

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Memoria Técnica de la Implementación del Sistema de  
Tratamiento Externo de Efluentes en Papelera Nacional S.A”.

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECANICO**

Presentado por:

**JUAN ELIAS LOZANO BRAVO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2005**

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Ignacio Wiesner, al CIMEG y el equipo de Trabajo conformado en este proyecto de graduación, a la FIMCP, por el respaldo a esta iniciativa del CIMEG y por la valiosa formación académica brindada y principalmente a Dios por permitirme cristalizar este objetivo. Y a Papelera Nacional por la confianza depositada para el desarrollo de este proyecto.

## DEDICATORIA

A mi esposa por su comprensión y aliento para lograr este objetivo, a mis hijos para que le sirva de ejemplo de que el esfuerzo se corona con el éxito, a mis padres y hermanos por el invaluable sacrificio y apoyo en darme una educación.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Eduardo Rivadeneira P.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Ignacio Wiesner F.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Mario Patiño A.  
VOCAL

---

Dr. Alfredo Barriga R.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Juan Elias Lozano Bravo

## 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 analizará el sistema de efluentes existentes en PANASA. Luego se seleccionarán 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 analizaron 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 O<sub>2</sub>, 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.

## INDICE GENERAL

|                        | Pag  |
|------------------------|------|
| RESUMEN.....           | II   |
| INDICE GENERAL .....   | III  |
| ABREVIATURAS.....      | IV   |
| SIMBOLOGIA.....        | V    |
| INDICE DE FIGURAS..... | VI   |
| INDICE DE TABLAS.....  | VII  |
| INDICE DE PLANOS.....  | VIII |
| INTRODUCCIÒN.....      | 1    |

### CAPITULO 1

|  |    |
|--|----|
| 1. EL PROBLEMA DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA<br>DEL PAPEL.....                             | 3  |
| 1.1. Descripción de la planta industrial de papel kraft.....                                       | 3  |
| 1.2. Situación medio ambiental de la empresa.....  | 13 |
| 1.3 Política de reducción del impacto ambiental de Panasa<br>y el plan de acción a ejecutarse..... | 15 |
| 1.4 Descripción del proyecto de gestión ambiental.....   | 18 |
| 1.5 Análisis de inversión del proyecto.....  | 33 |



## CAPITULO 2

|   |   |    |
|---|---|----|
| 2 | DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES.....   | 54 |
|   | Flujogramas de proceso y balances del sistema.....  | 54 |
|   | Selección del clarificador.....   | 61 |
|   | Selección del sistema de tratamiento de lodos.....  | 66 |
|   | Cálculo y selección de los equipos auxiliares.....  | 69 |
|   | Dimensionamiento de la dosificación de químicos.....  | 80 |
|   | Dimensionamiento de la laguna de oxidación.....   | 81 |
|   | Dimensionamiento de la tubería de conducción de los<br>efluentes y canal abierto desde el clarificador<br>hasta las lagunas de oxidación..... | 83 |
|   | Implantación del sistema.....   | 89 |

## CAPITULO 3

|   |   |    |
|---|---|----|
| 3 | EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.....   | 94 |
|   | 3.1 Comparación de los parámetros de los efluentes antes<br>y después del proyecto..... | 94 |
|   | 3.2 Análisis económico.....   | 97 |

## CAPITULO 4

|    |                                     |     |
|----|-------------------------------------|-----|
| 4. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 100 |
|----|-------------------------------------|-----|

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

## ABREVIATURAS

|                      |   |
|----------------------|---|
| ADT:                 | Air Disolved tube   |
| APHA:                | American Public Health Association Standard Methods   |
| c:                   | conductividad. $\mu\text{mho/cm}$   |
| DKL:                 | Double Kraft Liner  |
| DQO:                 | Demanda Química de Oxígeno  |
| DBO:                 | Demanda Biológica de Oxígeno  |
| DAF:                 | Disolved air flotation  |
| GPM:                 | Galones por minuto  |
| ha:                  | hectáreas   |
| ISO:                 | International Standard Organization   |
| Kg/día:              | Kilogramos por día  |
| m:                   | metros  |
| m <sup>2</sup> :     | metros cuadrados  |
| mg/l:                | miligramos por litro  |
| m <sup>3</sup> :     | metros cúbicos  |
| m <sup>3</sup> /día: | metros cúbicos por día  |
| OCC:                 | Old Corrugated container  |
| OD:                  | Oxígeno Disuelto (ppm) o (mg/l)   |
| ppm:                 | partes por millón   |
| pH:                  | Potencial de hidrógeno  |
| st:                  | Short tons  |
| ST:                  | Sólidos Totales (ppm) o (mg/l)  |
| STD:                 | Sólidos Totales Disueltos (ppm) o (mg/l)  |
| SGA:                 | Sistema de Gestión Ambiental  |
| TM:                  | Toneladas métricas  |
| TM/año:              | Toneladas métricas por año  |
| TM/día               | Toneladas métricas por día  |
| TIR:                 | Tasa interna de retorno   |
| TAPPI:               | Asociación técnica de Ingenieros, operadores, científicos, tecnólogos y ejecutivos que sirven a la pulpa, papel, empaque conversión e industrias relacionadas |
| USD:                 | Dólares americanos  |
| VAN:                 | Valor Presente neto   |

## SIMBOLOGÍA

|              |  |
|--------------|--|
| %C:          | Porcentaje de consistencia                   |
| BDMTPD:      | Bond Dry Metric Tons per day                 |
| Q:           | Caudal en GPM                                |
| Pv:          | Presión de vapor en PSI                      |
| SG:          | Gravedad específica                          |
| $\mu$ :      | Viscosidad cinemática (SSU)                  |
| Po:          | Presión barométrica                          |
| g:           | Gravedad.                                    |
| $\pi$ :      | Pi (3,1416)                                  |
| q:           | Flujo volumétrico                            |
| $V_R$ :      | Velocidad recomendada                        |
| A:           | Área de flujo                                |
| D:           | Diámetro de la tubería en (Ft)               |
| d:           | diámetro interior de la tubería en pulg.     |
| L:           | Longitud de la tubería en (Ft)               |
| $h_v$ :      | Cabezal de Velocidad.                        |
| $h_f$ :      | Cabezal de Fricción                          |
| NPSH:        | Net Positive Suction Head                    |
| Ef:          | Eficiencia de la bomba                       |
| R:           | Número de Reynolds                           |
| f:           | Factor de Fricción                           |
| $\epsilon$ : | Rugosidad (Ft)                               |
| RPM:         | Revoluciones por minuto                      |
| HP:          | Horse Power                                  |
| BHP:         | Brake Horse Power                            |
| ADT:         | Altura dinámica Total                        |
| v:           | Viscosidad Cinemática (Ft <sup>2</sup> /sec) |
| Re':         | Pseudos Reynolds numbers                     |
| z:           | cota del terreno en metros                   |
| Hr:          | Pérdida de energía en canal abierto          |
| Rh:          | Radio Hidráulico                             |

**Pm:** Perímetro mojado  
**s:** Pendiente del canal  
**At:** Area transversal  
 **$\alpha$ :** Angulo de inclinación del canal  
**C:** Coeficiente de la fórmula de Chezy.

## INDICE DE FIGURAS

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Figura 1.1  | Producto terminado.....  | 5  |
| Figura 1.2  | Materia Prima.....   | 6  |
| Figura 1.3  | Flujograma de bloques típico del proceso de<br>Fabricación de papel Kraft.....     | 9  |
| Figura 1.4  | Hidratación y desintegración de materia prima,<br>depuración de alta densidad..... | 10 |
| Figura 1.5  | Depuración en baja densidad.....   | 10 |
| Figura 1.6  | Espesado de pulpa de papel.....  | 11 |
| Figura 1.7  | Refinación de pulpa de papel.....  | 11 |
| Figura 1.8  | Esquema de máquina de papel.....   | 12 |
| Figura 1.9  | Tambor desaguador TROMMEL de Nielsen and Hiebert<br>de Suecia.....                 | 20 |
| Figura 1.10 | Transportador de desechos sólidos.....   | 21 |
| Figura 1.11 | Separplast GR II y Plaststrainer de Maule Italia.....                              | 22 |
| Figura 1.12 | Vista general de la planta de clarificación.....                                   | 24 |
| Figura 1.13 | Vista del clarificador Krofta Supercell SPC-27.....                                | 25 |
| Figura 1.14 | Vista de prensa de lodos (lado alimentación de lodos.....                          | 26 |
| Figura 1.15 | Vista de prensa de lodos Phoenix (lado de descarga de<br>lodos.....                | 26 |
| Figura 1.16 | Saca basuras Spirax de canal de efluentes (lado<br>Alimentación.....               | 27 |
| Figura 1.17 | Sacabasuras Expirax de canal de efluente de Molino 2.....                          | 28 |
| Figura 1.18 | Ingreso a las lagunas de retención de PANASA.....                                  | 30 |
| Figura 1.19 | Vertedero de ingreso a la laguna.....  | 31 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Figura 1.20 | Vertedero de descarga.....  | 31 |
| Figura 1.21 | Rampa de descarga al estero.....  | 32 |
| Figura 1.22 | Apariencia del punto de descarga del efluente.....  | 32 |
| Figura 1.23 | Sistema de Tratamiento Externo de Efluentes 1era<br>Etapa. Recuperación de fibra Trommel y Separplast<br>(Condición existente)..... | 43 |
| Figura 1.24 | Sistema de tratamiento externo de efluentes 1era<br>Etapa. Recuperación de fibra Trommel y Separplast<br>(Condición futura).....    | 44 |
| Figura 1.25 | Sistema de tratamiento externo de efluentes 1era<br>Etapa. Recuperación de fibra solo Separplast<br>(Condición existente).....      | 45 |
| Figura 1.26 | Sistema de tratamiento externo de efluentes 1era<br>Etapa. Recuperación de fibra sólo Separplast<br>(Condición futura).....         | 46 |
| Figura 2.1  | Flujograma de bloques de proyecto: tratamiento externo<br>De efluentes. Molinos de papel.....                                       | 57 |
| Figura 2.2  | Tratamiento externo de efluentes de molino de papel.....  | 60 |
| Figura 2.3  | Clarificador BDAF-1500. Tipo Poseidón de Beloit.....  | 64 |
| Figura 2.4  | Clarificador DAF KROFTA. Modelo Supercell SPC-27.....   | 65 |
| Figura 2.5  | Criterios de selección de bomba de alimentación al<br>clarificador.....   | 71 |
| Figura 2.6  | Selección del tamaño de bomba de alimentación al<br>Clarificador.....   | 72 |
| Figura 2.7  | Curva cabezal-caudal de bomba de alimentación al<br>Clarificador.....   | 72 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Figura 2.8  | Curva Potencia- NPSH de bomba de alimentación al Clarificaodor.....          | 73 |
| Figura 2.9  | Criterio de selección de bomba de recirculación del ADT.....                 | 75 |
| Figura 2.10 | Selección del tamaño de bomba de recirculación ADT.....                      | 75 |
| Figura 2.11 | Curva cabezal-caudal de bomba de recirculación del ADT.....                  | 76 |
| Figura 2.12 | Curva potencia – NPSH de bomba de recirculación del ADT.....                 | 76 |
| Figura 2.13 | Criterios de selección de bomba de lodos a la prensa PHOENIX.....            | 78 |
| Figura 2.14 | Selección del tamaño de bomba de lodos a la prensa PHOENIX.....              | 78 |
| Figura 2.15 | Curva cabezal- caudal de bomba de lodos a la prensa PHOENIX.....             | 79 |
| Figura 2.16 | Curva potencia – NPSH de bomba de lodos a la prensa PHOENIX.....             | 79 |
| Figura 2.17 | Obras civiles de cisterna de estación de bombeo del Clarificador.....        | 90 |
| Figura 2.18 | Proceso de montaje del clarificador KROFTA.....                              | 91 |
| Figura 2.19 | Montaje de estructura de cubierta del clarificador.....                      | 92 |
| Figura 2.20 | Cronograma general del proyecto tratamiento externo De efluentes PANASA..... | 93 |



## INDICE DE TABLAS

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tabla 1  | Descripción del proceso productivo típico de papel Kraft.....                           | 8  |
| Tabla 2  | Flujo de efluentes de molinos de papel PANASA 1998.....                                 | 14 |
| Tabla 3  | Propiedades físico-química de los efluentes PANASA<br>1998.....                         | 14 |
| Tabla 4  | Plan de acción del proyecto sistema de tratamiento<br>Externo de efluentes.....         | 17 |
| Tabla 5  | Capacidad de las lagunas de retención.....  | 29 |
| Tabla 6  | Guía para elaboración de proyectos.....   | 34 |
| Tabla 7  | Clasificación general de categorías de proyectos de<br>Inversión.....                   | 35 |
| Tabla 8  | Identificación del proyecto.....  | 36 |
| Tabla 9  | Objetivos del proyecto.....   | 36 |
| Tabla 10 | Parámetros de control afectados con el proyecto<br>(cuantificables).....                | 38 |
| Tabla 11 | Parámetros de control afectados con el proyecto no<br>Cuantificables.....               | 39 |
| Tabla 12 | Presupuesto de inversión.....   | 48 |
| Tabla 13 | Beneficios tangibles de la inversión.....   | 50 |
| Tabla 14 | Retorno de inversión “Trommel”.....   | 51 |
| Tabla 15 | Retorno de inversión “Separplast”.....  | 52 |
| Tabla 16 | Balance de masa del sistema clarificador-prensa de<br>Lodos – lagunas de retención..... | 56 |
| Tabla 17 | Comparativo de proceso DAF (Disolved air flotation).....                                | 62 |
| Tabla 18 | Datos técnicos del clarificador Krofta.....   | 63 |
| Tabla 19 | Selección del sistema de tratamiento de lodos.....                                      | 67 |
| Tabla 20 | Características técnicas de la prensa de lodos.....                                     | 68 |
| Tabla 21 | Resumen de cálculo de bomba de alimentación al<br>Clarificador.....                     | 70 |
| Tabla 22 | Resumen de cálculo de bomba de recirculación del ADT.....                               | 74 |
| Tabla 23 | Resumen de cálculo de bomba de lodos a la prensa<br>Phoenix.....                        | 77 |
| Tabla 24 | Resumen del Test de Jarra.....  | 80 |
| Tabla 25 | Cálculo del tiempo de retención.....  | 81 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tabla 26 | Tubería de conducción de agua clarificada hacia el canal.....                           | 86 |
| Tabla 27 | Cálculo del canal abierto para descarga del efluente<br>hacia lagunas de retención..... | 88 |
| Tabla 28 | Análisis de parámetros cuantificables antes y después<br>del proyecto.....              | 95 |
| Tabla 29 | Análisis de recuperación de fibras.....   | 96 |
| Tabla 30 | Comparativo presupuesto vs real de tratamiento de<br>Efluentes.....                     | 98 |

## INDICE DE PLANOS

|          |  |
|----------|--|
| Plano 1  | Tambor desaguador TROMMEL de Nielsen and Hiebert                                 |
| Plano 2  | Recomendación de instalación del SEPARPLAST GR II                                |
| Plano 3  | Plano de componentes del SEPARPLAST GR II  |
| Plano 4  | Flor Shet original de Krofta recomendación de instalación del SUPERCEL SPC-27    |
| Plano 5  | KROFTA Supercell SPC-27 Assembly   |
| Plano 6  | Krofta supercell SPC-27 Spare Parts Assembly                                     |
| Plano 7  | Secado Bio-solar de lodos  |
| Plano 8  | Bell Press internal process section  |
| Plano 9  | Left side view Bell Press Phoenix  |
| Plano 10 | Spare parts Bell Press   |
| Plano 11 | Tubería de alimentación al clarificador  |
| Plano 12 | Levantamiento Topográfico del terreno para el trazado de Tubería y canal abierto |
| Plano 13 | Trazado definitivo de tubería y canal abierto de agua clarificada Hacia lagunas  |
| Plano 14 | Detalles de los vertederos de las lagunas de retención                           |
| Plano 15 | Implantación y elevación típica del montaje del Krofta                           |

## APÉNDICES

- Apéndice A Memoria técnica de dimensionamiento de lagunas de retención y oxidación.
- Apéndice B General information – pulp and paper industry.
- Apéndice C Listado de equipos de proceso
- Apéndice D Cuadro de cotizaciones de los equipos
- Apéndice E Análisis de inversión del proyecto
- Apéndice F Cálculo de bomba de alimentación al clarificador
- Apéndice G Cálculo de bomba de recirculación del ADT
- Apéndice H Cálculo de bomba de lodos a prensa.
- Apéndice I Friction losses in pipe
- Apéndice J Friction losses – paper stock flow.
- Apéndice K Análisis del test de jarra
- Apéndice L Parámetros típicos para diseño de lagunas de estabilización (METCALF & EDDY)
- Apéndice M Cronogramas de implementación parcial de cada proyecto

## 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.

# CAPITULO 1

## 1. EL PROBLEMA DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA DEL PAPEL.

### 1.1 Descripción de la Planta Industrial de Papel Kraft.

PAPELERA NACIONAL S.A., fue fundada en el año 1961, e inicia sus operaciones en el año 1968, bajo la dirección de Internacional Paper Co., con una capacidad instalada de producción de 10000 TM/año. De papel de peso básico bajo (60 gr/m<sup>2</sup>). Planeada inicialmente para consumir bagazo de caña, rechazo generado del proceso industrial del Ingenio azucarero San Carlos, para lo cual se dispone en Papelera, una Planta de Pulpa de Bagazo de 60 TM/día de capacidad.

Esta planta industrial ha sido ampliada por varias ocasiones hasta llegar a periodo de realización del proyecto (1998 a 2001), con una capacidad de producción de 75000 TM/año. Compuesto de la siguiente manera: 25.000 TM/año en el molino 1, y 50.000 TM/año en el molino 2.

Papelera Nacional S.A. cuenta también en sus instalaciones con una planta de conversión de papel, donde se fabrican sacos de papel para la industrial cementera y azucarera.

Adicionalmente PAPELERA NACIONAL S.A., cuenta también en sus instalaciones con una Planta de Pulpa de Bagazo de Caña, la cual está en capacidad de suplir sus necesidades de materia prima fibrosa. A partir del bagazo de caña que rechaza el ingenio azucarero San Carlos. Ésta tiene una capacidad instalada de 20.000 TM/año.

Para su operación Papelera Nacional también cuenta con una planta de fuerza con tres caldera que dan una capacidad instalada de 135,000 lbs/hr de vapor y un turbo-generador Eliot de 4,0 Mwatts de capacidad en mismo que esta Stand by con el Sistema Nacional Interconectado.

### **Los Productos.-**

La planta industrial elabora los siguientes tipos de productos a la fecha de realización del proyecto. En presentación de bobinas de papel Extensible 110 gr/m<sup>2</sup>, (utilizado en la fabricación de sacos para el embasado de cemento y/o azúcar). Papel Corrugado Medio



en 146 y 160 gr/m<sup>2</sup>. (Utilizados en la fabricación de cajas de cartón para envasado de frutas. También se fabrican tubos espiralados de cartón. (Ver Figura 1.1. Producto terminado).



**FIGURA 1.1 PRODUCTO TERMINADO**

**La Materia Prima.-**

La materia prima utilizada es el cartón reciclado de las ciudades como en **OCC** (“Old Corrugated container”), así como también el recorte de la Industria cartonera, DKL (Double Kraft Liner), y para la elaboración del papel extensible se utiliza Pulpa virgen de Madera o pulpa KRAFT. (Ver Figura 1.2 Materia Prima).



## FIGURA 1.2 MATERIA PRIMA

El Molino 1 produce papel Extensible y Corrugado Medio, y el Molino 2 produce papel Corrugado Medio y Test Liner. En ambos casos se ofrece una gran versatilidad en cuanto a las dimensiones requeridas por los clientes.

### **El Proceso Productivo.-**

La conformación típica de un Molino de papel en a grandes rasgos como se describe a continuación en la **Tabla 1 “Descripción del proceso productivo típico en una fabrica de papel Kraft”** y en el **“Flujograma de bloque del proceso”** Figura 1.3. Aquí se puede observar que el Molino está formado por las siguientes secciones claramente definidas:

- A. **Recepción de Materias Primas**.- aquí se receipta, pesa, clasifica, califica y almacena la Materia Prima.
- B. **Preparación de pasta**. Aquí se hidrata, desintegra y depura la materia prima, y es donde se generan la mayor cantidad de rechazos sólidos y efluentes líquidos.
- C. **Máquina de Papel**.- es donde se realiza la formación de la hoja de papel por medio de la extracción de la humedad, por medio de drenaje, prensado y secado para formar la bobina de papel.
- D. **Productos Terminados**.- Aquí se califica etiqueta, almacena y se despacha los productos a los clientes.

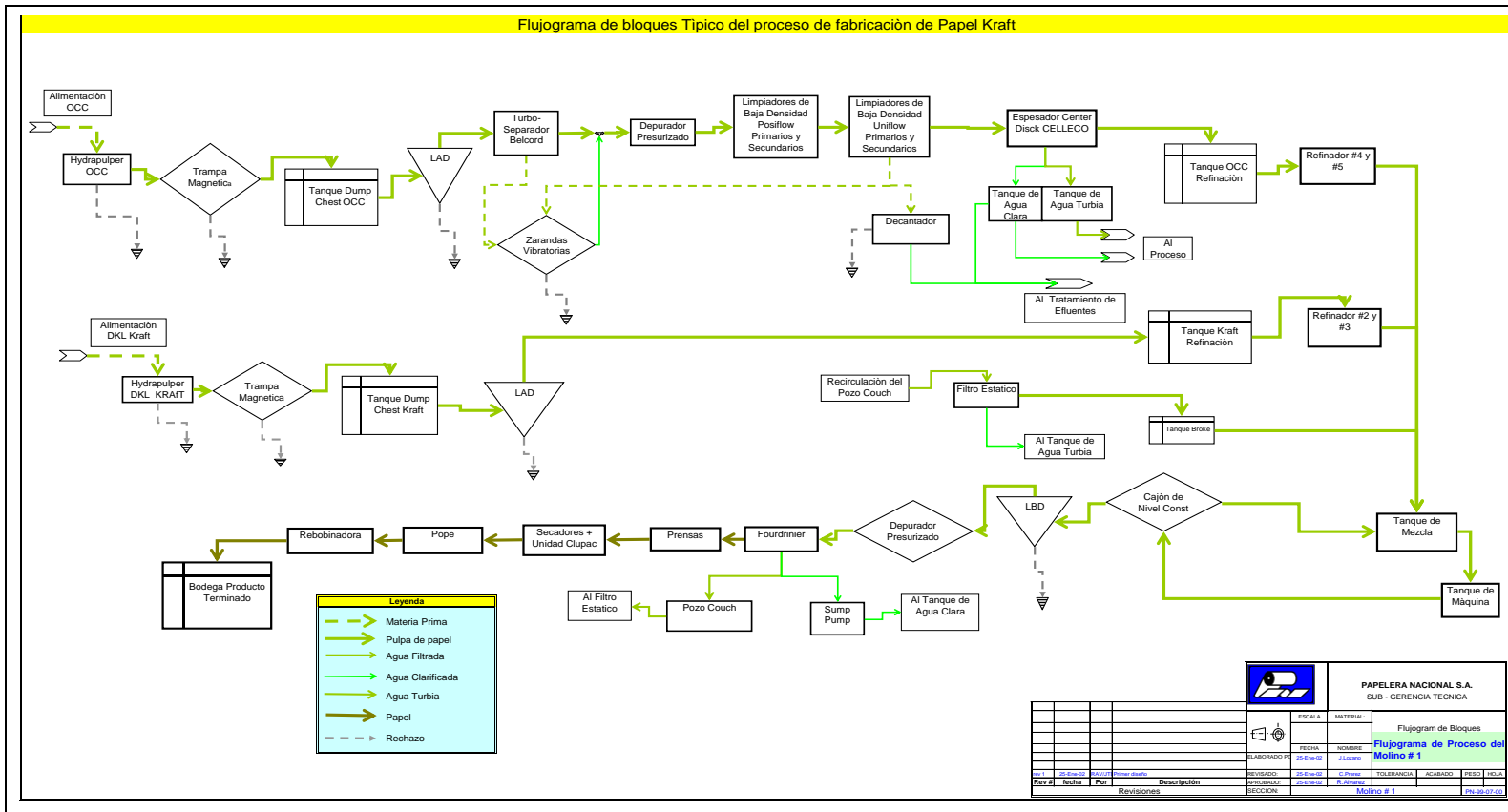
**El Problema del impacto ambiental en la Industria de papel**

**Kraft**.- como hemos anotado anteriormente las fabricas de papel Kraft, utilizan cartón reciclado como materia prima, tanto OC como DKL, por lo que podemos decir desde este punto de vista que generan un impacto positivo al medio ambiente ya que ayudan a la eliminación de contaminantes como plásticos, polietileno, polipropileno, ceras, tintas y adhesivos presentes en los cartones reciclados, mucho de estos contaminantes no son biodegradables, e impactarían severamente al ambiente.

Tabla 1

## Descripción del Proceso Productivo Típico de una Fábrica de Papel Kraft

| Sección  |  |   |                  |           |              |
|--|--|---|------------------|-----------|--------------|
| Proceso u operaciones  | Descripción de la operación  | Equipos principales   | Desechos sólidos | Efluentes | ver figura # |
| <b>Recepción de Materia Prima</b>  |  |   |                  |           |              |
| Recepción y pesaje de camiones<br>Control de calidad<br>Clasificación y Almacenaje | se realiza el pesaje y conteo de pacas.<br>Se realiza toma de muestra de humedad y se caracteriza la materia prima<br>Se clasifica por tipo de materia prima y se almacena   | Báscula de 50 TM<br>Equipos de Laboratorio central<br>Patio de Materias Prima                                   |                  |           |              |
| <b>Preparación de Pasta</b>  |  |   |                  |           |              |
| <b>Hydratación y desintegración de materia prima</b>                               | Se hidrata y desintegra la materia prima mediante un desintegrador de desperdicios convirtiéndolo en una pasta aguada denominada Pulpa o Stock, la cual es bombeada a una consistencia aproximada del 5.0% a los tanques de almacenamiento                         | Conductor de Pacas, Hydrapulper, Clamp Bucket, Bell Purge, Rager, Bombas de pulpa, etc.                         | Si               | Si        | Fig # 1.4    |
| <b>Depuración de Alta densidad</b>   | Aquí se realiza la separación de contaminantes pesados con metales, piedra, etc utilizando separadores magnetos o ciclónicos   | Trampas Magnética, y Limpiadores de alta densidad   | Si               | Si        | Fig # 1.4    |
| <b>Depuración de Baja densidad</b>   | Aquí se hidrata más la pulpa con la finalidad de eliminar contaminante de baja densidad tales como plástico, polietileno, polipropileno, cintas adhesivas, arenas,ect., para el efecto se utilizan separadores ciclónicos Equipos seleccionadores de tamaño de par | Limpiadores Uniflow, Posiflow, Primarios, Secundarios y Terciarios, Cribas, Belcords, etc.                      | Si               | Si        | Fig # 1.5    |
| <b>Espesado</b>  | Luego de la depuración en baja densidad es necesario Espesar la pulpa con la finalidad de reducir el volumen de almacenamiento, para lo cual se utilizan grandes filtros rotativos como los POLIDISK o los CENTER DISK, los cuales logra vacío mediante columna    | Polidisk, Center Disk,  | No               | Si        | Fig # 1.6    |
| <b>Refinación y Mezcla de Materias Primas</b>                                      | Este es el proceso más importante en una fábrica de papel, pues mediante la Refinación de las fibras se logra conseguir las propiedades físicas que requiere cada tipo de papel, como Resistencia, elongación, còncora, Tea, etc. Parámetros que son continuame    | Refinadores DuoFlow de disco, Tanque de Almacenamiento, Agitadores y bombas de pulpa                            | No               | No        | Fig # 1.7    |
| <b>Máquina de Papel</b>  |  |   |                  |           |              |
| <b>Circuito de Aproximación a Máquina</b>  | Aquí se realiza una depuración más fina aun, garantizar la eliminación de contaminantes muy finos como arenas y/o plásticos, para lo cual se pasa el flujo de pasta por una Criba seleccionadora del tamaño de partículas o Selectifier. Y se suministra el flu    | Cribas, Bomba Fan, Limpiadores de Cabeza de Máquina, etc.   | No               | No        | Fig # 1.8    |
| <b>Cajon de Presión o Caja de Entrada</b>  | El flujo de pasta ingresa a la máquina a través del Cajon de Presión, equipo en el cual se homogeniza la pasta y se orienta las fibra en flujo laminar. Y en condiciones de caudal y presión estrictamente controladas para proporcionar la velocidad de chorro    | Cajon de Presión, compresor de anillo hidráulico, etc.  | No               | no        | Fig # 1.8    |
| <b>Fourdrinier o Mesa de Formación</b>   | El Fourdrinier recibe el chorro de pasta sobre una tela plástica la cual permite el drenado de toda el agua utilizada en el proceso de depuración, utilizando diferentes tipos de elementos que funcionan por acción hidrodinámica como los HYROFLOIS, o por m     | Hydrofoils, Vacuum Foils, Cajas Planas, Couch   | No               | No        | Fig # 1.8    |
| <b>Prensado</b>  | Para extraer más humedad del papel se requiere de Prensas de Rodillo, generalmente una máquina típica está conformada por dos prensas, una prensa con rodillo de >Succión y una prensa con corona variable. A la salida de las prensas se logra una sequedad de    | Prensas de Succión, Prensas de Corona Variable o de alto rendimiento  |                  |           | Fig # 1.8    |
| <b>Pre-secado</b>  | Para lograr mayor sequedad en el papel es necesario secar el papel mediante el uso de grandes cilindros secadores rotativos. Alimentados con vapor saturado, aquí se inicia la curva de secado del papel   | Cilindro Secadores, Sistema de suministro de vapor, y extracción de condensado, Sistema de Transmisión mecánica | No               | No        | Fig # 1.8    |
| <b>Clupado</b>   | Solo para papel extensible para sacos sementeros y/o azucareros, consiste en generar arrugas microscópicas al papel en el sentido de máquina, lo cual le da la característica de resistencia al impacto al papel.  | Unidad Clupack, y sus sistema de Transmisión  | No               | No        | Fig # 1.8    |
| <b>Post-Secado</b>   | Está formada por otra batería de cilindros secadores, con su sistema de vapor y condensado. Completa la curva de secado lograndose una sequedad del orden de 93 al 94 %  | Cilindros secadores, sistema vapor y condensado   | No               | No        | Fig # 1.8    |
| <b>Enbobinado</b>  | Es el último equipo de la máquina de papel y es donde se forma la bobina.  | Enrollador o POPE.  | No               | No        | Fig # 1.8    |
| <b>Rebobinado</b>  | En este equipo es donde se dan a la bobina las dimensiones de acuerdo con los requerimientos de los clientes.  | Rebobinadora  | No               | No        |              |
| <b>Producto terminado</b>  |  |   |                  |           |              |
| <b>Bobega de Productor terminados</b>  | Aquí se reciben las bobinas se realiza inspección de calidad y se organiza el despacho para los clientes   | Montacargas   | No               | No        |              |



**FIGURA 1.3 FLUJOGRAMA DE BLOQUES TÍPICO DE PROCESO DE FABRICACIÓN DE PAPEL FRAKT**



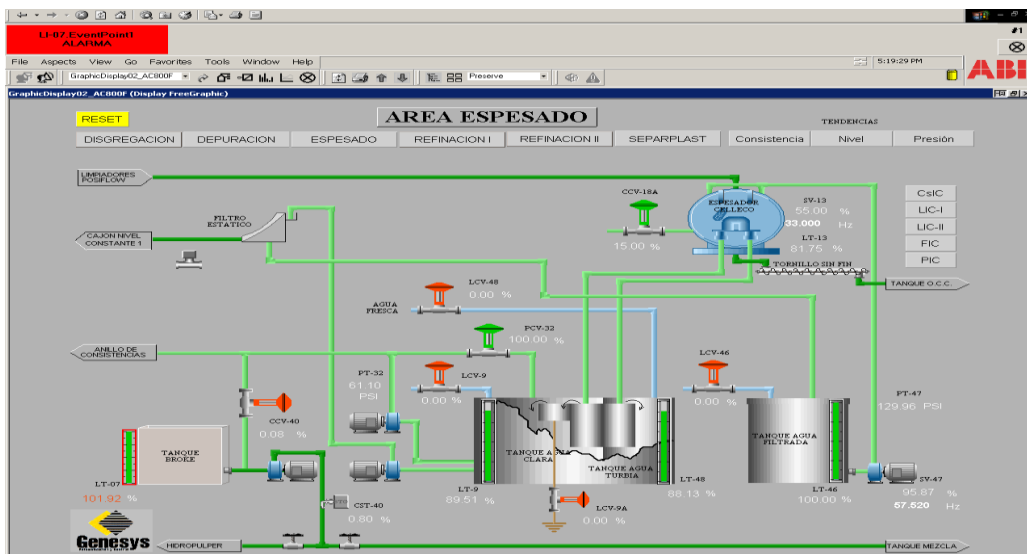


FIGURA 1.6 ESPESADO DE PULPA DE PAEL

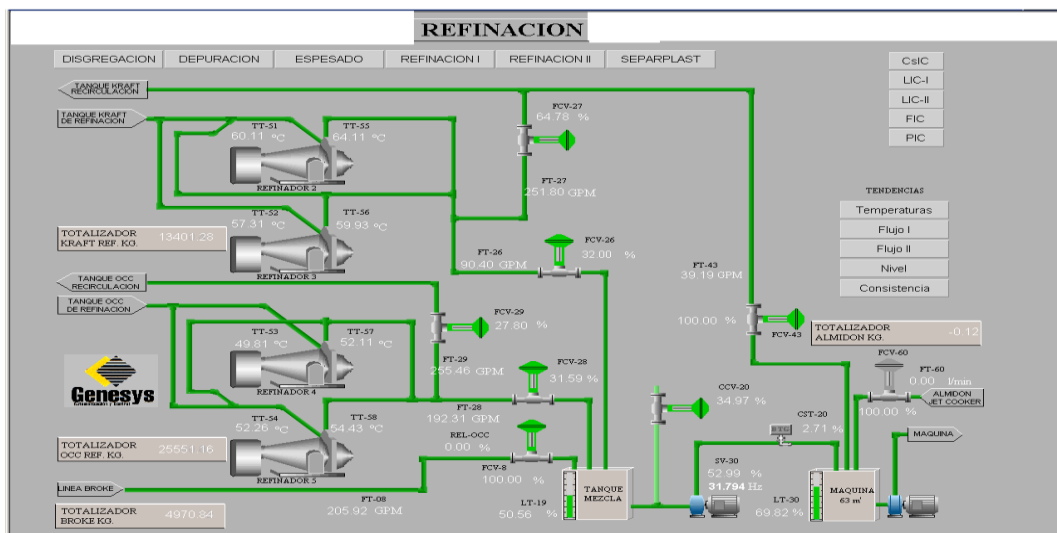
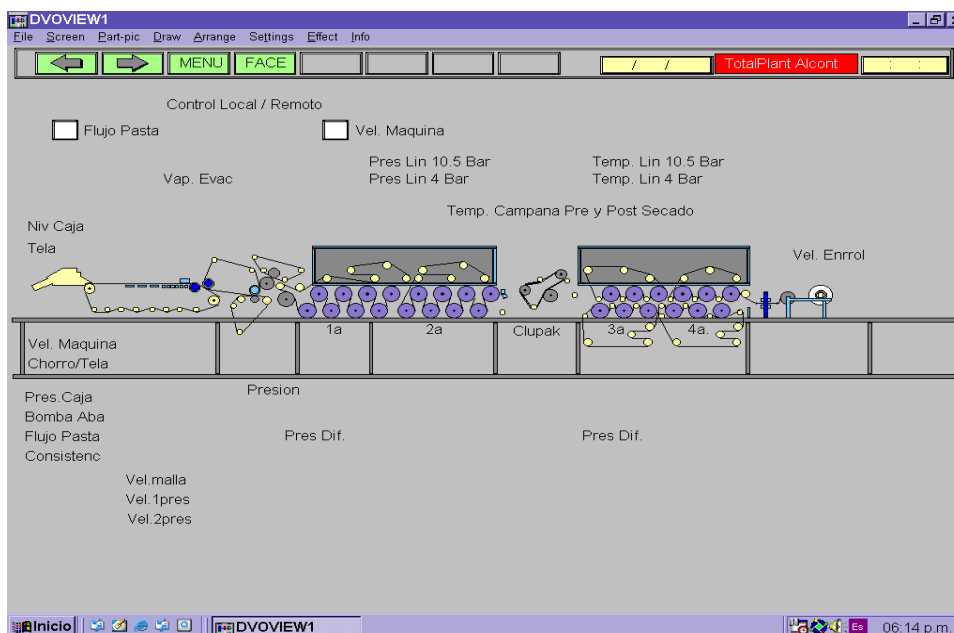


FIGURA 1.7 REFINACIÓN DE PULPA DE PAPEL



**FIGURA 1.8 ESQUEMA DE MÁQUINA DE PAPEL**

Por otra parte las fábricas de papel Kraft, están equipadas con todo un sistema de depuración que permite separar estos contaminantes de la materia prima, aprovechando la celulosa para hacer papel y eliminando los indeseables plásticos del circuito, para su posterior correcta disposición de los desechos.

Como se observa tanto en el Flujograma como en la tabla 1. Están identificados los puntos del proceso productivo donde se generan tanto los desechos sólidos como los efluentes líquidos. Y que es donde se apunta a aplicar el presente proyecto de gestión ambiental.



## 1.2. Situación Medio Ambiental de la Empresa.

Para el año 1998, la planta industrial de Papelera Nacional S.A. tenía una capacidad de producción de 75.000 TM/año, y se generaban aproximadamente, 1207 GPM de descarga en los Efluentes Industriales.

En las siguientes tablas se resume la Caracterización de los Efluentes de Papelera nacional S.A. para el año 1998. Donde podemos observar lo siguiente:

- **Flujo de efluentes de molinos de papel**, - En la Tabla 2 “Flujo de efluentes de Molinos de papel PANASA 1998, se resumen los datos de caudal y contenido de sólidos en los efluente, por el alto contenido de fibra y su contenido de Nitrógeno y Fósforo este efluente se utilizaba en el riego de los canteros de cultivo de caña de azúcar y el excedente se almacenaba en grandes lagunas de retención antes de ser descargados al cuerpo receptor (estero Saraguayo), para reducir el impacto ambiental. Se descargaban en la temporada invernal.
- La descarga es de 1207 GPM al 0.056% de Consistencia, lo que representa una carga de sólidos de 3.71 TM/día

TABLA 2

## FLUJO DE EFLUENTES DE MOLINO DE PAPEL PANASA 1998

| Tabla # 2   |          |         |         |       |
|---|----------|---------|---------|-------|
| Flujo de Efluentes de Molino de Papel PANASA 1998 |          |         |         |       |
| Propiedades                                       | Unidad   | Mol # 1 | Mol # 2 | Total |
| Perdida de Fibra                                  | BDTM/día | 0,92    | 2,79    | 3,71  |
| Consistencia                                      | %        | 0,052   | 0,058   | 0,056 |
| Caudal  | GPM      | 326     | 881     | 1207  |

- **Propiedades Físico-Químicas de los Efluentes.-**

Adicionalmente al volumen de la descarga y como consecuencia de los productos químicos utilizados en el proceso, este efluente tiene las propiedades físico-químicas detalladas en la Tabla 3 y dan un indicativo del grado de impacto sobre el cuerpo receptor.

TABLA 3

PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LOS EFLUENTE PANASA  
AÑOS 1998-1999

| Tabla # 3   |        |            |            |       |
|---|--------|------------|------------|-------|
| Propiedades Físico-Químicas de los Efluente PANASA años 1998 1999 |        |            |            |       |
| Parámetro   | Unidad | Molino # 1 | Molino # 2 | Total |
| Demanda Química de Oxígeno <b>DQO</b>                             | mg/l   | 1208       | 1244       | 1340  |
| Demanda Biológica de Oxígeno <b>DBO(s)</b>                        | mg/l   |            |            | 360   |
| Sólidos Totales <b>ST</b>   | mg/l   | 1875       | 2110       | 3151  |
| Sólidos Totales Disueltos <b>STD</b>                              | mg/l   | 1380       | 1560       | 1400  |
| Sólidos Totales Suspendidos <b>STS</b>                            | mg/l   | 495        | 550        | 600   |
| Oxígeno Disuelto <b>OD</b>  | mg/l   | 2,7        | 2,4        | 3,1   |
| Potencial de Hidrógeno <b>pH</b>                                  | -      | 6,8        | 6,9        | 7,1   |
| Temperatura <b>T</b>  | °C     | 42         | 41         | 44    |
| Conductividad <b>C</b>  | mho/cm | 987        | 1080       | 1100  |

Las mediciones de los parámetros son realizadas bajo las normas **APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION) STANDARD METHODS GD20**. Específicamente para cada parámetro se aplicó las siguientes normas:

Para Demanda Química de Oxígeno DQO (se usa la norma APHA **5210B**),

Para Sólidos Totales Disueltos STD (Se usa la norma APHA **2540C**)

Para Sólidos Totales Suspendidos STS (Se usa la Norma APHA **2540D**).

Adicionalmente se generan desechos sólidos del proceso de depuración del Molino # 2, con un total de 11,7 TM/D, y en el Molino 1 se descargan desecho por 8 TM/D.

### **1.3. La Política de Reducción del Impacto Ambiental de PANASA y Plan de Acción a Ejecutarse**

Con el advenimientos de la implementación de las normas ISO 14000, para el control del impacto ambiental a nivel mundial, a tal punto que para el futuro sería muy difícil colocar los productos en el mercado internacional, si no se posee la certificación ISO 14000 de los procesos de fabricación, la alta Dirección de la empresa establece algunas políticas y estrategias orientada a preparar a la empresa a enfrentar estos retos.

Para lo cual se establece un equipo de trabajo integrado por el Gerente de Desarrollo Industrial, el Subgerente Técnico, el Superintendente de Proyectos (autor de la presente tesis), y el Asistente de Gerencia General (para asuntos de medio ambiente). Se establecieron algunas estrategias enmarcadas dentro de los preceptos legales vigentes contemplados en la **Ley de Preservación y Control ambiental publicada en el registro oficial # 374 del 31 de mayo de 1976.**, donde se establecen las regulaciones a cerca de las descargas de los efluentes industriales.

Algunas de estas estrategias generales tomadas por el equipo de trabajo formado fueron las siguientes:

- Implementar en la planta industrial SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL (SGA).
- Implementar políticas de PRODUCCION MAS LIMPIA.
- Preparar a la planta para una futura certificación de sus procesos productivos bajo la Norma ISO 14000. mediante la implementación de un **Plan de Acción (ver Tabla 4)** para implementar un sistema de tratamiento de efluentes externos, el mismo que se describe a continuación.

**TABLA 4**  
**PLAN DE ACCIÓN DEL PROYECTO “SISTEMA DE TRATAMIENTO**  
**EXTERNO DE EFLUENTES”**

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

#### **1.4 Descripción del proyecto de gestión Ambiental.-**

Como parte del plan de acción descritos en el ítem 1.3. Política de reducción del impacto ambiental de PANASA y Plan de acción a ejecutarse. Se tomaron las acciones concretas para su implementación en el corto, mediano y largo plazo. Algunos proyectos tendientes a reducir el impacto sobre el cuerpo receptor, en nuestro caso el estero Saraguayo. Y otros proyectos orientados también a reducir la pérdida de fibra en el efluente de fábrica y/o en los rechazos sólidos. Así tenemos tratamiento Primario y Tratamiento secundario.

- A. **Tratamiento Primario** que incluyó operaciones físicas tales como filtración, mezclado, floculación, flotación. Orientados a la remoción de sólidos.
- B. **Tratamiento Secundario**. Que contempló el uso de procesos biológicos y químicos para la remoción de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos.

##### **A.- Tratamiento Primario.-**

##### **A.1. Tratamiento de Efluentes 1era etapa Recuperación de Fibras.-**

Como parte del tratamiento Primario, se implementó este sub-proyecto el mismo que se orientó a la recuperación de fibras que se

perdían tanto en los efluentes como en los desechos sólidos del proceso de depuración de la materia prima. en la sección de hidratación y desintegración

A.1.1.- Instalación de un tambor desaguador. “TROMMEL”.- consistió en el montaje del Tambor Desaguador “TROMMEL” de Nielsen and Hiebert de Suecia. Este equipo es un Filtro desaguador rotativo utilizado para recuperar fibra del rechazo liviano del lavado del “BELL PURGE” (Campana de Purga) de BELOIT. El mismo que es un depurador en línea que sirve al Hydrapulper (Desintegrador de desperdicios de cartón). Modelo TRI DYNE PULPER size 42” de GL&V.

Los rechazos pesados del lavado del Bell purge (Campana de purga) son descargados a una saranda vibratoria para filtrar los contaminantes gruesos como piedras, plásticos, maderas y otros que están contenidos normalmente en la material prima y que son rechazados por el Bell Purge. Estos rechazos son evacuados por un sistema de bandas transportadoras que además evacua otros rechazos provenientes de otros equipos depuradores como los Prensa de lodos del molino # 2, Clamp Bucket, Trenza, y el rechazo del TROMMEL.

La **figura 1.9**, presenta una foto del **TROMMEL instalado**, sobre el Hydrapulper. Manejando el rechazo liviano del Bell Purge “Campana de Purga”, la **figura 1.10**, presenta el Transportador de banda cóncava que se calculó, diseñó, construyó e instaló para mejorar en manejo de los desechos sólidos, y lo cual contribuyo a mejorar sustancialmente el aspecto físico del área de descarga de los desechos. Y también contribuyó a reducir el uso de montacargas para el desalojo de los desechos.



**FIGURA 1.9 TAMBOR DESAGUADOR “TROMMEL” DE NIELSEN & HIEBER DE SUECIA**

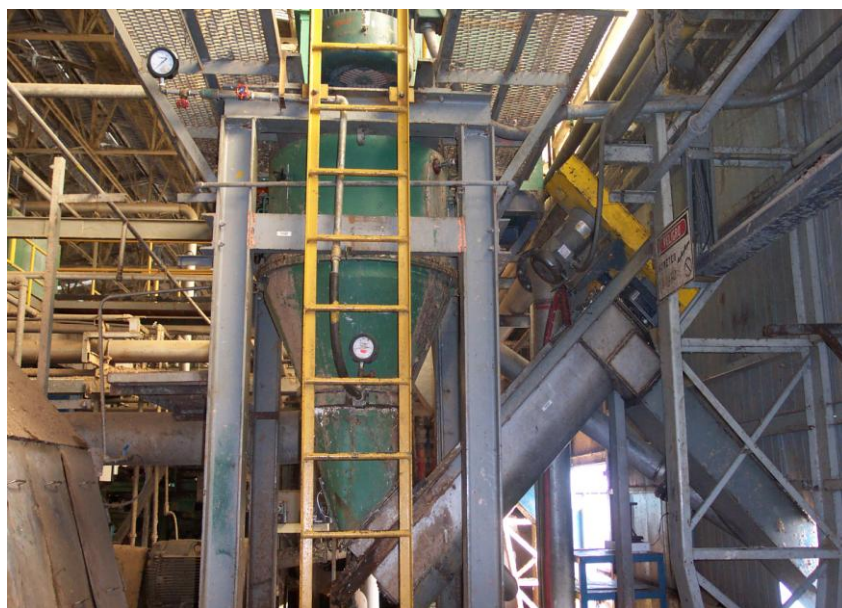




**FIGURA 1.10 RANSPORTADOR DE DESECHOS SÓLIDOS**

A.1.2.- Instalación del separador de plásticos “SEPARPLAST”.- como parte del sub – proyecto recuperación de fibras, se seleccionó y se instaló un equipo denominado **SEPARPLAST Tipo GR11** de MAULE, de procedencia Italiana. El mismo que no es otra cosa que una criba rotativa. Compuesta por una canastilla o filtro con perforaciones de 2.0 mm de diámetro, y un rotor aleteado en cual gira a 300 rpm. Provocando la separación del plástico contenido en el flujo de rechazo de las cribas primaria y secundaria, y la fibra es recuperada y reciclada al proceso de depuración de baja densidad

de este molino. Y el plástico es evacuado fuera del circuito de depuración por medio de un tornillo sin fin denominado Plast Strainer, el mismo que también ejerce un efecto de exprimido del rechazo del Separplast. Recuperando aun más fibra mediante una criba con perforaciones de 1 mm de diámetro, lo que permite rechazar los plásticos, con un bajísimo contenido de fibra. En la **Figura 1.11** se muestra el **Separplast** y el **Plast Strainer**, **instalados** y funcionando.



**FIGURA 1.11 SEPARPLAST GR II Y PLAST STRAINER DE  
MAULE - ITALIA**

A.2. Instalación del Clarificador de Efluentes de Fabrica.- esto constituyó lo más importante del tratamiento primario del plan de gestión ambiental. Y culminó con la implementación de un **proceso DAF de clarificación (“Disolved air flotation”), Flotación por Aire Disuelto**. Para lo cual se instaló un Clarificador KROFTA SPC-27, de origen suizo. Para efectuar el tratamiento primario de los efluentes de los molinos de papel.

El propósito del tratamiento primario es el de remover los sólidos suspendidos sedimentables de un efluente.

Este tratamiento consiste en un tanque circular, donde las partículas pesadas se sedimentan por gravedad en un recolector, mientras que las partículas livianas son flotadas, por burbujas de aire que son liberadas bajo presión, levantando los sólidos suspendidos para formar una capa de lodo. Luego esta capa es removida por un dispositivo recolector denominado cuchara espiral que recoge la materia flotada, vertiéndola en la sección central fija, donde se descarga por gravedad. Luego este lodo es bombeado hacia la prensa de lodos marca Phoenix, (descrita en la sección A.3) esta prensa comprime y extrae la humedad del lodo disminuyendo así su volumen y dejándolo apto para posteriormente ser utilizado como relleno sanitario. El agua clarificada en el DAF es descargada por medio de un tramo de tubería

y un tramo de canal abierto hacia las lagunas donde se realiza el tratamiento secundario.

En el capítulo 2 se presenta un análisis detallado de todo el sistema de Tratamiento Externo de Efluentes. A continuación en **figura 1.12** se presenta una foto de la **Planta de Clarificación de PANASA**. Y en la **figura # 1.13**, se muestra una vista del **Clarificador Krofta Supercel SPC-27**.



**FIGURA 1.12 VISTA GENERAL DE LA PLANTA DE CLARIFICACIÓN DE EFLUENTES PANASA**



**FIGURA 1.13.- VISTA DEL CLARIFICADOR KROFTA  
SUPERCELL SPC-27**

A3.- **Instalación de la Prensa de Lodos.**- con la finalidad de mejorar el manejo de los lodos generados en el proceso de Clarificación, se instaló en el año 2000 una **Prensa de Banda para lodos** marca **PHOENIX** Modelo: **WX-2.2E**, de las siguientes características: **Solids Loading = 17 BDSTPD**, Hydraulic Loading= 250 GPM, Feed Solids Concentration= 1.13 wt% d.s., Cake solids= de 25 a 30 d.s Solids capture= 95%.

Las **Figuras 1.14 y 1.15**, muestran la Prensa de Lodos Phoenix Vistas lado Alimentación y Vista lado de descarga respectivamente.



**FIGURA 1. 14 VISTA DE PRENSA DE LODOS (LADO DE ALIMENTACIÓN DE LODOS)**



**FIGURA 1.15 VISTA DE PRENSA DE LODOS PHOENIX (LADO  
DESCARGA DE LODOS)**

A4.- **Saca basuras para Canal de efluentes**.- debido a la alta carga de sólidos flotantes presentes en el canal de efluentes, lo cual provoca saturación de las rejillas, como parte del proceso de **mejora continua** se decidió instalar en el canal de efluentes del molino # 2, y antes de la cámara de decantación de la estación de bombeo, Un **SACA BASURA SPYRAC**, procedencia Suiza, lo cual contribuyó a reducir significativamente la limpieza de las rejillas por parte de los operadores del Clarificador. Este Saca basura no es otra cosa que una criba tipo tornillo sin-fin que permite de manera continua retener partículas mayores a 1/2", disminuyendo sustancialmente la carga de sólidos suspendidos hacia el clarificador. En la **Figura # 1.16 y 1.17** se muestra este equipo instalado y funcionando.



**FIGURA 1.16 SACA BASURAS DE CANAL DE EFLUENTES  
(LADO ALIMENTACIÓN)**



**FIGURA 1.17 SACA BASURAS DEL CANAL DE EFLUENTES  
MOL 2 (LADO RECHAZOS)**

B.- Tratamiento secundario.- el agua clarificada proveniente de la Planta de clarificación entra al tratamiento secundario, en el cual mediante el uso de procesos biológicos y químicos para la remoción de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos, y sólidos disueltos. Debido al comportamiento facultativo de las lagunas de retención. Sin embargo a futuro se proyecta mediante un



proceso de purificación biológica acelerado. Colonias de bacterias consumen la materia biodegradable reduciendo la DBO5 hasta un 80% disminuyendo la toxicidad de los efluentes. Es necesario aclarar que el tratamiento con colonias de bacterias no forma parte del presente estudio.

Para el tratamiento secundario se cuenta con dos líneas en paralelo y cada línea con dos lagunas de retención y oxidación. Cuyas características se enlistan en la **Tabla 5** Capacidad de Lagunas de Retención. Y que fueron dimensionadas de conformidad con la **Memoria Técnica del dimensionamiento de las Lagunas** que se adjunta en el **APENDICE A**.

**TABLA 5**  
**CAPACIDAD DE LAGUNAS DE RETENCION**

| Capacidad de Lagunas de Retención |             |               |               |
|-----------------------------------|-------------|---------------|---------------|
| Laguna                            | Cota maxima | area          | Capacidad Máx |
|                                   | m           | m2            | m3            |
| 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                             |             | <b>22.862</b> | <b>36.861</b> |
|                                   |             | ha            | <b>2,3</b>    |

En las siguientes fotos se presentan algunos sitios de las lagunas de retención de PANASA. Así en las **Figuras 1.18**, “**Ingreso a las lagunas de retención**” de PANASA, la **Figura 1.19**, se muestra el “**Vertedero de Ingreso**”, la **Figura 1.20**, se presenta el “**Vertedero de descarga**” al cuerpo receptor, la **Figuras 1.21**, muestra la “**Rampa de descarga al estero**” y la **Figura 1.22**, muestra la “**Apariencia del cuerpo receptor**” el estero Saraguayo en el sitio mismo de la descarga de los efluentes.



**FIGURA 1.18 INGRESO A LAS LAGUNA DE RETENCIÓN DE PANASA**



**FIGURA 1.19 VERTEDERO DE INGRESO A LAGUNA**



**FIGURA 1.20 VERTEDERO DE DESCARGA**



**FIGURA 1.21 RAMPA DE DESCARGA AL ESTERO**



**FIGURA 1.22 APARIENCIA DEL PUNTO DE DESCARGA DEL EFLUENTE.**

Es importante dejar asentado que el presente estudio, involucra los aspectos tratados, hasta las lagunas de retención y oxidación, y los sub. proyectos B2.- Cultivo de bacterias y B3.- Aireadores de lagunas. No forman parte del presente estudio. Por lo tanto solo se los menciona como parte de Plan de acción general de gestión ambiental a implementarse.

## **1.5 Análisis de Inversión del Proyecto**

En PAPELERA NACIONAL S.A., para realizar el Análisis de Inversión de un Proyecto se sigue lo descrito en la GUIA PARA ELABORACION DE PROYECTOS, que se muestra en la tabla 6.

Adicionalmente los proyectos en Papelera Nacional se clasifican en cuatro categorías dependiendo del Tipo de proyecto, como se describe en la Tabla 7.

1 **Identificación del proyecto.**- con la finalidad de establecer y cargar los costos del proyecto a las áreas respectivas donde se realizará la inversión, es necesario tener debidamente identificado y codificado cada proyecto y/o sub-proyecto. Tal como se muestra en la Tabla 8.

**TABLA 6**

**GUIA PARA ELABORACION DE PROYECTOS**

| <b>Guía para elaboración de proyectos</b> |                                 |
|---|---------------------------------|
| <b>1 Identificación del Proyecto</b>      | Poner denominación del Proyecto |
|   | Codificar el Proyecto           |
|   | Especificar Área de Aplicación  |

|   |  |   |
|---|--|---|
| 2 | <b>Objetivos del Proyecto</b>              | Elabora lista de los objetivos que se desea logra con la implementación del proyecto  |
| 3 | <b>Parámetros de control Afectados</b>     | Se establece cuales son los parámetro Tangibles e Intangibles que se afectan por la implementación del Proyecto   |
| 4 | <b>Beneficios de la Inversión</b>          | Se debe establecer los beneficios tangibles e intangibles que se quiere logran  |
| 5 | <b>Planificación del proyecto:</b>         | <p>Se elabora la Ingeniería básica de proceso, se elaboran los flujo gramas y Diseño civil, Mecánico, Eléctrico y de Instrumentación o control</p> <p>Se elaboran los listados de equipos requeridos y se solicitan cotizaciones a los proveedores nacionales y extranjeros.</p> <p>Luego se elabora la ingeniería de detalle, se elaboran planos de instalación, y se determina las obras civiles, mecánicas, eléctricas y de Instrumentación y se licitan las obras.</p> <p>Con los plazo de entrega de equipos y obras se elabora un cronograma de implementación (se determina si se requiere parar la producción para la implementación)</p> |
| 6 | <b>Determinar el Valor de La Inversión</b> | <p>Costos de Ingeniería local y/o externa</p> <p>Equipos Costo FOB y Costo C&amp;F</p> <p>Costo de Instalación Civil, Mecánica, Eléctrica e Instrumentación (Material y Mano de obra)</p> <p>Costo de asistencia Técnica externa</p>  |

|   |  |  |
|---|--|--|
| 7 | <b>Calculo del Beneficio de la Inversión</b> | Con los Parámetros cuantificables se Calculan los beneficios de la Inversión |
| 8 | <b>Retorno de la Inversión</b>               | Se Calcula el tiempo de repago de la Inversión (años)                        |
|   |  | Tasa Interna de Retorno (TIR)  |
|   |  | Valor Actual Neto (VAN)  |
| 9 | <b>Análisis y Recomendaciones</b>            | Con toda la Información la Alta Dirección Aprueba o no la Inversión.         |

**TABLA 7**  
**CLASIFICACION GENERAL DE CATEGORIAS PROYECTOS DE**  
**INVERSION**



| <b>Categoría</b> | <b>Tipo de proyecto</b>                    | <b>Criterio de evaluación</b>  |
|------------------|--|--|
| <b>1</b>         | <b>Seguridad,<br/>ambiental, necesidad</b> | No es necesario establecer provisiones sobre el plazo de recuperación de la inversión ni sobre la rentabilidad de los fondos a emplear                   |
| <b>2</b>         | <b>Calidad</b>                             | Si no se puede calcular el periodo de recuperación y la rentabilidad de los fondos empleados debe indicarse claramente que mejora es evidente y deseable |
| <b>3</b>         | <b>Mejora del beneficio</b>                | Proyectos con plazo de recuperación de la inversión, hasta 3 años y con una rentabilidad promedio sobre los fondos.                                      |
| <b>4</b>         | <b>Otros (Línea nueva de productos)</b>    | Deben analizarse los aspectos financieros  |

**TABLA 8**

## IDENTIFICACION DEL PROYECTO

|                      |                                     |   |                 |               |              |
|----------------------|-------------------------------------|---|-----------------|---------------|--------------|
| <b>1</b>             | <b>Identificación del Proyecto:</b> |   |                 |               |              |
|                      | <b>Denominación</b>                 | “tratamiento Externo de Efluentes”            |                 | <b>Código</b> | <b>Categ</b> |
|                      | <b>Área de<br/>Aplicación</b>       | 1ra. Etapa: “Trommel y<br>Separplast          | Molino # 2      | PN-98-05-001  | 1 y 3        |
|                      |                                     | 2da. Etapa: Clarificador Y<br>Prensa de Lodos | Fabrica General | PN-98-01-001  | 1            |
| Lagunas de Retención |                                     | Fabrica General                               | PN-98-01-002    | 1             |              |

2 **objetivos del proyecto.**- aquí se establece claramente que es lo que se pretende lograr con la implementación del proyecto, en nuestro caso se orienta hacia la recuperación de fibra y hacia la reducción del impacto ambiental.(ver Tabla 9).

### TABLA 9

## OBJETIVOS DEL PROYECTO

|          |                               |  |
|----------|-------------------------------|--|
| <b>2</b> | <b>Objetivos del Proyecto</b> |  |
|          | <b>A</b>                      | Reducir al mínimo el impacto ambiental de los efluentes producidos por los Molinos 1 y 2 |
|          | <b>B</b>                      | Reducir la perdida de fibra en el proceso productivo                                     |

|   |   |
|---|---|
| C | Reducir al mínimo los sólidos suspendidos en los efluentes de fábrica                                       |
| D | Reducir la demanda Química de Oxígeno (DQO) en los efluentes de fábrica                                     |
| E | Mejorar el aspecto físico de la zona de descarga de los rechazos del Pulper y del Bell Purge del Molino # 2 |
| F | Mejorar el sistema de evacuación de los plásticos.  |

**3 Parámetros afectados con la implementación del proyecto.**-Aquí describimos tanto los parámetros de control Tangible o cuantificable, como los parámetros de control intangible o no-cuantificables, los mismos que servirá, para determinar el beneficio de la inversión.

Se presentan los valores actuales (antes de realizar la inversión) y una proyección futura (que se lograrían después de realizar la inversión). Así tenemos en la **Tabla 10**, muestra los **parámetros de control cuantificables**, y la **Tabla 11**, muestra los **parámetros de control no-cuantificables**.

**4 Beneficios de la Inversión.**- Como ya se ha expresado en la primera etapa de este proyecto se pretende reducir la pérdida de fibra que se produce tanto en el proceso de lavado de los rechazos livianos del Bell Purge, como en los rechazo de la Criba Secundaria.

Por medio de un balance de masa de los dos procesos determinaremos la magnitud de la pérdida de fibra. Para esto es necesario conocer algunos conceptos y definiciones de **“Información general de la industria de pulpa y papel”**, que se adjuntan en el **APENDICE B**.

#### **TABLA 10**

### **PARAMETROS DE CONTROL A AFECTARSE CON EL PROYECTO CUANTIFICABLES**

| <b>Sub-Gerencia Técnica</b>   |  |               |                   |                  |
|---|--|---------------|-------------------|------------------|
| Proyectos y Planificación   |  | Fecha:        |                   | 3-Ago-98         |
| Proyecto:   | <u>"TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES</u> |               |                   |                  |
| Area de Aplicación  | <u>Fabrial General y Molino # 2</u>      |               |                   |                  |
| <u>Parámetros Cuantificables</u>  | <u>Unidad</u>                            | <u>Actual</u> | <u>Proyección</u> | <u>Variación</u> |
| Sólidos Totales Suspendidos (STS)   | ppm                                      | 600           | 121               | -80              |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)  | ppm                                      | 1340          | 270               | -80              |
| Demanda Bio - química de Oxígeno (DBO5)   | ppm                                      |               |                   |                  |
| Oxígeno Disuelto (OD)   | ppm                                      | 3,1           | 4,6               | 48               |
| Sólidos Flotantes en el Canal   | Kg/día                                   | 200           | 20                | -90              |
| Sólidos en las lagunas de retención   | TM/año                                   | 872           | 181               | -79              |
| Pérdida de Fibra  | TM/día                                   | 2,6           | 0,5               | -81              |
| Frecuencia de uso de montacargas y/o Cargador Frontal en desalojo de desechos sólidos | Hr/día                                   | 4             | 0,5               | -88              |

**TABLA 11**

**PARAMETROS DE CONTROL A AFECTARSE CON EL PROYECTO (NO CUANTIFICABLES)**

| PARÁMETROS DE CONTROL A AFECTARSE CON EL PROYECTO (No Cuantificables)      |                                    |         |           |           |          |
|--|------------------------------------|---------|-----------|-----------|----------|
| Sub _ Gerencia Técnica   |                                    | Fecha   |           |           | 3-Ago-98 |
| Proyectos y Planificación  |                                    |         |           |           |          |
| Proyecto:  | "TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES" |         |           |           |          |
| Area de Aplicación   | Fábrica General y Molino # 2       |         |           |           |          |
| Parámetros No - Cuantificables   | Unidad                             | Actua   | Futura    | Variación |          |
| Apariencia Física del area de descarga del Bel Purge                       | Cualitativo                        | Pésima  | Muy buena | mejor     |          |
| Presencia de plásticos en el Canal   | Cualitativo                        | Regular | Mínima    | mejor     |          |
| Manejos de los rechazos de Bel Purge, Prensa de lodos, Clamp Bucket, Rager | Cualitativo                        | Mala    | Muy Buena | mejor     |          |

Tomando en cuenta estas definiciones se procede a calcular los respectivos balances de masa en el flujo-grama de proceso que se presentan en:

- **La Figura 1.23 Sistema de Tratamiento Externo de Efluentes 1era etapa Recuperación de Fibras "TROMMEL Y SEPARPLAST" (Condición existente).**- Aquí se observa claramente donde se origina la mayor cantidad de rechazos es el los rechazos livianos y pesados del Bell

Purge, y por medio de análisis de laboratorio se determina el contenido de fibra en los rechazos, y con el balance de masa de se determina un rechazo de 2,3 TM/día, en las descargas del Bel Purge, y 6,6 TM/día en los rechazos de la Prensa de Lodos del Molino # 2. Se observa también que el desalojo de los desechos sólidos se lo realizaba mediante recolección en canastilla colectoras que eran movilizadas mediante montacargas hasta un patio de desechos y luego en volquetas hacia en botadero San Antonio. Se desaloja alrededor de 10,1 TM/día (21,8 m<sup>3</sup>/día) de desechos sólidos.

- **La Figura 1.24, Sistema de tratamiento de efluentes 1era etapa, Recuperación de fibra “TROMMEL Y SEPAR PLAST” (condición futura).**- Aquí se observa la inclusión del TROMMEL y el Conductor de Desechos sólidos en flujo grama. Se observa en el flujo grama balanceado una reducción significativa de los volúmenes de rechazo. Así tenemos que el Bell Purge descarga 0,9 TM/día y la prensa de lodos 2,43 TM/día. En el **plano # 1**, se puede observar el “Tambor desaguador TROMMEL” de Nielsen & Hibert, el **plano # 2**, muestra la “recomendación de instalación del SEPARPLAST GR II” de MAULE. Y en el **plano # 3** se muestra plano de “Componentes del SEPARPLAST GR II”.
- La reducción del volumen de rechazos de la prensa de lodos se debe básicamente a la inclusión en el proceso de depuración de baja densidad un equipo de depuración secundario denominado SEPARPLAST. Las **figura**

**1.25** y la **figura 1.26** que representa el balance de masa del **Separ plast** (Condición Existente y futura), se puede notar que se logra una disminución de la descarga de la Criba secundaria hacia la Prensa de lodos en 4,04 TM/día lográndose un retención de 3,7 TM/día de fibra recuperable, logrando eliminar 0,33 TM/día del proceso contaminantes indeseables como el plástico.

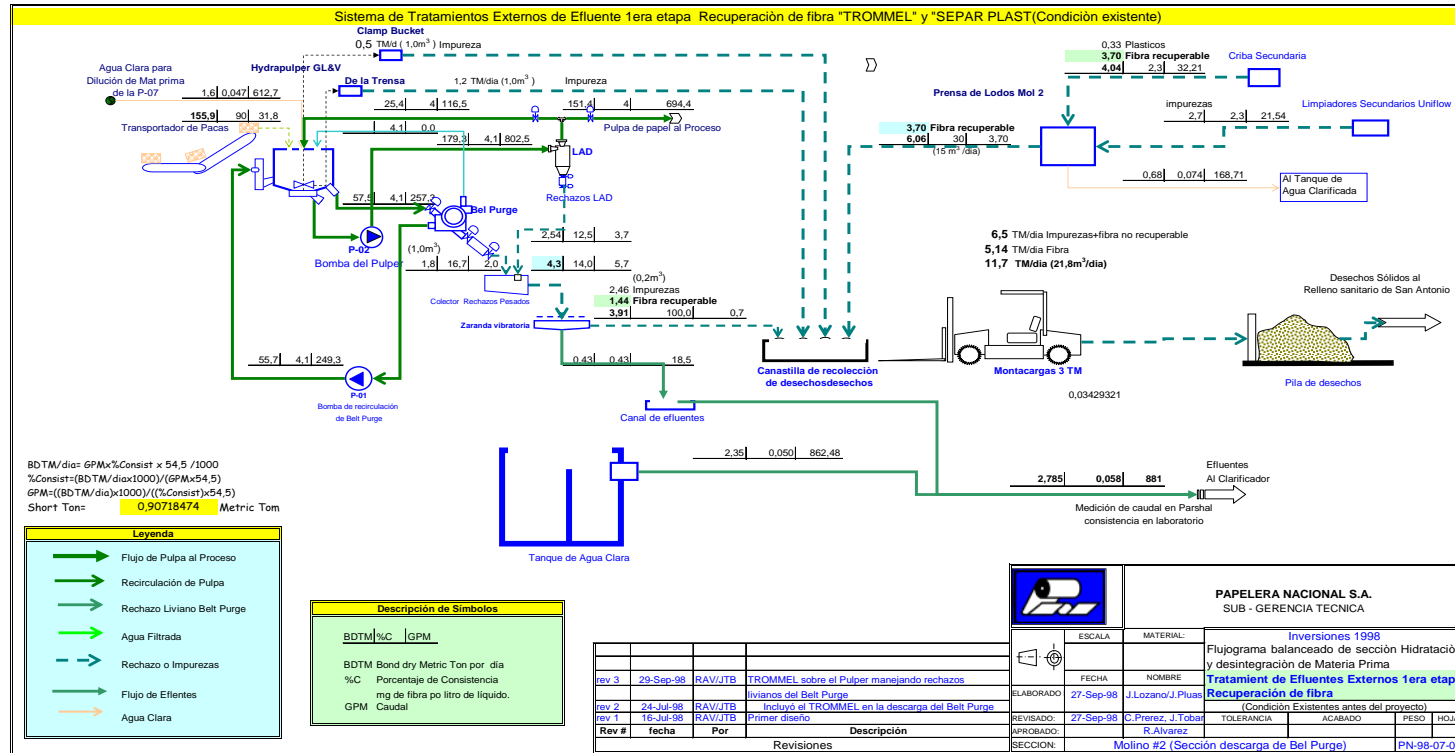
Por diferencia en los balances de masa antes y la proyección después de la implementación del Proyecto, aplicando el porcentaje de fibra recuperable, obtenemos que por la implementación del TROMMEL se proyecta una recuperación de fibra de **1,44 TM/día**, y por la implementación del Separ Plast se proyecta una recuperación de fibra de **3,7 TM/día**.

5. **Planificación del Proyecto.**- Luego de tener claros los objetivo y haber definido los parámetros de control que se afectarían con la implementación del proyecto. Se procede a elaborar la Ingeniería Básica que consta en los flujogramas ya analizados correspondientes a la 1era. etapa o recuperación de fibra.

Como parte del tratamiento primario tenemos también la implementación del proceso DAF (Clarificación por aire disuelto). Cuyos diagramas de bloque y de detalle se analizan pormenorizadamente en el ítem 1 del capítulo 2. y se muestran en la Figura 1.27 y 1.28.

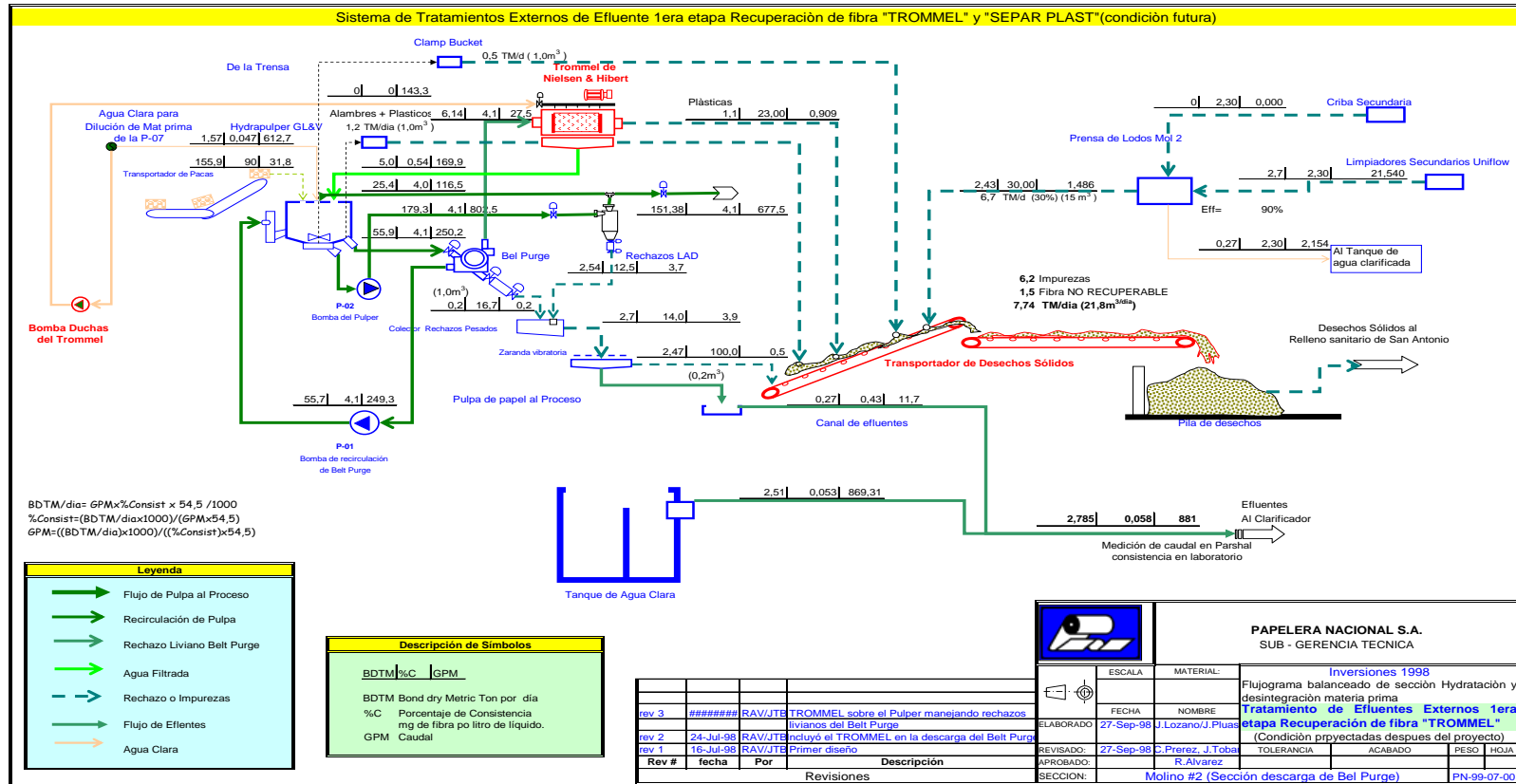


Luego elaboramos un “**LISTADO GENERAL DE EQUIPOS DE PROCESO**” (existentes y nuevos) en el apéndice o **APENDICE C**, se muestra este listado para todas las etapas del proyecto. Con este listado se procede a conseguir las respectivas cotizaciones para cada uno de los equipos, a proveedores nacionales y/o extranjeros, resumen de las cuales se adjuntan en el **APENDICE D: “CUADRO DE COTIZACIONES DE LOS EQUIPOS”**. Con los plazos de entrega de los proveedores de los equipos se elaboran los “**Cronogramas de Implementación de cada sub-proyecto**”. Que se adjuntan en los **APENDICE L**.

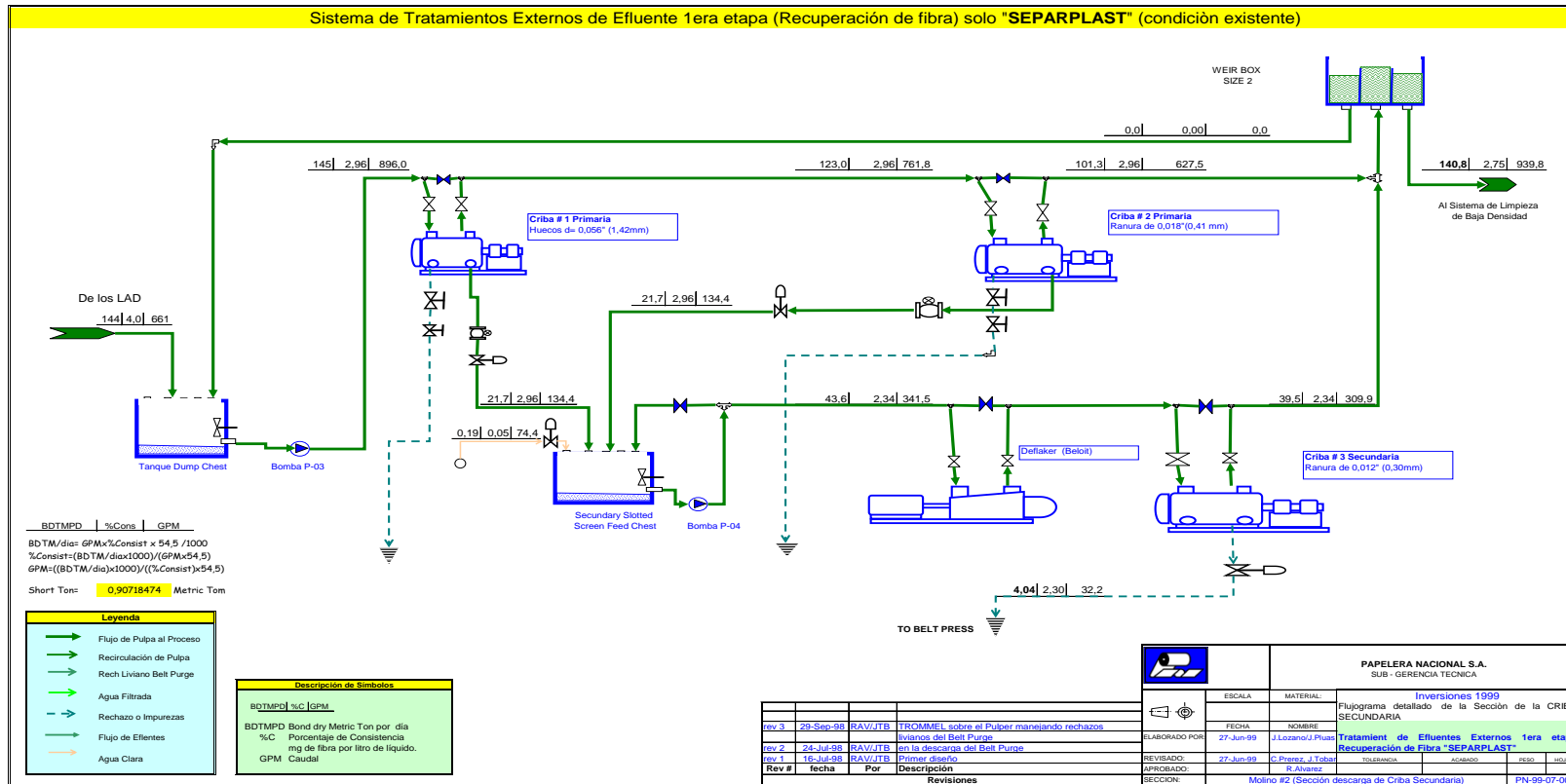


**FIGURA 1.23 SISTEMA DE TRATAMIENTOS EXTERNOS DE EFLUENTES 1ERA ETAPA.**

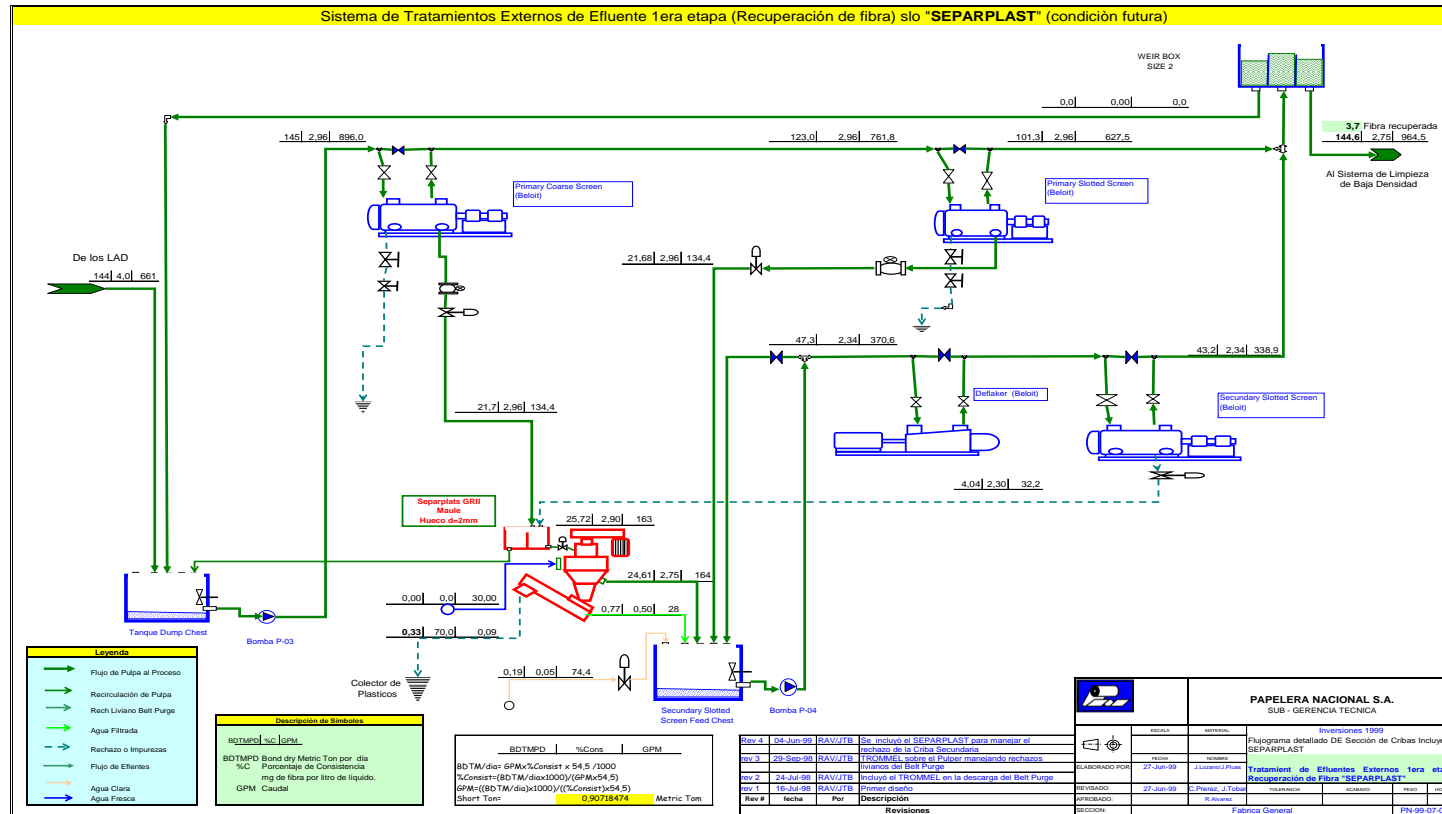
**RECUPERACIÓN DE FIBRA TROMMEL Y SERPAR PLAST (CONDICION EXISTENTE)**



**FIGURA 1.24 SISTEMA DE TRATAMIENTOS EXTERNOS DE EFLUENTE 1ERA ETAPA. RECUPERACION DE FIBRA TROMMEL Y SEPAR PLAST (CONDICION FUTURA)**



**FIGURA 1.25 SISTEMA DE TRATAMIENTOS EXTERNOS DE EFLUENTE 1ERA ETAPA (RECUPERACION DE FIBRA) SOLO SEPARPLAST CONDICION EXISTENTE.**



**FIGURA 1.26 SISTEMA DE TRATAMIENTO EXTERNOS DE EFLUENTES 1ERA ETAPA  
(RECUPERACION FIBRA) SOLO SEPARPLAST CONDICION FUTURA.**

## **6 VALOR DE LA INVERSIÓN**

Realizada la ingeniería de detalle y elaborado los planos de construcción e instalación los mismos que se detallan en el ítem 8 del capítulo 2, con esto se elabora el Presupuesto de Inversión estimado de la inversión a realizar para cada etapa del proyecto: cuyos **“Presupuestos individuales”** se adjuntan en los **APENDICE E “Presupuesto 1era Etapa “Recuperación de Fibras”, 2da Etapa “Presupuesto Clarificador Krofta”;** **“Presupuesto “Prensa de Lodos”, “Presupuesto Descarga de Efluentes”.**

Con los cuales elaboramos el Presupuesto Global, de esta proyección, Así tenemos los siguientes valores de inversión total, de lo cual resaltamos que se presupuesta **USD 1’040,090.**

Debemos indicar que estos valores son los presupuestos aprobados de los cuatro sub.-proyectos listados en la Tabla 12, en los planes de inversión anuales desde el año 1998 hasta el año 2001, tal como se muestra en el cronograma de implementación que se adjunta en el **APENDICE M: CRONOGRAMAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.**

**TABLA 12**

### **PRESUPUESTO DE INVERSION**

| Proyecto: "SISTEMA DE TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES" |   |                  |      |
|---|---|------------------|------|
|   | DESCRIPCIÓN   | PRESUPUESTO      | REAL |
|   |   | USD              | USD  |
| 1   | <b>1era ETAPA: "RECUPERACIÓN DE FIBRAS" TROMMEL Y SEPARPLAST (ver ANEXO E1)</b>         |                  |      |
|   | Total Equipos FOB   | 168.120          |      |
|   | Internación, flete, Seguros e Impuestos   | 42.030           |      |
|   | Instalación   | 63.205           |      |
|   | <b>Total 1era Etapa "RECUPERACIÓN DE FIBRA TROMMEL Y SEPARPLAST"</b>                    | <b>273.355</b>   |      |
| 2   | <b>2da ETAPA: "TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES (CLARIFICADOR KROFTA) Vers ANEXO E2</b> |                  |      |
|   | Total Equipos FOB   | 279.830          |      |
|   | Internación, flete, Seguros e Impuestos   | 69.958           |      |
|   | Instalación   | 121.290          |      |
|   | <b>TOTAL 2da ETAPA: "TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES (CLARIFICADOR KROFTA)"</b>        | <b>471.078</b>   |      |
| 3   | <b>2da ETAPA: "PRENSA DE LODOS PHOENIX</b>  |                  |      |
|   | Total Equipos FOB   | 114.705          |      |
|   | Internación, flete, Seguros e Impuestos   | 28.676           |      |
|   | Instalación   | 36.521           |      |
|   | <b>TOTAL 2da ETAPA PRENSA DE LODOS PHONEX</b>   | <b>179.902</b>   |      |
| 4   | <b>3era ETAPA: DESCARGA DE EFLUENTES MOLINOS</b>  |                  |      |
|   | TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE AGUA CLARIFICADA   | 62.073           |      |
|   | LAGUNA DE RETENCIÓN   | 35.685           |      |
|   | CANAL ABIERTO   | 17.996           |      |
|   | <b>TOTAL DESCARGA DE EFLUENTES</b>  | <b>115.755</b>   |      |
|   | <b>TOTAL PROYECTO</b>   | <b>1.040.090</b> |      |

Para cada etapa del proyecto, los APENDICE M "Cronograma 1rea Etapa: "Recuperación de Fibras", "Cronograma Clarificador Krofta",

“cronograma Prensa de Lodos”, y “Cronograma General Tratamiento de Efluentes”.

#### 7 **CALCULO DE LOS BENEFICIOS DE LA INVERSIÓN.-**

habiendo determinado los beneficios tangibles e intangibles de la inversión, procedemos a hacer un cálculo cuantitativo de los mismos, con lo que obtenemos un beneficio anual de la inversión. Total de USD 274.329, (ver Tabla 13).

8 **RETORNO DE INVERSIÓN.-** de acuerdo con la Categorización de los proyectos solamente se debe calcular el retorno de la inversión a los proyectos de **categoría 3**, para el proyecto Recuperación de Fibras TROMMEL (ver la **Tabla 14**) para el SEPARPLAST. (ver la **Tabla 15**).

Los proyecto clasificados con **categoría 1**, como los proyectos de disminución del impacto ambiental, como el CLARIFICADOR, PRENSA DE LODOS Y LAGUNAS DE RETENCIÓN, no es necesario calcular el retorno de la inversión.

#### **TABLA 13**



## BENEFICIOS TANGIBLES DE LA INVERSION

### RECUPERACION DE FIBRAS

| 4                             | <b>Beneficios Tangibles de la Inversión</b>              |               |                   |
|-------------------------------|--|---------------|-------------------|
| <b>Recuperación de fibras</b> |  |               |                   |
| 4.1                           | <b>Recuperación de fibra en el TROMMEL</b>               | <b>Unidad</b> | <b>Valor</b>      |
|                               | Pérdida de fibra actual en rechazos de Bell Purge        | TM/día        | 2,3               |
|                               | Pérdida de fibra futura (con TROMMEL)                    | TM/día        | 0,9               |
|                               | <b>Disminución de la pérdida de fibra con TROMMEL</b>    | TM/día        | <b>1,4</b>        |
|                               | Costo de la fibra procesada                              | USD/TM        | 163               |
|                               | Días de producción anual                                 | USD/TM        | 330               |
|                               | <b>Beneficio total por el TROMMEL</b>                    | USD/año       | <b>75.306,00</b>  |
| 4.2                           | <b>Recuperación de fibra en el SEPARPLAST</b>            | <b>Unidad</b> | <b>Valor</b>      |
|                               | Pérdida de fibra actual en rechazo de Criba Secundaria   | TM/día        | 3,7               |
|                               | Pérdida de fibra futura (con SEPARPLAST)                 | TM/día        | 0                 |
|                               | <b>Disminución de la pérdida de fibra con Separplast</b> | TM/día        | <b>3,7</b>        |
|                               | Costo de la fibra procesada                              | USD/TM        | 163               |
|                               | Días de producción anual                                 | USD/TM        | 330               |
|                               | <b>Beneficio total por el SEPAR-PLAST</b>                | USD/año       | <b>199.023,00</b> |
|                               | <b>Beneficio Total por Recuperación de fibras</b>        | USD/año       | <b>274.329,00</b> |

TABLA 14

## RETORNO DE LA INVERSION (TROMMEL)

| Tabla 14  |              |             |       |       |
|---|--------------|-------------|-------|-------|
| RETORNO DE LA INVERSIÓN (Trommel)                     |              |             |       |       |
| Proyecto: RECUPERACIÓN DE FIBRAS TROMMEL (proyección) |              |             |       |       |
| Valor de la Inversión                                 | USD          | 127.923,00  |       |       |
| Beneficio de la Inversión                             | USD/año      | 75.306,00   |       |       |
| <b>Tiempo de repago de la Inversión</b>               | <b>Años</b>  | <b>1,70</b> |       |       |
|   | Año 0        | Año 1       | Año 2 | Año 3 |
| <b>Flujos de capitales</b>                            | -127.923,00  | 75306       | 75306 | 75306 |
| <b>Tasa referencial</b>                               | 14%          |             |       |       |
| <b>TIR</b>  | 35%          |             |       |       |
| <b>VAN</b>  | \$ 99.092,14 |             |       |       |

**Flujo de efectivo Proy: TROMMEL**

| Año | Costo-beneficio (USD) |
|-----|-----------------------|
| 1   | -127.923,00           |
| 2   | 75.306,00             |
| 3   | 75.306,00             |
| 4   | 75.306,00             |

TABLA 15

## RETORNO DE LA INVERSIÓN (SEPARPLAST)

| Tabla 15  |                     |             |       |       |
|---|---------------------|-------------|-------|-------|
| RETORNO DE LA INVERSIÓN (Separplast)                      |                     |             |       |       |
| Proyecto: RECUPERACIÓN DE FIBRAS SEPARAPLAST (proyección) |                     |             |       |       |
| Valor de la Inversión                                     | USD                 | 148.853,00  |       |       |
| Beneficio de la Inversión                                 | USD/año             | 199.023,00  |       |       |
| <b>Tiempo de repago de la Inversión</b>                   | <b>Años</b>         | <b>0,75</b> |       |       |
|   | Año 0               | Año 1       | Año 2 | Año 3 |
| <b>Flujos de capitales</b>                                | -148.853,00         | 75306       | 75306 | 75306 |
| <b>Tasa referencial</b>                                   | 14%                 |             |       |       |
| <b>TIR</b>  | <b>24%</b>          |             |       |       |
| <b>VAN</b>  | <b>\$ 86.699,90</b> |             |       |       |

**Flujo de efectivo Proy: Separplast**

| Año | Flujo de efectivo (USD) |
|-----|-------------------------|
| 1   | -148.853,00             |
| 2   | 75.306,00               |
| 3   | 75.306,00               |
| 4   | 75.306,00               |

## 9 ANÁLISIS Y RECOMENDACIONES.- Con la planificación

realizada y las proyecciones de presupuesto y beneficios de la inversión se

recomienda a realizar las inversiones por etapas tal como esta desarrollado en la presente tesis. En el siguiente orden:

- 1 1era ETAPA: “Recuperación de fibra TROMMEL. y SEPARPLAST”
- 2 2da. ETAPA: “Tratamiento de Efluentes “CLARIFICADOR KROFTA”
- 3 2da. ETAPA: “PRENSA DE LODOS DEL CLARIFICADOR “
- 4 3era. ETAPA: “LAGUNAS DE RETENCIÓN”
- 5 3era. ETAPA: “Sistema de conducción de los efluentes (tubería + canal abierto)”

## CAPITULO 2

### 2. DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES.

#### 2.1 Flujogramas del proceso y balances del sistema

Este proyecto se la realiza en varias etapas que se pueden notar claramente como fue descrito en capitulo # 1, la primera etapa tiene que ver con la disminución de la perdida de fibra originada en diferentes secciones del proceso productivo. Y la segunda etapa con el tratamiento del efluente que se descarga hacia el cuerpo receptor. En cada etapa fue necesario realizar los balances de masa antes y después de la implementación.

En el ítem 5 del capítulo # 1, se analizó los flujo gramas balanceados de la sección Hidratación y desintegración de materia prima antes y después de la implementación del proyecto, lográndose determinar la magnitud de la pérdida de fibra en el proceso productivo.

Ahora analizaremos exclusivamente lo concerniente al manejo de los efluentes antes de ser descargados al cuerpo receptor el estero Saraguayo, es decir el Sistema de Clarificación por aire disuelto

DAF, partiremos primero una ingeniería muy básica representada en el **“Flujograma de bloques”** que se muestra en la **Figura 2.1**.

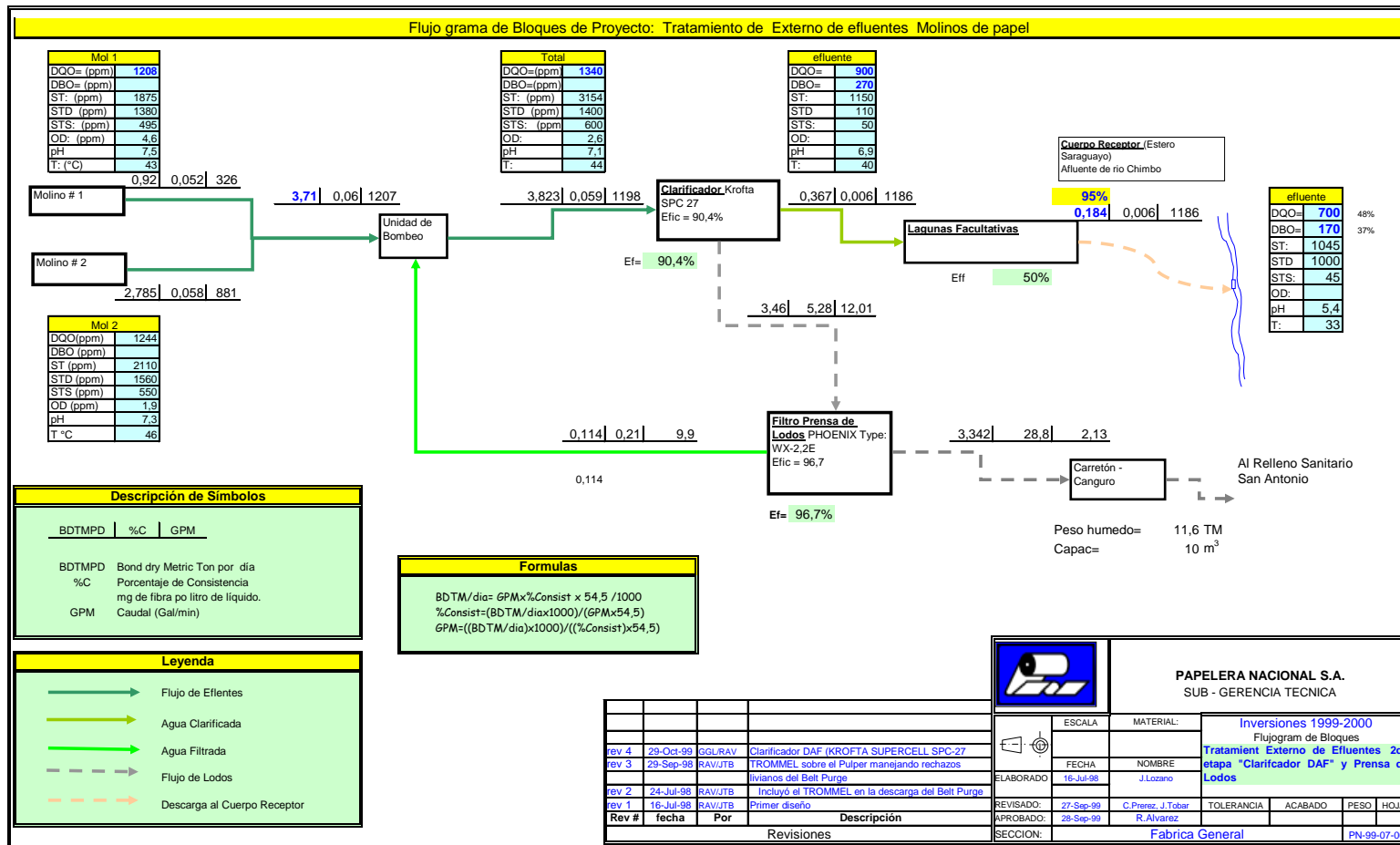
Antes de entrar en los balances de masa de estos sistemas es necesario conocer algunas definiciones relacionadas con la tecnología de la industria la pulpa y papel. Definiciones tales como: pulpa, consistencia, stock, Ovend dry, air Tons per day, etc. Las mismas que se describen en el **APENDICE B** y que están descritas en el Manual de Normas **TAPPI (Asociación técnica de ingenieros, operadores, científicos, tecnólogos y ejecutivos que sirven a la pulpa, papel, empaque, conversión e industrias relacionadas)** , así como también en el la INFORMACIÓN GENERAL DE LA INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL **CAMERON HYDRAULIC DATA** En la **Tabla 16, “Balance de masa del Sistema Clarificador-Prensa de Lodos-Lagunas”** se presenta el cálculo básico del balance de todo el circuito de Tratamiento de Efluentes desde la alimentación de efluentes provenientes de los Molinos # 1 y # 2, pasando por el Clarificador DAF, Prensa de Lodos, Lagunas de Retención y descarga al Estero Saraguayo.

**TABLA 16**

**BALANCE DE MASA DEL SISTEMA CLARIFICADOR – PRENSA DE  
Lodos-LAGUNAS DE RETENCIÓN**

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

Este cálculo es la base para elaborar el flujo grama de bloque del proceso.



**FIGURA 2.1 FLUJOGRAMA DE BLOQUES DE PROYECTO: TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES MOLINOS DE PAPEL**



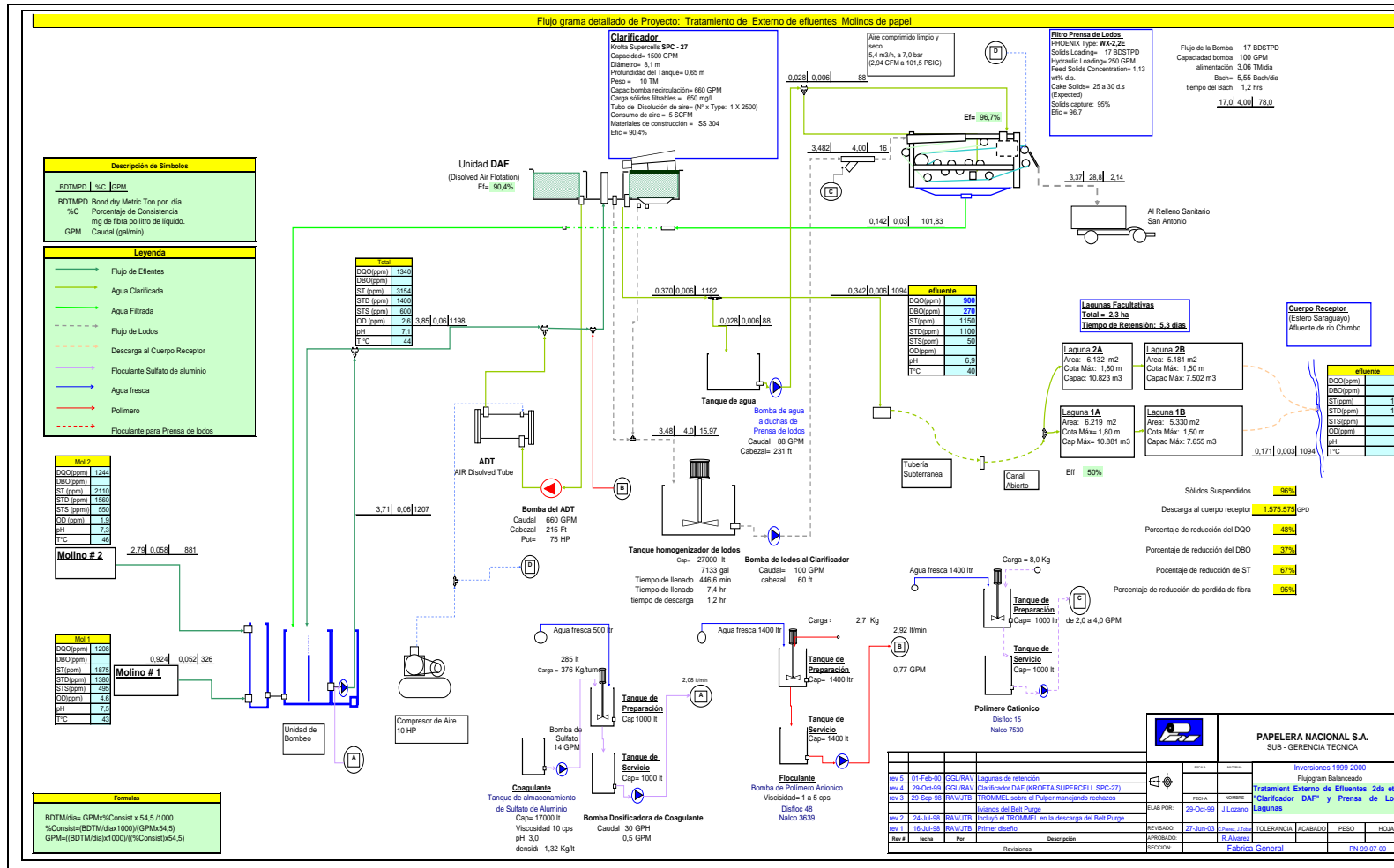
Aquí observamos que el clarificador DAF debe manejar una carga de sólido suspendidos de 3.7 TM/día, que a la consistencia de 0,06% representa un flujo de 1207 GPM, esta alimentación tiene una carga de Demanda química de oxígeno de 1340 mg/l, proceso de clarificación debe ser capaz de lograr una retención de sólidos de alrededor del 90%, con lo que tendríamos una descarga hacia el cuerpo receptor de 0,367 TM/día de sólidos suspendidos a una consistencia de 0,006 %, esta descarga tendrá una DQO de 900 mg/l. que se enviará a las lagunas de retención para el correspondiente tratamiento secundario. El **plano # 4**, muestra el Flow Sheet original que Krofta recomienda para la correcta instalación del Supercell SPC-27.

Observamos también que los sólidos retenidos en el DAF, deben ser exprimidos mediante una prensa de lodos de banda, la misma que debe ser seleccionada para 3,5 TM/día (base seca), al 5,28 % de consistencia. Se desea logra una consistencia de alrededor del 28 al 30 % de consistencia, con la finalidad de facilitar al manejo y posterior desalojo de estos lodos hacia el relleno sanitario. Así vemos que se espera tener un rechazo de alrededor de 11, 8 TM/día (base húmeda), ósea 10,0 m<sup>3</sup>/día, que serán evacuados por medio de carretones.

Este balance básico nos permite también establecer la capacidad requerida para la bomba de alimentación al clarificador. Esto es que en régimen de flujo estable la bomba debe ser capaz de manejar 1207 GPM. Sin embargo la dimensionaremos para 1500 GPM, para cubrir sobre flujos que pueden presentares en el proceso productivo, los cuales se presentan durante los lavados del circuito. Una vez seleccionados los equipos principales tales como el clarificador DAF, la Prensa de Lodos y la Bomba de alimentación al Clarificador, procedemos a elaborar un **“Flujograma balanceado y detallando del Sistema”** el mismo que se muestra en la **Figura 2.2** todos los demás elementos del proceso, tales como:

1. La bomba de recirculación del ADT (Air dissolved tube),
2. Tanque de homogenización de lodos
3. Bomba de lodos hacia la prensa de lodos.
4. Bomba de agua a Duchas de la Prensa de Lodos
5. Sistema de Dosificación de Coagulante
6. Sistema de Dosificación de Floculante Aniónico
7. Sistema de Dosificación de Floculante Cationico
8. Tubería de descarga de efluentes hacia las lagunas de retención.
9. Canal abierto de descarga del efluente hacia las lagunas.

Cada una de estos se analizarán individualmente más adelante.



**FIGURA 2.2 TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES MOLINOS DE PAPEL**

## 2.2. Selección del clarificador

Con los datos obtenidos del balance de masa y del flujo grama de bloques obtenemos que se necesita un clarificador capaz de remover un carga de sólidos suspendidos de 3,7 TM/día (base seca), que a una consistencia de 0,06 representa 1207 GPM de caudal. Y además una carga de 1340 ppm de Demanda Química de Oxígeno (DQO). Y se desea logra una eficiencia de retención del 90% en sólidos suspendidos. Con esto se consiguen cotizaciones a los proveedores internacionales, para el suministro de un Proceso DAF de Clarificación por aire disuelto. y ofertaron las firmas BELOIT de Estados Unidos y KOFTA KWY de Suecia, cuyas características se comparan a continuación en la **Tabla # 17 “Comparativo de Proceso DAF (Disolved air flotation)”**.

A pesar de su precio mayor se decidió por el Krofta debido básicamente a lo siguiente: menor plazo de entrega, lo que afectaría al cumplimiento con el plazo del proyecto, mejor sistema de micronización de aire, mejor sistema de remoción de los lodos flotados, menor cantidad de equipos auxiliares requeridos para su instalación, mantenimiento mas simple y por lo tanto económico, el peso de las referencia de papeleros nacionales y extranjeros. Y la recomendación del Asesor papelerero de PANASA.

TABLA 17

## COMPARATIVO DE PROCESO DAF (DISOLVED AIR FLOTATION)

| <b>Comparativo de Proceso DAF (Disolved air flotation)</b> |     |                          |                                     |
|--|-----|--------------------------|-------------------------------------|
| Proveedor  |     | BELOIT                   | KROFTA KWY                          |
| Proceso  |     | DAF                      | DAF                                 |
| Oferta   |     | BR-B 871                 | (PE)-KSA-4220/98                    |
| Modelo / Tipo  |     | POSEIDON BDAF-1500       | SUPERCELL SPC-<br>27                |
| Capacidad  | GPM | 1500                     | 1500                                |
| Eficiencia de Retención                                    | %   | 90                       | 90,4                                |
| Micronización de aire                                      |     |                          | ADT<br>(N <sup>a</sup> xtype=1x2500 |
| Sistema de remoción de lodos flotados                      |     | Transportador de paletas | Cucharón espiral                    |
| Precio   | USD | <b>160.700</b>           | <b>219.830,00</b>                   |
| Tiempo de entrega  | sem | <b>28</b>                | <b>18</b>                           |
| Requerimiento de equipos                                   |     | 4                        | 2                                   |

|                          |  |                    |                  |
|--------------------------|--|--------------------|------------------|
| auxiliares               |  |                    |                  |
| Mantenimiento            |  | Complejo           | Simple           |
| Referencias de Papeleros |  | Regular aceptación | 100% recomendado |
| Recomendación del Asesor |  | NO                 | <b>SI</b>        |

A continuación se resumen las características más importantes del Clarificador SUPERCELL SPC-27 de KROFTA. (Ver **Tabla # 18, “Datos Técnicos del Clarificador Krofta”**).

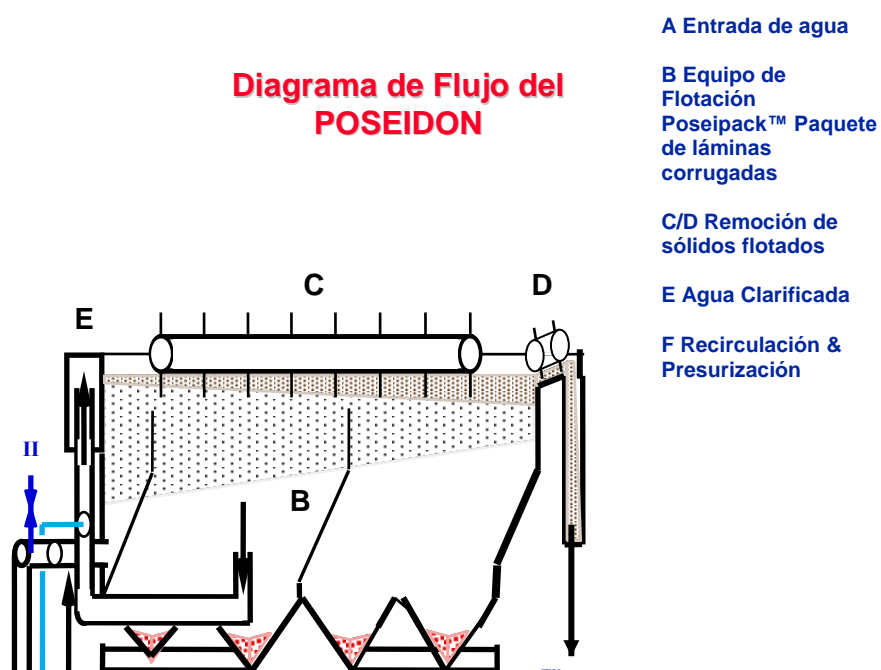
**TABLA 18**

**DATOS TÉCNICOS DEL CLARIFICADOR KROFTA**

| <b>Datos Técnicos Del Clarificador Krofta</b> |                  |      |
|---|------------------|------|
| Equipo  | Clarificador     |      |
| Marca   | KROFTA           |      |
| Modelo / Tipo                                 | SUPER CEL SPC-27 |      |
| Capacidad                                     | 1500             | GPM  |
| Diámetro                                      | 8,1              | m    |
| Profundidad                                   | 0,65             | m    |
| Carga de sólidos filtrables                   | 650              | mg/l |
| Peso  | 10,0             | TM   |

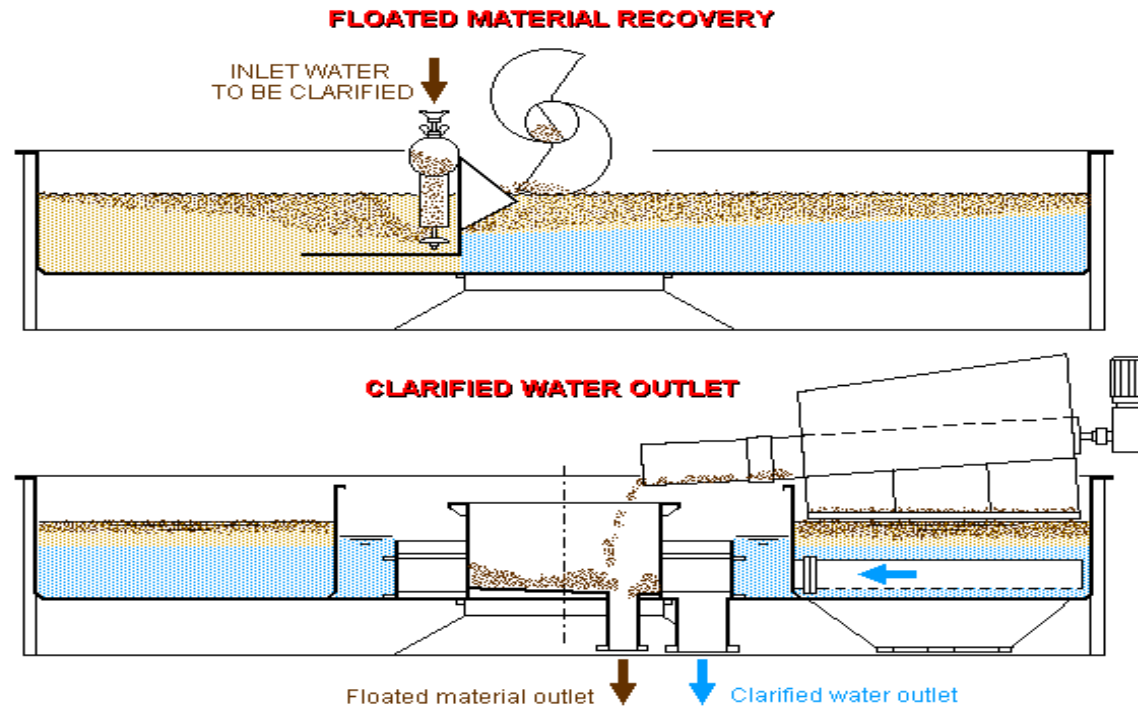
|                               |                     |      |
|-------------------------------|---------------------|------|
| Capacidad Bomba Recirculación | 660                 | GPM  |
| Tubo disolución de aire       | ADT N° tipo: 1x2500 |      |
| Consumo de aire               | 5,0                 | SCFM |
| Materiales de construcción    | SS-304              |      |
| Eficiencia                    | 90,4                | %    |

Las **Figura 2.3** y la **Figura 2.4** muestra diagramas esquemáticos del **Clarificador BDAF-1500 de BELOIT**, y del **Clarificador SUPERCELL SPC-27 de KROFTA** respectivamente. Además se incluyen los planos del equipo que se muestran en el **plano # 5**: Krofta Supercell type SPC-27 Assembly), y el **plano # 6**, Supercell – Spare Parts Assembly. Que muestran el Ensamblaje del equipo y su respectiva Lista de partes y piezas.





**FIGURA 2.3 CLARIFICADOR BDAF-1500 TIPO POSEIDON DE  
BELOIT**



**FIGURA 2.4 CLARIFICADOR DAF DE KORFTA MODELO SUPERCEL SPC-27**

### 2.3. Selección del sistema de tratamiento de lodos.

Del balance de masa visto en la Tabla # 16, y del flujo grama de bloques, se determina la capacidad del sistema de tratamiento de lodos generados en el Clarificador. Se analizaron dos sistemas los cuales detallamos a continuación:

1. **Secado biosolar de lodos** (ver **plano # 7** Sistema de Lecho de secado Bio-solar)
2. **Prensa de lodos de banda Phoenix** (ver El **Plano # 8**. Belt Press Internal Process Sections, se describen los procesos internos que ocurren en la Prensa de lodos de banda Phoenix).
3. Y en el **Plano # 9** Left Side View y el **Plano 10** Spare Parts Belt Press.

Las ventajas y desventajas de cada sistema se ilustran en la **Tabla # 19** “**Selección del Sistema de Tratamiento de lodos**”. Por lo expuesto en la tabla # 19, fueron determinantes en la toma de decisión del sistema de tratamiento de los lodos del Clarificador, los siguientes aspectos:

TABLA 19

## SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODOS

| <b>Selección del Sistema de Tratamiento de Lodos</b> |        |                            |                            |
|--|--------|----------------------------|----------------------------|
|  |        | <b>PRENSA<br/>DE LODOS</b> | <b>SECADO<br/>BIOSOLAR</b> |
| Equipo principal                                     |        | WX-2.2E                    | Lecho                      |
| Costo del sistema                                    | USD    | 102.900                    | 80.000                     |
| Capacidades  | BDSTPD | 17                         | 17                         |
| Equipo auxiliar                                      |        | Bombas                     | Bombas                     |
| Consistencia del Cake                                | %      | 30                         | 30                         |
| Captura de sólidos                                   | %      | 95                         | 80                         |
| Requerimiento de área                                | ‘m2    | 48                         | 4.123                      |
| Requiere maquinaria<br>adicional                     |        | Carretón                   | Uniloder                   |

|                            |  |             |                       |
|----------------------------|--|-------------|-----------------------|
| Generación de malos olores |  | ninguna     | alta                  |
| Nubosidad de la región     |  | indiferente | Parcial nublado       |
| Mantenimiento              |  | bandas      | graba                 |
| Requerimiento Mano Obra    |  | operadores  | Cuadrilla<br>limpieza |

- La alta nubosidad de la región, parcial nublado gran parte del año, lo que podría afectar a la operatividad del secado biosolar.
- La generación de malos olores, que se generan en el sacado biosolar
- El requerimiento de una gran área para el secado biosolar.
- El requerimiento excesivo de mano de obra para el desalojo de los lodos en el secado biosolar,
- Nos decidimos por la **Prensa de Banda Phoenix, tipo WX-2.2E**, de procedencia americana, (ver **Tabla # 20 “Características Técnicas de la Prensa de Lodos Phoenix”**).

**TABLA 20**  
**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA PRENSA DE LODOS**

| <b>Características Técnicas de la Prensa de Lodos</b> |                               |
|---|-------------------------------|
| Equipo:   | <b>Filtro-Prensa de lodos</b> |
| Marca:  | <b>PHOENIX</b>                |
| Type:   | <b>WX-2.2E</b>                |
| Solids Loading:                                       | <b>17 BDSTPD</b>              |
| Hydraulic Loading                                     | <b>250 GPM</b>                |
| Feed Solids Concentration                             | <b>1.13 wt% d.s.</b>          |
| Cake solids   | <b>25 a 30 d.s. (expeted)</b> |
| Solids capture  | <b>95 %</b>                   |
| Eficiencia  | <b>97,6 %</b>                 |

2.4.

#### **Cálculo y selección de los equipos auxiliares**

A continuación procedemos a los cálculos y selección de los equipos auxiliares involucrados en el proceso de Clarificación, para esto se desarrollo un programa para cálculo de pérdidas friccionales en hoja de cálculo Excel, para determinar el punto de selección de la bomba. Con caudal y cabezal entramos al Software PSS de GOULDS PUMP de ITT Industries de Selección de bombas de Proceso. (nota: usamos Goulds ya que

es la marca que está definida utilizar en PANASA, por razones de mantenimiento y mejor manejo de stock de repuesto).

1. **Cálculo de pérdidas friccionales en tuberías y accesorios y selección de bomba de Alimentación al Clarificador.**- Como vimos arriba el caudal de alimentación al Clarificador es de 1200 GPM, y para cubrir sobre flujos dimensionaremos el bombeo para un caudal máximo de 1500 GPM, para este análisis usaremos el **Plano # 11, Tubería de alimentación al Clarificador** donde se pueden ver las dimensiones de las tuberías. A continuación se resumen los datos del cálculo de perdidas de la tubería y la selección de la Bomba de alimentación al Clarificador.

Que se adjuntan en el **APENDICE F (Cálculo de bomba de alimentación al Clarificador)** “Determinación del Cabezal de Fricción”, “Cálculo de la Sumergencia Mínima del Tubo de Succión”. Los cuales se resumen en la **Tabla 21, “Resumen de Cálculo de bomba de alimentación al Clarificador”**.

#### **TABLA 21**

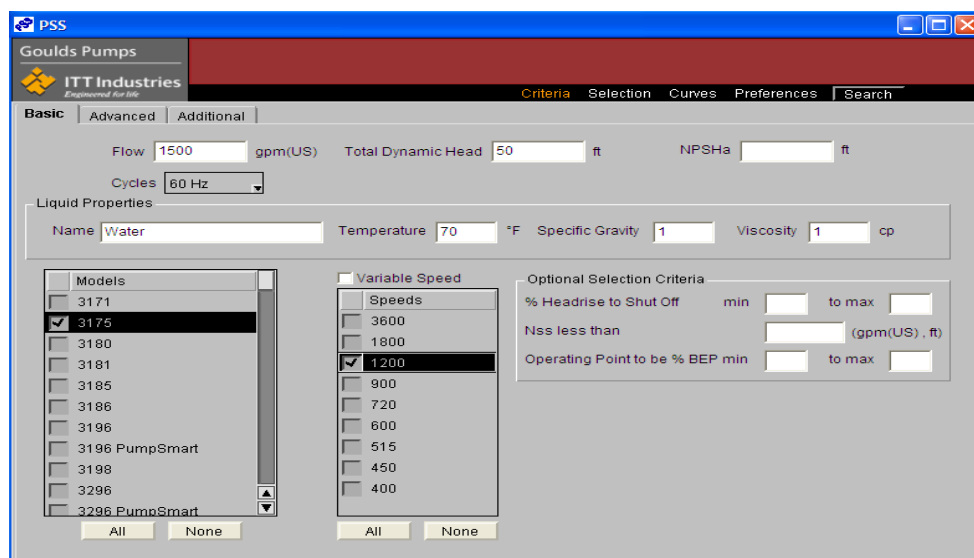
#### **RESUMEN BOMBA DE ALIMENTACIÓN AL CLARIFICADOR**

### Resumen Bomba de Alimentación al Clarificador

|                     |   |   |
|---------------------|---|---|
| Basado en datos de: | ANEXO F:  | CALCULO DE BOMBA DE ALIMENTACIÓN AL CLARIFICADOR                        |
|                     | ANEXO F1:   | DETERMINACIÓN DEL CABEZAL DE FRICCIÓN                                   |
|                     | ANEXO F2:   | SUMERGENCIA MINIMA DEL TUBO DE SUCCIÓN                                  |
|                     | ANEXO I   | DIAGRAMA DE MOODY   |
| <hr/>               |   |   |
| <b>A</b>            | <b>Servicio</b>                                     |   |
| <b>A.1.-</b>        | <b>Condiciones del dimensionamiento</b>             |   |
|                     | Fluido:   | Efluente de Fabrica de Papel<br>Agua con sólidos suspendido y disueltos |
|                     | Caudal tèrico                                       | 1198 GPM  |
|                     | Caudal de diseño:                                   | 1500 GPM  |
|                     | Consistencia  | 0,059%  |
|                     | Temperatura del Fluido                              | 45 °C   |
| <b>A.2.-</b>        | <b>Evaluación del Sistema</b>                       |   |
| <b>A.2.1.-</b>      | <b>Succión Evaluación de Pérdidas</b>               |   |
|                     | Pérdidas en Tuberías                                | 0,27 Ft   |
|                     | Pérdidas en accesorios                              | 0,63 Ft   |
|                     | Total pérdidas en la succión:                       | 0,90 Ft   |
|                     | Sumergencia minima                                  | 3,50 Ft   |
| <b>A.2.2.-</b>      | <b>Descarga, Evaluación de pérdidas</b>             |   |
|                     | Pérdidas en Tuberías                                | 0,66 Ft   |
|                     | Pérdidas en accesorios                              | 12,54 Ft  |
|                     | Total Pérdidas en la descarga:                      | 13,21 Ft  |
| <b>A.2.3.-</b>      | <b>Columna Estática Total</b>                       |   |
|                     |   | 28,04 Ft  |
| <b>A.2.4.-</b>      | <b>Presión de descarga</b>                          |   |
|                     |   | 0 Ft  |
| <b>A.2.5.-</b>      | <b>Cabezal de velocidad en la brida de succión:</b> |   |
|                     |   | 0,58 Ft   |
| <b>A.2.6.-</b>      | <b>Altura Dinámica Total</b>                        |   |
|                     |   | <b>44,7 Ft</b>  |
| <b>A.2.7.-</b>      | <b>Punto de operación para selección del equipo</b> |   |
|                     |   | <b>1500 GPM</b>   |
|                     |   | <b>50 Ft</b>  |
| <b>A.2.8.-</b>      | <b>Evaluación del NPSH (Disponible):</b>            |   |
|                     | NPSH Requerido:                                     | 42,6 Ft   |
|                     |   | <b>5,0 Ft</b>   |
| <b>A.2.9.-</b>      | <b>Selección de la Bomba</b>                        |   |
|                     | Bomba   | GOULDS  |
|                     | Caudal  | 1500 GPM  |
|                     | Cabezal   | 50 Ft   |
|                     | Modelo  | 3175  |
|                     | Tamaño  | 8x8-12-5VS  |
|                     | Velocidad   | 1200 RPM  |
|                     | Diametro del impulsor                               | 11,75" inch   |
|                     | Motor   | 30 HP   |
|                     | BHP rating  | <b>23,4 HP</b>  |

Con los resultados del cálculo entramos al Software PSS Goulds Pump y obtenemos las Curvas de operación de la Bomba, que se muestran la **Figura 2.5** Criterios de Selección, **Figura 2.6** Selección de tamaño. **Figura 2.7** Curva Cabezal – Caudal, **Figura 2.8** Curva Potencia y NPSH.





**FIGURA 2.5 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE BOMBA DE ALIMENTACIÓN AL CLARIFICAODR**

PSS

Goolds Pumps

ITT Industries  
Engineered for life

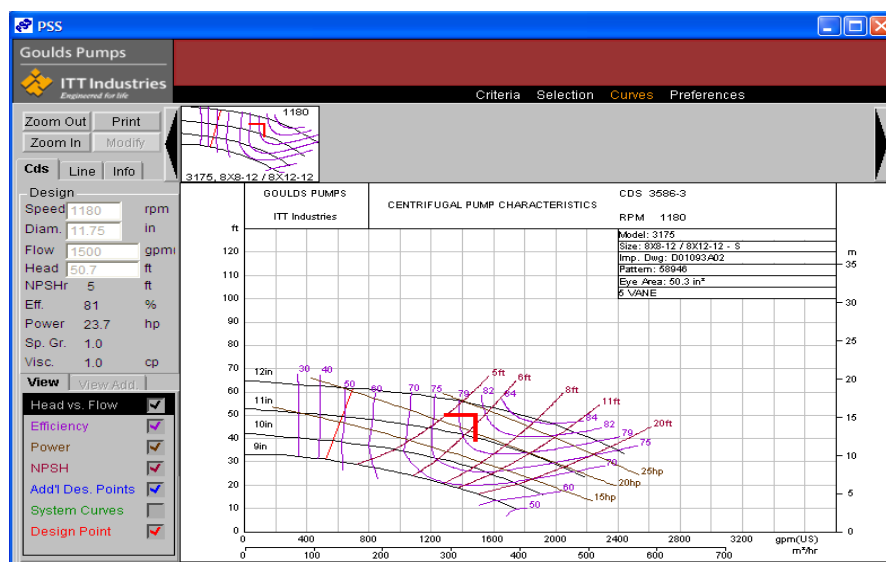
Criteria Selection Curves Preferences Search

Criteria Match for Q = 1500 gpm(US), H = 50 ft 4 pump sizes found.

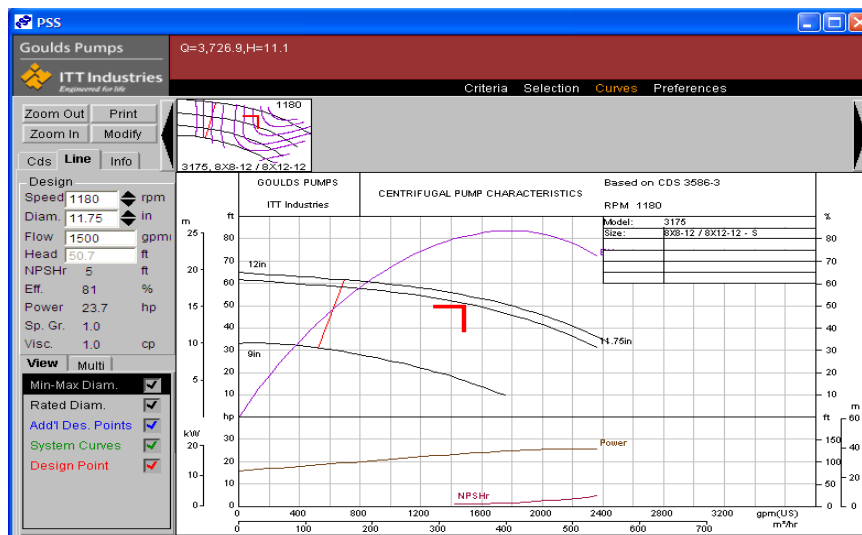
| Model                                    | Type          | Stages No | Group | Size        | RPM  | Feature | Power (hp) | Eff  | NPSHr (ft) | %BEP | Nss (...) |
|--|---------------|-----------|-------|-------------|------|---------|------------|------|------------|------|-----------|
| <input type="checkbox"/> 3175            | Pulp and P... | 1         | S     | 6X8-14 /... | 1180 | Vanes=4 | 25.6       | 74   | 8.3        | 113  | 11147     |
| <input type="checkbox"/> 3175            | Pulp and P... | 1         | S     | 6X8-14 /... | 1180 | Vane... | 27.1       | 70.5 | 9.8        | 117  | 8304      |
| <input type="checkbox"/> 3175            | Pulp and P... | 1         | M     | 8X10-14...  | 1180 | Vanes=6 | 26.5       | 71.5 | 9.8        | 80   | 9112      |
| <input checked="" type="checkbox"/> 3175 | Pulp and P... | 1         | S     | 8X8-12 /... | 1180 | Vanes=5 | 23.7       | 81   | 5          | 84   | 10868     |

Add... Remove Selected Remove Unselected Select All Select None Save View Selected

**FIGURA 2.6 SELECCIÓN DE TAMAÑO DE BOMBA DE ALIMENTACIÓN AL CLARIFICADOR**



**FIGURA 2.7 CURVA CABEZAL – CAUDAL DE BOMBA DE ALIMENTACIÓN AL CLARIFICADOR**



**FIGURA 2.8 CURVA DE POTENCIA Y NPSH**

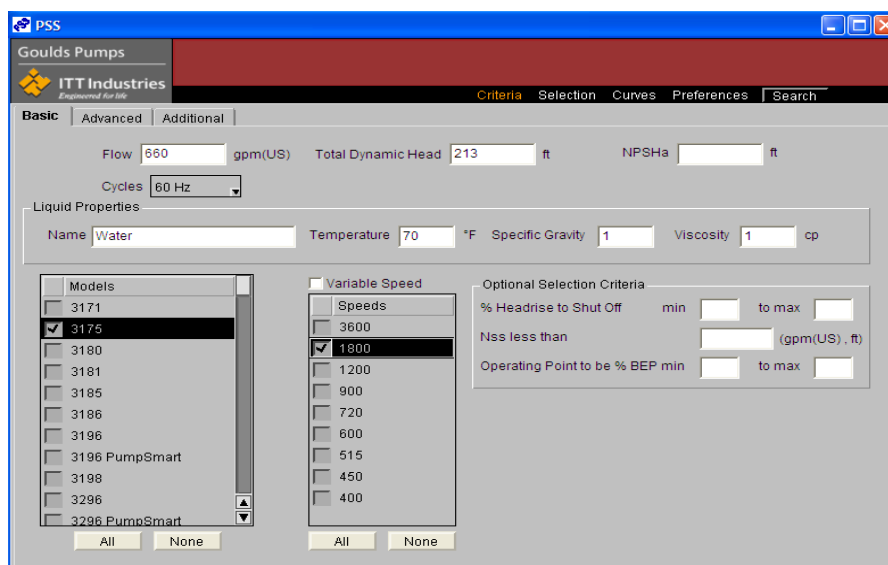
2 **Cálculo de pérdidas de la Bomba de recirculación del ADT (Air Disolved tube).**- para esto procedemos igual que en el ítem 1. con la única diferencia de que en este caso el fabricante define las especificaciones de la Bomba del ADT Caudal 150 m<sup>3</sup>/hr (660 GPM) y Cabezal H= 65 m (213 Ft), por lo que nos limitaremos a seleccionar la Bomba para el ADT solamente. (ver La **Tabla # 22 Resumen de cálculo bomba de recirculación de ADT (Air Disolved Tube)**)(ver **APENDICE G: Cálculo de Bomba de Recirculación del ADT**).

Ver **Figura 2.9**: Criterios de Selección, **Figura 2.10**: Selección del tamaño, **Figura 2.11**: Curva Cabezal & Caudal, y **Figura 2.12**: Curva de Potencia y NPSH.

**TABLA 22**

**RESUMEN DE CALCULO DE BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE ADT  
(AIR DISOLVED TUBE)**

| Resumen Bomba de Recirculación del ADT (Air Disolved Tube) |   |   |
|--|---|---|
| Basado en datos de:  | ANEXO G:  | FORMATO PARA CALCULO DE BOMBAS  |
|  | ANEXO G1:   | DETERMINACIÓN DEL CABEZAL DE FRICCIÓN                                   |
|  | ANEXO G2:   | SUMERGENCIA MINIMA DEL TUBO DE SUCCIÓN                                  |
|  | ANEXO I   | DIAGRAMA DE MOODY   |
| <b>A</b>   | <b>Servicio</b>                                     |   |
| <b>A.1.-</b>   | <b>Condiciones del dimencionamiento</b>             |   |
|  | Fluido:   | Efluente de Fabrica de Papel<br>Agua con sólidos suspendido y disueltos |
|  | Caudal teórico                                      | 660 GPM   |
|  | Caudal de diseño:                                   | 660 GPM   |
|  | Consistencia  | 0,059%  |
|  | Temperatura del Fluido                              | 45 °C   |
| <b>A.2.-</b>   | <b>Evaluación del Sistema</b>                       |   |
| <b>A.2.1.-</b>   | <b>Succión Evaluación de Pérdidas</b>               |   |
|  | Pérdidas en Tuberías                                | 0,31 Ft   |
|  | Pérdidas en accesorios                              | 0,36 Ft   |
|  | Total pérdidas en la succión:                       | 0,67 Ft   |
|  | Sumergencia mínima                                  | 3,50 Ft   |
| <b>A.2.2.-</b>   | <b>Descarga, Evaluación de pérdidas</b>             |   |
|  | Pérdidas en Tuberías                                | 0,27 Ft   |
|  | Pérdidas en accesorios                              | 0,88 Ft   |
|  | Total Pérdidas en la descarga:                      | 1,15 Ft   |
| <b>A.2.3.-</b>   | <b>Columna Estática Total</b>                       |   |
|  |   | -9,68 Ft  |
| <b>A.2.4.-</b>   | <b>Presión de descarga</b>                          |   |
|  |   | 214,83 Ft   |
| <b>A.2.5.-</b>   | <b>Cabezal de velocidad en la brida de succión:</b> |   |
|  |   | 0,69 Ft   |
| <b>A.2.6.-</b>   | <b>Altura Dinámica Total</b>                        |   |
|  |   | <b>207,8 Ft</b>   |
| <b>A.2.7.-</b>   | <b>Punto de operación para selección del equipo</b> |   |
|  |   | <b>660 GPM</b>  |
|  |   | <b>213 Ft</b>   |
| <b>A.2.8.-</b>   | <b>Evaluación del NPSH (Disponible):</b>            |   |
|  | NPSH Requerido:                                     | 7,3 Ft  |
| <b>A.2.9.-</b>   | <b>Selección de la Bomba</b>                        |   |
|  | Bomba   | GOULDS  |
|  | Caudal  | 660 GPM   |
|  | Cabezal   | 213 Ft  |
|  | Modelo  | 3175  |
|  | Tamaño  | 4x6-14-5VS  |
|  | Velocidad   | 1800 RPM  |
|  | Diámetro del impulsor                               | 11,75" inch   |
|  | Motor   | 30 HP   |
|  | BHP rating  | <b>57,6 HP</b>  |



**FIGURA 2.9 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE BOMBA DE RECIRCULACIÓN DEL ADT**

Criteria Match for Q = 660 gpm(US), H = 213 ft. 4 pump sizes found.

| Model                                    | Type          | Stages No | Group | Size        | RPM  | Feature | Power (hp) | Eff  | NPSHr (ft) | %BEP | Nss (...) |
|--|---------------|-----------|-------|-------------|------|---------|------------|------|------------|------|-----------|
| <input type="checkbox"/> 3175            | Pulp and P... | 1         | S     | 4X6-14 f... | 1780 | Vane... | 61.9       | 57.5 | 10         | 50   | 7484      |
| <input type="checkbox"/> 3175            | Pulp and P... | 1         | S     | 4X6-18 f... | 1785 | Vane... | 61         | 58.5 | 19.5       | 59   | 6692      |
| <input type="checkbox"/> 3175            | Pulp and P... | 1         | S     | 4X6-18 f... | 1785 | Vanes=5 | 55.1       | 64.5 | 6.2        | 63   | 7858      |
| <input checked="" type="checkbox"/> 3175 | Pulp and P... | 1         | S     | 4X6-14 f... | 1780 | Vanes=5 | 57.6       | 61.5 | 7.3        | 48   | 8825      |

**FIGURA 2.10 SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE BOMBA DE RECIRCULACIÓN DEL ADT**

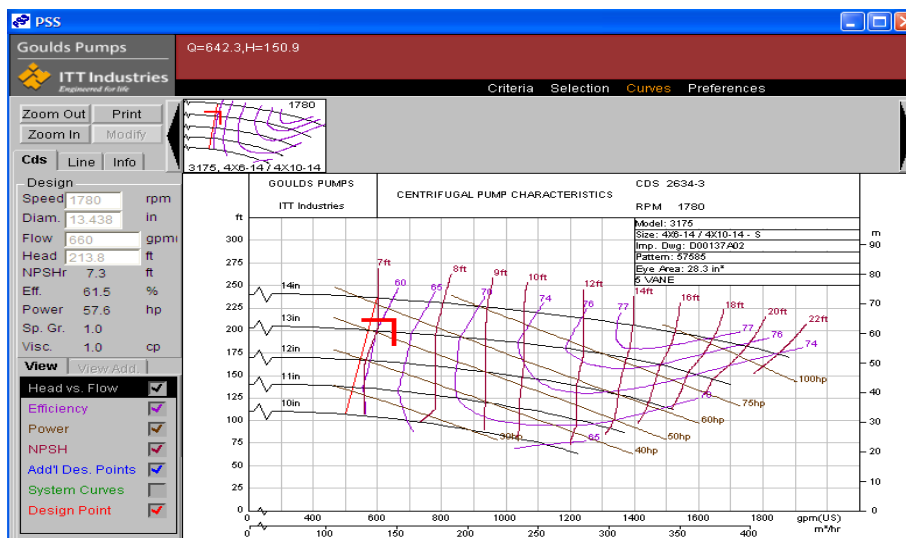


FIGURA 2.11 CURVA CABEZAL CAUDAL DE BOMBA DE RECIRCULACIÓN DEL ADT

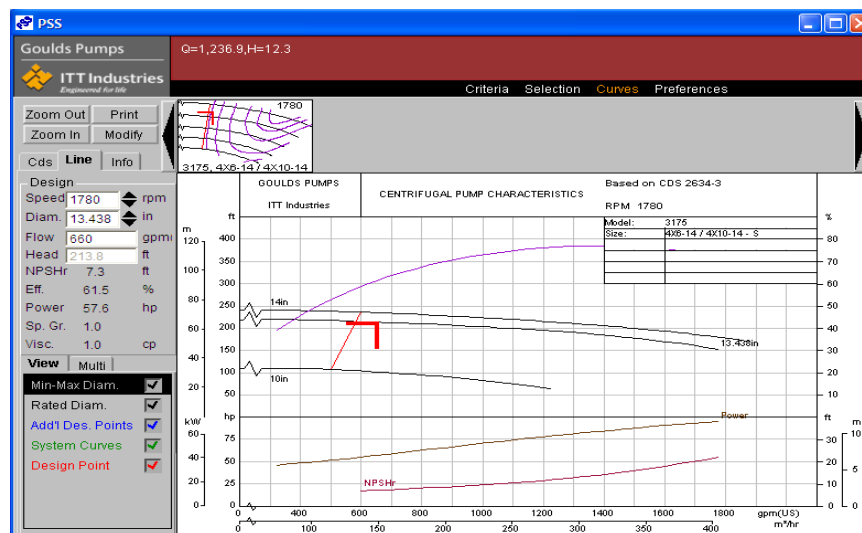


FIGURA 2.12 CURVA DE POTENCIA Y NPSH

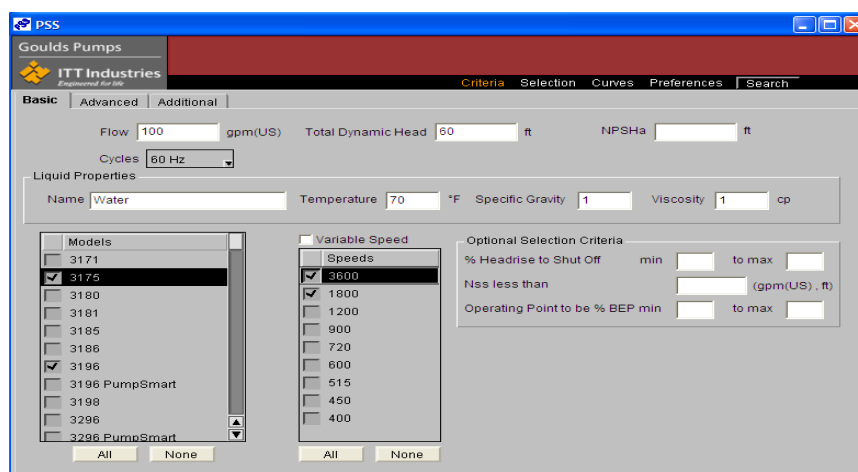
**3 Cálculo de pérdida y selección de bomba de Lodos a la Prensa de Lodos PHOENIX.** Para esto consideraremos que el lodo homogenizado se comporta como un pasta aguada que contiene fibra y sólidos aglutinados en el clarificador, para el cálculo de las pérdidas usaremos el los conceptos de Cálculos de pérdidas fricciónales para flujo de pulpa y papel. (ver APENDICE J). Ver la Tabla 23 Resumen de cálculo de bomba de lodos a la Prensa). (APENDICE H: Cálculo de bomba de lodos a la Prensa).

**TABLA 23**

**RESUMEN BOMBA DE LODOS A LA PRENSA**

| Resumen Bomba de Recirculación del ADT (Air Dissolved Tube) |   |   |
|---|---|---|
| Basado en datos de:   | ANEXO H:  | FORMATO PARA CALCULO DE BOMBA DE LODOS                                  |
|   | ANEXO J:  | FRICTION LOSSES -- PAPER STOCK FLOW                                     |
| <b>A</b>  | <b>Servicio</b>                                     |   |
| <b>A.1.-</b>  | <b>Condiciones del dimensionamiento</b>             |   |
|   | Fluido:   | Efluente de Fabrica de Papel<br>Agua con sólidos suspendido y disueltos |
|   | Caudal teórico                                      | 660 GPM   |
|   | Caudal de diseño:                                   | 660 GPM   |
|   | Consistencia  | 0,059%  |
|   | Temperatura del Fluido                              | 45 °C   |
| <b>A.2.-</b>  | <b>Evaluación del Sistema</b>                       |   |
| <b>A.2.1.-</b>  | <b>Succión Evaluación de Pérdidas</b>               |   |
|   | Pérdidas en Tuberías                                | 0,97 Ft   |
|   | Pérdidas en accesorios                              | 0,21 Ft   |
|   | Total pérdidas en la succión:                       | 1,18 Ft   |
|   | Sumergencia mínima                                  | 1,90 Ft   |
| <b>A.2.2.-</b>  | <b>Descarga, Evaluación de pérdidas</b>             |   |
|   | Pérdidas en Tuberías                                | 12,03 Ft  |
|   | Pérdidas en accesorios                              | 0,79 Ft   |
|   | Total Pérdidas en la descarga:                      | 12,81 Ft  |
| <b>A.2.3.-</b>  | <b>Columna Estática Total</b>                       | 9,02 Ft   |
| <b>A.2.4.-</b>  | <b>Presión de descarga</b>                          | 23,1 Ft   |
| <b>A.2.5.-</b>  | <b>Cabezal de velocidad en la brida de succión:</b> | 0,17 Ft   |
| <b>A.2.6.-</b>  | <b>Altura Dinámica Total</b>                        | 48,2 Ft   |
| <b>A.2.7.-</b>  | <b>Punto de operación para selección del equipo</b> | 100 GPM<br>60 Ft  |
| <b>A.2.8.-</b>  | <b>Evaluación del NPSH (Disponible):</b>            | 37,9 Ft   |
|   | NPSH Requerido:                                     | 7,3 Ft  |
| <b>A.2.9.-</b>  | <b>Selección de la Bomba</b>                        |   |
|   | Bomba   | GOULDS  |
|   | Caudal  | 100 GPM   |
|   | Cabezal   | 60 Ft   |
|   | Modelo  | 3196 MTX  |
|   | Tamaño  | 2x3-10  |
|   | Velocidad   | 1800 RPM  |
|   | Diametro del impulsor                               | 7,5" inch   |
|   | Motor   | 3,0 HP  |
|   | BHP rating  | 3,1 HP  |

Ver figura 2.13, Criterios de selección, figura 2.14: Selección del tamaño, Figura 2.15: Curva Cabezal & Caudal, Figura 2.16: Curva Potencia – NPSH.

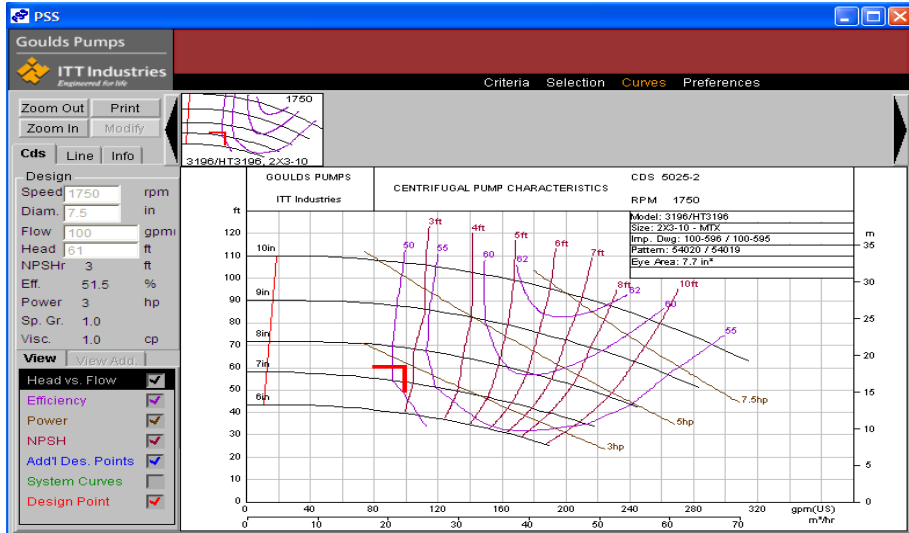


**FIGURA 2.13 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE BOMBA DE LODOS A LA PRENSA PHOENIX**

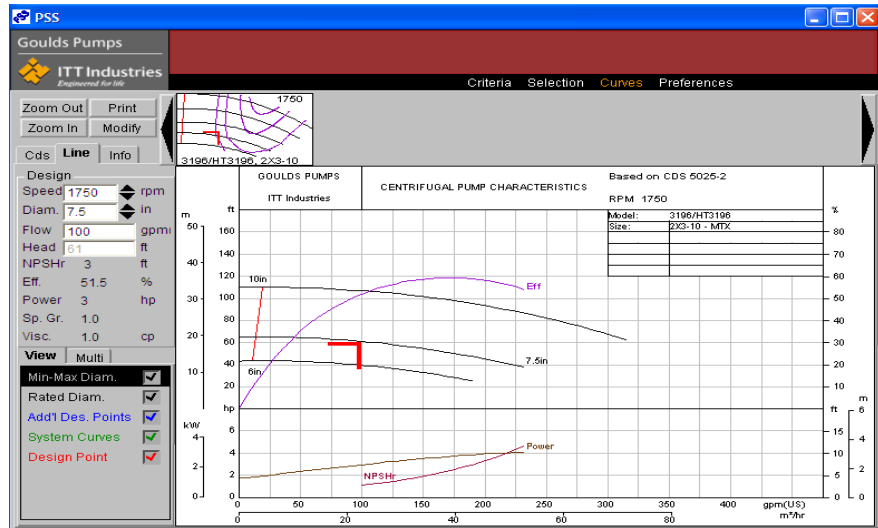
| Model   | Type          | Stages No | Group | Size     | RPM  | Feature  | Power (hp) | Eff  | NPSHr (ft) | %BEP | Nss (ft) |
|---|---------------|-----------|-------|----------|------|----------|------------|------|------------|------|----------|
| <input type="checkbox"/> 3196                 | Chemical P... | 1         | MTX   | 2X3-8    | 1750 | Matl=... | 2.6        | 58   | 2.5        | 84   | 8693     |
| <input type="checkbox"/> 3196                 | Chemical P... | 1         | STX   | 2X3-6    | 3500 | Matl=... | 2.8        | 54.5 | 8          | 54   | 8473     |
| <input type="checkbox"/> 3196                 | Chemical P... | 1         | MTX   | 1X2-10   | 1750 | Matl=... | 4.8        | 31   | 4.3        | 132  | 7982     |
| <input type="checkbox"/> 3196                 | Chemical P... | 1         | STX   | 1.5X3-8  | 1750 | Matl=... | 2.7        | 59   | 2.7        | 105  | 8195     |
| <input type="checkbox"/> 3196                 | Chemical P... | 1         | MTX   | 1.5X3-10 | 1750 | Matl=... | 2.7        | 56.5 | 2          | 82   | 10432    |
| <input type="checkbox"/> 3196                 | Chemical P... | 1         | STX   | 1X1.5-6  | 3500 | Matl=... | 3.1        | 52   | 8.3        | 126  | 8121     |
| <input type="checkbox"/> 3196/H...            | Chemical P... | 1         | MTX   | 3X4-10   | 1770 | Matl=ALL | 3.3        | 46   | 2          | 39   | 10841    |
| <input type="checkbox"/> 3196/H...            | Chemical P... | 1         | STX   | 1.5X3-6  | 3520 | Matl=ALL | 2.9        | 56.5 | 8.2        | 79   | 7945     |
| <input type="checkbox"/> 3196/H...            | Chemical P... | 1         | MTX   | 3X4-8    | 1760 | Matl=ALL | 4          | 38.5 | 4          | 27   | 10336    |
| <input type="checkbox"/> 3196/H...            | Chemical P... | 1         | MTX   | 3X4-8G   | 1760 | Matl=ALL | 3.2        | 48.5 | 3          | 38   | 10167    |
| <input type="checkbox"/> 3196/H...            | Chemical P... | 1         | MTX   | 2X3-8    | 1750 | Matl=... | 2.7        | 58   | 2.5        | 78   | 8693     |
| <input type="checkbox"/> 3196/H...            | Chemical P... | 1         | STX   | 2X3-6    | 3500 | Matl=... | 2.7        | 55   | 8.2        | 47   | 8473     |
| <input type="checkbox"/> 3196/H...            | Chemical P... | 1         | STX   | 1X1.5-6  | 3500 | Matl=... | 3.1        | 52.5 | 8.7        | 123  | 8121     |
| <input type="checkbox"/> 3196/H...            | Chemical P... | 1         | STX   | 1.5X3-9  | 1750 | Matl=... | 2.5        | 61   | 1.8        | 103  | 8195     |
| <input type="checkbox"/> 3196/H...            | Chemical P... | 1         | MTX   | 1.5X3-10 | 1750 | Matl=... | 2.7        | 58   | 2.1        | 88   | 10432    |
| <input checked="" type="checkbox"/> 3196/H... | Chemical P... | 1         | MTX   | 2X3-10   | 1750 | Matl=ALL | 3          | 51.5 | 3          | 58   | 8673     |

**FIGURA 2.14 SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE BOMBA DE LODOS A LA PRENSA PHOENIX**





**FIGURA 2.15 CURVA CABEZAL – CAUDAL DE BOMBA DE LODOS A LA PRENSA PHOENIX**



**FIGURA 2.16 CURVA POTENCIA NPSH**

## 2.5. Dimensionamiento de la dosificación de químicos

Para esto se requiere la ayuda del laboratorio para la realización del denominado “**TEST DE JARRA**”, el mismo que se utiliza para determinar la dosificación óptima, del Coagulante y Floculante Y es la base de cálculo para determinar el tamaño de los tanques de preparación y los Tanques de Servicio. Y el tamaño de las bombas dosificadoras. En el APENDICE K, se presenta el Análisis del Test de Jarra para el Coagulante, para el Floculante Aniónico y para el Floculante Cationico.

**TABLA 24**  
**RESUMEN DE TEST DE JARRA**

| Resumen del Test de Jarra            |  |                 |                     |                   |            |            |
|--------------------------------------|--|-----------------|---------------------|-------------------|------------|------------|
| Descripción                          | Símbolo/formula  | Unidades        | Valor               |                   |            |            |
| <b>Cálculo de la dosificación</b>    |  |                 |                     |                   |            |            |
| Producto químico                     |  |                 | Coagulante          | Floculante        |            | Floculante |
| Denominación                         |  |                 | Sulfato de Aluminio | Polímero Aniónico | Polímero   | Cationico  |
| Fórmula                              |  |                 | $Al_2(SO_4)_3$      | DisFloc 48        | DisFloc 15 |            |
|                                      |  |                 |                     | NALCO 3639        | NALCO 7530 |            |
| Test de Jarra                        |  |                 |                     |                   |            |            |
| Dosificación Óptima                  | $D_{Op} =$   | mg/lit          | 60                  | 1,0               | 1,0        |            |
| Caudal a tratar                      | $Q =$  | GPM             | 1500                | 1500              | 1500       |            |
|                                      | $Q = GPM \times 3,785 (lit/gal) \times 1440 (min/día)$ | lit/día         | 8.175.600           | 8.175.600         | 8.175.600  |            |
| Dosificación para el caudal a tratar | $X = (D_{Op}) \times Q$                                | mg/día          | 490.536.000         | 8.175.600         | 8.175.600  |            |
|                                      | $X = 60 (mg/lit) \times 8'175,600 (lit/día)$           | Kg/día          | 491                 | 8,2               | 8,2        |            |
| <b>Cálculo del Caudal</b>            |  |                 |                     |                   |            |            |
| Densidad del coagulante              | $\rho =$   | gr/ml           | 1,323               | 1,000             | 1,000      |            |
| Concentración                        | $C =$  |                 | 48%                 | 100%              | 100%       |            |
| Flujo de solución de coagulante      | $Q_{sol} = X / C$                                      | Kg solución/día | 0,480               | 1,00              | 1,00       |            |
| Volumen de solución por día          | $V_{sol} = Q_{sol} / \rho$                             | lit/día         | 1,022               | 8,2               | 8,2        |            |
| Volumen de solución turno            | $V_{sol \text{ turno}} = V_{sol} / 3$                  | lit/turno       | 258                 | 2,7               | 2,7        |            |
| <b>Preparación</b>                   |  |                 |                     |                   |            |            |
| Capacidad del tanque                 | $V =$  | lit             | 1.000               | 1.400             | 1.400      |            |
| 3 preparaciones por día              | $V_d =$  | lit/día         | 3.000               | 4.200             | 4.200      |            |
| Caudal                               | $Q_t = V_d / 1440$                                     | lit/min         | 2,08                | 2,92              | 2,92       |            |
|                                      |  | GPM             | 0,55                | 0,77              | 0,77       |            |

## 2.6. Dimensionamiento de lagunas de oxidación

De acuerdo con el Flujo grama balanceado expuesto en la **figura 2.2** se tiene un caudal de alimentación a la lagunas de retención de 1096 GPM, además como vimos en el capítulo 1 en la **Tabla # 5 Capacidad de las lagunas de Retención**, se resumen las dimensiones de las Lagunas de retención y oxidación, tenemos un Volumen Total de Lagunas de **36.861 m<sup>3</sup>**. Con lo cual establecemos el Tiempo de Retención de 5,1 días. En el **Plano # 11**, muestra las **Lagunas de Retención**.

**TABLA 25**

### **CALCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN**

| <b>Cálculo del Tiempo de Retención</b> |                           |              |
|--|---------------------------|--------------|
| Volumen Total de lagunas               | m <sup>3</sup>            | 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 <sup>3</sup> /dia) | 5,45         |
| descarga diaria                        | m <sup>3</sup> /dia       | <b>7.195</b> |
|  |                           |              |
| Tiempo de retención                    | dias                      | <b>5,1</b>   |

Con este dimensionamiento de lagunas tenemos un tiempo de retención de 5.1 días, con una descarga al cuerpo receptor de **7.195 m<sup>3</sup>/día**. Tomando como referencia los datos de la tabla 10-19 “Tipos y aplicaciones de estanques de estabilización de uso común” y la Tabla 10-20 “Parámetros típicos de diseño para estanques de estabilización” (ver APENDICE L) del texto de consulta “INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES”. Metcalf & Eddy, Volumen 2 “Tratamiento vertido y reutilización, de editorial Mc Grau Hill. Tercera edición.

Recomienda para estanques aerobios-anaerobio facultativo, de maduración rango de tamaño de estanque de 0.8 a 4.0 ha, funcionamiento serie o paralelo, profundidad de 1.2 a 2.4 m, pH de 6.5 a 8.5, temperatura optima de 0 a 50°C, Carga de DBO5 %, de 56 a 200, Conversión de DBO5 % de 80 a 95, sólidos suspendido en lo efluentes de 40 a 60 mg/lit., en el APENDICE L, se presentan las tablas 10.19 y 10.20 del Texto “Ingeniería de aguas residuales”. De Metcalf & Heddy.

El tratamiento secundario aplicado para las aguas provenientes del clarificador se realiza en lagunas de estabilización. Los procesos más importantes que ocurren en estas lagunas son:

1. Reacción de Buffer de las cargas hidráulicas y orgánicas fluctuantes.
2. Fotosíntesis de algas para generar oxígeno.
3. Sedimentación de lodos biológicos
4. Biodegradación de la materia orgánica por medio de bacterias aeróbicas y anaeróbicas.
5. Destrucción de patógenos por medio de ciertos procesos interactivos.

#### **2.7. Dimensionamiento de la tubería de conducción de los efluentes y canal abierto desde el clarificador hasta las lagunas de oxidación.**

En el balance de masa del Clarificador previamente habíamos determinado el flujo de efluentes que va hacia las Lagunas de retención en 1094 GPM. Hemos establecido algunas estrategias para la conducción del efluente hacia las lagunas.

- Que la conducción se la realice aprovechando solamente la altura disponible del punto de descarga del Clarificador y
- Utilizar materiales que ofrezcan el menor coeficiente de fricción disponible en el mercado.
- Para esto se planteo dividir el trayecto en dos tramos:

- El primer tramo se realizaría por tubería de PVC (bajo coeficiente de fricción), subterránea, ya que atraviesa por zonas transitadas.
- Y el segundo tramo se realizaría por medio de canal abierto, ejecutado sobre el perfil del terreno existente y recubierto con Liner.

Para la ejecución del trazado de la trayectoria tanto de la tubería como del canal abierto fue necesario contratar un Levantamiento Topográfico y el perfil de niveles del terreno de la posible trayectoria, esto se muestra en el **plano # 12**. Luego de analizar los obstáculos para el trazado finalmente se define la trayectoria como se especifica en el **Plano # 13**, de donde obtenemos que se pueden observar claramente los siguientes tramos:

1. Tramo entubado desde el Clarificador hasta un difusor atenuador de velocidad con una longitud total de 790 m, con tres codos radio largo (radio 3,0 m) y codos radio extra largo (radio= 902 m), bordeando el contorno de la carretera publica. El entubado se lo realizó con tubería de PVC de 0,63 MPa. Con diámetro de D= 400mm. Como lo demuestra el cálculo de perdidas que se adjunta en la **Tabla # 26 (Cálculo de la Tubería de conducción de Agua**

**Clarificada hacia el canal).** podemos observar que las perdidas por fricción indican que el cabezal requerido para descarga los 1500 GPM es de (3,47 FT) y tenemos un Cabezal disponible de (4,67 Ft). Por tanto se puede descargar por gravedad.

En tubería de PVC de d=16". La tubería fue instalada manteniendo una pendiente mínima de 1 x 1000. Por lo que en el proceso constructivo se planifican la instalación de cámaras de inspección. Con la finalidad de realizar limpiezas periódicas del tubo.

En el **Plano # 13** se muestra el Trazado definitivo de los dos tramos del sistema de descarga de efluentes de PANASA, en este plano se puede observar claramente el trazado del TRAMO entubado y el TRAMO en Canal Abierto. Y en el **Plano # 14** se muestran lo detalle del diseño de los vertedero en las Lagunas de Retención.

2 El segundo tramo se planificó por canal abierto conformado con el terreno natural y además con recubrimiento de Geomembrana PAVCO. De 2,0 mm de espesor. Considerando que pasa por una zona donde no hay transito.

## TABLA 26

### CALCULO DE TUBERIA DE CONDUCCIÓN DE AGUA CLARIFICADA HACIA EL CANAL

| Tabla 26<br>CALCULO DE TUBERIA DE CONDUCCION DE AGUA CLARIFICADA HACIA EL CANAL |  |   |  |         |           |
|---|--|---|--|---------|-----------|
| <b>A.O.- DATOS GENERALES DEL PROYECTO:</b>                                      |  |   |  |         |           |
| Nombre del Proyecto:  |  | TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES 'CLARIFICADOR'       |  | Fecha:  | 24-Jun-98 |
| Descripción d' Instalac.  |  | TUBERIA DE CONDUCCION AGUA CLARIFICADA HACIA EL CANAL |  |         |           |
| Area de aplicación:   |  | Fabrica General                                       |  | Codigo: |           |

|   |                   |           |                |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
|---|-------------------|-----------|----------------|-------------|--------------|---------|--------|----------|--------------|----------|--|---|----------------|--|--|--|-----|--|---|----|-----|----|---|-----|-------------------|--|--|--|---------|--|------|------|---------|--|--|--|------|--|--|--|-----------------|--|--|--|--|------|---|----|--------|--|--------|-------|---------|--|--------|-------|------------------|--|--------|--------|------------------|--|------|------|-----------------|--|--|--|-------------------|----|------|------|----------|-------------------|----|--------|-------|----------|-------------------|----|--------|-------|----------|-------------------|----|--------|-------|----------|-------------------|----|--------|-------|----------|-------------------|----|-------|------|----------|-------------------|----|--------|-------|--|--|--------|---------|-------------------|--|--|--|--|------|------|------|----------|-----------|---|-------------|--|-----------|---|---------------|----------|-------|---|--------------|--|-------------|---|---------------|--|-------------|---|----------------|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Fluido</td><td>Effluente</td></tr> <tr><td>Sólidos</td><td>0.17 TM/día</td></tr> <tr><td>Consistencia</td><td>0.003 %</td></tr> <tr><td>Caudal</td><td>1198 GPM</td></tr> <tr><td>Caudal diseñ</td><td>1500 GPM</td></tr> </table> | Fluido            | Effluente | Sólidos        | 0.17 TM/día | Consistencia | 0.003 % | Caudal | 1198 GPM | Caudal diseñ | 1500 GPM |  | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="4"><b>Succión</b></td></tr> <tr><td>h1=</td><td></td><td>m</td><td>ft</td></tr> <tr><td>L1=</td><td>12</td><td>0</td><td>0,0</td></tr> <tr><td colspan="4"><b>Accesorios</b></td></tr> <tr><td>Entrada</td><td></td><td>diam</td><td>tipo</td></tr> <tr><td>Valvula</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Codo</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="4"><b>Descarga</b></td></tr> <tr><td></td><td>Diam</td><td>m</td><td>ft</td></tr> <tr><td>Cota H</td><td></td><td>40,404</td><td>132,5</td></tr> <tr><td>Coata B</td><td></td><td>37,003</td><td>121,4</td></tr> <tr><td>Desnivel terreno</td><td></td><td>-3,401</td><td>-11,16</td></tr> <tr><td>Cabezal Estatico</td><td></td><td>1,43</td><td>4,67</td></tr> <tr><td colspan="4"><b>Tramo AB</b></td></tr> <tr><td>L<sub>AB</sub> =</td><td>12</td><td>4,83</td><td>15,8</td></tr> <tr><td>Tramo BC</td><td>L<sub>BC</sub> =</td><td>16</td><td>119,73</td><td>392,7</td></tr> <tr><td>Tramo CD</td><td>L<sub>CD</sub> =</td><td>16</td><td>125,12</td><td>410,4</td></tr> <tr><td>Tramo DE</td><td>L<sub>DE</sub> =</td><td>16</td><td>144,63</td><td>474,4</td></tr> <tr><td>Tramo EF</td><td>L<sub>EF</sub> =</td><td>16</td><td>237,95</td><td>780,5</td></tr> <tr><td>Tramo FG</td><td>L<sub>FG</sub> =</td><td>16</td><td>20,82</td><td>68,3</td></tr> <tr><td>Tramo GH</td><td>L<sub>GH</sub> =</td><td>16</td><td>137,84</td><td>452,1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>790,92</td><td>2.594,2</td></tr> <tr><td colspan="4"><b>Accesorios</b></td></tr> <tr><td></td><td>cant</td><td>diam</td><td>tipo</td></tr> <tr><td>Tramo AB</td><td>Codos std</td><td>1</td><td>12"x90° std</td></tr> <tr><td></td><td>expansión</td><td>1</td><td>12x16 gradual</td></tr> <tr><td>Tramo BH</td><td>Codos</td><td>2</td><td>16"x90° r=3m</td></tr> <tr><td></td><td>Curva larga</td><td>1</td><td>16"x162° r=3m</td></tr> <tr><td></td><td>Curva corta</td><td>2</td><td>16"x45° r=1,0m</td></tr> </table> | <b>Succión</b> |  |  |  | h1= |  | m | ft | L1= | 12 | 0 | 0,0 | <b>Accesorios</b> |  |  |  | Entrada |  | diam | tipo | Valvula |  |  |  | Codo |  |  |  | <b>Descarga</b> |  |  |  |  | Diam | m | ft | Cota H |  | 40,404 | 132,5 | Coata B |  | 37,003 | 121,4 | Desnivel terreno |  | -3,401 | -11,16 | Cabezal Estatico |  | 1,43 | 4,67 | <b>Tramo AB</b> |  |  |  | L <sub>AB</sub> = | 12 | 4,83 | 15,8 | Tramo BC | L <sub>BC</sub> = | 16 | 119,73 | 392,7 | Tramo CD | L <sub>CD</sub> = | 16 | 125,12 | 410,4 | Tramo DE | L <sub>DE</sub> = | 16 | 144,63 | 474,4 | Tramo EF | L <sub>EF</sub> = | 16 | 237,95 | 780,5 | Tramo FG | L <sub>FG</sub> = | 16 | 20,82 | 68,3 | Tramo GH | L <sub>GH</sub> = | 16 | 137,84 | 452,1 |  |  | 790,92 | 2.594,2 | <b>Accesorios</b> |  |  |  |  | cant | diam | tipo | Tramo AB | Codos std | 1 | 12"x90° std |  | expansión | 1 | 12x16 gradual | Tramo BH | Codos | 2 | 16"x90° r=3m |  | Curva larga | 1 | 16"x162° r=3m |  | Curva corta | 2 | 16"x45° r=1,0m |
| Fluido  | Effluente         |           |                |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Sólidos   | 0.17 TM/día       |           |                |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Consistencia  | 0.003 %           |           |                |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Caudal  | 1198 GPM          |           |                |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Caudal diseñ  | 1500 GPM          |           |                |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| <b>Succión</b>  |                   |           |                |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| h1=   |                   | m         | ft             |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| L1=   | 12                | 0         | 0,0            |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| <b>Accesorios</b>   |                   |           |                |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Entrada   |                   | diam      | tipo           |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Valvula   |                   |           |                |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Codo  |                   |           |                |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| <b>Descarga</b>   |                   |           |                |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
|   | Diam              | m         | ft             |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Cota H  |                   | 40,404    | 132,5          |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Coata B   |                   | 37,003    | 121,4          |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Desnivel terreno  |                   | -3,401    | -11,16         |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Cabezal Estatico  |                   | 1,43      | 4,67           |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| <b>Tramo AB</b>   |                   |           |                |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| L <sub>AB</sub> =   | 12                | 4,83      | 15,8           |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Tramo BC  | L <sub>BC</sub> = | 16        | 119,73         | 392,7       |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Tramo CD  | L <sub>CD</sub> = | 16        | 125,12         | 410,4       |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Tramo DE  | L <sub>DE</sub> = | 16        | 144,63         | 474,4       |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Tramo EF  | L <sub>EF</sub> = | 16        | 237,95         | 780,5       |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Tramo FG  | L <sub>FG</sub> = | 16        | 20,82          | 68,3        |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Tramo GH  | L <sub>GH</sub> = | 16        | 137,84         | 452,1       |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
|   |                   | 790,92    | 2.594,2        |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| <b>Accesorios</b>   |                   |           |                |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
|   | cant              | diam      | tipo           |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Tramo AB  | Codos std         | 1         | 12"x90° std    |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
|   | expansión         | 1         | 12x16 gradual  |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
| Tramo BH  | Codos             | 2         | 16"x90° r=3m   |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
|   | Curva larga       | 1         | 16"x162° r=3m  |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |
|   | Curva corta       | 2         | 16"x45° r=1,0m |             |              |         |        |          |              |          |  |   |                |  |  |  |     |  |   |    |     |    |   |     |                   |  |  |  |         |  |      |      |         |  |  |  |      |  |  |  |                 |  |  |  |  |      |   |    |        |  |        |       |         |  |        |       |                  |  |        |        |                  |  |      |      |                 |  |  |  |                   |    |      |      |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |        |       |          |                   |    |       |      |          |                   |    |        |       |  |  |        |         |                   |  |  |  |  |      |      |      |          |           |   |             |  |           |   |               |          |       |   |              |  |             |   |               |  |             |   |                |

| Descripción   | Simbolo / Formula  | Tramo AB    | Tramo BH    | Unidad               |
|---|--|-------------|-------------|----------------------|
| Caudal de diseño  | Q=   | 1500        | 1500        | GPM                  |
|   | q=GPM/(7.48 x 60)  | 3,34        | 3,34        | Ft3/min              |
| Diametro seleccionado   | D=   | 12          | 15          | inch                 |
| gravedad  | g=   | 32,2        | 32,2        | Ft/sec <sup>2</sup>  |
| Tuberia de PVC  |  |             | 0,64        | Mpa                  |
| diametro interior   | d=   | 12          | 15          | inch                 |
| Longitud de la tubería  | L=   | 15,8        | 2578,4      | Ft                   |
| Relación (L/d)  | L/d=   | 15,8        | 2062,7      |                      |
| Area de flujo   | A=0.25πd <sup>2</sup>  | 0,79        | 1,23        | Ft <sup>2</sup>      |
| Velocidad de flujo  | V=Q/A=   | 4,26        | 2,72        | Ft/sec               |
| Cabezal de Velocidad  | hv=V <sup>2</sup> /2g=   | 0,28        | 0,12        |                      |
| Viscosidad cinemática del agua a 45°F                               | v =  | 5,92015E-06 | 5,92015E-06 | Ft <sup>2</sup> /sec |
| Rugosidad absoluta en (ft) ver pag # 3-5 (CAMERON Hydraulic data)   | ε =  | 0,000005    | 0,000005    | Ft                   |
| Rugosidad Relativa  | ε <sub>relat</sub> = ε / D   | 0,000005    | 0,000004    |                      |
| Número de Reynold   | R= VD/v = VDP / μ (32,174)   | 718,813     | 575,050     |                      |
| Factor de Fricción (ver Diagrama Moody pag # 3-11) Colebrook (1939) | f > 1/(f) <sup>0.5</sup> = -2log [(ε/D+2,51/R(f)) <sup>0.5</sup> ] | 0,0125      | 0,0128      |                      |
| Cabezal de Fricción   | h <sub>f</sub> =(L/D)(V <sup>2</sup> /2g) = f(L/d)hv               | 0,056       | 3,041       | Ft                   |
| <b>Cabezal de Fricción Total</b>                                    | hf AB + hf BH  |             | <b>3,10</b> | Ft                   |

| Pérdidas en los Accesorios                     | diametro           | Cantidad | K     | hv=V <sup>2</sup> /2g= | Kxhv         | Kxhv  | Unidad       |    |
|--|--------------------|----------|-------|------------------------|--------------|-------|--------------|----|
| Codo 12x90° Std                                | 12"                | 1        | 0,442 | 0,28                   | 0,124        |       | Ft           |    |
| Expansión gradual                              | 12" x 16"          | 1        | 0,6   | 0,28                   | 0,169        |       | Ft           |    |
| Codo radio largo                               | 16" x90° (r=3,0 m) | 3        | 0,22  | 0,12                   |              | 0,076 | Ft           |    |
| Curvatura larga                                | 16" x R= 900m      | 1        | 0,05  | 0,12                   |              | 0,006 | Ft           |    |
| <b>Total Pérdidas en accesorio</b>             |                    |          |       |                        | <b>0,293</b> |       | <b>0,082</b> | Ft |
| <b>Total Pérdidas en tuberías y accesorios</b> |                    |          |       |                        |              |       | <b>3,47</b>  | Ft |

| Cabezal Estático Disponible                                      |  |             |
|--|--|-------------|
| Cota del terreno en punto de descarga (punto B)                  |  | 121,4 Ft    |
| Cota del terreno en el punto de entrega ( punto H)               |  | 132,5 Ft    |
| Cabezal de entrada (Nivel liquido en operación del Clarificador) |  | 11,2 Ft     |
| <b>Total Cabezal Disponible</b>                                  |  | <b>4,67</b> |

Conclusión:

- 1 Cabezal Disponible > Total Pérdidas en tuberías y accesorios
- 2 Se puede descargar por gravedad



A continuación en la **Tabla # 27 (Cálculo del canal abierto de descarga de efluentes)**, presentamos el cálculo respectivo para el canal abierto.

Para descargar un caudal de 1500 GPM (0,0946 m<sup>3</sup>/sec) de afluente, en un canal abierto de sección transversal trapezoidal, el canal es construido con la pendiente natural del terreno y utilizando la tierra circundante.

Para realizar este cálculo se utilizó los conceptos del capítulo # 10 del libro “MECÀNICA DE FLUIDOS Y MÀQUINAS HIDRAULICAS” por Claudio Mataix. Concretamente la Ecuación de Chezy, y la Fórmula de BAZIN, con lo que obtenemos que el canal operaría a una altura de liquido de **h=0,30 m**, y a una velocidad de flujo **V= 0,35 m/sec**. Además en el **Plano # 12**, podemos observar el Levantamiento Topográfico, del trazado del Canal Abierto., el **Plano # 13**, observamos la Trayectoria definitiva de la Tubería y del Canal Abierto.

Y en el **Plano # 14**, se muestran Detalles constructivos de los Vertederos de las Lagunas.

**TABLA 27****CALCULO DE CANAL ABIERTO DE DESCARGA DE EFLUENTES**

**CALCULO DE CANAL ABIERTO DE DESCARGA DE EFLUENTES**

**A.0.- DATOS GENERALES DEL PROYECTO:**  
 Nombre del Proyecto: TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES "CLARIFICADOR"  
 Descripción d' Instalac.: Diseño del Canal Abierto de descarga de Efluentes  
 Area de aplicación: Fabrica General  
 Fecha: 24-Jun-98  
 Codigo: \_\_\_\_\_

| Fluido               | Efluente    |            |
|----------------------|-------------|------------|
| Sólidos              | 0,17        | TM/día     |
| Consistencia         | 0,003       | %          |
| Caudal               | 1193        | GPM        |
| <b>Caudal diseño</b> | <b>1500</b> | <b>GPM</b> |

| Succión          | Diam              | m      | ft      |
|------------------|-------------------|--------|---------|
| h1=              |                   | 4,826  | 15,8    |
| L1=              | 12                | 0      | 0,0     |
| Accesorios       | cant              | diam   | tipo    |
| Entrada          |                   |        |         |
| Valvula          |                   |        |         |
| Codo             |                   |        |         |
| Punto H          | Descarga          | Diam   | m       |
| Cota H           |                   | 40,404 | 132,5   |
| Cota I           |                   | 39,394 | 129,2   |
| Cota J           |                   | 39,688 | 130,2   |
| Desnivel terreno |                   | -1,01  | -3,31   |
| Cabezal Estatico |                   | 3,82   | 12,52   |
| Tramo HI         | L <sub>HI</sub> = | 868,75 | 2849,5  |
| Tramo IJ         | L <sub>IJ</sub> = | 89,92  | 294,9   |
|                  |                   |        | 0,0     |
|                  |                   | 958,67 | 3.144,4 |

| Descripción  | Símbolo / Formula   | Tramo HJ         | Unidad      |
|--|---|------------------|-------------|
| <b>Determinaremos la altura h del agua en el canal trapezoidal mostrado en la figura para descargar un caudal de 1500 GPM, siguiendo la pendiente natural del terreno, el canal es construido con la tierra arcillosa ordinaria existente.</b> |   |                  |             |
| <b>Referencia: "MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS" (Claudio Mataix)</b>   |   |                  |             |
| Capítulo # 10: "Resistencia de Superficie: Pérdidas Primarias en Ductos Abiertos o Canales"  |   |                  |             |
| Aplicando Bernoulli entre 1 y 2<br>si el canal es de sección transversal constante entonces la velocidad es constante<br>La pérdida de energía entre los punto 1 y 2   | $p_1/\gamma + z_1 + V_1^2/2g - H_f = p_2/\gamma + z_2 + V_2^2/2g$<br>$V_1 = V_2$<br>$p_1/\gamma = p_2/\gamma$                         |                  |             |
| <b>Radio Hidraulico</b><br>Area transversal (depende de la geometría del canal)<br>Perímetro mojado por la sección transversal   | $Rh = At/pm$<br>At<br>pm  |                  |             |
| <b>Consideramo Velocidad en un canal, con movimiento Uniforme, utilizaremos la Primera Formula de Chezy</b>  | $Hr = z_1 - z_2 = \lambda L V^2 / 8g Rh$<br>$(z_1 - z_2)/L' = s = \lambda V^2 / 8g Rh$<br>$s = (z_1 - z_2)/L'$                        |                  |             |
| De la formula de <b>Darcy - Weisbach</b> para el cálculo de tuberías de sección constante expresada en función del Radio hidraulico  | $Hr = z_1 - z_2 = \lambda L V^2 / 8g Rh$<br>$(z_1 - z_2)/L' = s = \lambda V^2 / 8g Rh$<br>$s = (z_1 - z_2)/L'$                        |                  |             |
| La pendiente del Canal es:<br>para inclinaciones pequeñas<br>Cota en el punto 1 (inicio del canal abierto)<br>Cota en el punto 2 (entrada a las Lagunas)<br>Diferencia de potencial  | $(z_1 - z_2)/L$<br>$tg \alpha = \text{sen } \alpha = s$   |                  |             |
| La longitud total del Canal es   |   |                  |             |
| <b>Pendiente del Terreno Natural</b>   |   |                  |             |
| La Ecuación de Chezy<br>Ecuac 10.5<br>Donde el Coeficiente C es:   | $V = (8g/\lambda)^{1/2} (Rhs)^{1/2}$<br>$V = C(Rhs)^{1/2}$<br>$C = (8g/\lambda)^{1/2}$<br>$C = 87 / (1 + m/(Rh)^{1/2})$<br>m =        |                  |             |
| Para determinar el Coeficiente C usaremos la fórmula de <b>BAZIN</b><br>Donde los valores de m se definen en la Tabla # 10-1 (para Tierra regular)<br>El Caudal por la ecuación de Chesy se expresa asi:                                       | $Q = AV = AC(Rhs)^{1/2}$<br>$Q = K(s)^{1/2}$<br>$K = CA(Rh)^{1/2}$<br>$At = (B+b)h/2$<br>$B = b + 2x = b + 2htan\alpha$<br>$\alpha =$ |                  |             |
| Para calcular el Radio Hidraulico primero determinamos el <b>Area transversal</b>  | Si:<br>Area del trapecio $At = h^2 + bh$  |                  |             |
| El Perímetro mojado es: pm = b + 2(h/senα)<br>Ancho de la base menor del canal es 0,60m<br>Factor de conversión 1GPM = 6,309x10 <sup>-5</sup> m3/sec<br>Caudal   |   |                  |             |
| Donde K es:<br>Para calcular el Radio Hidraulico primero determinamos el <b>Area transversal</b>   |   |                  |             |
|  |   |                  |             |
|  |   |                  | 45 °<br>0,0 |
|  |   | 0,60 m           |             |
|  |   | 6,309E-05 m³/sec |             |
|  |   | 1500,00 GPM      |             |
|  |   | 0,0946 m³/sec    |             |

Variando los valores de h calcularemos para cada valor de h lo siguiente: At Area transversal efectiva, pm (perímetro mojado), Rh (Radio hidraulico), C (coeficiente con la formula de BAZIN), y el Coeficiente K de la Ecuación de Chezy

| h (m)        | At=h²+bh        | Pm=b+2(h/sen45) | Rh=At/Pm     | C=87/(1+m/(Rh)¹/²) | K=CA(Rh)¹/²  |
|--------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------------|--------------|
| m            | m²              | m               | m            | m³/sec             | m³/sec       |
| 0,1          | 0,07            | 0,883           | 0,079        | 21,649             | 0,427        |
| 0,15         | 0,1125          | 1,024           | 0,110        | 24,405             | 0,910        |
| 0,2          | 0,16            | 1,166           | 0,137        | 26,409             | 1,565        |
| 0,25         | 0,2125          | 1,307           | 0,163        | 27,991             | 2,398        |
| 0,3          | 0,27            | 1,449           | 0,186        | 29,305             | 3,416        |
| <b>0,302</b> | <b>0,272404</b> | <b>1,454</b>    | <b>0,187</b> | <b>29,353</b>      | <b>3,461</b> |
| 0,35         | 0,3325          | 1,590           | 0,209        | 30,433             | 4,627        |

| h            | K=CA(Rh)¹/²  |
|--------------|--------------|
| m            | m³/sec       |
| 0,1          | 0,43         |
| 0,15         | 0,91         |
| 0,2          | 1,57         |
| 0,25         | 2,40         |
| 0,3          | 3,416        |
| <b>0,302</b> | <b>3,461</b> |
| 0,35         | 4,627        |

Caudal Q= 0,0946 m³/sec  
 Pendiente s= 0,001  
 K=Q/(s)¹/² = 3,46 m³/sec

**La solución de la curva K=f(h), da la altura de operación del canal cuando descarga 1500GPM**  
 h= 0,30  
**La Velocidad del fluido será**  
 V= C(Rhs)¹/² = 0,35 m/sec

## 2.8 Implantación del sistema

A continuación paso a describir como se realizó la implantación del sistema de tratamiento de efluentes de Papelera Nacional, como se ha podido observar a lo largo de los capítulos anteriores éste proyecto fue implementado por etapas: tal como fue descrito en el Capítulo # 1, en esta parte se exponen los cronogramas de seguimiento utilizando el Software de administración de proyectos, Microsoft Project: los mismos que son descritos en el **APENDICE M**.

- \* Implementación del Trommel y Separplast. GR II.
- \* Implementación del Clarificador Krofta Supercell SPC-27
- \* Implementación de la Prensa de Lodos Phoenix WX 2.2E
- \* Implementación del Tratamiento de Externo de Efluentes.

Como resultado de la Ingeniería de detalle se resume en los planos de instalación, concretamente el **Plano # 15**: muestra los planos de Implantación y Elevaciones Típicas de la Implementación del Clarificador KROFTA Supercell SPC-27. y el **Plano # 16**: Representa la Implementación de la Prensa de Lodos. A continuación se presenta algunas de las fotos más significativas del proceso de implementación del Clarificador Krofta. La Figura 2.17 representa el proceso constructivo de las Obras Civiles de la Cisterna de la

Estación de Bombeo del Clarificador, la Figura 2.18 representa el proceso de Montaje del Clarificador. Y la Figura 2.19 representa la construcción de la Estructura de Cubierta de la Nave del Clarificador. Finalmente en la Figura 2.20 se presenta el Cronograma General de Implementación del Proyecto.



**FIGURA 2.17 OBRAS CIVILES DE LA CISTERNA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DEL CLARIFICADOR**



**FIGURA 2.18 PROCESO DE MONTAJE DEL CLARIFICADOR KROFTA**



**FIGURA 2.19 MONTAJE DE ESTRUCTURA DE CUBIERTA DEL  
CLARIFICADOR**

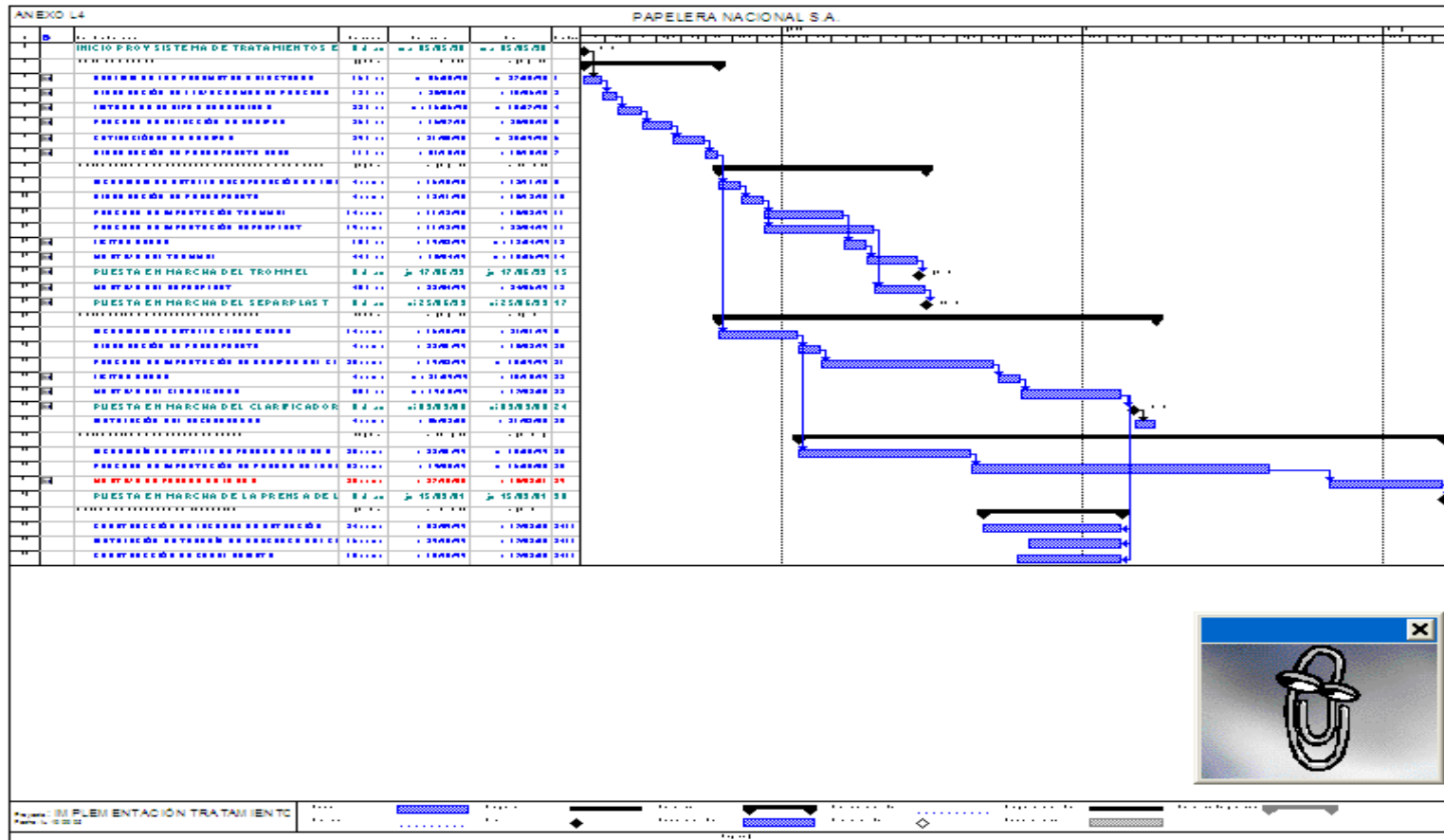


FIGURA 2.20 CRONOGRAMA GENERAL DEL PROYECTO TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES PANASA



## CAPITULO 3

### 3 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1 Comparación de los Parámetros de los efluentes antes y después del proyecto.

A continuación compararemos los valores de los parámetros que se afectaron con la implementación del proyecto “TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTE”, los mismos que resumimos en la **Tabla # 28. “Análisis de Parámetros afectados antes y después del proyecto”**. Tal como fue expuesto en el Item 5 del Capítulo 1, este proyecto fue planteado para mejorar dos tipos de parámetros, los cuantificables y los no-cuantificables en el cual se presentaba la situación actual (inicio del proyecto), y lo que se pretendía conseguir con la implementación del proyecto.

Debemos indicar que lo que se logró está reflejado en el Flujo grama Balanceado, del proceso. Para los parámetros más representativos tenemos Por ejemplo:

Los Sólidos Totales Suspendidos (**STS**) reducción de **600 a 45 ppm. (-93%)**

Los Sólidos Totales Disueltos (**STD**) reducción de **1400 a 1000 ppm (-29%)**

La Demanda Química de Oxígeno (**DQO**) reducción de **1340 a 700 ppm (-48%)**

La Demanda Bio-química de Oxígeno (**DBO5**) reducción de **360 a 170 ppm, (-53%).**

**TABLA 28**

**ANÁLISIS DE PARÁMETROS CUANTIFICABLES ANTES Y  
DESPUES DEL PROYECTO**

| Análisis de Parámetros Cuantificables Antes y Después del Proyecto |        |            |        |           |                          |           |                    |           |
|--|--------|------------|--------|-----------|--------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| PARAMETROS CUANTIFICABLES  | UNIDAD | PROYECCIÓN |        |           | DESPUES DEL CALRIFICADOR |           | DESPUES DE LAGUNAS |           |
|  |        | ACTUAL     | FUTURA | VARIACIÓN | REAL                     | VARIACIÓN | REAL               | VARIACIÓN |
|  |        | CANT       | CANT   | %         | CANT                     | %         | CANT               | %         |
| Sólidos Totales Suspendidos (STS)                                  | ppm    | 600        | 121    | -80%      | 50                       | -92%      | 45                 | -93%      |
| Sólidos Totales Disueltos (STD)                                    | ppm    | 1.400      | 285    | -80%      | 1.100                    | -21%      | 1.000              | -29%      |
| Sólidos Totales (ST)   | ppm    | 3.154      | 645    | -80%      | 1.150                    | -64%      | 1.045              | -67%      |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)                                   | ppm    | 1.340      | 270    | -80%      | 900                      | -33%      | 700                | -48%      |
| Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)                                | ppm    | 360        | 73     | -80%      | 270                      | -25%      | 170                | -53%      |
| Oxígeno Disuelto (OD)  | ppm    | 3,1        | 4,6    | 48%       | 3,4                      | 10%       | 0,6                | -81%      |
| Sólidos Flotantes en el Canal                                      | KG/D   | 200        | 20     | -90%      | 0                        | -100%     | 0                  | -100%     |
| Potencia de Hidrógeno (pH)   | pH     | 7,1        | 7,1    | 0%        | 6,9                      | -3%       | 6,5                | -8%       |
| Temperatura (T)  | °C     | 44         | 44     | 0%        | 40                       | -9%       | 33                 | -25%      |
| Sólidos Sedimentables en las Lagunas de Retención                  | TM/AÑO | 872        | 181    | -79%      |                          | -100%     | 61,7               | -93%      |
| Pérdida de Fibra   | TM/D   | 2,6        | 0,5    | -81%      | 0,34                     | -87%      | 0,17               | -93%      |
| Frecuencia de uso de montacargas y/o Pyloader                      | HR/D   | 4          | 0,5    | -88%      | 1                        | -75%      |                    |           |

Otro resultado importante de destacar es la reducción de la pérdida de Fibra en el proceso de depuración, que se consiguió con la inclusión del TROMMEL Y EL SEPARPLAST, la siguiente **Tabla # 29, “Análisis de Recuperación de Fibras”**. Como ya fue citado en el ítem 5 del Capítulo # 1, en el flujograma Balanceado del TROMMEL. y DEL SEPARPLAST, antes y después del proyecto.

**TABLA 29**  
**ANÁLISIS DE RECUPERACIÓN DE FIBRAS**

| Análisis de Recuperación de Fibras                  |          |                   |                       |                 |             |              |                |
|---|----------|-------------------|-----------------------|-----------------|-------------|--------------|----------------|
| Descripción   | Impureza | Fibra Recuperable | Fibra No- Recuperable | Sin TROMMEL Sin | SEPARPLAST  | Con TROMMEL, | Con SEPARPLAST |
|   |          |                   |                       | TM/dia          | TM/dia      | TM/dia       | TM/dia         |
| <b>Proyecto TROMMEL</b>                             |          |                   |                       |                 |             |              |                |
| Rechazo del Bell Purge                              | X        | X                 |                       | 1,8             | 0,2         |              |                |
| Rechazos del Raguer                                 | X        |                   | X                     | 1,2             | 1,2         |              |                |
| Rechazos del Clamp Bucket                           | X        |                   | X                     | 0,5             | 0,50        |              |                |
| Rechazos del Limpiador de Alta Densidad             | X        |                   | X                     | 2,54            | 2,54        |              |                |
| <b>Rechazos de la Zaranda Vibratoria</b>            | X        | X                 |                       | <b>3,91</b>     | <b>2,47</b> | <b>1,44</b>  |                |
| Rechazos del TROMMEL                                |          |                   |                       |                 | 1,14        |              |                |
| <b>Proyecto SEPARPLAST</b>                          |          |                   |                       |                 |             |              |                |
| Rechazos del Limpiadores Secundarios Uniflow        | X        |                   |                       | 2,7             | 2,7         |              |                |
| Rechazos de la Criba                                | X        | X                 |                       | <b>4,04</b>     | <b>0,00</b> |              |                |
| Rechazos del Separplast                             | X        |                   |                       |                 | 0,33        |              |                |
| <b>Rechazos de la Prensa de Lodos</b>               | X        | X                 |                       | 6,06            | 2,43        | <b>3,63</b>  |                |
|   |          |                   |                       |                 |             |              |                |
| <b>Rechazos totales del Sistema</b>                 |          |                   |                       | 11,66           | 8,07        |              |                |
| <b>Fibra Recuperada Total</b>                       |          |                   |                       |                 |             |              | <b>5,07</b>    |
| <b>Reducción del Volumen desalojado de desechos</b> |          |                   |                       |                 |             | <b>3,59</b>  |                |

Como podemos observar se logró una **Recuperación de Fibras de 1,44 TM/D** por la Implementación del TROMMEL y una recuperación de fibra de **3,63 TM/D** debido a la implementación del SEPARPLAST.

Además se observa como consecuencia de esto una reducción en el volumen de desechos a desalojar lo que representa una disminución de la frecuencia de uso de los montacargas y/o Payloader. Lo cual incide directamente en el costo de mantenimiento de estos equipos.

#### **Análisis Económico.**

Como se puede observar en los presupuesto de implementación de cada uno de los proyectos que desarrollaron como parte del Plan de acción de control de Impacto ambiental en Papelera Nacional para lograr la reducción del Impacto ambiental de nuestra planta industrial, demandó de parte de la alta dirección de la empresa un gran esfuerzo económico, como lo demuestra en la **Tabla # 30 “Presupuesto vs Real de Proyecto Tratamiento de Efluentes”** donde se compara los valores proyectados y reales incurridos en este proyecto: Como se puede observar que la implementación de este proyecto representó una **Inversión, de USD 1'075.685** los cuales fueron desarrollados desde el año 1998 hasta el año 2001, es

decir un promedio de **365.561 USD/año**. lo que es un indicativo de la seriedad con que se trata el tema ambiental en Papelera Nacional.

**TABLA 30**

**PRESUPUESTO VS REAL DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES**

| PRESUPUESTO VS REAL DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES         |   |                  |                  |
|---|---|------------------|------------------|
| Proyecto: "SISTEMA DE TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES" |   |                  |                  |
|   | DESCRIPCIÓN   | PRESUPUESTO      | REAL             |
|   |   | USD              | USD              |
| 1   | <b>1era ETAPA: "RECUPERACIÓN DE FIBRAS" TROMMEL Y SEPARPLAST (ver ANEXO E1)</b>         |                  |                  |
|   | Total Equipos FOB   | 168.120          | 167.630          |
|   | Internación, flete, Seguros e Impuestos   | 42.030           | 41.907           |
|   | Instalación   | 63.205           | 44.975           |
|   | <b>Total 1era Etapa "RECUPERACIÓN DE FIBRA TROMMEL Y SEPARPLAST"</b>                    | <b>273.355</b>   | <b>254.513</b>   |
| 2   | <b>2da ETAPA: "TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES (CLARIFICADOR KROFTA) Vers ANEXO E2</b> |                  |                  |
|   | Total Equipos FOB   | 279.830          | 315.251          |
|   | Internación, flete, Seguros e Impuestos   | 69.958           | 78813            |
|   | Instalación   | 121.290          | 117.328          |
|   | <b>TOTAL 2da ETAPA: "TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES (CLARIFICADOR KROFTA)"</b>        | <b>471.078</b>   | <b>511.391</b>   |
| 3   | <b>3da ETAPA: "PRENSA DE LODOS PHOENIX</b>  |                  |                  |
|   | Total Equipos FOB   | 114.705          | 133.145          |
|   | Internación, flete, Seguros e Impuestos   | 28.676           | 24.241           |
|   | Instalación   | 36.521           | 36.025           |
|   | <b>TOTAL 2da ETAPA PRENSA DE LODOS PHONEX</b>   | <b>179.902</b>   | <b>193.411</b>   |
| 4   | <b>3era ETAPA: DESCARGA DE EFLUENTES MOLINOS</b>  |                  |                  |
|   | TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE AGUA CLARIFICADA   | 62.073           | 62.073           |
|   | LAGUNA DE RETENCIÓN   | 35.685           | 35.685           |
|   | CANAL ABIERTO   | 17.996           | 18.611           |
|   | <b>TOTAL DESCARGA DE EFLUENTES</b>  | <b>115.755</b>   | <b>116.370</b>   |
|   | <b>TOTAL PROYECTO</b>   | <b>1.040.090</b> | <b>1.075.685</b> |

Es importante resaltar que una parte de esta inversión generó retorno de inversión, como el caso de la 1era Etapa: “Recuperación de Fibra” el cual generó beneficios económicos para la empresa del orden de **75.000 USD/año** debido a la implementación del **TROMMEL**, y de **199.000 USD/año** debido a la implementación del **Separplast**.

No así los proyectos netamente de control ambiental como el Clarificador, la Prensa de Lodos y las Lagunas de Retención, no generan beneficio económico alguno sino que más bien generan gastos operacionales debidos básicamente la incorporación en el proceso el tratamiento de floculación por aire disuelto, el tratamiento de los lodos, y el tratamiento en las lagunas facultativas. Lo que involucra consumo de insumos químicos así como también un incremento en la demanda de energía eléctrica de la planta industrial, y el incremento de la mano de obra para el control operacional de la planta de tratamiento. Según datos contables este **costo operacional** está en el orden de **0,033 USD/m3** de agua tratada.

## CAPITULO 4

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### Conclusiones.

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

1. Como resultado de la implementación de este proyecto se han logrado importantes reducciones en los parámetros de control: **93% de reducción en STS, 29% de reducción en STD, 48% de reducción en DQO, y 53% de reducción en DBO5.**
2. Es posible revertir este criterio de que la Industria papelera es considerada industria contaminante, haciendo un manejo técnico y conciente del tema de control ambiental, como el que se ha expuesto en la presente tesis.

- 3 La industria papelera cumple una importante función en la comunidad, haciendo del manejo de los desechos, de los sistemas incorporados, tales como los de depuración de alta tecnología nos permite realizar una separación de contaminantes no biodegradables como los plásticos, polietilenos, polipropileno tintas, etc.
  
- 4 Por cuidar el medio ambiente. Se han logrado importantes beneficios económicos para la empresa, con la recuperación de fibra perdida en los desechos sólidos y/o en los efluentes. Representó (274.000 USD/año)
  
- 5 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.

### **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 mediato 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, los planes inmediatos son 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. METCALF AND EDDY, Ingeniería de Agua Residuales Volumen 2 (Tratamiento Vertido y Reutilización).
2. Ley ambiental, Registro Oficial 374.
3. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluente: Recurso Agua. (libro IV).
4. TOLOSA ANDRES ING., Compendio de Exposición de “QUÍMICA y Tipos de Tratamiento de Aguas Residuales” .
5. MANUAL DE BOMBAS GOULDS. Y Software de selección de Bombas PPS.
6. CAMERON HYDRAULIC DATA”, ngersoll-Dresser Pumps” .
7. CRANE, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías.
8. MATAIX CLAUDIO, Mecánica De Fluidos Y Máquinas Hidráulicas” .

## APÉNDICES

- Apéndice A Memoria técnica de dimensionamiento de lagunas de retención y oxidación.
- Apéndice B General information – pulp and paper industry.
- Apéndice C Listado de equipos de proceso
- Apéndice D Cuadro de cotizaciones de los equipos
- Apéndice E Análisis de inversión del proyecto
- Apéndice F Cálculo de bomba de alimentación al clarificador
- Apéndice G Cálculo de bomba de recirculación del ADT
- Apéndice H Cálculo de bomba de lodos a prensa.
- Apéndice I Friction losses in pipe
- Apéndice J Friction losses – paper stock flow.
- Apéndice K Análisis del test de jarra
- Apéndice L Parámetros típicos para diseño de lagunas de estabilización (METCALF & EDDY)
- Apéndice M Cronogramas de implementación parcial de cada proyecto

## Apéndice A

Memoria técnica de dimensionamiento de lagunas de  
retención y oxidación.



CIB-ESPOL

**DISEÑO DE LAGUNAS FACULTATIVAS****1) BASE DE DISEÑO:**

- 1.1 Temperatura del agua = 35 °C  
 Profundidad = 1,8 m
- 1.2 Caudal Industrial  
 $Q_{max} = 1200 \text{ GPM}$   
 $75 \text{ lt/seg}$   
 $6540 \text{ m}^3/\text{dia}$
- 1.3 Concentración del desecho industrial despues de Clarificador  
 $DB(\text{asumido}) = 250 \text{ mg/lt}$   
 Carga de DBO Total diaria =  $2068 \text{ Kg/dia}$  (antes del distribuidor de caudales)  
 Carga de DBO Total diaria entrando a cada laguna primaria =  $1034 \text{ Kg/dia}$

**2) RESTRICCIÓN DE DISEÑO**

- 2.1 Se construirán dos baterías de lagunas en paralelo. Cada batería constará de las unidades en serie
- 2.2 La profundidad del agua en las unidades es la siguiente  
 Laguna Primaria = 1,8 m  
 Laguna Secundaria = 1,5 m
- 2.3 La relación Largo/ ancho no debe ser mayor a 10/1; en este caso es aproximadamente (200/30) => 6.6/1

**3) REQUISITOS DE DISEÑO**

- 3.1 Area total del sistema de lagunas  
 3.2 Remoción del DBO  
 3.3 Remoción de sólidos en suspensión

**4) DESARROLLO**

- 4.1 Caudal industrial  $Q_{total} = 6540 \text{ m}^3/\text{dia}$   
 4.2 Carga de DBO (a cada Laguna primaria)  $1034 \text{ Kg/dia}$   
 4.3 Concentración de DBO (asumida)  $250 \text{ mg/lt}$   
 4.4 Area del sistema de lagunas

| # de Laguna   | Area<br>m <sup>2</sup> | Profundidad<br>m | Volumen<br>m <sup>3</sup> | Periodo de Retención<br>días |
|---------------|------------------------|------------------|---------------------------|------------------------------|
| Facultativa 1 | 6060                   | 1,8              | 10908                     | 3,3                          |
| Facultativa 2 | 5250                   | 1,5              | 7875                      | 2,4                          |

Entre las dos lagunas se alcanza un periodo de retención de 5,7 días que permite la biodegradación de la materia orgánica (DBO)

**4.5 Remoción del DBO**

En la primera laguna se removerá un 55% de DBO (sin aireación)  
 En la segunda laguna se llega al 75% de DBO (ver curva de remoción anexa)

**4.6 Borde Libre**

Para lagunas pequeñas (menos de 1 ha), en este caso es 0,6 ha < 1.0 ha el mínimo borde libre recomendado desde la corona o berma del dique hasta el nivel máximo del agua es de 0,5 m (Ref Wastewater Treatment, IHE, 1966).

**4.7 Estructura de entrada y salida**

Se ingresarán por tuberías sumergidas de 300 mm, y se diseñarán vertederos de flujo laminar tanto para las interconexiones como para las salidas

**4.8 Interconexiones de paso**

Las interconexiones de paso deben ser diseñadas para que pase un caudal de  $1,5 Q$ , donde  $Q$  es el flujo promedio diario. Para minimizar cortocircuitos, la entrada y la salida de cada laguna deben ser localizadas en esquinas opuestas o diagonales.

**4.9 AIREADORES**

En el caso de requerirse aireadores, estos deberán ser ubicados en las lagunas primarias y dependiendo de la potencia, requerirán o no bases para su instalación. En el presente caso se ha obtenido lo siguiente:

\* La capacidad de aireación mecánica máxima diaria asumiendo una concentración de entrada de DBO de 250 mg/l y un Caudal total de 1200 GPM

\*\* La carga máxima de Oxígeno disuelto en ambas lagunas primarias en función de la DBO es 5400 LbO<sub>2</sub>/día, por lo tanto existiendo en el mercado aireadores a partir de 900 Lb/día, se requerirá una media de 6 aireadores de 15 HP (3 por laguna) o en su defecto utilizar 8 aireadores de 10 HP c/u (4 por laguna)

Elaborado por:

Ing. Edison Evangelista  
 Asesor Ambiental PANASA

## **Apéndice B**

**General information – pulp and paper industry.**

### General Information—Pulp and Paper Industry\*

#### Definitions of Commonly Used Terms:

- Fiber(s):** Cellulosic cell structures derived from the original plantlife source or from previously manufactured paper products; normally considered as water insoluble.
- Pulp:** A composite mixture of cellulosic fibers constituting the basic material used for paper making.
- Stock:** A designation of pulp (fibers) in process flow. In this Section, the terms "stock" or "paper stock" denote pulp (fibers) and water mixtures or suspensions. This usage excludes the presence of non-cellulosic materials such as fillers or dissolved solids.
- Consistency:** Equivalent to the terms "suspended solids" or "insoluble solids." In this Section, "consistency" is defined as the fiber or pulp content expressed as a weight percentage of a paper stock, pulp slurry, or pulp cake (fiber-water mixtures).
- Oven Dry:** Abbreviated as OD and signifying a moisture-free condition of pulp (fibers).
- Air Dry:** Abbreviated as AD and denoting an assumed moisture content of 10%, on a wet weight basis, for a pulp (fibers).
- AD value =  $1.11 \times$  OD value  
OD value =  $0.90 \times$  AD value
- Tons Per Day:** Pulp mill production rate, generally expressed as tons of OD or AD pulp per day or 24 hours. The production rate can be calculated as follows:
- Short Tons of Pulp per Day  
= (Stock Flow in US GPM) (C) (0.06)  
Where: C = stock consistency expressed as a percentage  
0.06 = derived constant

\* Courtesy of IMPCO Division, Ingersoll-Rand Company, Nashua, N. H. 03060.

### INGERSOLL-RAND CAMERON HYDRAULIC DATA

Notes: (1) Use OD consistency value to obtain OD pulp production rate.

Use AD consistency value to obtain AD pulp production rate.

(2) The equation constant, C, was derived by use of water density value of 8.34 lb/U.S. gallon, the density value at 55°F; therefore, the equation is accurate only at stock consistencies of 0.1% or less, and at a stock temperature of 55°F.

Solutions of the production rate equation for a normal range of stock flow and consistencies are shown on the chart on page 3-109.

Example: What is the flow in US GPM of 5.0% OD consistency stock equivalent to a production rate of 100 short tons of OD pulp per day?

Solution: Locate 100 TPD value on Y-axis and follow horizontal line until it intersects the 5.0% consistency line. Follow vertical line from the point of intersection to the X-axis and read 333 US GPM as the stock flow equivalent.

Note: Chart can be used for either OD or AD values but not for mixed values.

#### Weight and Volume Relationships for Cellulose Fiber-Water Suspensions

The accompanying Tables (1, 2, 3 and 4) indicate weight and volume relationships for cellulose fiber-water suspensions.

The appropriate values given in Tables 2, 3 and 4 were calculated to reflect stock density change with change in pulp (fiber) content of the stock. An equation, shown below, was derived to enable calculation of stock density at any given stock consistency.

$$\text{Stock Density (lb/gal)} = (8.34) + (2.33 \times \% \text{ cons.})$$

Where: 8.34 = lb water in US Gal. @ 55°F  
3.33 = rate of change factor

% Cons. = % OD Stock consistency, expressed as a decimal.

## **Apéndice C**

### **Listado de equipos de proceso**



Anexo C: "LISTADO GENERAL DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO"

ROYECTO:

TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES DE MOLINOS DE PAPEL

jun-98

| TEM      | EQUIPO  | EQUIPO |       | SUMINISTRO |       | CONSTRUCCIÓN LOCAL |      |        |          |
|----------|---|--------|-------|------------|-------|--------------------|------|--------|----------|
|          |   | EXIST. | NUEVO | IMPORT.    | LOCAL | CIVIL              | MEC. | ELECT. | INSTRUM. |
| <b>1</b> | <b>1era Etapa: Recuperación de fibra "TROMMEL"</b>    |        |       |            |       |                    |      |        |          |
| 1.1      | HIDROPULPER   | X      |       |            |       |                    |      |        |          |
| 1.2      | TRAMPA DE SOLIDOS PESADOS Y LIVIANOS                  | X      |       |            | X     | X                  |      |        |          |
| 1.3      | BEL PURGE   | X      |       |            |       |                    |      |        | X        |
| 1.4      | TANQUE DE RETENCIÓN                                   |        | X     |            | X     |                    | X    |        |          |
| 1.5      | TAMBOR DESAGUADOR TROMMEL                             |        | X     | X          |       | X                  | X    |        | X        |
| 1.6      | BOMBA DUCHAS DEL TROMMEL                              |        | X     | X          | X     | X                  | X    |        |          |
| 1.7      | SISTEMA DE TUBERIAS DEL TROMMEL                       |        | X     |            |       |                    |      |        |          |
| 1.8      | MCC Y ACOMETIDA                                       |        | X     |            | X     |                    |      | X      |          |
| <b>2</b> | <b>1era Etapa: Recuperación de fibra "SEPARPLAST"</b> |        |       |            |       |                    |      |        |          |
| 2.1      | CRIBA PRIMERIA  | X      |       |            |       |                    |      |        |          |
| 2.2      | CRIBA SECUNDARIA                                      | X      |       |            |       |                    |      |        |          |
| 2.3      | SEPAR PLAST GR II                                     |        | X     | X          |       | X                  | X    | X      | X        |
| 2.4      | BOMBA A DUCHAS DEL SEPARPLAST                         |        | X     | X          |       | X                  | X    | X      |          |
| 2.5      | TRASPORTADOR DE PALETAS                               |        | X     | X          | X     | X                  | X    | X      |          |
| 2.6      | CARRETON  |        | X     |            | X     |                    | X    |        |          |
| <b>3</b> | <b>Tratamiento de Efluentes "CLARIFICADOR"</b>        |        |       |            |       |                    |      |        |          |
| 3.1      | CÁMARA DE TRANSFERENCIA                               |        |       |            | X     | X                  |      |        |          |
| 3.2      | ESTACIÓN DE BOMBEO                                    |        |       |            | X     | X                  |      |        |          |
| 3.3      | BOMBA AL CLARIFICADOR                                 |        | X     | X          |       | X                  | X    | X      |          |
| 3.4      | CLARIFICADOR DAF (DISOLVED AIR FLOTATION)             |        | X     | X          | X     | X                  | X    | X      | X        |
| 3.5      | MICRONIZADOR DE AIRE ADT (AIR DISOLVED TUBE)          |        | X     | X          |       | X                  | X    | X      |          |
| 3.6      | BOMBA DE RECIRCULACIÓN DEL ADT                        |        | X     |            | X     | X                  | X    | X      |          |
| 3.7      | COMPRESOR DE AIRE                                     |        | X     |            | X     | X                  | X    | X      |          |
| 3.8      | TANQUE DE AGUA CLARIFICADA PARA DUCHAS                |        |       |            |       | X                  | X    |        |          |
| 3.9      | BOMBA DE DUCHAS DE PRENSA DE LODOS                    |        | X     | X          | X     | X                  | X    | X      |          |
| 3.10     | SISTEMA DE BOMBEO DE COAGULANTE (SULFATO DE ALUMINIO) |        | X     |            | X     | X                  | X    | X      |          |
| 3.11     | SISTEMA DE BOMBEO DE FLOCULANTE (POLÍMERO ANIONICO)   |        | X     |            | X     | X                  | X    | X      |          |
| 3.12     | SISTEMA DE TUBERIAS DEL CLARIFICADOR                  |        |       | X          |       | X                  | X    |        |          |
| <b>4</b> | <b>PRENSA DE LODOS</b>                                |        |       |            |       |                    |      |        |          |
| 4.1      | TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN DE LODOS                     |        | X     |            | X     | X                  | X    | X      |          |
| 4.2      | BOMBA DE LODOS  |        | X     | X          |       | X                  | X    | X      |          |
| 4.3      | PRENSA DE LODOS                                       |        | X     | X          |       | X                  | X    | X      | X        |
| 4.4      | TANQUE DE AGUA CLARIFICADA PARA DUCHAS                |        | X     |            | X     | X                  | X    |        |          |
| 4.5      | BOMBA DE DUCHAS DE PRENSA DE LODOS                    |        | X     | X          |       | X                  | X    | X      |          |
| 4.6      | CARRETON  |        | X     |            | X     |                    | X    |        |          |
| 4.7      | SISTEMA DE TUBERIAS DE LA PRENSA DE LODOS             |        | X     | X          |       |                    | X    |        |          |
| 4.8      | TRANSFORMADOR   |        | X     | X          |       | X                  |      | X      |          |
| 4.9      | MCC Y ACOMETIDA                                       |        | X     | X          |       |                    | X    | X      |          |
| 4.10     | INSTRUMENTACIÓN                                       |        | X     | X          |       |                    |      |        | X        |
| <b>5</b> | <b>LAGUNAS DE RETENCIÓN</b>                           |        |       |            |       |                    |      |        |          |
| 5.1      | TUBERIA DE DESCARGA DE AGUA CLARIFICADA AL CANAL      |        |       |            | X     | X                  |      |        |          |
| 5.2      | CANAL DE AGUA CLARIFICADA HACIA LAGUNAS               |        |       |            | X     | X                  |      |        |          |
| 5.3      | LAGUNAS DE RETENCIÓN Y OXIDACIÓN                      |        |       |            | X     | X                  |      |        |          |



CIB-ESPOL

## **Apéndice D**

### **Cuadro de cotizaciones de los equipos**

# Anexo D: "CUADRO DE COTIZACIONES DE LOS EQUIPOS"

SUB-GERENCIA TECNICA

PROYECTOS Y PLANIFICACIÓN

PROYECTO:

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES MOLINOS DE PAPEL

FECHA: 5-OCT-98

AREA DE APLICACIÓN MOLINO 2 Y FABRICA GENERAL

Tipo de Cambio 6300

Tipo de cambio

| A.2.- EQUIPOS SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES |   | PROVEEDOR       | FECHA     | COTIZACION               | Precio F.O.B. COTIZAC. F.O.B. | PLAZO          |
|---|---|-----------------|-----------|--------------------------|-------------------------------|----------------|
|   |   |                 |           |                          | USD                           | SEM            |
| A.2.1.-   | TROMMEL, INCLUIDO MOTOR                               | NILSEN & HIBERT | 01-Oct-98 |                          | 50.000                        | 14 SEM         |
| A.2.2.-   | CLARIFICADOR  |                 |           |                          |                               |                |
|   | BELOIT MODELO BDAF-1500                               | BELOIT          | 24-Sep-98 | BR-B 0871                | 160.700                       | 28 SEM         |
|   | KROFTA MODELO SUPERCELL SPC-27                        | KROFTA          | 30-Sep-98 | (PE)-KSA-4220/98-ECUADOR | 243.700                       | DE 12 A 18 SEM |
| A.2.3.-   | BOMBA DE EFLUENTES AL CLARIFICADOR (CON BASE Y MOTOR) | LA LLAVE        | 28-Sep-98 | GPML1098                 | 6.970                         | DE 7 A 9 SEM   |
| A.2.4.-   | REDUCTOR Y BANDA DE CAUCHO PARA TRANSPORTADOR         |                 |           |                          |                               |                |
|   | REDUCTOR  | LA LLAVE        | 28-Sep-98 | N° 82905                 | 1.596                         | INMEDIATA      |
|   |   | ECUAFLUID S.A.  | 24-Sep-98 | N° 1663/98               | 2.070                         | INMEDIATA      |
|   | BANDA   | CTMCM           | 15-Sep-98 | N° 1415                  | 1.248                         | DE 4 A 6 SEM   |
|   | CONSTRUCCIÓN DEL CANDUCTOR                            | CTMCM           | 15-Sep-98 | N° 1415                  | 5.200                         | DE 4 A 6 SEM   |
|   |   | CTMCM           | 15-Sep-98 | N° 1415                  | 9.383                         | DE 4 A 6 SEM   |
| A.2.5.-   | CRIBAS PARABÓICAS HYCOR HYDROSCREEN HS-27             | WATERLINK-HYCOR | 23-Sep-98 | 980.491                  | 29.820                        | 8 SEM          |
| A.2.6.-   | BOMBA PARA DUCHAS DEL TROMMEL (170 GPM/150FT)         |                 |           |                          |                               |                |
|   |   | LA LLAVE        | 29-Sep-98 | GPML0898                 | 2.940                         | INMEDIATA      |
|   |   | LA LLAVE        | 29-Sep-98 | GPML1198                 | 2.988                         | DE 7 A 9 SEM   |
| A.2.7.-   | TRANSFORMADOR MCC Y ACOMETIDAS                        | UNITES          | 20-Sep-98 | S-1245                   | 26.650                        | DE 7 A 9 SEM   |
| A.2.8.-   | VALVULAS Y ACCESORIOS                                 | UNITES          | 18-Sep-05 | S-1569                   | 19.300                        | DE 10 A 12 SEM |
| A.2.9.-   | INSTRUMENTACIÓN                                       | UNITES          | 15-Sep-98 | s-1346                   | 6.800                         | 8 SEM          |
| A.2.10.-  | SEPARPLAST GR II                                      | MAULE           | 28-Oct-98 |                          | 70.000                        | 18 SEM         |

TOTAL EQUIPOS SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES 374.428

TOTAL DE EQUIPOS 374.428

## **Apéndice E**

### **Análisis de inversión del proyecto**

## ANALISIS DE INVERSION (Presupuesto 1era Etapa: "Recuperación de Fibra")

SUB-GERENCIA TECNICA

FECHA: 5-Oct-98

PLANIFICACION

COD. \_\_\_\_\_

PROYECTO: TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES DE MOLINOS DE PAPEL  
1era ETAPA RECUPERACIÓN DE FIBRA (TROMMEL - SEPARPLAT)

AREA DE APLICACIÓN FABRICA GENERAL

### L- COSTO TOTAL DE INVERSION (US\$)

PRESUP

REAL

#### 1.1.- INGENIERIA

PANASA

EXTERNO

TOTAL

0

0

#### 1.2.- EQUIPOS DE IMPORTACIÓN

|           |  |        |       |
|-----------|--|--------|-------|
| * A.2.1.- | TROMMEL INCLUIDO MOTOR   | 50.000 | 50000 |
| A.2.2.-   | SEPARPLAST GRII  | 70.100 | 71200 |
| A.2.3.-   | MOTOREDUCTOR SHAFT MOUNTED PARA PLAST STRAINER                     | 2.400  | 2.848 |
| A.2.4.-   | REDUCTOR Y BANDA DE CAUCHO PARA TRANSPORTADOR DE BANDA (INCLINADA) | 3.718  | 2.929 |
| A.2.5.-   | REDUCTOR Y BANDA DE CAUCHO PARA TRANSPORTADOR (HORIZONTAL)         | 3.718  | 2.929 |
| A.2.6.-   | BOMBA PARA DUCHAS DEL TROMMEL (170 GPM 150 FT)                     | 2.842  | 2842  |
|           | BOMBA A DUCHAS DEL SEPARPLAST                                      | 2.842  | 2842  |
| A.2.7.-   | TRANSFORMADOR, MCC Y ACOMETIDA                                     | 7.500  | 3900  |
| A.2.8.-   | VALVULAS TUBERIAS Y ACCESORIOS                                     | 19.000 | 20480 |
| A.2.9.-   | INSTRUMENTACION  | 6.000  | 7660  |

#### SUB-TOTAL EQUIPOS FOB

168.120

167.630

FLETE

5.044

5.029

SEGURO

3.362

3.353

IMPUESTOS

8.406

8.381

DESADUANIZACION

25.218

25.144

#### TOTAL EQUIPOS

210.150

209.537

#### A.3.- MATERIALES (para instalación)

LOCAL

IMPORTACION

TOTAL

|                            |        |       |        |        |
|----------------------------|--------|-------|--------|--------|
| CIVILES                    | 5.578  |       | 5.578  | 3.170  |
| CONSTRUCCIÓN METALMECANICA |        |       | 0      | 5764   |
| MONTAJE MECANICOS          | 25.445 |       | 25.445 | 19.455 |
| ELECTRICOS                 | 5.000  |       | 5.000  | 700    |
| INSTRUMENTACION            | 1.000  | 2.000 | 3.000  | 200    |

#### TOTAL MATERIALES

39.023

29.289

#### A.4.- INSTALACION

|                            |        |   |        |
|----------------------------|--------|---|--------|
| OBRAS CIVILES              | 3.718  | } | 15.686 |
| CONSTRUCCIÓN METALMECÁNICA |        |   |        |
| OBRAS MONTAJE MECANICAS    | 16.964 |   |        |
| OBRAS ELECTRICAS           | 2.500  |   |        |
| OBRAS INSTRUMENTACION      | 1.000  |   | 0      |

#### TOTAL INSTALACION

24.182

15.686

#### A.5.- ASISTENCIA TECNICA

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| MONTAJE             |  |  |
| ARRANQUE (START-UP) |  |  |

#### TOTAL ASISTENCIA TECNICA

0

0

#### A.6.- COSTO TOTAL DE INVERSION

273.355

254.513

**ANALISIS DE INVERSION (Presupuesto 2da Etapa: Clarificador KROFTA Supercell SPC-27")**

SUB-GERENCIA TECNICA  
 PROYECTOS Y PLANIFICACIÓN  
 PROYECTO:

arranque > 3-mar-00  
 FECHA: 5-oct-98 23-feb-99  
 COD. \_\_\_\_\_

**TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES DE MOLINOS DE PAPEL 2da ETAPA**  
 (CON CLARIFICADOR KROFTA SUPERCCELL SPC-27) Completo

AREA DE APLICACIÓN **FABRICA GENERAL**

ORDENADO  
 APROBACIÓN

**A.- COSTO TOTAL DE INVERSION (US\$)**

| A.1.- INGENIERIA | PANASA | EXTERNO | TOTAL    | VALOR REAL |
|------------------|--------|---------|----------|------------|
|                  |        |         | <b>0</b> |            |

**A.2.- EQUIPOS DE IMPORTACIÓN**

|           |  |         |         |
|-----------|--|---------|---------|
| * A.2.1.- | CLARIFICADOR KROFTA SUPERCCELL SPC-27 (completo) | 219.830 | 219.830 |
| A.2.2.-   | BOMBA DE EFLUENTES AL CLARIFICADOR (30 HP)       | 12.000  | 15.415  |
| A.2.3.-   | BOMBA DE RECIRCULACION ( 75 HP)                  | 4.000   | 15.392  |
| A.2.4.-   | COMPRESOR DE AIRE ( 10 HP )                      | 4.000   | 2.499   |
| A.2.5.-   | BOMBA DE FLOCULANTE                              | 5.000   | 3.516   |
| A.2.6.-   | BOMBA Y AGITADOR DE POLIMERO                     | 5.000   | 5.844   |
| A.2.7.-   | TRANSFORMADOR Y MCC                              | 15.000  | 26.651  |
| A.2.8.-   | VALVULAS TUBERIAS Y ACCESORIOS                   | 13.000  | 19.301  |
| A.2.9.-   | INSTRUMENTACIÓN                                  | 2.000   | 6.803   |
| A.2.10.-  | BOMBA DE Lodos                                   | 0       | 2.981   |
| A.2.11.-  | BOMBA DE ALIMENTACION DE SULFATO DE ALUMINIO     | 0       | 461     |
| A.2.12.-  | BOMBA DE ACHIQUE DEL ESTACION DE BOMBEO          | 0       | 791     |

**SUB-TOTAL EQUIPOS FOB**

|                 |        |       |
|-----------------|--------|-------|
| FLETE           | 8.395  | 9458  |
| SEGURO          | 5.597  | 6305  |
| IMPUESTOS       | 13.992 | 15763 |
| DESADUANIZACION | 41.975 | 47288 |

**TOTAL EQUIPOS**

| A.3.- MATERIALES                          | LOCAL         | IMPORTACION | TOTAL                |
|---|---------------|-------------|----------------------|
| OBRAS CIVILES (clarificador) (MATERIALES) | 33.000        |             | 33.000 23.002        |
| CIVILES ( tubería de PVC) (MATERIALES)    | 10.000        |             | 10.000 36.376        |
| CONSTRUCCIÓN METALMECANICA                | 12.590        |             | 12.590               |
| MONTAJE MECANICOS                         | 1.700         |             | 1.700                |
| ELECTRICOS                                | 6.500         |             | 6.500 4.119          |
| INSTRUMENTACION                           | 1.000         |             | 1.000                |
| <b>TOTAL MATERIALES</b>                   | <b>64.790</b> |             | <b>64.790 63.497</b> |



**CIB-ESPOL**

**A.4.- INSTALACION**

|  |               |               |
|--|---------------|---------------|
| OBRAS CIVILES (clarificador) (MANO OBRA) | 19.500        | 18.157        |
| CIVILES ( tubería de PVC) (MANO OBRA)    | 13.500        | 16.624        |
| CONSTRUCCIÓN METALMECÁNICA               | 7.500         | 14.050        |
| OBRAS MONTAJE MECANICAS                  | 10.000        |               |
| OBRAS ELECTRICAS                         | 5.000         | 5.000         |
| OBRAS INSTRUMENTACION                    | 1.000         | 0             |
| <b>TOTAL INSTALACION</b>                 | <b>56.500</b> | <b>53.831</b> |

**A.5.- ASISTENCIA TECNICA**

|                                 |          |           |
|---------------------------------|----------|-----------|
| MONTAJE                         |          | 66        |
| ARRANQUE (START-UP)             |          |           |
| <b>TOTAL ASISTENCIA TECNICA</b> | <b>0</b> | <b>66</b> |

**A.6.- COSTO TOTAL DE INVERSION**

|                |                |
|----------------|----------------|
| <b>471.078</b> | <b>511.457</b> |
|----------------|----------------|

## ANALISIS DE INVERSION (Presupuesto 2da Etapa "Prensa de Lodos")

SUB-GERENCIA TECNICA  
PLANIFICACION

FECHA: 23-Oct-00 16-Mar-01  
COD. PN-00-10-03

PROYECTO: PRESA DE LODOS DEL CLARIFICADOR

AREA DE APLICACIÓN FABRICA GENERAL

### A.- COSTO TOTAL DE INVERSION (US\$)

| A.1.- INGENIERIA | PANASA | EXTERNO | TOTAL [USD] | VALOR REAL [USD] |
|------------------|--------|---------|-------------|------------------|
|                  |        |         | 0           | 0                |

### A.2.- EQUIPOS DE IMPORTACIÓN

|           |  |         |         |
|-----------|--|---------|---------|
| A.2.1.-   | PRESA DE LODOS PHOENIX WX-2.2E                           | 102.900 | 109.569 |
| A.2.2.-   | BOMBA DE AGUA A DUCHA DE PRESA GOULDS 3196 STX 1X1 1/2X8 | 3.525   | 3.207   |
| * A.2.3.- | CENTRO DE CONTROL DE MOTORES ADVANTAGE SERIE 2100        | 4.500   | 5.035   |
| * A.2.4.- | EQUIPOS VARIOS DE INSTRUMENTACION                        | 3.780   | 6.570   |
| A.2.5.-   | TUBERIA Y ACCESORIOS DE AC INOX                          |         | 8.764   |

SUB-TOTAL EQUIPOS FOB 114.705 133.145

|                 |        |
|-----------------|--------|
| FLETE           | 3.441  |
| SEGURO          | 2.294  |
| IMPUESTOS       | 5.735  |
| DESADUANIZACION | 17.206 |

TOTAL EQUIPOS 143.381 157.386

| A.3. MATERIALES                        | PRESUPUESTO DE INSTALACION |        | REAL DE INST/ |        |
|--|----------------------------|--------|---------------|--------|
|  | LOCAL                      | IMPORT | TOTAL         | TOTAL  |
| CIVILES                                | 2.450                      |        | 2.450         | 4.075  |
| CONSTRUCCIÓN METALMECANICA (CARRETON)  | 5.491                      |        | 5.491         | 0      |
| MONTAJE MECANICO (ESTRUCTURA Y TANQUE) | 6.243                      |        | 6.243         | 10.599 |
| MONTAJE MECANICOS (TUBERIA)            | 372 **                     | 5.810  | 6.182         | 1.084  |
| ELECTRICOS                             | 1.000                      |        | 1.000         | 269    |
| INSTRUMENTACION                        | 300                        |        | 300           | 750    |
| TOTAL MATERIALES                       |                            |        | 21.666        | 16.777 |

### A.4. INSTALACION

|                                       |        |       |
|---------------------------------------|--------|-------|
| OBRAS CIVILES                         | 2.150' | 2.131 |
| CONSTRUCCIÓN METALMECÁNICA (CARRETON) | 1.647  |       |
| OBRAS MONTAJE MECANICAS               | 9.908' | 8.762 |
| OBRAS ELECTRICAS                      | 650'   | 450   |
| OBRAS INSTRUMENTACION                 | 500    |       |
| COSTOS INDIRECTO DE MONTAJE           |        | 3.781 |
| 14% HONORARIOS DEL CONTRATISTA        |        | 4.124 |

TOTAL INSTALACION 14.855 19.248

### A.5. ASISTENCIA TECNICA

|                          |   |   |
|--------------------------|---|---|
| MONTAJE                  |   |   |
| ARRANQUE (START-UP)      |   |   |
| TOTAL ASISTENCIA TECNICA | 0 | 0 |

A.6. COSTO TOTAL DE INVERSION 179.902 193.411

**PRESUPUESTO "DESCARGA DE EFLUENTES MOLINOS DE PAPEL"**

| PROYECTO:   | DESCARGA DE EFLUENTES MOLINOS   | PRESUPUESTO    | REAL           |
|-------------|---|----------------|----------------|
| PRESUPUESTO |   | 23-ene-01      | 23-mar-01      |
|             |   | Valor USD      |                |
| <b>A</b>    | <b>TUBERIA DE DESCARGA DEL CLARIFICADOR</b>                             | <b>USD</b>     |                |
| A1          | INSTALACION DE TUBERIA DE DESCARGA DESDE EL CLARIFICADOR HASTA EL CANAL | 48.714         |                |
| A2          | PROVISION DE 460 MT DE TUBERIA DE PVC (d=16")                           | 13.360         |                |
|             | <b>Total Tuberia de descarga del Clarificador</b>                       | <b>62.073</b>  |                |
| <b>B</b>    | <b>LAGUNA # 5</b>   |                |                |
|             | <u>MOVIMIENTO DE TIERRA</u>   |                |                |
| B1          | EXCAVAR 1.5 MT DE PROFUNDIDAD LECHO DE LAGUNA #5                        | 20.350         |                |
| B2          | PROLONGACION DE CANAL DE AGUA LLUVIAS (EXCAVACIÓN)                      | 1.510          |                |
|             | <u>OBRAS CIVILES</u>  |                |                |
| B3          | CONSTRUIR DOS SIFONES DE HORMIGON                                       | 3.150          |                |
| B4          | CONSTRUIR TRES CAJAS DE CONTROL DE FLUJO                                | 5.775          |                |
| B5          | CONSTRUIR CUATRO DISIPADORES DE ENERGIA                                 | 4.900          |                |
|             | <b>Total Laguna # 5</b>   | <b>35.685</b>  |                |
| <b>C</b>    | <b>CANAL ABIERTO PARA AGUA CLARIFICADA</b>                              |                |                |
| C1          | CONSTRUCCIÓN DE CANAL ELEVADO DESDE DESCARAG DE TUBO A                  | 4.656          | 4.656          |
| C2          | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE HORMIGÓN DE 40"                  | 6.188          | 6.188          |
| C3          | MUROS DE ENTRADA Y SALIDA (HHA 210 Kg/cm2)                              | 1.082          | 1.082          |
| C4          | SUMINISTRO DE GEOMEMBRANA PAVCO (1600 M2)                               | 4.640          | 4.310          |
| C5          | INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA PAVCO  | 1.430          | 2.375          |
|             | <b>Total Canal Abierto</b>  | <b>17.996</b>  | <b>18.611</b>  |
|             | <b>Total Descarga de los Efluentes</b>                                  | <b>115.755</b> | <b>116.370</b> |



## Apéndice F

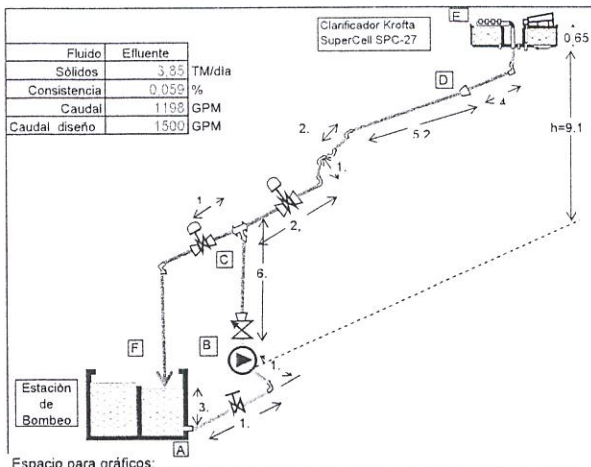
### Cálculo de bomba de alimentación al clarificador



ANEXO F FORMATO PARA CALCULO DE BOMBA ALIMENTACIÓN AL CLARIFICADOR

A.0.- DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Nombre del Proyecto: TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES "CLARIFICADOR"  
 Fecha: 24-Jun-98  
 Descripción d' Instalac.: Bomba de Alimentación al Clarificador  
 Area de aplicación: Fabrica General  
 Codigo:



| Tramo       | Succión           | Diam | m       | ft       |
|-------------|-------------------|------|---------|----------|
| Tramo AB    | h <sub>1</sub> =  |      | 3,9     | 12,8     |
|             | L <sub>1</sub> =  | 10"  | 3,7     | 12,1     |
| Tramo BC    | Accesorios        | cant | diam    | tipo     |
|             | Entrada           | 1    | 10"     | a tope   |
|             | Valvula           | 1    | 10"     | cuchilla |
|             | Codo              | 1    | 10"     | 90° Std  |
|             | Descarga          | Diam | m       | ft       |
| Tramo BC CD | L <sub>BC</sub> = | 10"  | 6,2     | 20,3     |
|             | L <sub>CD</sub> = | 10"  | 10,5    | 34,4     |
| Tramo DE    | L <sub>DE</sub> = | 12"  | 5,35    | 17,5     |
|             | Accesorios        | cant | diam    | tipo     |
| Tramo BC CD | Valvula cheq      | 1    | 8"      | vertical |
|             | expansión         | 2    | 8 x 10  | gradual  |
|             | Contraqcción      | 1    | 8 x 10  | gradual  |
|             | Tee               | 1    | 10      | std      |
| Tramo DE    | Codos             | 4    | 8       | 45° std  |
|             | Valv              | 1    | 8       | cuchilla |
| Tramo DE    | expansión         | 1    | 10 x 12 | gradual  |
|             | codo              | 1    | 12      | 90° Std  |
|             | Salida            | 1    | 12      | duchas   |

Espacio para gráficos:

A SERVICIO:

Para consistencias < 2,0% se considera como agua  
 selección del diametro de la succión y descarga

A.1 CONDICIONES DEL DIMENSIONAMIENTO

Fluido: BDTMD  
 Sólidos en suspensión: %C  
 Caudal: Q  
 Caudal de diseño  
 Equipos principales:  
 Equipos en Stand by:  
 Temperatura: T  
 Presion de vapor: Pv  
 Gravedad específica: SG  
 Viscosidad cinemática: μ  
 Altura sobre el nivel del mar:  
 Presión barométrica: P<sub>o</sub>  
 Gravedad: g

| simbolo/formula    | unidad              | Efluente | unidad                 | Valor                   | unidad    |
|--------------------|---------------------|----------|------------------------|-------------------------|-----------|
| BDMTPD             | TM/DIA              | 3.85     |                        |                         |           |
| %C                 | [%]                 | 0.059    | Caudal                 | Q=                      | 1500 GPM  |
| Q=BDMTPDx18.347/%C | [GPM]               | 1198     | Area max               | A=Q/V <sub>R</sub>      | 0,84 Ft2  |
| Caudal diseño      | [GPM]               | 1500     | Area min               | d=(4A/π) <sup>0.5</sup> | 0,48 Ft2  |
|                    | [Unidades]          | 1        | A=0.25xπd <sup>2</sup> |                         |           |
|                    | [Unidades]          | 0        |                        |                         |           |
| T                  | [°C]                | 45       | Dmax =                 | 1,03                    | 1,03 Ft   |
| Pv                 | [PSIa]              | 1.3893   |                        | 12,4                    | 12,4 inch |
| SG                 | [c]                 | 1        | Dmin=                  | 0,78                    | 0,78 Ft   |
| μ                  | [SSU]               |          |                        | 9,4                     | 9,4 inch  |
|                    | [m]                 | 0        |                        | 10"                     | 10"       |
| P <sub>o</sub>     | [PSI]               | 14,7     | Usaremos tubo de       |                         |           |
| g                  | ft/seg <sup>2</sup> | 32.174   | Usaremos tubo de       |                         |           |
| π                  |                     | 3,1416   |                        |                         |           |

Información de la tubería en la instalación:

Velocidad recomendada en la succión  
 Velocidad recomendada en la descarga:  
 Diámetro de la tubería de succión:  
 Diámetro de la tubería de descarga:

|          | de 4 a 7 | fps           | Longitud L | diámetro d |
|----------|----------|---------------|------------|------------|
|          | de 4 a 7 | fps           | [FT]       | [pulgds]   |
| TRAMO AB | 10"      | [Pulg sch 10] | 12,1       | 10,02      |
| TRAMO BD | 10"      | [Pulg sch 10] | 54,8       | 10,02      |
| TRAMO DE | 12"      | [Pulg sch 10] | 17,5       | 12,39      |

Para la evaluación del punto de operación del sistema, se han considerado los siguientes datos:

| Descripción  | Simbolo / formula                                     | Unidad                 | TRAMO AB | CAMERON |
|--|---|------------------------|----------|---------|
| TUBERIA DE SUCCION (Diámetro):                                   | D   | [Pulg sch 10]          | 10"      | 10"     |
| Diámetro interior de la tubería:                                 | d=  | [Pulg]                 | 10,02    |         |
| Area de flujo:   | A=0.25πd <sup>2</sup>                                 | [ft <sup>2</sup> ]     | 0,53     |         |
| Longitud de tubería  | L=  | Ft                     | 12,1     |         |
| Relación L/D   | (L/d) =   |                        | 14,5     |         |
| Caudal:  | Q=  | GPM                    | 1500     | 1500    |
| Caudal:  | q=GPM/(7.48 x 60)                                     | [ft <sup>3</sup> /seg] | 3,34     |         |
| Velocidad en la tubería:   | V=Q/A   | [ft/seg]               | 6,10     | 6,1     |
| Cabezal de velocidad:  | h <sub>v</sub> =V <sup>2</sup> /2g                    | [ft]                   | 0,58     | 0,584   |
| Pérdidas por fricción: (ver haja de calculo cabezal de fricción) | h <sub>f</sub> =f(L/D)(V <sup>2</sup> )/2g = f(L/D)hv | Ft                     | 0,122    |         |
|  |   | Fv/100ft               | 0,130    | 1,07    |
| Sumergencia minima requerida: (ver ANEXO F2)                     |   | [Pies]                 | 3,5      |         |

Para la evaluación del punto de operación del sistema, se han considerado los siguientes datos:

| Descripción  | Simbolo / formula                                     | Unidad                 | TRAMO BD | CAMERON* | TRAMO DE | CAMERON* |
|--|---|------------------------|----------|----------|----------|----------|
| TUBERIA DE DESCARGA (Diámetro):                                  | D   | [Pulg sch 10]          | 10"      | 10"      | 54,776   | 54,776   |
| Diámetro interior de la tubería:                                 | d=  | [Pulg]                 | 10,02    |          | 12,39    |          |
| Area de flujo:   | A=0.25πd <sup>2</sup>                                 | [ft <sup>2</sup> ]     | 0,55     |          | 0,84     |          |
| Longitud de tubería  | L=  | Ft                     | 54,8     |          | 17,5     |          |
| Relación L/D   | (L/d) =   |                        | 65,6     |          | 17,0     |          |
| Caudal:  | Q=  | GPM                    | 1500     | 1500     | 1500     | 1500     |
| Caudal:  | q=GPM/(7.48 x 60)                                     | [ft <sup>3</sup> /seg] | 3,34     |          | 3,34     |          |
| Velocidad en la tubería:   | V=Q/A   | [pie/seg]              | 6,10     | 6,1      | 3,99     | 4,3      |
| Cabezal de velocidad:  | h <sub>v</sub> =V <sup>2</sup> /2g                    | [Pies]                 | 0,58     | 0,584    | 0,25     | 0,287    |
| Pérdidas por fricción: (ver haja de calculo cabezal de fricción) | h <sub>f</sub> =f(L/D)(V <sup>2</sup> )/2g = f(L/D)hv | Ft                     | 0,551    |          | 0,059    |          |
| * Tubería nueva de acero al carbono SCH 40                       |   | Fv/100ft               | 0,586    | 1,07     | 0,078    | 0,444    |

## A.2.- EVALUACION DEL SISTEMA:

## A.2.1.- Succión (evaluación de pérdidas)

**PERDIDAS EN LA TUBERIA A LA SUCCION DE LA BOMBA:**

| ITEM                  | size: (inch) | d <sub>int</sub> (inch) | Area (Ft <sup>2</sup> )<br>(pie <sup>2</sup> ) | Veloc (Ft/seg)<br>(pie/seg) | CANT (mt) (ft) |        | Perdxfrcc %<br>% | hf = f(L/D)hv<br>(mt) (ft) |              |
|-----------------------|--------------|-------------------------|--|-----------------------------|----------------|--------|------------------|----------------------------|--------------|
|                       | (pulgs)      | (pulg)                  |  |                             | (mt)           | (ft)   |                  | (mt)                       | (ft)         |
| Tubería, (diámetro) = | 10"          |                         | 10,02  |                             | 3,7            | 12,136 | 2,2              | 0,08                       | 0,267        |
| <b>TOTAL:</b>         |              |                         |  |                             |                |        |                  | <b>0,08</b>                | <b>0,267</b> |

**PERDIDAS EN ACCESORIOS UBICADOS EN LA SUCCION DE LA BOMBA**

| ITEM                                 | size:   | d <sub>int</sub> | Area<br>(pie <sup>2</sup> ) | Veloc<br>(pie/seg) | CANT | K    | V <sup>2</sup> /2g | PERDIDA: H <sub>f</sub> = K(V <sup>2</sup> /2g) |             |
|--------------------------------------|---------|------------------|-----------------------------|--------------------|------|------|--------------------|---|-------------|
|                                      | (pulgs) | (pulg)           |                             |                    |      |      |                    | (mt)  | (ft)        |
| Entrada a tope                       | 10      | 10,02            | 0,55                        | 6,10               | 1    | 0,24 | 0,58               |   | 0,14        |
| Codo de 10"x90°                      | 10      | 10,02            | 0,55                        | 6,10               | 1    | 0,28 | 0,58               |   | 0,16        |
| Válvula de compuerta                 | 10      | 10,02            | 0,55                        | 6,10               | 1    | 0,11 | 0,58               |   | 0,06        |
| Reducción concéntrica 10 x 8         |         | 10,02            | 0,55                        | 6,10               | 1    | 0,46 | 0,58               |   | 0,27        |
| <b>TOTAL:</b>                        |         |                  |                             |                    |      |      |                    | <b>0,192</b>                                    | <b>0,63</b> |
| <b>TOTAL PERDIDAS EN LA SUCCION:</b> |         |                  |                             |                    |      |      |                    | <b>0,27</b>                                     | <b>0,90</b> |

## A.2.2.- Descarga (evaluación de pérdidas)

**PERDIDAS EN LA TUBERIA A LA DESCARGA DE LA BOMBA:**

| ITEM                      | size:   | d <sub>int</sub> | Area<br>(pie <sup>2</sup> ) | Veloc<br>(pie/seg) | CANT (mt) |      | Perd x fric<br>[FT/100FT] | PERDIDA     |             |
|---------------------------|---------|------------------|-----------------------------|--------------------|-----------|------|---------------------------|-------------|-------------|
|                           | (pulgs) | (pulg)           |                             |                    | (mt)      | (ft) |                           | (mt)        | (ft)        |
| Tubería, (diám) TRAMO BD' | 10      | 10,02            | 0,55                        | 6,10               | 16,7      | 54,8 | 1,07                      | 0,18        | 0,6         |
| TRAMO DE                  | 12      | 12,39            | 0,84                        | 3,99               | 5,4       | 17,5 | 0,444                     | 0,02        | 0,1         |
| <b>TOTAL:</b>             |         |                  |                             |                    |           |      |                           | <b>0,20</b> | <b>0,66</b> |

**PERDIDAS EN ACCESORIOS UBICADOS EN LA DESCARGA DE LA BOMBA**

| ITEM                                 | size:   | d <sub>int</sub> | Area<br>(pie <sup>2</sup> ) | Veloc<br>(pie/seg) | CANT             | K"    | h <sub>f</sub> = V <sup>2</sup> /2g | PERDIDA           |              |
|--------------------------------------|---------|------------------|-----------------------------|--------------------|------------------|-------|-------------------------------------|-------------------|--------------|
|                                      | (pulgs) | (pulg)           |                             |                    |                  |       |                                     | (mt)              | (ft)         |
| Válvula Cheque vertical              | 8       | 8,329            | 0,38                        | 8,83               | 1                | 8,4   | 1,21                                |                   | 10,19        |
| Expansión de:                        | 8 x 10  | 10,02            | 0,55                        | 6,10               | 2                | 0,32  | 0,58                                |                   | 0,37         |
| Tee                                  | 10      | 10,02            | 0,55                        | 6,10               | 1                | 0,84  | 0,58                                |                   | 0,49         |
| Reducción de:                        | 8X10    | 10,02            | 0,55                        | 6,10               | 1                | 0,46  | 0,58                                |                   | 0,27         |
| Válvula de compuerta de:             | 8       | 8,329            | 0,38                        | 8,83               | 1                | 0,11  | 1,21                                |                   | 0,13         |
| codos de 10"x45°                     | 10x45°  | 10,02            | 0,55                        | 6,10               | 4                | 0,224 | 0,58                                |                   | 0,52         |
| Expansión de 10 x 12                 | 10 x 12 | 10,02            | 0,55                        | 6,10               | 1                | 0,28  | 0,19                                |                   | 0,05         |
| Codo de 12 x 90°                     | 12      | 12,39            | 0,84                        | 3,99               | 1                | 0,442 | 0,25                                |                   | 0,11         |
| Tubo de 6 ducha                      | 12      | 12,39            | 0,84                        | 3,99               | 6                | 0,28  | 0,25                                |                   | 0,42         |
| <b>TOTAL:</b>                        |         |                  |                             |                    |                  |       |                                     | <b>3,82</b>       | <b>12,54</b> |
| <b>TOTAL PERDIDAS EN LA DESCARGA</b> |         |                  |                             |                    | <b>4,03 (mt)</b> |       |                                     | <b>13,21 (ft)</b> |              |

## A.2.3.- Columna estática total

la diferencia de niveles en las condiciones más desfavorables, entre el espejo de succión (en su nivel mínimo) y el espejo del tanque de entrega (en su nivel máximo) es de:

|                                       | MIN [mt]    | MAX [mt] | MIN [ft]    | MAX [ft] |
|---------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|
| NIVEL TANQUE DE SUCCION (Sistema)     | 1,2         | 3,9      | 3,936       | 12,792   |
| NIVEL punto de entrega (Clarificador) |             | 9,75     | 0           | 31,98    |
| <b>COLUMNA ESTÁTICA TOTAL:</b>        | <b>8,55</b> |          | <b>28,0</b> |          |

## A.2.4.- Descarga: (Presión requerida en la entrega)

| [PSIq] | [BAR] | [PIES] | [mt] |
|--------|-------|--------|------|
| 0      | 0     | 0,0    | 0,00 |

**PRESION DE DESCARGA:** 0,00 [mt] 0,0 [Pies]

## A.2.5.- Cabezal de velocidad en la brida de succión:

|   |                |       |
|---|----------------|-------|
| Diámetro de brida de succión de la bomba                  | 10,00 [Pulg]   | 10,02 |
| Caudal:   | 1500 [GPM]     | 3,34  |
| Velocidad:  | 6,10 [Pie/seg] | 6,10  |
| Cabezal de velocidad: h <sub>f</sub> = V <sup>2</sup> /2g | 0,58 [Pies]    |       |
| Cabezal de velocidad: h <sub>f</sub> = V <sup>2</sup> /2g | 0,18 [mt]      |       |

**CABEZAL DE VELOCIDAD (en la brida de succión):** 0,18 [mt] 0,6 [Pies]

## A.2.6.- Altura dinámica Total

| DETALLE                       | [mt]         | [Pies]       |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| A.2.1 Pérdidas en la succión  | 0,27         | 0,90         |
| A.2.2 Pérdidas en la descarga | 4,63         | 15,19        |
| A.2.3 Columna estática Total  | 8,55         | 28,044       |
| A.2.4 Presión de descarga     | 0,00         | 0,00         |
| A.2.5 Cabezal de Velocidad    | 0,18         | 0,58         |
| A.2.6 ALTURA DINAMICA TOTAL   | <b>13,63</b> | <b>44,71</b> |

15% FACTOR DE SEGURIDAD  
15% FACTOR DE SEGURIDAD

**ALTURA DINAMICA TOTAL** 13,6 44,7

## A.2.7 Punto de operación para selección del equipo

|                         |   |              |
|-------------------------|---|--------------|
| <b>1500</b> GPM         | @ | <b>50</b> FT |
| 3,41 m <sup>3</sup> /Hr | @ | 14 mt        |

**A.2.8 Evaluación del NPSH (Disponible)**

En la presente disposición, con succión positiva, el NPSH disponible se evalúa de la siguiente manera:

|  |   |             |                           |
|--|---|-------------|---------------------------|
| $NPSH_{(Disponible)} = Presión_{(Atmosférica)} + H_{(De\ succión)} - (Presión_{(De\ vapor)} + H_{f(En\ la\ succión)})$ |   |             |                           |
| $NPSH_{(Disponible)} =$  | + | 34,0 [pies] | $Presión_{(Atmosférica)}$ |
|  | + | 12,8 [pies] | $Columna(Hde\ succión)$   |
|  | - | 3,21 [pies] | $Presión_{(De\ vapor)}$   |
|  | - | 0,90 [pies] | $H_{f(En\ la\ succión)}$  |
| $NPSH_{(Disponible)} =$  |   | 42,6 [pies] |                           |
| $NPSH_{(Disponible)} =$  |   | 13,0 [mt]   |                           |

(\*) Se ha considerado este valor tomando en cuenta el valor de sumergencia mínima requerida para evitar la formación de vórtice indicada en A.1

|                         |           |           |
|-------------------------|-----------|-----------|
| $NPSH_{(Disponible)} =$ | 13,0 [mt] | 42,6 [ft] |
|-------------------------|-----------|-----------|

**A.3 SELECCIÓN**

Para esto utilizamos el Software PSS Goulds Pumps de ITT Industries.

BOMBA: GOULDS  
 MODELO: 3175  
 TAMAÑO: 8x8-12-5VS  
 RPM: 1200  
 MOTOR [HP]: 30

**A.4 ANÁLISIS TECNICO - ECONOMICA**

**A.4.1 Detalles generales y metalurgia**

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Cantidad:                     | 1             |
| Modelo:                       | 3175          |
| Tamaño:                       | 6X8X12        |
| Rotación:                     | CCW           |
| Impulsor tipo:                | ABIERTO       |
| Carcáza (Item 100):           | DUCTILE IRON  |
| Impulsor (Item 101):          | CD4           |
| Eje (Item 122):               | AISI 4140     |
| Camisa de desgaste (Item 126) | 316SS         |
| Método de sellado:            | EMPAQUETADURA |



**A.4.2 Condiciones de operación y desempeño**

|                           |               |  |              |
|---------------------------|---------------|--|--------------|
| Caudal:                   | 1500 [GPM]    | Presión de succión:                    | 13,19 [PSia] |
| ADT:                      | 50 [FT]       | Presión de descarga:                   | 21,5 [PSia]  |
| Eficiencia:               | 81% [%]       | Curva de operación:                    | ADJUNTAS     |
| BHP <sub>rated</sub> :    | 23,7 [HP]     | $NPSH_{(Disponible)} =$                | 42,6 [FT]    |
| BHP <sub>MAXIMA</sub> :   | 30 [HP]       | $NPSH_{(Requerido)} =$                 | 5 [FT]       |
| Diámetro Impulsor máx.    | 12" [Pulg]    | * función de la velocidad seleccionada |              |
| Diámetro Impulsor min     | 9" [Pulg]     |  |              |
| Diámetro Impulsor trabajo | 11,75" [Pulg] |  |              |

|      |       |   |
|------|-------|---|
| WHP= | 19 HP | $(Q \times ADT \times Sp.Gr.) / 3960$                     |
| BHP= | 23,4  | $(Q \times ADT \times Sp.Gr.) / (3960 \times EF_{bomba})$ |

**Factor de corrección Cabezal-Capacidad  $K_p$**

ver grafico E-1873

PASO 1 PARA  $Q_p =$    $\rightarrow$   $K_p =$    
 $\%C =$

PASO 2 DETERMINE EL RATING PARA AGUA

$Q_w = Q / K_p$    $H_w = ADT / K_p$

CON  $Q_w$  Y  $H_w$  ESCOGER LA BOMBA Y EN LA CURVA DETERMINE LA EFICIECIA

$EFF_{bomba} =$

PASO 3 CALCULE BHP AL RATING

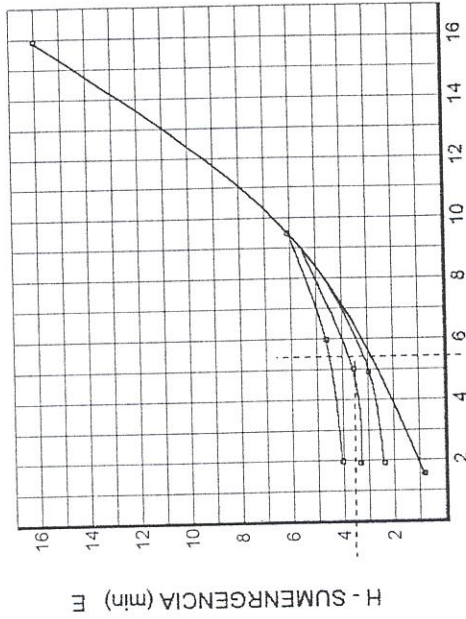
$BHP = (Q_w \times H_w \times Sp.Gr.) / (3960 \times EF_{bomba})$

BHP =

Importance of proper Suction Pipe Submergence

In many cases centrifugal pumps function improperly because air gets into the pump due to:

1. The installation of a suction pipe that is too small in diameter.
2. The end of the pipe not being submerged deeply enough.
3. Booth of the above undestorable conditions.



$$\text{VELOCIDAD [FPS]} = \frac{(\text{GPM} \times 0.321) / \text{AREA}}{(\text{A} \ \& \ \text{D in inches})^2}$$

Calculo de la Sumergencia mínima en los tubos de succion del Tanque de agua turbia-clara

|                                       | CAUDAL<br>Q [GPM] | DIAM<br>D [inch] | AREA<br>A [in <sup>2</sup> ] | VELOCIDAD |        |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-----------|--------|
|                                       |                   |                  |                              | V [FPS]   | H [FT] |
| BOMBA                                 |                   |                  |                              |           |        |
| Tanque de Efluentes al Fraccionador   | 1,500             | 10               | 10,424                       | 5,64      | 3,50   |
| Bomba de Alimentación al Clarificador |                   |                  |                              |           |        |
| Nivel máx de líquido en el sistema    |                   |                  |                              |           | 12,80  |

Determinación del Cabezal de Fricción

|   | GPM  | Succión     |             |             |
|---|--|-------------|-------------|-------------|
|   |  | Tramo AB    | Tramo BD    | Tramo DE    |
| Caudal  | Q =  | 1500        | 1500        | 1500        |
| Caudal  | q = GPM / (7.48 x 60)                                | 3.34        | 3.34        | 3.34        |
| Diametro interior de la tubería                                     | d =  | 10.02       | 10.02       | 12.39       |
| PI  | $\pi$  | 3.1416      | 3.1416      | 3.1416      |
| gravidad  | g  | 32.2        | 32.2        | 32.2        |
| Area de flujo   | $A = 0.25\pi d^2$                                    | 0.55        | 0.55        | 0.84        |
| Velocidad   | $V = Q/A$  | 6.10        | 6.10        | 3.99        |
| Longitud de la Tubería  | L =  | 12,136      | 54,776      | 17,548      |
| Relación (L/d)  | $(L/D) =$  | 14.5        | 65.6        | 17.0        |
| Cabezal de Velocidad  | $h_v = V^2 / 2g =$                                   | 0.58        | 0.58        | 0.25        |
| <b>Cabezal de fricción</b>  | $h_f = f(L/D)(V^2) / 2g = f(L/d)h_v$                 | 0.12202     | 0.55076     | 0.05893     |
| Reynolds Number   | $R = VD/\nu = VD\rho / \mu$ (32, 174)                | 860.922     | 860.922     | 696.242     |
| Reynolds Number   | f = 64/R   |             |             |             |
| Factor de Fricción (ver Diagrama Moody pag # 3-11) Colebrook (1939) | $f > 1/(f)^{0.5} = -2\log [(e/D + 2.51/R(f)^{0.5})]$ |             |             |             |
| Rugosidad absoluta en (ft) ver pag # 3 -6 (CAMERON Hydraulic data)  | $\epsilon$   |             |             |             |
| Rugosidad relativa (pag 3-6 CAMERON Hydraulic data)                 | $\epsilon$ relat = $\epsilon / D$                    | 0.000143713 | 0.000143713 | 0.000116223 |
| Para tubo STAINLES STEEL  | $\epsilon =$   | 0.00012     | 0.00012     | 0.00012     |
| Viscosidad cinemática agua a 45°C                                   | $\nu =$  | 5.92015E-06 | 5.92015E-06 | 5.92015E-06 |
|   | [Ft <sup>2</sup> /seg]                               |             |             |             |

Friction losses --- paper stock flow

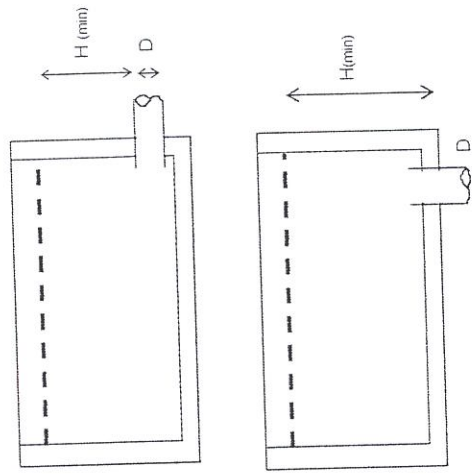
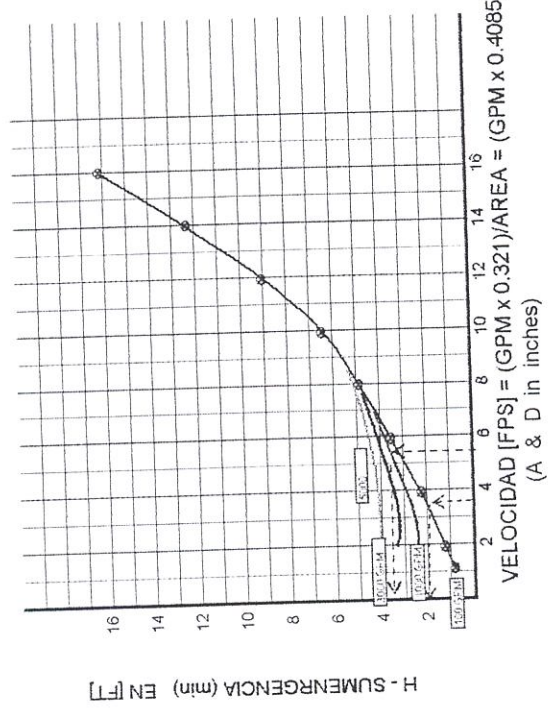
|  |  | Succión Tramo AB | Succión Tramo BC | Succión Tramo CD |
|--|--|------------------|------------------|------------------|
| Volumetric flow rate-----                      | Q=   | 100              | 100              | 100              |
| % Stock Consistency ---- oven dry              | C=   | 4,0              | 4,0              | 4,0              |
| Caudal   | $q = \text{GPM} / (7.48 \times 60)$              | 0,22             | 0,22             | 0,22             |
| Inside Diameter of pipe -----                  | D=   | 0,27             | 0,36             | 0,69             |
| Pi   | $\pi$  | 3,1416           | 3,1416           | 3,1416           |
| gravidad                                       | g  | 32,2             | 32,2             | 32,2             |
| Stock density----- lb/Ft3 (assumed to be 62,4) | P  | 62,4             | 62,4             | 62,4             |
| Pipe flow cross - sectional area--             | $A = 0.25\pi d^2$                                | 8,35             | 14,25            | 54,48            |
| Average Stock Velocity                         | $V = Q \times 0,321 / A$                         | 3,85             | 2,25             | 0,59             |
| Length pipe-----                               | L=   | 1,6              | 23,6             | 47,2             |
| Relación (L/d)=                                | $(L/D) =$  | 72,4             | 798,3            | 816,6            |
| Cabezal de Velocidad                           | $h_v = V^2 / 2g =$                               | 0,23             | 0,08             | 0,01             |
| Friction Losses Paper stock                    | $h_f = (f \times V^2 \times L \times K) / D$     | 0,97             | 8,01             | 4,02             |
| Friction factor multiplier (see page 3-89)     | K  | 1,00             | 1,00             |                  |
| pseudo-Reynolds Number                         | $Re = (D^{0,205} \times V \times p) / C^{1,167}$ | 36,9             | 22,9             | 6,9              |
| Factor de Fricción                             | $f = 3,97 / Re^{1,636}$                          | 0,0108           | 0,0237           | 0,1700           |

# SUMERGENCIA MINIMA DEL TUBO DE SUCCION

## Importance of proper Suction Pipe Submergence

In many cases centrifugal pumps function improperly because air gets into the pump due to:

- 1.- The installation of a suction pipe that is too small in diameter.
- 2.- The end of the pipe not being submerged deeply enough.
- 3.- Both of the above undestorable conditions.



Calculo de la Sumergencia mínima en los tubos de succion del Tanque de agua turbia-clara

| BOMBA                               | CAUDAL<br>Q [GPM] | DIAM<br>D [inch] | AREA<br>A [in <sup>2</sup> ] | VELOCIDAD |                                   | SUBMERGENCIA<br>H [FT] |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-----------|-----------------------------------|------------------------|
|                                     |                   |                  |                              | V [FPS]   | V = GPM x 0.4085 / D <sup>2</sup> |                        |
| Tanque de Efluentes al Fraccionador | 100               | 3"               | 3,26                         | 3,84      | 3,85                              | 1,90                   |
| Bomba de Lodos a la Prensa          |                   |                  |                              |           |                                   |                        |
| Nivel máx de líquido en el sistema  |                   |                  |                              |           |                                   | 8,40                   |



## **Apéndice I**

### **Friction losses in pipe**

FRICITION

Friction Losses in Pipe

The resistance to flow as a liquid is moved through a pipe results in a loss of head or pressure and is called friction (measured in feet of liquid). This resistance to flow is due to viscous shear stresses within the liquid and turbulence that occurs along the pipe walls due to roughness.

The amount of head loss for a given system depends on the characteristics of the liquid being handled; i.e., viscosity, size of pipe, condition (roughness) of pipe's interior surface and length of travel; also loss through various valves, fittings, etc. (see page 3-110).

A vast amount of research has been conducted to determine the amount of friction loss for different conditions, and various expressions based on experimental data have been developed for calculating friction loss. The expression most commonly used in present day practice and the one on which the tables in this book are based is the \*Darcy-Weisbach equation. This formula recognizes that pipe friction is dependent on condition (roughness of pipe's interior surface), internal diameter of pipe, velocity of liquid and its viscosity. It is expressed as:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

where

- $h_f$  = friction loss—ft of liquid
- $L$  = pipe length—feet
- $D$  = average inside diameter of pipe—feet
- $V$  = average pipe velocity in ft/sec
- $g$  = gravitational constant (32.174 ft/sec<sup>2</sup>)
- $f$  = friction factor—a dimensionless number which has been determined experimentally and for turbulent flow depends on the roughness of the pipe's interior surface and the Reynolds number (see page 3-5).

For laminar (viscous) flow (Reynolds number below 2000) the roughness or condition of the pipe's interior surface has no effect (except as it affects the cross sectional area) and the friction factor ( $f$ ) becomes:

$$f = \frac{64}{R}$$

For turbulent flow (Reynolds number above 4000) the friction factor is affected by both the roughness of the pipe's interior surface

\* See Notes at the Friction Factors

INGERSOLL-RAND CAMERON HYDRAULIC DATA

and the Reynolds Number and can be determined from an equation developed by C. F. Colebrook (1939); i.e.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{R\sqrt{f}} \right)$$

where

$$R = \text{Reynolds's Number} = \frac{VD}{\nu}$$

$f$  = Friction Factor

$\epsilon$  = Absolute Roughness—in feet—(See following table)

$D$  = Inside diameter of pipe—ft

$V$  = Average pipe velocity—ft/sec

$\nu$  = Kinematic Viscosity—ft<sup>2</sup>/sec

Since the Colebrook equation is non-factorable in  $f$ , awkward and difficult to solve, the value of  $f$  may be obtained from a graph or chart developed by L. F. Moody (ASME 1944) and included herein on page 3-11. This graph shows the relation between the friction factor  $f$ , the Reynolds Number  $R$ , and the relative roughness  $\epsilon/D$ , where  $\epsilon$  is the absolute roughness in feet and  $D$  is the pipe diameter in feet; Note that for convenience the relative roughness is used in developing the graph on page 3-11.

However, to avoid possible errors in reading the friction factor  $f$  from the Moody graph the friction loss data presented in the tables on pages 3-12 to 3-88 were calculated mathematically (programmed on a digital computer) basis the following assumptions:

- (a) *Turbulent Flow*—Reynolds Numbers above 2000 except as noted (see pages 1-4 and 1-5).
- (b) *Absolute Roughness Parameters* ( $\epsilon$ )—of 0.00015 for new clean steel pipe (schedules as listed) and 0.0004 for new asphalt dipped cast iron pipe; and 0.000005 for smooth copper tubing and brass pipe.
- (c) *Water Friction*—Pages 3-12 to 3-48 based on pure fresh water at a temperature of 60°F (15.6°C); Kinematic viscosity ( $\nu$ ) = 0.000 012 16 ft<sup>2</sup>/sec (1.130 Centistokes.) It should be noted that since the viscosity of water can vary appreciably from 32°F to 212°F the friction can increase or decrease as much as 40% between the two temperature extremes.
- (d) *Viscous Liquids-Friction*—Pages 3-48 to 3-88, absolute roughness parameter of 0.00015 for new clean steel pipe—schedules as listed (see viscosity discussion page 4-28).

For pipes with other absolute roughness parameters see the following table.

**INGERSOLL-RAND CAMERON HYDRAULIC DATA**

surfaces, it is suggested that for most commercial design purposes a safety factor of 15 to 20% be added to the values in the tables.

For a more detailed discussion of friction loss calculations and the various items that should be considered, reference is suggested to the Engineering Data Book of the Hydraulic Institute; also to Crane Technical Paper No. 410. See page 1-47 for bibliography.

For convenient reference formulas used in connection with the Darcy-Weisbach/Colebrook method are:

**Head Loss**

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = f \frac{0.03112 (L/gpm)^2}{d^5} = f \frac{0.0153 \text{ Libph}^2}{d^5} = f \frac{LV^2}{4m^2g}$$

Friction Factor (f): (also see graph page 3-11.)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[ \frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{R\sqrt{f}} \right]$$

For R less than 2000 (laminar flow):  $f = \frac{64}{R}$

**Reynolds Number:**

$$R = \frac{VD}{\nu} = \frac{VD\rho}{\mu} = \frac{3162(\text{gpm})}{32.174} \frac{2214(\text{bph})}{dk}$$

$$R \text{ (water at } 60^\circ\text{F)} = \frac{2799.5(\text{gpm})}{d}$$

**Velocity:**

$$V = \frac{0.4085(\text{gpm})}{d^2} = \frac{0.2859(\text{bph})}{d^2}$$

**Velocity Head:**

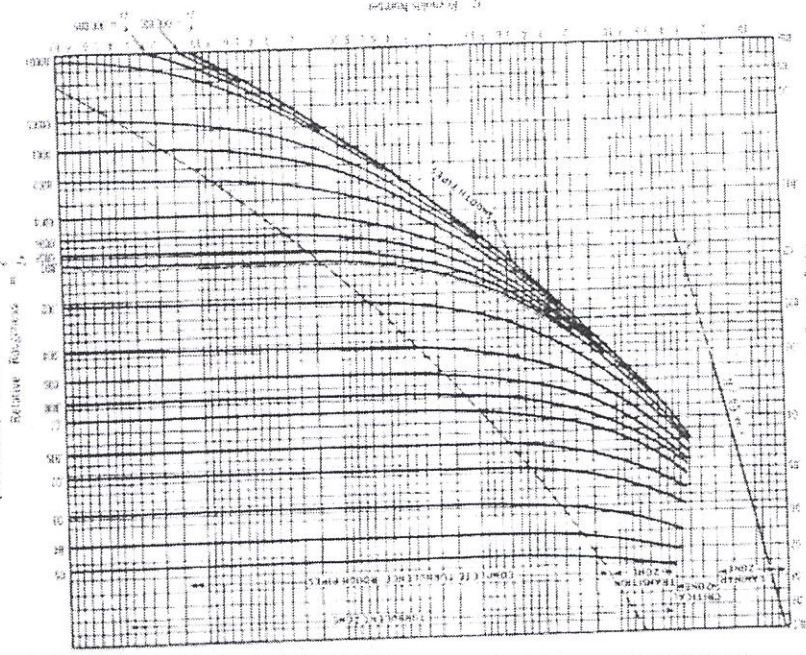
$$h_v = \frac{V^2}{2g} = 0.0155V^2 = \frac{0.00259(\text{gpm})^2}{d^4} = \frac{0.00127(\text{bph})^2}{d^4}$$

**SYMBOLS USED IN FORMULAS, PAGES 3-6 and 3-7**

- bph = flow of liquid, barrels (42 gal) per hour.
- d = inside diameter of circular pipe— inches
- C = Friction Factor for Hazen & Williams
- D = inside diameter of circular pipe — feet
- f = Darcy-Weisbach friction factor, dimensionless.

**FRICITION**

**Friction Factors for Commercial Pipe**  
(for Darcy-Weisbach formula, page 3-3)



Study Diagram A-1, "Friction Factors for Commercial Pipe," in the Hydraulic Institute Engineering Data Book, 1936. The curves shown in this diagram are based on the Darcy-Weisbach formula and the Colebrook-White equation.

## Apéndice J

Friction losses – paper stock flow.



**INGERSOLL-RAND CAMERON HYDRAULIC DATA**

**Friction losses—paper stock flow**

Curves relating friction loss to stock flow in pipes are shown on pages 3-91 to 3-101. These curves are based on the University of Maine's correlation of the Brecht and Heller data\*. That data correlation produced a relationship between a pseudo-Reynolds Number "Re" and a friction factor "f" as shown on the chart on page 3-90.

The following equations are applicable here:

$$(1) \text{ pseudo-Reynolds Number "Re" } = \frac{D^{0.88} \times V \times \rho}{C \times \mu}$$

$$(2) \text{ friction factor "f" } = \frac{3.97}{\text{Re}^{1.05}}$$

$$(3) \text{ average stock velocity "V" } = \frac{Q \times 0.321}{A}$$

$$(4) \text{ friction loss "h}_f\text{" } = \frac{f \times V^2 \times L \times K}{D}$$

where:

- A = Pipe flow cross-sectional area—square inches
- C = % stock consistency—oven dry
- D = Inside diameter of pipe—feet
- f = Friction factor\*\*—see page 3-90
- h<sub>f</sub> = Friction loss—feet of water
- K = Friction factor multiplier (see page 3-89)
- L = Length of pipe—feet
- ρ = Stock density—lbs./ft.<sup>3</sup> (assumed to be 62.4)
- Q = Volumetric flow rate—U.S. gallons/minute
- Re = Pseudo-Reynold's number
- V = Average stock velocity in pipe—feet/second

\* Acknowledgments, with the permission of TAPPI Brecht and Heller, TAPPI Vol. 23, No. 9; Durel, Chase and Jensen, TAPPI Vol. 35, No. 12; Durel and Jensen, TAPPI Vol. 37, No. 10; P. S. Rigold, TAPPI Vol. 49, No. 3.

\*\* Note: This friction factor "f" is not related in any way to the Darcy-Weisbach-Colebrook friction factor previously discussed—(page 3-8).  
 Note: For pump performance corrections when handling stock see discussion on page 1-4b.

Given the pipe size, stock flow, and stock consistency, the stock velocity and Re number can be calculated using equations (3) and (1). The friction factor "f" corresponding to the calculated Re number can be taken from the chart on page 3-90 or calculated using equation (2). By using the appropriate given and derived values in equation (4), the stock line friction loss can be calculated. Friction loss values shown on the accompanying curves were derived in the foregoing manner for various diameters of schedule 40 steel pipe.

For pipe diameters other than those shown, it is necessary to calculate friction loss values as described above.

Although the Re number was originally derived on an OD stock consistency basis, the friction loss curves shown here were calculated on the AD consistency basis, resulting in somewhat larger loss values and, therefore, more conservative results.

Stock temperatures between 18°C and 35°C (65°F and 95°F) will not appreciably affect friction loss; higher temperatures should give somewhat lower friction losses.

For stock consistencies below 2.0%, use water friction values. Stock velocity should not exceed 10 feet/sec. for stock consistencies of 3.0% or lower; for consistencies higher than 3.0%, maximum stock velocity should be 8 feet/sec.

The friction loss curves are based on unbleached, unrefined soft-wood sulfite pulp; for other types of pulp, the following multiplier values (K) may be applied:

| Type of Pulp              | *CSF—nd | Friction Factor Multiplier (K) |
|---------------------------|---------|--------------------------------|
| Unbl. Sulfite—SW          | 640     | 1.00                           |
| Bl. sulfite—SW            | 560     | 0.90                           |
| Unbl. kraft—SW            | 730     | 0.90                           |
| Soda—HW                   | —       | 0.90**                         |
| Reclaimed fiber           | —       | 0.90**                         |
| Pre-steamed groundwood—SW | 200     | 1.00                           |
| Stone groundwood—SW       | 70      | 1.42                           |

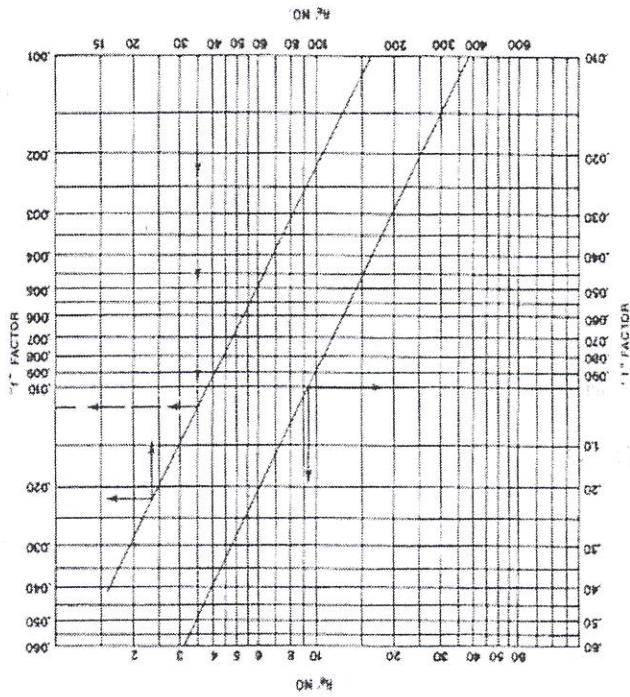
\* Canadian Standard Freeness  
 \*\* Courtesy of Goulds Pumps, Inc.

Note: This friction factor multiplier (K) is not related in any way to the resistance coefficient K in the tables on pages 3-110 to 3-121.

# Apéndice J

## INGERSOLL-RAND CAMERON HYDRAULIC DATA

Friction Factors for Stock Flow in Pipes  
Friction Factor—"f"

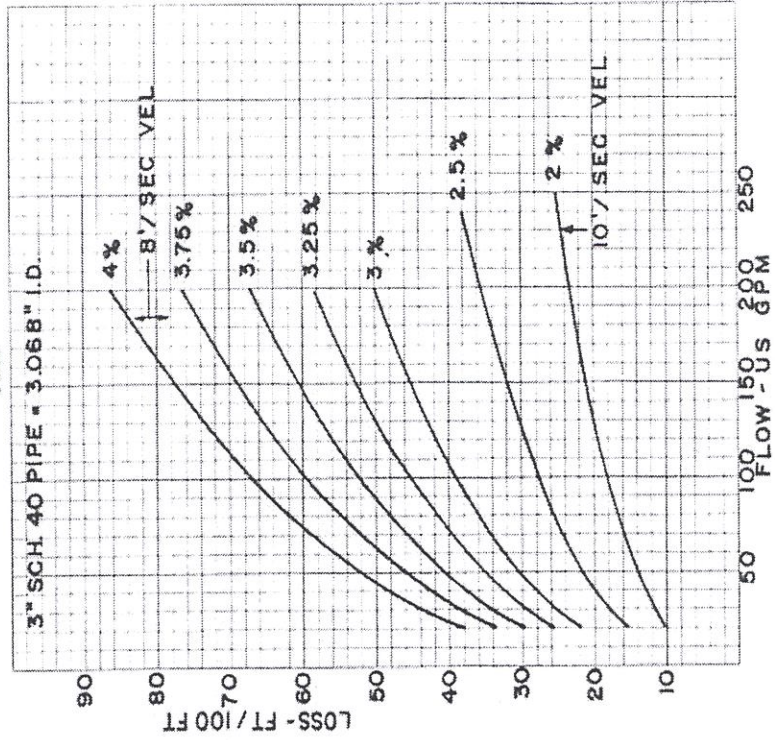


3-190

## FRICTION - PAPER STOCK

Friction of Paper Stock (Continued)

Loss in feet of water per 100 ft of pipe  
Basis unbleached sulphite pulp—air dry  
3 inch



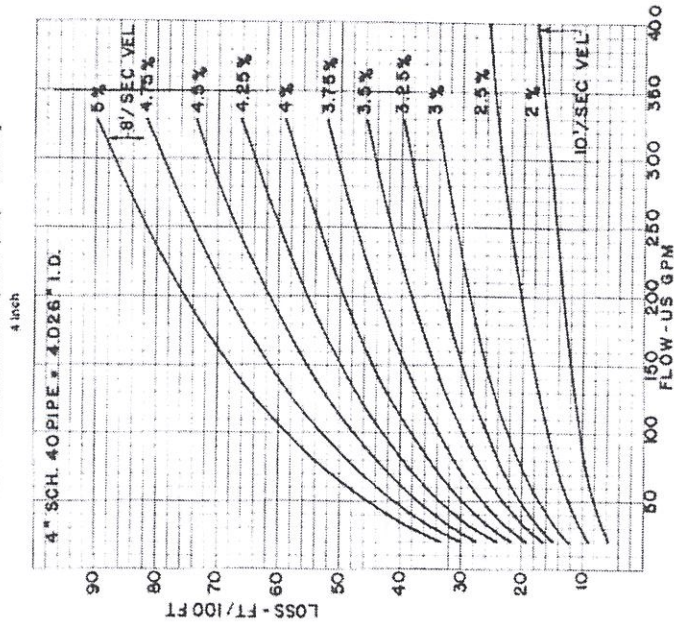
3-01

# Apéndice J

## INGERSOLL-RAND CAMERON HYDRAULIC DATA

### Friction of Paper Stock (Continued)

Loss in feet of water per 100 ft of pipe  
Basis unbleached sulphite pulp—air dry



3-92

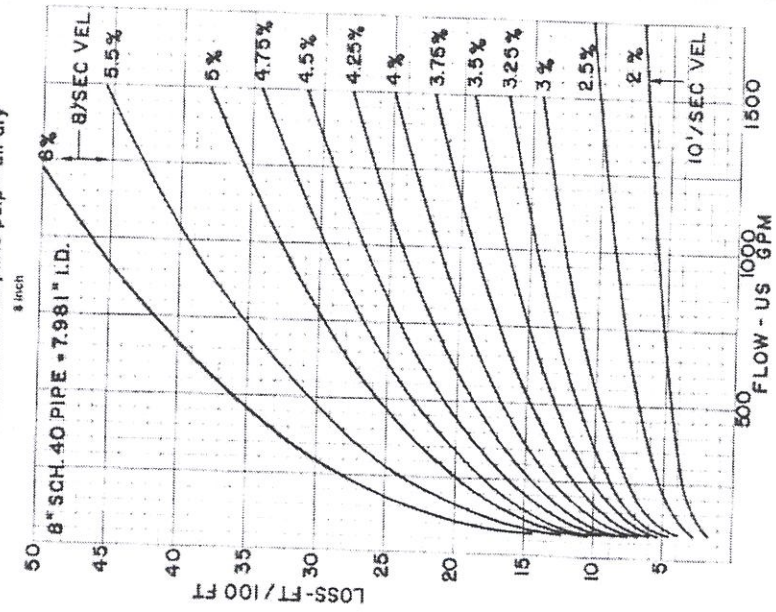


CIB-ESPOL

## INGERSOLL-RAND CAMERON HYDRAULIC DATA

### Friction of Paper Stock

Loss in feet of water per 100 ft of pipe  
Basis unbleached sulphite pulp—air dry



3-84

## Apéndice K

### Análisis del test de jarra

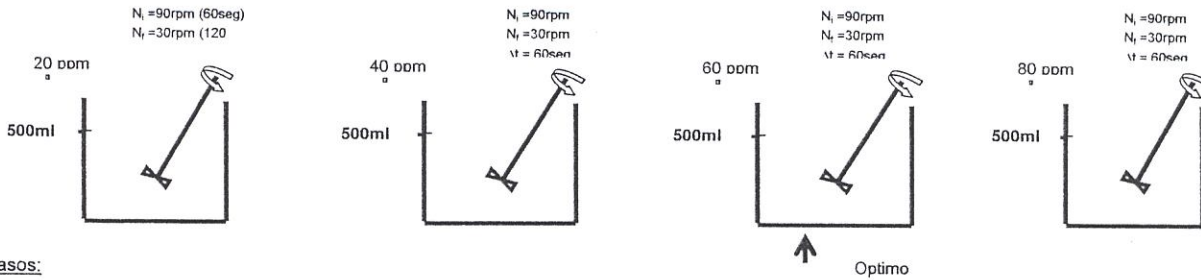
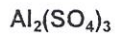


Apéndice K: Test de Jarra para determinación de dosificación óptima para Coagulante

Se aplica para determinar la dosificación óptima de un producto químico.

Test de Jara para Coagulante

Coagulante: Sulfato de Aluminio



Pasos:

- 1) determinar volumen sedimentado
- 2) determinar consistencia cualitativo
- 3) determinar turbidez del sobrenadante

| <u>Descripción</u>                   | <u>Símbolo/formula</u>  | <u>Valor</u> | <u>Unidades</u>      |
|--------------------------------------|---|--------------|----------------------|
| Dosificación Óptima                  | $D_{Op}$  | 60           | mg/lit               |
| Caudal a tratar                      | $Q$   | 1500         |                      |
|                                      | $Q = GPM \times 3,785 \text{ (lt/gal)} \times 1440 \text{ (min/día)}$ | 8.175.600    | lt/día               |
| Dosificación para el caudal a tratar | $X = (D_{Op}) \times Q$   | 490.536.000  | mg/día (coagulante)  |
|                                      | $X = 60 \text{ (mg/lt)} \times 8'175,600 \text{ (lt/día)}$            | 491          | Kg/día de coagulante |
| Densidad del coagulante              | $\rho =$  | 1,323        | gr/ml                |
| Concentración                        | $C =$   | 48%          | 0,480                |
| Flujo de solución de coagulante      | $Q_{Sol} = X / C$   | 1.022        | Kg solución /día     |
| Volumen de solución por día          | $V_{sol} = Q_{sol} / \rho$  | 773          | lt/día               |
| Volumen de solución turno            | $V_{sol \text{ turno}} = V_{sol} / 3$                                 | 258          | lt/turno             |
| Capacidad del tanque                 | $V$   | 1.000        | lt                   |
| 3 preparaciones por día              | $V_d =$   | 3.000        | lt/día               |
| Caudal                               | $Q_{lt} = V_d / 1440$   | 2,08         | lt/min               |
|                                      |   | 0,55         | GPM                  |

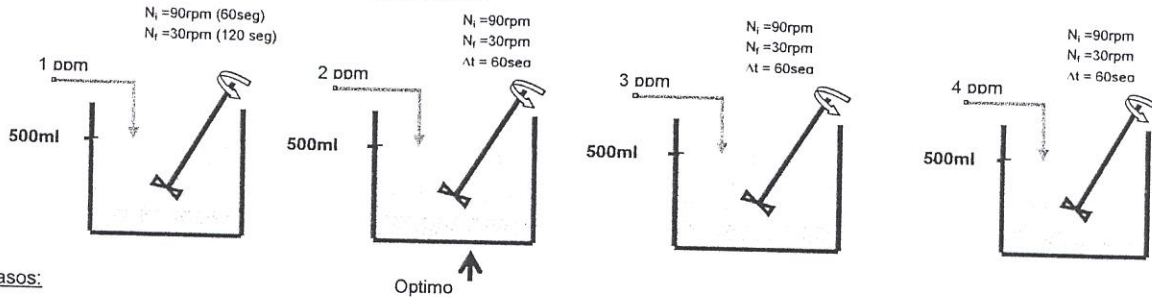
Apéndice K: Test de Jarra para determinación de dosificación óptima para Floculante Aniónico

Se aplica para determinar la dosificación óptima de un producto químico.

Test de Jara para Floculante Aniónico

Floculante Polímero Anionico

DISFLOC 48  
Nalco 3639



Pasos:

- 1) determinar volumen sedimentado
- 2) determinar consistencia cualitativo
- 3) determinar turbidez del sobrenadante

Descripción

Símbolo/formula

Valor

Unidades

Cálculo de la dosificación

Dosificación Óptima

D Op

Caudal a tratar

Q

$$Q = \text{GPM} \times 3,785 \text{ (lt/gal)} \times 1440 \text{ (min/día)}$$

|           |        |
|-----------|--------|
| 1,0       | mg/lt  |
| 1500      |        |
| 8.175.600 | lt/día |

Dosificación para el caudal a tratar

$$X = (D \text{ Op}) \times Q$$

$$X = 60 \text{ (mg/lt)} \times 8'175,600 \text{ (lt/día)}$$

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| 8.175.600 | mg/día (Floculante)  |
| 8         | Kg/día de Floculante |

Cálculo del Caudal de floculante

Densidad del coagulante

$$\rho = 1,000 \text{ gr/ml}$$

Concentración

$$C = 100\% \\ 1,00$$

Flujo de solución de coagulante

$$Q_{\text{Sol}} = X / C \quad 8 \text{ Kg solución /día}$$

Volumen de solución por día

$$V_{\text{sol}} = Q_{\text{sol}} / \rho \quad 8 \text{ lt/día}$$

Volumen de solución turno

$$V_{\text{sol turno}} = V_{\text{sol}} / 3 \quad 2,7 \text{ lt/turno}$$

Preparación

Capacidad del tanque

$$V = 1.400 \text{ lt}$$

3 preparaciones de 258 kg solución por día

$$V_d = 4.200 \text{ lt/día}$$

Caudal

$$Q_t = V_d / 1440 \\ 2,92 \text{ lt/min} \\ 0,77 \text{ GPM}$$



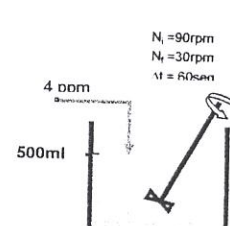
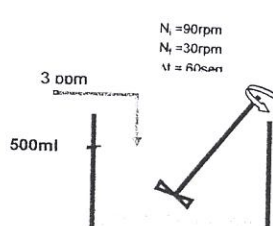
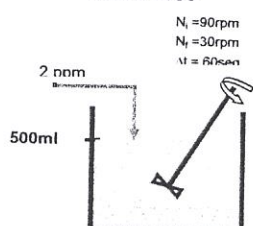
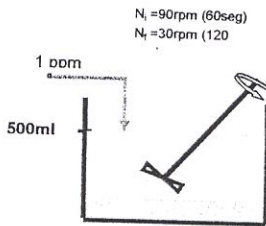
Apèndice K: Test de Jara para determinación de dosificación óptima para Floculante Catiónico

Se aplica para determinar la dosificación óptima de un producto químico.

Test de Jara para Floculante Catiónico

Floculante Polímero Catiónico

DISFLOC 15  
Nalco 7530



Pasos:

- 1) determinar volumen sedimentado
- 2) determinar consistencia cualitativo
- 3) determinar turbidez del sobrenadante

Descripción

Cálculo de la dosificación

Dosificación Óptima

Caudal a tratar

$$D_{Op} = \frac{1,0 \text{ mg/lt}}{1500} \times 3,785 \text{ (lt/gal)} \times 1440 \text{ (min/día)} = 8.175.600 \text{ lt/día}$$

Dosificación para el caudal a tratar

$$X = (D_{Op}) \times Q$$

$$X = 60 \text{ (mg/lt)} \times 8'175,600 \text{ (lt/día)} = 8.175.600 \text{ mg/día (Floculante)}$$

$$8 \text{ Kg/día de Floculante}$$

Cálculo del Caudal de floculante

Densidad del coagulante

$$\rho = 1,000 \text{ gr/ml}$$

Concentración

$$C = 100\%$$

$$1,00$$

Flujo de solución de coagulante

$$Q_{sol} = X / C = 8 \text{ Kg solución / día}$$

Volumen de solución por día

$$V_{sol} = Q_{sol} / \rho = 8 \text{ lt/día}$$

Volumen de solución turno

$$V_{sol \text{ turno}} = V_{sol} / 3 = 2,7 \text{ lt/turno}$$

Preparación

Capacidad del tanque

$$V = 1.400 \text{ lt}$$

3 preparaciones de 258 kg solución por día

$$V_d = 4.200 \text{ lt/día}$$

Caudal

$$Q_t = V_d / 1440 = 2,92 \text{ lt/min}$$

$$0,77 \text{ GPM}$$

## Apéndice L

Parámetros típicos para diseño de lagunas de estabilización  
(METCALF & EDDY)

# Apéndice L

**TABLA 10-20**  
Parámetros típicos de diseño para estanques de estabilización

| Parámetro  | Tipo de estanque                                   |  |   |  |   |   |
|--|--|--|---|--|---|---|
|  | Estanque aerobio (baja carga)*                     | Estanque aerobio (alta carga)                      | Estanque aerobio (de maduración)                                    | Estanque aerobio-anaerobio facultativo <sup>b</sup>                  | Estanque anaerobio  | Lagunas aireadas                            |
| Régimen de flujo                                       | Mezcla intermitente                                | Mezcla intermitente                                | Mezcla intermitente   | Estrato superficial mezclado   |   | Mezcla completa                             |
| Tamaño del estanque, ha                                | < 4 unidades múltiples                             | 0,20-0,80  | 0,80-4 unidades múltiples   | 0,80-4 unidades múltiples  | 0,20-0,80 unidades múltiples                                  | 0,80-4 unidades múltiples                   |
| Funcionamiento <sup>c</sup>                            | En serie o en paralelo                             | En serie   | En serie o en paralelo  | En serie o en paralelo   | En serie  | En serie o en paralelo                      |
| Tiempo de detención <sup>d</sup> , d                   | 10-40  | 4-6  | 5-20  | 5-30   | 20-50   | 3-10  |
| Profundidad, m   | 0,9-1,2  | 0,3-0,45   | 0,9-1,5   | 1,2-2,4  | 2,4-4,8   | 1,3-6,0                                     |
| pH   | 6,5-10,5   | 6,5-10,5   | 6,5-10,5  | 6,5-8,5  | 6,5-7,2   | 6,5-8,0                                     |
| Intervalo de temperaturas, °C                          | 0-30   | 5-30   | 0-30  | 0-50   | 6-50  | 0-30  |
| Temperatura óptima, °C                                 | 20   | 20   | 20  | 20   | 30  | 20  |
| Carga de DBO <sub>5</sub> <sup>e</sup> , kg/ha·día     | 67-134   | 90-180   | < 17  | 56-200   | 225-560   |   |
| Conversión de DBO <sub>5</sub> , %                     | 80-95  | 80-95  | 60-80   | 80-95  | 50-85   | 80-95                                       |
| Principales productos de la conversión                 | Algas, CO <sub>2</sub> , tejido celular bacteriano | Algas, CO <sub>2</sub> , tejido celular bacteriano | Algas, CO <sub>2</sub> , tejido celular bacteriano, NO <sub>3</sub> | Algas, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , tejido celular bacteriano | CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , tejido celular bacteriano | CO <sub>2</sub> , tejido celular bacteriano |
| Concentración de algas, mg/L                           | 40-100   | 100-260  | 5-10  | 5-20   | 0-5   |   |
| Sólidos suspendidos en el efluente <sup>f</sup> , mg/L | 80-140   | 150-300  | 10-30   | 40-60  | 80-160  | 80-250                                      |

\* Estanques aerobios convencionales proyectados para maximizar la producción de oxígeno más que la cantidad de algas.

<sup>b</sup> Los estanques incluyen un sistema de aireación adicional. En estanques sin aireación adicional, las cargas de DBO típicas son del orden de una tercera parte de las indicadas.

<sup>c</sup> Depende de las condiciones climáticas.

<sup>d</sup> Valores típicos. En muchos lugares se han empleado valores muy superiores. Los valores de las cargas suelen venir impuestos por las agencias reguladoras.

<sup>e</sup> Incluye algas, microorganismos, y sólidos suspendidos residuales. Los valores se basan en una DBO soluble del afluente de 200 mg/l y, excepto en el caso de los estanques aerobios, una concentración de sólidos suspendidos de 200 mg/l.

**TABLA 10-19**  
Tipos y aplicaciones de estanques de estabilización de uso común

| Tipo de estanque o sistema de estanques                        | Denominación común  | Característica identificable   | Aplicación  |
|--|---|--|---|
| Aerobio  | a) Estanque aerobio de baja carga                           | Proyectado para mantener condiciones aerobias en toda la profundidad del líquido.  | Tratamiento de residuos orgánicos solubles y efluentes secundarios.   |
|  | b) Estanque aerobio de alta carga                           | Proyectado para optimizar la producción de tejido celular de algas y lograr altas cantidades de proteínas utilizables.   | Eliminación de nutrientes, tratamiento de residuos orgánicos solubles, conversión de residuos.  |
|  | c) Estanque de maduración o terciario                       | Similar a los estanques de baja carga pero muy ligeramente cargados.   | Utilizado para mejorar los efluentes de procesos de tratamiento secundarios convencionales, tales como filtros percoladores o fangos activados. |
| Aerobio-anaerobio (fuente de oxígeno: aireación suplementaria) | Estanque facultativo aireado                                | Más profundo que un estanque de alta carga. La fotosíntesis y la reaireación superficial proporcionan oxígeno para la estabilización aerobia en las capas superiores. Las capas inferiores son facultativas. La capa de sólidos del fondo está sometida a digestión anaerobia. | Tratamiento de agua residual desbastada o procedente de decantación primaria y residuos industriales.   |
| Aerobio-anaerobio (fuente de oxígeno: algas)                   | Estanque facultativo  | Como el anterior, pero sin aireación suplementaria. La fotosíntesis y la reaireación superficial proporcionan oxígeno en las capas superiores.   | Tratamiento de agua residual desbastada o procedente de decantación primaria y residuos industriales.   |
| Anaerobio  | Estanque anaerobio, estanques de pretratamientos anaerobios | Prevalen las condiciones anaerobias en toda la profundidad, generalmente seguidas por estanques aerobios o facultativos.   | Tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.  |
| Anaerobio seguido de aerobio-anaerobio                         | Sistema de estanques  | Combinación de los tipos de estanques descritos anteriormente. Los estanques aerobios-anaerobios pueden ir seguidos por un estanque aerobio. Con frecuencia se implanta recirculación desde los estanques aerobios a los anaerobios.   | Tratamiento completo de aguas residuales domésticas e industriales con altas eliminaciones de bacterias.  |

## Apéndice M

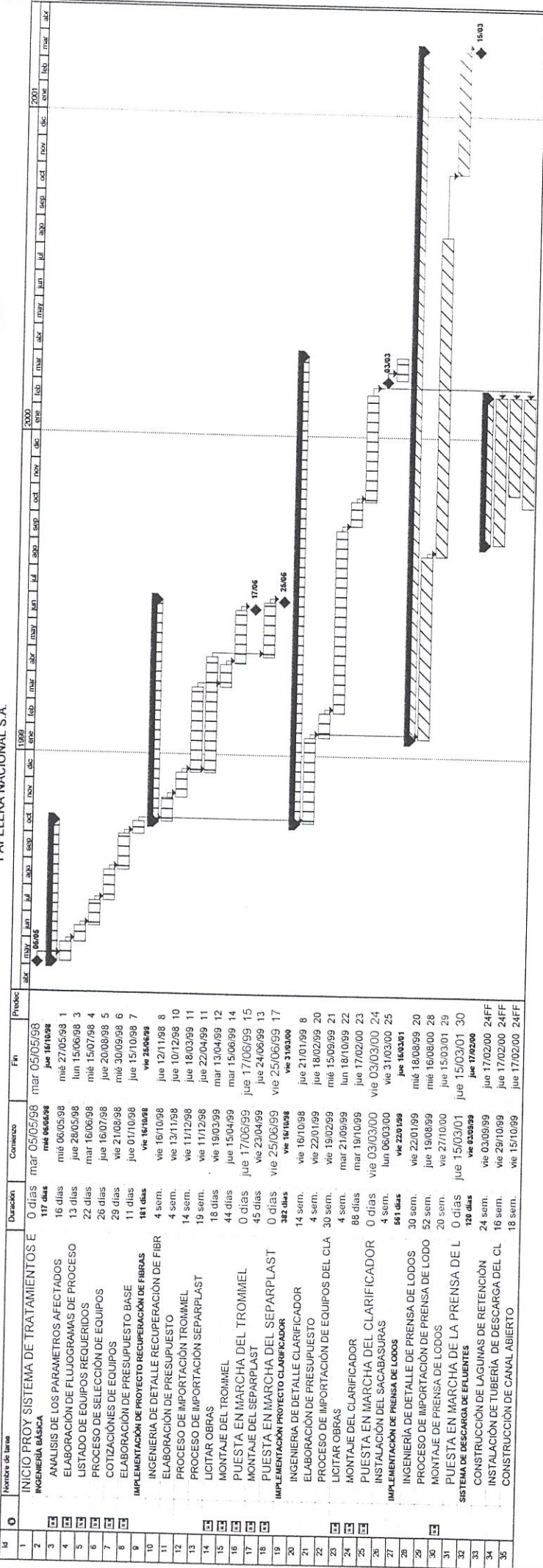
Cronogramas de implementación parcial de cada proyecto



CIB-ESPOL

Apéndice M

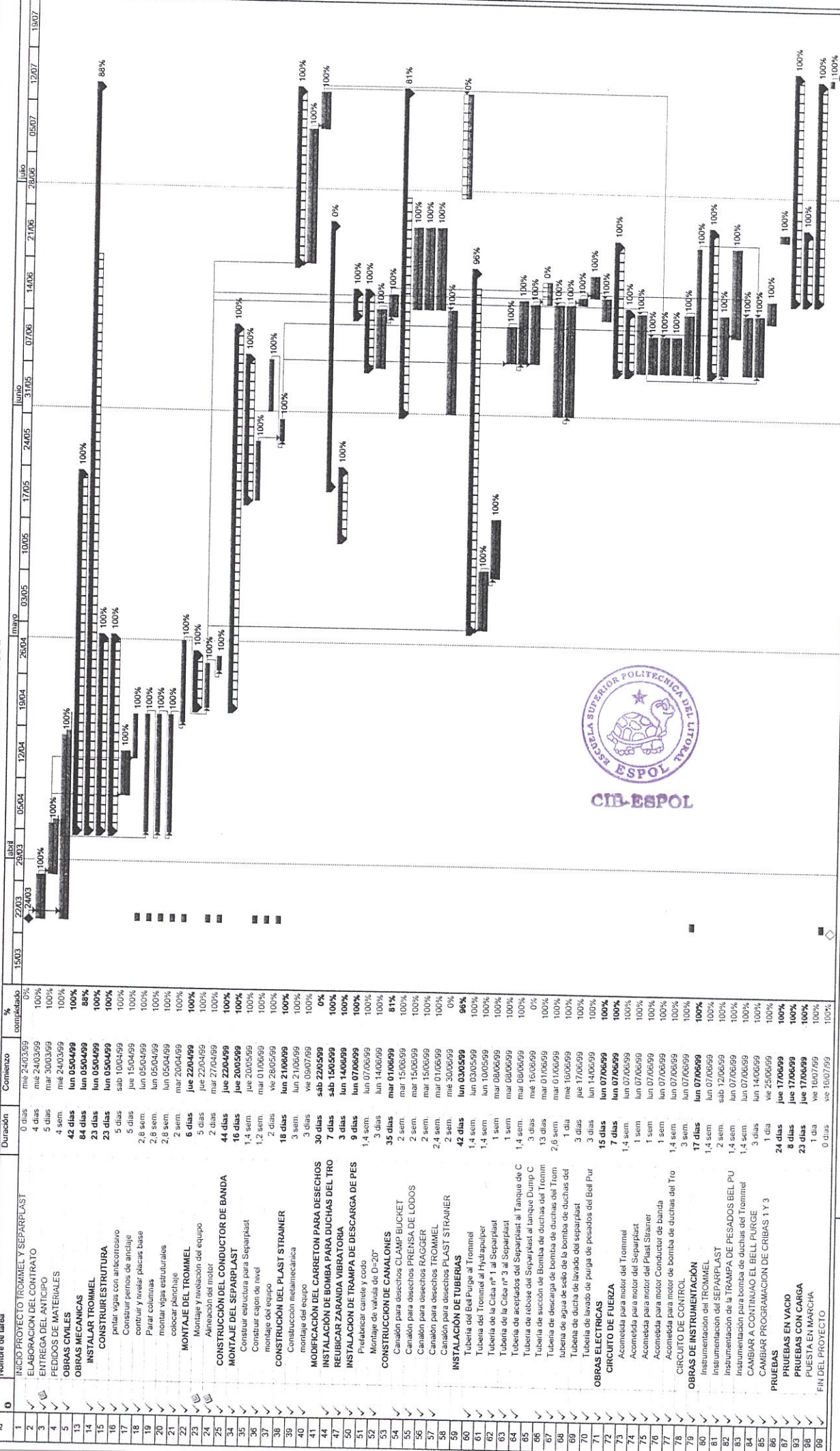
PAPELERA NACIONAL S.A.



Tareas No críticas  
 Tareas Críticas  
 División  
 Progreso  
 Hilo  
 Resumen  
 Tareas resumida  
 Diseño resumida  
 Hilo resumido  
 Progreso resumido  
 Tareas estimas  
 Resumen del proyecto  
 Hilo estarno  
 Fecha límite

Apéndice M

PAPELERA NACIONAL S.A.



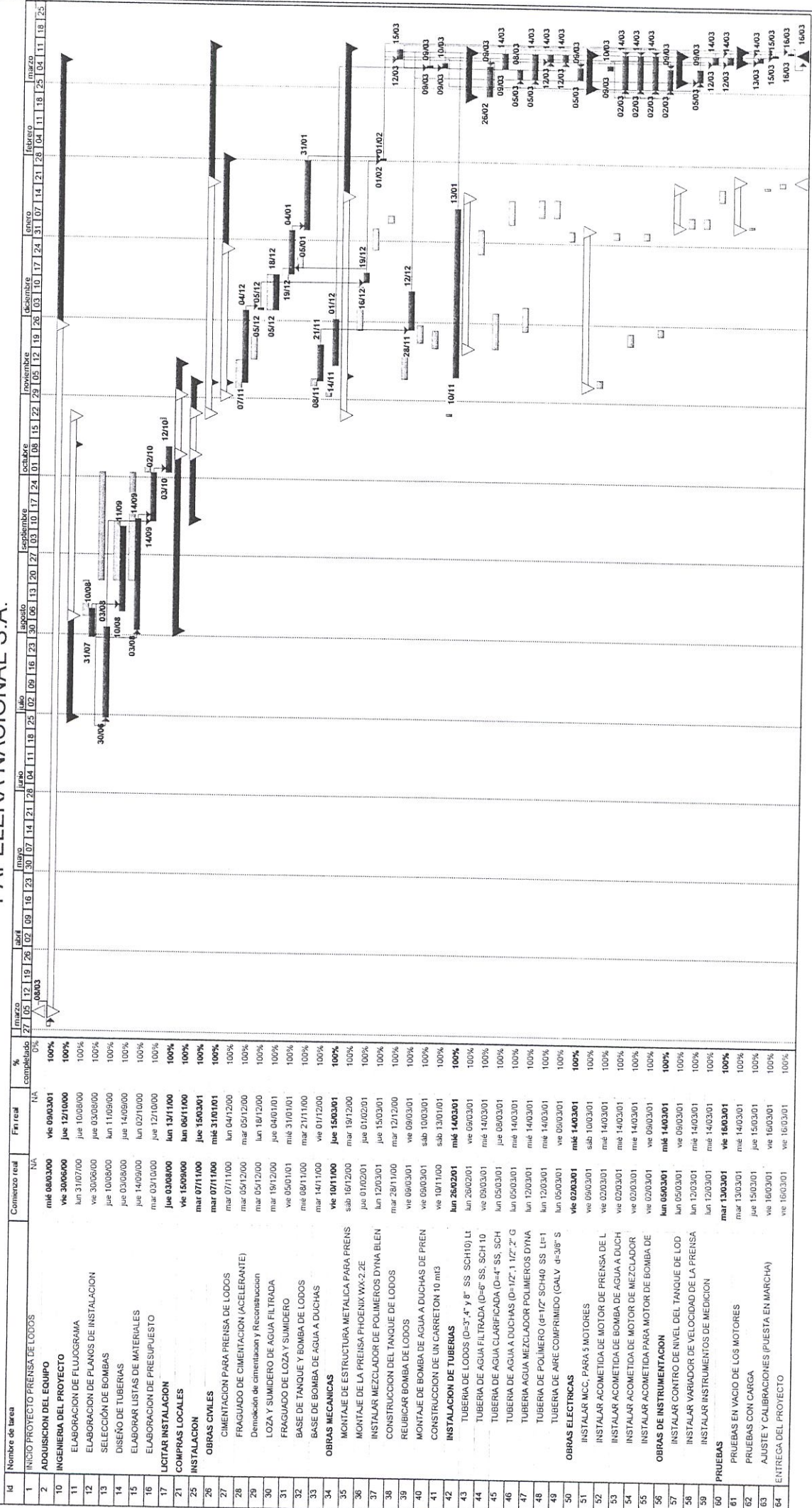
Proyecto: trommel-separplast  
Fecha: jue 24/11/05





Apéndice M

PAPELERA NACIONAL S.A.



**Proyecto: CRONOGRAM PRENSA DE LODOS**  
**Fecha: jue 24/11/05**

Tarea: [Barra horizontal]    Hilo: [Barra horizontal]    Hilo resumido: [Barra horizontal]    División: [Barra horizontal]    Fecha límite: [Barra horizontal]

Progreso de tarea: [Barra horizontal]    Hilo de línea de base: [Barra horizontal]    Resumen de línea de base: [Barra horizontal]    División de la línea de base: [Barra horizontal]

Tarea crítica: [Barra horizontal]    Resumen: [Barra horizontal]    Línea de base resumida: [Barra horizontal]    Tareas externas: [Barra horizontal]

Progreso de tarea crítica: [Barra horizontal]    Tarea resumida: [Barra horizontal]    Hilo de línea de base resumida: [Barra horizontal]    Resumen del proyecto: [Barra horizontal]

Línea de base: [Barra horizontal]    Tarea crítica resumida: [Barra horizontal]    Progreso resumido: [Barra horizontal]    Hilo externo: [Barra horizontal]

ANEXO M. CRONOGRAM PRENSA DE LODOS Página 1

# PLANOS



CIB-ESPOL

## **Apéndice G**

### **Cálculo de bomba de recirculación del ADT**

ANEXO G. FORMATO PARA CALCULO DE BOMBA AL ADT

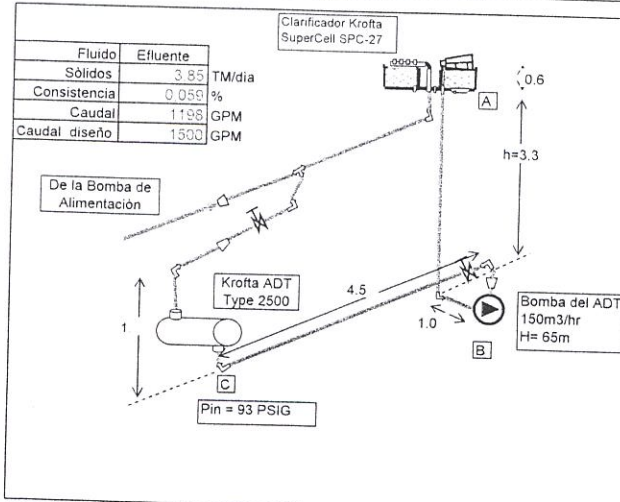
A.0.-

DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Nombre del Proyecto: TRATAMIENTO EXTERNO DE EFLUENTES CLARIFICADOR  
 Descripción d' Instalac.: Bomba de Recirculación al ADT (Air Dissolved Tube)  
 Area de aplicación: Fabrica General

Fecha: 24-Jun-98

Codigo:



| Tramo       | h1 =              | Diam | m     | ft       |
|-------------|-------------------|------|-------|----------|
| Tramo AB    | L1 =              | 6"   | 4.32  | 14.2     |
|             | Accesorios        | cant | diam  | tipo     |
|             | Entrada           | 1    | 6"    | a tope   |
|             | Valvula           | 0    | 6"    | cuchilla |
|             | Codo              | 1    | 6"    | 90° Std  |
|             | Descarga          | Diam | m     | ft       |
|             | h2 =              |      | 1     | 3.3      |
| Tramo BC    | L <sub>bc</sub> = | 6"   | 5     | 16.4     |
| Tramo CD    | L <sub>cd</sub> = |      |       | 0.0      |
| Tramo DE    | L <sub>de</sub> = |      |       | 0.0      |
|             | Accesorios        | cant | diam  | tipo     |
| Tramo BC CD | Valvula cheq      |      |       |          |
|             | expansión         | 2    | 4 x 6 | gradual  |
|             | Contraacción      |      |       |          |
|             | Tee               |      |       |          |
|             | Codos             | 2    | 6     | 90° std  |
|             | Valv              | 1    | 6     | cuchilla |
|             | ADT-2500          | 1    |       | 90psig   |

Espacio para gráficos:

A

SERVICIO:

A.1

CONDICIONES DEL DIMENSIONAMIENTO

Fluido: BDTMD  
 Sólidos en suspensión: 3.85 TM/día  
 Caudal: 0.059 %  
 Caudal de diseño: 1198 GPM  
 Equipos principales: 1500 GPM  
 Equipos en Stand by:  
 Temperatura:  
 Presion de vapor:  
 Gravedad específica:  
 Viscosidad cinemática:  
 Altura sobre el nivel del mar:  
 Presión barométrica:  
 Gravedad

| simbolo/formula | unidad              | Efluente |
|-----------------|---------------------|----------|
| M               | TM/DIA              | 2.12     |
| C               | [%]                 | 0.059    |
| Q=Mx18.347/C    | [GPM]               | 660      |
| Caudal diseño   | [GPM]               | 660      |
|                 | [Unidades]          | 1        |
| T               | [°C]                | 45       |
| Pv              | [PSia]              | 1.3898   |
| SG              | [-]                 | 1        |
| μ               | [SSU]               | 31.2     |
| P <sub>o</sub>  | [PSI]               | 14.7     |
| g               | ft/seg <sup>2</sup> | 32.174   |
| π               |                     | 3.1416   |

Para consistencias < 2,0% se considera como agua  
 selección del diametro de la succión y descarga  
 Velocidad recomendada

|                           | Succión | Descarga |
|---------------------------|---------|----------|
| V <sub>R</sub> min =      | 4       | 7        |
| V <sub>R</sub> max =      | 7       | 7        |
| Q =                       | 660     | 660      |
| q = Q/(7.48x60)           | 1.47    | 1.47     |
| A = Q/V <sub>R</sub>      | 0.37    | 0.37     |
| A = 0.25πD <sup>2</sup>   | 0.21    | 0.21     |
| D = (4A/π) <sup>0.5</sup> | 0.68    | 0.68     |
| Dmax =                    | 8.2     | 8.2      |
| Dmin =                    | 0.52    | 0.52     |
|                           | 6"      | 6"       |

Información de la tubería en la instalación:

Velocidad recomendada en la succión  
 Velocidad recomendada en la descarga:  
 Diámetro de la tubería de succión:  
 Diámetro de la tubería de descarga:

|          | de 4 a 7 | fps            | Longitud L | diámetro d |
|----------|----------|----------------|------------|------------|
|          | de 4 a 7 | fps            | [FT]       | [pulgs]    |
| TRAMO AB | 6"       | [Pulgs sch 10] | 14.2       | 6.357      |
| TRAMO BD | 6"       | [Pulgs sch 10] | 16.4       | 6.357      |
| TRAMO DE | 0        | [Pulgs sch 10] | 0.0        |            |

Para la evaluación del punto de operación del sistema, se han considerado los siguientes datos:

| Descripción  | Simbolo / formula                                      | Unidad                 | TRAMO AB | CAMERON |
|--|--|------------------------|----------|---------|
| TUBERIA DE SUCCION (Diámetro):                                   | D  | [Pulgs sch 10]         | 6"       | 6"      |
| Diámetro interior de la tubería:                                 | d =  | [Pulgs]                | 6.357    |         |
| Area de flujo:   | A = 0.25πd <sup>2</sup>                                | [ft <sup>2</sup> ]     | 0.22     |         |
| Longitud de tubería  | L =  | Ft                     | 14.2     |         |
| Relación L/D   | (L/d) =  |                        | 26.7     |         |
| Caudal:  | Q =  | GPM                    | 660      | 660     |
| Caudal:  | q = GPM/(7.48 x 60)                                    | [ft <sup>3</sup> /seg] | 1.47     |         |
| Velocidad en la tubería:   | V = Q/A  | [pie/seg]              | 6.67     | 7.25    |
| Cabezal de velocidad:  | h <sub>v</sub> = V <sup>2</sup> /2g                    | [Pies]                 | 0.69     | 0.81    |
| Pérdidas por fricción: (ver hoja de cálculo cabezal de fricción) | h <sub>f</sub> = f(L/D)(V <sup>2</sup> )/2g = f(L/D)hv | Ft                     | 0.462    |         |
| Sumergencia mínima requerida: (ver hoja de cálculo)              |  | FV/100ft               | 0.384    | 2.71    |
|  |  | [Pies]                 | 3.5      |         |

Para la evaluación del punto de operación del sistema, se han considerado los siguientes datos:

| Descripción  | Simbolo / formula                                      | Unidad                 | TRAMO BD | CAMERON* | TRAMO DE | CAMERON* |
|--|--|------------------------|----------|----------|----------|----------|
| TUBERIA DE DESCARGA (Diámetro):                                  | D  | [Pulgs sch 10]         | 6"       | 6"       | 16.4     | 16.4     |
| Diámetro interior de la tubería:                                 | d =  | [Pulgs]                | 6.357    |          |          |          |
| Area de flujo:   | A = 0.25πd <sup>2</sup>                                | [ft <sup>2</sup> ]     | 0.22     |          | 0.00     |          |
| Longitud de tubería  | L =  | Ft                     | 16.4     |          | 0.0      |          |
| Relación L/D   | (L/d) =  |                        | 31.0     |          | #DIV/0!  |          |
| Caudal:  | Q =  | GPM                    | 660      | 660      | 660      | 660      |
| Caudal:  | q = GPM/(7.48 x 60)                                    | [ft <sup>3</sup> /seg] | 1.47     |          | 1.47     |          |
| Velocidad en la tubería:   | V = Q/A  | [pie/seg]              | 6.67     | 7.25     | #DIV/0!  | 4.3      |
| Cabezal de velocidad:  | h <sub>v</sub> = V <sup>2</sup> /2g                    | [Pies]                 | 0.69     | 0.81     | #DIV/0!  | 0.287    |
| Pérdidas por fricción: (ver hoja de cálculo cabezal de fricción) | h <sub>f</sub> = f(L/D)(V <sup>2</sup> )/2g = f(L/D)hv | Ft                     | 0.535    |          | #DIV/0!  |          |
|  |  | FV/100ft               | 0.444    | 2.71     | 0.000    | 0.444    |

\* Tubería nueva de acero al carbono SCH 40



## A.2.- EVALUACION DEL SISTEMA:

## A.2.1.- Succión (evaluación de pérdidas)

**PERDIDAS EN LA TUBERIA A LA SUCCION DE LA BOMBA:**

| ITEM                 | size:   | d <sub>int</sub> | Area  | Veloc | CANT (mt)           |           | Perd x frcc | PERDIDA hf = f(L/D)hv |             |              |
|----------------------|---------|------------------|-------|-------|---------------------|-----------|-------------|-----------------------|-------------|--------------|
|                      | (pulgs) | (pulg)           |       |       | (pie <sup>2</sup> ) | (pie/seg) |             | (mt)                  | (ft)        | (mt)         |
| Tubería (diámetro) = | 6"      |                  | 6,357 |       |                     | 4,3       | 14,1696     | 2,2                   | 0,10        | 0,312        |
| <b>TOTAL:</b>        |         |                  |       |       |                     |           |             |                       | <b>0,10</b> | <b>0,312</b> |

**PERDIDAS EN ACCESORIOS UBICADOS EN LA SUCCION DE LA BOMBA**

| ITEM                  | size:   | d <sub>int</sub> | Area  | Veloc | CANT | K | V <sup>2</sup> /2g | PERDIDA: H <sub>r</sub> = K(V <sup>2</sup> /2g) |             |             |
|-----------------------|---------|------------------|-------|-------|------|---|--------------------|---|-------------|-------------|
|                       | (pulgs) | (pulg)           |       |       |      |   |                    | (pie <sup>2</sup> )                             | (pie/seg)   | (mt)        |
| Entrada a tope        | 6       |                  | 6,357 | 0,22  | 6,67 | 1 | 0,24               | 0,69  |             |             |
| Codo de 10"x90°       | 6       |                  | 6,357 | 0,22  | 6,67 | 1 | 0,28               | 0,69  | 0,17        |             |
| Válvula de compuerta  |         |                  |       |       |      | 1 | 0,11               | 0,00  | 0,19        |             |
| Reducción concentrica |         |                  |       |       |      | 1 | 0,11               | 0,00  | 0,00        |             |
| <b>TOTAL:</b>         |         |                  |       |       |      | 1 | 0,46               | 0,00  | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> |

**TOTAL PERDIDAS EN LA SUCCION:**

0,20 (mt) 0,67 (ft)

## A.2.2.- Descarga (evaluación de pérdidas)

**PERDIDAS EN LA TUBERIA A LA DESCARGA DE LA BOMBA:**

| ITEM                     | size:   | d <sub>int</sub> | Area  | Veloc | CANT (mt)           |           | Perd x fric | PERDIDA |             |             |
|--------------------------|---------|------------------|-------|-------|---------------------|-----------|-------------|---------|-------------|-------------|
|                          | (pulgs) | (pulg)           |       |       | (pie <sup>2</sup> ) | (pie/seg) |             | (mt)    | (ft)        | (ft/100FT)  |
| Tubería (diám) TRAMO BD' | 10      |                  | 6,357 | 0,22  | 6,67                | 5,0       | 16,4        | 1,07    | 0,05        | 0,2         |
| TRAMO DE                 | 12      |                  | 0     | 0,00  | #DIV/0!             | 0,0       | 0,0         | 0,444   | 0,00        | 0,0         |
| <b>TOTAL:</b>            |         |                  |       |       |                     |           |             |         | <b>0,05</b> | <b>0,18</b> |

**PERDIDAS EN ACCESORIOS UBICADOS EN LA DESCARGA DE LA BOMBA**

| ITEM                     | size:   | d <sub>int</sub> | Area  | Veloc | CANT | K"    | h <sub>v</sub> = V <sup>2</sup> /2g | PERDIDA             |             |             |
|--------------------------|---------|------------------|-------|-------|------|-------|-------------------------------------|---------------------|-------------|-------------|
|                          | (pulgs) | (pulg)           |       |       |      |       |                                     | (pie <sup>2</sup> ) | (pie/seg)   | (mt)        |
| Válvula Cheque vertical  |         |                  |       |       | 1    | 8,4   | 0,00                                |                     | 0,00        |             |
| Expansión de:            | 4x6     |                  | 6,357 | 0,22  | 6,67 | 2     | 0,32                                | 0,69                | 0,44        |             |
| Tee                      |         |                  |       |       | 1    | 0,84  | 0,00                                |                     | 0,00        |             |
| Reducción de:            |         |                  |       |       | 1    | 0,46  | 0,00                                |                     | 0,00        |             |
| Válvula de compuerta de: | 6       |                  | 6,357 | 0,22  | 6,67 | 1     | 0,11                                | 0,69                | 0,08        |             |
| codos de 10"x45°         |         |                  |       |       | 4    | 0,224 | 0,00                                |                     | 0,00        |             |
| Expansión de 10 x 12     |         |                  |       |       | 1    | 0,28  | 0,19                                |                     | 0,05        |             |
| Codo de 6 x 90°          | 6       |                  | 6,357 | 0,22  | 6,67 | 1     | 0,442                               | 0,69                | 0,31        |             |
| Tubo de 6 ducha          |         |                  |       |       | 6    | 0,28  | 0,00                                |                     | 0,00        |             |
| <b>TOTAL:</b>            |         |                  |       |       |      |       |                                     |                     | <b>0,27</b> | <b>0,88</b> |

**TOTAL PERDIDAS EN LA DESCARGA**

0,32 (mt) 1,05 (ft)

## A.2.3.- Columna estática total

la diferencia de niveles en las condiciones más desfavorables, entre el espejo de succión (en su nivel mínimo) y el espejo del tanque de entrega ( en su nivel máximo) es de:

| NIVEL TANQUE DE SUCCION (Sistema)     | MIN [mt] | MAX [mt] | MIN [ft] | MAX [ft] |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| NIVEL punto de entrega (Clarificador) | 3,95     | 4,0      | 12,956   | 12,956   |
| <b>COLUMNA ESTATICA TOTAL:</b>        |          |          |          |          |
|                                       | -2,95    |          | -9,7     |          |

## A.2.4.- Descarga: (Presión requerida en la entrega)

| [PSig] | [BAR] | [PIES] | [mt]  |
|--------|-------|--------|-------|
| 93     | 0     | 214,8  | 65,50 |

**PRESION DE DESCARGA:**

65,50 [mt] 214,8 [Pies]

## A.2.5.- Cabezal de velocidad en la brida de succión:

Diámetro de brida de succión de la bomba  
 Caudal:  
 Velocidad:  
 Cabezal de velocidad:  $h_v = V^2/2g$   
 Cabezal de velocidad:  $h_v = V^2/2g$

10,00 [Pulg]  
 660 [GPM]  
 6,67 [Pie/seg]  
 0,69 [Pies]  
 0,21 [mt]

**CABEZAL DE VELOCIDAD (en la brida de succión):**

0,21 [mt] 0,7 [Pies]

## A.2.6.- Altura dinámica Total

| DETALLE                       | [mt]  | [Pies] |
|-------------------------------|-------|--------|
| A.2.1 Pérdidas en la succión  | 0,20  | 0,67   |
| A.2.2 Pérdidas en la descarga | 0,37  | 1,21   |
| A.2.3 Columna estatica Total  | -2,95 | -9,676 |
| A.2.4 Presión de descarga     | 65,50 | 214,83 |
| A.2.5 Cabezal de Velocidad    | 0,21  | 0,69   |
| A.2.6 ALTURA DINAMICA TOTAL   | 63,33 | 207,73 |

**ALTURA DINAMICA TOTAL**

63,3 207,7

## A.2-7 Punto de operación para selección del equipo

| 660 GPM   | @ | 213 FT |
|-----------|---|--------|
| 150 m3/Hr | @ | 63 mt  |

15% FACTOR DE SEGURIDAD  
 15% FACTOR DE SEGURIDAD



**A.2.8 Evaluación del NPSH (Disponible)**

En la presente disposición, con succión positiva, el NPSH disponible se evalúa de la siguiente manera:

$$NPSH_{(Disponible)} = Presión_{(Atmosférica)} + H_{(De succión)} - (Presión_{(De vapor)} + H_{f(En la succión)})$$

|                                |   |             |                                  |
|--------------------------------|---|-------------|----------------------------------|
| NPSH <sub>(Disponible)</sub> = | + | 34,0 [pies] | Presión <sub>(Atmosférica)</sub> |
|                                | + | 13,0 [pies] | Columna(Hde succión)             |
|                                | - | 3,21 [pies] | Presión <sub>(De vapor)</sub>    |
|                                | - | 0,67 [pies] | H <sub>f(En la succión)</sub>    |
| NPSH <sub>(Disponible)</sub> = |   | 43,0 [pies] |                                  |
| NPSH <sub>(Disponible)</sub> = |   | 13,1 [m]    |                                  |

(\*) Se ha considerado este valor tomando en cuenta el valor de sumergencia mínima requerida para evitar la formación de vórtice indicada en A.1

|                                |          |           |
|--------------------------------|----------|-----------|
| NPSH <sub>(Disponible)</sub> = | 13,1 [m] | 43,0 [ft] |
|--------------------------------|----------|-----------|

**A.3 SELECCIÓN**

Para esto utilizamos el Software PSS Goulds Pumps de ITT Industries.

BOMBA: GOULDS  
 MODELO: 3175  
 TAMAÑO: 4x6-14-5VS  
 RPM: 1800  
 MOTOR [HP]: 30

**A.4 OFERTA TECNICO - ECONOMICA**

**A.4.1 Detalles generales y metalurgia**

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Cantidad:                     | 1             |
| Modelo:                       | 3175          |
| Tamaño:                       | 6X8X12        |
| Rotación:                     | CCW           |
| Impulsor tipo:                | ABIERTO       |
| Carcáza (Item 100):           | DUCTILE IRON  |
| Impulsor (Item 101):          | CD4           |
| Eje (Item 122):               | AISI 4140     |
| Camisa de desgaste (Item 126) | 316SS         |
| Método de sellado:            | EMPAQUETADURA |

**A.4.2 Condiciones de operación y desempeño**

|                           |               |  |              |
|---------------------------|---------------|--|--------------|
| Caudal:                   | 660 [GPM]     | Presión de succión:                    | 13,19 [PSIa] |
| ADT:                      | 213 [FT]      | Presión de descarga:                   | 92,1 [PSIa]  |
| Eficiencia:               | 62% [%]       | Curva de operación:                    | ADJUNTAS     |
| BHP <sub>rated</sub>      | 23,7 [HP]     | NPSH <sub>(Disponible)</sub> =         | 43,0 [FT]    |
| BHP <sub>MAXIMA</sub>     | 30 [HP]       | NPSH <sub>(Requerido)</sub> =          | 5 [FT]       |
| Diámetro Impulsor máx.    | 12" [Pulg]    | * función de la velocidad seleccionada |              |
| Diámetro Impulsor min     | 9" [Pulg]     |  |              |
| Diámetro Impulsor trabajo | 11,75" [Pulg] |  |              |

|       |       |  |
|-------|-------|--|
| WHP = | 35 HP | (QxADTxSp.Gr.)/3960                          |
| BHP = | 57,6  | (QxADTxSp.Gr.)/(3960XE <sub>f(bomba)</sub> ) |

Factor de corrección Cabezal-Capacidad K<sub>p</sub>

ver grafico E-1873

PASO 1 PARA Q<sub>p</sub> = 100 → K<sub>p</sub> = 1,00  
 %C = 5,0

PASO 2 DETERMINE EL RATING PARA AGUA

Q<sub>w</sub> = Q/K<sub>p</sub> = 660      H<sub>w</sub> = ADT/K<sub>p</sub> = 212,7

CON Q<sub>w</sub> Y H<sub>w</sub> ESCOGER LA BOMBA Y EN LA CURVA DETERMINE LA EFICIECIA

EFF<sub>bomba</sub> = 0,62

PASO 3 CALCULE BHP AL RATING

$$BHP = (Q_w \times H_w \times Sp.Gr.) / (3960 \times E_{f(bomba)})$$

BHP = 57,6

"Determinación del Cabezal de Fricción"

|   | Caudal                            | Q=   | Succión     |             |
|---|-----------------------------------|--|-------------|-------------|
|   |                                   |  | Tramo AB    | Tramo BD    |
| Caudal  |                                   | q=GPM/(7.48 x 60)  | 660         | 660         |
| Diametro interior de la tubería                                     |                                   | d=   | 1.47        | 1.47        |
| Pi  |                                   | $\pi$  | 6.357       | 6.357       |
| gravedad  |                                   | g  | 3.1416      | 3.1416      |
| Area de flujo   |                                   | $A=0.25\pi d^2$  | 32.2        | 32.2        |
| Velocidad   |                                   | $V=Q/A$  | 0.22        | 0.22        |
| Longitud de la Tubería  |                                   | L=   | 6.67        | 6.67        |
| Relación (L/d)  |                                   | (L/D)=   | 14,1696     | 16.4        |
| Cabezal de Velocidad  |                                   | $h_v=V^2/2g=$  | 26.7        | 31.0        |
| Cabezal de fricción   |                                   | $h_f=f(L/D)(V^2)/2g = f(L/d)h_v$                             | 0.69        | 0.69        |
| Reynolds Number   | 2,20%                             | $R= V D \nu = V D \rho / \mu (32,174)$                       | 0.46207     | 0.53480     |
| Reynolds Number   |                                   | f=64/R   | 596.686     | 596.686     |
| Factor de Fricción (ver Diagrama Moody pag # 3-11) Colebrook (1939) | Para R<2000 (laminar flow)        | $f > 1/(f)^{0.5} = -2 \log [(\epsilon/D + 2.51/R)(f)^{0.5}]$ |             |             |
| Rugosidad absoluta en (ft) ver pag # 3-5 (CAMERON Hydraulic data)   |                                   | $\epsilon$   |             |             |
| Rugosidad relativa (pag 3-5 CAMERON Hydraulic data)                 |                                   | $\epsilon$ relat= $\epsilon/D$                               |             |             |
|   | Para tubo STAINLES STEEL          | $\epsilon =$   | 0.000226522 | 0.000226522 |
|   | Viscosidad cinemática agua a 45°C | $\nu =$  | 0.00012     | 0.00012     |
|   |                                   | [Ft <sup>2</sup> /seg]                                       | 5.92015E-06 | 5.92015E-06 |

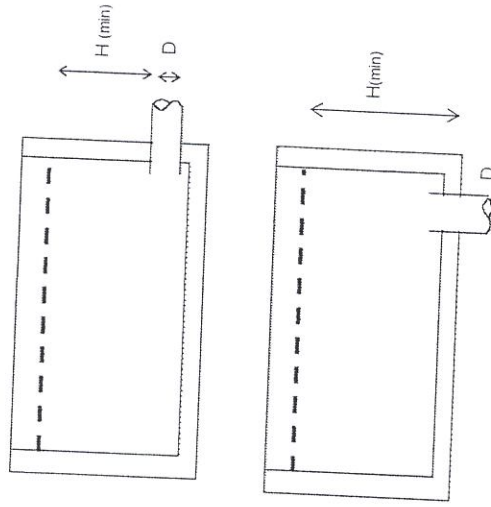
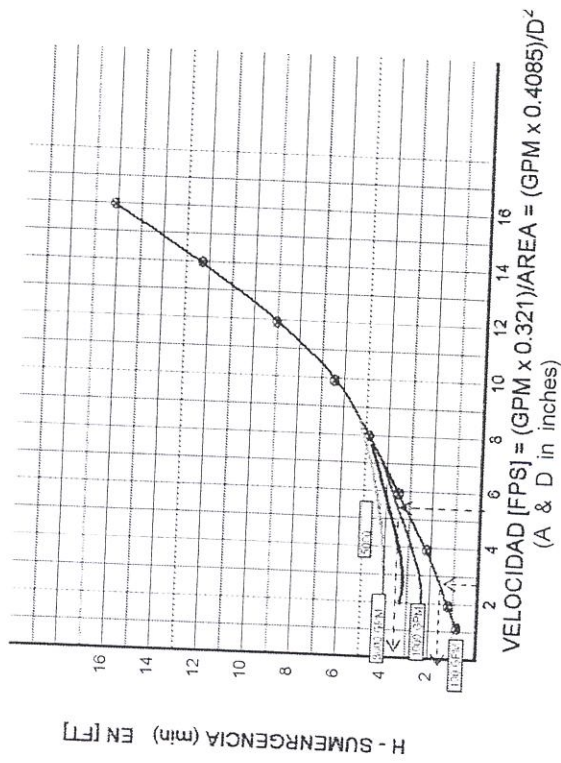


## "SUMERGENCIA MINIMA DEL TUBO DE SUCCION"

### Importance of proper Suction Pipe Submergence

In many cases centrifugal pumps function improperly because air gets into the pump due to:

- 1.- The installation of a suction pipe that is too small in diameter.
- 2.- The end of the pipe not being submerged deeply enough.
- 3.- Booth of the above undratable conditions.



Calculo de la Sumergencia mínima en los tubos de succión del Tanque de agua turbia-clara

| BOMBA                                 | CAUDAL<br>Q [GPM] | DIAM<br>D [inch] | AREA<br>A [in <sup>2</sup> ] | VELOCIDAD |         | SUBMERGENCIA<br>H [FT] |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-----------|---------|------------------------|
|                                       |                   |                  |                              | V [FPS]   | V [FPS] |                        |
| Tanque de Efluentes al Fraccionador   | 1,500             | 10               | 85,3                         | 5,64      | 5,64    | 3,50                   |
| Bomba de Alimentación al Clarificador |                   |                  |                              |           |         |                        |
| Nivel máx de líquido en el sistema    |                   |                  |                              |           |         | 12,80                  |

Referencia: GPM (Goulds Pump Manual (ITT Industries) TECH - B (pag 729))

## Apéndice H

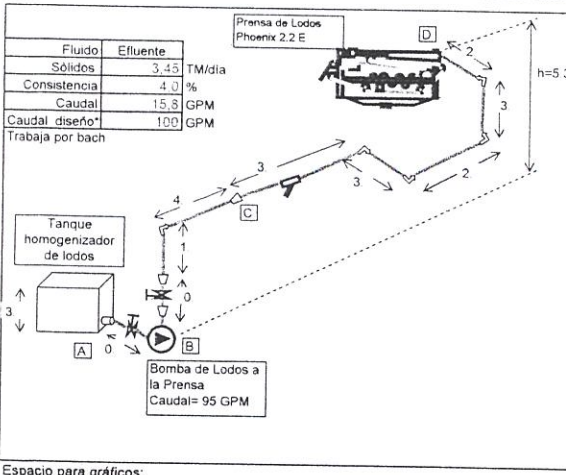
Cálculo de bomba de lodos a prensa.



ANEXO H "FORMATO PARA CALCULO DE BOMBA DE LODOS A LA PRENSA"

A.0.- DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Nombre del Proyecto: Plantilla de Lodos para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Fecha: 24-Jun-98  
 Descripción d' Instalac.: Plantilla de Lodos para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales  
 Area de aplicacion: Planta General Código:           



|             |                   | Succión | Diam  | m        | ft      |
|-------------|-------------------|---------|-------|----------|---------|
| Tramo AB    | h1=               |         | 3"    | 2,55     | 8,4     |
|             | L1=               |         | 3"    | 0,5      | 1,6     |
| Tramo BC    | Accesorios        | cant    | diam  | tipo     |         |
|             | Entrada           | 1       | 3"    | a tope   |         |
|             | Valvula           | 1       | 3"    | cuchilla |         |
|             | Codo              | 0       |       |          | 90° Std |
|             | Descarga          | Diam    | m     | ft       |         |
|             | h2 =              |         |       | 5,3      | 17,4    |
| Tramo BC    | L <sub>bc</sub> = |         | 4"    | 7,2      | 23,6    |
| Tramo CD    | L <sub>cd</sub> = |         | 8"    | 14,4     | 47,2    |
| Tramo DE    | L <sub>de</sub> = |         |       |          | 0,0     |
| Tramo BC CD | Accesorios        | cant    | diam  | tipo     |         |
|             | Valvula cheq      |         |       |          |         |
|             | expansión         | 1       | 2 x 3 | gradual  |         |
|             | Expansión         | 1       | 3x4   | gradual  |         |
|             | Valvula           | 1       | 3     | cuchilla |         |
|             | Codos             | 1       | 4     | 90° std  |         |
|             | Expansión         | 1       | 4x8   | gradual  |         |
| Mixer       | 1                 | 8"      |       |          |         |
| codos       | 4                 | 8x90°   | Std   |          |         |

Espacio para gráficos:

A SERVICIO:

A.1 CONDICIONES DEL DIMENSIONAMIENTO

Fluido: BDTMO  
 Sólidos en suspensión: 4.0 %  
 Caudal: 15.8 GPM  
 Caudal de diseño: 100 GPM  
 Equipos principales:  
 Equipos en Stand by:  
 Temperatura: 45 °C  
 Presion de vapor: 1.3898 PSia  
 Gravedad específica: 1  
 Viscosidad cinemática: 31.2 SSU  
 Altura sobre el nivel del mar: 0 fm  
 Presión barométrica: 14.7 PSI  
 Gravedad: 32.174 ft/seg2

| simbolo/formula     | unidad     | Efluente |
|---------------------|------------|----------|
| M                   | TM/DIA     | 3.45     |
| C                   | [%]        | 4.0      |
| Q=Mx18.347/C        | [GPM]      | 15.8     |
| Caudal diseño: bach | [GPM]      | 100      |
|                     | [Unidades] | 1        |
|                     | [Unidades] | 0        |
| T                   | [°C]       | 45       |
| Pv                  | [PSia]     | 1.3898   |
| SG                  | [-]        | 1        |
| μ                   | [SSU]      | 31.2     |
|                     | [fm]       | 0        |
| P <sub>0</sub>      | [PSI]      | 14.7     |
| g                   | [ft/seg2]  | 32.174   |
| π                   |            | 3.1416   |

Para consistencias < 2,0% se considera como agua  
 selección del diametro de la succión y descarga  
 Velocidad recomendada

| V <sub>R</sub> min =    | 4    | fps          |
|-------------------------|------|--------------|
| V <sub>R</sub> max =    | 7    | fps          |
| Succión                 |      | Descarga     |
| Q=                      | 100  | 100 GPM      |
| q=Q/(7.48x60)           | 0.22 | 0.22 Ft3/sec |
| A=Q/V <sub>R</sub>      | 0.06 | 0.06 Ft2     |
|                         | 0.03 | 0.03 Ft2     |
| D=(4A/π) <sup>0.5</sup> |      |              |
| Dmax =                  | 0.27 | 0.27 Ft      |
|                         | 3.2  | 3.2 inch     |
| Dmin=                   | 0.20 | 0.20 Ft      |
|                         | 2.4  | 2.4 inch     |
|                         | 3"   | 4"           |
|                         |      | 8"           |

Información de la tubería en la instalación:

Velocidad recomendada en la succión  
 Velocidad recomendada en la descarga:  
 Diámetro de la tubería de succión:  
 Diámetro de la tubería de descarga:

|          | de 4 a 7 | fps            | Longitud L | diametro d |
|----------|----------|----------------|------------|------------|
|          | de 4 a 7 | fps            | [FT]       | [pulgs]    |
| TRAMO AB | 3"       | [Pulgs sch 10] | 1.6        | 3.26       |
| TRAMO BC | 4"       | [Pulgs sch 10] | 23.6       | 4.26       |
| TRAMO CD | 8"       | [Pulgs sch 10] | 47.2       | 8.329      |

Para la evaluación del punto de operación del sistema, se han considerado los siguientes datos:

| Descripción   | Simbolo / formula                                    | Unidad             | TRAMO AB | CAMERON |
|---|--|--------------------|----------|---------|
| TUBERIA DE SUCCION (Diámetro):                      | D  | [Pulgs sch 10]     | 3"       | 3"      |
| Friction losses - Paper Stock                       |  |                    |          |         |
| Volumetric Flow rate                                | Q=   | GPM                | 100      | 100     |
| % Stock Consistency --- oven dry                    | C=   | %                  | 4.0      | 4.0     |
| Inside diameter of pipe                             | D=   | Ft                 | 0.27     |         |
| Stock density (asumed 62.4 lb/ft3)                  | ρ  | lb/Ft <sup>3</sup> | 62.4     |         |
| Pipe flow cross - Section area                      | A=0.25πd <sup>2</sup>                                | inch <sup>2</sup>  | 8.35     |         |
| average Stock Velocity                              | V = Q x 0.321 / A                                    | Ft/sec             | 3.85     |         |
| Length pipe   | L=   | Ft                 | 1.6      |         |
| Friction losses paper stock                         | h <sub>f</sub> =(f x V <sup>2</sup> x L x K) / D     | Ft                 | 0.97     |         |
|   | hf <sub>100</sub>                                    | Ft/100Ft           |          | 65      |
|   | hf=(hf <sub>100</sub> xL)/100                        | Ft                 |          | 1.07    |
| Friction factor multiplier (see page 3-89)          | K=   | UnBl Sulfite       | 1.0      |         |
| pseudo-Reynolds Number                              | Re=(D <sup>0.205</sup> x V x ρ) / C <sup>1.157</sup> |                    | 36.9     |         |
| Factor de Fricción                                  | f = 3.97 / Re <sup>1.836</sup>                       |                    | 0.0108   |         |
| Sumergencia mínima requerida: (ver hoja de cálculo) |  | [Pies]             | 1.9      |         |

Para la evaluación del punto de operación del sistema, se han considerado los siguientes datos:

| Descripción                                | Simbolo / formula                                    | Unidad             | TRAMO BC | CAMERON* | TRAMO CD | CAMERON* |
|--|--|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| TUBERIA DE DESCARGA (Diámetro):            | D  | [Pulgs sch 10]     | 4"       | 4"       | 8"       | 8"       |
| Friction losses - Paper Stock              |  |                    |          |          |          |          |
| Volumetric Flow rate                       | Q=   | GPM                | 100      | 100      | 100      | 100      |
| % Stock Consistency --- oven dry           | C=   | %                  | 4.0      | 4.0      | 4.0      | 4.0      |
| Inside diameter of pipe                    | D=   | Ft                 | 0.36     |          | 0.69     |          |
| Stock density (asumed 62.4 lb/ft3)         | ρ  | lb/Ft <sup>3</sup> | 62.4     |          | 62.4     |          |
| Pipe flow cross - Section area             | A=0.25πd <sup>2</sup>                                | inch <sup>2</sup>  | 14.25    |          | 54.48    |          |
| average Stock Velocity                     | V = Q x 0.321 / A                                    | Ft/sec             | 2.25     | 3.25     | 0.59     |          |
| Length pipe                                | L=   | Ft                 | 23.6     |          | 47.2     |          |
| Friction losses paper stock                | h <sub>f</sub> =(f x V <sup>2</sup> x L x K) / D     | Ft                 | 8.01     |          | 4.02     |          |
|  | hf <sub>100</sub>                                    | Ft/100Ft           |          | 36       |          | 9        |
|  | hf=(hf <sub>100</sub> xL)/100                        | Ft                 |          | 8.50     |          | 4.25     |
| Friction factor multiplier (see page 3-89) | K=   |                    | 1.0      |          |          |          |
| pseudo-Reynolds Number                     | Re=(D <sup>0.205</sup> x V x ρ) / C <sup>1.157</sup> |                    | 22.9     | 22.9     | 6.9      |          |
| Factor de Fricción (ver Grafico pag# 390)  | f = 3.97 / Re <sup>1.836</sup>                       |                    | 0.0237   | 0.023    | 0.1700   | 0.17     |
| * Tubería nueva de acero al carbono SCH 40 |  |                    |          |          |          |          |

A.2.- EVALUACION DEL SISTEMA:

A.2.1.- Succión (evaluación de pérdidas)

| PERDIDAS EN LA TUBERIA A LA SUCCION DE LA BOMBA: |                 |  |                     |  |            |      |            |                                 |  |
|--|-----------------|--|---------------------|--|------------|------|------------|---------------------------------|--|
| ITEM   | size:<br>(pulg) | $Re=(D^{0.25} \times V \times \rho) / \mu C^{1.157}$ | $f=3.97/Re^{1.326}$ | $h_f=(f \times V^2 \times L \times K) / D$ | Longitud L |      | $h_{f100}$ | $h_f=(h_{f100} \times L) / 100$ | $h_p=(f \times V^2 \times L \times K) / D$ |
| Tubería (diámetro) =                             | 3"              | 3,26   | 0,0108              | 0,97                                       | (mt)       | (ft) | Ft/100Ft   | (mt)                            | Ft   |
| Tubería (diámetro) =                             | 3"              |  |                     |  | 0,5        | 1,64 | 65         | 1,07                            | 0,97                                       |
| <b>TOTAL:</b>                                    |                 |  |                     |  |            |      |            | <b>1,07</b>                     | <b>0,97</b>                                |

| PERDIDAS EN ACCESORIOS UBICADOS EN LA SUCCION DE LA BOMBA |                 |                     |                             |                    |      |   |          |                          |             |
|---|-----------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|------|---|----------|--------------------------|-------------|
| ITEM  | size:<br>(pulg) | $d_{int}$<br>(pulg) | Area<br>(pie <sup>2</sup> ) | Veloc<br>(pie/seg) | CANT | K | $V^2/2g$ | PERDIDA: $H_f=K(V^2/2g)$ |             |
| Entrada (inwar proyecting)                                | 3"              |                     | 3,26                        | 0,06               | 3,85 | 1 | 0,78     | 0,23                     |             |
| Válvula de compuerta                                      | 3"              |                     | 3,26                        | 0,06               | 3,85 | 1 | 0,78     | 0,23                     | 0,18        |
|   |                 |                     |                             |                    |      |   | 0,00     |                          | 0,03        |
|   |                 |                     |                             |                    |      |   | 0,00     |                          | 0,00        |
| <b>TOTAL:</b>   |                 |                     |                             |                    |      |   |          |                          | <b>0,00</b> |

|                                      |           |           |
|--------------------------------------|-----------|-----------|
| <b>TOTAL PERDIDAS EN LA SUCCION:</b> | 1,13 (mt) | 1,13 (ft) |
|--------------------------------------|-----------|-----------|

A.2.2.- Descarga (evaluación de pérdidas)

| PERDIDAS EN LA TUBERIA A LA DESCARGA DE LA BOMBA: |                 |  |                     |  |            |      |            |                                 |  |
|---|-----------------|--|---------------------|--|------------|------|------------|---------------------------------|--|
| ITEM  | size:<br>(pulg) | $Re=(D^{0.25} \times V \times \rho) / \mu C^{1.157}$ | $f=3.97/Re^{1.326}$ | $h_f=(f \times V^2 \times L \times K) / D$ | Longitud L |      | $h_{f100}$ | $h_f=(h_{f100} \times L) / 100$ | $h_p=(f \times V^2 \times L \times K) / D$ |
| Tubería (diám) TRAMO BC                           | 4"              | 22,9   | 0,0237              | 8,01                                       | (mt)       | (ft) | Ft/100Ft   | (mt)                            | (ft)                                       |
| TRAMO CD  | 8"              | 6,9  | 0,170               | 4,02                                       | 7,2        | 23,6 | 36         | 8,50                            | 8,01                                       |
| <b>TOTAL:</b>                                     |                 |  |                     |  | 14,4       | 47,2 | 9          | 4,25                            | 4,02                                       |
|   |                 |  |                     |  |            |      |            | 12,75                           | 12,03                                      |

| PERDIDAS EN ACCESORIOS UBICADOS EN LA DESCARGA DE LA BOMBA |                 |                     |                             |                    |      |      |              |         |             |
|--|-----------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|------|------|--------------|---------|-------------|
| ITEM   | size:<br>(pulg) | $d_{int}$<br>(pulg) | Area<br>(pie <sup>2</sup> ) | Veloc<br>(pie/seg) | CANT | K"   | $h_p=V^2/2g$ | PERDIDA |             |
| Valvula Cheque vertical                                    |                 |                     |                             |                    | 1    | 8,4  | 0,00         |         | 0,00        |
| Expansión de:  | 2x3             |                     | 2,157                       | 0,03               | 8,78 | 1    | 0,309        | 1,20    | 0,370       |
| Válvula de compuerta de:                                   | 3"              |                     | 3,26                        | 0,06               | 3,84 | 1    | 0,140        | 0,23    | 0,032       |
| Expansión de:  | 3x4             |                     | 3,26                        | 0,06               | 3,84 | 1    | 0,191        | 0,23    | 0,044       |
| Codos de:  | 4x90°           |                     | 4,26                        | 0,10               | 2,25 | 5    | 0,460        | 0,08    | 0,18        |
| Expansión de 4x8   | 4x8             |                     | 4,26                        | 0,10               | 2,25 | 4    | 0,500        | 0,079   | 0,158       |
| Mixer (igual Tee)  | 8               |                     | 8,329                       | 0,38               | 0,59 | 1    | 0,28         | 0,005   | 0,002       |
|  |                 |                     |                             |                    |      | 1    | 0,442        | 0,00    | 0,00        |
| <b>TOTAL:</b>  |                 |                     |                             |                    | 6    | 0,28 | 0,00         |         | <b>0,00</b> |

|                                      |            |            |
|--------------------------------------|------------|------------|
| <b>TOTAL PERDIDAS EN LA DESCARGA</b> | 12,99 (mt) | 12,61 (ft) |
|--------------------------------------|------------|------------|

A.2.3.- Columna estática total

la diferencia de niveles en las condiciones más desfavorables, entre el espejo de succión (en su nivel mínimo) y el espejo del tanque de entrega (en su nivel máximo) es de:

|                                       | MIN [mt] | MAX [mt] | MIN [ft] | MAX [ft] |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| NIVEL TANQUE DE SUCCION (Sistema)     | 2,55     | 2,6      | 8,36     | 8,36     |
| NIVEL punto de entrega (Clarificador) |          | 5,3      | 0        | 17,38    |
| <b>COLUMNA ESTATICA TOTAL:</b>        | 2,75     |          | 9,0      |          |

A.2.4.- Descarga: (Caída de presión en el mezclador)

| [PSI/g] | [BAR] | [PIES] | [mt] |
|---------|-------|--------|------|
| 10      | 0     | 23,1   | 7,04 |

|                              |           |             |
|------------------------------|-----------|-------------|
| <b>PRESSION DE DESCARGA:</b> | 7,04 [mt] | 23,1 [Pies] |
|------------------------------|-----------|-------------|

A.2.5.- Cabezal de velocidad en la brida de succión:

|  |                |      |
|--|----------------|------|
| Diámetro de brida de succión de la bomba | 3,26 [Pulg]    | 3,26 |
| Caudal:                                  | 100 [GPM]      | 0,22 |
| Velocidad:                               | 3,85 [Pie/seg] | 3,85 |
| Cabezal de velocidad: $h_p=V^2/2g$       | 0,17 [Pies]    |      |
| Cabezal de velocidad: $h_p=V^2/2g$       | 0,05 [mt]      |      |

|   |           |             |
|---|-----------|-------------|
| <b>CABEZAL DE VELOCIDAD (en la brida de succión):</b> | 0,05 [mt] | 0,17 [Pies] |
|---|-----------|-------------|

A.2.6.- Altura dinámica Total

| DETALLE                       | [mt]  | [Pies] |
|-------------------------------|-------|--------|
| A.2.1 Pérdidas en la succión  | 1,13  | 1,18   |
| A.2.2 Pérdidas en la descarga | 14,94 | 14,74  |
| A.2.3 Columna estática Total  | 2,75  | 9,02   |
| A.2.4 Presión de descarga     | 7,04  | 23,10  |
| A.2.5 Cabezal de Velocidad    | 0,05  | 0,17   |
| A.2.6 ALTURA DINAMICA TOTAL   | 25,91 | 48,20  |

15% FACTOR DE SEGURIDAD  
15% FACTOR DE SEGURIDAD

|                              |      |      |
|------------------------------|------|------|
| <b>ALTURA DINAMICA TOTAL</b> | 25,9 | 48,2 |
|------------------------------|------|------|

A.2.7 Punto de operación para selección del equipo

|          |   |       |
|----------|---|-------|
| 100 GPM  | @ | 60 FT |
| 23 m3/Hr | @ | 26 mt |

**A.2.8 Evaluación del NPSH (Disponible)**

En la presente disposición, con succión positiva, el NPSH disponible se evalúa de la siguiente manera:

$$NPSH_{(Disponible)} = Presión_{(Atmosférica)} + H_{(De succión)} - (Presión_{(De vapor)} + H_{f(En la succión)})$$

|                                |   |             |                                  |
|--------------------------------|---|-------------|----------------------------------|
| NPSH <sub>(Disponible)</sub> = | + | 34,0 [pies] | Presión <sub>(Atmosférica)</sub> |
|                                | + | 8,4 [pies]  | Columna(Hde succión)             |
|                                | - | 3,21 [pies] | Presión <sub>(De vapor)</sub>    |
|                                | - | 1,18 [pies] | H <sub>f(En la succión)</sub>    |
| NPSH <sub>(Disponible)</sub> = |   | 37,9 [pies] |                                  |
| NPSH <sub>(Disponible)</sub> = |   | 11,6 [mt]   |                                  |

(\*) Se ha considerado este valor tomando en cuenta el valor de sumergencia mínima requerida para evitar la formación de vórtice indicada en A.1

|                                |           |         |
|--------------------------------|-----------|---------|
| NPSH <sub>(Disponible)</sub> = | 11,6 [mt] | 38 [ft] |
|--------------------------------|-----------|---------|

**A.3 SELECCIÓN**

Para esto utilizamos el Software PSS Goulds Pumps de ITT Industries.

BOMBA: GOULDS  
 MODELO: 3196 MTX  
 TAMAÑO: 2x3-10  
 RPM: 1800  
 MOTOR [HP]: 3



**A.4 OFERTA TECNICO - ECONOMICA**

**A.4.1 Detalles generales y metalurgia**

|                                |               |
|--------------------------------|---------------|
| Cantidad:                      | 1             |
| Modelo:                        | 3196 MTX      |
| Tamaño:                        | 2x3-10        |
| Rotación:                      | CCW           |
| Impulsor tipo:                 | ABIERTO       |
| Carcáza (Item 100):            | DUCTILE IRON  |
| Impulsor (Item 101):           | CD4           |
| Eje (Item 122):                | AISI 4140     |
| Camisa de desgaste (Item 126): | 316SS         |
| Método de sellado:             | EMPAQUETADURA |

**A.4.2 Condiciones de operación y desempeño**

|                            |               |  |              |
|----------------------------|---------------|--|--------------|
| Caudal:                    | 103 [GPM]     | Presión de succión:                    | 13,19 [PSia] |
| ADT:                       | 62 [FT]       | Presión de descarga:                   | 25,9 [PSia]  |
| Eficiencia:                | 52% [%]       | Curva de operación:                    | ADJUNTAS     |
| BHP <sub>rated</sub> :     | 23,7 [HP]     | NPSH <sub>(Disponible)</sub> =         | 37,9 [FT]    |
| BHP <sub>MAXIMA</sub> :    | 30 [HP]       | NPSH <sub>(Requerido)</sub> =          | 5 [FT]       |
| Diámetro impulsor máx.:    | 12" [Pulggs]  | * función de la velocidad seleccionada |              |
| Diámetro impulsor min:     | 9" [Pulggs]   |  |              |
| Diámetro impulsor trabajo: | 7,5" [Pulggs] |  |              |

|       |        |  |
|-------|--------|--|
| WHP = | 2 [HP] | (QxADTxSp.Gr.)/3960                        |
| BHP = | 3,1    | (QxADTxSp.Gr.)/(3960XEf <sub>bomba</sub> ) |

Factor de corrección Cabezal-Capacidad K<sub>p</sub>

ver grafico E-1873

PASO 1 PARA Q<sub>p</sub> = 100 → K<sub>p</sub> = 0,97  
 %C = 4,0

PASO 2 DETERMINE EL RATING PARA AGUA

Q<sub>w</sub> = Q<sub>p</sub> / K<sub>p</sub> = 103 H<sub>w</sub> = ADT / K<sub>p</sub> = 62,1

CON Q<sub>w</sub> Y H<sub>w</sub> ESCOGER LA BOMBA Y EN LA CURVA DETERMINE LA EFICIECIA

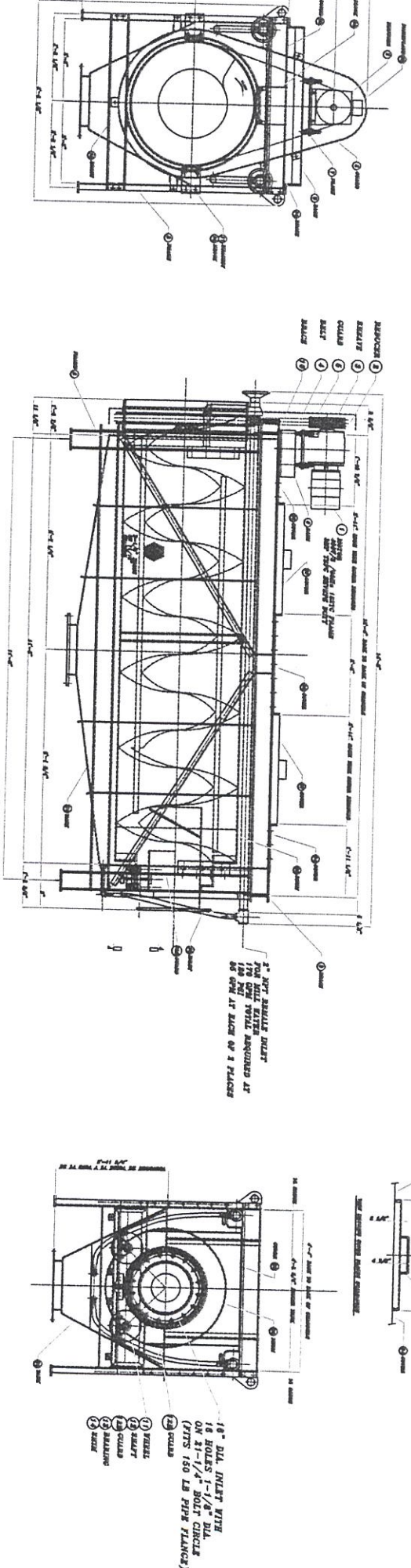
EFF<sub>bomba</sub> = 0,52

PASO 3 CÁLCULE BHP AL RATING

BHP = (Q<sub>w</sub>XH<sub>w</sub>XSp.Gr.)/(3960XEf<sub>bomba</sub>)

BHP = 3,1

Plano # 1: Tambor Desaguador TROMMEL  
de Nielsen & Hiebert



- Notes:
- 1- Once per shift and whenever spray nozzles appear to be clogging, turn handwheel counterclockwise until rotation stop, and rotate internal brushes to clean nozzles and opens the flush valve to discharge debris turn handwheel clockwise to close the valve.
  - 2- Wash down pipes are provided at inlet end to wash down bottom pan when required.
  - 3- During erection make sure that screen frame is level.
  - 4- Due to V-belt stretch drum may become out of level/readjust to level position with jacking screws on reducer mounting plate.
  - 5- All wetted surfaces are 316L stainless steel.

| ITEM | FECHA | REVISADO | OBSERVACIONES: |
|------|-------|----------|----------------|
| 1    |       |          |                |
| 2    |       |          |                |
| 3    |       |          |                |
| 4    |       |          |                |

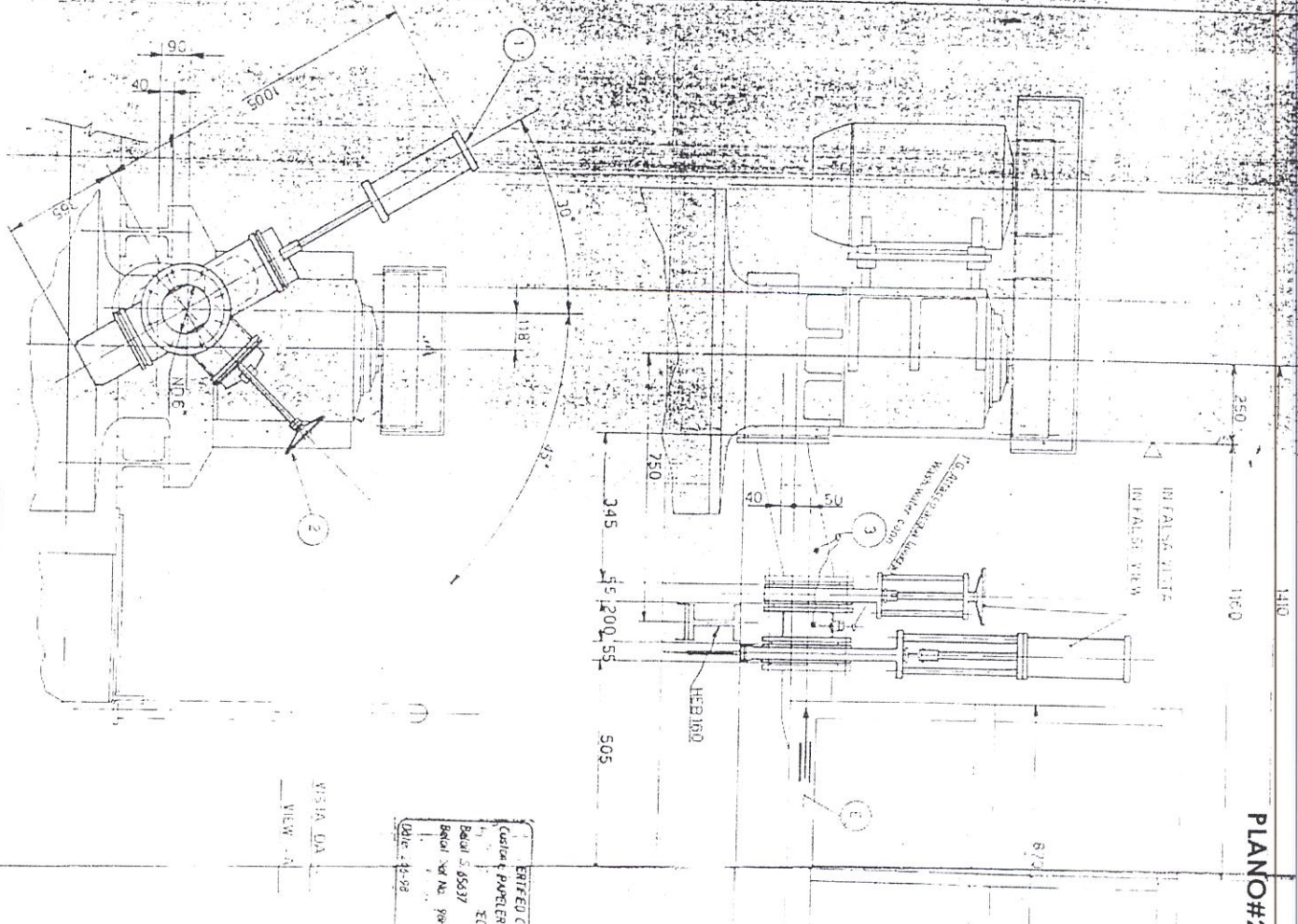
  

|                |  |             |  |
|----------------|--|-------------|--|
| PROYECTO N:    |  | NORMA       |  |
| OBSERVACIONES: |  | ESCALA      |  |
| DIBUJADO       |  | FECHA       |  |
| REVISADO       |  | NOMBRE      |  |
| APROBADO       |  | TOLERANCIAS |  |
| SECCION        |  | MATERIAL    |  |

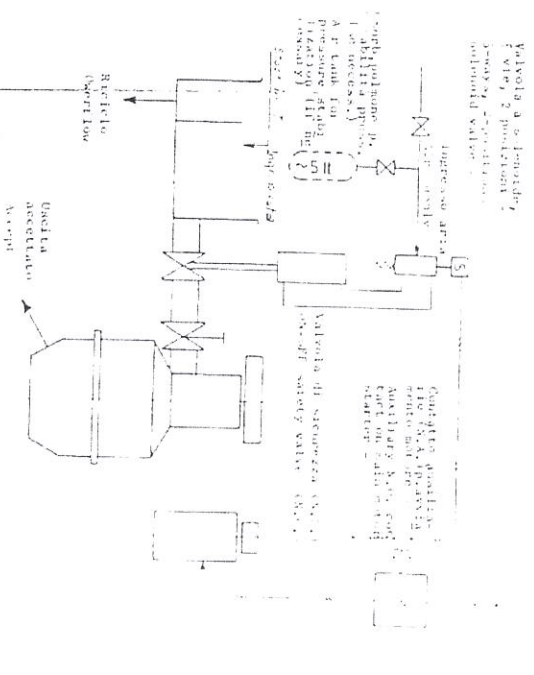
|                       |  |                     |  |
|-----------------------|--|---------------------|--|
| PAPERERA NACIONAL S.A |  | DENOMINACION:       |  |
| SUB-GERENCIA TECNICA  |  | DEWATERING DRUM     |  |
|                       |  | GENERAL ARRANGEMENT |  |
|                       |  | MODEL 2800-4120     |  |
|                       |  | TOLERANCIAS         |  |
|                       |  | ACABADO             |  |
|                       |  | PESO                |  |
|                       |  | HOLA                |  |

**PLANO#2**



ENTRATA CORRETTA PER  
 CUSCINETTO PAPERINA NAZIONALE GIANTARDI 470 GR. 800039  
 Bordo di 65537  
 Bordo di 65537  
 Bordo di 65537  
 Bordo di 65537  
 Data: 25-98

VISTA DIA  
 VIEW DIA



La valvola è fornita con un sistema di sicurezza per prevenire perdite di fluido quando sono e tenuto per prevenire perdite di fluido. Le valvole sono fornite con un sistema di sicurezza per prevenire perdite di fluido quando sono e tenuto per prevenire perdite di fluido. Le valvole sono fornite con un sistema di sicurezza per prevenire perdite di fluido quando sono e tenuto per prevenire perdite di fluido.

CUSTOMER SUPPLY  
 NOTA: Tutte le flange sono a norma ANSI B16.5 150 lb  
 KOHFI All flanges are according to ANSI B16.5 150 lb

- 1) Valvola a sferombratura a paratoia passante e sferombratura, DN 67
- 2) Ingresso a sferombratura a paratoia passante e sferombratura, DN 67
- 3) Ingresso a sferombratura a paratoia passante e sferombratura, DN 67

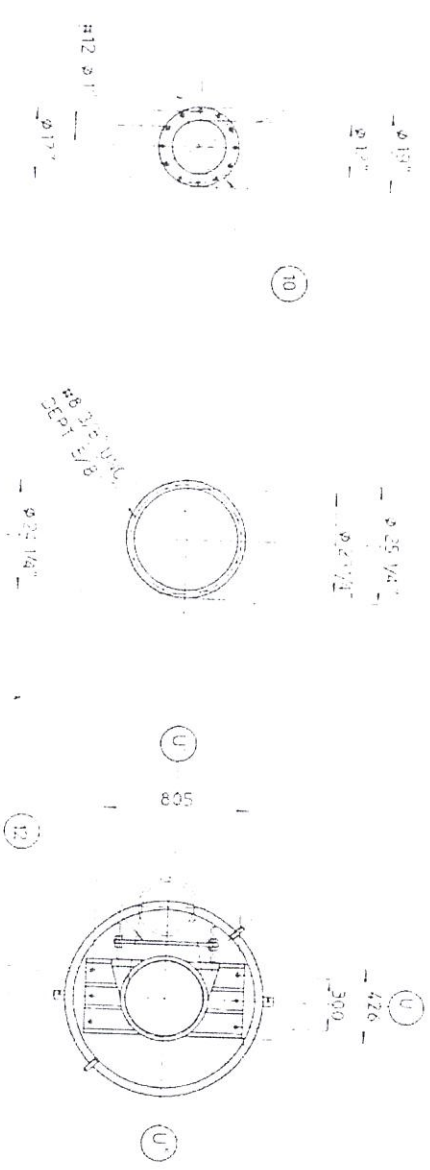
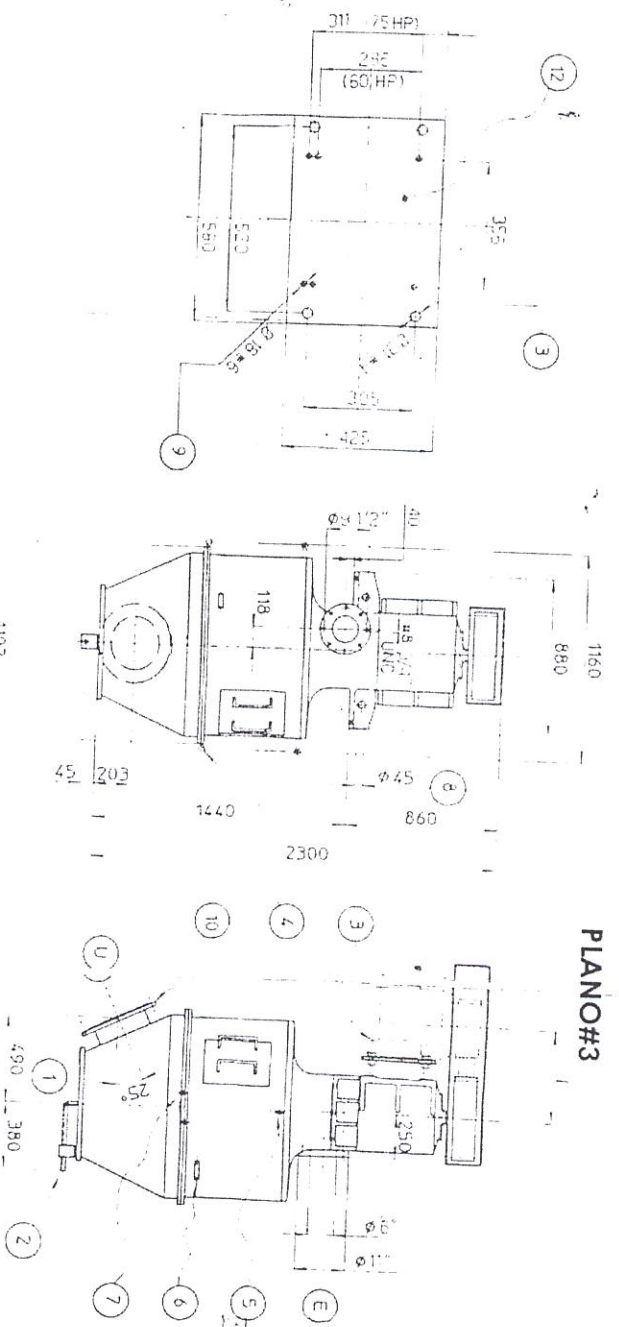


SEPARPLAST GI II  
 UPITER VALVOLE ENTRATA PAPIA  
 STOCK VALVE GROUP  
 ANSI CONNECTION

Ing. S. MAULE & C. S.p.A.  
 RIVOLI TORINO  
 25 777

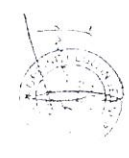
DATA: 25/05/98  
 VISIO

# PLANO#3

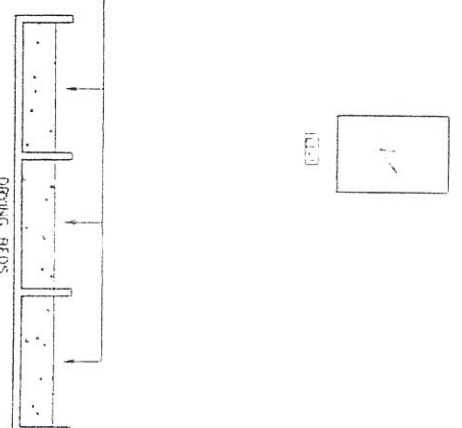
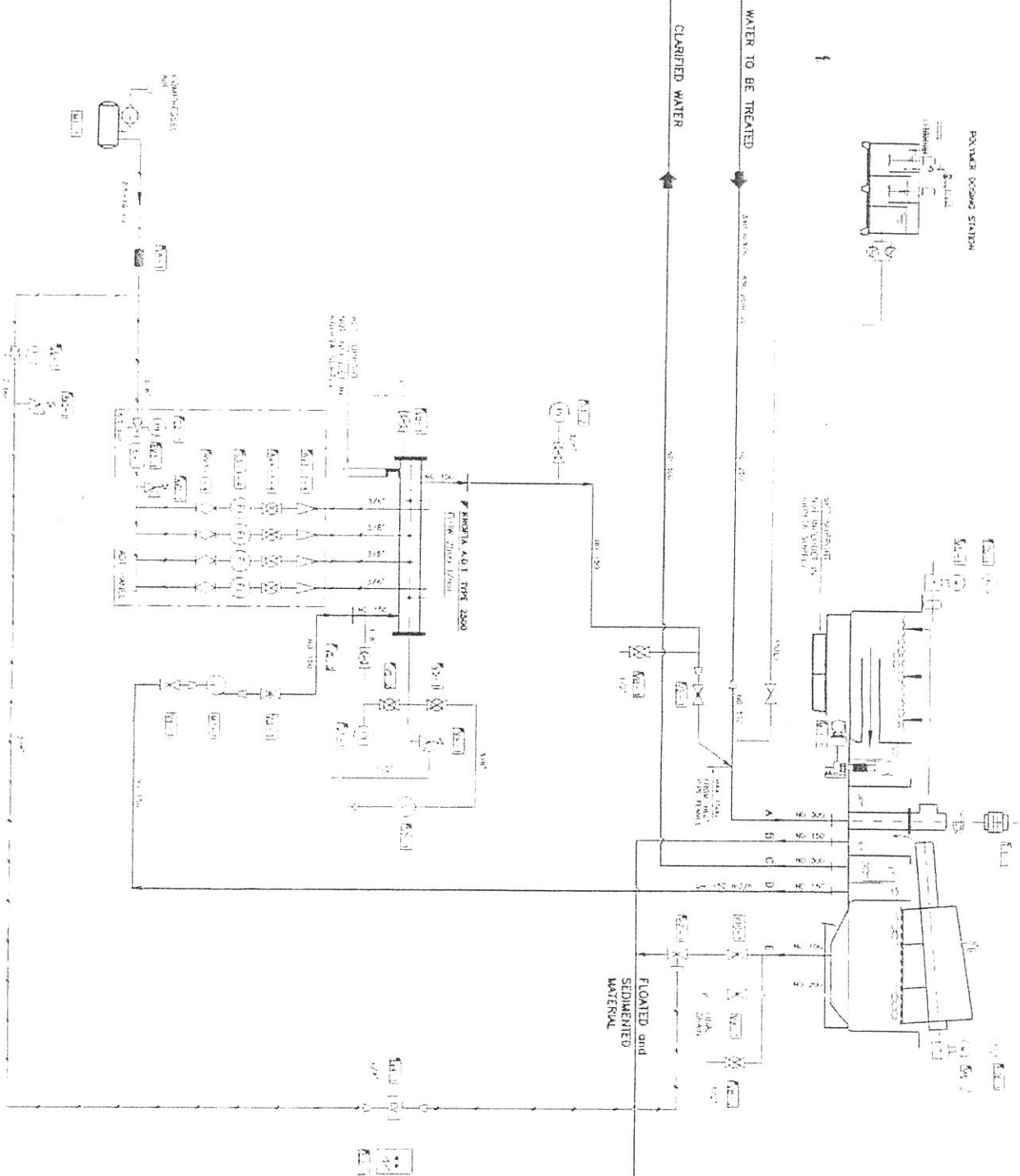


- 12. ...
- 11. ...
- 10. ...
- 9. ...
- 8. ...
- 7. ...
- 6. ...
- 5. ...
- 4. ...
- 3. ...
- 2. ...
- 1. ...
- E. ...
- U. ...

CERTIFIED COMPLETE  
 Customer: PARCELERA NACIONAL - ESTACION 2da y 3ra de 1971  
 E.O.A.S. S.A.  
 Model SQ 6537  
 Serial Number No 790055 - 1000000000000000  
 Date 29-08-98





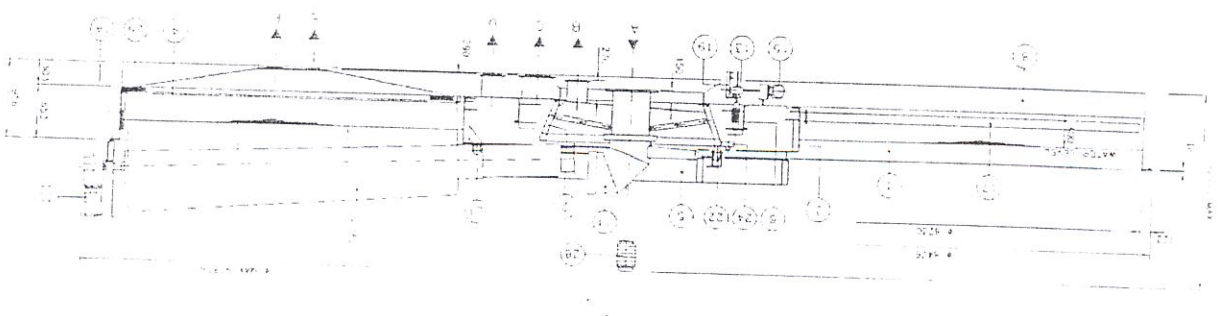
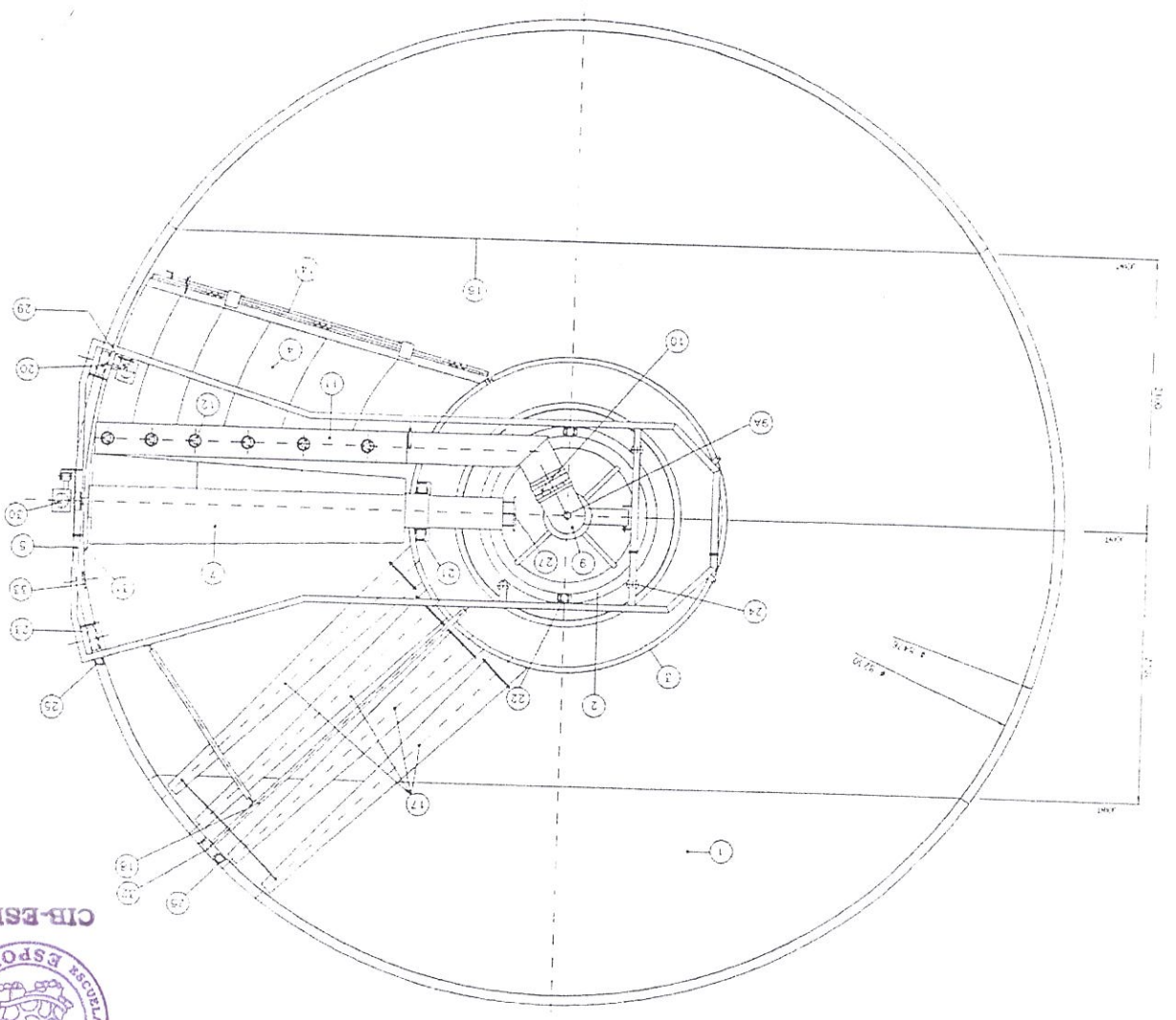
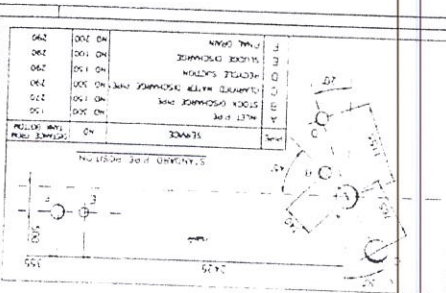


| NO.  | DESCRIPTION             | QTY | UNIT | REMARKS |
|------|-------------------------|-----|------|---------|
| 1.1  | WATER TREATMENT         | 1   | NO.  |         |
| 1.2  | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.3  | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.4  | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.5  | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.6  | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.7  | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.8  | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.9  | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.10 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.11 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.12 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.13 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.14 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.15 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.16 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.17 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.18 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.19 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.20 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.21 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.22 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.23 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.24 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.25 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.26 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.27 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.28 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.29 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.30 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.31 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.32 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.33 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.34 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.35 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.36 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.37 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.38 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.39 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.40 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.41 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.42 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.43 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.44 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.45 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.46 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.47 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.48 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |
| 1.49 | KROFIA A.O.I. TYPE 2500 | 1   | NO.  |         |
| 1.50 | POSTER Dosing STATION   | 1   | NO.  |         |

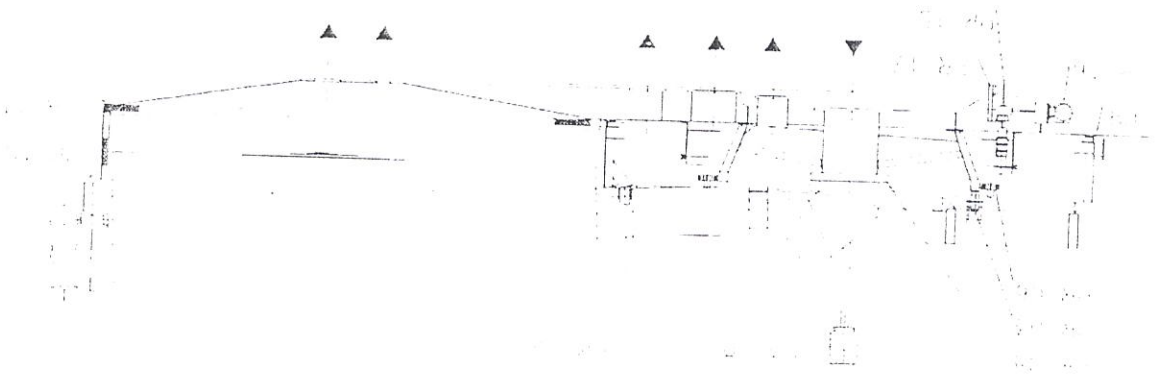
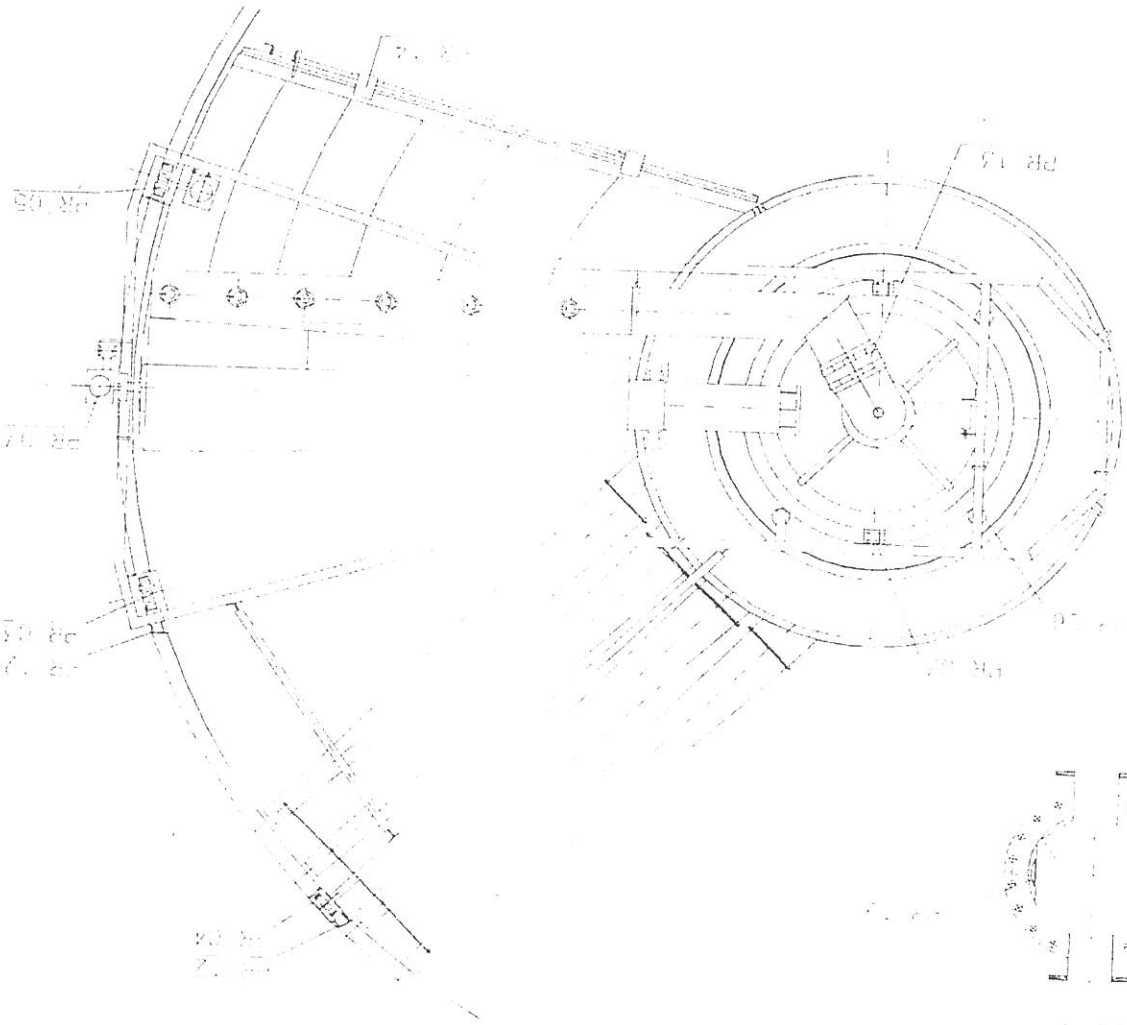
**KROFIA**  
 KROFIA SUPPLEMENT TYPE 27  
 FLOW SHEET  
 2005/1/02

|   |  |  |
|---|--|--|
| 39957/01                                  |  |  |
| REF: 39957/01                             |  |  |
| PROYECTO: PAPIERA NACIONAL S.A. - ESCADOP |  |  |
| FECHA: 1970                               |  |  |
| DESCRIPCION: TUBO SUPERFICIAL tipo Sec 27 |  |  |
| TIPO: TUBO                                |  |  |
| MATERIAL: 7500                            |  |  |
| LONGITUD: 100                             |  |  |
| DIAMETRO: 200                             |  |  |
| PESO: 200                                 |  |  |
| VALOR: 200                                |  |  |

| ITEM | DESCRIPCION      | UNIDAD | CANTIDAD |
|------|------------------|--------|----------|
| 11   | DIRECCION TUBO   | M      | 1        |
| 12   | TUBO SUPERFICIAL | M      | 1        |
| 13   | VALVULA          | U      | 1        |
| 14   | VALVULA          | U      | 1        |
| 15   | VALVULA          | U      | 1        |
| 16   | VALVULA          | U      | 1        |
| 17   | VALVULA          | U      | 1        |
| 18   | VALVULA          | U      | 1        |
| 19   | VALVULA          | U      | 1        |
| 20   | VALVULA          | U      | 1        |
| 21   | VALVULA          | U      | 1        |
| 22   | VALVULA          | U      | 1        |
| 23   | VALVULA          | U      | 1        |
| 24   | VALVULA          | U      | 1        |
| 25   | VALVULA          | U      | 1        |
| 26   | VALVULA          | U      | 1        |
| 27   | VALVULA          | U      | 1        |
| 28   | VALVULA          | U      | 1        |
| 29   | VALVULA          | U      | 1        |
| 30   | VALVULA          | U      | 1        |
| 31   | VALVULA          | U      | 1        |
| 32   | VALVULA          | U      | 1        |
| 33   | VALVULA          | U      | 1        |
| 34   | VALVULA          | U      | 1        |
| 35   | VALVULA          | U      | 1        |
| 36   | VALVULA          | U      | 1        |
| 37   | VALVULA          | U      | 1        |
| 38   | VALVULA          | U      | 1        |
| 39   | VALVULA          | U      | 1        |
| 40   | VALVULA          | U      | 1        |



PLANOS#



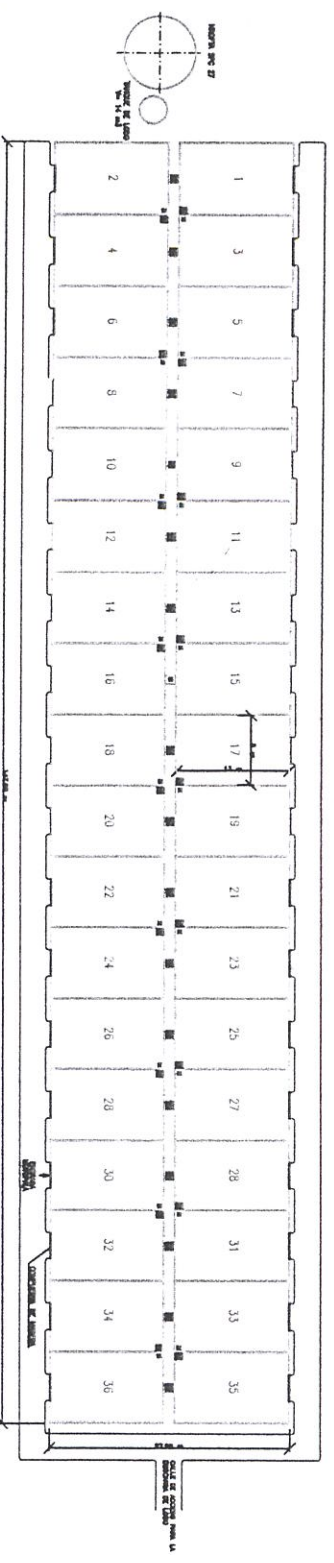
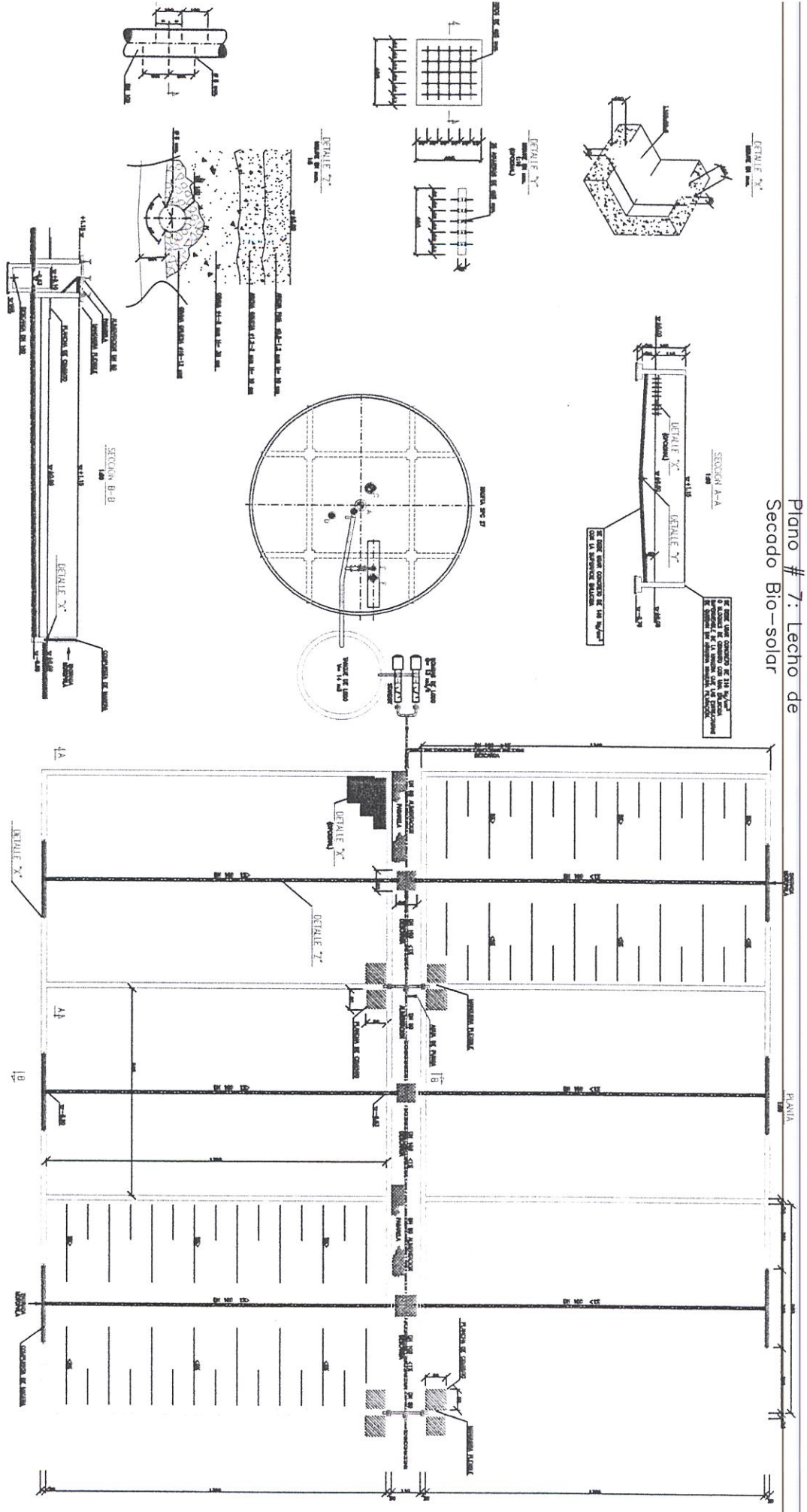
SPC 27

ASSEMBLY

DRW

PR 01

# Plano # 7: Lecho de Secado Bio-solar



- 1 - 10 M. DE CADA CELLA DE 1.60 M. POR 1.60 M. DE SECCION INTERNA DEL TUBO.
- 2 - LA CUBA DE CEMENTO DEBE SER DE 1.60 M. DE ANCHO Y 0.10 M. DE ALTO.
- 3 - LA CUBA DE CEMENTO DEBE SER DE 1.60 M. DE ANCHO Y 0.10 M. DE ALTO.
- 4 - LA CUBA DE CEMENTO DEBE SER DE 1.60 M. DE ANCHO Y 0.10 M. DE ALTO.
- 5 - LA CUBA DE CEMENTO DEBE SER DE 1.60 M. DE ANCHO Y 0.10 M. DE ALTO.
- 6 - LA CUBA DE CEMENTO DEBE SER DE 1.60 M. DE ANCHO Y 0.10 M. DE ALTO.
- 7 - LA CUBA DE CEMENTO DEBE SER DE 1.60 M. DE ANCHO Y 0.10 M. DE ALTO.
- 8 - LA CUBA DE CEMENTO DEBE SER DE 1.60 M. DE ANCHO Y 0.10 M. DE ALTO.
- 9 - LA CUBA DE CEMENTO DEBE SER DE 1.60 M. DE ANCHO Y 0.10 M. DE ALTO.
- 10 - LA CUBA DE CEMENTO DEBE SER DE 1.60 M. DE ANCHO Y 0.10 M. DE ALTO.

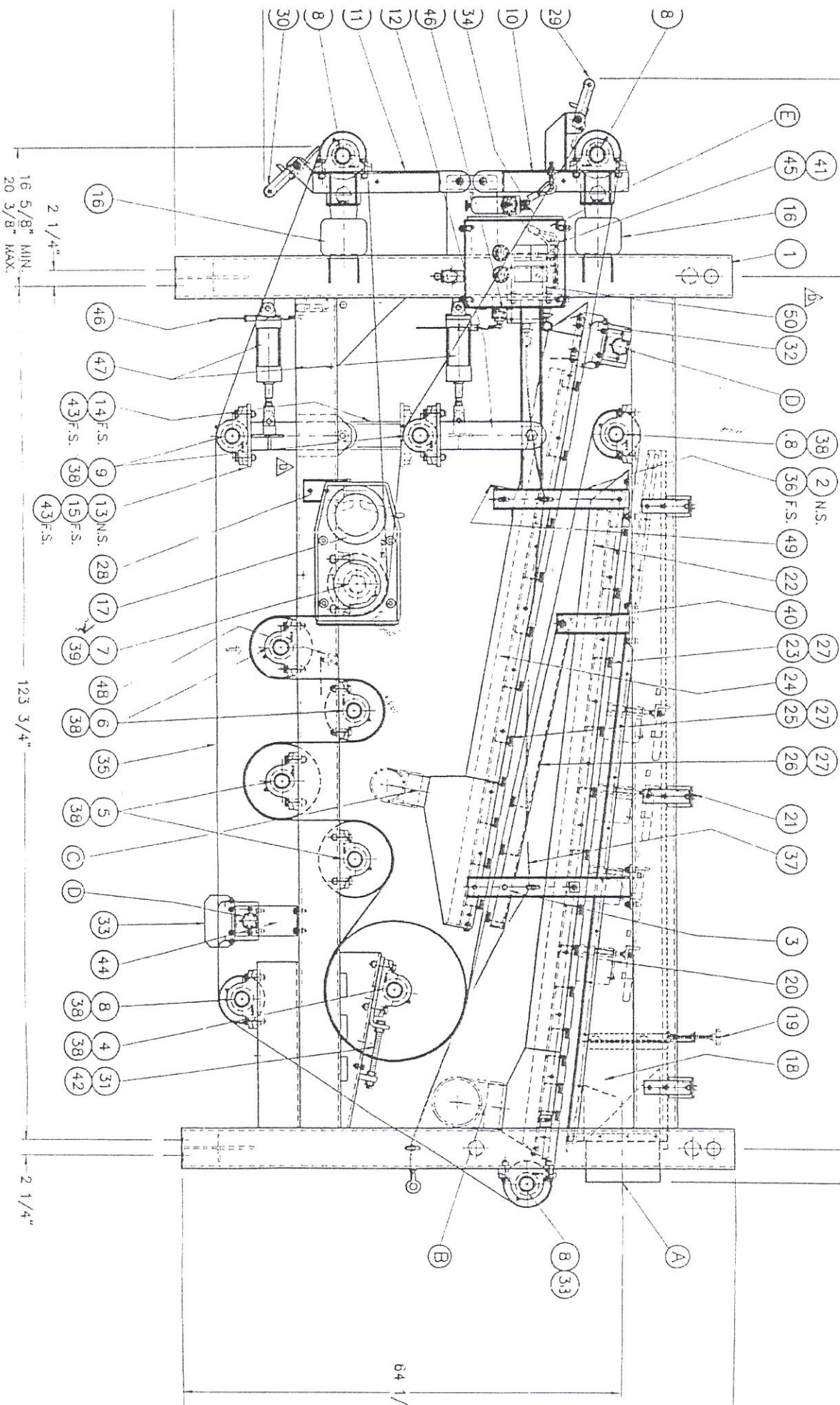
|             |                       |
|-------------|-----------------------|
| PROYECTO    | PARQUE NACIONAL, S.A. |
| CLIENTE     | PARQUE NACIONAL, S.A. |
| FECHA       | 1980                  |
| ESCALA      | 1/50                  |
| PROYECTISTA | ...                   |
| REVISOR     | ...                   |
| APROBADO    | ...                   |

PLANO#9

125"

32" MAX.

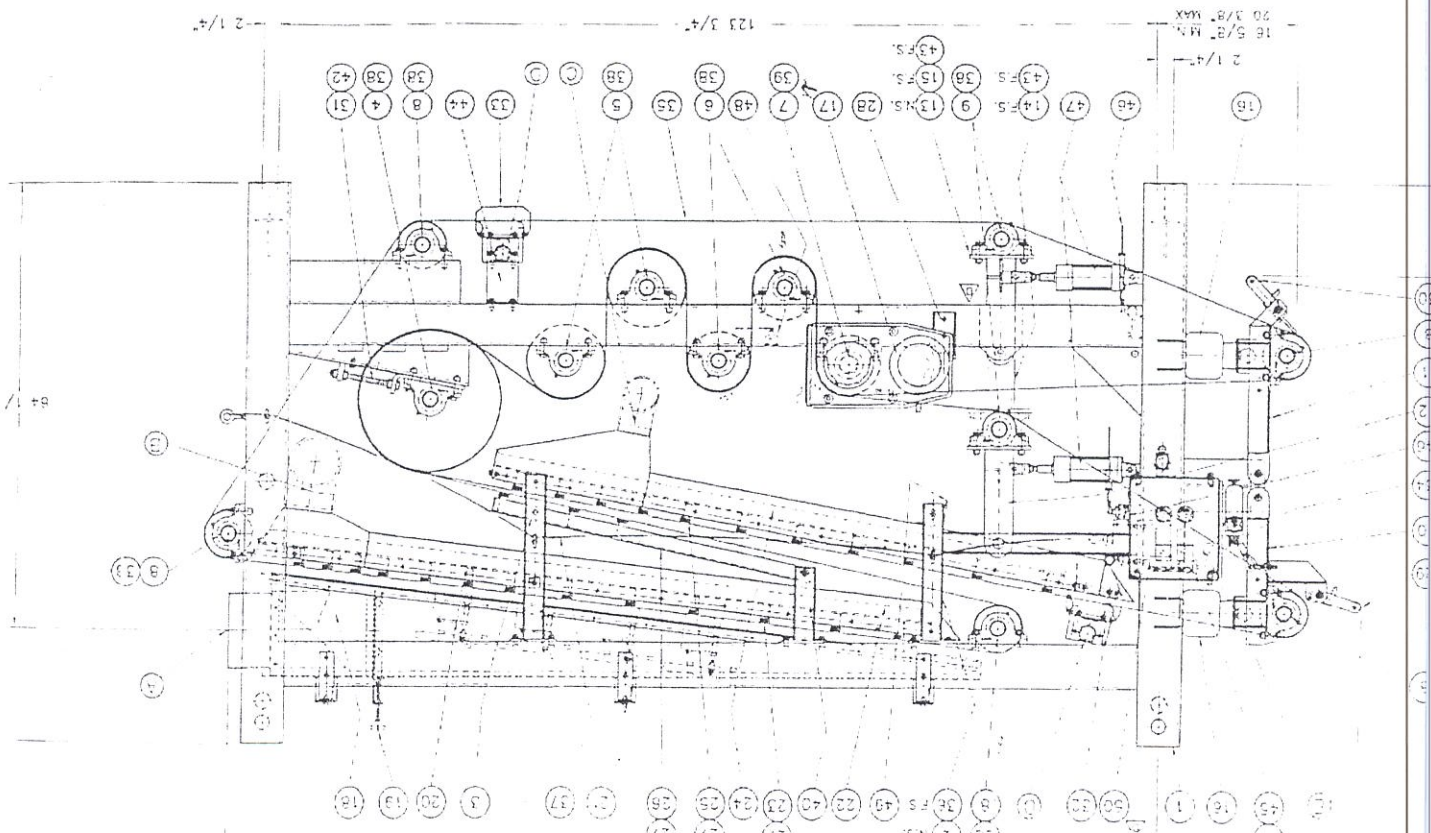
5"



LEFT SIDE VIEW

PLANO # 10

LEFT SIDE VIEW



| QTY. | DESCRIPTION                          | PART / DWG.No. / REF.          | ITEM QTY. | DESCRIPTION                      | PART / DWG. No.       |
|------|--------------------------------------|--------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------|
| 2    | FRAME ASSEMBLY                       | 00748-01, -02, -03             | 28        | WEDGE ZONE TOP WIPER ASSEMBLY    | UHMW EXTRUDED PROFILE |
| 2    | UPPER TRACKING ARM SUPPORT           | 00748-03                       | 27        | WIPER BAR FOLDS                  | 00748-03              |
| 2    | GRAVITY/WEDGE DRAIN PAN SUPPORT      | 00748-03                       | 28        | DRIVE ASSEMBLY HOLD DOWN BRKT    | 00748-03              |
| 1    | ROLLER - 20.25"                      | WXE-20                         | 29        | UPPER DOCTOR BLADE ASSEMBLY      | 00748-11              |
| 2    | ROLLER - 11"                         | WXE-11                         | 30        | LOWER DOCTOR BLADE ASSEMBLY      | 00748-11              |
| 2    | ROLLER - 8.875"                      | WXE-9                          | 31        | 20" ROLL ADJUSTMENT ASSEMBLY     | 00748-03              |
| 2    | ROLLER - 8.875" (DRIVE)              | WXE-9-80                       | 32        | UPPER SPRAYBOX ASSEMBLY          | 00748-12              |
| 5    | ROLLER - 8.875"                      | WXE-7                          | 33        | LOWER SPRAYBOX ASSEMBLY          | 00748-13              |
| 2    | ROLLER - 4.75"                       | WXE-5                          | 34        | UPPER BELT (SCREEN)              | 88 X382               |
| 1    | UPPER TENSIONER ASSEMBLY             | 00748-04                       | 35        | LOWER BELT (SCREEN)              | 88 X320               |
| 1    | LOWER TENSIONER ASSEMBLY             | 00748-04                       | 36        | GRAVITY/WEDGE DRAIN PAN SUPPORT  | 00748-03              |
| 1    | UPPER TRACKING ARM ASSY (MOVABLE)    | 00748-05                       | 37        | EMERGENCY STOP PULL CABLE        | 815-CH9-0             |
| 1    | LOWER TRACKING ARM ASSY (MOVABLE)    | 00748-05                       | 38        | PILLOW BLOCK BEARING             | DODGE S-2000 50mm     |
| 1    | UPPER TRACKING ARM ASSY (STATIONARY) | 00748-05                       | 39        | DRIVE ROLL BEARING               | DODGE S-2000 50mm     |
| 1    | LOWER TRACKING ARM ASSY (STATIONARY) | 00748-05                       | 40        | UPPER WEDGE GRID SUPPORT         | 00748-03              |
| 1    | TENSIONING BELLOWS                   | GOODYEAR Model 156-023         | 41        | OPERATOR STATION                 | 0743912               |
| 1    | DRIVE ASSEMBLY                       | EUKORINE 60mm FA-87 (H4 Mount) | 42        | 20" ROLL SHIM                    | 00748-03              |
| 1    | FEED BOX ASSEMBLY                    | 00748-06                       | 43        | TRACKING ARM SHIM (STATIONARY)   | 00748-05              |
| 1    | WEAR GATE ASSEMBLY                   | 00748-07                       | 44        | SPRAYBOX MOUNT                   | 00748-13              |
| 1    | FLOW BLADE ASSEMBLY                  | 00748-07                       | 45        | OPERATOR STATION MOUNT BRKT.     | 00748-05              |
| 1    | FEED BOX SUPPORT ASSEMBLY            | 00748-08                       | 46        | TRACKING VALVE                   | 815-CH2-0             |
| 1    | GRAVITY ZONE DRAIN PAN               | 00748-08                       | 47        | TRACKING OXIL 3/4" BORE, 4" STR. | 815-CH2-0             |
| 1    | GRAVITY ZONE WIPER ASSEMBLY          | 00748-10                       | 48        | LIMIT SWITCH                     | 00748-03              |
| 1    | WEDGE ZONE DRAIN PAN                 | 00748-09                       | 49        |                                  |                       |

Plano # 11: LAGUNAS DE RETENCIÓN

PISCINA DE TRATAMIENTO DE AGUA CLARIFICADA DE MOLINDOS

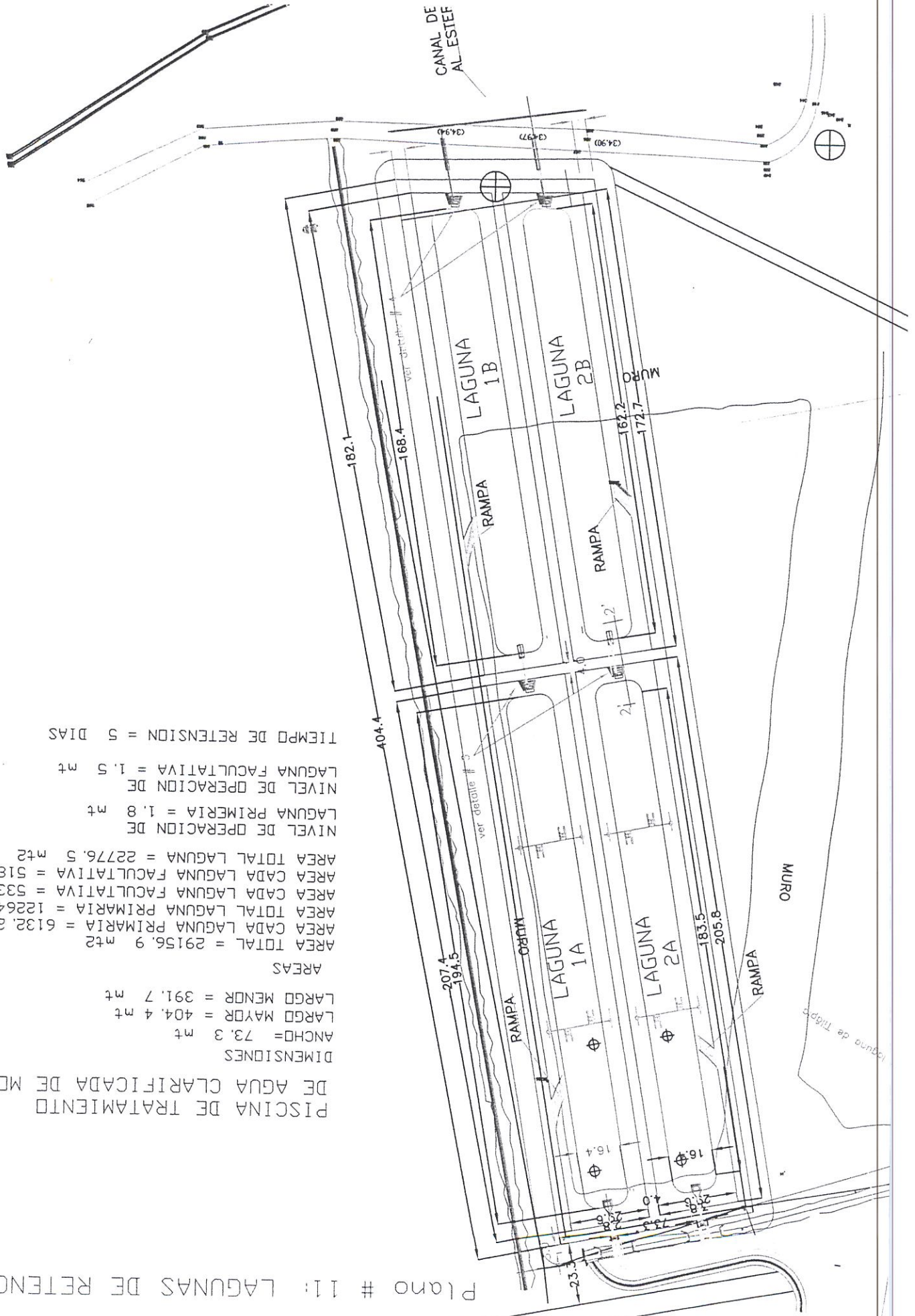
DIMENSIONES

ANCHO = 73.3 mt  
 LARGO MAYOR = 404.4 mt  
 LARGO MENOR = 391.7 mt

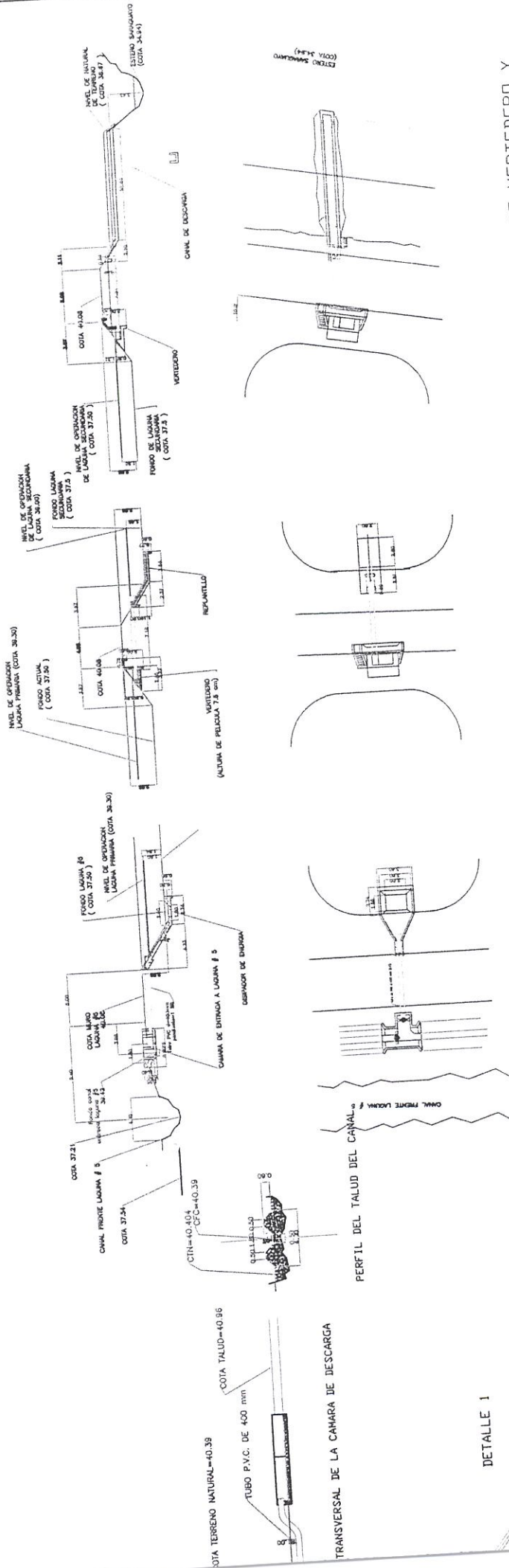
AREAS

AREA TOTAL = 29156.9 mt<sup>2</sup>  
 AREA CADA LAGUNA PRIMARIA = 6132.2 mt<sup>2</sup>  
 AREA TOTAL LAGUNA PRIMARIA = 12264.4 mt<sup>2</sup>  
 AREA CADA LAGUNA FACULTATIVA = 5330.5 mt<sup>2</sup>  
 AREA CADA LAGUNA FACULTATIVA = 5181.6 mt<sup>2</sup>  
 AREA TOTAL LAGUNA = 22776.5 mt<sup>2</sup>

NIVEL DE OPERACION DE LAGUNA PRIMARIA = 1.8 mt  
 NIVEL DE OPERACION DE LAGUNA FACULTATIVA = 1.5 mt  
 TIEMPO DE RETENSION = 5 DIAS




# Plano # 14: Deatalles Vertederos Lagunas



SECCION TIPICA DE VERTEDERO Y CANAL DE DESCARGA

SECCION TIPICA DE VERTEDERO ENTRE LAGUNA PRIMARIA Y SECUNDARIA

SECCION TIPICA DE CABEZAL DE ENTRADA A LAGUNA PRIMARIA

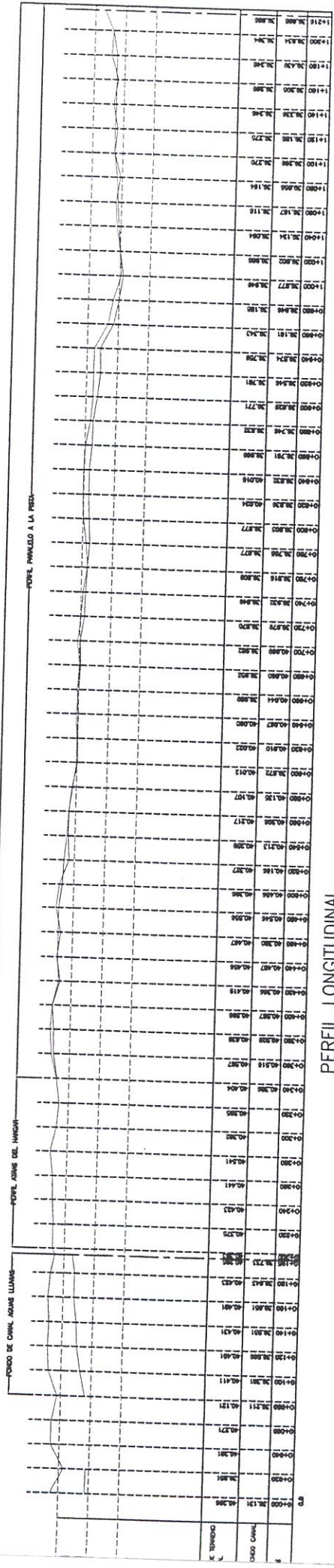

**PAPEPERA NACIONAL S.A.**  
 SUB-GERENCIA TECNICA

|       |        |          |              |
|-------|--------|----------|--------------|
| NORMA | ESCALA | MATERIAL | DENOMINACION |
|       |        |          |              |

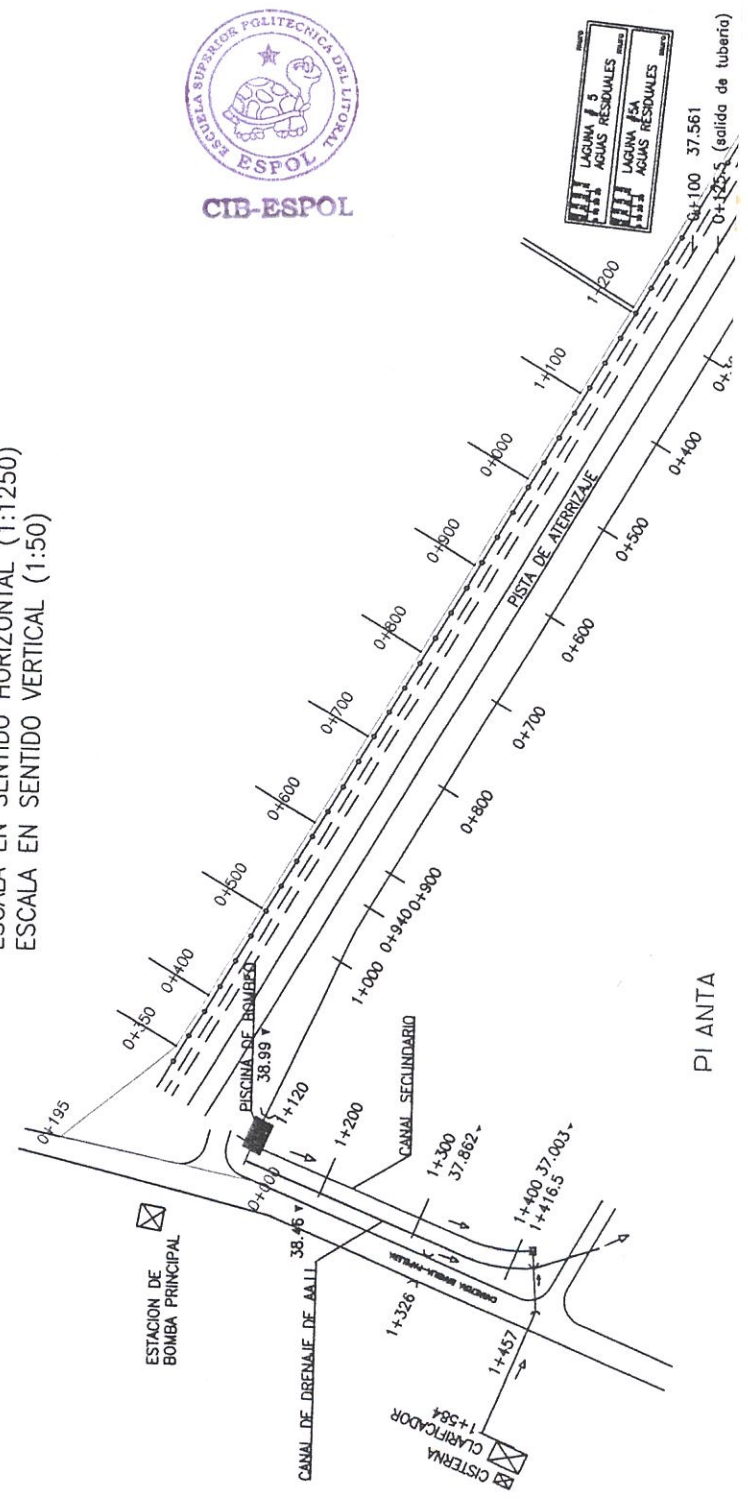
PROYECTO N: \_\_\_\_\_



PLANO # 12: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE TRAYECTORIA DE LA DESCARGA DE EFLUENTES DESDE EL CLARIFICADOR HASTA LA LAGUNA # 5



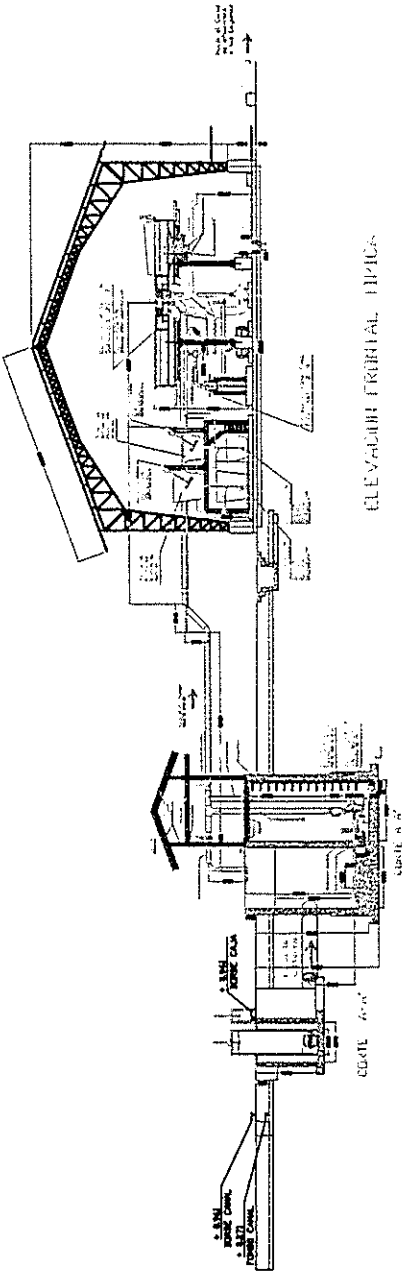
PERFIL LONGITUDINAL  
 ESCALA EN SENTIDO HORIZONTAL (1:1250)  
 ESCALA EN SENTIDO VERTICAL (1:50)



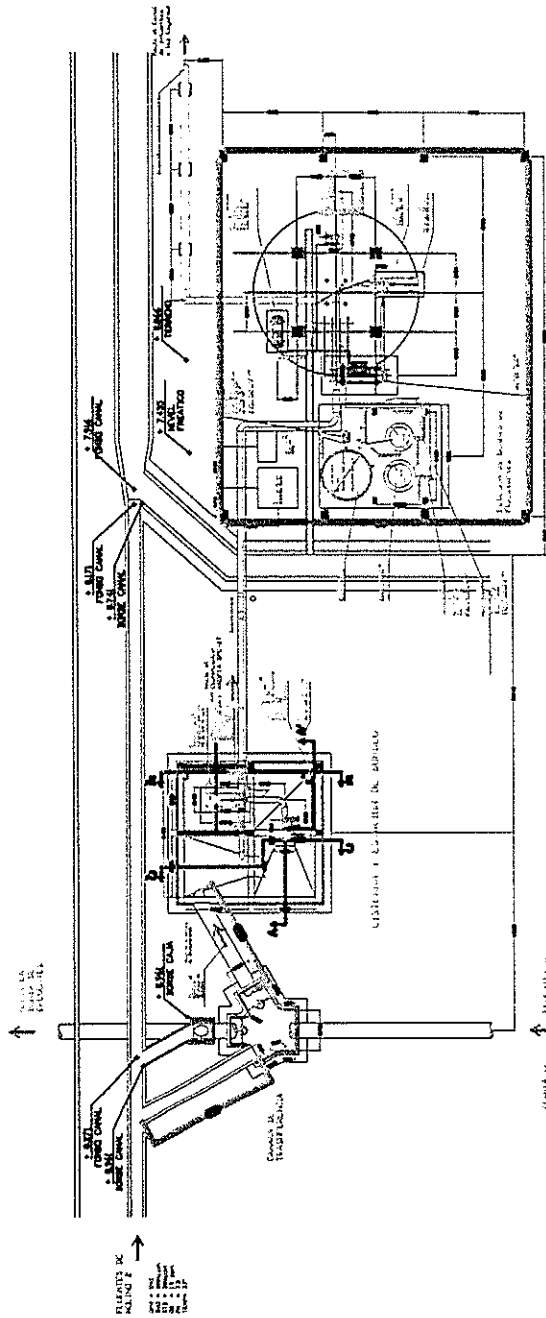
|            |                  |
|------------|------------------|
| LAGUNA # 5 | AGUAS RESIDUALES |
| LAGUNA # 4 | AGUAS RESIDUALES |

PIANTA

Plano n 15: Implementación del Clarificador FROTA

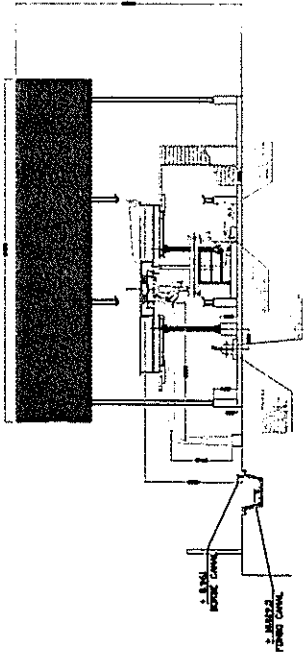


ELEVACION FRONTAL TÍPICA



IMPLEMENTACION DEL CLARIFICADOR  
GHVEL CERD

IMPLEMENTACION DEL CLARIFICADOR  
GHVEL CERD



ELEVACION FRONTAL TÍPICA

