madera molida vaporizada	Vapor	Piedra de moler	80-90
Tarugos	Madera molida, proceso Decker	Sulfito ácido (Ca, Na, Mg)	Piedra de moler	80-90
Tarugos	Madera molida, proceso Fish	Kraft	Piedra de moler	85-90
Tarugos	Madera molida químicamente	Sulfito neutro	Piedra de moler	80-90
Astillas	Sosa fría	Sosa cáustica	Refinador de disco	80-90
Astillas	Sulfito alcalino	Sulfito alcalino	Refinador de disco	80-90
Astillas	Quimicothermomecánica	Vapor - productos químicos	Refinador de disco (presión)	65-85
<i>Semiquímica</i>				
Astillas	Sulfito neutro (NSSC)	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3, \text{NaHCO}_3$	Refinador de disco	65-90
Astillas	Kraft	$\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$	Refinador de disco	75-85
Astillas	Licor verde	$\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$	Refinador de disco	65-85
Astillas	Sosa	Hidróxido de sodio	Refinador de disco	65-85
Astillas	Sin azufre	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$	Refinador de disco	65-85
<i>Químico de alto rendimiento</i>				
Astillas	Kraft (sulfato)	$\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$	Refinador de disco	55-65
Astillas	Sulfito	Sulfito ácido (Ca, Na, Mg)	Refinador de disco	55-70
Astillas	Sulfito	Bisulfito (Na, Mg)	Refinador de disco	55-70
<i>Totalmente químico</i>				
Astillas	Kraft (sulfato)	$\text{Na}_2\text{S} + \text{NaOH}$	Suave o ninguno	40-55
Astillas	Polisulfuro (una etapa)	$(\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S})_x$	Suave o ninguno	45-60
Astillas	Polisulfuro (dos etapas)	Pretratamiento H_2S : kraft	Suave o ninguno	45-60
Astillas	Sosa	Sosa cáustica	Suave o ninguno	40-55
Astillas	Sosa-AQ	$\text{NaOH} + \text{antraquinona}$	Suave o ninguno	45-55
Astillas	Sosa-oxígeno, dos etapas	NaOH ; oxígeno	Refinador de disco	45-60
Astillas	Sulfito ácido	Sulfito ácido (Ca, Na, Mg, NH_3)	Suave o ninguno	45-55
Astillas	Bisulfito	Bisulfito (Na, Mg, NH_3)	Suave o ninguno	45-60
Astillas	Magnefita	Bisulfito de magnesio	Suave o ninguno	45-60
Astillas	Sulfito neutro	Sulfito neutro	-	45-55
Astillas	Sulfito, multietapas			
	Stora	Sulfito-bisulfito; SO_2	Ninguno	45-55
	Sivola	Sulfito; sulfito alcalino	Ninguno	45-55
<i>Pulpa para disolver</i>				
Astillas	Prehidrólisis kraft	Prehidrólisis kraft	Ninguno	35
Astillas	Sulfito	Sulfito ácido (Ca, Na)	Ninguno	35

^a Pulpa sin humedad y base de madera.

^b Temperatura alta y baja en el pozo del molino.

Tabla 1 Clasificación de los procesos de producción de pulpa de madera según sus rendimientos.^a

Forma de la madera	Nombre común	Tratamiento químico	Tratamiento mecánico	Rendimiento en pulpa %
<i>Mecánico</i>				
Tarugos	Madera molida, fría y caliente ^b	Ninguno	Piedra de molino	93-98
Astillas	Refinador mecánico (RMP)	Ninguno	Refinador de disco	93-98
Astillas	Masonite	Vapor	Expansión de vapor	80-90
Astillas	Asplund (fibra burda)	Vapor	Refinador de disco	80-90
Astillas	Termomecánica (TMP)	Vapor	Refinador de disco (presión)	91-95
<i>Quimicomecánico y quimicotermodomecánico</i>				
Tarugos	Madera molida vaporizada	Vapor	Piedra de moler	80-90
Tarugos	Madera molida, proceso Decker	Sulfito ácido (Ca, Na, Mg)	Piedra de moler	80-90
Tarugos	Madera molida, proceso Fish	Kraft	Piedra de moler	85-90
Tarugos	Madera molida químicamente	Sulfito neutro	Piedra de moler	80-90
Astillas	Sosa fría	Sosa cáustica	Refinador de disco	80-90
Astillas	Sulfito alcalino	Sulfito alcalino	Refinador de disco	80-90
Astillas	Quimicotermodomecánica	Vapor + productos químicos	Refinador de disco (presión)	65-85
<i>Semiquímica</i>				
Astillas	Sulfito neutro (NSSC)	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3, \text{NaHCO}_3$	Refinador de disco	65-90
Astillas	Kraft	$\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$	Refinador de disco	75-85
Astillas	Licor verde	$\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$	Refinador de disco	65-85
Astillas	Sosa	Hidróxido de sodio	Refinador de disco	65-85
Astillas	Sin azufre	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$	Refinador de disco	65-85
<i>Químico de alto rendimiento</i>				
Astillas	Kraft (sulfato)	$\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$	Refinador de disco	55-65
Astillas	Sulfito	Sulfito ácido (Ca, Na, Mg)	Refinador de disco	55-70
Astillas	Sulfito	Bisulfito (Na, Mg)	Refinador de disco	55-70
<i>Totalmente químico</i>				
Astillas	Kraft (sulfato)	$\text{Na}_2\text{S} + \text{NaOH}$	Suave o ninguno	40-55
Astillas	Polisulfuro (una etapa)	$(\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S})_x$	Suave o ninguno	45-60
Astillas	Polisulfuro (dos etapas)	Pretratamiento H_2S ; kraft	Suave o ninguno	45-60
Astillas	Sosa	Sosa cáustica	Suave o ninguno	40-55
Astillas	Sosa-AQ	$\text{NaOH} + \text{antraquinona}$	Suave o ninguno	45-55
Astillas	Sosa-oxígeno, dos etapas	NaOH ; oxígeno	Refinador de disco	45-60
Astillas	Sulfito ácido	Sulfito ácido (Ca, Na, Mg, NH_3)	Suave o ninguno	45-55
Astillas	Bisulfito	Bisulfito (Na, Mg, NH_3)	Suave o ninguno	45-60
Astillas	Magnefita	Bisulfito de magnesio	Suave o ninguno	45-60
Astillas	Sulfito neutro	Sulfito neutro	—	45-55
Astillas	Sulfito, multietapas			
	Stora	Sulfito-bisulfito; SO_2	Ninguno	45-55
	Sivola	Sulfito; sulfito alcalino	Ninguno	45-55
<i>Pulpa para disolver</i>				
Astillas	Prehidrólisis kraft	Prehidrólisis kraft	Ninguno	35
Astillas	Sulfito	Sulfito ácido (Ca, Na)	Ninguno	35

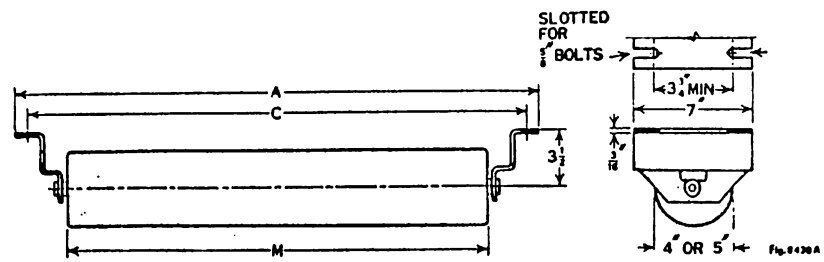
^a Pulpa sin humedad y base de madera.

^b Temperatura alta y baja en el pozo del molino.

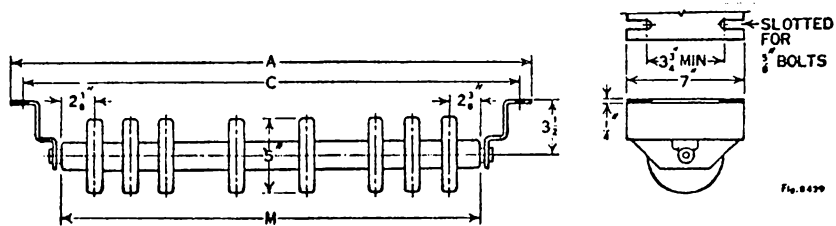
Weight of revolving idler parts

Belt width, inches	Troughed belt idlers												Flat belt and return belt idlers											
	Weight per belt idler, pounds												Weight per idler, pounds											
	Series 5000		Series 6000		Series 7000		Series 8000		Series 9000		Series 5000	Series 6000		Series 7000		Series 8000		Series 9000						
	4" steel rolls	4" steel rolls	5" steel rolls	5" rubber cushion rolls	5" steel rolls	5" rubber cushion rolls	6" steel rolls	6" gray iron rolls	6" rubber cushion rolls	6" steel rolls	7" steel rolls	7" rubber cushion rolls	4" steel rolls	4" steel rolls	5" steel rolls	5" rubber tread rolls	5" steel rolls	5" rubber tread rolls	6" steel rolls	6" gray iron rolls	6" rubber tread rolls	6" steel rolls	7" steel rolls	
14	13	15	19	14	...	...	...	...	...	...	...	...	12	12	15	11	...	...	...	...	...	...	...	
16	15	17	20	15	...	...	...	...	...	...	...	...	13	14	16	12	...	...	...	...	...	...	...	
18	16	18	22	17	25	20	...	...	...	...	...	...	14	16	18	13	22	17	...	...	...	...	...	
20	17	19	24	19	28	23	...	...	...	...	...	...	15	17	20	14	24	18	...	...	...	...	...	
24	20	22	27	22	32	27	41	64	57	...	...	...	17	19	23	15	28	20	36	52	24	...	...	
30	23	26	32	27	36	31	48	76	68	...	...	...	21	23	27	17	34	24	43	71	29	...	...	
36	...	31	38	32	41	35	55	89	79	93	108	126	...	27	31	19	40	28	50	83	53	88	...	
42	...	...	...	...	46	40	64	103	93	106	122	141	...	...	...	...	46	32	57	96	37	98	...	
48	...	...	...	...	52	48	71	115	104	118	136	156	...	...	...	...	52	36	65	108	42	111	131	
54	...	...	...	...	...	...	78	128	116	131	150	171	...	...	...	...	...	...	72	121	46	120	141	
60	...	...	...	...	...	...	86	140	125	143	164	186	...	...	...	...	...	...	79	133	51	135	156	
72	...	...	...	...	...	...	...	...	...	168	192	216	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
84	...	...	...	...	...	...	...	...	...	193	220	246	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	

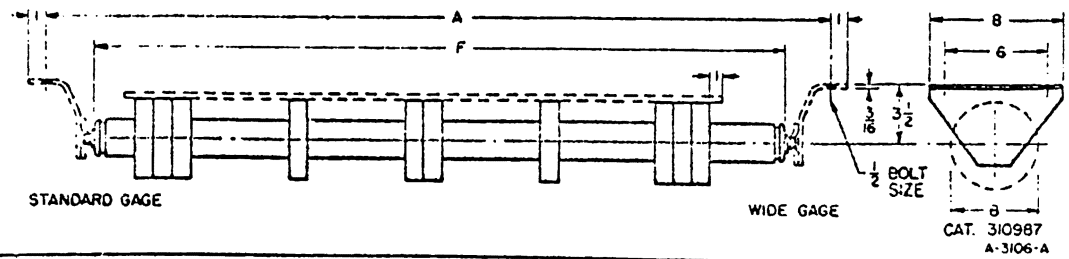
F • Power requirements and belt tensions



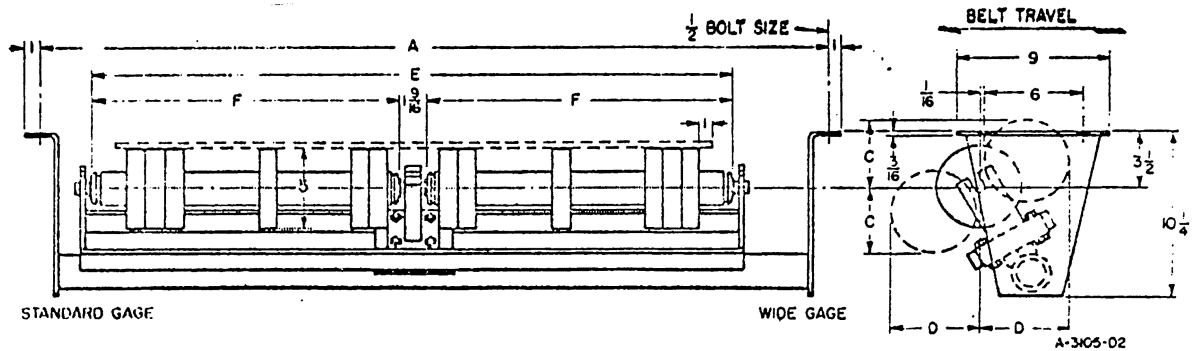
Belt width, inches	Idler weight, pounds		A	C	M
	4" rolls	5" rolls	INCHES		
16	22	25	26%	25	19
18	24	27	28%	27	21
20	26	30	30%	29	23
24	29	34	34%	33	27
30	35	40	40%	39	33
36	40	46	46%	45	39



Belt width, inches	Idler weight, pounds	A	C	M	Number of treads
16	16	26 1/4	25	18 1/4	5
18	17	28 1/4	27	20 1/4	5
20	18	30 3/4	29	22 1/4	5
24	20	34 3/4	33	26 1/4	6
30	23	40 3/4	39	32 1/4	7
36	26	46 3/4	45	38 1/4	8



Belt Width Inches	Type 83500											
	Standard Base											
	★Catalog No. Idler Complete	Wt. In Lbs.	Catalog No. Roll Assembly Only	Dimensions in Inches			No. Discs	★Catalog No. Idler Complete	Wt. in Lbs.	Dimensions in Inches		
				A	B	F				A	B	F
14	323913	24	323864	23	5	17	7		..	..	..	..
16	323914	26	323865	25	5	19	7		..	..	..	..
18	323915	27	323866	27	5	21	7		..	..	..	..
20	323916	30	323867	29	5	23	8		..	..	..	..
24	323917	34	323868	33	5	27	9	323920	40	39	5	33
30	323918	39	323869	39	5	33	10	323921	46	45	5	35
36	323919	44	323870	45	5	39	10	323922	52	51	5	45



Belt Width Inches	Type BU250TD									
	Standard Base			Wide Base			Dimensions in Inches			
	Catalog Number	Wt. in Lbs.	A	Catalog Number	Wt. in Lbs.	A	C	D	E	F
14	324023	52	23		..	..	3	3 1/4	18 1/2	..
16	324024	54	25		..	..	3 1/4	3 3/4	19 1/2	..
18	324025	61	27		..	..	3 3/4	3 3/4	20 1/2	..
20	324026	62	29		..	..	3 1/2	3 3/4	22 1/2	..
24	324027	69	33	324030	71	39	3 3/4	4 3/4	26 1/2	12 1/2
30	324028	89	39	324031	82	45	3 1/4	4 1/2	32 1/2	18 1/2
36	324029	88	45	324032	90	51	4	5 1/4	33 1/2	18 1/2

Specifications subject to change without notice.
Certified dimensions available on request.