

“MEMORIA TÉCNICA DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES EN PAPELERA NACIONAL S.A”.

Juan Lozano Bravo¹ , Ignacio Wiesner Falconí²

Ingeniero Mecánico 2005

² Director de Tesis. Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1971, Postgrado en México, UNAM – Politécnica de México, Investigador visitante del CENIM – España y el IPT – Brasil, Profesor de la ESPOL desde 1975.

RESUMEN

Este proyecto se desarrollará en la Planta Industrial de PAPELERA NACIONAL S.A., empresa agro-industrial localizada en el Cantón Marcelino Maridueña Provincia del Guayas. Dedicada a la fabricación de papel Kraft, (Corrugado Medio, Extensible, y Test Liner) y sus derivados (Sacos de Papel Extensible para la Industria Azucarera y Cementera) y tubos Espiralados de cartón.

La presente Tesis trata sobre los proyectos que se implementaron en Papelera Nacional S.A. a partir del, año 1998, tendientes a reducir el Impacto ambiental de la operación de la Planta Industrial, concretamente se trata de la Implementación del “Sistema de Tratamiento Externo de Efluentes”. El mismo que comprende en la instalación de Una Planta de Clarificación de los Efluentes Industriales de Papelera Nacional. Se analizó el sistema de efluentes existentes en PANASA. Luego se seleccionaron de los equipos requeridos, tales como el Clarificador y la Prensa de Lodos, así como también se calcularon y seleccionaron los Equipos Auxiliares, tales como Sistemas de Bombeo, se dimensionaron las Lagunas de Oxidación, Tubería de conducción de Agua Clarificada y el Canal abierto hacia las lagunas. Luego se realizaron los planos de instalación, se licitaron las obras civiles mecánicas, eléctricas para el montaje y se instalaron los equipos y se puso en funcionamiento el sistema.

Finalmente se evaluaron y monitorearon los resultados obtenidos con la implementación del proyecto. Se evaluaron los parámetros de control de la descarga de los efluentes, en cuanto a: Sólidos Totales Suspendidos STS, Demanda Química de Oxígeno DQO. Sólidos Totales Disueltos STD. Oxígeno Disuelto O₂, Conductividad, Sólidos Flotantes en el Canal Abierto, Sólidos en las Lagunas de Retención, Pérdida de Fibra, Potencial de Hidrógeno pH, Temperatura T, contribuyendo con esto a una sensible reducción del Impacto Ambiental sobre el Estero Saraguayo, y se cumplen con las regulaciones ambientales ecuatorianas..

ABSTRACT

In Papelera Nacional Mill, in the year 1998, They are beginning a project of Reduction of the Impact environmental generated by their operation's. Being achieved in the evaluations of the results a reduction of the such control parameters as: 93% in STS, 23% in STD, 48% in DQO, and 53% in DBO₅.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto constituye una parte de una serie de proyectos implementados en la fábrica de papel kraft de PAPELERA NACIONAL S.A., localizada en el cantón Marcelino Maridueña, provincia del Guayas, desde el año 1998 hasta el 2001. Proyectos motivados por una conciencia ambiental patrocinada por la Alta Dirección de la empresa. y el establecimiento de políticas de Gestión Ambiental y Producción más limpia. Con miras a una futura certificación de los procesos productivos bajo la Norma ISO 14000.

Las fabricas de papel son empresas catalogadas como agro-industriales, y en el contexto de su campo de aplicación cumplen una función ecológicas, ya que son grandes consumidoras de papel y cartón reciclado, proveniente de las ciudades y/o de los recortes de la industria cartonera, el mismo que es utilizado como materia prima en el proceso industrial. Sin embargo como resultado del proceso industrial se generan grandes cantidades de desechos sólidos y efluentes industriales que impactan el medio ambiente.

Con este proyecto se planteo reducir el impacto generado por los desechos sólidos y por los efluentes líquidos, para lo cual se implementó el proyecto en tres etapas: la **1era etapa “Recuperación de Fibra”**, consistió en la incorporación al proceso dos equipos de depuración para recuperar fibra de los desechos sólidos.

La **2da etapa:** Un tratamiento Primario consistente en la **“Planta de Clarificación”** Consistió en la implementación de un Sistema de tratamiento convencional para efluentes, mediante un proceso DAF., de Clarificación o (Flotación por aire disuelto). Y la **3era Etapa:** Consistente en un Tratamiento Secundario mediante **Las “Lagunas de Retención”** y sus tuberías y canales de conducción de los efluentes.

Previa la descarga a un cuerpo receptor, que en nuestro caso es el estero Saraguayo, afluente del río Chimbo. Además se contempló el uso de procesos biológicos y

químicos para remoción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos.

Es decir que incluye un Tratamiento Primario y un Tratamiento Secundario. Descritos en la Ley de Preservación y Control de la contaminación ambiental, publicada en el Registro oficial # 374, del 31 de mayo de 1976. Tratamiento primario que incluyó operaciones físicas tales como: desarenado, mezclado, floculación, flotación, sedimentación y filtración.

CONTENIDO

En el capítulo 1, se analiza la identificación del problema, para lo cual primeramente se describe el lugar donde se desarrolla el proyecto, es decir en la Planta Industrial de Papel Kraft de Papelera Nacional, se describen los productos que se elaboran, que son: Bobinas de Papel Extensible (utilizado en la fabricación de sacos para el embasado de cemento y/o azúcar), y Bobinas de papel Corrugado Medio (utilizado en la fabricación de cajas de cartón), para el embalajes de frutas de exportación como en banano, etc. (ver fig # 1).



Figura # 1
Producto Terminado

La materia prima que se consume y los Procesos productivos, es OCC (Old Corrugated Container) y DKL (Double Kraft Liner). con lo cual queda plenamente identificado el problema del impacto ambiental de la industria papelera, lo que constituye un aspecto ambiental positivo, ya que se consume gran cantidad de cartón reciclado.



Figura # 2
Materia Prima

En éste mismo capítulo se analiza en el proceso productivo de PANASA, el mismo que está dividido en dos secciones que son:

a) Preparación de Pasta. Que es donde se realizan todos los procesos de Depuración de la Materia Prima, y que es donde se generan la Mayor cantidad de desechos sólidos, así como también efluentes de fábrica que son los aspectos ambientales más importantes, y que pueden producir impacto sobre el medio ambiente debido a la alta carga contaminante hacia el cuerpo receptor. Si no se lo trata adecuadamente. La Fig # 2. muestra el Flujograma de Bloque Típico del Proceso de Papel Kraft, en el mismo que están identificados los puntos donde se general esto aspectos ambientales.

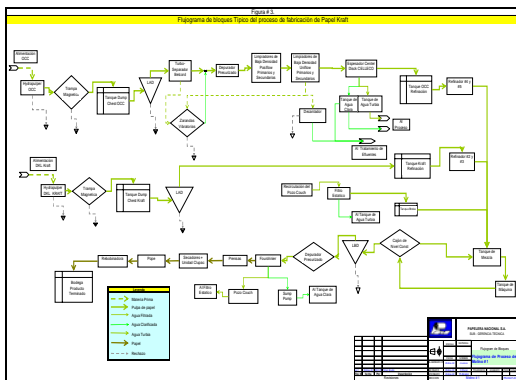


Fig # 2. Flujograma Típico de Bloque de Proceso de Papel Kraft

Estos puntos son principalmente en la sección de Hidratación - Desintegración de la Materia Prima, como lo muestra la figura # 4. que es donde se generan los desechos sólidos con gran pérdida de fibra.

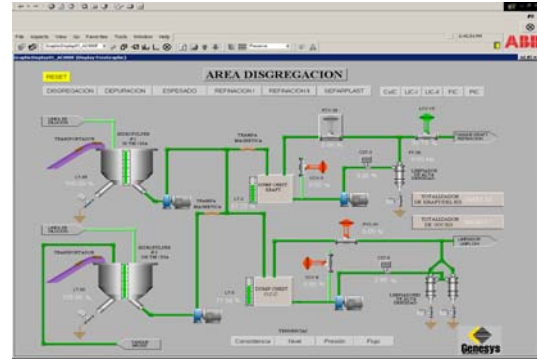


Figura 4
Hidratación y desintegración de materia prima

Así como también la descarga de los efluentes en la sección de Espesado de Pulpa de papel. Y la sección de Depuración en Baja densidad. Que generan efluentes con una importante carga de DBO y DQO.



Figura 6

Para establecer la situación ambiental de Papelera Nacional se realizar un resumen de los datos estadísticos de Carga de Sólidos, Consistencia y Flujo, que aportan cada uno de los Molinos de Papel a los efluentes de PANASA, lo que se resume en la (Tabla # 2). De la cual se obtiene los siguientes totales: Flujo (1200 GPM), la Consistencia (0,06%) y la carga de sólidos en el efluente (3,71 TM/día). (ver Tabla # 2)

Tabla#2
Flujo de Efluentes de Molinos de Papel PANASA 1998

Propiedades	Unidad	Mol #1	Mol #2	Total
Pérdida de Fibra	EDT/Mda	0,92	2,79	3,71
Consistencia	%	0,052	0,068	0,066
Caudal	GPM	326	881	1207

También se realiza una caracterización físico-química de estos efluentes entrando al sistema de tratamiento. Y se misen los siguientes parámetros de proceso. Demanda

Química de Oxígeno (DQO= 1340 ppm), Sólidos Totales (ST= 3154 ppm), Sólidos Totales Disueltos (STD= 1400 ppm), Sólidos Totales Suspendidos (STS=600 ppm), Oxígeno Disuelto (OD= 2,6 ppm), Potencial de Hidrógeno (pH= 7,1), y Temperatura (T= 44°C).

Tabla #3				
Propiedades Físico-Químicas de los Efluentes PANASA años 1998-1999				
Parámetro	Unidad	Molino#1	Molino#2	Total
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/l	1208	1244	1340
Demanda Biológica de Oxígeno DBO5	mg/l			360
Sólidos Totales ST	mg/l	1875	2110	3154
Sólidos Totales Disueltos STD	mg/l	1380	1580	1400
Sólidos Totales Suspendidos STS	mg/l	488	550	600
Oxígeno Disuelto OD	mg/l	2,7	2,4	3,1
Potencial de Hidrógeno pH	-	6,8	6,9	7,1
Temperatura T	°C	42	41	44
Conductividad C	µmho/cm	987	1080	1100

Identificado el problema ambiental se estableció un Plan de acción estructurado para reducir el impacto sobre el medio ambiente por la operación la planta papelera. Este Plan de Acción contempló la implementación de TRATAMIENTO PRIMARIO Y TRATAMIENTO SECUNDARIO DE LOS EFLUENTES.

Tabla 4			
Plan de Acción del "Proyecto Sistema de Tratamiento Externo de Efluentes"			
A	Tratamiento Primario		Plazo
	A.1.-	Tratamiento de Efluentes 1era Etapa: "Recuperación de Fibras"	
	A.1.1.-	Instalación de Tambor Desaguador "TROMMEL"	Corto plazo
	A.1.2.-	Instalación de Separador de plásticos, "SEPARPLAST"	Corto plazo
	A.2.-	2da. Etapa: "Instalación del Clarificador DAF"	Corto plazo
	A.3.-	2da. Etapa: "Instalación de Sistema de Tratamiento de Lodos"	Medio plazo
	A.4.-	Saca basuras del Canal (mejora continua)	Medio plazo
B	Tratamiento Secundario		
	B.1.-	3era Etapa: "Lagunas de Retención y oxidación" y Conducción del Efluente de Molinos a Lagunas	Medio plazo
	B.2.-	Cultivo de bacterias	Largo plazo
	B.3.-	Aireación en lagunas de retención y oxidación	Largo plazo

El tratamiento Primario orientado a la retención de sólidos, mediante procesos de Cribado, filtración decantación y Floculación, mediante un proceso DAF (Floculación por aire disuelto).

Es importante destacar que la primera etapa de la implementación se orientó a la recuperación de fibra perdida como parte de los desechos sólidos resultantes de los procesos de depuración de la materia prima. Lo cual representó un importante beneficio económico para PANASA. Y consistió en la instalación de dos equipos:

a) Tambor desaguador "TROMMEL" de Nielsen and Hiebert de Suecia, (ver Fig # 9)



Figura # 9: Tambor Desaguador "Trommel" de Nielsen & Hieber de Suecia

y b) Una Criba rotativa denominada Separplast. GR II, de MAULE de Italia, ambos equipos



Figura # 11: Separplast GR II con Plast Strainer de MAULE - Italia.

Como parte del tratamiento Primario se decidió por la Instalación de un Clarificador Krofta Supercell SPC-27, y una Prensa de Lodos PHOENIX Tipo WX 2.2E. para esto se instalò una Planta de Clarificación la misma que se muestra en la Fig # 12, en la Fig # 13 el Clarificador Krofta SuperCell SPC-27.



Fig # 12: Vista General de Planta de Clarificación de los Efluentes de PANASA



Fig. # 13: Clarificador Krofta Supercell SPC-27

El Tratamiento Secundario consistió en la Construcción de Un sistema de Lagunas de Retención en Paralelo, con una volumen total de: 36.861 m³, para manejar una descarga de sólidos de (7.195 m³/día), lo que da un tiempo de retención de 5,1 días.

Tabla #5
Capacidad de Lagunas de Retención

Laguna	Cota máxima m	area m ²	Capacidad Máx m ³
Laguna # 1A	1,8	6.219	10.881
Laguna # 1B	1,5	5.330	7.655
Laguna # 2A	1,8	6.132	10.823
Laguna # 2B	1,5	5.181	7.502
Total		22.862	36.861
	ha	2,3	

Para lograr la degradación de la materia orgánica contenida en los efluentes. Ver Fig #



Fig # 18 “Ingreso a las Lagunas de Retención de PANASA”



Fig # 19: Rampa de descarga al Estero SARAGUAYO

Y finalmente se realiza el Análisis de Inversión elaborado previo a la ejecución del Proyecto. El mismo que se describe en forma muy detallada toda la metodología utilizada por PANASA para la ejecución de Proyectos de Inversión.

Aquí se Analizan los Objetivos del Proyecto, los parámetros de control que se afectan con la implementación del proyecto, se calcula una proyección de los Beneficios que se esperan de la Inversión, se elabora la planificación del proyecto y se determina el valor de la inversión previo la cotización de los Equipos principales y auxiliares, se establecen los cotos de instalación, En este caso Equipos + instalación se planteo una inversión de USD1'040.090, se estiman lo beneficios de la inversión en USD 274.000, solamente aplicables a la Recuperación de Fibras, y finalmente se calcula el retorno de la inversión, tasa interna de retorno TIR, (24%)y valor actual neto (VAN=USD 99.092, para el Trommel), y (VAN= USD 86.699, para el Separplast). Y según estos Indicadores se recomienda

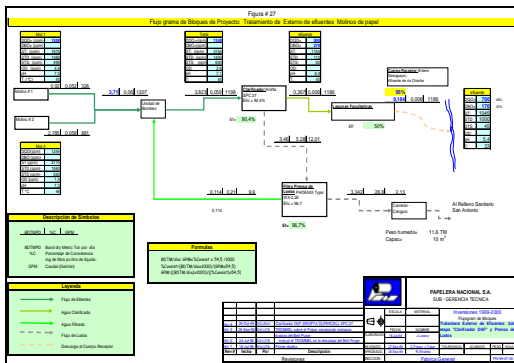
En el capítulo 2. Aquí se analiza detalladamente el diseño del Sistema de Tratamiento de Efluentes implementado en Papelera Nacional para reducir el impacto sobre el medio ambiente. Se elabora un balance de masa de los Efluentes de Planta, que se muestra en la Tabla # 16

Tabla 16
Balance de masa del Sistema Clarificador-Prensa de Lodos-Lagunas

		sólidos		flujo
		BDM/d	% Cons	GPM
Efluente	Molino 1	0,924	0,052	326
	Molino 2	2,785	0,058	881
	Total	3,709	0,056	1207
Clarificador	Alimentación	3,709	0,056	1207
	Aceptado	0,356	0,005	1195
	Rechazo	3,353	5,28	11,7
	Eficiencia	90,4%		
Prensa de Lodos	Alimentación	3,353	5,28	11,7
	Aceptado	0,111	0,212	9,6
	Rechazo	3,242	28,8	2,1
	Eficiencia	96,7%		
Lagunas	Alimentación	0,356	0,0055	1195
	Aceptado	0,178	0,0027	1195
	Sedimentación	0,178		0
	Eficiencia	50%		
Cuerpo Receptor (Estero Saraguayo)		0,178	0,0027	1195

Con este balance se elaboran los Flujogramas de Bloques de proceso y los balances másicos del sistema.

Clarificador Prensa de lodos Lagunas de retención. (ver Fig # 27)



Considerando todos los parámetros que intervienen en el proceso, de acuerdo a la caracterización de los efluentes, y los desechos sólidos. Se realiza un Flujograma detallado de todo el Proceso del Sistema de Tratamiento propuesto, y se determinan las capacidades de los equipos Auxiliares, tales como los sistemas de Bombeo, Bomba de Alimentación al Clarificador, Bomba de Recirculación del ADT, Bomba de Lodos a la Prensa de Banda, para esto se determinan las pérdidas friccionales de la tubería y accesorios, se establece el punto de selección de las Bombas, y se secciona utilizando un Software de la Casa GOULDS Pumps. (ver Fig # 33)

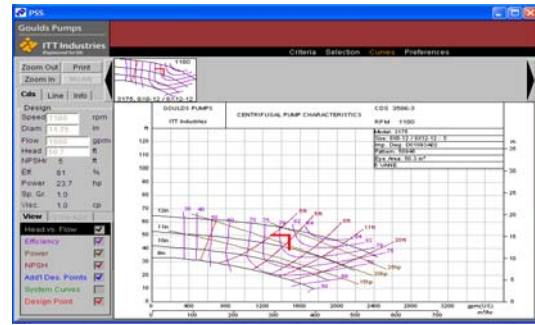


Fig # 33: Curva Cabezal Caudal para Bomba al Clarificador

También se realiza el Cálculo de las pérdidas friccionales para la Tubería de descarga de Efluentes, esto con la finalidad de evacuar los efluentes solamente por gravedad, para evitar los cotos perpetuos del bombeo. Y se diseña la tubería utilizando los menores coeficientes de fricción posibles. Para esto se utilizó tubería de PVC de 16" de diámetro. Para esto fue necesario realizar un levantamiento topográfico del terreno, y determinar las cotas máximas y mínimas, y definir la mejor trayectoria de la tubería.

Así mismo se realizó el cálculo del canal abierto de descarga de efluente para lo cual se aplicó la Formula de Chezy y el Coeficiente de Bazin, también se realizó un levantamiento topográfico, y la determinación de las cotas del terreno para definir la trayectoria más conveniente, se optó por un canal trapezoidal.

En este mismo capítulo se calcula el tiempo de retención de las lagunas de retención y oxidación. (ver Tabla # 25)

Tabla # 25
Cálculo del Tiempo de Retención

Volumen Total de lagunas	m ³	36.861
Caudal del (balance de flujos)	GPM	1.100
factor de seguridad	-	1,2
Caudal (de seguridad)	GPM	1.320
factor de conversión	GPM/(m ³ /día)	5,45
descarga diaria	m ³ /día	7.195
Tiempo de retención	días	5,1

También se describe como se realizó la Implementación del Sistema, se detallan los Planos de Instalación del Clarificador, Prensa de Lodos, y de las Lagunas de retención. Se presentan los respectivos Cronograma de instalación. Y se presentan algunas fotos más importantes de la ejecución del proyecto, tales como el Montaje de l Clarificador



Fig # 44: Proceso de Montaje del Clarificador

En el capítulo # 3.- se realiza una evaluación de los resultados, para lo cual se realiza un análisis comparativo de los Parámetros Afectados del Proyecto Antes y después de la implementación, donde podemos notar las siguientes variaciones en estos parámetros por ejemplo: disminución del 93% en Sólidos Totales Suspendidos, disminución del 29% en Sólidos Totales Disueltos, reducción del 67% en Sólidos Totales, reducción del 48% de la Demanda Química de Oxígeno, reducción del 53% de la Demanda Biológica de Oxígeno. Además se logró una recuperación de fibras del orden de 5,7 TM/día. Lo cual tiene un importante efecto económico para la empresa. En el análisis económico se determinó el costo de este proyecto en USD 1'075.685,00; los cuales fueron invertidos desde el año 1998 hasta el año 2001. lo que es un indicativo de la seriedad con que se maneja el tema ambiental en Papelera Nacional.

En el capítulo # 4.- se establecen las conclusiones y recomendaciones, que se pueden establecer luego de la implementación de este proyecto.

CONCLUSIONES

A lo largo del desarrollo de la presente tesis podemos resaltar lo siguiente como las conclusiones.

1. Como resultado de la implementación de este proyecto se ha logrado importantes reducciones en los parámetros de control de este proyecto: así tenemos **93% de reducción en STS, 29% de reducción en STD, 48% de reducción en DQO, y 53% de reducción en DBO5.**
2. Como hemos podido demostrar aquí, cuidar el medio ambiente

puede ser un negocio muy rentable. Pues se ha logrado importante beneficio económico para PANASA, con la recuperación de fibra perdida en los desechos sólidos y/o en los efluentes. **(274.000 USD/año)**

3. Con el **tratamiento Primario y secundario** implementado podemos afirmar que si se logró garantizar una reducción de el impacto ambiental del efluente que se descarga al estero Saraguayo.
4. La industria papelera cumple una importante función en la comunidad, ya que por ser una gran consumidora de reciclaje de papel y cartón ayuda muy eficazmente a la eliminación de estos desechos de las ciudades e industrias cartoneras.

RECOMENDACIONES

En Papelera nacional estamos concientes que todo lo realizado en el tema ambiental, aún no es suficiente y que es necesario seguir invirtiendo en el control del Impacto ambiental. Y están plenamente identificados los temas donde tiene que seguirse realizando inversiones. Algunos de los cuales los enumero a continuación:

1. En un futuro mediano debemos planificar la instalación de un Separplast para el Molino # 1, ya que en el presente estudio no se ha considerado este tema.
2. Se debe tender a reducir el consumo de agua mediante la recirculación de agua clarificada, controlando las propiedades del agua cuidando la saturación del circuito de agua.
3. Con respecto al tratamiento secundario, incursionar con el tratamiento mediante el uso de bacterias, en las Lagunas de retención. Con la finalidad de reducir aun más tanto la DQO como la DBO5.
4. Y por último planificar la implementación de Aireación en las lagunas de retención. Con la finalidad de mejorar el contenido de oxígeno disuelto en el efluente.

BIBLIOGRAFIA

1. INGENIERIA DE AGUA RESIDUALES Volumen 2 (Tratamiento Vertido y Reutilización) METCALF & EDDY.
2. Ley ambiental, Registro Oficial 374.
3. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluente: Recurso Agua. (libro IV).
4. Compendio de Exposición de "QUÍMICA Y TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES" Ing. Andrés Tolosa
5. MANUAL DE BOMBAS GOULDS. Y Software de selección de Bombas PPS.
6. CAMERON HYDRAULIC DATA", ngersoll-Dresser Pumps".
7. FLUJO DE FLUIDOS EN VALVULAS, ACCESORIOS Y TUBERIAS, "Crane".
8. MECÀNICA DE FLUIDOS Y MÀQUINAS HYDRAULICAS". Claudio Mataix.