

TIQ/000226/C26

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA



**“TECNOLOGÍA LIMPIA PARA LA FABRICACIÓN DE PULPA
Y PAPEL A PARTIR DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO**

PRESENTADO POR

CARRANZA OROPEZA MARIA VERÓNICA

ASESOR

ING. RAYMUNDO CARRANZA NORIEGA



000469

CALLAO - PERU

2004

La presente Tesis fue Sustentada ante el **JURADO DE SUSTENTACION** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios :

| | | |
|--------------------------------|---|------------|
| ING° ROBERTO LAZO CAMPOSANO | : | PRESIDENTE |
| ING° GLADIS REINA MENDOZA | : | SECRETARIA |
| ING° ISABEL GALLO REJAS | : | VOCAL |
| ING° RAYMUNDO CARRANZA NORIEGA | : | ASESOR |

Según figura en el Libro de Actas Folio N° 200 asentado en el Acta N° 185 de fecha **SEIS DE FEBRERO DE 2004**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la modalidad de Titulación con Sustentación de Tesis, de acuerdo a lo normado por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 047- 92-CU de fecha 18 de Junio de 1992.

A mis papas:

El Lic. Pedro Carranza Villar

La Lic. Felipa Oropeza Huaranga

A mis hermanos

Elena, Alfredo y Marco

y a mi Abuelita Valentina

AGRADECIMIENTOS

- A mi Asesor el Sr. Raymundo Carranza Noriega quien me motivo a terminar la tesis.
- A mis profesores de la Universidad Nacional del Callao porque gracias a ellos adquirí los conocimientos para formarme como profesional.
- Al Sr. Rector Alberto Arroyo Viale; por su apoyo en todas las actividades realizadas como estudiante.
- A la Sra. Vicerrectora de Investigación Gloria Saenz Orrego; por sus consejos.
- Al Sr. Carlos Ángeles Queirolo; por su apoyo incondicional en las actividades realizadas como estudiante.
- A todas las personas que de alguna forma han contribuido con el desarrollo de esta tesis.
- A mi ALMA MATER La Universidad Nacional del Callao por haberme formado como Ingeniera Química.

INDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 1 |
| I. INTRODUCCION | 2 |
| II. OBJETIVOS | 5 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL | 5 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| III. PROCESO PRODUCTIVO | 6 |
| 3.1 TECNOLOGÍAS APLICADAS EN EL PERÚ | 6 |
| 3.1.1 MATERIAS PRIMAS | 6 |
| 3.1.1.1 EL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR | 7 |
| A) PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL BAGAZO | 9 |
| 3.2 PRODUCCION DE LA PULPA | 10 |
| 3.2.1 MÉTODOS PARA PRODUCIR PULPA DE BAGAZO | 12 |
| 3.2.1.1 PROCESOS A LA SOSA, AL SULFATO Y AL SULFITO NEUTRO | 13 |
| 3.2.1.2 PROCESO DE EVALUACION Y DESARROLLO CORPORATIVO (PEADCO) | 14 |
| 3.2.1.3 PROCESO CELDECOR – POMILIO O MECANOQUIMICO | 15 |
| 3.3 PROCESAMIENTO DE LA PULPA | 15 |
| 3.4 BLANQUEO DE LA PULPA | 16 |
| 3.5 PROCESAMIENTO DEL PAPEL | 18 |
| IV. CONTAMINANTES DEL PROCESO PRODUCTIVO | 22 |
| 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS FOCOS CONTAMINANTES | 22 |
| 4.2 CARACTERIZACION DE LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN | 23 |
| 4.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS | 23 |
| 4.2.2 CARACTERIZACION DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS | 24 |
| 4.2.2.1 PRODUCCIÓN DE LA PULPA | 25 |
| 4.2.2.2 PROCESAMIENTO DE LA PULPA | 26 |
| 4.2.2.3 BLANQUEO DE LA PULPA | 26 |
| 4.2.2.4 PROCESAMIENTO DEL PAPEL | 28 |
| 4.2.3 CARACTERIZACION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS | 28 |
| 4.3 EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES | 29 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 4.3.1 | EFFECTOS SOBRE LA SALUD | 31 |
| 4.3.2 | EFFECTOS SOBRE LA SEGURIDAD | 31 |
| 4.3.3 | EFFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE | 32 |
| V. | IMPACTO AMBIENTAL DEL PROCESO | 34 |
| 5.1 | ANÁLISIS DEL IMPACTO | 36 |
| 5.1.1 | MATRIZ DE RIESGO | 37 |
| 5.1.1.1 | IDENTIFICACIÓN DE IMPACTO | 37 |
| 5.1.1.2 | EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS | 40 |
| 5.2 | ESTANDARES PARA CALIDAD DE AIRE Y AGUA PARA EL SECTOR PAPELERO | 43 |
| 5.3 | LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (LMP) PARA EMISIONES GASEOSAS Y EFLUENTES DE LA INDUSTRIA PAPELERA | 45 |
| VI. | APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS | 47 |
| 6.1 | CAMBIOS EN EL PROCESO | 48 |
| 6.1.1 | MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA | 48 |
| 6.1.1.1 | APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS PREVIOS PARA SU MEJOR APROVECHAMIENTO | 49 |
| 6.1.2 | MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE DESMEDULADO | 51 |
| 6.1.3 | IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE EMISIONES GASEOSAS | 52 |
| 6.1.4 | IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE EFLUENTES | 52 |
| 6.1.4.1 | PROGRAMA PARA REDUCCIÓN DE AGUA DE PROCESO | 53 |
| 6.1.4.2 | IMPLEMENTACIÓN DE CIRCUITOS CERRADOS PARA AGUA DE PROCESO Y EFLUENTES | 55 |
| A) | IDENTIFICACION DE LAS ZONAS APTAS PARA RECIRCULACION O REUSO DE AGUAS DE DESECHO | 55 |
| B) | IDENTIFICACION DE LOS PROBLEMAS RELACIONADOS A LAS AGUAS DE DESECHO | 56 |
| C) | TRATAMIENTO PRIMARIO | 58 |
| D) | TRATAMIENTO SECUNDARIO | 59 |
| 6.1.4.3 | TRATAMIENTO DE EFLUENTES DEL PROCESO DE DESMEDULADO | 61 |
| A) | VENTAJAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL EQUIPO SEDIFLOAT SDF | 61 |
| B) | DESCRIPCIÓN DEL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO | 62 |
| 6.1.4.4 | TRATAMIENTO DE EFLUENTES PROVENIENTES DEL PROCESO DE PULPEO | 64 |
| A) | NEUTRALIZACIÓN | 64 |
| B) | TRATAMIENTO EN LAGUNA DE ESTABILIZACION | 64 |
| C) | RECUPERACION DE LIGNINA | 66 |
| D) | RECUPERACION DE SODA CAUSTICA | 66 |
| E) | TRATAMIENTO ANAEROBIO: USO DE REACTORES ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE (UASB) | 69 |
| 6.1.4.5 | TRATAMIENTO DE EFLUENTES PROVENIENTES DEL PROCESO DE BLANQUEO | 72 |
| 6.1.5 | IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE RESIDUOS SÓLIDOS | 74 |

| | | |
|-------------------|---|-----|
| A) | SEGREGACIÓN DE RESIDUOS | 75 |
| B) | RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO | 76 |
| C) | DISPOSICIÓN | 77 |
| 6.2 | CAMBIOS TECNOLOGICOS | 78 |
| 6.2.4 | SUSTITUCIÓN DE REACTIVOS PARA BLANQUEO DE PULPA | 78 |
| 6.2.4.1 | PEROXIDO DE HIDROGENO | 79 |
| 6.2.4.2 | OXIGENO | 79 |
| 6.2.4.3 | OZONO | 82 |
| 6.2.4.4 | RECUBRIMIENTOS | 82 |
| 6.2.4.5 | ENZIMAS | 82 |
| 6.2.5 | IMPLEMENTACION DE NUEVOS EQUIPOS PARA ZARANDEO Y LIMPIEZA | 83 |
| 6.3 | PROPUESTA INTEGRAL DE TECNOLOGIA LIMPIA | 84 |
| 6.3.1 | DESCRIPCIÓN DEL PROCESOS PROPUESTO | 86 |
| VII. | CONCLUSIONES | 89 |
| VIII. | RECOMENDACIONES | 94 |
| IX. | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 96 |
| X. | INDICE DE CUADROS Y FIGURAS | 100 |
| ANEXOS | | |
| - | ANEXO A-1: ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AIRE Y AGUA | 102 |
| - | ANEXO A-2: LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EMISIONES Y EFLUENTES | 103 |
| - | ANEXO A-3: REQUERIMIENTO HIDRICO PARA DIFERENTES TIPOS DE FABRICACION DE PAPEL | 104 |
| - | ANEXO A-4: REPORTE DE EXPERIENCIAS EN LA APLICACIÓN DE TRATAMIENTO SECUNDARIO PARA AGUAS DE CIRCUITOS CERRADOS | 105 |
| - | ANEXO A-5: RESUMEN DE ALGUNOS ESTUDIOS DE CASOS | 106 |

RESUMEN

El presente trabajo considera la aplicación del concepto de tecnología limpia para la industria papelera peruana que emplea el bagazo de caña de azúcar como materia prima principal, partiendo de dos aspectos centrales, el primero relacionado a la identificación de los problemas que involucran la calidad del producto final, y la generación de subproductos propios del proceso, para luego hacer una evaluación de los mismos. Corroborando en esta etapa que la falta de innovación de los procesos y la no preocupación por conservar los recursos naturales considerados abundantes pero no por ello inagotables, ha facilitado la pérdida de competitividad en el mercado internacional y hasta en el nacional, por el bajo rendimiento en la producción y los altos costos que esto le representa, además de la generación de una serie de subproductos con características contaminantes tanto para la población y el entorno circundante a esta industria.

El segundo aspecto involucra una serie de posibilidades para los problemas ya identificados, los mismos que son adaptados en cada una de las etapas considerando la realidad estructural, tecnológica y económica actual del proceso, esto como una primera base para presentar una propuesta integral pero no definitiva de los cambios que se pueden hacer en este proceso productivo, quedando abierta la posibilidad de seguir investigando aspectos más específicos en cada etapa del mismo. Además se debe considerar que la decisión final para la adaptación de estas propuesta siempre queda en manos de los que toman las decisiones corporativas en un empresa.

I. INTRODUCCION

La industria papelera peruana según datos del Ministerio de la Producción esta dentro de los cinco ^{problema ambiental} sectores industriales de mayor generación de problemas ambientales, no obstante, el producto final viene a ser un recurso renovable y reciclable en comparación con otros, por ejemplo el plástico, en tal sentido la industria papelera tiene la gran ventaja de convertirse en un buen sustituto de estos productos, pero para ello debe considerar la incorporación de conceptos actuales dentro de su proceso que le permitan minimizar los problemas ambientales que ella genera y a la vez mejorar la calidad de su producto.

En un análisis muy general se sabe que la manufactura del papel a partir de bagazo en este caso específico, genera una enorme cantidad de residuos de mayor o menor toxicidad, como son: fibras de celulosa disueltas, restos de los productos químicos utilizados para la digestión del bagazo, sustancias resultantes de la eliminación de la lignina (licor negro), sustancias organocloradas provenientes del blanqueo, compuestos orgánicos volátiles, óxidos nitrosos, partículas y monóxido de carbono, entre algunos ejemplos directos provenientes de la producción, además de los indirectos como el dióxido de carbono.

En este sentido, la industria papelera está haciendo esfuerzos para poner en marcha la aplicación de tecnologías limpias, ya sea por obligación de parte de los ministerios o por propia voluntad, cabe señalar que la aplicación del concepto de tecnologías limpias no necesariamente involucra nuevos cambios de tecnologías

propriadamente dichos en el proceso productivo, sino fundamentalmente una reorientación de todos los flujos másicos y energéticos, con el único fin de reducir la producción de residuos, en cantidad y en menor grado de contaminación (mejorar los métodos para eliminar la lignina, reutilización de productos químicos, etc.) y reducir el consumo de materias primas (fibras vírgenes, agua y energía). Todo ello con el fin de reducir costos y conseguir un ciclo cerrado en el que se genere menos contaminación del aire, del agua y del suelo. Considerando la realidad peruana en el sector papelerero que emplea bagazo, las propuestas técnicas que se requieren se encaminan a priorizar acciones para disminuir el consumo del recurso hídrico como parte fundamental antes de dar inicio a cualquier cambio en el proceso o tratamiento de residuos tanto líquidos, sólidos y gaseosos, seguido del correcto almacenamiento de materias primas para evitar su pérdida, seguido de la recuperación de compuestos químicos utilizados en el proceso, toda esta orientación se hace debido a que las empresas de este rubro cuentan con procesos e infraestructura antigua y de baja competencia en el mercado, que no le permiten hacer grandes inversiones en la sustitución de maquinaria moderna.

Sin embargo este sector tiene un gran potencial para cubrir internamente su demanda de energía mediante la quema de subproductos y las instalaciones de cogeneración, y la reducción de consumo de agua empleándola racionalmente y de acuerdo a las necesidades de producción. Además del desarrollo de tecnologías de blanqueo alternativas, como la utilización de compuestos oxigenados, que ha solucionado por completo estos problemas en las fábricas que las han implantado.

Otro aspecto para que las empresas sean eficientes en términos ambientales, es también identificar el grado o nivel de concientización y capacitación ambiental de cada uno de los involucrados en la cadena productivo, dado que mientras el nivel macro de la industria asume un rol importante en la configuración de las condiciones generales para un desarrollo económico acorde con las necesidades de protección del medio ambiente (legislación ambiental, códigos de conducta voluntarios, normas legales e instrumentos económicos), las tareas en el nivel micro consisten en mejorar la disposición y la aptitud de las empresas para desarrollar estrategias activas que mejoren su "ecoeficiencia" por encima de las normas mínimas que impone la protección del medio ambiente y los recursos naturales, lo que las conllevará a implementar con eficiencia cualquier sistema dentro de sus procesos.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Sustituir tecnología antigua y obsoleta por tecnología limpia en la industria papelera peruana, que utiliza como principal materia prima el bagazo de caña de azúcar, para mejorar su calidad, rendimiento y minimizar los problemas de contaminación.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar y caracterizar los contaminantes del proceso de fabricación de pulpa y papel a partir de bagazo de caña de azúcar para analizar su impacto en el ambiente.
- ✓ Definir los métodos y sistemas que permitan mejorar la calidad y rendimiento de la pulpa y papel a partir de bagazo de caña de azúcar, además que permitan minimizar los contaminantes del proceso.
- ✓ Aplicar y adecuar los métodos y sistemas anteriores a la realidad de la industria papelera peruana, que tiene como principal materia prima el bagazo de caña de azúcar, como una alternativa de tecnología limpia.

III. PROCESO PRODUCTIVO

3.1 TECNOLOGÍAS APLICADAS EN EL PERÚ

En virtud del gran número de tipos de papel que se produce en el país sería muy extenso referirnos a cada uno de ellos. Sin embargo, a manera muy general, podemos decir que la manufactura del papel comprende operaciones esencialmente mecánicas, las cuales se basan en la tendencia de las fibras celulósicas en suspensión acuosa a unirse entre si cuando se secan.

El proceso de la elaboración de pulpa y papel se describirá en cuatro etapas para su mejor entendimiento, los cuales son:

- Producción de la pulpa.
- Procesamiento de pulpa.
- Blanqueo de pulpa y
- Procesamiento del papel.

Antes de su descripción es necesario conocer más acerca de la importancia de las materias primas, por ello a continuación se tratará acerca de estos con más detalle.

3.1.1 MATERIAS PRIMAS

Estas consisten en:

- Pulpas vírgenes de celulosa
- Fibras secundarias
- Encolantes y
- Cargas

Las fibras vírgenes provienen del pulpeo de madera o de plantas anuales y dependiendo tanto del grado de integración

productiva (astillas, celulosa, papel y su manufactura), como del tipo de papel a manufacturar, estas se reciben ya sea como suspensión o como pliegos, los cuales pueden estar sin blanquear.

Los pliegos de pulpa registran por lo general un contenido de humedad de 10%, debido a esto previamente deberán hidratarse mediante repulpeo; por otra parte las fibras secundarias o fibras recobradas son las que se obtendrán del reprocesamiento de cartón y papel de desperdicio.

La adición de los encolantes tiene como objetivos principales otorgar al papel propiedades permeables, aumentar su resistencia a la tensión, al dobléz, a la explosión y junto con las cargas, propiciar una superficie que sea adecuada a la escritura e impresión, la más usada es la resina saponificada.

Por lo que respecta a las cargas, citaremos que estas son materias de relleno cuya función es la de ocluir los huecos que de manera natural se originan al momento de unirse las fibras de la celulosa en la sección de formación de la máquina de papel.

S. J

3.1.1.1 EL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

En nuestro país solo dos empresas productoras de papel emplean el bagazo de caña de azúcar como fibra virgen principal para la elaboración de pulpa; estas son QUIMPAC - Paramonga S.A y TRUPAL S.A. ubicados en la Provincia de Barranca y la ciudad de Trujillo al norte del país respectivamente.

Ambas desde el inicio de sus operaciones que datan desde 1930 aprovechan este recurso por encontrarse ubicadas en zonas de

cultivo de caña de azúcar y dada las ventajas que ello les representa. En la foto 3.1 se puede apreciar cultivos de caña de azúcar.

Foto 3.1.- Cultivos de caña de azúcar



Fuente: www.propal.com

El bagazo es el residuo fibroso que queda de la caña de azúcar "*SACCHARUM OFFICINALE L*" después de exprimirla y pasar por un proceso de extracción para obtener azúcar, esta caña crece en climas tropicales y subtropicales. La calidad de bagazo que se obtiene después de estas operaciones depende de varios factores tales como: variedad de caña, su edad al ser cortada, las condiciones agrícolas, el terreno de cultivo, el grado de exprimido y de las operaciones llevadas a cabo en el ingenio azucarero.

El bagazo como subproducto de la industria azucarera, conserva una posición única entre las fibras no leñosas para la manufactura de la pulpa, debido principalmente a su disponibilidad en grandes cantidades en un área definida. La notable ventaja que esta presenta sobre otras fibras de

plantas no leñosas consiste en el ahorro de costos por su recolección, extracción de su jugo y de su limpieza, que generalmente están a cargo del ingenio azucarero.

A. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL BAGAZO

El bagazo completo esta integrado por tres componentes principales:

- El recubrimiento, en el que se incluye la epidermis, la corteza y el periciclo.
- Los mazos de fibra vascular, en los que figuran las células conductoras de pared delgada asociadas con fibras de pared relativamente delgada con estrecho lumen.
- El tejido básico (parénquima) o médula, con mazos de fibra distribuidos irregularmente.

El bagazo crudo contiene 70 - 75 % de fibra útil y aproximadamente 30 - 35 % de médula, tierra y otros materiales solubles en agua. La medula constituye una porción indeseable porque esta compuesta de células no fibrosas, con longitudes inferiores a 0.4 mm.

La coloración del bagazo cuando esta fresco y seco es blanco, y varía desde el blanco grisáceo a verde ligero, según la variedad y la edad de la caña. La médula es blanca y esta asociada con los mazos de fibras. Mientras el bagazo se encuentra almacenado su color va desde el pardo amarillento al gris oscuro.

La composición química de las diferentes fracciones del bagazo se indican en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1.- Propiedades químicas de las fracciones del bagazo

| PROPIEDADES QUIMICAS | ENTERO | FIBRA | MEDULA |
|------------------------------------|--------|-------|--------|
| Solubilidad en eter (%) | 0.25 | 0.12 | 2.5 |
| Solubilidad en alcohol-benceno (%) | 4.1 | 1.8 | 2.8 |
| Solubilidad en agua caliente (%) | 2.5 | 0.9 | 1.9 |
| Lignina (%) | 20.2 | 20.8 | 20.2 |
| Pentosanas (%) | 26.7 | 27.9 | 28.4 |
| Homocelulosa (%) | 76.6 | 77.8 | 77.7 |
| Alfa celulosa corregida (%) | 38.1 | 42.4 | 34.8 |
| Ceniza (%) | 1.67 | 0.7 | 2.29 |

Fuente: Pulpa y Papel, Química y Tecnología Química, James Casey, Vol. I

3.2 PRODUCCION DE LA PULPA

Esta primera etapa es conocida como la del pulpeo, aquí el bagazo procedente del trapiche de la empresa productora de azúcar es almacenado, mediante el método tradicional que consiste en conservarlo en balas muy compactadas con distintos tamaños y pesos o colocadas en un área abierta destinada para su almacenamiento, tal como se puede apreciar en la foto 3.2.

Foto 3.2.- Almacenamiento de bagazo



Fuente: PAMA QUIMPAC S.A. Paramonga

El bagazo almacenado posteriormente pasa a los molinos a través de fajas transportadoras, obteniéndose la fibra que ingresa a unas tinajas lavadoras con el objetivo de eliminar el polvillo arrastrado del proceso anterior, ingresando luego a un molino húmedo donde es desmedulado, el mismo que constituye un paso imprescindible al mejorar el bagazo para la producción de pulpas de alta calidad. En la foto 3.3 se puede apreciar el transporte del bagazo a través de estas fajas.

Foto 3.3.- Transporte de bagazo por fajas



Fuente: www.propal.com

El bagazo crudo o parcialmente desmedulado puede utilizarse para pulpa de un grado inferior, para medios corrugantes, cartones aislantes y otras variedades análogas. Básicamente son tres los métodos para desmedular: en seco, húmedo y mojado.

El desmedulado en seco se lleva a cabo con el bagazo almacenado, el desmedulado húmedo, usualmente se realiza en el ingenio azucarero, ambos métodos son puestos en práctica en nuestro país.

Una vez obtenida la fibra húmeda, ingresa a un proceso de digestión, para esta etapa se conocen diferentes métodos químicos que se describen más adelante, pero indicaremos que en el Perú las empresas emplean el método Peadco, el cual usa la soda cáustica para cocinar la fibra por un tiempo aproximado de 23 a 25 minutos a condiciones de temperatura y presión predeterminadas, obteniéndose una pulpa parda oscura.

Esta operación se lleva a cabo en digestores continuos y su finalidad es eliminar parte de la lignina contenida en la fibra. En la foto 3.4 se muestran tanques digestores de una fábrica de papel.

Foto 3.4.- Tanques digestores



Fuente: Elaboración propia

3.2.1 MÉTODOS PARA PRODUCIR PULPA DE BAGAZO

El bagazo se puede convertir en pulpa por cualquiera de los procesos convencionales: sosa, sulfato con sulfidez de 15 a 20 %, cal-sosa, sulfito neutro, sosa-cloro (Celdecor-Pomilio), o mecanoquímico. Otros dos procesos son el Peadco y el Cusi-San Cristóbal, ideados especialmente para la producción de

pulpa de bagazo. Alguno de estos procesos, basados en la digestión alcalina con poco tiempo de cocción, se describen a continuación.

3.2.1.1 PROCESOS A LA SOSA, AL SULFATO Y AL SULFITO NEUTRO

Los procesos a la sosa y al sulfato han encontrado gran aplicación en la producción de pulpa de bagazo.

Parece haber poca opción entre los procesos al sulfato y a la sosa cuando se produce pulpa blanqueada. La pulpa de grado blanqueable se produce mediante el proceso a la sosa en un sistema pandia de digestión continua: tiempo de cocción de 10 a 12 minutos; temperatura de 165 a 170°C ; presión en el digestor de 65 a 70 N/cm² (6.5 a 7 kgf/cm²); relación licor/bagazo seco 1:3.5; NaOH al 12% de alcali activo total basado sobre materia prima libre de humedad. El número de permanganato de la pulpa es de 9.5 a 10 y el rendimiento en pulpa no cernida va de 50 a 52 %. El proceso a la cal- sosa se utiliza en algunos países de Latinoamérica, especialmente para producir papeles sin blanquear, aunque la pulpa puede blanquearse hasta un nivel medio de blancura para la manufactura de papeles de grado bajo para escritura e impresión. La cocción con sulfito neutro produce pulpa de una resistencia más baja, pero el rendimiento y los valores de blancura pueden ser del 2% y 4 puntos respectivamente más elevados que los correspondientes a la pulpa producida mediante el proceso al sulfato.

13.2.1.2-1

3.2.1.2 PROCESO DE EVALUACION Y DESARROLLO CORPORATIVO (PEADCO)

Este proceso fue creado por la Corporación de Evaluación y Desarrollo de Procesos, subsidiaria de W.R. Grace and Company. Es un proceso totalmente integrado, en el que se incluyen las operaciones de desmedulado y de cocción del material desmedulado, y se encuentra en uso en fábricas de México, Venezuela, Taiwán y **Perú**.

A continuación Según James Casey de su obra "Pulpa y Papel, Química y Tecnología Química" se describe detalladamente este proceso: "Las balas de bagazo se rompen en un rompedor de balas o se alimentan desde las canchas de almacenamiento según sea el caso, para luego ser transportadas a la unidad de desmedulado, donde se desintegra el material, y debido a la acción de roce, la fibra y la médula se separan de forma eficaz. La médula se elimina por el cernedor en forma neumática, y la fibra desmedulada se descarga por el extremo del desmedulador. A partir de entonces la recibe un alimentador compactador helicoidal, que la lleva al sistema de producción de pulpa, en donde la fibra compactada entra en un recipiente digestor horizontal a alta presión. Los productos químicos para la cocción y el vapor se inyectan al digestor por el mismo punto de entrada que la materia prima. La digestión se lleva a cabo a 125 lb/pulg² (860 kPa) en fase vapor, con un tiempo total de retención de de 18 a 20 minutos.

Las condiciones de la cocción están controladas con el fin de reducir el contenido de lignina de la fibra al 5 %, en tanto que se impide que las xilanas sean reabsorbidas. La pulpa se

sopla desde el digestor, con una consistencia elevada, hacia un refinador de disco con temperatura de 145°C. El licor negro se agrega al descargador para disminuir la evaporación por expansión (flash). La pulpa semirrefinada pasa al tanque de soplado. La pulpa procedente del tanque de soplado se lava, se cierne y se limpia centrifugamente. Los rechazos procedentes del sistema de cernido se reciclan hacia el sistema de digestión".

3.2.1.3 PROCESO CELDECOR – POMILIO O MECANOQUIMICO

Este proceso se emplea para la obtención de pulpa para la manufactura de medios corrugantes y otras variedades que no requieren blanqueo, los reactivos que usa son la soda cáustica o solamente cal en combinación con otros álcalis, el rendimiento de la pulpa es alto en promedio del 70% en condiciones de cocción de una hora a 98°C y 12% de soda.

Existen otros procesos para obtención de pulpa a partir de bagazo tales como: al ácido nítrico y el proceso hidrotrópico, los que no han tenido aplicación comercial, además los descritos anteriormente son los más empleados en esta industria.

3.3 PROCESAMIENTO DE LA PULPA

El procesamiento de la pulpa obtenida del proceso anterior, tiene como objetivo limpiar la pulpa para luego ser blanqueada. En esta operación la pulpa es lavada en varias etapas en cuartos de filtros lavadores en contracorriente con agua fresca y a la vez con agua reciclada con la finalidad de separar la pulpa del licor residual de cocimiento, más conocido como licor negro.

Posteriormente pasa a un sistema de limpieza compuesto por zarandas y depuradores ciclónicos, donde se realiza una separación gruesa y fina de los materiales indeseables, como arena y otras impurezas. La pulpa café obtenida es almacenada para luego continuar al proceso de blanqueo o ser usada en las máquinas papeleras con destino a la fabricación de papeles sin blanquear o naturales. Pero antes de ingresar al blanqueo esta pulpa es lavada en centrífugas y luego espesada, reduciendo así la cantidad de agua. En la foto 3.5 se observa los tanques de almacenamiento de esta pulpa.

Foto 3.5.- Tanques de almacenamiento de pulpa oscura



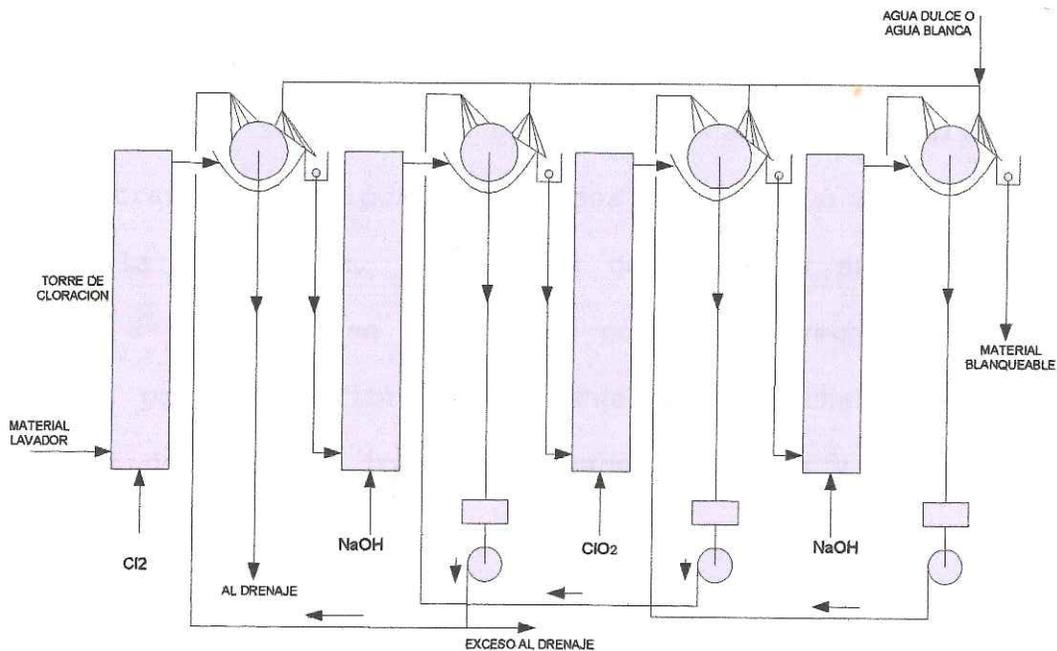
Fuente: Elaboración propia

3.4 BLANQUEO DE LA PULPA

Las pulpas de bagazo se blanquean con facilidad. Con un blanqueo al hipoclorito, en una sola etapa, puede obtenerse una blancura de 70 ISO. Con un blanqueo en tres etapas (CEH) puede fácilmente lograrse una blancura de 85 a 86, con 5%

total de cloro en relación con el peso en seco de la pulpa sin blanquear. La finalidad principal de esta operación es retirar toda la lignina residual que le confiere el color café a la pulpa, lo cual se logra paulatinamente a lo largo del proceso de blanqueo gracias a la reacción química que ocurre en cada una de las torres de retención y a un posterior lavado por filtración para eliminar los productos de cada reacción, tal como se muestra en el diagrama 3.1. En nuestro país por lo general el blanqueo de la pulpa se inicia con la adición de cloro, seguida de una extracción alcalina con soda cáustica y finalmente con hipoclorito de sodio. Sin embargo estudios científicos hoy en día han revelado que el uso de estos reactivos químicos son generadores de riesgo para los seres vivos, tal como se verá a detalle en el capítulo IV.

Diagrama 3.1.- Blanqueo químico de pulpa



Fuente: Nalco Chemical Company, Manual de agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones.

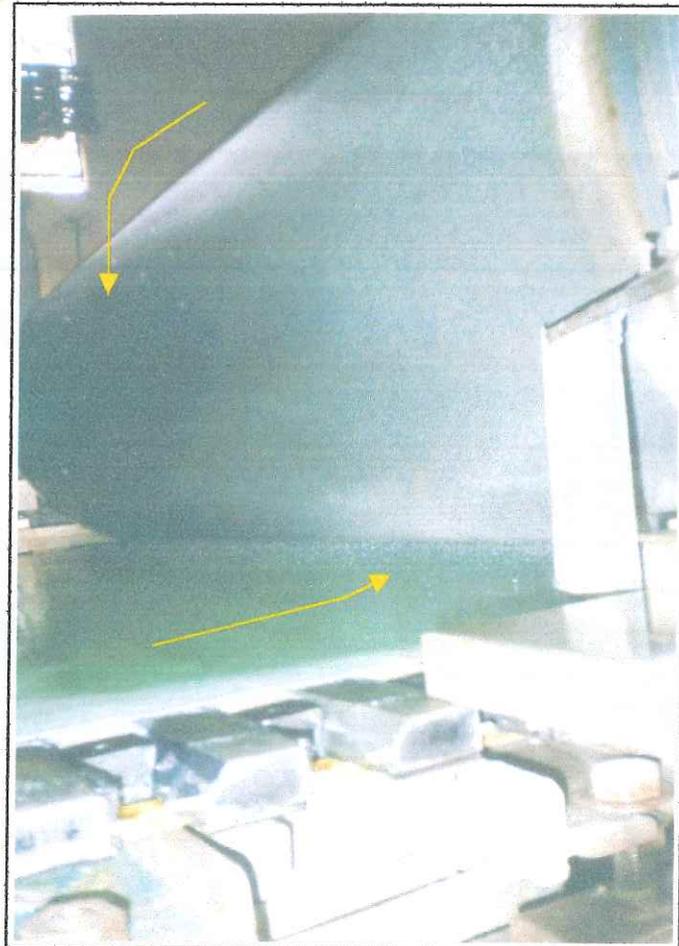
3.5 PROCESAMIENTO DEL PAPEL

En el procesamiento del papel la pulpa de bagazo obtenida de las operaciones anteriores ya sea blanqueada o sin blanquear al igual que las fibras secundarias (refiles, etc.), ingresan a un proceso de repulpeado con el objetivo de desarrollar las características físicas deseables en los diversos grados de papel a fabricar. Estas operaciones se realizan en equipos especiales llamados hidropulper, donde son disgregadas. En el repulpeo se convierte en una suspensión fibrosa o pasta a todo aquel material celulósico que se recibe en forma seca, adicionando la cantidad adecuada de agua en el hidropulper.

Las fibras de celulosa tal y como sale del paso de depuración de los hidropulper son inapropiadas para la manufactura de papel debido a que la retención de partículas indeseables no deja de ser demasiado burda y por lo tanto puede permitir que alguna de ellas llegue a dañar a los refinadores o bien a la máquina de papel, por lo que deben someterse a un tratamiento de modificación superficial. Dicha modificación se realiza al pasar a través de equipos denominados batidores o refinadores. Durante la refinación, las fibras de celulosa se separan e hidratan a plenitud, se fibrilan y cortan aprovechando que ya en este paso las fibras se encuentran hinchadas por la absorción de humedad, lo que las hace flexibles y manejables. En general, se aduce que con la refinación la capacidad de adhesión entre fibras se incrementa, debido a la modificación originada en su superficie. Ya refinada y lista la pasta ingresa a las máquinas papeleras, siendo en esta sección donde se añaden los aditivos químicos y se realiza el encolado,

normalmente el insumo más empleado es la resina saponificada, la cual precipita sobre las fibras; esta mezcla de fibras, aditivos químicos, colorantes y gran cantidad de agua es depositada sobre una malla girando a alta velocidad que mediante una combinación de efectos de gravedad y vacío, retira el agua quedando al final de la malla una estructura húmeda de fibras entrelazadas que es en sí el principio de la hoja de papel. La foto 3.6 muestra esta malla receptora girando a gran velocidad.

Foto 3.6.- Malla receptora de pulpa



Fuente: Elaboración propia

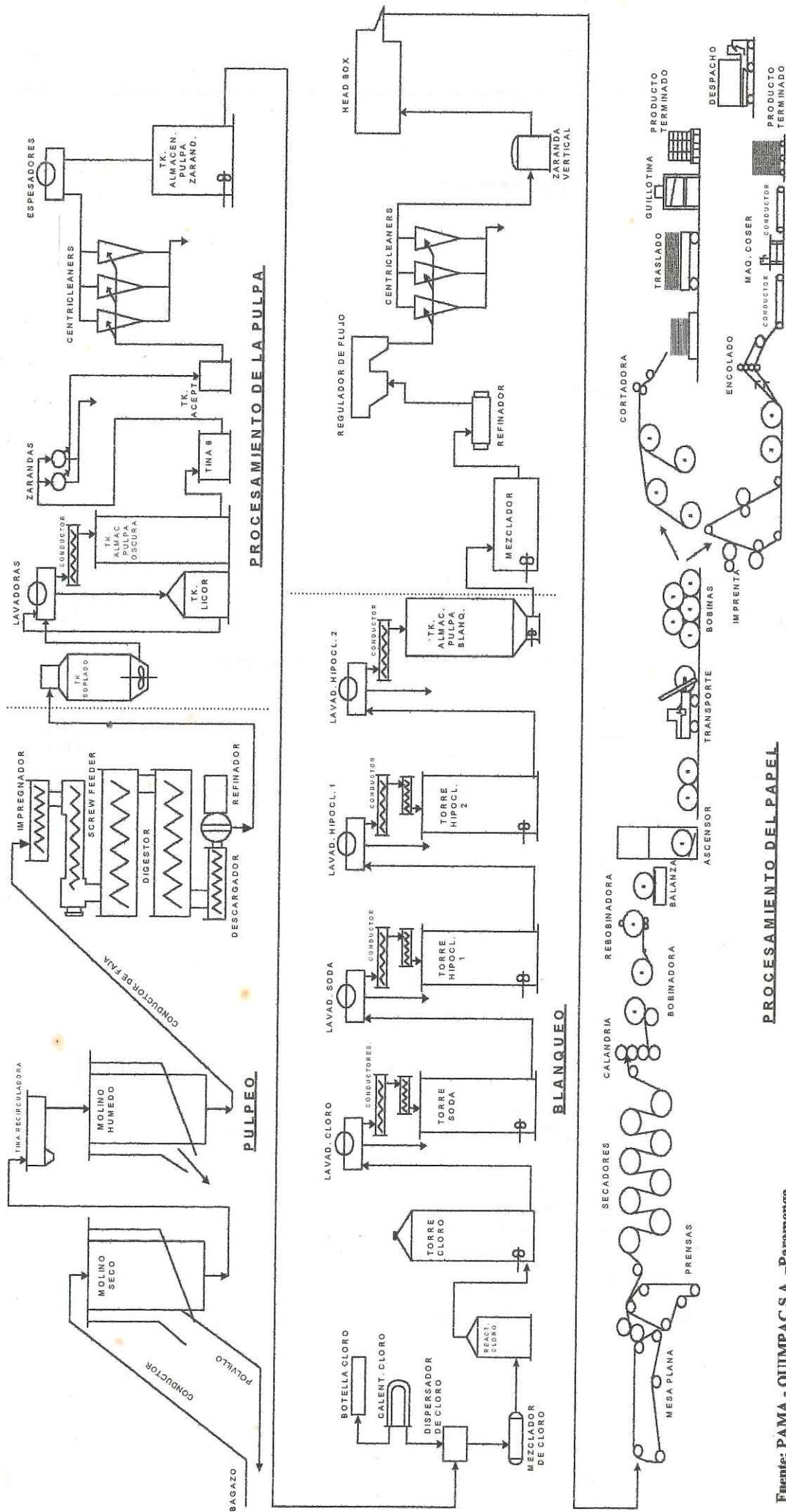
Posteriormente se pasa la hoja de papel por un sistema de prensas y secadores de vapor para eliminar el exceso de humedad que todavía contiene la hoja, para luego ser pasada por un sistema de rodillos, llamado calandria, que prensa la hoja para dar mejores propiedades de apariencia como lisura, calibre y porosidad. Esta hoja continua de papel es enrollada en bobinas de gran tamaño, llamadas "jumbos" o "reeles", donde se corta a rollos en anchos más pequeños de acuerdo a lo solicitado por los clientes tal como se aprecia en la foto 3.7, estas actividades se realizan en una sección de acabados. Finalmente el producto terminado es almacenado.

Foto 3.7.- Bobinas de papel



Fuente: Elaboración propia

3.6 DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA DE PAPEL



PROCESAMIENTO DEL PAPEL

Fuente: PAMA - QUIMPAC S.A. - Paramonga

IV. CONTAMINANTES DEL PROCESO PRODUCTIVO

4.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS FOCOS CONTAMINANTES

En la fabricación de pulpa y papel se han descrito cuatro etapas anteriormente, cada una de ellas representa un punto de evaluación para determinar los contaminantes que se generan, en efecto a continuación se presenta el cuadro 4.1, en el que se describen los productos y desechos del proceso productivo para así determinar los focos contaminantes de esta industria:

Cuadro 4.1.- Identificación de los focos contaminantes

| ETAPAS DEL PROCESO | PROCESOS Y OPERACIONES | PRODUCTOS | DESECHOS | FOCOS CONTAMINANTES |
|---------------------------|------------------------|--|--|-------------------------|
| PRODUCCIÓN DE LA PULPA | Molienda en seco | Fibra cruda | Polvillo | Molinos en seco |
| | Lavado de fibra | Fibra limpia | Efluentes con carga orgánica | Lavadores de fibra |
| | Molienda húmeda | Fibra molida húmeda | | Molinos en húmedo |
| | Desmedulado | Fibra desmedulada | | Desmedulador |
| PROCESAMIENTO DE LA PULPA | Digestión | Pulpa cocida (parda oscura) | Lignina Licor negro trazas de soda materia orgánica | Digestores continuos |
| | Lavado de la pulpa | Pulpa limpia | | Filtros lavadores |
| BLANQUEO DE LA PULPA | Blanqueo | Pulpa blanqueada | Efluente líquido con trazas de cloro, soda, hipoclorito, carga orgánica, compuestos organoclorados | Unidad de blanqueo |
| PROCESAMIENTO DEL PAPEL | Repulpeo | Pasta con características específicas para diferentes tipos de papel | Efluente líquido con restos de arena y fibras gruesas | Hidropulper |
| | Refinación | Pasta lista para la formación del papel | Efluentes líquidos con alta carga orgánica y Sólidos totales en suspensión. | Refinadores |
| | Formación del papel | Bobinas de papel seco | Efluente líquido con trazas de biocida, colorantes, minerales. | Calandria |
| GENERACIÓN DE ENERGÍA | Combustión en calderas | Energía calorífica | Refiles | Calderas (ver foto 4.1) |
| | | | Gases de combustión, Partículas totales en suspensión y Trazas de petróleo en los efluentes | |

Fuente: Elaboración propia

En la foto 4.1 se aprecia los gases que se eliminan de una caldera en una fábrica de papel que emplea bagacillo como combustible.

Foto 4.1.- Emisiones de la caldera



Fuente: Elaboración propia

4.2 CARACTERIZACION DE LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Una planta de fabricación de papel, por lo general presenta como una de sus mayores fuentes de contaminación a los efluentes líquidos generados en las diferentes etapas del proceso, tal como lo demuestra la información del cuadro 4.1, sin embargo las emisiones atmosféricas y los residuos sólidos están presentes en los procesos en menor magnitud pero no por ello menos causantes de problemas en nuestro entorno, por lo que a continuación caracterizaremos cada uno de las estas fuentes:

4.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Las emisiones atmosféricas generadas en una fabrica de pulpa y papel que emplea bagazo de caña de azúcar para su producción

se caracterizan por parámetros fisicoquímicos tal como se presenta a continuación en el cuadro 4.2:

Cuadro 4.2.- Caracterización de Emisiones Atmosféricas

| PARAMETROS | CALDERO |
|---|------------------|
| PTS mg/m ³ | 124.97 / 23-24 * |
| SO ₂ mg/m ³ | 487.91 |
| CO ₂ mg/L | 7.05 |
| VOC mg/m ³ | 64.60 |
| NO _x mg/m ³ | 285.78 |
| CO mg/m ³ | 26.45 |
| AOX volátiles | @ |
| Cloro libre (mg/L) | @ |
| Dióxido de cloro (mg/L) | 0.07* |
| Compuestos de hidrocarburos no metales tn/año | 0.77 |

* tn/año proveniente del polvillo

Otros países: en otras etapas del proceso

@ Parámetros no considerados en el Perú

todos los valores que se presentan son promedios de informes ambientales y expedientes diferentes empresas peruanas.

Fuente: Dirección de Asuntos Ambientales del Ministerio de la Producción 2001

El Polvillo, es producto de la molienda en seco del bagazo, este polvillo representa aproximadamente el 35 % del bagazo que ingresa al molino, el polvillo obtenido genera partículas totales en suspensión (PTS) debido a su bajo peso, una manera de ser aprovechado es como combustible en calderos que se disponen en las plantas papeleras para la generación de vapor. La composición del polvillo es la misma que del bagazo, la única diferencia es el tamaño de la fibra.

4.2.2 CARACTERIZACION DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS

Los parámetros fisicoquímicos que caracterizan a los efluentes líquidos de las fábricas papeleras que emplean bagazo de caña de azúcar se presentan a continuación en el cuadro 4.3:

Cuadro 4.3.- Caracterización de Efluentes

| PARAMETROS | CUERPOS SUPERFICIALES | ALCANTARILLADO |
|---|-----------------------|----------------------|
| pH | 6.95 | 7.15 |
| Temperatura °C | 27.09 | 25.47 |
| Sólidos Suspendidos Totales (mg/L) | 213.38 | 2351.83 |
| Aceites y Grasas (mg/L) | 15.73 | 106.63 |
| DBO ₅ (mg/L) | 483.54 | 679.31 / 18 tn/día * |
| DQO (mg/L) | 554.80 | 2141.78 |
| Cloruros (mg/L) | 194.21 | 227.50 |
| Cloro residual (mg/L) | < 0.02 | < 0.02 |
| SS mg/L | 117.90 | 153.93 |
| Halógenos Orgánicos Absorbibles (AOX) Kg/Tn pulpa | @ | 4** |
| Color | @ | @ |
| Turbiedad | @ | @ |

* Colombia

** Sobre 50 kg de productos orgánicos totales liberados por tonelada.

@ Son parámetros no considerados en el Perú

todos los valores que se presentan son promedios de informes ambientales y expedientes de diferentes empresas peruanas.

Fuente: Dirección de Asuntos Ambientales del Ministerio de la Producción 2001

A más de la información que se muestra en el cuadro 4.3 a continuación se describe por cada etapa del proceso la procedencia de diversas sustancias contaminantes en los efluentes:

4.2.2.1 PRODUCCIÓN DE LA PULPA

- En el desmedulado húmedo de la pulpa los efluentes que se generan contienen sólidos en suspensión y materia orgánica que al ser acumulados provocan la descomposición de la materia y por ende olores desagradables.
- Para la digestión de la fibra se añade soda cáustica que reacciona con la lignina originando la formación de sólidos disueltos que están constituidos por carbonatos, bicarbonatos, hidróxido y lignatos de sodio, este proceso permite la eliminación de restos de médula y

otros compuestos como la lignina, además del vapor de agua. En esta etapa se pueden recuperar los productos químicos usados para el proceso en casi 95 %. Las aguas de desecho que surgen de esta etapa contienen tóxicos condensados que requieren purificación biológica.

4.2.2.2 PROCESAMIENTO DE LA PULPA

La pulpa oscura obtenida de la etapa anterior se somete a lavados continuos, (hasta 3 lavados), el efluente generado en cada lavado es denominado licor fuerte, medio y débil respectivamente y este nombre depende de las concentraciones de sólidos disueltos siendo utilizados en contracorrientes sucesivas, estos licores forman parte del efluente denominado de alta presión, que presenta un alto contenido de lignina y materia orgánica.

Se realiza un último lavado para eliminar impurezas, fibras no procesadas y escasamente separadas con el tratamiento mecánico empleando para ello grandes volúmenes de agua que arrastrarán esta materia orgánica al cuerpo receptor.

4.2.2.3 BLANQUEO DE LA PULPA

En la etapa de blanqueo se utiliza cloro gas, soda cáustica e hipoclorito de sodio, los mismos que aparecen en los efluentes en cantidades razonables a pesar de que se trata de recuperarlos, estos efluentes proveniente de los lavados y de la molienda en húmedo son denominados de baja presión y son vertidos al cuerpo receptor. En esta etapa uno de los problemas del agua de desecho es la carga de cloro orgánico y

los compuestos organoclorados que aquí se originan, se conoce que cerca del 10 % del cloro gas empleado en el blanqueo forma compuestos organoclorados que son enviados a los cuerpos receptores y dada la cantidad de estos son difíciles de determinar en un simple análisis, en general a estos se les denomina halógenos orgánicos absorbentes (AOX), y se ha determinado que las plantas de blanqueo de pulpa descargan a los cuerpos receptores entre 5 y 8 Kg de AOX por tonelada de pulpa blanqueada en promedio, esto significa la introducción de grandes cantidades de estos compuestos al ambiente dada la producción diaria en las fábricas.

Además 8 de los 12 compuestos organoclorados considerados altamente peligrosos para la vida marina son descargados a los mares en las aguas de desecho de la industria papelera, estas sustancias son ampliamente conocidas por sus efectos cancerígenos y daño genético, ellos son por ejemplo: diclorometano, cloroformo, tricloroetileno, percloroetileno.

Según estudios realizados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos se sabe que 300 gr. de cloroformo se forman por cada tonelada de pulpa blanqueada, estas cantidades son descargadas al aire y al agua.

También la formación de los grupos de compuestos organoclorados-toxinas en presencia de otros compuestos organoclorados tales como el clorofenol es una teoría que ha sido sustentada por la misma institución, ya que en 1985 se encontró presencia de estos compuestos en el hígado de peces que habitaban en zonas cercanas a las descargas de efluentes de una fábrica de papel en Europa.

El uso común del término dioxina se refiere a los grupos de sustancias que comprenden las dibenzodioxinas cloradas y dibenzofuranos en todos los 210 diferentes compuestos que se conocen, los dos más tóxicos y representativos de cada grupo son, en primer lugar la sustancia designada como tetrachlorodibenzo-p-dioxina más conocida por la abreviación 2,3,7,8-TCDD y el segundo tetrachlorodibenzofurano conocido por la abreviación 2,3,7,8-TCDF, ambos se forman también en el proceso de blanqueo, siendo el primero el más tóxico y peligroso que se conoce, este viene a ser 10 000 veces más tóxico que el cianuro de potasio y sus efectos son altamente perniciosos.

4.2.2.4 PROCESAMIENTO DEL PAPEL

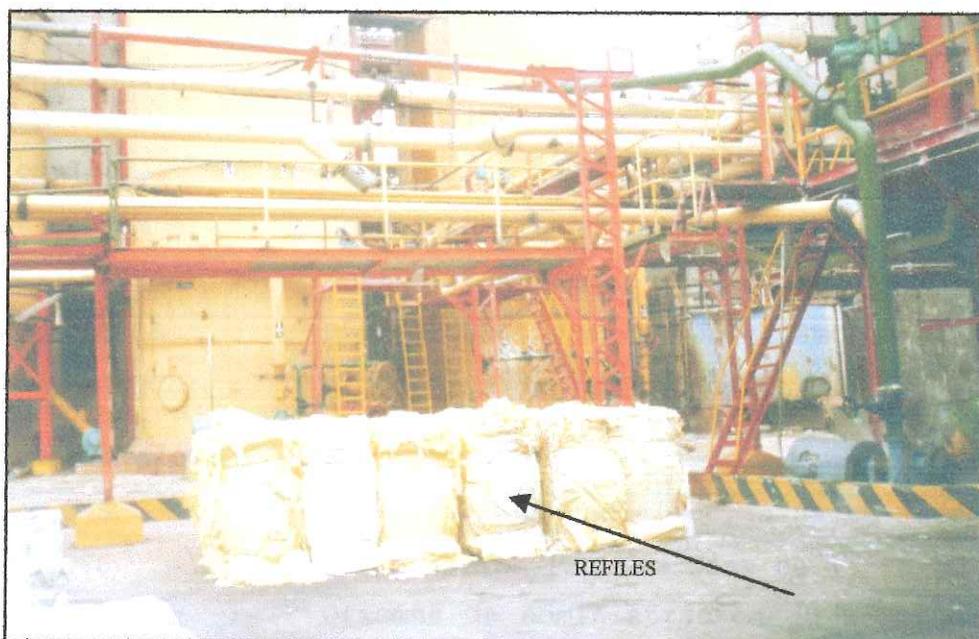
Los efluentes que se producen en esta etapa del proceso presentan alto contenido de materia orgánica así como sólidos en suspensión, minerales provenientes de las sustancias que se utilizan como encolantes y rellenos.

4.2.3 CARACTERIZACION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos producidos en las instalaciones de las fábricas papeleras, por lo general, son comunes a cualquier otra industria (a excepción de los provenientes del mismo proceso); estos son: Papel y cartones de diversos grados, desechos de empaques (bolsas, botellas, etc.) desechos de oficina, latas de aluminio, botellas de plástico, bolsas y envases de diversos grados, luminarias (focos, fluorescentes, etc), restos orgánicos, baterías, pilas, restos de artículos de limpieza, restos de laboratorio, restos de materia prima e

insumos (fibra, bagacillo, arena, etc, lodos de la planta de tratamiento de agua, desecho húmedo conformado por arena y bagacillo, restos de producción (pulpa y papel), cenizas (calderas), restos de talleres, restos de almacenes, en la foto 4.2 se puede apreciar los refiles de la producción de papel como residuos.

Foto 4.2.- Residuos de la producción de papel



Fuente: Elaboración propia

4.3 EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES

En la sociedad industrializada actual los vínculos que conectaban a los seres humanos con la naturaleza se ha cortado debido a la tendencia en nuestros días de dominar y gestionar los recursos naturales para obtener beneficios económicos, llevándonos a crear sistemas de producción basados en el despilfarro de materias primas, energía y agua, y que a su vez son tóxicos porque generan y emiten masivamente residuos y sustancias químicas toxicas que los sistemas naturales no pueden asimilar o degradar, pues en su mayor parte son ajenas

a la naturaleza, específicamente el sector papelerero es altamente tóxico y por ello genera problemas en zonas y poblaciones en las que descarga sus efluentes residuales (como son los ríos y el mar), además de problemas para el personal que labora en estas fábricas y poblaciones vecinas, causando efectos negativos en todos ellos, tal como se podrá apreciar en los cuadros de los ítem siguientes. Se sabe también que en defensa de todos ellos existen instituciones nacionales e internacionales como son:

Nacionales:

- CONAM : Consejo Nacional del Ambiente
- INRENA : Instituto Nacional de Recursos Naturales
- DIGESA : Dirección General de Salud Ambiental
- PRODUCE : Ministerio de la Producción

Internacionales:

- OMS : Organización Mundial de la Salud
- OPS : Organización Panamericana de la Salud
- OSHA : Oficina de Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Estados Unidos).

Sin embargo el desconocimiento de ello nos conlleva a mantener una cultura de silencio ante los problemas que se generan a nuestro alrededor, olvidando nuestra condición de seres humanos con derecho a exigir seguridad, salud y un ambiente sano. Los cuadros 4.4, 4.5 y 4.6 que se muestran a continuación tienen dos objetivos:

- Mostrar los efectos negativos que causa la industria papelera en el ambiente , en la salud y en la seguridad.
- Hacernos más concientes de estos problemas para enfrentar la realidad y prevenir peores consecuencias.

4.3.1 EFECTOS SOBRE LA SALUD

El cuadro 4.4 que se presenta a continuación muestra los efectos negativos ocasionados por las diversas fuentes que generan sustancias contaminantes en una planta de producción de pulpa y papel:

Cuadro 4.4.- Efectos negativos de los contaminantes en la salud

| CAUSAS | | EFFECTOS |
|------------------------|--|---|
| Emisiones atmosféricas | Polvillo | Genera neumoconiosis cuando su exposición a ella es prolongada |
| | Monóxido de carbono, dióxido de carbono, plomo, cenizas. | Alergias Alteración del sistema respiratorio, Enfermedades Respiratorias Agudas (ERAs) |
| | dióxido de cloro | Su exposición a altas concentraciones provoca irritación en la nariz, ojos, garganta, pulmones, porque reacciona rápidamente con la humedad para formar cloritos. |
| | Compuestos organoclorados volátiles | Por ejemplo el cloroformo, ataca el hígado y se sospecha que puede causar cáncer en humanos. |
| | Soda cáustica | Su Inhalación a una exposición a corto plazo produce irritación (posiblemente grave), quemaduras, edema pulmonar |
| Efluentes líquidos | Compuestos organoclorados | Son cancerígenos, mutagénicos |
| | Cloro residual | Irritación en la piel, su exposición prolongada produce cáncer, pues el cloro en combinación con materia orgánica forma cloroaminas, que son cancerígenas |
| | Soda cáustica | Dependiendo del nivel de exposición y contacto según concentración del efluente se puede producir quemadura de la piel, irritación, dermatitis, daño a los ojos, ceguera, náuseas, vómitos. |

Fuente: Informes Ambientales de Empresas Papeleras, Ministerio de la Producción/ Diversas Páginas de Internet mencionadas en la bibliografía.

4.3.2 EFECTOS SOBRE LA SEGURIDAD

Las diversas sustancias contaminantes que se generan en el proceso de fabricación de papel no solo causan problemas en su entorno si no que pueden originar situaciones de riesgo dentro de la misma planta si es que no se toman las precauciones en el aspecto de seguridad interna, en el cuadro 4.5 se puede apreciar con más detalle las posibles situaciones de riesgo en una planta papelera:

Cuadro 4.5.- Efectos negativos de los contaminantes en la seguridad

| CAUSAS | | EFFECTOS |
|------------------------|---|--|
| Emisiones atmosféricas | Polvillo | El polvillo que se libera eleva el riesgo de incendio en las zonas de almacenamiento del polvillo. |
| | Monóxido de carbono plomo cenizas | Según su concentración afectaran a la salud de los trabajadores. |
| | Dióxido de cloro | Es explosivo con concentraciones de gas por encima de 12 al 15 %, el oxígeno a alta presión reacciona rápidamente con los compuestos orgánicos y puede originar incendios y explosiones. |
| Efluentes líquidos | Derrames de efluentes dentro de la planta o fuera de ella | Esto afecta directamente la seguridad de los trabajadores |

Fuente: Informes Ambientales de Empresas Papeleras, Ministerio de la Producción/ Diversas Paginas de Internet mencionadas en la bibliografía.

4.3.3 EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

El medio ambiente y todo los seres bióticos y abióticos que lo componen, son afectados con mayor incidencia con sustancia tóxicas derivadas de los vertidos de las fábricas productoras de papel a tal punto que estamos llegando a una etapa en la que este medio no pueda revertirlo, la identificación de estos efectos nos proporcionará una idea más acertada de la actitud que se debe tomar para salvar nuestro entorno, el cuadro 4.6 presenta estos efectos y los describe a continuación:

Cuadro 4.6.- Efectos negativos de los contaminantes sobre el medio ambiente

| CAUSAS | | EFFECTOS |
|------------------------|--|---|
| Emisiones atmosféricas | Monóxido de carbono, plomo, cenizas | Alteración de la fotosíntesis al sedimentarse en las hojas de las plantas (ciclo de calvin-krebs) Modificación climática por el incremento de los gases que ocasionan el efecto invernadero. |
| | Cloro, hipoclorito, dióxido de cloro | Olores desagradables |
| | Compuestos organoclorados volátiles | Son muy tóxicos, son activos fisiológicamente en dosis extremadamente pequeñas; son persistentes, es decir no se degradan fácilmente y pueden durar años en el medio ambiente; son bioacumulables en los tejidos grasos de los organismos y se biomagnifican, esto significa que aumentan su concentración progresivamente a lo largo de las cadenas alimenticias. Por su persistencia pueden viajar grandes distancias siendo arrastrados por las corrientes atmosféricas, marinas o de agua dulce, y mediante la migración a larga distancia de los organismos que los han bioacumulado. Tal es el caso de ballenas y aves. |
| Efluentes líquidos | Carga orgánica, arena, fibra y bagacillo | Aumento de la demanda bioquímica de oxígeno en el cuerpo receptor Olores desagradables al encontrarse acumulados en los cuerpos receptores Modifica el relieve del litoral al ser dispuesto en la orilla del mar. |

Continua...

... continua

| CAUSAS | | EFFECTOS |
|--------------------|--|--|
| Efluentes líquidos | Lignina | Deposición de espuma en el litoral Eleva la concentración de DBO y sólidos suspendidos disminuyendo el contenido de oxígeno disuelto en agua natural, alterando el ecosistema. |
| | Trazas de soda | Genera un pH alcalino por acumulación |
| | Trazas de cloro e hipoclorito | Aumento de la DBO, modificando la características del cuerpo receptor, variación del desarrollo natural de microorganismos. Aumento de pH y color |
| | Compuestos organoclorados | Dañan la vida marina, acumulándose en la cadena alimenticia, afecta a la reproducción de los peces, dañan la vida y el sistema inmune, causa cambios a la sangre, provocando disturbios del balance electrolítico y efectos al metabolismo |
| | Dioxinas | La dioxina 2,3,7,8-TCDD, es carcinogénica, daña el sistema inmune y priva al organismo de la capacidad de resistir otros químicos. Lo peor es el daño genético y reproductivo, pues interactúa con el material genético dentro de la célula de los organismos, dañando al feto, produciendo aborto e infertilidad. Otras dioxinas son acumulativas en la cadena alimenticia en cantidades apreciables. Intoxicación de animales al final de la cadena alimenticia, tales como mamíferos acuáticos, salmón y pájaros comprometiendo seriamente su capacidad reproductiva. |
| | Sólidos totales en suspensión | Inhibe el crecimiento de organismos fitopatógenos |
| Trazas de petróleo | | |
| Residuos sólidos | Embalajes de materias primas e insumos | La tendencia actual es el uso de polímeros, estos tienen un tiempo de vida muy prolongado lo que ocasionara acumulación en el suelo. |

Fuente: Informes Ambientales de Empresas Papeleras, Ministerio de la Producción/ Diversas Páginas de Internet mencionadas en la bibliografía.

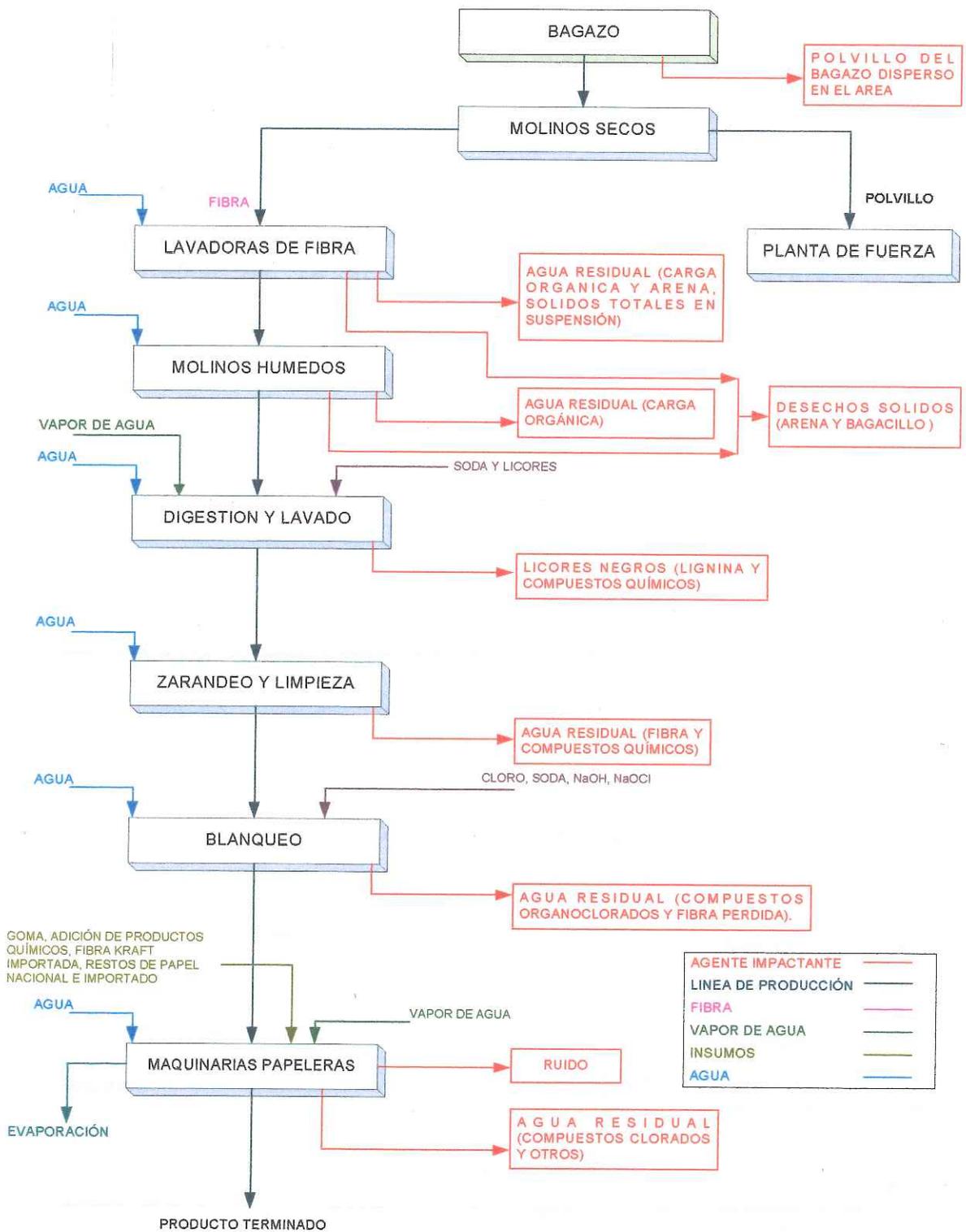
V. IMPACTO AMBIENTAL DEL PROCESO

Los impactos generados en una planta de papel que emplea como materia prima el bagazo de caña de azúcar, depende de muchos factores, tales como la calidad de materia prima, método de obtención de la pulpa (alcalino en nuestro caso), proceso de blanqueo de la pulpa (cloro gas, dióxido de cloro, oxígeno, ozono, sosa cáustica, peróxido de hidrógeno, tratamientos enzimáticos, etc.), los sistemas de depuración que tengan instalados o la ubicación de las fábricas y las necesidades de transporte.

Los principales impactos ambientales ligados a la producción de pulpa y papel son: el elevado consumo de agua y energía, los que generan el vertido de aguas residuales y emisión de gases contaminantes a la atmósfera, así como la generación de residuos tanto tóxicos como inertes.

A continuación en el diagrama 5.1 se aprecia los impactos generados por una fábrica de producción de pulpa y papel a partir del bagazo:

Diagrama 5.1.- Diagrama de Impactos de una fábrica de papel



Fuente: PAMA - QUIMPAC S.A. Paramonga

5.1 ANÁLISIS DEL IMPACTO

Para realizar un análisis de los impactos, primero tenemos que identificarlos y luego evaluarlos, existen diversas metodologías para realizar este análisis tales como la matriz de Leopold y el método Batelle -Columbus ambos nos permitirán identificar y evaluar estos impactos respectivamente, cabe resaltar que existen otros métodos que pueden ser usados dependiendo de la actividad industrial y/o preferencia del profesional que realizará dicho análisis, los dos métodos mencionados anteriormente nos ayudarán a entender con facilidad los problemas que genera la industria papelera en nuestro país y poner hincapié en las posibles soluciones a ello.

Previamente al desarrollo técnico de las metodologías mencionadas presentamos en el cuadro 5.1 de manera resumida los agentes contaminantes, su fuente de generación y su impacto.

Cuadro 5.1.- Cuadro resumen de identificación de impactos

| FUENTE | | AGENTE CONTAMINANTE | IMPACTO |
|---|---|--|---|
| Molinos secos | Disposición del polvillo, proveniente de los molinos secos, al aire libre | polvillo | Alteración del nivel de partículas totales en suspensión |
| Calderas | Combustión en calderas | Gases de combustión: CO, Pb, cenizas | Alteración del nivel de partículas totales en suspensión y del nivel de gases contaminantes en el aire. |
| Molinos húmedos | Molienda de la fibra en húmedo Lavado de la fibra | Efluente proveniente de la molienda y del lavado con alta Carga orgánica, arena, fibra y bagacillo | Alteración de la demanda bioquímica de oxígeno en el cuerpo receptor |
| Digestores y lavadores de pulpa oscura | Digestión y Lavado de pulpa oscura | Efluente proveniente del lavado de la pulpa con materia orgánica, lignina y trazas de soda | Alteración de la demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos en el cuerpo receptor, |

Continua...

5.1 ANÁLISIS DEL IMPACTO

Para realizar un análisis de los impactos, primero tenemos que identificarlos y luego evaluarlos, existen diversas metodologías para realizar este análisis tales como la matriz de Leopold y el método Batelle -Columbus ambos nos permitirán identificar y evaluar estos impactos respectivamente, cabe resaltar que existen otros métodos que pueden ser usados dependiendo de la actividad industrial y/o preferencia del profesional que realizará dicho análisis, los dos métodos mencionados anteriormente nos ayudarán a entender con facilidad los problemas que genera la industria papelera en nuestro país y poner hincapié en las posibles soluciones a ello.

Previamente al desarrollo técnico de las metodologías mencionadas presentamos en el cuadro 5.1 de manera resumida los agentes contaminantes, su fuente de generación y su impacto.

Cuadro 5.1.- Cuadro resumen de identificación de impactos

| FUENTE | | AGENTE CONTAMINANTE | IMPACTO |
|---|---|--|---|
| Molinos secos | Disposición del polvillo, proveniente de los molinos secos, al aire libre | polvillo | Alteración del nivel de partículas totales en suspensión |
| Calderas | Combustión en calderas | Gases de combustión: CO, Pb, cenizas | Alteración del nivel de partículas totales en suspensión y del nivel de gases contaminantes en el aire. |
| Molinos húmedos | Molienda de la fibra en húmedo Lavado de la fibra | Efluente proveniente de la molienda y del lavado con alta Carga orgánica, arena, fibra y bagacillo | Alteración de la demanda bioquímica de oxígeno en el cuerpo receptor |
| Digestores y lavadores de pulpa oscura | Digestión y Lavado de pulpa oscura | Efluente proveniente del lavado de la pulpa con materia orgánica, lignina y trazas de soda | Alteración de la demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos en el cuerpo receptor, |

Continua...

| FUENTE | | AGENTE CONTAMINANTE | IMPACTO |
|------------------------|-----------------------------------|---|---|
| Blanqueadores | Blanqueo de la pulpa | Efluente con materia orgánica, trazas de cloro, soda e hipoclorito de sodio | Alteración de la demanda bioquímica de oxígeno, pH, y color en el cuerpo receptor |
| Máquinas papeleras | Procesamiento del papel y lavados | Efluente proveniente de los lavados con alta carga orgánica y sólidos totales en suspensión | Alteración de la demanda bioquímica de oxígeno en el cuerpo receptor |
| Transporte de petróleo | Purga del transporte de petróleo | Efluentes con trazas de petróleo | Inhibe el crecimiento de organismos afectados con estas trazas |

Fuente: Informes Ambientales de Empresas Papeleras, Ministerio de la Producción/ Diversas Páginas de Internet mencionadas en la bibliografía.

5.1.1 MATRIZ DE RIESGO

La elaboración de una matriz de riesgo esta supeditada a la identificación y evaluación de impactos en una determinada planta, tal como se menciona en el ítem anterior. En nuestro caso consideraremos las dos únicas plantas papeleras de nuestro país que usan bagazo como materia prima principal.

5.1.1.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTO

La identificación de los impactos se efectúa mediante un análisis del medio y del proyecto y es el resultado de la consideración de las interacciones posibles que serán analizadas a través de:

- La percepción de los principales impactos, ya sean directos o indirectos, primarios o secundarios, a corto o largo plazo, acumulativos, de corta duración, reversibles o irreversibles.
- Su estimación o valoración, si puede ser cuantitativa y si no, al menos, cualitativa.

- Su relación con los procesos dinámicos, que permita prever su evolución y determinar los medios de control y de corrección.

En base a Conesa, V; 95: "Se expone una clasificación de los distintos tipos de impacto que tienen lugar sobre el Ambiente, haciendo notar que la clasificación ni es exhaustiva, ni excluyente, que quiere decir, que pueden existir impactos no descritos, y un impacto concreto puede pertenecer a la vez a dos o más grupos".

Considerando lo mencionado el método que usaremos para la identificación de los impactos en nuestro caso esta dentro de la clasificación denominada de causa - efecto que es conocida como la Matriz de Leopold, ella presenta en las columnas las acciones del hombre que pueden alterar el medio ambiente y las filas presentan las características del medio o factores ambientales que pueden ser alterados tal como se presenta a continuación en el cuadro 5.2:

Cuadro 5.2.- Matriz de Leopold - Planta de Papel

| EFECTO | CAUSA | ACCIONES IMPACTANTES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|-----------------------------------|---------|---------|--------------------------|-----------|---------------------------|------------|-----------------|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------|-------------------------------|----------|--------|--|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|-------------|------------------|-------------------|------------------------|
| | | Area de Almacenamiento de Insumos | | PULPEO | | | PROCESAMIENTO DE LA PULPA | | | BLANQUEO | | | PROCESAMIENTO DEL PAPEL | | | | | SECCIONES ANEXAS | | ACCIDENTES | | Disposición de Residuos | Proyección Social | | | | |
| | | -DFF RB | -FDR PM | -FD RPM | Lavado y Molienda Húmeda | Digestión | Lavado pulpa oscura | Refinación | Lavado de Cloro | Lavado Soda | Lavado de Hipoclorito 1 y 2 | Mezclado y acondicionamiento de Pulpa | Refinación | Zarandeo | Formación de la Hoja de Papel | Prensado | Secado | Acondicionamiento del Producto terminado | Almacenamiento del Producto Final | Planta de tratamiento de Agua | Talleres de mantenimiento | | | Explosiones | Derrames y Fugas | Fallos Operativos | Numero de Trabajadores |
| AIRE | Nivel de PTS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Calidad de Aire | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Nivel de Ruido | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUELO | Contaminación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Erosión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AGUA | Morfología del Terreno | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Rio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Mar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FLORA | Subterránea | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Especies Herbáceas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Especies Arbóreas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Microflora | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FAUNA | Animales terrestres | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aves | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Peces y crustáceos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ASPECTO SOCIO CULTURAL | Microfauna | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ocio y Recreo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Desarrollo urbano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Desarrollo turístico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Abastecimiento de agua | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Red de Saneamiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Educación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ASPECTO ECONOMICO | Composición del Paisaje | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Salud y Seguridad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Nivel de Empleo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Relaciones Sociales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONDICIONES SOCIO ECONOMICAS Y CULTURALES | Cambio de valor del suelo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ingresos a la Economía Local | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Valor: Positivo +, Negativo -

Orden: Directo D, Indirecto I

Extensión: Puntual P, Local L, Total T

Duración: Fuga F, Temporal T, Permanente P

Intensidad: Bajo B, Mediano M, Alto A

Fuente: PAMA QUIMPAC S.A. Paramonga

Interpretación de la Matriz de Leopold

Los resultados de la matriz de Leopold determinaron:

- Impactos ambientales altos en las características físicas y químicas del mar, alterando el desarrollo del ecosistema en este medio.
- Niveles de ruido alto en algunas áreas de la planta por la antigüedad de las máquinas.
- Gran demanda de agua.
- Cambio de valor del suelo como consecuencia de la disposición inadecuada de desechos.
- Riesgos en la salud por la exposición prolongada a gases irritantes.
- Impactos positivos medios en la población debido al nivel de empleo.
- Ingresos en la economía global y relaciones sociales puesto que la actividad empresarial emplea un número considerable de personas.
- Aporta a la comunidad por los impuestos que paga y
- Apoya en diversas actividades sociales.

5.1.1.2 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS.

Según Estevan B.M.,1983: El método de BATTELLE - COLUMBUS permite la evaluación sistemática de los impactos ambientales cuantitativamente de un proyecto mediante el empleo de indicadores homogéneos, este método es jerarquizado en cuatro niveles que son: categorías, componentes, parámetros y la unidad de índice ponderal (UIP); y se centra en la planificación de la gestión de los recursos de agua.

Sin embargo pueden aplicarse también a otros tipos de proyectos, pero, revisando los valores asignados a los índices ponderales e incluso modificando los componentes. La descripción del método se presenta a detalle en el anexo A.

Al igual que en el caso anterior el cuadro 5.3 presenta la matriz de la evaluación de un caso real de una planta de fabricación de papel a partir de bagazo que actualmente se encuentra en actividad como lo es QUIMPAC - Paramonga.

Cuadro 5.3.- Cuantificación de Impactos Método de Batelle-Columbus

| CATEGORIA AMBIENTAL | COMPONENTES | PARAMETROS | SIN PROY (Calidad óptima) | CON PROY. | CAMBIO NETO | SEÑALES DE ALERTA | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------|----------------|-------------------|---------------------|--------------|
| ECOLOGIA | ESPECIES Y POBLACIONES | ACUATICAS | Pesquerías comerciales | 14 | 3.5 | -10.5 | | -75 |
| | | | Vegetación natural | 14 | 3.29 | -10.71 | | -76.5 |
| | | | Aves acuáticas | 14 | 3.78 | -10.22 | | -73 |
| | HABITATS Y COMUNIDADES | ACUATICAS | Cadenas alimentarias | 12 | 3.36 | -8.64 | | -72 |
| | | | Diversidad de especies | 14 | 7.4 | -6.6 | | -47.14285714 |
| CONTAMINACION AMBIENTAL | CONTAMINACION DEL AGUA | Perdidas del recurso hídrico | 20 | 4.2 | -15.8 | | -79 | |
| | | Demanda Bioquímica de oxígeno | 25 | 2 | -23 | | -92 | |
| | | Oxígeno disuelto | 32 | 1.28 | -30.72 | | -96 | |
| | | Coliformes fecales | 18 | 14.4 | -3.6 | | -20 | |
| | | pH | 18 | 10.8 | -7.2 | | -40 | |
| | | Temperatura | 28 | 12.6 | -15.4 | | -55 | |
| | | Sólidos disueltos totales | 25 | 6.9 | -18.1 | | -72.4 | |
| | | Sustancias tóxicas | 14 | 8.23 | -5.77 | | -41.21428571 | |
| | CONTAMINACION ATMOSFERICA | Oxidos de nitrógeno | 10 | 9 | -1 | | -10 | |
| | | Partículas sólidas | 12 | 9.22 | -2.78 | | -23.16666667 | |
| | | Oxidos de azufre | 10 | 9.5 | -0.5 | | -5 | |
| | | Sustancias tóxicas | 5 | 4.8 | -0.2 | | -4 | |
| | CONT. DEL SUELO | Uso del suelo | 14 | 7.25 | -6.75 | | -48.21428571 | |
| | CONT. POR RUIDO | Ruido | 4 | 2.12 | -1.88 | | -47 | |
| ASPECTOS ESTETICOS | SUELO | Material geológico superficial | 6 | 4.32 | -1.68 | | -28 | |
| | | Relieve y caracteres topográficos | 16 | 9.12 | -6.88 | | -43 | |
| | AIRE | Olor y visibilidad | 3 | 1.12 | -1.88 | | -62.66666667 | |
| | | Sonidos | 2 | 0.87 | -1.13 | | -56.5 | |
| | AGUA | Presencia de agua | 10 | 3.5 | -6.5 | | -65 | |
| | | Olor y materiales flotantes | 6 | 1.02 | -4.98 | | -83 | |
| | BIOTA | Animales salvajes | 5 | 2.4 | -2.6 | | -52 | |
| | COMPOSICION | Efectos de composición | 15 | 2.85 | -12.15 | | -81 | |
| ASPECTOS DE INTERES HUMANOS | VALORES EDUCACIONALES Y CIENTIFICOS | Ecológico | 13 | 6.63 | -6.37 | | -49 | |
| | | Hidrológico | 11 | 4.4 | -6.6 | | -60 | |
| | VALORES HISTORICOS | Acontecimientos | 11 | 8.8 | -2.2 | | -20 | |
| | SENSACIONES | Integración con la naturaleza | 11 | 3.75 | -7.25 | | -65.90909091 | |
| | | Oportunidades de empleo | 13 | 11.7 | -1.3 | | -10 | |
| | ESTILOS DE VIDA | Vivienda | 13 | 11.7 | -1.3 | | -10 | |
| | | Interacciones sociales | 11 | 8.25 | -2.75 | | -25 | |
| TOTALES | | | 449 | 204.06 | -244.94 | | -54.55233853 | |

| | |
|-----------|---|
| 100 - 70% | Alteración alta de parametro ambiental |
| 70 - 45% | Alteración media del parametro ambiental |
| 45 - 15% | Alteración tenue del parametro ambiental |
| 15 - 0% | Alteración mínima del parametro ambiental |

Interpretación de la aplicación del Método Batelle – Columbus

La evaluación cuantitativa del método no considera la evaluación de la situación ambiental sin la existencia de la empresa, puesto que las empresas peruanas de este rubro tienen mucho tiempo de permanencia en el mismo lugar y se carece de información de la situación ambiental previa a la instalación de las plantas. Pero hecha la evaluación considerando la mención anterior, las señales de alerta del cuadro 5.3 identificados por colores, visualiza el color rojo como el de mayor porcentaje (100 a 70%), que debe ser considerado, para la implementación prioritaria de medidas de mitigación.

5.2 ESTANDARES PARA CALIDAD DE AIRE Y AGUA PARA EL SECTOR PAPELERO

Los estándares nacionales e internacionales para todo tipo de contaminante que se libera al medio ambiente, proveniente de una industria, tiene como objetivo señalar las características óptimas del medio para mantenerlo saludable, por ello tanto la comunidad internacional y la nacional mediante sus organismos representativos han establecido o siguen la recomendación de normativas que permiten velar por el cumplimiento de estos objetivos. En el Perú los mayores logros alcanzados en este aspecto y específicamente para esta industria papelera es la publicación de estándares para calidad de aire que se puede apreciar en el cuadro 5.4, sin embargo los estándares para calidad de agua no se han dado aún específicos para este sector, pero se siguen las referencias dadas por la ley general de aguas tal como se aprecia en el cuadro 5.5.

Cuadro 5.4.- Estándares de calidad de aire para el sector paplero peruano

| CONTAMINANTES | PERIODO | FORMATO DEL ESTANDAR | | METODO DE ANALISIS [1] |
|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|--|
| | | VALOR | FORMATO | |
| PM-10 | Anual | 50 | Media aritmética anual | Separación inercial/ filtración (gravimetría) |
| | 24 horas | 150 | NE más de 3 veces/año | |
| Monóxido de Carbono | 8 horas | 10000 | Promedio móvil | Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático) |
| | 1 hora | 30000 | NE más de 1 vez/año | |
| Dióxido de Nitrógeno | Anual | 100 | Promedio aritmético anual | Quimiluminiscencia (Método automático) |
| | 1 hora | 200 | NE más de 24 veces/año | |
| Ozono | 8 horas | 120 | NE más de 24 veces/año | Fotometría UV (Método automático) |
| Plomo | Anual [2] | | | Método para PM10 (Espectrofotometría de absorción atómica) |
| | Mensual | 1.5 | NE más de 4 veces/año | |
| Sulfuro de hidrógeno | 24 horas ² | | | Fluorescencia UV (método automático) |

[1] O método equivalente aprobado

[2] A determinarse según lo establecido en el Artículo 5 del presente reglamento

Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico.

NE: significa no exceder

Fuente: Reglamento de Estándares de Calidad de Aire D.S N° 074-2001-pcm

Cuadro 5.5.- Estándares de calidad de agua

| PARAMETRO | USO DE RECURSO AGUA | | | | | |
|---|---------------------|-------|------|------|------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| LIMITES BACTERIOLOGICOS | | | | | | |
| Coliformes totales ⁽¹⁾ NMP/100 ml | 8.8 | 20000 | 5000 | 5000 | 1000 | 20000 |
| Coliformes fecales ⁽¹⁾ NMP/100 ml | 0 | 4000 | 1000 | 1000 | 200 | 4000 |
| LIMITES DE DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y DE OXIGENO DISUELTOS | | | | | | |
| Oxígeno disuelto mg/L | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 4 |
| DBO ⁽²⁾ | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| LIMITES DE SUSTANCIAS O PARAMETROS POTENCIALMENTE PERJUDICIALES | | | | | | |
| M.E.H ⁽⁷⁾ mg/L | 1.5 | 1.5 | 0.2 | 0.2 | - | - |
| S.A.A.M ⁽⁸⁾ mg/L | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | - | - |
| C.A.E ⁽⁹⁾ mg/L | 1.5 | 1.5 | 5.0 | 5.0 | - | - |
| C.C.E ⁽¹⁰⁾ mg/L | 0.3 | 0.3 | 1.0 | 1.0 | - | - |

I. Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.

II. Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración aprobados por el ministerio de salud.

III. Agua para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.

IV. Agua de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares)

V. Agua de zona de pesca de mariscos bivalvos.

VI. Aguas de zona de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.

(1): Entendidos como valor Máximo en 80% de 5 ó más muestras mensuales.

(2): Demanda Bioquímica de oxígeno, 5 días, 20°C

(7): Materiales extractables en hexano (grasa principalmente)

(8): Sustancias activas de azul metileno

Fuente: Ley General De Aguas D.L.N° 17752

En el anexo A-1 se presentan como referencia estándares de calidad de aire y agua dados por distintas entidades u organismos nacionales e internacionales.

5.3 LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES (LMP) PARA EMISIONES GASEOSAS Y EFLUENTES DE LA INDUSTRIA PAPELERA

Los Limites Máximos Permisibles para los parámetros que caracterizan a los contaminantes generados por todo tipo de proceso productivo, tienen el objetivo principal de establecer un punto de equilibrio entre la naturaleza y el sector industrial, y para ello tanto organismos nacionales como internacionales han señalado mediante normativas esos valores máximos tanto para emisiones gaseosas, efluentes líquidos y residuos sólidos peligrosos. Para el caso de emisiones no se han establecido aún de manera específica los LMP para este sector pero se siguen las dadas por el Ministerio de Energía y Minas y normas internacionales como referencia, para el caso de efluentes a diferencia del caso anterior si hay una normativa específica recientemente publicada por el organismo responsable.

A continuación en los cuadros 5.6 y 5.7 se muestran los LMP para emisiones gaseosas y efluentes respectivamente.

Cuadro 5.6.- Límites Máximos Permisibles de emisiones gaseosas

| PARAMETROS | TIEMPO DE PRUEBA | LMP | METODO DE REFERENCIA |
|--|-----------------------------|-------|--|
| Partículas en suspensión ug/m ³ | Promedio 24 horas | 120 | Muestreador, HI-VOL de grandes volúmenes |
| NOx ug/m ³ | 24 h media aritmética anual | 200 | Solución alcalina |
| SO ₂ ug/m ³ | 24 h media aritmética anual | 300 | pararosanilina |
| CO ug/m ³ | 1 hora media diaria | 35000 | espectrometría |

Fuente: Reglamento 046-93-EM

Cuadro 5.8.- Límites Máximos Permisibles para efluentes del sector papel

| PÁRAMETROS | LMP DE EFLUENTES PARA ALCANTARILLADO | | LMP DE EFLUENTES PARA AGUAS SUPERFICIALES | |
|------------------------------------|--------------------------------------|----------|---|----------|
| | EN CURSO * | NUEVA ** | EN CURSO * | NUEVA ** |
| pH | 6-9 | 6-9 | 6-9 | 6-9 |
| Temperatura (°C) | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Sólidos suspendidos totales (mg/L) | 1000 | 500 | 100 | 30 |
| Aceites y grasas (mg/L) | 100 | 50 | 20 | 10 |
| DBO ₅ (mg/L) | 1000*** | 500 | 250*** | 30 |
| DQO (mg/L) | 3000*** | 1000 | 1000*** | 50 |

* En curso: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que a la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo se encuentran operando.

** Nueva: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que se inicien a partir de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

*** Valores referenciales según anexo 2 del D.S. No. 003-2002-PRODUCE

Fuente: D.S N° 003-2002-PRODUCE

En el anexo A-2 se presentan como referencia los Límites Máximos Permisibles para emisiones y efluentes dados por organismos nacionales e internacionales.

VI. APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS

Cuando nos referimos a la terminología "Tecnologías Limpias" involucramos una serie de acciones destinadas a cubrir necesidades individuales y sociales usando métodos que sean compatibles con los ecosistemas, con la diversidad natural y cultural y que aseguren la capacidad de las generaciones venideras para cubrir las suyas propias. Estas acciones en la industria papelera y en otras se dirigen a cumplir los siguientes objetivos principales:

- Usar materias primas renovables y reutilizables.
- Usar eficientemente la energía, agua, suelo y otras materia primas.
- No usar compuestos químicos tóxicos y evitar así la generación de residuos tóxicos.

Los enfoques para la aplicación de tecnologías limpias según el Centro Tecnológico de la Universidad de California - Los Ángeles son dos, el primero se conoce como **Ecología Industrial** y se encarga de examinar como los residuos pueden ser convertidos en materia primas, tal como suceden en los sistemas ecológicos. El segundo enfoque es llamado **Evaluación del Ciclo de Vida** "Life Cycle Assesment", este empieza con el análisis de un producto particular e identifica los productos anteriores (materia primas) que se necesitan para su manufactura y luego los productos finales para su uso, finalmente examina el impacto de su disposición final.

En el Perú la industria papelera que emplea bagazo como materia prima da cumplimiento a la primera acción mencionada anteriormente, además se enmarca dentro del primer enfoque dado para la aplicación de tecnologías limpias, debido a que el bagazo de caña viene a ser un recurso renovable anualmente y a su vez es el residuo de otro proceso productivo (producción de azúcar), pero esto es solo en una primera etapa, porque a pesar de esta ventaja sobre otras materias primas, las operaciones propias del proceso de fabricación de papel a partir de este recurso sigue la misma tecnología de hace muchos años atrás, con ligeras modificaciones pero nada significativas para lograr con éxito las dos acciones restantes, entonces siguiendo los enfoques dados por el Centro tecnológico de la Universidad de California - Los Ángeles, ya en los ítem anteriores se ha identificado las materia primas, se conoce el producto final y se han determinado los impactos de sus disposición final, ahora queda describir las alternativas operacionales y tecnológicas para minimizar los contaminantes, obtener un producto de calidad y usar eficientemente los recursos.

6.1 CAMBIOS EN EL PROCESO

6.1.1 MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA

El almacenamiento del bagazo de caña de azúcar en las mejores condiciones evitará la pérdida de esta materia prima por degradación debido a la humedad que contiene al llegar a la planta, además si recibe tratamiento previo antes de pasar a la siguiente etapa del proceso se logrará obtener un producto

final de mejor calidad, actualmente se conoce un nuevo método para almacenar y preservar el bagazo a granel, sin empacar el cual involucra un pre tratamiento biológico del bagazo que sale del ingenio azucarero, para su posterior almacenamiento a granel sobre una gran losa de concreto, de construcción especial. E.A. Ritter y sus colaboradores mejoraron este método y lo pusieron en práctica en una fábrica de pulpa de bagazo en Sudáfrica.

Sin embargo otro método de almacenamiento efectivo del bagazo es el empaque en balas compactadas que permitirán el secado al aire libre en menor tiempo para evitar así su descomposición y su posterior pérdida.

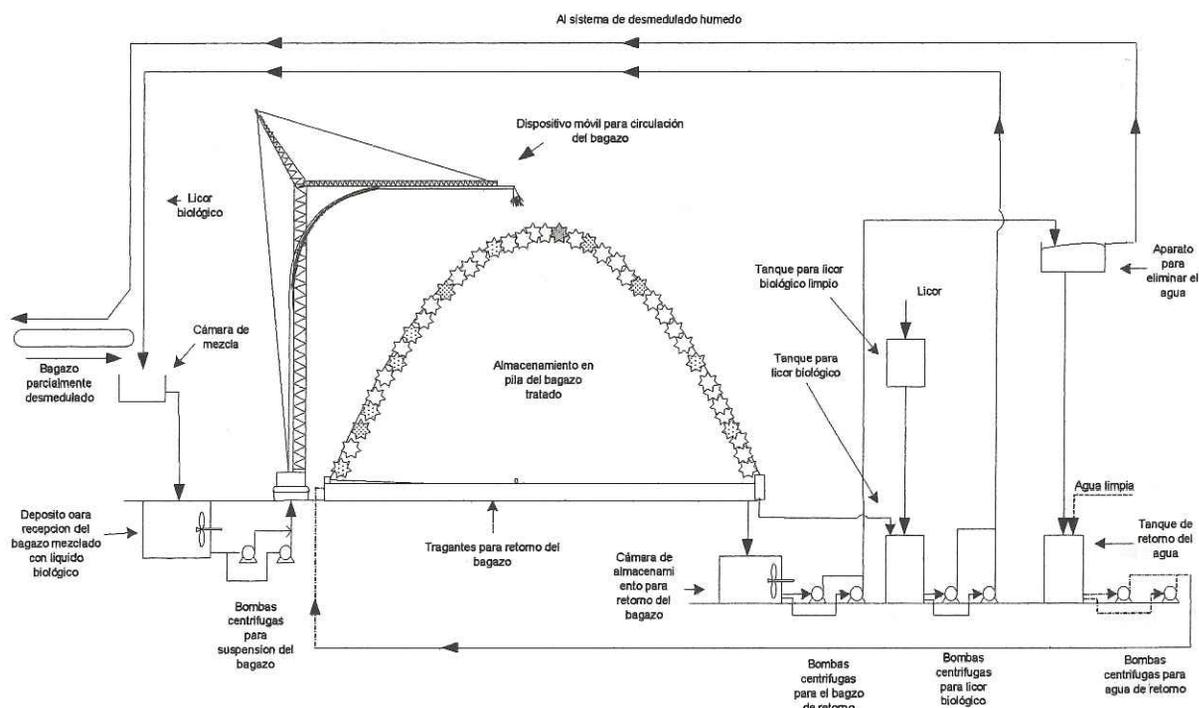
6.1.1.1 APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS PREVIOS PARA SU MEJOR APROVECHAMIENTO

El proceso de pre tratamiento biológico de Ritter para el almacenaje húmedo en masa se ha adoptado ampliamente desde muchos años atrás en plantas de producción de papel a partir de bagazo, este método permite que el bagazo desmedulado total o parcialmente en seco, se mezcle con un licor de cultivo biológico, que se transporta por un canal elevado para luego caer sobre una gran lámina de concreto especialmente preparada para este sistema. El bagazo tratado se apila, y el licor se drena y recicla. El bagazo se retira de la zona de almacenaje para su posterior desmedulado en húmedo y procesamiento para producir pulpa. Con este método se consigue que la medula se afloje mediante acción bioquímica durante el periodo de almacenaje, y se separa en la operación de desmedulado secundario o de suspensión, además dentro de las pilas se

encuentra en condición anaerobia y bajo un pH determinado que le permite controlar el desarrollo fermentativo que es perjudicial para la calidad del bagazo, el bagazo tratado con este método establece un control ecológico en el interior de la pila que no permite el desarrollo de microorganismos celulolíticos que afectan las propiedades de resistencia del bagazo, aumentando considerablemente su reactividad al pretratamiento químico (digestión) y al proceso de blanqueo. También se produce un ablandamiento de los haces fibrovasculares que permiten disminuir el consumo energético en la etapa de pulpeo, lográndose finalmente obtener pulpa de calidad superior y con alto rendimiento.

En el diagrama 6.1 se muestra el diagrama de flujo de este pretratamiento.

Diagrama 6.1.- Diagrama de flujo del pre tratamiento biológico de Ritter



6.1.2 MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE DESMEDULADO

El desmedulado constituye un paso imprescindible al mejorar el bagazo para la producción de pulpas de alta calidad. El bagazo bien desmedulado requiere menos productos químicos durante la cocción y blanqueo, también aumenta el rendimiento y mejora la blancura y propiedades de resistencia de la pulpa. La clave de la utilización afortunada del bagazo, reside en un método económico y eficiente para separar la médula o parénquima de la fibra. Desde 1950 se han desarrollado grandes esfuerzos en la búsqueda de buenos métodos de desmedulado. Obteniéndose excelentes resultados, es así que actualmente los métodos de desmedulado se pueden agrupar en tres categorías:

- Método de desmedulado en seco: que implica la separación del parénquima después de que el bagazo se ha secado durante su almacenamiento (en seco).
- Método de desmedulado en húmedo, en los cuales el bagazo se desmedula conforme sale del ingenio en estado húmedo, normalmente con 50 % de sequedad.
- Método de desmedulado en mojado, que se lleva a cabo con el bagazo en suspensión acuosa diluida.

La mejor alternativa para un eficiente desmedulado del bagazo implica la combinación de cuando menos dos de las formas descritas: ya sea un desmedulado en seco o en húmedo como primer paso, seguido de un paso final de desmedulado en suspensión acuosa y mucho más eficiente será el desmedulado en

húmedo cuando se ha tratado el bagazo con el método de Ritter que se menciona en el ítem 6.1.1.1.

6.1.3 IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE EMISIONES GASEOSAS

Las emisiones atmosféricas identificadas en la industria papelerera peruana provienen principalmente de la etapa de pulpeo y blanqueo de la pulpa, en el cuadro 6.1 se presenta las alternativas de solución para estas emisiones:

Cuadro 6.1.- Alternativas de solución para emisiones atmosféricas

| AGENTE CONTAMINANTE | FUENTE | ALTERNATIVAS DE SOLUCION |
|---|--|--|
| Bagazo y Bagacillo | Transporte de bagazo hacia los molinos secos y su almacenamiento al aire libre | Implementar un programa para la utilización total del bagacillo como combustible mediante convenios con la empresas productoras de azúcar mediante el sistema bolsa de residuos, es decir el retorno de este residuo hacia sus instalaciones para ser usado como combustible en sus calderas. O el mismo uso por la empresa papelerera con un sistema de secado optimo. |
| Monóxido de carbono, plomo, cenizas, etc. | Combustión en calderas | En las calderas se debe implementar un sistema de control de quemadores de tal manera que no se produzcan cambios bruscos como variación de volúmenes en la alimentación de vapor o parada de la máquina que originan perturbaciones en el sistema ocasionando la combustión incompleta que provoca la emisión de humos negros. Implementación de un sistema lavador de gases para las chimeneas y establecimiento de un sistema de control de partículas en estas. |
| Compuesto organoclorados volátiles | Blanqueo de pulpa | Cambio de reactivo de blanqueo: el cloro por dióxido de cloro, peróxido, oxígeno, o cualquier otro que no contenga cloro o produzca reacciones que generen estos compuestos. |

Fuente: Elaboración propia

6.1.4 IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE EFLUENTES

Implementar sistemas de tratamiento para los efluentes del proceso de fabricación de papel suena un poco utópico si no consideramos primero la reducción de los consumos de agua para este proceso, puesto que estos consumos actualmente en las fábricas peruanas son elevados (esto se debe a que la ubicación de las dos únicas fábricas que producen papel a partir de bagazo en el Perú se ubican en zonas cercanas a ríos de régimen regular y cuentan con agua durante todo el

año, además que se proveen de este recurso a partir de pozas), y tiene como consecuencia altos volúmenes de agua de desecho que se hacen inmanejables para cualquier tratamiento, por eso es indispensable para la aplicación de tecnologías limpias definir primero las acciones para reducción de agua de proceso y que a continuación se describe:

6.1.4.1 PROGRAMA PARA REDUCCIÓN DE AGUA DE PROCESO

Ya se ha identificado que el consumo del agua en estas fábricas es elevada, el promedio es de 150 tn agua/tn papel producido (en el anexo A-3 se muestra un cuadro con los requerimientos hídricos para diferentes procesos de fabricación de papel, este nos da una idea más clara de los volúmenes de agua consumidos en este sector), por ello para la implementación de un programa de reducción de agua en el proceso, se debe contar con el compromiso de los que están involucrados en la manufactura del papel.

Etapas del programa

- A) Designación del equipo de trabajo como responsables de dirigir, organizar y planificar las acciones a seguir para el cumplimiento de los objetivos del programa.
- B) Elaborar el plan de trabajo considerando las siguientes acciones:
 - Identificación de los requerimientos de agua en las diferentes etapas del proceso.
 - Hacer una revisión de la tecnología aplicada en el proceso.

- Verificar si el agua de alimentación para el proceso esta de acuerdo a los requerimientos o no.
- Identificar las etapas donde se generan descargas líquidas.
- Verificar la calidad del agua que se descarga como efluente.
- Elaborar un diagrama de flujo que permita identificar equipos y sistemas dentro del proceso que requieren y descargan agua.
- Evaluar todas las posibilidades técnicas y económicas para cumplir con los objetivos del programa.
- Definir las acciones a seguir.
- Establecer un cronograma de actividades.

C) Ejecutar el plan de trabajo.

El cumplimiento de estas etapas conllevará a las fábricas a continuar con la aplicación de sistemas tecnológicos que sean más factibles económicamente y que a su vez le permitan alcanzar niveles competitivos en los mercados internacionales cumpliendo los estándares de calidad ambiental actualmente exigidos.

A continuación los ítems siguientes describen las consideraciones técnicas para la implementaciones de una serie de acciones encaminadas a minimizar la generación de sustancias contaminantes y a su vez lograr un producto final de calidad.

6.1.4.2 IMPLEMENTACIÓN DE CIRCUITOS CERRADOS PARA AGUA DE PROCESO Y EFLUENTES

Con la incorporación de circuitos cerrados de agua en las fábricas papeleras, se evita en parte los siguientes problemas:

- Descargar grandes volúmenes de efluentes, que por su cantidad hacen inmanejables cualquier tipo de tratamientos, además de elevar sus costos.
- Verter el efluente al río o al mar, puesto que en un punto del circuito se depurará y reutilizará para producir nuevo papel.

FASES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE CIRCUITOS CERRADOS:

A. IDENTIFICACION DE LAS ZONAS APTAS PARA RECIRCULACION O REUSO DE AGUAS DE DESECHO

- **El lavador de pulpa:** este es un punto potencial del reuso de agua en exceso proveniente de la planta de papel, o de los condensados contaminantes de la planta de pulpa. estas descargas de desecho pueden reciclarse hacia este lavador.
- **Espesadores de pulpa:** Cuando se hace uso de estos dispositivos para purificar la pulpa según se requiera para su uso final en la manufactura del papel, cartón o productos químicos, se recupera agua que puede ser reciclada hasta el punto más conveniente en el sistema de preparación de pulpa.
- **Máquinas papeleras:** Este es uno de los puntos donde también hay gran descarga de agua debido a que la pulpa que llega a esta etapa debe reducir su

consistencia hasta menos del 1 % a 0.5 %, luego para convertir en hoja terminada debe reducirse el agua entre 99 al 99.5 % ya que una hoja por lo general contiene menos del 6 % de agua. El agua que sale de esta etapa puede ser recirculada a las etapas de lavado de pulpa verificando su calidad.

B) IDENTIFICACION DE LOS PROBLEMAS RELACIONADOS A LAS AGUAS DE DESECHO

• Producción de pulpa:

El agua proveniente de esta etapa esta relacionada a muchos problemas como son:

- ✓ Descarga de desechos concentrados que no pueden recuperarse.
- ✓ El agua irrecuperable que contiene materia orgánica y otros agentes reductores que producen una carga sobre la planta de tratamiento.
- ✓ Formación de espuma inducida por la naturaleza tensoactiva de la materia orgánica, generalmente se añaden agentes químicos para controlar la espuma en los tamices y lavadores a fin de mantener la capacidad de producción.
- ✓ Contaminación del condensador de vapor.
- ✓ Formación de incrustaciones en los evaporadores, donde el aumento gradual de la concentración de sólidos tanto inorgánicos como orgánicos hace que se excedan los límites de solubilidad de sulfato de calcio y otros materiales. Para controlar esto, lo práctico es poner a hervir el evaporador con

agua en forma programada. Esta agua usada para la ebullición puede ser recuperada si se halla lo bastante concentrada para justificar que sea puesta en el circuito del evaporador, sin embargo parte de esta agua debe desecharse debido que cada vez que se usa se concentra mucho y se tienen que eliminar para sofocar el sistema.

- ✓ Formación de lamas en los sistemas fríos que están sujetas a corrosión.

- **Procesamiento del papel:**

Dada las condiciones de la fibra y los productos orgánicos residuales extraídos del bagazo, dentro del agua caliente y oxigenada dentro del circuito de agua blanca, el crecimiento bacteriano se convierte en uno de los mayores problemas de la manufactura del papel, y si no se hace un control de ello se forman lamas en el sistema de las máquinas papeleras, las que se desprenden periódicamente para entrar en el circuito abriéndose paso a través de la caja de cabecera de estas máquinas y se desarrollan como imperfecciones en la hoja terminada, además, este crecimiento bacteriano puede ocasionar un ataque corrosivo aún en sistemas con aleaciones de acero inoxidable. Por ello se hace necesario el control microbiano, utilizando productos químicos que sean efectivos y que sean al mismo tiempo seguros en su manejo como son los denominados biocidas, sin embargo trazas de estos biocidas en los efluentes papeleros representan un problema ambiental para lo

cual los tratamientos secundarios son efectivos debido a su mínima cantidad.

C) TRATAMIENTO PRIMARIO:

Elimina básicamente la materia en suspensión, pero ésta es una solución parcial, ya que las aguas que se generan en la industria papelera llevan muchos aditivos, necesarios para la fabricación del papel. Como son:

- Detergentes
- Agentes blanqueadores
- Biocidas para evitar cultivos microbianos (lamas)
- Antiespumantes, etc.

Además, tienen muchas partículas en suspensión, como:

- Arena u otras impurezas

Todos ellos hacen que estas aguas residuales sean muy contaminantes y presenten una elevada toxicidad. Así, por ejemplo, mientras que el agua de los ríos tiene normalmente una concentración media de contenido orgánico total (COT) de entre 5 y 10 miligramos por litro, la concentración en el agua de estos circuitos acostumbra a ser de 5000 miligramos por litro. La presencia de todas estas sustancias en las aguas de proceso ocasionan los siguientes problemas:

- Contaminación en el caso de vertido accidental, en última instancia.
- El agua "sucia" afecta negativamente en la calidad del papel fabricado, especialmente por lo que respecta a la incorporación de productos tóxicos en el producto final.

D) TRATAMIENTO SECUNDARIO:

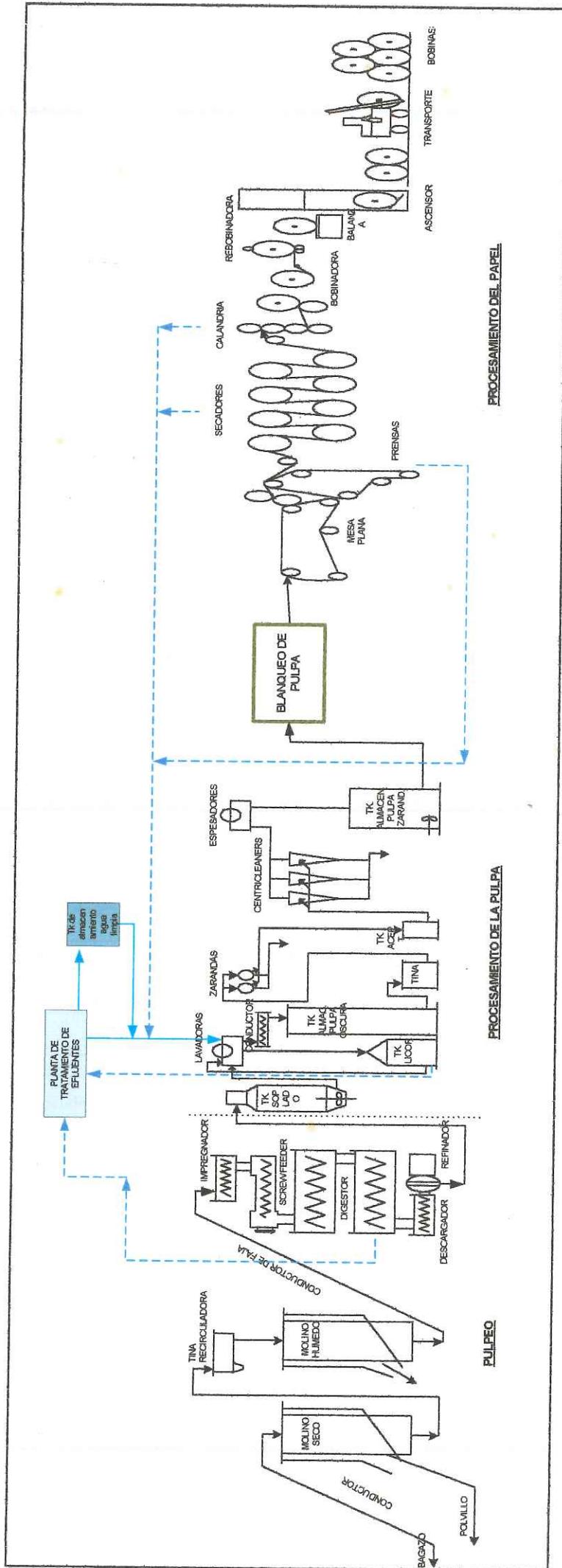
Ya se ha mencionado que el tratamiento primario de estas descargas elimina partículas en suspensión pero no elimina los contaminantes orgánicos, así que estos circuitos acaban acumulando aguas con concentraciones muy elevadas de material orgánico tóxico que sólo se podría eliminar aplicando un tratamiento secundario o biológico (En el ítem 6.1.4.4 se presentan más detalles de estos tratamientos secundarios). En el anexo A-4 se presenta un reporte sobre una experiencia específica sobre la aplicación de los tratamientos secundarios para aguas de circuitos cerrados.

VENTAJAS DE LA APLICACIÓN DE CIRCUITOS CERRADOS

- Reducir considerablemente la alimentación de agua al proceso, logrando que las descargas de efluentes sean en volúmenes mucho menores, lo que hará posible la aplicación de tratamientos primarios y secundarios a bajos costos.
- La incorporación de tratamiento secundario a las aguas de estos circuitos permitirá almacenar toda el agua del circuito en un gran depósito o piscina, cuando se requiera hacer limpieza o parada de máquinas, además cuando se presente la necesidad de verter el agua al río o mar, esta se hará en condiciones limpias.

En el diagrama 6.2 se muestra el diagrama de flujo de una fábrica de papel con la incorporación de circuitos cerrados y la ubicación de las plantas de tratamiento.

Diagrama 6.2.- Diagrama de flujo de una planta de papel con circuitos cerrados para consumo de agua



Fuente: Elaboración Propia

6.1.4.3 TRATAMIENTO DE EFLUENTES DEL PROCESO DE DESMEDULADO

La composición de los efluentes del desmedulado básicamente son materias orgánicas, y el objetivo de su tratamiento es separar estos sólidos y clarificar el agua para reciclarla, existen varios métodos, pero el que se propone a continuación es mediante la integración de las operaciones de sedimentación, flotación y deshidratación, es así que tomando en consideración a la firma Krofta Waters Internacional quien presenta un equipo "*SEDIFLOAT SDF*", que integra estas operaciones, nos permitirá describir su aplicación; físicamente el equipo consta de un tanque para la sedimentación y decantación, un cilindro de dilución de aire (ADT) y un depósito de fangos.

A) VENTAJAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL EQUIPO "*SEDIFLOAT SDF*"

Este equipo constituye un avanzado sistema de clarificación mediante la decantación y flotación, aquí las partículas más densas como arenillas se decantan y las menos densas flotan. Los lodos decantados y el material flotado se retiran por separados y vuelven a introducirse en el proceso o pueden ser dispuestos adecuadamente.

Cuando se emplean solo unidades de decantación para el tratamiento de estas aguas, la materia flotable suele provocar inconvenientes en un posterior proceso de clarificación, por ello la mejor opción es el empleo de estos equipos integrados, pues brindan la ventaja de que la materia flotada llega hasta un punto de gran consistencia como si fuera un espesador secundario, reduciendo los problemas de su eliminación. Además

en estos sistemas no es necesaria la reaireación de los lodos, ya que a lo largo de todo el proceso se mantiene las condiciones aeróbicas, lo cual permite la reducción de volumen cuando se inicie un tratamiento secundario.

B) DESCRIPCIÓN DEL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

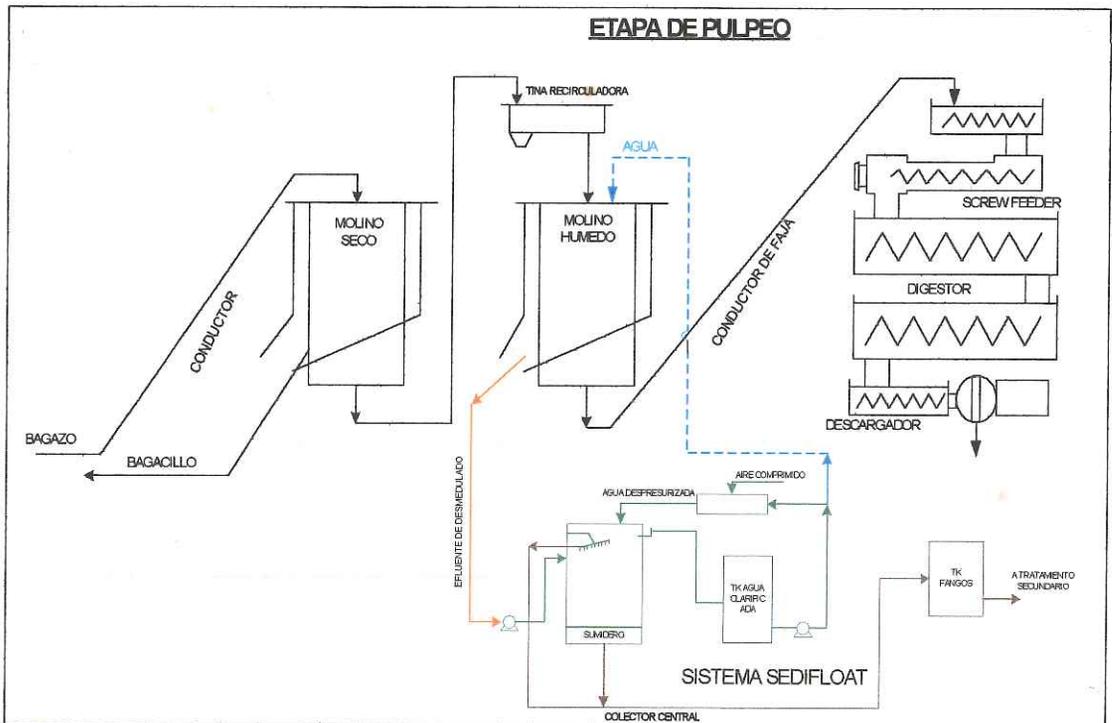
El principio de funcionamiento consiste en tratar el agua que entra por gravedad o bombeo a un distribuidor central para mezclarse con el agua despresurizada, procedente del tubo de dilución de aire, las micro burbujas desprendidas en la despresurización se adhieren a los sólidos floculados, elevándose a la superficie del agua. Las partículas más pesadas se decantan rápidamente sobre el fondo del tanque. El agua clarificada resultante, entre los sólidos flotados y los decantados, sale a través de un rebosadero de altura regulable. La regulación de esta altura determina el nivel de la superficie del agua en el equipo. La materia flotada es extraída por un recogedor espiral rotativo y vertida al colector central, de donde pasa al deposito de fangos adosado al equipo. Una rasqueta suspendida de la estructura soporte del recogedor espiral arrastra la materia decantada hasta un sumidero, situado en el fondo, de donde es purgado de forma intermitente y temporizado.

Parte del agua clarificada es bombeada al ADT (cilindro de dilución), donde es presurizada, inyectándose también aire comprimido. Al descomprimirse este flujo, en el distribuidor central, se mezcla con el agua bruta floculada, produciéndose

el fenómeno de la flotación de sólidos, descrito anteriormente.

A continuación se presenta en el diagrama 6.3 el funcionamiento del equipo en la etapa de desmedulado.

Diagrama 6.3.- Implementación del SEDIFLOAT en la etapa de desmedulado



Fuente: Elaboración propia

6.1.4.4 TRATAMIENTO DE EFLUENTES PROVENIENTES DEL PROCESO DE PULPEO

Los efluentes provenientes de la etapa de pulpeo (lavado de la pulpa) se le conoce comúnmente como licor negro y se compone básicamente de materia orgánica, lignina, carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y lignatos de sodio, trazas de soda, y agentes tenso activos.

Las características de este efluente, ha permitido determinar varios métodos y/o procedimientos para su tratamiento tales como:

- ✓ Neutralización
- ✓ Tratamiento en laguna de estabilización
- ✓ Recuperación de lignina
- ✓ Recuperación de soda cáustica
- ✓ Tratamiento Anaerobio: Uso de reactores anaerobios de flujo ascendente (UASB).

A) NEUTRALIZACION

El efluente proveniente de esta etapa por lo general presenta un pH básico, y si va a tener un tratamiento posterior en lagunas de estabilización debe ser neutralizado a las condiciones que se requieran.

B) TRATAMIENTO EN LAGUNA DE ESTABILIZACION

EL tratamiento de efluentes en lagunas de estabilización tiene como fin reducir la carga orgánica del mismo, para luego ser reutilizados como agua para riego.

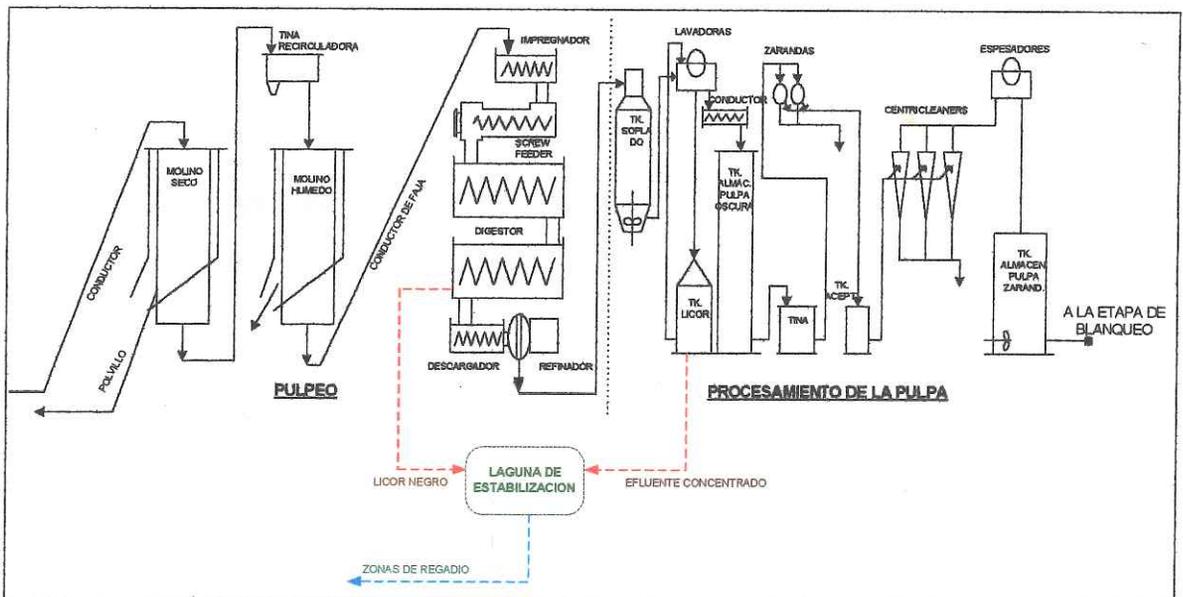
Este método implica una inversión alta al inicio del proyecto, y un tiempo relativamente largo para obtener el agua limpia, sin embargo es una buena alternativa cuando no se requiere

recuperar algún tipo de material reaprovechable; en el caso de las industrias papeleras, sería muy provechoso recuperar la lignina como sub producto, además de las materias primas, si es que fuese posible; más adelante se describen estas posibilidades.

Los lodos o barros obtenidos en el fondo de estas lagunas deben ser secados y dispuestos adecuadamente, una alternativa para su disposición es la incineración, esto se puede hacer mediante el empleo de un sistema de reactor COPELAND de lecho fluidizado adaptado especialmente para la incineración de licor con alto contenido de sílice que representa un sistema de recuperación de bajo costo pero eficiente.

En el diagrama 6.4 se muestra la implementación de la laguna de estabilización en la etapa de pulpeo.

Diagrama 6.4.- Implementación de laguna de estabilización



Fuente: Elaboración propia

C) RECUPERACION DE LIGNINA

La lignina representa un producto de desecho de las etapas de pulpeo y blanqueo de las industria papeleras, sin embargo este desecho puede ser recuperado y procesado para darle valor comercial, por ejemplo para su aplicación en soluciones como dispersante, estabilizante de emulsiones, agente acomplejante, precipitante o coagulante, en la producción de diversos polímeros, como matriz para adsorción o intercambio iónico, etc.

Claro esta que la manufactura de estos subproductos no estará a cargo de la misma fábrica, pero mediante gestiones comerciales se puede lograr convenios con las empresas que las requieran como insumo, de esta manera no solo se hará una disposición final de este subproducto sino que se cumplirá el primer aspecto que considera la implementación de tecnologías limpias.

D) RECUPERACION DE SODA CAUSTICA

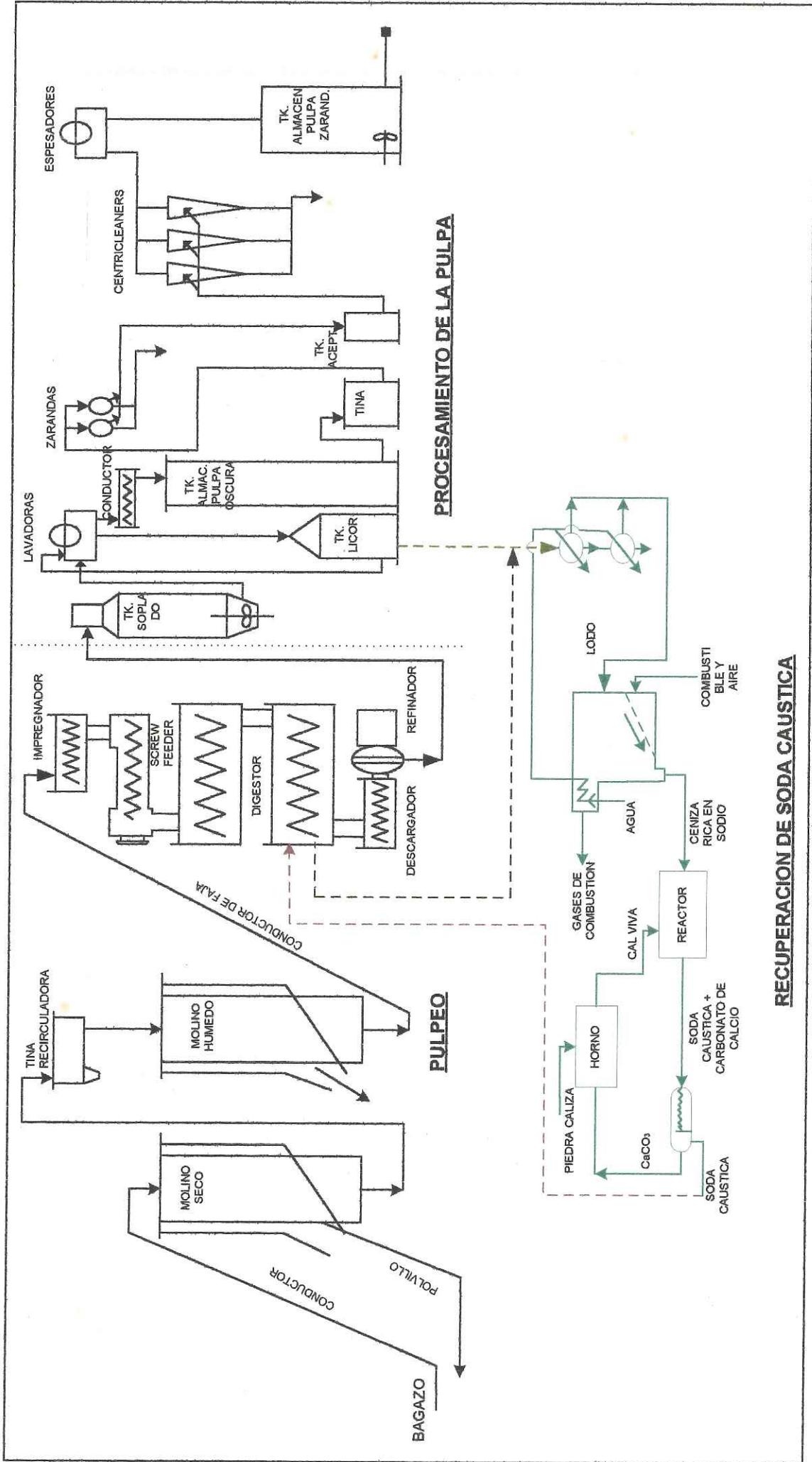
Ya se ha mencionado que la recuperación de materias primas es un paso importante en la aplicación de tecnologías limpias y la soda cáustica empleada en la digestión del bagazo para obtener pulpa no es una excepción pues este insumo puede ser recuperado muy fácilmente para su reutilización en el mismo proceso, esto se lleva a cabo mediante una serie de operaciones y reacciones químicas, tal como se describirá a continuación:

- El licor negro generado en la etapa de pulpeo, va a una serie de evaporadores para retirar el agua y concentrarlo.
- Posteriormente se quema la parte orgánica en una caldera llamada de Recuperación quedando como residuo una ceniza rica en sodio.
- El residuo de la caldera es mezclado con cal, produciendo una reacción química que permite convertir el carbonato de sodio, en soda cáustica y carbonato de calcio.
- La soda cáustica producida por la reacción retorna al proceso de cocción de la fibra en los digestores.
- El carbonato de calcio se separa y se envía a un horno donde se quema en conjunto con piedra caliza, produciendo cal viva que posteriormente se utiliza en la reacción de caustificación.

La caldera es llamada de recuperación, porque al quemar el licor negro, produce, además del vapor a utilizar en el proceso, un residuo mineral que por intermedio de un proceso llamado caustificación, producirá nuevamente un licor que se usará en el cocimiento de la fibra. Este proceso de recuperación tiene como objetivo principal eliminar el licor negro como desecho líquido, y recuperar la soda cáustica usada en el digestor.

En el diagrama 6.5 se muestra la implementación de este sistema de recuperación en la etapa de producción de pulpa.

Diagrama 6.5.- Implementación del sistema de recuperación de soda cáustica



Fuente: Elaboración propia

E) TRATAMIENTO ANAEROBIO: USO DE REACTORES ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE (UASB)

Este método es una alternativa válida como tratamiento preliminar de licor negro, la experiencia y eficiencia de este método lo revela un estudio realizado en la Universidad Central de Venezuela titulado "Reactor anaerobio de flujo ascendente UASB a escala piloto para el tratamiento del licor negro condensado generado en el proceso de elaboración de pulpa de papel"

En términos generales el objetivo del uso de reactores anaerobios como tratamiento preliminar es separar el material indeseable para la fabricación de papel como lo es la médula (lignina), azúcares, carbonatos, etc., este método ha demostrado gran eficiencia en la remoción de DQO en altas cargas orgánicas mayores a $30 \text{ kg DQO/m}^3 \times \text{día}$ y con variaciones de hasta el 32 %, en consecuencia este método de tratamiento es recomendable para rangos de DQO total de entre 88800 y 17000 mg/L tal como lo demostró el estudio mencionado anteriormente.

Por ejemplo este estudio se realizó considerando el procesamiento de 300 tm/ día de bagazo con un rendimiento en el orden del 49% y una relación de soda/bagazo de aproximadamente 13%, y como efluentes: el agua de lavado de la fibra y del digestor que son homogenizados para que ingrese como alimentación al reactor, las características de este efluente se muestran en cuadro 6.2.

Definitivamente los parámetros de un estudio de esta magnitud se establecen para casos puntuales, sin embargo existen condiciones generales que se adoptan para iniciar la evaluación y posterior aplicación de los diferentes métodos de tratamiento, es así que cuando se decide emplear este método específico se deben considerar las siguientes recomendaciones:

- Las condiciones de arranque del reactor UASB requiere un control exigente, el comportamiento hidráulico-sanitario del tanque de acidificación permitirán un arranque óptimo del reactor, además el funcionamiento hidráulico adecuado incide positivamente en la eficiencia del sistema, haciéndose imprescindible optimizar la relación entre las cargas orgánicas e hidráulicas para la operación eficiente del sistema.
- La actividad del lodo granular anaerobio al momento del arranque del reactor será tal que permita cumplir con las condiciones de operación.
- Las grasas son inhibitorias de la actividad del lodo granular anaerobio, por ello es recomendable la implementación de procesos adicionales como el desnate previo a la alimentación del equipo, además la ventaja de este proceso adicional permitirá separar materia orgánica compleja fundamentalmente grasa y lignina.
- La calidad del efluente en una planta de pulpa es variable, esto no permite mantener la estabilidad del sistema de tratamiento a las condiciones de operación que se requiere por su diseño, por eso se recomienda mantener un régimen estable en las condiciones de operación que

demandarán ajuste y control del sistema para minimizar las variaciones de las características del licor negro de alimentación al reactor, esto puede hacerse añadiendo al efluente descargas domésticas.

- Para optimizar los parámetros de diseño de estos equipos en las plantas que se les requiera, será necesario contar con información referida a los siguientes puntos:
 - ✓ Cuantificación del biogás producido.
 - ✓ Cromatografía del licor negro y del biogás.
 - ✓ Análisis rutinarios de aceites y grasas.
 - ✓ Determinación de micro nutrientes y nutrientes.
 - ✓ Continuidad en las determinaciones de sólidos en todas sus formas que permitan evaluar el crecimiento neto del lodo granular.
 - ✓ Desarrollo del perfil del manto del lodo.
 - ✓ Observaciones microscópicas del lodo granular.
 - ✓ Ensayos de actividad metano génica.

6.1.4.5 TRATAMIENTO DE EFLUENTES PROVENIENTES DEL PROCESO DE BLANQUEO

Los métodos utilizados para la purificación de los efluentes de la planta de blanqueo pueden dividirse en tres categorías: físicos, químicos y biológicos. Muchos de los procesos comercialmente utilizados incluyen dos de los anteriores o incluso los tres. Es particularmente difícil distinguir entre los efectos físicos y químicos, por ello en general estos dos métodos de purificación de efluentes se examinan juntos.

En el cuadro 6.3 se presenta los diferentes métodos de tratamiento de efluentes de la etapa de blanqueo:

Cuadro 6.3.- Métodos de tratamiento de efluentes de la etapa de blanqueo

| CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE | MÉTODOS DE TRATAMIENTO | PROCEDIMIENTO | RESULTADOS |
|---|---|--|---|
| Color Oscuro | Precipitación con cal: Cal en exceso Cal en proporción estequiométrica | los grupos fenólicos y enólicos en las sustancias coloreadas reaccionan con el calcio en condiciones alcalinas, y forman sales insolubles de calcio. La precipitación depende del peso molecular de los compuestos coloridos, la adición de sales de calcio solubles es favorable a la reacción. | Eliminación de los compuestos ácidos disueltos por la extracción alcalina que reducen el color y la DQO |
| | Adición de sales de aluminio y férricas, utilizadas junto con el hidróxido de sodio o de cal. | Ayudan en la coagulación de los efluentes de la planta de blanqueo | Reducción de la carga orgánica |
| | Ultra filtración | Ambos son técnicas sofisticadas pero su costo es elevado | Reducción de color del 60 % |
| | Osmosis inversa | | |
| | Absorción con carbón activado | El carbón vegetal activado de corteza brinda una mejor absorción | Reducción de hasta el 95 % el color y el 75 % del DQO |
| Carga orgánica | Coagulación electrolítica | Los tres métodos cumplen el principio de separación de materia orgánica de los efluentes | Reducción de materia orgánica |
| | Adición de ceniza volante | | |
| | Adición de aminas | | |
| Compuestos organoclorados y dioxinas | Separación de espuma | Los compuestos tóxicos activos en la superficie se absorben en la interfase gas-agua, se concentra en la espuma, y se elimina junto con la fibra en el líquido de salida. | Eliminación de toxicidad en el efluente |
| | Purificación biológica | Las pruebas se pueden realizar con efluentes combinados, la composición varía considerablemente. | Reducción de DBO y toxicidad en promedio de 60 % |
| | Lodos activados | Este proceso en dos etapas obtiene mejores resultados que cuando se trabaja en una sola etapa. | Reducción de la DBO en promedio de 80 % |
| | Lagunas aereadas | Se depositan por un tiempo determinado los efluentes, en comparación con los lodos activados, este tratamiento puede ser más eficaz | Reducción de la DBO |

Fuente: Pulpa y Papel, Química y Tecnología Química, James Casey, Vol. I

Los métodos mencionados en el cuadro 6.3 nos permiten establecer un criterio específico para optar por uno o varios métodos según la planta en estudio, sin embargo esto dependerá de los costos y adecuaciones que cada una de los métodos elegidos impliquen para las fábricas.

6.1.5 IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE RESIDUOS SÓLIDOS

Para la implementación de sistemas de tratamiento de residuos sólidos en una fabrica papelera, debemos considerar como primera etapa la elaboración de un **"Programa de Gestión de Residuos Sólidos"**, el que tendrá como base dos aspectos importantes:

- El primero referido al análisis de los residuos sólidos generados en las plantas de papel y cualquier otra que este integrada a ella , como puede ser el área de generación de energía que por lo general es denominada planta de fuerza.
- En segundo lugar una vez identificado los residuos , es disponerlo según la normatividad vigente para los Residuos Sólidos, Ley N°27314 dada por el Congreso de la República.

Definiendo los dos aspectos mencionados las acciones que se han de seguir serán:

- Reducción de volúmenes de residuos generadas en todas las etapas del proceso.
- Fomentar el reaprovechamiento de los residuos sólidos y la adopción complementaria de prácticas de tratamiento y adecuada disposición final.
- Incentivar el manejo selectivo de los residuos sólidos y su manejo conjunto, cuando no representen riesgos sanitarios o ambientales.
- Llevar el control estadístico de los materiales, insumos y desechos existentes en las plantas de papel y fuerza.

- Determinar la reutilización, reciclaje o recuperación de desechos.
- Controlar la cantidad de entrada y salida del material, así como también determinar el área y las condiciones de almacenamiento.
- Velar por la correcta disposición de la señalización y ruta de almacenamiento.
- Realizar coordinaciones para el recojo de los residuos sólidos.
- Programar campañas de fumigación en el área de almacenamiento de desechos.
- Verificar la correcta distribución y transporte de los residuos sólidos.
- Desarrollar y usar tecnologías, métodos, prácticas y procesos de producción y comercialización, que favorezcan la minimización o reaprovechamiento de los residuos sólidos y su manejo adecuado.
- Realizar gestiones con los proveedores, compradores de desechos y servicios externos para la devolución, venta o recojo de los residuos sólidos.

Una vez definida las acciones se establecen los siguientes tratamientos:

A) SEGREGACIÓN DE RESIDUOS

La segregación consiste en la separación de los desechos clasificándolos en orgánicos (restos de comida, jardines, fibra, bagacillo, papel y cartón) e inorgánicos (vidrios, plásticos, metales), en el punto de generación con la

finalidad de lograr la recuperación y reutilización de materiales.

Este método será aplicable para las áreas de: oficinas, producción, laboratorios, talleres y almacenes. Siguiendo los siguientes pasos:

- ♦ Identificar los puntos críticos de acumulación de desechos para determinar las áreas óptimas de ubicación de recipientes y las rutas de recolección.
- ♦ Determinar el tipo de recipiente a usar según el residuo generado. Pudiendo ser estos, cilindros o cajas según el área donde estén ubicados.
- ♦ Realizar la cuantificación de residuos, para determinar el número de recipientes y frecuencia de recolección necesaria.
- ♦ Identificar los recipientes por colores, ejemplo:
 - Azul : papel
 - Amarillo : metal
 - Verde : vidrio
 - Anaranjado : plástico
 - Marrón : desecho orgánico
- ♦ Catalogar los desechos existentes en laboratorios, producción, talleres y almacenes, según el riesgo que representen, para ser dispuestos adecuadamente en el área de almacenamiento.

B) RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO

- ♦ La frecuencia de recolección será determinada de acuerdo al flujo de residuos, por ejemplo los embalajes desechados en la producción deberán ser recolectados diariamente.

- ♦ Determinar el área de almacenamiento de residuos considerando el flujo generado, así como el fácil acceso para su transporte.
- ♦ Realizar la señalización del almacén, de acuerdo al tipo de desecho y a la ruta de ingreso y salida.
- ♦ Los almacenes deben cumplir con las condiciones de salubridad, para ello es necesaria su fumigación periódica.
- ♦ El retiro de los desechos se hará a través de transporte de la empresa o de terceros, según sea el caso.

B) DISPOSICIÓN

La disposición final puede hacerse siguiendo varios métodos, estos son:

- Compostaje - Lombricultura

Existiendo en la planta residuos orgánicos tales como bagacillo, papel, periódicos, restos de jardines y otros, estos pueden ser tratados como materia prima para la elaboración de un abono con la finalidad de mejorar las características del suelo.

- Tratamiento de Desechos de Construcción

Los residuos de construcción se deben clasificar para ser sometidos a una operación de chancado y tamizado con la finalidad de ser utilizados como agregados de segunda clase en la formulación de concreto para cimientos simples o material de compactación.

Los fierros y alambrones serán utilizados si es posible como chatarra. Para ser posteriormente vendidos.

- **Reuso y reciclaje**

Los desechos como Plásticos, Metales y Vidrio Puede darse venta a terceros, implementando una logística de seguimiento a través de un contrato o acuerdo.

- **Confinamiento**

Los desechos que no puedan ser reciclados o reutilizados y no representen riesgo ambiental, serán dispuestos en un relleno sanitario o de ser el caso en un vertedero controlado, que cumpla con las condiciones ambientales establecidas por la ley de residuos sólidos.

6.2 CAMBIOS TECNOLOGICOS

6.2.1 SUSTITUCIÓN DE REACTIVOS PARA BLANQUEO DE PULPA

El objetivo de la sustitución de reactivos para blanqueo de pulpa es la reducción de las sustancias contaminantes en los efluentes de la etapa de blanqueo, este problema puede atacarse de varias formas, pero el cambio del método de blanqueo es uno de los procedimientos que más se está difundiendo actualmente debido a las ventajas que proporciona tanto en el aspecto ambiental como de producción.

Los reactivos que se proponen como sustitutos del cloro, ya sean en su totalidad o en un porcentaje son:

- Peróxido de hidrógeno
- Oxígeno
- Ozono
- Recubrimientos

- Enzimas, etc.

A continuación se describen los aspectos técnicos relacionados al cambio de los reactivos de blanqueo considerando cada uno de las opciones:

6.2.1.1 PEROXIDO DE HIDROGENO

El peróxido de hidrógeno es probablemente uno de los químicos más seguros usados en el proceso de blanqueo, esencialmente su función es modificar los constituyentes de la lignina dándole a su color marrón otra coloración, pero al contrario del cloro este no remueve completamente la lignina, el peróxido de hidrógeno también elimina resinas ácidas tóxicas.

Usando peróxido de hidrógeno el brillo que se logra es más de 80 ISO (unidad de medida para el brillo de los papeles). Para procesar una tonelada de pulpa se requiere cerca de 20 a 30 kg de peróxido de hidrógeno y 20 a 60 kilowatts hora de potencia.

6.2.1.2 OXIGENO

Los compuestos organoclorados primariamente se originan cuando la lignina es removida usando cloro. Cuando se incluye oxígeno a la secuencia de blanqueo, esta es la primera etapa que reemplaza a la cloración y extracción, y ella reduce en forma importante la concentración de desechos y la carga en la planta de tratamiento de efluentes, además para la remoción de lignina el cloro puede ser ampliamente reemplazado por oxígeno. Desafortunadamente, el oxígeno no reacciona con la lignina tan específicamente como lo hace el cloro, el oxígeno

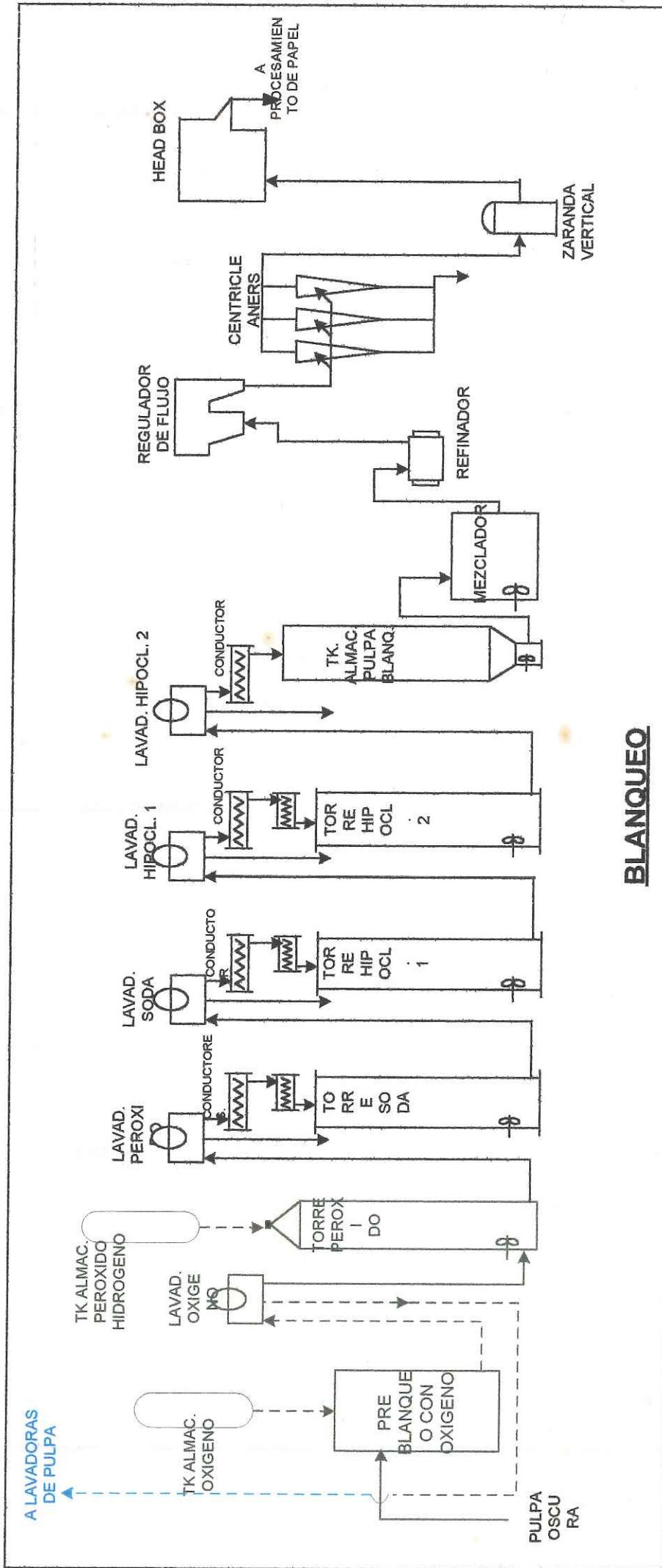
fácilmente puede atacar a la fibra de celulosa, haciéndola menos resistente. En el proceso de blanqueo convencional por lo tanto el oxígeno puede solo reemplazar cerca del 50% de cloro. El pre blanqueo con oxígeno también puede ser económico porque reduce en conjunto el costo del blanqueo, puesto que el oxígeno es más barato que el cloro. Es más, el agua de desecho del blanqueo con oxígeno, hervido con la lejía puede ser quemado y usado para generación de energía.

Para hacer más eficaz, el blanqueo con oxígeno y lograr una reducción mayor de la carga orgánica del efluente, debe combinarse con la evaporación y el quemado de las sustancias orgánicas disueltas eliminadas en la etapa al oxígeno.

Además una gran ventaja del empleo del oxígeno se da cuando el licor gastado procedente de la etapa de oxígeno se utilice en la etapa de lavado de pulpa oscura, obteniéndose así una considerable reducción de la DBO, DQO y color.

En el diagrama 6.7 se muestra la secuencia del proceso de blanqueo con la implementación de una etapa de pre blanqueo con oxígeno y el reemplazo de la etapa de cloración por la de peróxido de hidrógeno.

Diagrama 6.7.- Implementación de etapa de pre blanqueo y reemplazo de la primera etapa de cloración por peróxido de hidrógeno en el blanqueo de pulpa



BLANQUEO

Fuente: Elaboración propia

6.2.1.3 OZONO

El ozono es otro reactivo químico que se emplea en el procesos de blanqueo de pulpa, y parece ser una buena opción para conseguir una elevada blancura al final del blanqueo de pasta totalmente libre de cloro (TCF), siempre en cuando se resuelva el problema de la viscosidad provocada por la elevada reactividad del ozono en contacto con cualquier compuesto orgánico (ya se han realizado estudios de este tipo y por ello se aplican actualmente en algunas plantas papeleras europeas). Además se debe considerar que el ozono es un gas tóxico que puede detectarse por su olor en concentraciones muy bajas y resulta relativamente fácil detectarlo en el aire, para tomar las medidas inmediatas.

6.2.1.4 RECUBRIMIENTOS

El uso de recubrimientos para dar mayor brillo al papel hace que la blancura obtenida en el pulpeo químico no se requiera en un porcentaje considerable evitando así el proceso de blanqueo con cloro y sin riesgo ecológico en el agua de desecho.

6.2.1.5 ENZIMAS

El empleo de enzimas en la etapa de blanqueo se denomina Bio blanqueo y es una aplicación directa de la biotecnología, el fin del bio blanqueo es reducir el contenido de compuestos clorados, remoción de materia orgánica, disolventes y materiales coloidales, que se encuentran concentrados en los efluentes de la etapa de blanqueo, el resultado de su

aplicación es la disminución de agentes contaminantes y la obtención de un producto de calidad. Las enzimas que comúnmente se emplean son las enzimas del tipo oxidativas como la Laccase, lipasa, celulasa, hemicelulasa, pectinasa.

6.2.2 IMPLEMENTACION DE NUEVOS EQUIPOS PARA ZARANDEO Y LIMPIEZA

La materia prima es un recurso limitado para todo proceso de fabricación de papel, es por ello una obligación de la industria de la pasta celulósica mejorar los procesos de empaste. Es así que se establecen mayores requerimientos al zarandeo y limpieza para obtener pasta de mayor calidad y uniformidad.

Una de las propuestas del mercado es la utilización de zarandas rotativas completamente cerradas y presurizadas con efecto de separación dinámica , para separar las fibras largas.

Todos los procesos de empaste que incluyen refinadores, necesitan la eliminación completa de las impurezas, tales como piedras, arena, metales, etc. que acompañan al bagazo cuando este ingresa al proceso.

Algunas de las ventajas de los nuevos equipos que brinda el mercado son:

- Menos flujo para lavado de equipo de zarandeo
- Menos agua en el proceso químico
- Ningún agua de desecho
- Ninguna bomba, rosca transportadora de drenaje ni limpiadores.

Y como ventajas adicionales se tiene:

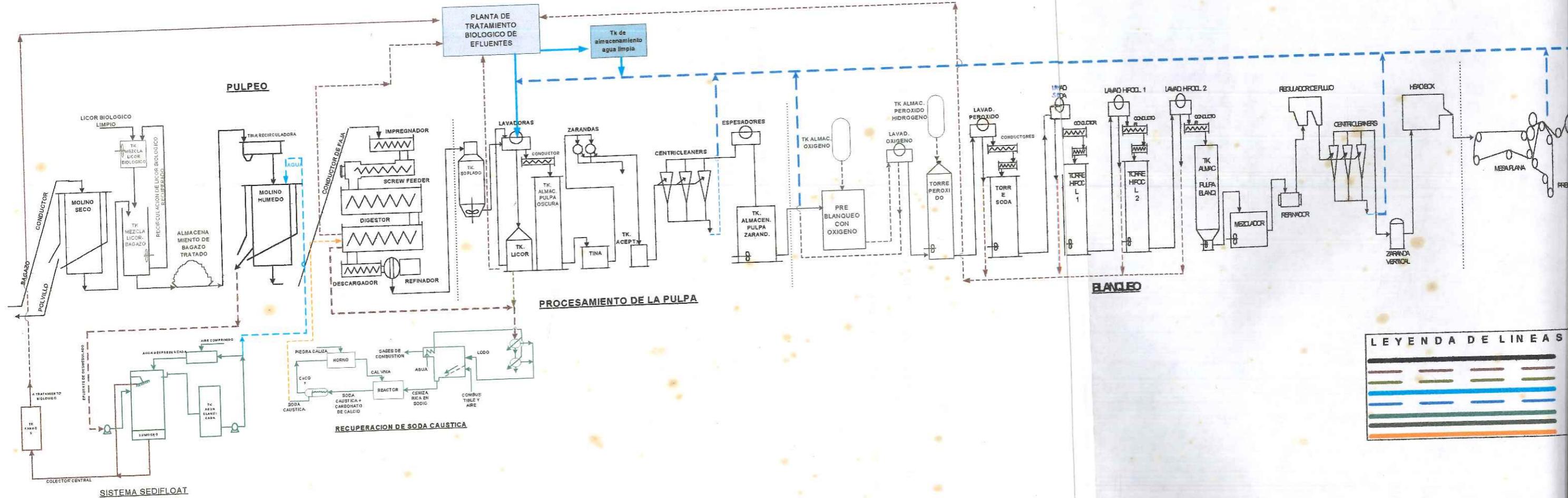
- Mayor consistencia en el zarandeo.
- Ahorros en la capacidad de desagüe.
- Pequeñas cantidades de rechazo de pulpa y
- Ahorro en el consumo de energía.

Los rechazos del zarandeo son desfibrados en refinadores para formar pasta con el óptimo rendimiento de fibra larga y la limpieza de la pasta es llevada a cabo en una unidad de lavado para luego ser quemados.

6.3 PROPUESTA INTEGRAL DE TECNOLOGIA LIMPIA

Considerando cada una de las acciones mencionadas en los ítem anteriores a continuación se presenta mediante el diagrama 6.8 la implementación integrada de una tecnología limpia en una planta de fabricación de papel a partir de bagazo de caña de azúcar.

Diagrama 6.8.- Diagrama de flujo de la Propuesta de Tecnología limpia en el proceso de fabricación de papel a partir de bagazo de caña de azúcar



Fuente: Elaboración Propia.

6.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESOS PROPUESTO

El proceso de fabricación de papel a partir de bagazo se da en cuatro etapas, la descripción de cada una de ellas en esta parte del trabajo considera la implementación de un sistema nuevo que cumpla con los objetivos de la implementación de una tecnología limpia:

- ✓ **Pulpeo:** Esta se inicia con la recepción de materia prima que llega del ingenio azucarero, aquí el control se hace mediante un sistema de pesado en balanzas electrónicas. Para evitar que la fibra se degrade por la cantidad de humedad con la que llega a la planta pasan por un molino en seco para retirar el polvillo o bagacillo que son llevados a una cancha de almacenamiento para ser retornados al ingenio azucarero, parte de este se emplea en las calderas de generación de energía. Como una primera aplicación de tecnología limpia esta fibra pasa al sistema de tratamiento biológico de Ritter, para posteriormente ser almacenado en pilas en una cancha especialmente diseñada para ello, cuando se la requiera para iniciar el proceso la fibra es llevada por unas fajas hasta unas tinajas de recirculación para eliminar impurezas, de aquí pasan a los molinos desmeduladores húmedos, los efluentes aquí generados pasan al equipo Sedifloat para clarificar el agua y hacerla recircular hacia los molinos, los lodos obtenidos son llevados a un sistema de tratamiento biológico de efluentes, la fibra húmeda que sale de los molinos pasa al cilindro de digestión mediante fajas inclinadas sin fin, acompañada de vapor. Para la digestión

de la fibra se agrega soda cáustica que proviene de la caldera de recuperación, la cocción de la fibra es a temperatura promedio de 160-170°C por espacio de 25 minutos aproximadamente, después de este tiempo se obtiene la pulpa oscura.

En todas estas áreas el mantenimiento adecuado de la infraestructura evitará la formación de lamas debido a la corrosión.

✓ **Procesamiento de la pulpa:** la pulpa obtenida de los digestores contiene muchos sólidos que son retirados mediante lavadores rotatorios, este lavado se realiza con abundante agua que proviene de la recirculación de las agua de las máquinas papeleras, cuando estos licores se han concentrado pasan al sistema de tratamiento biológico de efluentes. La pulpa lavada pasa por un sistema de zarandas para retirar las impurezas que no han podido ser retiradas en los lavados anteriores, de aquí pasan a unos tanques de almacenamiento. Antes de ingresar a la etapa de blanqueo es lavado nuevamente, pero en este caso en unas lavadoras centrifugas para luego ser espesadas.

Los efluentes del lavado son recírculadas a los lavadores rotatorios.

✓ **Blanqueo de pulpa:** este proceso se realiza en cinco etapas: pre blanqueo con oxígeno, extracción con peróxido de hidrógeno, extracción alcalina (usando hidróxido de sodio) e hipoclorito de sodio en las dos etapas finales. Después de que la pulpa pasa por cada una de estas etapas es lavada, generándose en cada lavador un efluente con

características propias según el reactivo usado, todos los efluentes generados son enviados al sistema de tratamiento biológico antes de ser descargados a los cuerpos receptores o recirculados al proceso, solo el efluente generado en el pre blanqueo es recirculado hacia los lavadores de pulpa.

✓ **Procesamiento del papel:** para elaborar el papel y dependiendo del tipo, se pueden emplear los refiles provenientes del bobinado y cortado de los rollos, la pulpa antes de ingresar a las máquinas papeleras son refinadas en un hidropulper, cuando ya esta lista para ingresar a las máquinas se añaden aditivos químicos según la calidad del papel a producir, además de biocida que evitará la formación de lamas en estas máquinas que son las que producen imperfecciones en el producto final. En esta etapa la dilución de la pulpa se hace con grandes volúmenes de agua que luego deben ser extraídos, estos efluentes se recirculan a la etapa de procesamiento de pulpa para ser usados en el lavado de la misma. Finalmente el papel es rebobinado, cortado y almacenado.

VII. CONCLUSIONES

- ✘ La introducción de tecnologías nuevas, denominadas limpias, en la industria del papel, no necesariamente implicará un cambio tecnológico propiamente dicho, es así que para el sector papelerero peruano que utiliza bagazo de caña de azúcar en su proceso, por las características tecnológicas, estructurales y económicas que presenta, solo será posible a lo menos en una primera etapa la reorientación de flujos másicos y energéticos.

- ✘ La identificación y caracterización de los contaminantes del proceso de fabricación de papel a partir de bagazo de caña de azúcar, permitieron analizar los impactos ambientales mediante la aplicación de los métodos conocidos como "La Matriz de Leopold y el método de Batelle-Columbus, además de definir los efectos negativos sobre los seres vivos y su entorno.

- ✘ Los resultados de la identificación y caracterización del proceso productivo, demuestran además el alto índice de contaminación generado por los efluentes de todas las etapas del proceso, los que van directamente al cuerpo receptor sin un tratamiento óptimo previo.

- ✘ La caracterización de los contaminantes también permitió conocer los efectos de cada uno de ellos en el hombre y el medio ambiente, siendo los más perjudiciales los compuestos

organoclorados provenientes de la etapa de blanqueo donde se usa el cloro y otros compuestos clorados.

✘ La definición de los métodos y sistemas que permitan obtener un producto de calidad y con mínima generación de contaminantes establece un sin número de posibilidades que pueden aplicarse a la realidad corporativa de una empresa, es así que identificados los mayores impactos de esta industria se ha propuesto los siguientes procedimientos:

- Disminución en el consumo del recurso hídrico en todas las etapas del proceso mediante la implementación de sistemas de recirculación de efluentes previo a un tratamiento primario (equipo *SEDIFLOAT* en la etapa de desmedulado húmedo) o secundario (lagunas de estabilización, o equipos específicos como reactores anaerobios, para efluentes de la etapa de pulpeo y blanqueo).
- Para obtener un producto de mayor calidad y con mejores rendimientos se ha propuesto tratar la materia prima al inicio del proceso mediante tratamiento biológico del bagazo durante la etapa de su almacenamiento, el que a su vez evitará la pérdida de materia prima por degradación debido a la humedad con la que llega a la planta desde los ingenios azucareros.
- Implementación de un método de recuperación de soda cáustica mediante el uso de una caldera de recuperación y reacciones sucesivas conocidas como de caustificación.
- Sustitución del cloro como reactivo de blanqueo para evitar la formación de compuestos organoclorados, para lo

que se ha propuesto la implementación de una etapa de pre blanqueo con oxígeno seguida de una extracción con peróxido de hidrógeno.

- ✱ Todos los procedimientos mencionados permiten de manera integral disminuir y optimizar el consumo de materias primas como bagazo, agua, reactivos químicos, etc., además de minimizar la generación de sustancias contaminantes que afectan al hombre y a su entorno, logrando que la inversión para estas acciones sean recuperadas a corto plazo por los beneficios que le brindará su implementación.

- ✱ Muchos estudios de casos a nivel mundial muestran de manera objetiva los resultados obtenidos al implementar estos sistemas, por mencionar un ejemplo, el siguiente cuadro 7.1, muestra un resumen estadístico de estos resultados, con la intención de visualizarlos de manera comparativa con la propuesta factible planteada en este trabajo, (en el anexo A-5 se presenta con más detalle los cambios implementados por estas empresas).

Cuadro 7.1.- Resumen estadístico de estudios de casos de empresas extranjeras

| FÁBRICA | AHORRO DE FIBRA (TN/AÑO) | AHORRO DE CARBON (TN/AÑO) | AHORRO DE AGUA (TN/AÑO) | AHORRO DE ELECTRICIDAD (KW/AÑO) | AHORRO DE ACEITE (L/AÑO) | AHORRO DE RENMINBI POR AÑO |
|--------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Ma An Shan | 1450 | *** | 870 552 | --- | 960 | 4 824 110 |
| Tian Du | 1224 | *** | 822 936 | --- | --- | 1 836 302 |
| Jin Zhong | 5000 | 3120 | --- | --- | --- | 11 525 200 |
| Chao Lun | 6420 | 2970 | 3 354 852 | --- | --- | 8 075 134 |
| Lu An | 4843 | 775 | 526 400 | 153 000 | --- | 6 255 860 |
| Gao Sen | 211 | 1020 | 336 600 | --- | --- | 2 440 309 |
| Total | 19 148 | 7 187.5 | 5 911 340 | 153 000 | 960 | 34 956 309 |

*** probable ahorro conseguido pero no estimado

Fuente: Assessment of the CP solutions in the Pulp and Paper Sector : China - Canada Co-Operacion Project in the cleaner Production, 2001.

Cada uno de los ahorros generados que se observan en este cuadro indican lo siguiente:

El ahorro de fibra conlleva a la disminución de carga orgánica en los efluentes que son monitoreados por DBO, DQO, SS y pH consiguiendo estar por debajo de los límites permisibles. Así mismo con la fibra recuperada se consigue producir papel de menor grado.

El ahorro de carbón permite disminuir la eliminación de gases de combustión.

El ahorro de agua indica la disminución de la cantidad de efluentes descargados a los cuerpos receptores, además con la disminución de fibra, compuestos químicos, que son reemplazados en algunas etapas del proceso como pulpeo y blanqueo y la implementación de sistemas de tratamiento de agua de desecho, se consigue eliminar efluentes más saludables para el medio ambiente y/o reusarlos en las etapas que sean convenientes para el proceso. De esta manera se logra inhibir los mayores problemas que fueron identificados en esta industria, los que se muestran en el capítulo V.

El ahorro de electricidad, que se logra mediante disminución de tiempo de cocción de la fibra, aislamiento de las tuberías de vapor y/o reemplazo de calderos.

El ahorro de aceite, que conlleva a la disminución de trazas de estos en los efluentes (ya que estas trazas ocasionan inhibición en el crecimiento de organismos en los cuerpos receptores).

Cabe resaltar que cada una de las alternativas limpias por las que puede optar una empresa dependerá de las condiciones actuales de operación de la misma (tal como se puede observar en cada una de las empresas tomadas como ejemplo comparativo en el cuadro 7.1 y con más detalle en el anexo A-5), sin embargo esto no excluye de manera definitiva ninguna de las propuestas planteadas en este trabajo.

VIII. RECOMENDACIONES

- ✘ Para implementar tecnologías limpias en empresas peruanas del rubro papelerero que emplean bagazo, se debe considerar el tiempo de operación, la infraestructura y las condiciones económicas en las que se encuentran, porque ello permitirá definir las mejores alternativas de cambio que se puedan realizar en el proceso.

- ✘ Para cualquier decisión en cuanto a la adaptación de nuevos sistemas en las empresas papeleras peruanas, es necesario contar con el compromiso de cada uno de los involucrados, por lo que se recomienda la preparación previa del personal mediante cursos de capacitación.

- ✘ Las empresas de este rubro deben implementar un área dentro de ellas que se encarguen de investigar las soluciones a los problemas derivadas de su producción, para lograr ser competitivos en el mercado internacional tanto en el aspecto de calidad del producto y calidad ambiental, ya que las exigencias del mismo le dan un punto a favor, a pesar del uso de sus tecnologías antiguas, esto es, el uso del bagazo como recurso renovable a corto plazo.

- ✘ Si se requiere implementar sistemas de tratamiento para los efluentes a bajos costos se recomienda como primer paso implementar el programa de reducción del consumo de agua, el que conllevará a la reducción de efluentes haciendo más manejables y económicos su tratamiento.

✘ Para la implementación de cualquier procedimiento propuesto en este trabajo, como alternativa para mejorar el proceso y disminuir la generación de contaminantes, se deben definir primero los parámetros de evaluación considerando las características específicas del proceso productivo, además de las especificaciones generales de cada uno de los métodos o procedimientos.

IX REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

✱ TEXTOS Y TESIS

- Arroyo Alvites, Ángel Juan Carlos DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL DEPARTAMENTO DE PLANEAMIENTO Y CONTROL DE PRODUCCION DE PAPEL A PARTIR DE BAGAZO EN LA FABRICA TRUPAL, Callao: Tesis para optar el Titulo profesional de Ingeniero Químico, Universidad Nacional del Callao, 1988.
- Carranza Noriega, Raymundo. MEDIO AMBIENTE , PROBLEMAS Y SOLUCIONES, Lima: Universidad Nacional del Callao - Vice Rectorado de Investigación, Primera Edición, 2002.
- Casey, James PULPA Y PAPEL, QUIMICA Y TECNOLOGIA QUIMICA, México: Editorial Limusa, Primera Edición, Tomo I, 1990; Tomo II, 1991, Tomo III, 1991.
- Díaz Bravo, Clemente R. CONTROL DE PROCESOS EN UNA PLANTA DE PULPA A PARTIR DE BAGAZO, Callao: Tesis para optar el titulo profesional de Ingeniero Químico, Universidad Nacional del Callao, 1983.
- Lobby, C. Earl CIENCIA Y TECNOLOGIA SOBRE PULPA Y PAPEL, México-España: Compañía Editorial Continental S.A., Primera Edición en español, Tomo I, 1967.

- Nalco Chemical Company - Kemmer, Frank N. MANUAL DEL AGUA, SU NATURALEZA, TRATAMIENTO Y APLICACIONES, México: MacGraw Hill, Primera Edición, Tomo II, 1996.
- Stephenson, J. Newell PULP & PAPER MANUFACTURE, PREPARATION OF STOCK FOR MAKING, New York - Toronto: MacGraw Hill Book Company, INC, Primera Edición, Tomo II, 1951.

✱ **SEMINARIOS Y CURSOS**

- Najul, María V; Lopez, Eudoro E; D'Suze, María M; Blanco, Henry A. REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE UASB A ESCALA PILOTO PARA EL TRATAMIENTO DE LICOR NEGRO CONDENSADO GENERADO EN EL PROCESO DE ELABORACION DE PULPA DE PAPEL, Cuba: XXIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 1992.
- Oficina de Asesoría y Consultoría Ambiental (OACA) INNOVACIONES EN LA INDUSTRIA DEL PAPEL, Lima: Programa Empresa Ambiente - Serie Seminarios Industriales, Documento Técnico N°3, 2000.
- Martínez Sepúlveda, José Alejandro, RESIDUOS PELIGROSOS, GESTION, MANEJO Y TRATAMIENTO, Callao: Curso desarrollado en el VIII Congreso Peruano de Estudiantes de Ingeniería Química, 2002.

✱ REVISTAS Y DIARIOS

- Asociación GUIJAS JAA, Revista, PANORAMA AMBIENTAL ECOLOGÍA Y DESARROLLO, Lima: N° 3, pag. 14, 1997.
- Miller Freeman Publishers Ltd, Sovereign Way, Revista, WORLD PAPER - GERMANY ANCILLARY EQUIPMENT ENVIRONMENT, England: Vol. 220, N°6, Junio 1995.
- Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales MITINCI (hoy Ministerio de la Producción), Revista, PERSPECTIVA INDUSTRIAL, Lima: Sub Dirección de Industria de la Dirección Nacional de Industria del MITINCI, Ediciones N° 0-8, 1999-2001.
- Síntesis, Diario, TRUPAL: BAGAZO COMO EXCENDENTE NO PUEDE COMPRARSE CON UN PRECIO CALORIFICO, Lima: Pag. 11, Martes 18 de junio del 2002.

✱ PAGINAS WEB

- Cámara de la Industria de la Pulpa y el Papel de Colombia
www.andi.com.co/camaras/pulpapapel/
- Centro Experimental de la Universidad de Chile
<http://www.cec.uchile.cl>

- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile
http://www.conicyt.cl/cgi-bin/rut_fondecyt.cgi?10342
- GREEMPEACE, Organización Internacional defensora del Medio Ambiente
www.greempeace.org
- Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la Caña de Azúcar
<http://www.icidca.cu>
- Instituto Internacional de Ecología y Desarrollo, Impactos ambientales de la fabricación de pasta de papel
<http://www.ecodes.org/lifepapel/htm/info/tecnica/ciclo/impacto2.htm>
- PROPAL - Colombia, Empresa de Fabricación de Pulpa y Papel a partir de Bagazo.
www.propal.com.co

X INDICE DE CUADROS, DIAGRAMAS Y FOTOS

* CUADROS

| | |
|--|----|
| ▲ Cuadro 3.1.- Propiedades químicas de las fracciones del bagazo | 10 |
| ▲ Cuadro 4.1.- Identificación de los focos contaminantes | 22 |
| ▲ Cuadro 4.2.- Caracterización de Emisiones Atmosféricas | 24 |
| ▲ Cuadro 4.3.- Caracterización de Efluentes | 25 |
| ▲ Cuadro 4.4.- Efectos negativos de los contaminantes en la salud | 31 |
| ▲ Cuadro 4.5.- Efectos negativos de los contaminantes en la seguridad | 32 |
| ▲ Cuadro 4.6.- Efectos negativos de los contaminantes sobre el medio ambiente | 32 |
| ▲ Cuadro 5.1.- Cuadro resumen de identificación de impactos | 36 |
| ▲ Cuadro 5.2.- Matriz de Leopold | 39 |
| ▲ Cuadro 5.3.- Cuantificación de impactos Método Batelle-Columbus | 42 |
| ▲ Cuadro 5.4.- Estándares de calidad de aire para el sector papelerero peruano | 44 |
| ▲ Cuadro 5.5.- Estándares de calidad de agua | 44 |
| ▲ Cuadro 5.6.- Límites Máximos Permisibles de emisiones gaseosas | 45 |
| ▲ Cuadro 5.8.- Límites Máximos Permisibles para efluentes del sector papel | 46 |
| ▲ Cuadro 6.1.- Alternativas de solución para emisiones atmosféricas | 52 |
| ▲ Cuadro 6.2.- Características del efluente de una planta de producción de pulpa | 70 |
| ▲ Cuadro 6.3.- Métodos de tratamiento de efluentes de la etapa de blanqueo | 73 |
| ▲ Cuadro 7.1.- Resumen estadístico de estudios de caso de empresas extranjeras | 91 |

* DIAGRAMAS

| | |
|--|----|
| ▲ Diagrama 3.1.- Blanqueo químico de pulpa | 17 |
| ▲ Diagrama 5.1.- Diagrama de Impactos de una fábrica de papel | 35 |
| ▲ Diagrama 6.1.- Diagrama de flujo del pre tratamiento biológico de Ritter | 50 |
| ▲ Diagrama 6.2.-Diagrama de flujo de una planta de papel con circuitos cerrados | 60 |
| ▲ Diagrama 6.3.- Implementación del equipo SEDIFLOAT en la etapa de desmedulado | 63 |
| ▲ Diagrama 6.4.- Implementación de laguna de estabilización | 65 |
| ▲ Diagrama 6.5.- Implementación del sistema de recuperación de soda cáustica | 68 |
| ▲ Diagrama 6.6.- Método anaerobio para el tratamiento de licor negro – Reactor UASB – Planta Piloto | 70 |
| ▲ Diagrama 6.7.-Implementación de la etapa de pre blanqueo y reemplazo de la primera etapa de cloración por peróxido de hidrógeno en el blanqueo de pulpa. | 81 |
| ▲ Diagrama 6.8.-Diagrama de flujo de la Propuesta de Tecnología limpia en el proceso de fabricación de papel a partir de bagazo de caña de azúcar | 85 |

* FOTOS

| | |
|--|----|
| ▲ Foto 3.1.- Cultivos de caña de azúcar | 8 |
| ▲ Foto 3.2.- Almacenamiento de Bagazo | 10 |
| ▲ Foto 3.3.- Transporte de bagazo por fajas | 11 |
| ▲ Foto 3.4.- Tanques digestores | 12 |
| ▲ Foto 3.5.- Tanques de almacenamiento de pulpa oscura | 16 |
| ▲ Foto 3.6.- Malla receptora de pulpa. | 19 |
| ▲ Foto 3.7.- Bobinas de papel | 20 |
| ▲ Foto 4.1.- Emisiones de la caldera | 23 |
| ▲ Foto 4.2.- Residuos de la producción de papel | 29 |

ANEXOS

A

ANEXO A-1

ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL DE AIRE Y AGUA

ESTANDARES DE CALIDAD DE AIRE EN EL PERU

| Contaminantes | Tiempo de Muestreo | NORMATIVA | | | | | | | | | |
|--|--------------------|------------|--------|-------------|--------|--------------------|--------|--------------------|-------|------------|-------|
| | | DIGESA (1) | | INAPMAS (2) | | D.S. 046-93-EM (3) | | R.M. 315-96-EM (4) | | SSE-EM (5) | |
| | | ppm | ug/m3 | ppm | ug/m3 | ppm | ug/m3 | ppm | ug/m3 | ppm | ug/m3 |
| Dióxido de Azufre | 24 h | 0.30* | -- | 0.30* | -- | 0.12 | 300 | 0.20* | 572* | -- | -- |
| | M.A.A. | 0.06 | -- | 0.06 | -- | -- | -- | 0.06 | 172 | 0.03 | 80 |
| Material Particulado en Suspensión (a) | 24 h | -- | 350* | -- | 350* | -- | 120 | -- | 350* | -- | 100 |
| | M.G.A. | -- | 150 | -- | 150 | -- | -- | -- | 150 | -- | -- |
| Monóxido de Carbono | 01 h | 44* | 50 000 | 44* | 50 000 | 30 | 35 000 | -- | -- | -- | -- |
| | 08 h | 20 | 23 000 | 20 | 23 000 | 13 | 15 000 | -- | -- | 4.4 | 5 000 |
| Ozono | 01 h | 0.12 | 235 | 0.12 | 235 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Plomo | 30 días | -- | 1.5 | -- | 1.5 | -- | -- | -- | 1.5 | -- | -- |
| | M.A.A. | -- | 0.5 | -- | 0.5 | -- | -- | -- | 0.5 | -- | -- |
| Oxidos de Nitrógeno | 24 h | -- | 200* | -- | 200* | -- | 200 | -- | -- | -- | -- |
| | M.A.A. | -- | 100 | -- | 100 | -- | -- | -- | -- | -- | 100 |
| Acido Sulfidrico | 01 h | -- | -- | -- | -- | -- | 30 | -- | -- | -- | -- |
| Hidrocarburos Totales | 24 h | -- | -- | -- | -- | -- | 15 000 | -- | -- | -- | -- |
| | 30 min | -- | -- | -- | 30* | -- | -- | -- | 30* | -- | -- |
| Arsénico | 24 h | -- | -- | -- | 6 | -- | -- | -- | 6 | -- | -- |
| | 24 h | -- | -- | -- | 150 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Humos de Combustión | 24 h | -- | -- | -- | 60 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| | M.A.A. | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

M.A.A.: Media Aritmética Anual

M.G.A.: Media Geométrica Anual.

- (1) Propuesta de Patrones de Calidad de Aire en el Perú. Dirección General de Salud Ambiental. Ministerio de Salud. 1996.
 - (2) Proyecto Patrones para Contaminantes Químicos. Instituto Nacional de Protección del Medio Ambiente para la Salud. 1993.
 - (3) Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividades de Hidrocarburos. Tabla 2: Concentración Máxima Aceptable de Contaminantes en el Aire. Sub-Sector Hidrocarburos - Ministerio de Energía y Minas. 1993.
 - (4) Niveles Máximos Permisibles de Elementos y Compuestos presente en Emisiones Gaseosas provenientes de las Unidades Minero-Metalúrgicas. Anexo 3: Niveles Máximos Permisibles de Calidad de Aire. Sub-Sector Minería-Ministerio de Energía y Minas. 1996.
- (*) No debe ser excedido más de una vez al año.
- (a) La R.M.Nº 315-96-EM. define a las partículas en suspensión como aquellas que poseen diámetro aerodinámico inferior a 10 micras.

ESTANDARES DE CALIDAD DE AIRE A NIVEL INTERNACIONAL

| País | Contaminante | | | | | | | | | |
|---------------|--|--|----------------------------|---|--|---|----------------------------|--|----------------------------|--|
| | Dióxido de Azufre ug/m ³ | Monóxido de Carbono ug/m ³ | PM 10 ug/m ³ | Material Particulado Total ug/m ³ | Oxidos de Nitrogeno ug/m ³ | Sulfuro de Hidrogeno ug/m ³ | Ozono ug/m ³ | Hidrocarburos Totales ug/m ³ | Plomo ug/m ³ | |
| U.S.A.(1) | 365 (d) | 40 000 (h) | 150(d) | 260 (d) | 100 (a) | -- | 235 (h) | ug/m ³ | 1.5 (3m) | |
| Europa (2) | 80 (a) | 10 000 (8h) | 50 (a) | 75 (mga) | -- | -- | -- | -- | -- | |
| | 350 (h) | 30 000 (h) | 70 (d) | 120 (d) | 400 (h) | -- | 150-200 (h) | -- | 0.5-1 (a) | |
| | 125 (d) | 10 000 (h) | -- | -- | 150 (d) | -- | -- | -- | -- | |
| | 50 (a) | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| Chile (3) | 365 (d) | 40 000 (h) | 150(d) | 260 (d) | 470 (h) | -- | 160 (h) | 160 (3h) | -- | |
| | 80 (a) | 10 000 (m8h) | -- | 75 (mga) | 300 (d) | -- | -- | 100 (a) | -- | |
| Venezuela (4) | 365 (d) | 40 000 (h) | -- | 260 (d) | 300 (d) | 20 (d) | 240 (h) | 160 (3h) | 1.5 (d) | |
| México (5) | 1 300 (3h) | 14 872 (m8h) | 150(d) | 275 (d) | 395 (h) | -- | 216 (h) | -- | 1.5 (3m) | |
| | 356 (d) | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |
| Brasil (6) | 365 (d) | 40 000 (h) | 50(d) | 240 (d) | 320 (d) | -- | 160 (d) | -- | -- | |
| | 80 (a) | 10 000 (m8h) | 50(a) | 80 (mga) | 100 (a) | -- | -- | -- | -- | |
| Japón (7) | 286 (h) | 22.9 (h) | 200(h) | -- | 75-113 (d) | -- | 120 (h) | -- | -- | |
| | 114 (d) | 11.45 (d) | 100(d) | -- | -- | -- | -- | -- | -- | |

- (a) Media Aritmética Anual (3h) Media 3 horas (3m) Media 3 meses.
 (d) Media Diaria (promedio 24 horas) (8h) Media 8 horas (mga) Media Geométrica Anual.
 (h) Media Horaria (promedio 1 hora) (m8h) Media Móvil de 8 horas

- (1) USEPA 1991. National Air Quality and Emissions Trends Report. Office of Air Quality Planning and Standards. US Environmental Protection Agency. Research Triangle Park.
 (2) WHO 1987. Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications. European Series N° 23. World Health Organization. Regional Office for Europe. Copenhagen.
 (3) Resolución 1215/1978. Ministerio de Salud de Chile. Normas de Calidad de Aire.
 (4) Decreto N° 2225 del 23 de Abril de 1992. Normas sobre Control de la Contaminación Atmosférica. República de Venezuela.
 (5) Gobierno de la Republica de México. 1990. Programa Integral sobre la Contaminación Atmosférica.
 (6) CONAMA. Resolución N° 03 of June 1990. Clean Air Around the World. International Union of Air Pollution Prevention Associations. Brasil.
 (7) Basic Law for Environmental Pollution Control. 1969. Clean Air Around the world. International Union of Air Pollution Prevention Associations. Japon.

ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL

| Elemento | Periodo | Organismos | | | | | Países | | | | |
|------------------|------------|------------|-----|----------------|---------|--------------------|----------|-------|--------|-------|-------|
| | | OMS (*) | EP | AQS California | STD USA | STD Checoslovaquia | PERU ECA | USA | México | UE | Japón |
| SO ₂ | Anual | 50 | 50 | | | | 80 | 80 | 80 | | |
| | Mensual | | | | | | | | | | |
| | 24 h. | 125 | 125 | | | | 365 | 365 | 341 | 125 | 105 |
| | 1 h. | | | | | | | | | 350 | 260 |
| | 10 min | 500 | | | | | | | | 500 | |
| PTS | Anual | | 75 | | | | | 75 | 75 | | |
| | 24 h. | 120 | | | | | | 260 | 260 | | 100 |
| PM10 | Anual | | | | | | 50 | 50 | 50 | | |
| | 24 h. | | | | | | 150 | 150 | 150 | 50 | |
| PM2.5 | Anual | | | | | | 15 | 15 | | | |
| | 24 h. | | | | 65 | | 65 | 65 | | | |
| CO | 8 h. | 10 000 | | | | | 10000 | 10000 | 13000 | 10000 | 22800 |
| | 1 h. | 30 000 | | | | | 30000 | 40000 | | | |
| NO ₂ | Anual | 40 | 100 | | | | 100 | 100 | | 40 | |
| | 24 h. | 150 | | | | | | | 113 | | 75 |
| | 1 h. | 200 | | | | | 200 | | 395 | 200 | |
| Ozono | 8 h. | 120 | | | | | 120 | 160 | | 120 | |
| | 1 h. | | | | | | | | 216 | | 118 |
| Plomo | Anual | 0.5 | | | | 0.7 | | | | 0.5 | |
| | Trimestral | | 1.5 | | | | | 1.5 | 1.5 | | |
| | Mensual | | | | | | 1.5 | | | | |
| H ₂ S | 24 h. | 150 | | | | | | | | | |
| | 1h | | | 42 | | | | | | | |

Nota: Todos los valores están en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 (*) estándares OMS correspondientes a la revisión 1999^a.

Limites de Calidad de Agua Vigentes en el Perú de Acuerdo a la Ley General de Aguas

D.L. No. 17752, incluyendo las modificaciones de los Artículos 81 y 82 del Reglamento de los Títulos I, II, III, según el D.S. No. 007-83-SA, publicado el 11 de marzo de 1983.

| Parámetro | Unidad | USO DE RECURSO DE AGUA | | | | | |
|--|------------|------------------------|----------------|----------------|-------|----------------|----------------|
| | | I | II | III | IV | V | VI |
| LIMITES BACTERIOLOGICOS | | | | | | | |
| Coliformes totales ⁽¹⁾ | NMP/100 mL | 8.8 | 20,000 | 5,000 | 5,000 | 1,000 | 20,000 |
| Coliformes fecales ⁽¹⁾ | NMP/100 mL | 0 | 4,000 | 1,000 | 1,000 | 200 | 4,000 |
| LIMITES DE DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO Y DE OXIGENO DISUELTOS | | | | | | | |
| Oxígeno disuelto | mg/L | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 4 |
| D.B.O. ⁽²⁾ | mg/L | 5 | 5 | 15 | 10 | 10 | 10 |
| LIMITES DE SUSTANCIAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS | | | | | | | |
| Selenio | mg/L | 0.01 | 0.01 | 0.05 | ----- | 0.005 | 0.01 |
| Mercurio | mg/L | 0.002 | 0.002 | 0.01 | ----- | 0.0001 | 0.0002 |
| P.C.B. | mg/L | 0.001 | 0.001 | ⁽³⁾ | ----- | 0.002 | 0.002 |
| Esteres Estalatos | mg/L | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | ----- | 0.0003 | 0.0003 |
| Cadmio | mg/L | 0.01 | 0.01 | 0.05 | ----- | 0.0002 | 0.004 |
| Cromo | mg/L | 0.05 | 0.05 | 1.00 | ----- | 0.05 | 0.05 |
| Níquel | mg/L | 0.002 | 0.002 | ⁽³⁾ | ----- | 0.002 | ⁽⁴⁾ |
| Cobre | mg/L | 1.0 | 1.0 | 0.50 | ----- | 0.01 | ⁽⁵⁾ |
| Plomo | mg/L | 0.05 | 0.05 | 0.1 | ----- | 0.01 | 0.03 |
| Zinc | mg/L | 5.0 | 5.0 | 25.0 | ----- | 0.02 | ⁽⁴⁾ |
| Cianuros (CN) | mg/L | 0.2 | 0.2 | ⁽³⁾ | ----- | 0.005 | 0.005 |
| Fenoles | mg/L | 0.0005 | 0.001 | ⁽³⁾ | ----- | 0.001 | 0.1 |
| Sulfuros | mg/L | 0.001 | 0.002 | ⁽³⁾ | ----- | 0.002 | 0.002 |
| Arsénico | mg/L | 0.1 | 0.1 | 0.2 | ----- | 0.01 | 0.05 |
| Nitratos (N) | mg/L | 0.01 | 0.01 | 0.1 | ----- | N.A. | N.A. |
| Pesticidas | | ⁽⁶⁾ | ⁽⁶⁾ | ⁽⁶⁾ | ----- | ⁽⁶⁾ | ⁽⁶⁾ |
| LIMITES DE SUSTANCIAS O PARAMETROS POTENCIALMENTE PERJUDICIALES | | | | | | | |
| M.E.H. ⁽⁷⁾ | mg/L | 1.5 | 1.5 | 0.5 | 0.2 | ----- | ----- |
| S.A.A.M. ⁽⁸⁾ | mg/L | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 0.5 | ----- | ----- |
| C.A.E. ⁽⁹⁾ | mg/L | 1.5 | 1.5 | 5.0 | 5.0 | ----- | ----- |
| C.C.E. ⁽¹⁰⁾ | mg/L | 0.3 | 0.3 | 1.0 | 1.0 | ----- | ----- |

Notas del Cuadro 1.2:

- I. Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- II. Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración aprobados por el Ministerio de Salud.
- III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- IV. Agua de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares).
- V. Aguas de zona de pesca de mariscos bivalvos.
- VI. Aguas de zona de Preservación de Fauna Acuática y Pesca Recreativa o Comercial.

(1): Entendidos como valor máximo en 80% de 5 ó más muestras mensuales.

(2): Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días, 20° C.

(3): Valores a ser determinados. En caso de sospechar su presencia se aplicará los valores de la columna V provisionalmente.

(4): Pruebas de 96 horas multiplicadas por 0.002.

(5): Pruebas de 96 horas LC50 multiplicadas por 0.1.

(6): Para cada uso se aplicará como límite de calidad de aguas establecidos por el Environmental Protection Agency de los Estados Unidos de Norteamérica.

(7): Materiales Extractable en Hexano (grasa principalmente).

8. : Sustancias activas de azul de Metileno (detergente principalmente).

1. : Extracto de columna de carbón activo por alcohol (según método de flujo lento)

2. : Extraco de columna de carbón por cloroformo (según método de flujo lento).

| PARÁMETRO | UNIDAD | NORMAS REFERENCIALES | | | | | |
|--|--------|----------------------|----------|--------------------|------------|-------------|-------------|
| | | EPA | OMS | COMUN. EUROPEA (1) | L. G. A. I | L. G. A. II | BRASILERA I |
| D. ORGANICOS | | | | | | | |
| Detergentes (SAAM) | mg/L | --- | --- | 0,2 | 0,50 | --- | 0,5 |
| <u>Hidrocarburos volátiles y semivolátiles</u> | | | | | | | |
| Bromoformo | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Tetracloruro de Carbono | ug/L | 5 | 2 | --- | --- | --- | 3 |
| Cloroformo | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1,1-Dicloroetileno | ug/L | 7 | --- | --- | --- | --- | 0,3 |
| Tetracloroetileno | ug/L | 5 | --- | --- | --- | --- | 10 |
| 1,2 Dicloroetano | ug/L | 5 | --- | --- | --- | --- | 10 |
| Tricloroetileno | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | 30 |
| Tolueno | ug/L | 1000 | 24 - 170 | --- | --- | --- | --- |
| 1,1,2-Tricloroetano | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hexacloroetano | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| <u>Hidrocarburos Aromáticos</u> | | | | | | | |
| Benceno | ug/L | 5 | 10 | --- | --- | --- | 10 |
| Etilbenceno | ug/L | --- | 2 - 200 | --- | --- | --- | --- |
| Clorobenceno | --- | 0,0001 | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1,2-Diclorobenceno | ug/L | --- | 1 - 10 | --- | --- | --- | --- |
| 1,3-Diclorobenceno | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1,2,4-Triclorobenceno | ug/L | 70 | 5 - 50 | --- | --- | --- | --- |
| hexaclorociclonexano HCH | N.A. | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hexaclorobenceno | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hexaclorobutadieno | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nitrobenceno | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Pireno | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| <u>Clorofenoles</u> | | | | | | | |
| Fenol | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2-Clorofenol | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2,4-Diclorofenol | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2,4-Dimetilfenol | ug/L | --- | 5 | --- | --- | --- | 10 |
| Pentaclorofenol | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | 10 |
| 2,4,6-Triclorofenol | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| <u>Persistentes (COP's)</u> | | | | | | | |
| Paratión | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | 0,04 |
| Malatión | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | 0,10 |
| <u>Organo clorados:</u> | | | | | | | |
| Alcnn | ug/L | --- | 0,03 | --- | --- | --- | 0,01 ✓ |
| 4,4'-DDT | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4,4'-DDE | ug/L | --- | 2 | --- | --- | --- | --- |
| 4,4'-DDD | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Dicnn | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | 0,005 |
| Encosulfan | ug/L | --- | --- | --- | --- | --- | 0,056 |
| Enann | ug/L | 2 | --- | --- | --- | --- | 0,004 |
| Heptacloro | ug/L | 0,4 | --- | --- | --- | --- | 0,010 |
| Heptacloro epóxido | ug/L | 0,2 | 0,03 | --- | --- | --- | 0,010 |
| Lindano | ug/L | 0,2 | 2 | --- | --- | --- | 0,02 |
| Clordano | ug/L | 2 | 0,2 | --- | --- | --- | 0,04 |
| <u>Policloruros Bifenilos Totales (PCB's)</u> | | | | | | | |
| | ug/L | 0,5 | --- | --- | --- | --- | 0,001 |

Mercurio Inorgánico
 Ausencia
 No Considerado en las respectivas normas
 Como MCL (Maximum Contaminant Level)
 Concentración Máxima Admisible
 Nivel Guía
 Unidades Jackson

00011

| PROPIEDAD FÍSICA | NORMAS PERUANAS | | | NORMAS INTERNACIONALES | | | |
|----------------------------|---|----------------------------|----------------------------------|------------------------|--|---|----------------------------------|
| | LEY GENERAL DE AGUAS CURSO DE AGUA CLASE II | AGUAS Y ARRIJAS CLASE I | NORMA PERUANA AGUAS DE BEBIDA | OMS | NORMA ESPAÑOLA (DGE) CONCENTRACIONES ORIENTADORAS DE CANTIDAD | CONCENTRACIONES TOLERABLES | NORMA VENEZOLANA (GOVERNO) |
| Color | Max 10u | AUSENTE | ---- | ---- | 1 | 20 | 500 ucd |
| Olor | ----- | AUSENTE | ---- | ---- | AUSENTE | LEGERO OLOR | AUSENTE |
| Sabor | ----- | AUSENTE | ---- | ---- | 1 UMF | LEGERO SABOR | AUSENTE |
| Turbidez | ----- | ---- | 50 NTU | 50 NTU | 400 | 6 | |
| Conductividad μ/cm | ----- | ---- | NEUTRO 8 | NO FIJADO | 7-8 | CORRESPONDIENTE DE LA MINERALIZACION DE LAS AGUAS | |
| pH | 5-9 | 5-9 | ---- | 6,5-8,5 | ---- | 6,5-9,5 | 6-9 |
| Temperatura | + 2,5 | 0 | ---- | ---- | 0 | ---- | Hasta 35°C |
| Sólidos en suspensión mg/l | AUSENTE | AUSENTE | ---- | ---- | ---- | ---- | 80 |
| Sólidos disueltos mg/l | ----- | ---- | ---- | NO FIJADO | ---- | ---- | ---- |
| Sólidos sedimentables mg/l | ----- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | AUSENTE |
| Sólidos Totales | ----- | ---- | 1000 | 1000 | ---- | ---- | ---- |



Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines

These guidelines supersede previously published Canadian environmental quality guidelines (EQGs). The user is strongly advised to consult in: appropriate chapter and/or fact sheets in this document for specific information pertaining to each EQG or range of EQGs listed in this table.

Table. Guideline values are listed under chemical names, which are cross-referenced with common names, abbreviations, and/or families of chemicals as appropriate. Units for each EQG are as indicated for each column unless otherwise noted in the table.

| Parameter | Chapter 1 | | Chapter 2 | | Chapter 3 | | Chapter 4 | | Chapter 5 | | | Chapter 6 | | Chapter 7 | | Chapter 8 | | |
|---|---|-------------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|------------|-----------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------|
| | Air | Water: Community | Water: Recreation and aesthetics | Water: Aquatic life | Water: Agriculture | Water: Irrigation | Water: Livestock | Freshwater | Marine | ISQG ¹ (µg/L) | PFL ² (µg/kg) | ISQG ³ (µg/kg) | PEL ⁴ (µg/kg) | Soil | Res./Part ⁵ (µg/kg) | Comm. ⁶ (µg/kg) | Industrial ⁷ (µg/kg) | Future Residue |
| Acenaphthene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)] | 1 h, 1 h or 24 h, 1 h ⁸ (µg/m ³) | MAC, IMAC ⁹ (µg/L) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acenaphthylene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)] | | AD ¹⁰ (µg/L) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acridine [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acrylonitrile | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aldicarb | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aldrin + Dieldrin | | 0.7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alex. blue-green [See Cyanobacteria] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aluminum | | see footnote 9 and 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ammonia (total) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ammonia (un-ionized) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aniline | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Antirrhizene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Antimony | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Antimony-123 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aquatic bioluminescence | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Arochlor 1254 [See Polychlorinated biphenyls (PCBs)] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Argenic | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Atrazine | | 25 (IMAC) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Azobis(isobutyronitrile) | | 5 (BMAC) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Benzene | | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bendrocarb | | 1000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Benzofluoranthene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)] | | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Benzene | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Benzofluoranthene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)] | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Benzopyrene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Beryllium | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,2-Bis(p-chlorophenyl)-1,1-dichloroethane [See DDD] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Continued

| Parameter | Chapter 1 | | Chapter 2 | | Chapter 3 | | Chapter 4 | | Chapter 5 | | Chapter 6 | | | Chapter 7 | | Chapter 8 | |
|--|-----------|------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------|------------|-----------|------------|-----------|------|---------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | Air | Water: Community | Water: Recreation and aesthetics | Water: Aquatic life | Water: Agriculture | Freshwater | Marine | Freshwater | Marine | Soil | House Residue | ISQV ² (ug/kg) | PEL ¹ (ug/kg) | PEL ¹ (ug/kg) | Res./Part ⁴ (ug/kg) | Contam. ⁵ (ug/kg) | Industrial ⁶ (ug/kg) |
| 1,1,1-Trichloroethane | 100 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,1,2,2-Tetrachloroethane | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chlorinated ethenes | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monochlorobenzene (Vinyl chloride) | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,1-Dichloroethene (Dichloroethylene) | 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,1,2-Trichloroethene (Trichloroethylene, TCE) | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,1,2,2-Tetrachloroethene (Tetrachloroethylene, PCE) | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chlorinated methanes (See Halogenated methanes) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chlorinated benzenes | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monoaromatics | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dichlorobenzene | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,4-Dichlorophenol | 900 | 503 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trichlorophenol | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,4,6-Trichlorophenol | 5 | 52 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tetrachlorophenols | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,3,4,6-Tetrachlorophenol | 100 | 51 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pentachlorophenol (PCP) | 60 | 510 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chlorine, reactive (See Reactive chlorine species) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chloroform (See Halogenated methanes, trichloromethane) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4-Chloro-2-methyl phenoxy acetic acid (See MCPA) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chlorobenzene | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chlorpyrifos | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chromium | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trivalent chromium (Cr(III)) | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sixvalent chromium (Cr(VI)) | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chromic acid (See Polymeric inorganic hydrocarbons (PAHs)) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cadmium | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cobalt | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cyfluthrin | 2.34 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cyfluthrin, total (See Atrichlorin (AT)) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cyfluthrin, total | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cyfluthrin | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cyfluthrin | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Copper | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(Continued)

| Parameter | Chapter 1 | | Chapter 2 | | Chapter 3 | | Chapter 4 | | Chapter 5 | | | Chapter 6 | | | Chapter 7 | | Chapter 8 | |
|---|---|---|----------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|------------|-----------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| | Air | Water: Community | Water: Recreation and aesthetics | Water: Aquatic life | Water: Irrigation | Water: Agriculture | Water: Livestock | Freshwater | Marine | ISOQ ^a (µg/L) | PEL ^b (µg/L) | ISOQ ^a (µg/L) | PEL ^b (µg/L) | Agri ^c (mg/kg) | Res/Prod ^d (mg/kg) | Comm ^e (mg/kg) | Industrial ^f (mg/kg) | Tissue Residue (µg/kg diet w.w.) |
| Methylin | 1 h, 3 h or 24 h, 1 µg/m ³ | MAC, IMAC, AO ^g (µg/L) 80 | | 1.0 (µg/L) | 0.5 (µg/L) | 0.5 (µg/L) | 0.5 (µg/L) | 10 | 73 | 10-50 | 1000 | | | | | | | |
| Methylenium-99 | | 70 (µg/L) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monobromomethane [See Halogenated methanes] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monochlorobenzene [See Halogenated benzenes] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monochlorobenzene [See Halogenated benzenes] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monochlorobenzene [See Halogenated benzenes] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Naphthalene [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nickel | | | | | | | | | 25-150 | 250 | 1000 | | | 50 | 50 | 50 | | |
| Niobium-95 | | 200 (Bq L ⁻¹) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrate | | 45 (µg/L) | | Narrative | | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrate - Nitrite | | 400 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nitromethane (MNA) | | 3200 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrite | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrite - Nitrate [See Nitrite - Nitrate] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrogen dioxide | 1 h: 400-1000 24 h: 200-300 1 a: 60-100 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NPA [See Nitroaromatics] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nuisance organisms | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Odour | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oil and grease | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Organisms | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Triphenyltin | | | | | | | | | 3000 | 3000 | | | | | | | | |
| Triphenyltin | | | | | | | | | 3000 | 3000 | | | | | | | | |
| Triphenyltin | | | | | | | | | 3000 | 3000 | | | | | | | | |
| Oxygen, dissolved | | | | | | | | | 1500-1000 | 1500-1000 | | | | | | | | |
| Ozone | 1 h: 100-300 24 h: 30-50 1 a: 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PAHs [See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Paracetamol (acetaminophen) | | 10 (IMAT) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Parathion | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Unit/Invent

Canadian Environmental Quality Guidelines

SUMMARY TABLE

| Parameter | Chapter 1 | | Chapter 2 | | Chapter 3 | | Chapter 4 | | Chapter 5 | | Chapter 6 | | | | Chapter 7 | | Chapter 8 | | |
|--|---|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------|--------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------|----------------|---------|
| | Air | Water: Community | Water: Recreation and aesthetics | Water: Aquatic life | Water: Agriculture | Water: Livestock | Freshwater | Marine | ISQG ^a | ISQM ^a | ISQG ^a | ISQM ^a | PEL ^b | PEL ^b | PEL ^b | PEL ^b | Soil | Tissue Residue | |
| | 1 h, 8 h or 24 h, 1 a ^c (µg/cm ³) | MAC, IMAC ^d (µg/L) | AO ^e (µg/L) | (µg/L) | (µg/L) | (µg/L) | (µg/L) | (µg/L) | (µg/L) | (µg/L) | (µg/L) | (µg/L) | (µg/L) | (µg/L) | (µg/L) | (µg/L) | (µg/kg) | (µg/kg) | (µg/kg) |
| Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acenaphthylene | | | | 3.8 | | | | | 6.71 | 88.9 | 6.71 | 88.9 | | | | | | | |
| Acenaphthylene | | | | 3.87 | | | | | 5.87 | 128 | 5.87 | 128 | | | | | | | |
| Acridine | | | | 4.4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anthracene | | | | 0.012 | | | | | 46.9 | 245 | 46.9 | 245 | | | | | | | |
| Benz(a)anthracene | | | | 0.018 | | | | | 31.7 | 385 | 31.7 | 385 | | | | | | | |
| Benzo(a)pyrene | | 0.01 | | 0.015 | | | | | 31.9 | 382 | 31.9 | 382 | | | | | | | |
| Chrysene | | | | | | | | | 57.1 | 862 | 57.1 | 862 | | | | | | | |
| Dibenz(a,h)anthracene | | | | 0.04 | | | | | 6.22 | 135 | 6.22 | 135 | | | | | | | |
| Fluoranthene | | | | 3.0 | | | | | 11.1 | 2355 | 11.1 | 2355 | | | | | | | |
| Fluorene | | | | | | | | | 21.2 | 144 | 21.2 | 144 | | | | | | | |
| 1-Methylpiperidine | | | | | | | | | 20.2 | 201 | 20.2 | 201 | | | | | | | |
| Naphthalene | | | | 1.1 | 1.4 | | | | 14.6 | 391 | 14.6 | 391 | | | | | | | |
| Phenanthrene | | | | 0.4 | | | | | 41.9 | 515 | 41.9 | 515 | | | | | | | |
| Pyrene | | | | 0.025 | | | | | 53.0 | 875 | 53.0 | 875 | | | | | | | |
| Quinoline | | | | 1.4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Propylene glycol (See Chapter 4) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pyrene (See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quinoline (See Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Radium-224 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Radium-226 | | | | | | | | | 2 Bq L ⁻¹ | | | | | | | | | | |
| Radium-228 | | | | | | | | | 9.6 Bq L ⁻¹ | | | | | | | | | | |
| Reactive chlorine species (hypochlorous acid and monochloramine) | | | | 0.5 | 0.5 | | | | | | | | | | | | | | |
| Charmines | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rubidium-103 | | | | | | | | | 1000 | | | | | | | | | | |
| Rubidium-106 | | | | | | | | | 190 Bq L ⁻¹ | | | | | | | | | | |
| Salinity | | | | | | | | | 10 Bq L ⁻¹ | | | | | | | | | | |
| Selenium | | | | | | | | | 10 | | | | | | | | | | |
| Silver | | | | | | | | | 1.0 | 20 | 30 | 30 | | | | | | | |
| Silver | | | | | | | | | 1.0 | 20 | 30 | 30 | | | | | | | |
| Sulphate | | | | | | | | | 10 (IMAC ^d) | | | | | | | | | | |
| Sulphate | | | | | | | | | 10 | | | | | | | | | | |
| Streambed substrate (See Total phosphorus matter) | | | | | | | | | 5200 000 | | | | | | | | | | |
| Strontium-90 | | | | | | | | | 5 Bq L ⁻¹ | | | | | | | | | | |
| Sulphate | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sulphate | | | | | | | | | 500 000 | | | | | | | | | | |
| Sulphate (as S) | | | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | |
| Sulphate (as S) | | | | | | | | | 1 000 000 | | | | | | | | | | |

Continued.

ANEXO A-2

LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

LIMENCO S.R.L.
 LIMITES PERMISIBLES NACIONALES E INTERNACIONALES DE CONTAMINACION DEL AIRE
 PROYECTO: ASESORIA AL MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS - DIRECCION GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES

2.- PARTICULAS EN SUSPENSION

| PAIS | TIEMPO DE PRUEBA | UNIDADES | | FUENTE DE INFORMACION | PARTICULAS EN SUSPENSION | |
|----------|----------------------|--------------------|-----|---|--------------------------|---|
| | | ugr/m ³ | | | PRINCIPIO DE DETECCION | METODO DE REFERENCIA |
| PERU | promedio 24 horas | | 120 | Reclamo 046-93-EM | Gravimétrico | muestreador HI-VOL de grandes volúmenes |
| MEXICO | promedio 24 horas | | 275 | Bravo A.H. "La contaminación del Aire en Mexico 1964" | Gravimétrico | muestreador HI-VOL de grandes volúmenes |
| E.E.U.U. | 24 horas media anual | | 250 | EPA (Environmental Protection Agency) | Gravimétrico | muestreador HI-VOL de grandes volúmenes |
| CANADA | 24 horas media anual | | 150 | Estudios de Immisión 1964 | Gravimétrico | muestreador HI-VOL de grandes volúmenes |
| JAPON | promedio 24 horas | | 100 | Reclamo de Contaminación del Aire STERN 1966 | Gravimétrico | |
| JAPON | promedio 1 hora | | 200 | Environmental Quality Standard 1969 | Gravimétrico | |

4.- OXIDO DE NITROGENO (NOx)

| PAIS | TIEMPO DE PRUEBA | UNIDADES | | FUENTE DE INFORMACION | OXIDOS DE NITROGENO NOx | |
|----------|-----------------------------|-----------|--------------------|---|-------------------------|----------------------|
| | | ppm | ugr/m ³ | | PRINCIPIO DE DETECCION | METODO DE REFERENCIA |
| PERU | 24 h media aritmética anual | 0.1 | 200 | Reclamo 046-93-EM | colorimétrico | solución alcalina |
| MEXICO | 1 h media clara | 0.21 | 395 | Bravo A.H. "La contaminación del Aire en Mexico 1964" | colorimétrico | |
| E.E.U.U. | media aritmética anual | 0.05 | 100 | EPA (Environmental Protection Agency) | colorimétrico | |
| CANADA | media aritmética anual | 0.05 | 100 | Reclamo de Contaminación del Aire STERN 1966 | colorimétrico | |
| JAPON | promedio 24 horas | 0.1 | 200 | Condicionamiento de Aire (Ley 6 del 71) | colorimétrico | |
| JAPON | 1 h media clara | 0.14-0.06 | 15-113 | Environmental Quality Standard 1969 | colorimétrico | |

LIMENCO S.R.L.
 LIMITES PERMISIBLES NACIONALES E INTERNACIONALES DE CONTAMINACION DEL AIRE
 PROYECTO: ASESORIA AL MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS - DIRECCION GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES

1.- DIOXIDO DE AZUFRE (SO2)

| PAIS | TIEMPO DE PRUEBA | UNIDADES | | FUENTE DE INFORMACION | PRINCIPIO DE DETECCION | METODO DE REFERENCIA | OBSERVACION |
|--------|-----------------------------|----------|-------------------|--|------------------------|----------------------|--|
| | | ppm | ug/m ³ | | | | |
| PERU | 24h media aritmetica anual | 0.11 | 300 | Reglamento 046-93-EM | colorimétrico | pararosanilina | SE EXPRESAN EN RELACION A LOS METROS CUBICOS SECCOS DE GAS DE COMBUSTION 25 ° C Y 1013 mPa Y 11 % DE OXIGENO |
| MEXICO | 24 h media aritmetica anual | 0.13 | 341 | Estado A.H. "La contaminación del Aire en Mexico 1984" | colorimétrico | pararosanilina | |
| EUROPA | 24 h media aritmetica anual | 0.12 | | EUROPEAN COMMISSION 1974 | colorimétrico | pararosanilina | |
| EUROPA | 24 h media aritmetica anual | 0.12 | 355 | Estado A.H. "La contaminación del Aire en Mexico 1984" | colorimétrico | pararosanilina | |
| EUROPA | 24 h media aritmetica anual | 0.057 | 150 | Estado A.H. "La contaminación del Aire en Mexico 1984" | colorimétrico | pararosanilina | |
| EUROPA | 24 h media aritmetica anual | 0.057 | 150 | Estado A.H. "La contaminación del Aire en Mexico 1984" | colorimétrico | pararosanilina | |
| EUROPA | 1 hora media diaria | 0.1 | 252 | Compendio de la Organización Mundial de la Salud | colorimétrico | pararosanilina | |

2.- MONOXIDO DE CARBONO (CO)

| PAIS | TIEMPO DE PRUEBA | UNIDADES | | FUENTE DE INFORMACION | PRINCIPIO DE DETECCION | METODO DE REFERENCIA | OBSERVACION |
|--------|---------------------|----------|-------------------|--|---|----------------------|---------------|
| | | ppm | ug/m ³ | | | | |
| EUROPA | 1 hora media diaria | 0.5 | 1370 | Reglamento 046-93-EM | absorción de gases infrarrojos no dispersivos | espectrofotometría | |
| EUROPA | 1 hora media diaria | 0.3 | 750 | Reglamento 046-93-EM | absorción de gases infrarrojos no dispersivos | espectrofotometría | |
| MEXICO | 1 hora media diaria | 0.3 | 750 | Estado A.H. "La contaminación del Aire en Mexico 1984" | absorción de gases infrarrojos no dispersivos | espectrofotometría | |
| EUROPA | 8 horas medias | 0.5 | 1200 | Estado A.H. "La contaminación del Aire en Mexico 1984" | absorción de gases infrarrojos no dispersivos | espectrofotometría | |
| EUROPA | 8 horas medias | 0.37 | 1000 | Estado A.H. "La contaminación del Aire en Mexico 1984" | absorción de gases infrarrojos no dispersivos | espectrofotometría | 1 vez por año |
| EUROPA | 1 hora media diaria | 0.5 | 1200 | Reglamento 046-93-EM | absorción de gases infrarrojos no dispersivos | espectrofotometría | |
| EUROPA | 1 hora media diaria | 0.3 | 750 | Reglamento 046-93-EM | absorción de gases infrarrojos no dispersivos | espectrofotometría | |

ANEXO A-3

**REQUERIMIENTO HIDRICO PARA
DIFERENTES PROCESOS DE FABRICACION
DE PAPEL**

**VOLÚMENES DE AGUA REQUERIDA PARA LA FABRICACIÓN
DE DIFERENTES TIPOS DE PAPEL**

| PROCESO DE MANUFACTURA DE PULPA | TÍPICO GAL/TON (1985) | PLANTAS NUEVAS GAL/TON (1985) |
|---|-----------------------|-------------------------------|
| Proceso de manufactura de pulpa: | | |
| a. Kraf sin blanquear | 15000-40000 | 20000 |
| b. Blanqueado de Kraft | 15000-35000 | 20000 |
| c. Sulfito sin blanquear | 15000-50000 | 25000 |
| d. Blanqueado de sulfito | 30000-50000 | 40000 |
| e. Semiquímico | 8000-40000 | 10000 |
| f. Destinado | 20000-35000 | 25000 |
| g. Madera molida | 3000-48000 | 4000 |
| h. Pulpa sosa | 60000-80000 | 65000 |
| Manufactura de papel | | |
| a. Papel fino | 8000-40000 | 10000 |
| b. Grados para libros o publicaciones | 10000-35000 | 12000 |
| c. Papel de seda | 7000-45000 | 15000 |
| d. Papeles Kraft | 2000-10000 | 5000 |
| e. Cartón | 2000-15000 | 8000 |

Fuente: Nalco Chemical Company, Manual de agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Tomo II.

**CONSUMO DE AGUA DE PROCESO EN PROMEDIO ACTUALES
EN DIFERENTES PAISES**

| PAÍS | CONSUMO DE AGUA |
|----------------|---|
| Colombia | 100 m ³ /ton papel producido |
| Estados Unidos | 50 m ³ /ton |
| Unión Europea | 35 m ³ /ton |
| Holanda | 8.5 m ³ /ton |
| Perú | |

Fuente: Diferentes paginas de Internet mencionadas en la bibliografía.

ANEXO A-4

**REPORTES DE EXPERIENCIAS EN LA
APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS SECUNDARIOS
PARA AGUAS DE CIRCUITOS CERRADOS**

EXPERIENCIAS SOBRE TRATAMIENTOS SECUNDARIOS EN AGUAS DE CIRCUITOS CERRADOS DE LA INDUSTRIA PAPELERA

(<http://www.ecodes.org>)

Para obtener un efluente totalmente limpio, grupos de investigación de la Universidad de Lund (Suecia), de la Helsinki University of Technology (Finlandia) y del Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales de Barcelona (CSIC), junto a dos empresas de Suecia y España, se han unido en un proyecto del V Programa Marco de la Unión Europea. Coordinado por la empresa sueca Anox Ab, el trabajo tiene como objetivo desarrollar un tratamiento secundario biológico que se adapte a los circuitos cerrados de agua específicos de las industrias papeleras. Cabe destacar que una parte fundamental de este tipo de proyectos es la participación de empresas que faciliten un entorno real para poder analizar muestras de agua, implementar prototipos o nuevas tecnologías de depuración de agua y, finalmente, para evaluar la eficacia de los resultados desde un punto de vista técnico y económico.

"Nuestra participación en el proyecto", explica Silvia Lacorte, investigadora del IIQAB-CSIC, "es analizar las aguas del circuito cerrado de una empresa de papel reciclado para establecer el nivel de contaminación y toxicidad". El grupo de Suecia está desarrollando el tratamiento secundario del agua, mientras que la Universidad de Lund desarrolla el sistema que debe controlar los parámetros del agua de forma automática. El grupo de Finlandia, por su parte, ha establecido los parámetros de calidad de papel en función del agua que se utiliza para su fabricación.

El proyecto, que se inició en el año 2001, tiene una duración de tres años. Hasta ahora, explica Silvia Lacorte, ya se ha desarrollado a escala piloto el tratamiento secundario biológico, "basado en un bioproceso anaeróbico y aeróbico utilizando bacterias". El paso siguiente será la adaptación a escala real y superar lo que es uno de los principales problemas, es decir, cómo evitar que los biocidas presentes en el agua del circuito afecten a las bacterias en las que se basa el tratamiento secundario. (R+D CSIC)

ANEXO A-5

RESUMEN DE ALGUNOS ESTUDIOS DE CASO

PRESENTACION RESUMIDA DE ESTUDIOS DE CASO

Se ha tomado como base comparativa al presente trabajo, la experiencia de algunas fábricas Chinas, que en cooperación con Canadá, han logrado obtener resultados favorables en su proceso productivo al implementar el concepto de Producción limpia, dentro de la cual se involucran prácticas de Tecnología Limpia.

A continuación los cuadros A-5.1 y A-5.2 muestran la situación de estas empresas en cuanto a su capacidad de producción y algunos detalles de la implementación de soluciones limpias.

Cuadro A-5.1.- Capacidad de Producción

| FÁBRICA | CAPACIDAD DE PRODUCCION (TN) | CAPACIDAD DE PRODUCCION 2001 (TN) | % PRODUCCION |
|---|------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| Ma An Shan | 140 000 | 96 728 | 19 |
| Tian Du | 35 000 | 30 600 | 7 |
| Jin Zhong | 75 000 | 30 000 | 6 |
| Chao Lun | 50 000 | 48 247 | 10 |
| Lu An | 55 000 | 17 000 | 3 |
| Gao Sen | 20 000 | 10 200 | 2 |
| Total | 375 000 | 232 775 | 47 |
| Producción anual aproximada de todas las fábricas de la provincia de Anhui (China) | | 500 000 | 100 |

Fuente: Assessment of the CP solutions in the Pulp and Paper Sector; China - Canadá Co- Operación Project in the cleaner Production, 2001.

Cuadro A-5.2.- Soluciones Limpias

| PLANTAS PAPELERAS | AÑO | SOLUCIONES LIMPIAS |
|---|--|--|
| <p>Fábrica de pulpa y papel: Ma An Shan</p> <p>Ciudad.- Shan Ying Provincia: Anhui</p> <p>Inicio de operaciones: 1957</p> | <p>Enero del 2001</p> <p>China-Canadá, Proyecto de cooperación sobre Producción Limpia</p> | <p>Tratamiento de agua de desecho</p> <p>La fábrica no esta equipada con una planta convencional de tratamiento de agua de desecho.</p> <p>El agua blanca generada por cada máquina papelera es dirigida a una unidad de flotación común. Una porción del agua clarificado sale de esta unidad para ser reciclada en el proceso, mientras el resto es descargado al río Yangtze.</p> <p>La fábrica esta equipada con un laboratorio de monitoreo ambiental donde el pH, SS, COD, y BOD son monitoreados tres veces al día.</p> <p>En resumen los resultados de los monitoreos indican que la fábrica, excepto con el COD, cumple con los estándares nacionales.</p> <p>Otras soluciones implementadas dentro del proceso:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión de presupuestos, justificación de cuotas de consumo. 2. Propuesta del programa de producción limpia para empleados. 3. Clasificación de materia prima. 4. Recuperación de aceite hidráulico usado, como resultado del mantenimiento de equipos. 5. Adición de almidón y polímero para disminuir el contenido de fibra en la manufactura de papel. La adición de almidón representa un incremento de la resistencia del papel en un 12 % así mismo el reemplazo parcial de la fibra. El polímero ayuda a retener el almidón durante la formación de la hoja en fibras cortas. 6. Adquisición de equipos de laboratorio para medida de BOD y COD. 7. Instalación de un indicador de nivel en los tanques de agua blanca para evitar un sobre flujo en la planta de tratamiento de agua de desecho. 8. Instalación de un medidor de flujo de ultrasonido en la desembocadura de las aguas de desecho. 9. Selección de adecuados agentes para tratamiento de aguas de desecho. 10. Uso de agua reciclada en lugar de agua fresca para limpieza de filtros. 11. Instalación de medidores de vapor en cada máquina papelera. 12. Uso de fieltros lavadores en tuberías móviles de agua. 13. Reemplazo de los filtros existentes por filtros de presión. 14. Adición de un filtro extra en equipos de recuperación de pulpa. 15. Reciclo de agua después de que esta pasa por la unidad de flotación de aire. 16. Recuperación de fibra usada para producir papel de grado inferior. |

| PLANTAS PAPELERAS | AÑO | SOLUCIONES LIMPIAS |
|--|--|--|
| <p>Fábrica de pulpa y papel: Tian du</p> <p>Ciudad.- Fuyang</p> <p>Provincia: Anhui</p> <p>Inicio de operaciones: 1988</p> | <p>Enero del 2001</p> <p>China-Canadá, Proyecto de cooperación sobre Producción Limpia</p> | <p>Tratamiento de agua de desecho</p> <p>La fábrica esta equipada con una planta de tratamiento de agua de desecho biológica, con una capacidad de 250 m³/ hora. Consiste de un clarificador primario y uno secundario y una posa de aeración.</p> <p>El efluente tratado es monitoreado por COD, SS, y pH diariamente en el laboratorio de control ambiental de la fábrica.</p> <p>La agencia de protección ambiental local revisa sus datos ambientales mensualmente. El efluente tratado es descargado al río Huai He.</p> <p>La fábrica de esta manera cumple con los estándares nacionales.</p> <p>Otras soluciones implementadas dentro del proceso:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La clasificación y el almacenamiento de materia prima es organizado para satisfacer las necesidades de la fábrica. 2. Tareas a ser desarrolladas por el personal son claramente definidas. 3. Los empleados son evaluados sobre la base de un sistema de recompensa. 4. La velocidad de dos módulos de alimentador de carbón fueron ajustados para una misma velocidad, esta modificación llevo a recuperar el polvillo en la intersección de los dos módulos. 5. Inyección de vapor en los digestores durante el llenado. Esto para incrementar la carga de pasta por digestor y reducir el tiempo de cocción, que permite modificar el número kappa sin perder la calidad de la pulpa. 6. El número kappa fue cambiado de 45-55 a 50-60. 7. La presión fue cambiada de 7 a 5 atm. 8. Aspiración de las aguas de los fondos de los pisos. 9. Reciclo de agua blanca por medio de una bomba para ser usado en la dilución de la pulpa. 10. Extracción de licor negro usando el más eficiente equipamiento (para su uso posterior como fertilizante inorgánico). 11. Cambio en los aditivos de cocción: NH₄Na₂SO₃ a cambio de MgO. 12. Instalación de un mezclador para aditivos químicos. 13. Adición de una calandria. 14. Adaptación de fieltros en las máquinas papeleras. 15. Construcción de un clarificador con el objetivo de aumentar el reciclo de agua blanca. 16. Automatización para el control de consistencia de pulpa. 17. Construcción de una línea de evaporación de licor negro. |

| PLANTAS PAPELERAS | AÑO | SOLUCIONES LIMPIAS |
|---|--|---|
| <p>Fábrica de pulpa y papel: Jin Zhong</p> <p>Ciudad: - Hefei</p> <p>Provincia: Anhui</p> <p>Inicio de operaciones: 1978</p> | <p>Enero del 2001</p> <p>China-Canadá, Proyecto de cooperación sobre Producción Limpia</p> | <p>Tratamiento de agua de desecho</p> <p>La fábrica esta equipada con una planta de tratamiento con capacidad de 200-250 m³/ hora. Consiste de una serie de filtros inclinados seguido de un pozo tanque y un clarificador primario. El efluente tratado es descargado al canal del río Er Shi Pu.</p> <p>El efluente tratado es monitoreado por COD, SS, y pH y revisado por la Agencia de protección ambiental local, dado que esta no posee un laboratorio de monitoreo ambiental propio.</p> <p>En general la fábrica cumple con los estándares nacionales, aunque el nivel de COD es ligeramente alto.</p> <p>Otras soluciones implementadas dentro del proceso:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Clasificación de materia prima. 2. Buenos procedimientos internos. 3. Optimización del proceso. 4. Instalación de un filtro para el agua de ingreso para prevenir incrustaciones. 5. Instalación de dos ciclones para remoción de polvillo. 6. Reducción del consumo de cuotas correspondiente al carbón, electricidad y aditivos. 7. Reciclo de agua blanca para su uso en el alimentador de materia prima en vez de usar agua fresca. 8. Entrenamiento de empleados sobre protección ambiental. 9. Los recortes de los rollos de papel son cuidadosamente monitoreados. 10. Sesiones de entrenamiento para los ejecutivos. 11. Mantenimiento de equipos. 12. La ceniza de los calderos es vendida a manufactureras de ladrillos. 13. Reuso de agua de las bombas de vacío para el equipo de enrollado de papel. 14. Adición de 10% de talco a la pulpa en las máquinas papeleras. Esto consigue una resistencia mayor de las láminas de papel hasta en un 15%. 15. Recuperación de fibras del agua de desecho. Esto permite hacer cartón de grado menor. 16. Montado de una unidad de flotación que consigue tratar 50 000 tons. de agua de desecho por año comparado con 20 000 tons. por año antes de la construcción de esta unidad. 17. Aislamiento de la tuberías de vapor (reducción de] 5% de consumo de energía). 18. La sustitución de un caldero consiguió un ahorro de 10 % en energía. |

| PLANTAS PAPELERAS | AÑO | SOLUCIONES LIMPIAS |
|--|--|---|
| <p>Fábrica de pulpa y papel: Chao Lun</p> <p>Ciudad.- Guo Yang</p> <p>Provincia: Anhui</p> <p>Inicio de operaciones: 1990</p> | <p>Marzo del 2001</p> <p>China-Canadá, Proyecto de cooperación sobre Producción Limpia</p> | <p>Tratamiento de agua de desecho</p> <p>La fábrica fue equipada con una planta de tratamiento biológico de agua de desecho, su capacidad es de 420 m³/ hora. Incluye un clarificador primario y un clarificador secundario con cubetas de aeración.</p> <p>El efluente tratado es monitoreado por COD, SS, y pH diariamente en el propio laboratorio ambiental de la fábrica, y por el departamento de protección ambiental local. Luego el efluente tratado es descargado al río Guo He.</p> <p>Los resultados fueron positivos en el contenido de COD.</p> <p>Otras soluciones implementadas dentro del proceso:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción del polvillo liberado al medio ambiente. 2. Optimización del proceso de cocción. 3. Reducción de la presión en los digestores. 4. Incremento de la capacidad del extractor de licor negro. 5. Mejoramiento en el monitoreo de descargas. 6. Adiestramiento técnico interno. 7. Reforzamiento del procedimiento de operación interna. 8. Reducción del tiempo de cocción y ajuste del número Kappa. 9. Instalación de una línea de vapor sobre algunas máquinas papeleras. 10. Establecimiento de un programa para mantenimiento de equipos. 11. Uso de agua reciclada para limpiar los pisos. 12. Introducción de antraquinona en lo procesos de cocción. 13. Instalación de control automático para el contenido de humedad del papel. 14. Adición de un cilindro extra en una máquina papeleras. 15. Incremento de la razón de reciclo de agua blanca por adición de una nueva bomba. 16. Recuperación de fibra en la entrada del clarificador usando cuatro filtros rotatorios. 17. Recuperación de fibra del clarificador primario. 18. Recuperación de condensados de las máquinas de papel. 19. Instalación de un sistema colector de polvos sobre el transportador de materia prima. 20. Recuperación de vapor residual del proceso de cocción. 21. Construcción de un pozo tanque para recuperación de agua blanca. |

| PLANTAS PAPELERAS | AÑO | SOLUCIONES LIMPIAS |
|---|--|--|
| <p><i>Fábrica de pulpa y papel: Lu An</i></p> <p><i>Ciudad.- Lu An</i></p> <p><i>Provincia: Anhui</i></p> <p><i>Inicio de operaciones: 1958</i></p> | <p>Marzo del 2001</p> <p>China-Canadá, Proyecto de cooperación sobre Producción Limpia</p> | <p>Tratamiento de agua de desecho</p> <p>La fábrica no está equipada con una planta convencional de tratamiento de agua de desecho. El agua blanca generada por cada máquina papelera es dirigida a un pozo común de capacidad de 250 m³/ hora.</p> <p>El flujo de fondos en los pozos tanques está principalmente compuesto de fibras suspendidas que son dirigidas cerca a los sistemas de filtrado. Los flujos superiores son descargados al río Huai He. El efluente tratado es monitoreado por COD, SS, y pH por la agencia de protección ambiental, dado que la fábrica no posee su propio laboratorio-</p> <p>En términos resumidos el resultado del monitoreo indica que la fábrica está por debajo de los estándares nacionales.</p> <p>Otras soluciones implementadas dentro del proceso:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sesiones de entrenamiento a los empleados sobre producción limpia. 2. Establecimiento de procedimientos operacionales. 3. Establecimiento de programa de mantenimiento preventivo. 4. Mejoramiento del manejo y almacenamiento de materia prima. 5. Instalación de un motor propio sobre una bomba de vacío de una máquina papelera. 6. Reemplazo de rejillas en calderas. 7. Reducción del agua de lavado. 8. Recuperación de fibras de los tanques de flotación. 9. Recuperación de condensados de las máquinas papeleras. 10. Instalación de una bomba adicional para reciclo de aguas blancas. 11. Las cenizas de los calderos son vendidas para manufactureras de ladrillos. 12. Instalación de un fregador de mojado sobre la caldera de carbón. 13. Instalación de un nuevo alimentador de carbón sobre la caldera. |

| PLANTAS PAPELERAS | AÑO | SOLUCIONES LIMPIAS |
|---|--|--|
| <p><i>Fábrica de pulpa y papel: Gao Sen</i></p> <p><i>Ciudad.- Gao Sen</i></p> <p><i>Provincia: Anhui</i></p> <p><i>Inicio de operaciones: 1958</i></p> | <p>Marzo del 2001</p> <p>China-Canadá, Proyecto de cooperación sobre Producción Limpia</p> | <p>Tratamiento de agua de desecho</p> <p>La fábrica no está equipada con una planta de tratamiento convencional. Sin embargo el agua blanca generada por ambas máquinas papeleras es combinada. Esta combinación es dirigida para un sistema de filtración seguido por un sistema de flotación.</p> <p>El efluente tratado del sistema de flotación es luego dirigido al sistema de filtración final antes de ser descargado al río Gao He. Una cantidad de 3 tns. de pulpa / mes es recuperada y vendida a compañías manufactureras de cartón.</p> <p>El efluente tratado es monitoreado por COD, SS y pH, cada tres meses por la agencia de protección ambiental, dado que la fábrica no posee su propio laboratorio para este tipo de análisis.</p> <p>Otras soluciones implementadas dentro del proceso:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reciclo de agua blanca proveniente de las máquinas papeleras. 2. Modificación del sistema de remoción de arenas. 3. Aislamiento de las tuberías de vapor para ahorro de energía. 4. Automatizado para el control de consistencia de pulpa. 5. Automatizado para el control de presión de vapor. 6. Modificación del sistema alimentador de carbón. 7. Pulpeo de materia inactiva. 8. Desarrollo de productos de alto beneficio. 9. Recuperación de agua blanca para su uso en la dilución de la pulpa. |