TESIS
IID2000
D3
U.1

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

"EVALUACIÓN DE LOS EFLUENTES RESIDUALES EMANADOS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE TINTAS LITOGRÁFICAS Y SERIGRÁFICAS POR UNA PLANTA DE TINTAS, PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:.....

JURADO EXAMINADOR

FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:

REALIZADO POR	**Darias Gil, Jerónimo Jonathan**
PROFESOR GUIA	**Colmenares, Raúl**
FECHA	**05 / 06 / 2000**

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mis padres, quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional, y me incitan a continuar en el camino de la preparación profesional.

A mis familiares y amigos por la confianza y el apoyo que me han dado durante mi vida.

A los directivos de la empresa Colora C.A. por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto y tener la confianza en mí de su satisfactoria resolución, así como el respaldo brindado durante la realización del estudio.

De una manera muy especial quiero agradecer a mi tutor Raúl Colmenares por las innumerables horas dedicadas a la realización del proyecto y por la siempre oportuna guía brindada, para la óptima obtención de resultados.

Quisiera dar un especial agradecimiento a la Universidad Católica Andrés Bello por no sólo permitirme el uso de las instalaciones del Laboratorio de Ingeniería Sanitarias, para la realización de la experimentación, sino también por la especial ayuda brindada por el técnico de éste laboratorio el Sr. Luis Mendoza, quien colaboró de una manera muy especial a la realización de este proyecto.

A los profesores José Ochoa, Francisco Morera y Eduardo Salazar por hacer una realidad la ayuda prestada por dicha institución y por su desinteresado apoyo.

A todas estas personas y aquellos otros involucrados de una forma u otra en la realización de este estudio, sin cuya colaboración no hubiese podido lograr la satisfactoria culminación de éste, para la obtención del título de Ingeniero Industrial.

UCAB

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO ..... **I**

INDICE DE TABLAS ..... **III**

INDICE DE FIGURAS ..... **IV**

SINOPSIS ..... **V**

CAPITULO I. SECCIÓN INTRODUCTORIA **1**

A.1) OBJETIVO GENERAL 1
A.1.1) OBJETIVOS ESPECÍFICOS *1*
A.2) DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA 2
A.2.1) MOTIVACIÓN *2*
A.2.2) PROBLEMÁTICA AMBIENTAL Y ECONÓMICA *2*
A.3) ANTECEDENTES 4
A.3.1) POLÍTICA AMBIENTAL DE LA EMPRESA *4*
A.3.2) GESTIÓN AMBIENTAL *4*
A.3.3) TRABAJOS REALIZADOS PARA LA EVALUACIÓN Y MANEJO DE EFLUENTES POR PARTE DE LA INDUSTRIA *5*
A.3.3.1) EVALUACIÓN DE EFLUENTES 5
A.3.3.2) MANEJO Y DISPOSICIÓN 5
A.4) ALCANCES Y LIMITACIONES: 6

CAPITULO II. METODOLOGÍA Y DESARROLLO **7**

B.1) EVALUACIÓN DE LOS EFLUENTES 7
B.1.1) ORIGEN DE LOS EFLUENTES *7*
B.1.2) EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO *7*
B.1.2.1) ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CON BASE DE SOLVENTES 10
C.1.2.2) ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CON BASE DE AGUA 10
B.1.2.3) PUNTOS DE GENERACIÓN DE EFLUENTES 13
B.1.2.4) FORMA DE GENERACIÓN DEL EFLUENTE 14
B.1.2.5) CANTIDAD DE EFLUENTES GENERADO 14
B.1.3) MATERIAS PRIMAS *16*
B.1.4) PRODUCTOS FABRICADOS *18*
B.1.5) TIEMPO Y/O PERÍODOS DE PRODUCCIÓN *19*
B.1.6) PLANOS DE LA PLANTA Y DEL SISTEMA INTERNO DE CLOACAS *19*
B.1.7) PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS A EVALUAR *21*
B.1.8) DISEÑO DEL PLAN DE MUESTREO *22*
B.1.8.1) DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS 23
B.1.8.2) SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO 23
B.1.8.3) NÚMERO Y TIPO DE MUESTRAS, SELECCIÓN DE PARÁMETROS Y TIEMPO DE MUESTREO 23
B.1.8.4) SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS ANALÍTICOS 26
B.1.8.5) SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE RECOLECCIÓN 26
B.1.8.6) SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAJE 27
B.1.8.7) EVALUACIÓN DE LOS MUESTREOS 27

B.1.9) RESULTADOS *28*
B.2) INGENIERÍA CONCEPTUAL 35
B.2.1) DEFINICIÓN DEL PROBLEMA *35*
B.2.2) PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO *37*
B.2.2.1) ÁREA DISPONIBLE 37
B.2.2.2) SUELOS 37
B.2.2.3) COSTOS 37
B.2.2.4) REDES CLOACALES 38
B.2.3) TIPOS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO *38*
B.2.3.1) ALTERNATIVAS BASADAS EN EL CUERPO RECEPTOR 38
B.2.3.2) ALTERNATIVAS BASADAS EN CAMBIOS DE PROCESOS 39
B.2.3.3) ALTERNATIVAS BASADAS EN EL TRATAMIENTO 39
B.2.4) EVALUACIÓN EXPERIMENTAL - PRUEBAS PILOTO *41*
B.2.4.1) PRUEBAS CON CLORURO FÉRRICO ($FECL_3$) A LOS EFLUENTES DE BASE DE AGUA 43
B.2.4.2) PRUEBAS CON CLORURO FÉRRICO ($FECL_3$) A LOS EFLUENTES DE SOLVENTE MT3 53
B.2.4.3) PRUEBAS CON SULFATO DE ALUMINIO AL $(SO_4)_3$ 54
B.2.4.4) RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS PILOTOS 55
B.3) INGENIERÍA BÁSICA 57
B.3.1) TRATAMIENTO PRIMARIO *57*
B.3.2) TRATAMIENTO SECUNDARIO *61*
B.4) FILOSOFÍA ISO 14.000 70

CAPITULO III. FACTIBILIDAD ECONÓMICA **71**

C.1) SITUACIÓN ACTUAL 71
C.2) NUEVO PLANTEAMIENTO 72
C.3) ESCENARIOS ECONÓMICOS 72

CAPITULO IV. CONCLUSIONES **74**

D.1) CONCLUSIONES 74
D.2) RECOMENDACIONES 75

BIBLIOGRAFÍA **76**

UCAB

INDICE DE TABLAS

TABLA #1. Materias Primas....16
TABLA #2. Materias Primas Secundarias....16
TABLA #3. Solventes Usados....17
TABLA #4. Productos Fabricados....18
TABLA #5. Parámetros a Evaluar en el Muestreo....21
TABLA #6. Resultados Muestra #1....28
TABLA #7. Resultados Muestra #2....29
TABLA #8. Resultados Muestra #3....30
TABLA #9. Resultados Muestra #4....31
TABLA #10. Resultados Muestra #5....32
TABLA #11. Resultados Muestra #6....33
TABLA #12. Resultados Muestra #7....34
TABLA #13. Parámetro fuera de Rango de los Efluentes....36
TABLA #14. Valores Iniciales de las Muestras Crudas....43
TABLA #15. Prueba de Dosis Óptima MT1....44
TABLA #16. Pruebas de Rango de Dosis MT1....45
TABLA #17. Pruebas de Rango de Dosis MT1....46
TABLA #18. Pruebas con Polímeros MT1....49
TABLA #19.Prueba de Rango de pH MT2....52
TABLA #20.Resultados del Tratamiento de MT1....55
TABLA #21. Resultados del Tratamiento de MT2....56
TABLA #22. Parámetros de Diseño del Tratamiento Secundario....61
TABLA #23. Gasto Mensual Generado por el Procedimiento Actual (Alta Producción)....71
TABLA #24. Gasto Mensual Generado por el Procedimiento Actual (Baja Producción)...71

INDICE DE FIGURAS

FIGURA #1. Diagrama simplificado de los pasos a seguir en proyectos sobre tratamientos de aguas residuales Domésticas e Industriales....8
FIGURA #2. Flujograma del Proceso de Fabricación de Tintas Litográficas y Serigráficas a Base de Solventes....11
FIGURA #3. Flujograma del Proceso de Fabricación de Tinta a Base de Agua....12
FIGURA #4. Plano del Sistema Interno de Cloacas....20
FIGURA #5. Factores Principales en el Desarrollo de Programas de Muestreo....22
FIGURA #6. Dosis de Cloruro Férrico Vs. Turbiedad MT1....47
FIGURA #7. Dosis de Cal Vs Turbiedad MT1....47
FIGURA #8. Dosis de Cloruro Férrico Vs. Turbiedad MT2....50
FIGURA #9. pH Vs. Turbiedad MT2....51
FIGURA #10. Diagrama del Flujo General del Sistema de Tratamiento de Efluentes....58
FIGURA #11. Tanque de Tratamiento Físico-Químico....60
FIGURA #12. Ubicación del Sistema de Tratamiento dentro de la Empresa....67
FIGURA #13. Diseño del Sistema de Tratamiento (Vista en Perspectiva)....68
FIGURA #13. Diseño del Sistema de Tratamiento(Vista Frontal)....69

SINOPSIS

La realización de este estudio en la empresa de tintas Colora, tiene como objetivo principal que dicha empresa cumpla con los parámetros ambientales de descarga de sus efluentes líquidos a cuerpos de agua, exigidos por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.

Para ello se siguió la metodología de bloques usada para la realización de proyectos de tratamientos de aguas residuales domésticas e industriales.
Siguiendo dicha metodología, se inició con la detección del origen de los líquidos residuales, en que sitios se originan las aguas residuales y sí estas son de naturaleza doméstica o industrial. Para los efluentes industriales fue necesario involucrarse con el proceso productivo del cual se constato la existencia de los líneas de producción de tintas, la primera en la cual se usa barniz como base para la producción, éstas tintas son insolubles en agua, y la segunda línea que fabrica tintas que llevan por base agua. Fue necesario conocer las materias primas usadas, los productos fabricados, el proceso de producción, los análisis y pruebas de calidad realizadas, el proceso de planificación de producción, los puntos de generación de los efluentes.

Fue necesario realizar los planos del sistema interno de cloacas que no existía.
Recolectar toda esta información fue indispensable para poder determinar los puntos ideales o más representativos para la realización del muestreo, así como para la determinación de los parámetros físico-químicos y biológicos necesarios para realizar una efectiva y representativa caracterización de todos los efluentes de la empresa, ya que en ésta se desconocía que efluentes eran aptos para descarga y cuales no.

El efluente más tóxico, producto del lavado de las ollas donde se lleva a cabo la producción de las tintas; al cual ya se le habían realizado pruebas de caracterización, es almacenado en barriles metálicos de 200 litros, para su posterior desincorporación por parte de una empresa quien lo destruye térmicamente.

En función de toda la información recolectada, se diseñó el plan de muestreo, el cual consistió en la toma de muestras de agua por parte de un laboratorio en los siguientes puntos: tres tanquillas donde se recogen todas las aguas descargadas por los tres principales edificios de la empresa, el tanque de aguas de refrigeración de los equipos de molienda y el área de lavado de ollas donde se captaron tres muestras, dos de un efluente producto del lavado de ollas de tintas con base de agua y una muestra del efluente de las ollas lavadas con solventes.

La caracterización representativa de los efluentes arrojó como resultados que dos de las muestras provenientes, una de los tanques de agua de enfriamiento y otra de una de las tanquillas donde se descargan las aguas del nivel freático (de origen natural, es decir, no es un efluente producido por la empresa) que posee el suelo, son aptas para la descarga directa a ríos, todas las otras muestras presentaron al menos un parámetro fuera de norma.

Una vez conocidos cuales son los efluentes que tienen problemas dentro de la empresa, se procedió al planteamiento del problema del estudio, el cual fue definido :
"la empresa en estudio presenta una problemática generalizada en las descargas de sus efluentes al medio ambiente, así como también genera efluentes del proceso productivo que

son altamente tóxicos y están siendo almacenados, incurriendo en grandes gastos para el tratamiento de estos últimos y de igual forma produciendo una daño al medio ambiente con las descargas líquidas que realiza".

Luego se procedió al planteamiento de las alternativas de tratamiento, en la que la capacidad autodepuradora del cuerpo agua receptor fue descartada y la posibilidad de realizar cambios en el proceso productivo es una alternativa muy distante, porque sería necesario incurrir en costos muy elevados y por ser además una empresa que produce más de mil productos diferentes.
La alternativa más viable es el tratamiento del efluente, para ello se investigó y consultó información literaria, además de realizar visitas a empresas con problemas similares y consultar un estudio previamente realizado en la empresa. Se llegó a la conclusión que el tratamiento primario sería del tipo físico- químico.
Para ello se realizó la experimentación con un equipo de pruebas de jarro, donde se simuló la aplicación del tratamiento de coagulación-floculación y sedimentación, con distintos reactivos, hallando la dosis óptima de reacción formada por 2500 mg de cloruro férrico y 1500 mg de hidróxido de calcio para una muestra de 800 ml. El resultado obtenido es una capa de sedimentos de 200 ml y un sobrenadante de agua cristalina con parámetros de color y turbiedad muy bajos y dentro de las normas, sin embargo este sobrenadante fue analizado y aún no cumple con la normativa de descarga a río, por lo cual fue necesario diseñar un tratamiento secundario, que basado en los valores del análisis del resultado obtenido después del tratamiento primario y por la existencia de los otros efluentes que tampoco cumplen con la normativa, se decidió llevar a cabo el diseño teórico de un tratamiento biológico que degrade el componente orgánico de los efluentes de la tanquillas #8 y #9, además del sobrenadante producto del primer tratamiento.

El reactor biológico diseñado realizará un tratamiento de aireación extendida con lodos activados, esto se refiere a suministrar oxigeno en exceso para que el lodo activado, que esta conformado por bacterias, se alimente de la materia orgánica que poseen los efluentes, librándolos de ésta y haciéndolos aptos para su posterior descarga a río. Este reactor biológico es complementado con un sedimentador de lodo, y luego tiene una cámara de contacto de cloro para la desinfección del agua a descargar.

El costo de implementación de este proyecto es de Bs 34.073.250,00 , incluyendo los costos operativos del primer año, el cual es mucho más económico que la propuesta planteada por otra empresa hace dos años, además se cuenta con la ventaja de que una institución gubernamental puede otorgar un crédito con intereses preferenciales de hasta 40 millones de bolívares, lo que hace más factible la implementación del proyecto.
La forma en que actualmente la empresa cree solucionar sus problemas de efluentes, por medio de la destrucción térmica de los efluentes industriales, no sólo es costosa sino que tampoco adecua las otras descargas que actualmente realizan, las cuales no cumplen la normativa exigida por el Ministerio del Ambiente.

Es por estas razones que la implementación de este estudio, no sólo es factible, sino que es una solución que garantiza la adecuada descarga de efluentes cumpliendo las normativas requeridas. La no implementación de este sistema pueda acarrear a la empresa tener futuros .problemas con el Ministerio del Ambiente, pudiendo originarse una eventual paralización de las actividades realizadas por dicha empresa.

CAPITULO I. SECCIÓN INTRODUCTORIA

A.1) OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de este trabajo es que la empresa seleccionada, cumpla con los parámetros ambientales de descarga de sus efluentes líquidos a cuerpos de agua, exigidos por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

El poder alcanzar este objetivo general se basa principalmente en la ejecución y logro de los siguientes objetivos específicos:

A.1.1) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A.1.1.1) Identificación y Evaluación de los efluentes residuales generados en el proceso productivo de tintas litográficas y serigráficas.

A.1.1.2) Evaluación de posibles métodos para el control y reducción de efluentes en el proceso.

A.1.1.3) Diseño del sistema de tratamiento de efluentes. A nivel de ingeniería conceptual básica.

A.1.1.4) Factibilidad económica del sistema de tratamiento que sea seleccionado.

A.1.1.5) Objetivo Secundario:
Este trabajo permitirá sentar las bases para que la industria cumpla con la metodología establecida en las normas ISO 14.000 en lo que a evaluación y auditoría del proceso de tratamiento se refiere.

A.2) DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

COLORA C.A. es una empresa destinada a la fabricación de tintas de artes gráficas, dirigidas al área de litografía, serigrafía y tipografía. La empresa esta ubicada en la zona industrial de Santa Teresa del Tuy, Estado Miranda; desde allí controla, ejecuta y coordina las actividades de producción, planificación de compra y ventas, mantenimiento de equipos, almacén, aseguramiento y control de la calidad, asesorías técnicas; así como actividades de la dirección de finanzas, gerencia de relaciones industriales, gerencia de informática, etc.

Distribuyen sus productos en el mercado nacional, introduciendo mejoras continuas respaldadas por un servicio técnico al impresor, para lograr la satisfacción de sus clientes.

Esta empresa esta inscrita en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (M.A.R.N.R.) como empresa susceptible de degradar el medio ambiente, producto de la generación de efluentes altamente tóxicos que no pueden ser descargados.

A.2.1) MOTIVACIÓN

La selección de la empresa **COLORA C.A.** para la realización de este proyecto se debe a que presenta una problemática importante relacionada con la acumulación de los desechos líquidos provenientes de su proceso productivo. El estricto control que ha ejercido el Ministerio del Ambiente, para la protección de la cuenca del río Tuy, y el cumplimiento de las normas ambientales han llevado a la empresa a que los efluentes de producción no puedan ser vertidos al medio ambiente sin un tratamiento, por lo tanto en la actualidad están siendo acumulados por la empresa, para su posterior destrucción térmica en empresas que cumplan con la normativa ambiental.

A.2.2) PROBLEMÁTICA AMBIENTAL Y ECONÓMICA

La acumulación de barriles con contenido de efluentes dentro de las áreas de la empresa, lo costoso que resulta la destrucción térmica por parte de terceros que cumplan con las normas ambientales adecuadas, lo costoso de la alternativa de tratamiento conseguida hasta el momento, así como la visión a medio plazo por parte de la empresa de optar por la

certificación ISO, de las cuales la ISO 14000 exige el cumplimiento de las normas ambientales, las exigencias del M.A.R.N.R. de cumplir con la normativa para la Clasificación y el Control de la Calidad del agua indicada en la Gaceta Oficial Nº 5021.

A.3) ANTECEDENTES

A.3.1) POLÍTICA AMBIENTAL DE LA EMPRESA

A pesar de que la empresa no tiene una política ambiental definida como tal, es importante saber que tienen una conciencia ambiental que a impulsado las medidas tomadas en la actualidad para la preservación y protección del ambiente. Las estrictas reglas para el manejo y almacenamiento del efluente dentro de la empresa, son conocidas en toda la empresa y demuestran el interés que tienen por controlar sus vertidos líquidos.

Sin embargo la empresa no ha realizado estudios que permitan una evaluación completa de sus distintos efluentes, razón por la cual la caracterización de éstos es desconocida. Esto indica que la empresa no esta en disposición de conocer si cumple o no con la normativa ambiental que se le exige. De igual forma desconocen el sistema de conducción de aguas negras o efluentes, ya que no existe un plano que plasme la realidad del sistema de cloacas de la empresa.

A.3.2) GESTIÓN AMBIENTAL

Colora C.A. se registra ante el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables el 9 de Junio de 1998 cuando es solicitada la inscripción de empresas susceptibles a degradar el medio ambiente, a dicho organismo. En fecha 11 de Agosto de 1998 se presenta ante el Ministerio la planilla de registro de actividades susceptibles de degradar el ambiente y para la fecha 31 de Agosto de 1998 queda inscrita la empresa según el oficio N° 305 y se le asignó el N° 13-98-VT-015. (Ver Anexo #2)

Este oficio especifica los decretos a los que debe acogerse la empresa, estableciendo las normas a cumplir para la descarga de agua, aire, control de contaminación atmosférica, control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos; siendo los relacionados con las descargas de efluentes residuales el Decreto 883 que establece las normas para clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, publicado en la Gaceta Oficial N° 5021 de fecha 18-12-95.

De igual forma el documento de inscripción concede un lapso de 30 días para que la empresa presente un cronograma que refleje las acciones y tiempos de ejecución del Sistema de

Tratamiento de los Efluentes Industriales generados por la empresa.

A.3.3) TRABAJOS REALIZADOS PARA LA EVALUACIÓN Y MANEJO DE EFLUENTES POR PARTE DE LA INDUSTRIA

La empresa en el año 1993 por iniciativa de uno de los dueños lleva a cabo un pequeño proyecto que trata de dar solución a los efluentes generados de la línea de tintas de base de agua, se realizaron pruebas de tratamiento y un pequeño plano de como debía diseñarse la planta, sin embargo nunca fue implementada. (Ver Anexo #3)

A.3.3.1) EVALUACIÓN DE EFLUENTES

Simultáneamente al proceso de inscripción en el Ministerio, la empresa realiza una evaluación del efluente de la línea de tintas de base de agua, esta evaluación es realizada por la empresa Hidrolab Toro Consultores, quienes basándose en la toma de una sola muestra puntual concluyen que el efluente esta fuera de norma en varios parámetros, pero sin embargo, a este se le puede aplicar tratamiento físico-químico y biológico que haga al efluente cumplir con las normas de descarga a cuerpos de agua. Sin embargo la realización de dicha planta de tratamiento tenía un costo para el momento de 40 millones de bolívares (Ver Anexo #4), el cual supera el monto presupuestado por parte de la empresa que esta alrededor de 15 millones.

A.3.3.2) MANEJO Y DISPOSICIÓN

Paralelamente la empresa decide localizar una compañía que trate sus efluentes, siendo seleccionada la empresa Agregados Livianos C.A. (ALIVEN), compañía donde se realiza la Destrucción Térmica de Desechos Peligrosos, que son usados para la producción de arcillas expandidas, a su vez esta empresa esta inscrita en el Ministerio del Ambiente (Ver Anexo #5) y cumple con las distintas normas ambientales de emisiones para este tipo de empresa.

El costo para el procesamiento del efluente de base de agua es de 0,20 $/Kg. y para el procesamiento del efluente de base de solvente es de 0,30 $/Kg. (Ver Anexo #6)

La decisión tomada por parte de la empresa fue continuar almacenando sus efluentes en tambores con capacidad de 200 kg. y tratarlos una vez acumulada una cantidad significativa,

en la empresa ALIVEN, esta decisión fue transmitida al Ministerio del Ambiente en comunicación del 14 de Septiembre de 1998, donde se describe el Plan de adecuación de vertidos líquidos de la empresa (Ver Anexo #7) y donde se manifiesta el interés por parte de ésta de continuar en la búsqueda de procesos de reducción en la generación de desechos acuosos y el estudio para la implementación una planta de tratamiento físico-químico con un presupuesto moderado.

A.4) ALCANCES Y LIMITACIONES:

- Control y reducción de los efluentes.

- De acuerdo al estudio de los efluentes de la empresa, se analizará la implantación o no de un sistema de tratamiento que cubra la demanda específica generada por la empresa, de acuerdo a las limitaciones económicas, para el tipo de planta que se recomiende.

- Presentación del diseño de la planta requerida a nivel de ingeniería conceptual básica.

- Limitaciones gubernamentales de leyes ambientales existentes, así como la estandarización del trabajo con la filosofía ISO 14.000, de manera cumplir con los sistemas de evaluación y auditoría del proceso de tratamiento

- Ubicación de la planta de tratamiento dentro de la industria, con la finalidad de minimizar los costos de instalación de la misma y del transporte de los efluentes a esta.

CAPITULO II. METODOLOGÍA Y DESARROLLO

Para el logro de los objetivos planteados se utilizó la metodología de bloques presentada en la Figura #1, la cual permite realizar en forma secuencial todas las actividades requeridas para lograr el control de efluentes en una forma clara y ordenada, sin dejar de lado la consideración de aspectos de gran importancia en este tipo de trabajo de caracterización y tratamiento de aguas residuales. Esta metodología tiene tres etapas importantes:

- Evaluación de los Efluentes
- Ingeniería Conceptual
- Ingeniería Básica

B.1) EVALUACIÓN DE LOS EFLUENTES

Esta etapa del trabajo consiste en el estudio general que hay que realizar para poder diseñar el plan de muestreo que permitirá la caracterización de los distintos efluentes de la empresa, y con ésta poder definir de un forma clara y concisa el problema a resolver.

B.1.1) ORIGEN DE LOS EFLUENTES

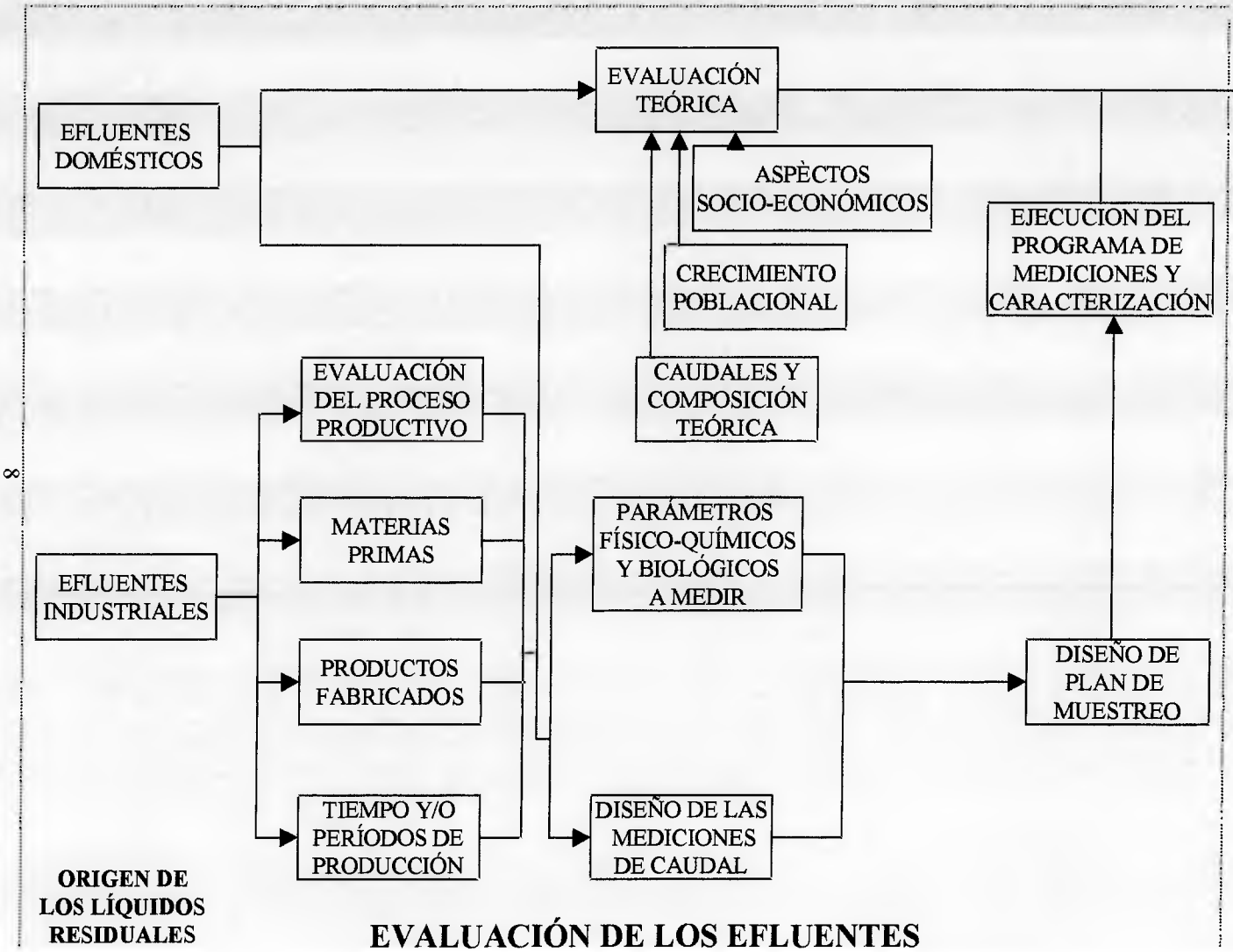
En el caso de esta industria, la generación de los efluentes tienen su origen tanto en las actividades domésticas como en las del proceso productivo. Tales actividades generan efluentes del tipo doméstico, al usar lavaplatos, regaderas, pocetas, etc., así como también se generan efluentes de agua y de solventes, producto del lavado de los envases donde se lleva a cabo el proceso productivo de la tinta.

B.1.2) EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

La empresa cuenta con Dos Líneas de Producción, en una de ellas se elaboran tintas litográficas y serigráficas con bases de barniz y en la segunda en la que se elaboran tintas serigráficas con bases de agua. A continuación se describe el proceso de ambas líneas productivas:

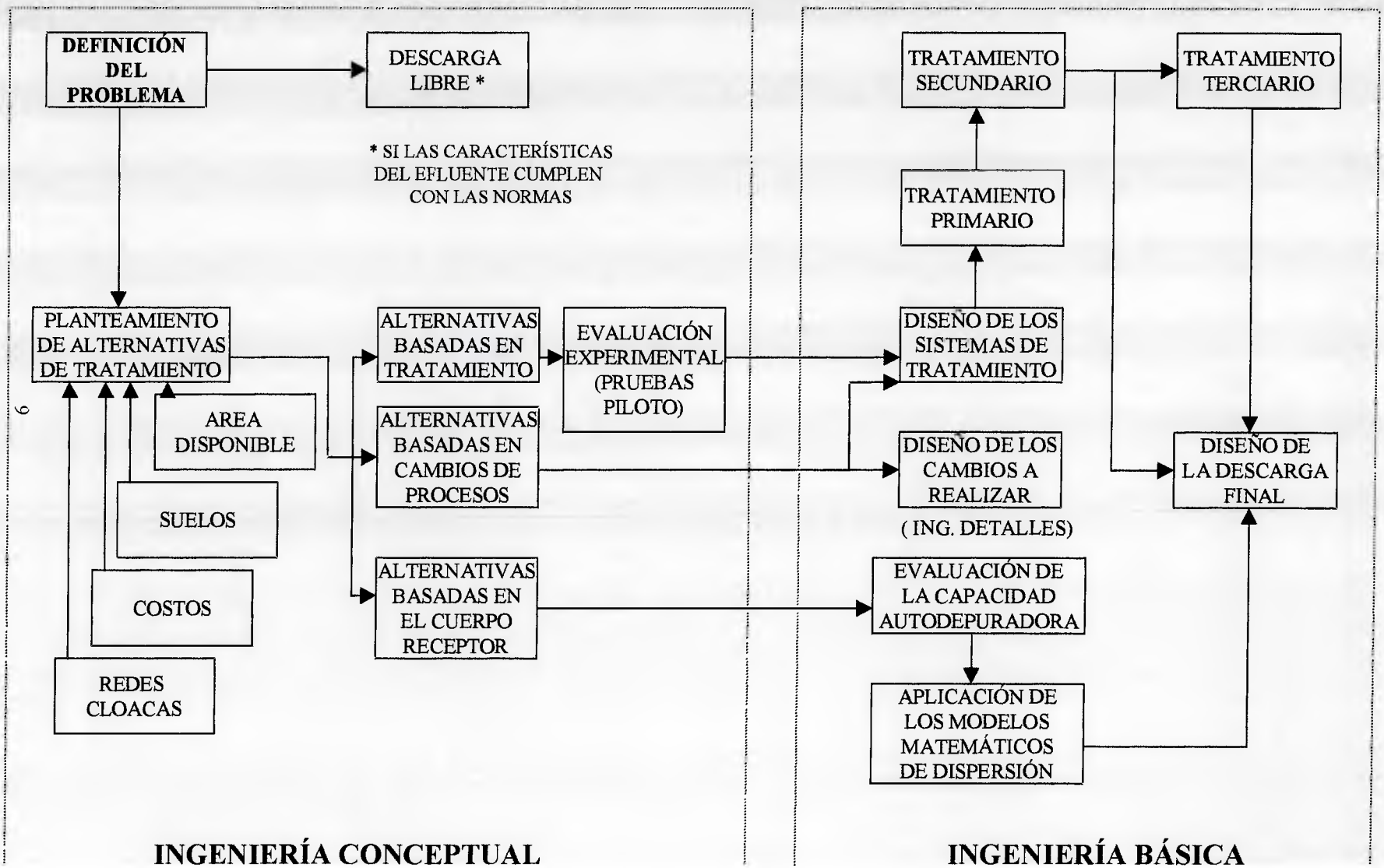
FIGURA#1

DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE LOS PASOS A SEGUIR EN PROYECTOS SOBRE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS E INDUSTRIALES



UCAB

DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE LOS PASOS A SEGUIR EN PROYECTOS SOBRE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS E INDUSTRIALES



UCAB

B.1.2.1) ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CON BASE DE SOLVENTES

El proceso de producción para las tintas de litografía y serigrafía con bases de barniz (Ver Figura #2), comienza en el departamento de cocina, en donde se mezclan las resinas, solventes y aceites para obtener los barnices que serán usados posteriormente en la elaboración de tintas. En el departamento de peso se unen pigmentos orgánicos, inorgánicos, extenders y barnices para su mezcla posterior en el departamento de mezcla. Aquí se obtiene un producto uniforme. Luego pasa al departamento de molinos donde se ejecutan varios pases hasta que el pigmento queda bien molido. Una muestra del producto es llevada al laboratorio de control de calidad para su respectivo análisis y obtener su aprobación una vez que cumpla con todos los parámetros establecidos. Posteriormente se agregan los secantes, ceras y aceites en el departamento de pesos, se baten en la sección de mezclas nuevamente, pasan al área de molinos donde se le da un nuevo pase, se toma una muestra que es llevada al laboratorio y una vez aprobada se envasa en el área de molino.

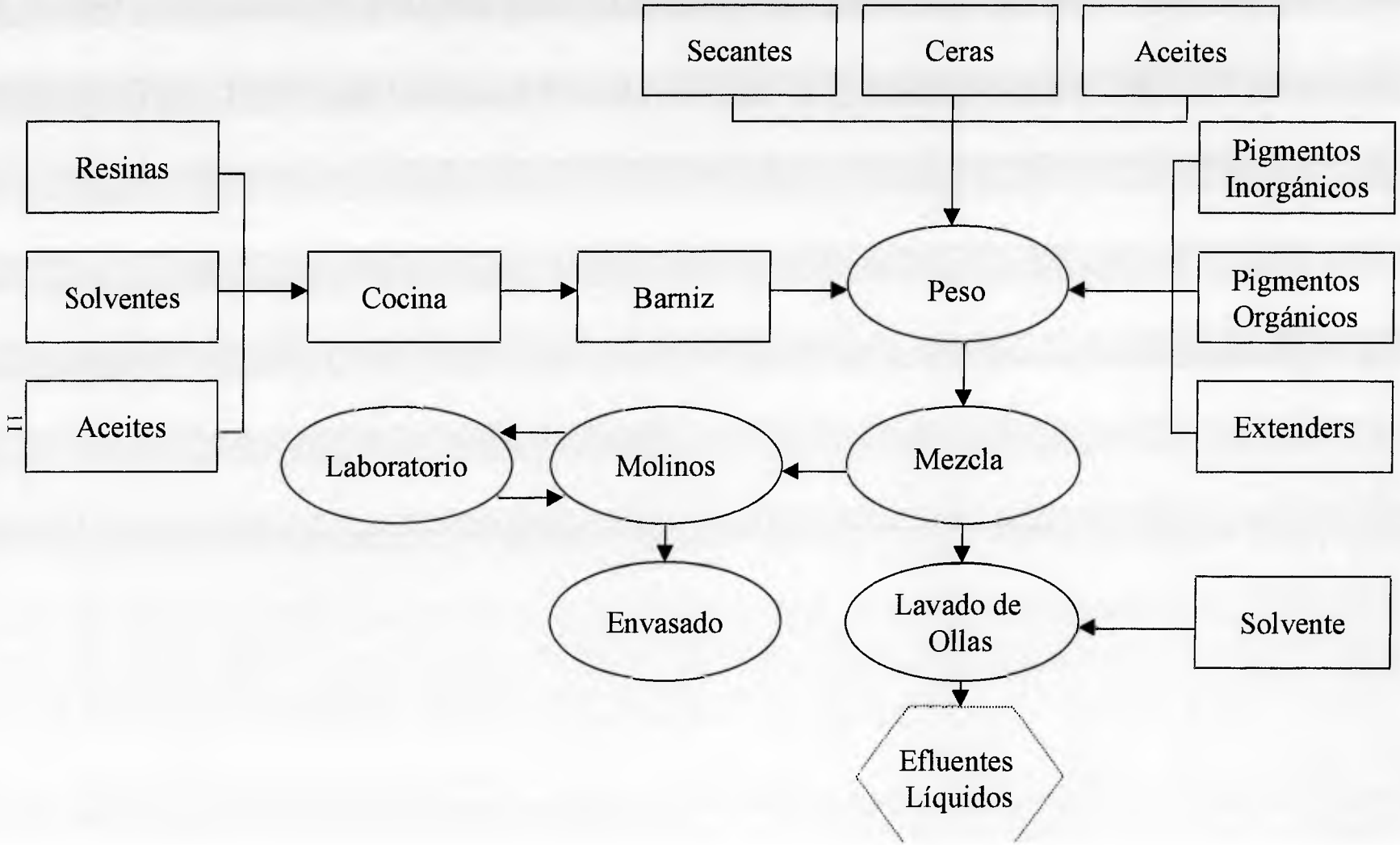
C.1.2.2) ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CON BASE DE AGUA

En la línea de producción de tintas serigráficas con bases de agua (Ver Figura #3), conocida como área de Aguatex, las bases son elaboradas en el departamento de aguatex mezclando resinas vinílicas con plastificantes y emulsificantes. Se almacenan en tanques y se utilizan posteriormente para la fabricación de tintas. Luego se mezclan estas bases con pigmentos predispersados, se le realizan las pruebas de calidad pertinentes y se envasan.

Estas tintas son elaboradas en ollas metálicas con capacidad de 100 kg., en la totalidad del proceso de las tintas de base de agua.

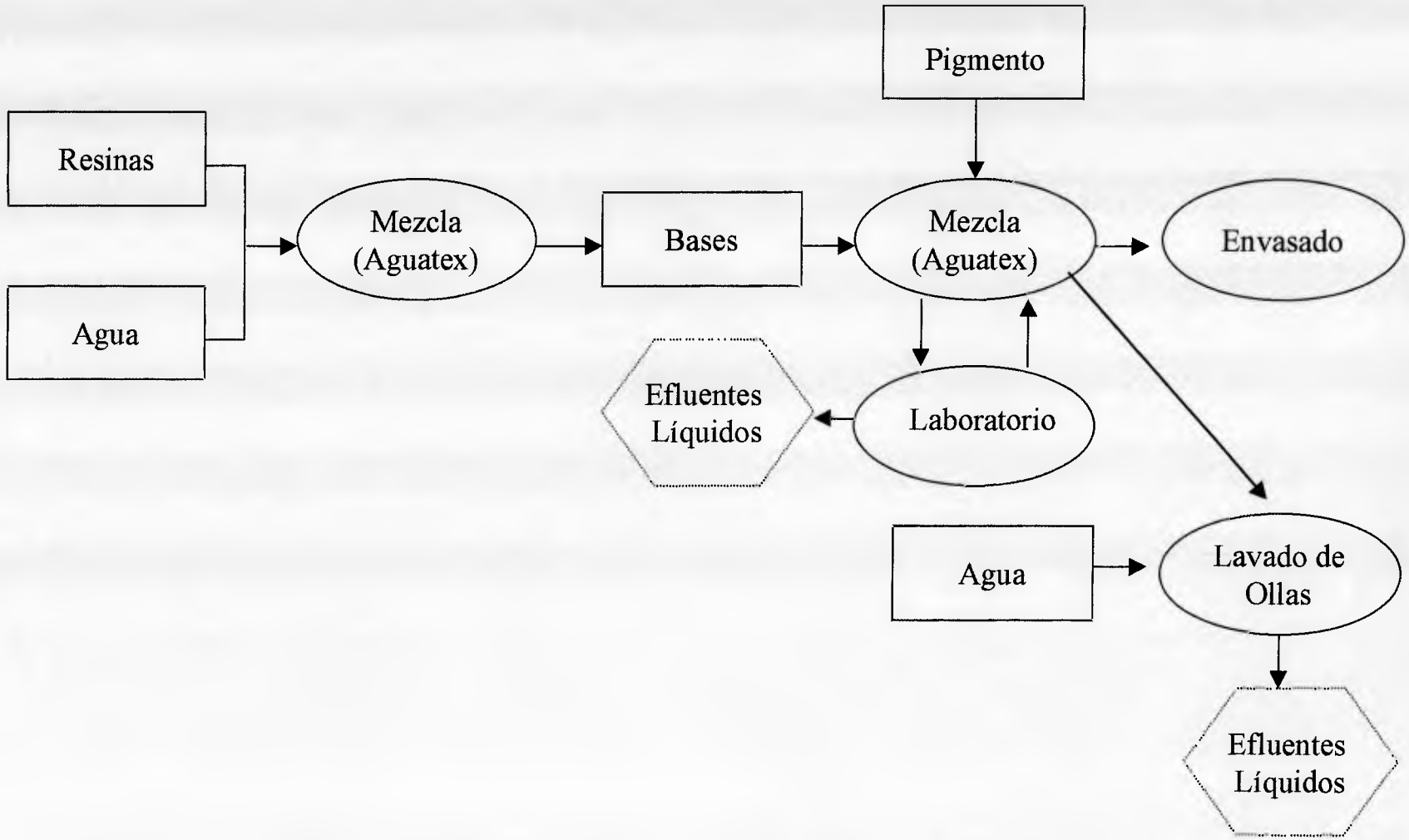
La composición química general de las tintas de agua, que son producto del proceso que más genera efluentes, y es al cual la empresa desea dar algún tratamiento correctivo para poder desecharlo al ambiente es :

FIGURA #2
FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TINTA LITOGRÁFICA
Y SERIGRÁFICA A BASE DE SOLVENTES



UCAB

FIGURA #3
FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TINTA A BASE DE AGUA



UCAB

Composición Aproximada:

55.5	Agua
3.0	Pigmento
4.0	Resina Acrílica
12.0	Resina Extireno-Acrílica (en emulsión)
0.4	Carboximetil celulosa
14.0	Varsol
4.0	Espesante
5.0	Glicol
1.0	Solución Amoniacal
0.1	Antifungicida
100.00	

La importancia de conocer los productos realizados esta en que la composición de estos puede ser fundamental al momento del análisis del efluente, ya que podría determinar que tipo de efluentes producen ciertos productos y que tratamientos podrían funcionar para estos y no para otros.

B.1.2.3) PUNTOS DE GENERACIÓN DE EFLUENTES

En cuanto a la producción de efluentes con relación a la producción ocurre en tres puntos o áreas principales:

1) Zona de lavado de ollas, donde el efluente residual producto del lavado de las ollas y otros implementos es almacenado en barriles de 200 Kg., donde se diferencia el residuo proveniente de cada línea de producción.
2) Laboratorio de Aguatex, donde se realizan las pruebas de control de calidad de las materias primas de todos los productos así como también las pruebas de control de calidad del área de Aguatex, el efluente de esta área que es producido en poca cantidad y como producto del lavado de implementos usados en las pruebas, este es arrojado al sistema de cloacas.
3) Zona de lavado de mopas y trapos, el efluente de esta área es arrojado al sistema de cloacas.

B.1.2.4) FORMA DE GENERACIÓN DEL EFLUENTE

El proceso productivo de la empresa, como ya se comentó, cuenta con dos líneas de producción. Cada una de estas produce un tipo de efluente, la mayor cantidad de efluente es el producto del lavado de la olla en la cual se lleva acabo el proceso productivo. En el caso de la línea de producción de tintas con bases de barniz, el lavado de olla debe realizarse con solventes, tales como thinner y kerosene ya que estas tintas no son solubles al agua. En el caso de las tintas con base de agua el lavado de las ollas se realiza con agua. Tanto el agua sucia como el thinner o kerosene sucios se almacenan en barriles de 200 Kg. ya que no esta permitido arrojarlos al sistema de cloacas.

Estos barriles se identifican según su contenido, "Solvente" los que son producto del lavado de tintas de barniz y "Agua" los que son producto del lavado de tintas con base de agua. Estos barriles son almacenados en otra área de la empresa para su posterior desincorporación en otra empresa que los destruye térmicamente y cumple con los parámetros establecidos por el Ministerio del Ambiente.

Una parte fundamental del proceso productivo ocurre en el Laboratorio de Aguatex, donde se realizan las pruebas de control de calidad de todas las materias primas a usar en los distintos productos, así como también todas las pruebas de las tintas de base de agua hechas en el área de aguatex. De estas distintas pruebas realizadas quedan instrumentos y equipos que deben ser lavados, ya que tienen producto adheridos a ellos. Del lavado de estos resulta un agua que por ser una pequeña cantidad no es almacenada sino que es desechada por la cloaca.

De la limpieza de equipos, pisos y otros implementos usados durante la producción, se produce un efluente de agua en el área de lavado de mopas, este efluente es desechado por la cloaca, ya que se considera que la cantidad de tintas que puedan contener es pequeña.

B.1.2.5) CANTIDAD DE EFLUENTES GENERADO

Es importante mencionar que la cantidad de efluentes en barriles producidos en promedio por mes es de 3 (600 kg/mes) para solventes y de 24 (4.800 kg/mes) para agua. Para la empresa es sencillo eliminar el efluente de la línea de producción con base de solvente, ya que éste lo regalan a particulares, existiendo la posibilidad de venderlo a empresas de

reciclaje de solventes, sin embargo el efluente de la línea de producción con base de agua no tiene salida alguna y es producido en mayor cantidad. Estos valores de producción promedio son el resultado del período de alta producción de la empresa.

B.1.3) MATERIAS PRIMAS

Las materias primas básicas usadas por la empresa son:

TABLA # 1. MATERIAS PRIMAS

TIPO	CONSUMO MENSUAL (Kg.)	CANTIDAD ALMACENADA (Kg.)
Aceites	2915	3544
Pigmentos: Orgánicos	4799	11076
Inorgánicos	130	77
Resinas: Fenólicas	3492	8519
Epóxicas	845	1590
Maleicas	102	123
Vinílicas	888	4940
Acrílicas	124	286
Alquídicas	3037	4698
Solventes	14380	32677

*Tabla Elaborada por la Empresa

Las materias primas secundarias usadas por la empresa son:

TABLA # 2. MATERIAS PRIMAS SECUNDARIAS

TIPO	CONSUMO MENSUAL (Kg.)	CANTIDAD ALMACENADA (Kg.)
Reológicos: Sílicas y Cargas	857	6312
Plastificantes	1792	3089
Secantes	373	1132
Ceras	185	184
Ácidos	100	424

*Tabla Elaborada por la Empresa

Los solventes utilizados en la empresa son:

TABLA # 3. SOLVENTES USADOS

DESCRIPCIÓN	CONSUMO MENSUAL (Kg.)	CANTIDAD ALMACENADA (Kg.)
Varsol	2918	3607
Insectol	0.1	55
Alcohol Isopropílico	1122	2219
Xilol	208	159
Isotridecylsalcohol	48	504
Kerosene	989	2684
Solvesso	2982	3876
Metanol	61	152
M.E.K.	5	186
Percloroetileno	14	6
Diaceton Alcohol	100	209
Butyl Acetato	43	696
Gasolina	41	47
Thinner	1058	915
Gas-oil	383	807
Magie oil 470	734	2770
Sorbitol	217	525
Dynaken	194	7
Magie oil 535	461	1021
Alcohol Benzilico	177	198
Poyglicol	0	698
Dowanol PMA	0.2	192
Etilglycol	560	1330
Butil Sellosolve	243	475
Acetato de Sellosolve	1035	1477
Butilglycol Acetato	590	357
Butoxil	68	794
Polisolvan O	653	2823
Depanol NIV	67	85
Isophorona	278	827
Cyclohexanona		

*Tabla Elaborada por la Empresa

B.1.4) PRODUCTOS FABRICADOS

TABLA # 4. PRODUCTOS FABRICADOS

CÓDIGO	LÍNEA	USO	PRODUCCIÓN ANUAL (Kg.)
A01	NOVALIT	LITOGRAFÍA	85.315
A02	SUPERLIT	LITOGRAFÍA	6.190
A05	MINILIT	LITOGRAFÍA	1.448
A06	FOIL	LITOGRAFÍA	440
A10	PANTONE	LITOGRAFÍA	9.835
A11	ROTOWEB	LITOGRAFÍA	433
A13	FORMAS CONTINUAS	LITOGRAFÍA	2.293
A17	COMPULIT	LITOGRAFÍA	4.882
A19	ULTRALIT	LITOGRAFÍA	4.588
M30	PAUX. MARABU	SERIGRAFÍA	3.688
M51	MARASTAR	SERIGRAFÍA	891
M54	MARAPOXY	SERIGRAFÍA	10.468
M56	VIDRIO SCREEN GL	SERIGRAFÍA	30
P01	BARNICES S/IMPRESION	LITOGRAFÍA	13.238
P02	REDUCTOR	LITOGRAFÍA	922
P05	SPRAY	LITOGRAFÍA	353
P06	PTOS P/PLANCHAS	LITOGRAFÍA	14.866
P07	PTOS P/FUENTES	LITOGRAFÍA	47.063
P08	LIMPIADORES	LITOGRAFÍA	9.701
P09	BARNIZ MORDIENTE	LITOGRAFÍA	3.423
S30	PAUX SERIGRAFÍA	SERIGRAFÍA	47.495
S60	AGUATEX	SERIGRAFÍA	116.824
S61	PAUX AGUATEX	SERIGRAFÍA	7.505
S63	AGUAPRINT	SERIGRAFÍA	31.704
S64	TEXCOLOR	SERIGRAFÍA	1.373
S65	PLASTISOL	SERIGRAFÍA	7.715
S66	CUBRIENTE PLASTISOL	SERIGRAFÍA	4.541
S80	POSTER	SERIGRAFÍA	8.481
S81	ACRIL	SERIGRAFÍA	17.461
S83	POLIETILENO	SERIGRAFÍA	14.188
S84	EPOXY	SERIGRAFÍA	22.795
S85	VINIL	SERIGRAFÍA	8.883
S88	ESMALTE	SERIGRAFÍA	10.493
T01	NOVATIP	TIPOGRAFÍA	2.153

*Tabla Elaborada por la Empresa

B.1.5) TIEMPO Y/O PERÍODOS DE PRODUCCIÓN

La empresa COLORA C.A. labora todos los años en el período comprendido entre el 15 de Enero y el 15 de Diciembre, fecha en la cual se toman vacaciones colectivas.

La jornada laboral es de 7:30 am. a 4:30 pm..

La producción de las distintas tintas es llevada a cabo según la demanda de los clientes, y los productos están clasificados según el diagrama de Paretto, siendo los tipo A los mayormente producidos. No hay ningún control especial ni regulación en la producción de los distintos tipos de colores, simplemente se basan en la demanda de cada uno, para producirlo según sea necesario y poder de esta forma satisfacer a sus clientes.

El tiempo y/o períodos de producción determina que los efluentes que se están produciendo son siempre los mismos o que por el contrario sólo se produce de algún tipo en alguna época del año o durante algunos días del mes.

B.1.6) PLANOS DE LA PLANTA Y DEL SISTEMA INTERNO DE CLOACAS

En este punto del estudio hubo que empezar por levantar los planos del sistema interno de cloacas, ya que no existían en la empresa. El plano diseñado puede apreciarse en la Figura #4.

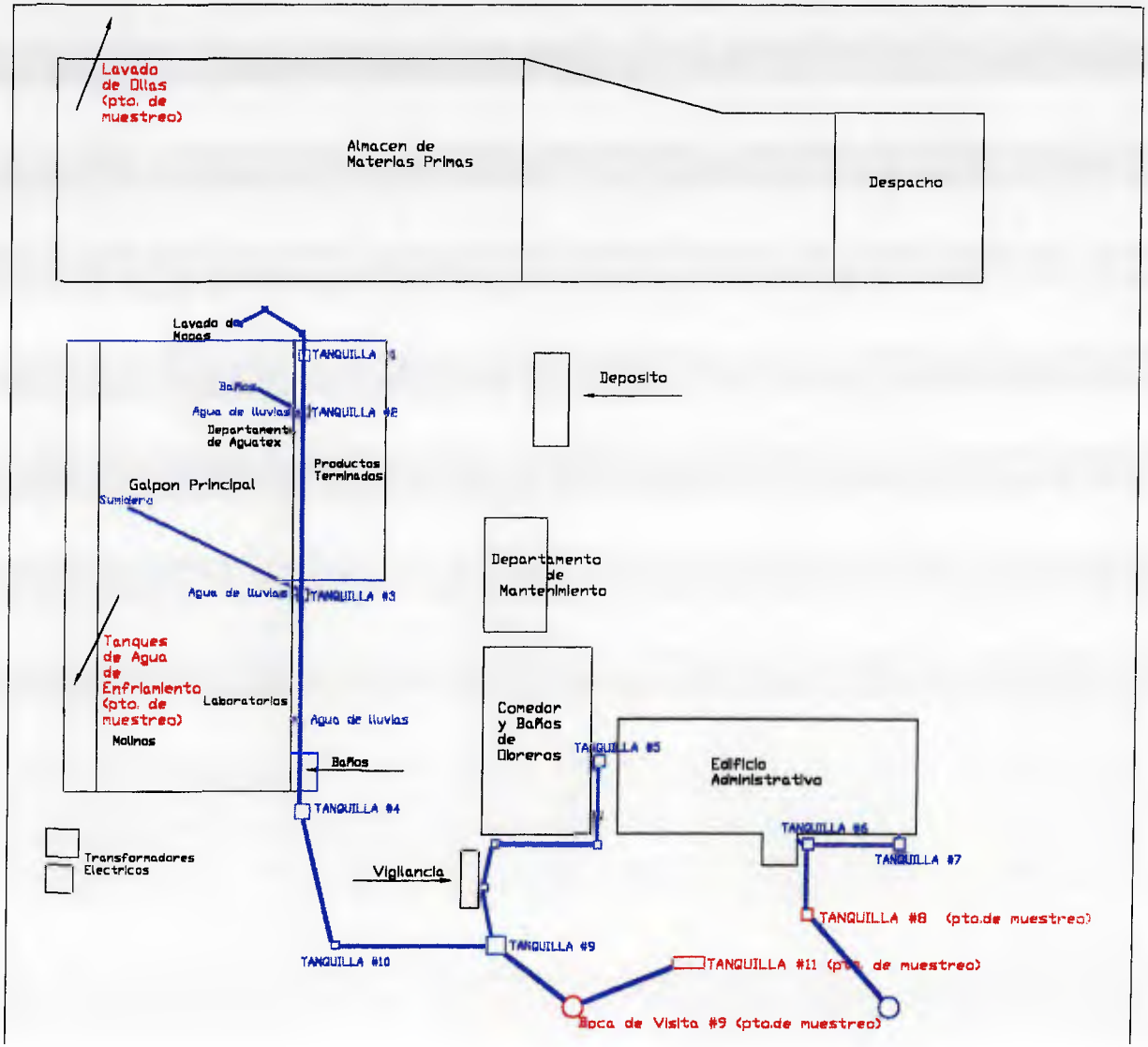
Es importante comentar que las aguas de lluvia de la parte derecha de la planta se unen directamente al sistema de cloaca, así como también ocurre de manara similar en otras alcantarillas de la empresa.

Los planos de la planta y del sistema interno de cloacas ayudan a conocer tanto la ubicación y desplazamiento de las aguas como también, los puntos de mezcla con otras corrientes y los lugares donde serán recolectados para la adecuada caracterización de los mismos.

Conocer la red cloacal de la empresa de manera de saber la ruta de salida de los efluentes y poder evaluar los mejores lugares para los distintos puntos del futuro muestreo.

Conocer además la canalización de las aguas de lluvia permitirá mantenerlas separadas o tener que separarlas de las aguas residuales que vayan a ser tratadas, de manera que el caudal de diseño que sea determinado en el estudio no sea sobrepasado por el inmenso caudal que representan las aguas de lluvia.

Figura # 4. Plano del Sistema Interno de Cloacas y Puntos de Muestreo.



UCAB

B.1.7) PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS A EVALUAR

En la Gaceta Oficial Nº 5021 Extraordinaria a fecha 18/12/95 Capitulo III del control de los vertidos líquidos, Sección III de las descargas a cuerpos de agua [12], se enuncian los parámetros físico-químicos y sus límites máximos o rangos. La evaluación de estos parámetros es hecha en función de las descargas a cuerpos de agua debido al artículo 10 de dicha gaceta que dice:

Artículo 10: A los efectos de este Decreto se establecen los siguientes rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses.

La empresa Colora descarga a un sistema cloacal que más adelante se une al río Tuy sin recibir ninguna clase de tratamiento, por esto se considera que deberá cumplir con los valores de descarga directa a río y debe cumplir con el artículo 10 antes mencionado; se medirán aquellos parámetros que guardan relación de composición con las materias primas y solventes usados por la empresa, estos son:

TABLA#5 PARÁMETROS A EVALUAR EN EL MUESTREO

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	LÍMITES MÁXIMOS O RANGOS
Aceites minerales e hidrocarburos	20 mg/l
Aceites, grasas vegetales y animales	20 mg/l
Cobre Total	1.0 mg/l
Color real	500 Unidades de Pt-Co
Demanda Bioquímica de Oxígeno ($DBO_{5,20}$)	60 mg/l
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	350 mg/l
Detergentes	2.0 mg/l
Dispersantes	2.0 mg/l
Fenoles	0.5 mg/l
Fluoruros	5.0 mg/l
Fósforo Total (expresado como fósforo)	10 mg/l
Hierro total	10 mg/l
Nitrógeno Total (expresado como nitrógeno)	40 mg/l
pH	6.9
Plomo Total	0.5 mg/l
Sólidos flotantes	Ausentes
Sólidos suspendidos	80 mg/l
Sólidos sedimentables	1.0 mg/l
Sólidos Totales	
Zinc	5.0 mg/l

Tabla elaborada por el M.A.R.N.R

B.1.8) DISEÑO DEL PLAN DE MUESTREO

Para el diseño del plan de muestreo se siguieron los pasos previos descritos en la Figura # 1, complementando el diseño con la metodología titulada Factores Principales en el Desarrollo de Programas de Muestreos, mostrada en la Figura #5. De esta forma se puede describir de manera más detalla todos los pasos que guiaron el diseño del plan de muestreo para los efluentes.

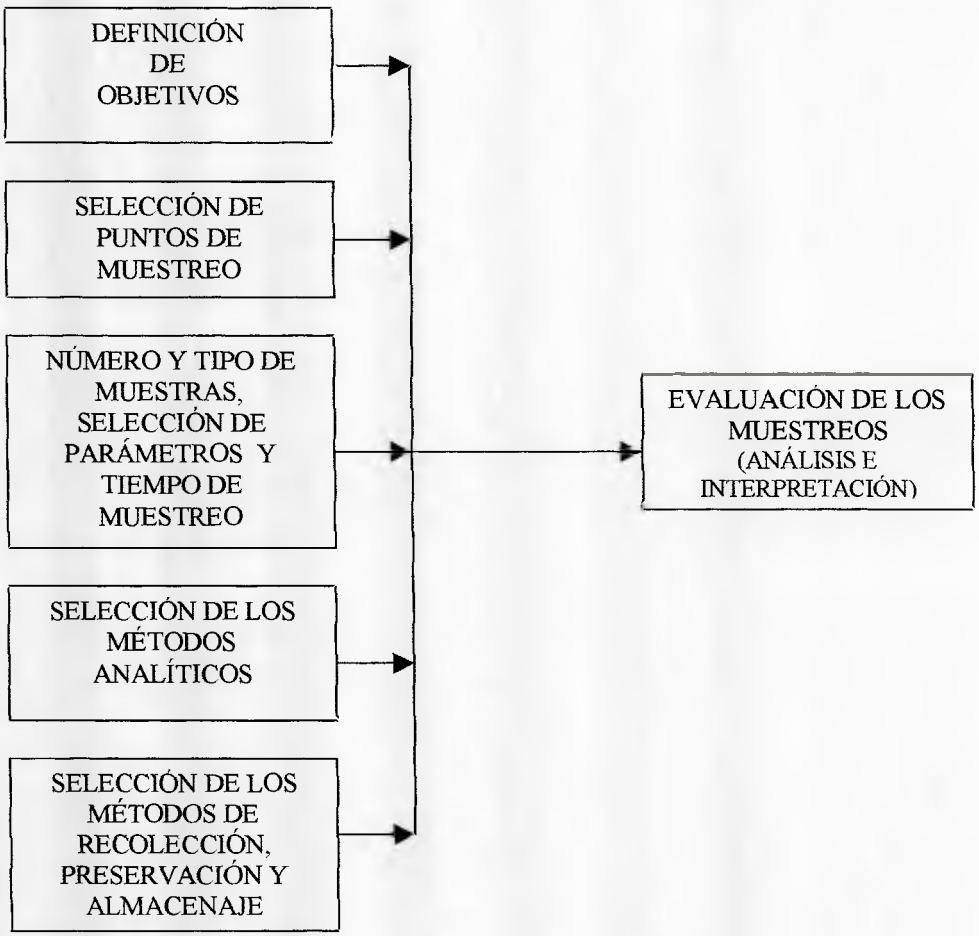


FIGURA #5

FACTORES PRINCIPALES EN EL DESARROLLO DE PROGRAMAS DE MUESTREO

B.1.8.1) DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS

El objetivo en esta etapa del estudio es la Caracterización de los Efluentes Producidos por la Empresa, para definir el problema y generar los parámetros de diseño de la medida que sea seleccionada para su control.

B.1.8.2) SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

La selección de los distintos puntos de muestreo dentro de la empresa, se inició con el levantamiento del sistema interno de cloacas, a fin de generar un plano para conocer el sistema de conducción de aguas residuales y de esta manera tomar puntos estratégicos para realizar el muestreo (En la Figura #4 se indican los puntos de muestreo).

La selección de los puntos ideales de muestreo se realizó una vez generado el plano indicado en la Figura #4, determinando así que puntos ideales para la toma de muestras representativa de la descarga final de la empresa son: la Tanquilla #9, Tanquilla #8, y la Tanquilla #11.

Los otros puntos seleccionados son: el Área de producción los efluentes industriales llamada área de lavado de ollas y en los tanques de agua de enfriamiento del sistema de molinos.

La captación de muestras en estos 5 puntos permite registrar todos los efluentes de la empresa.

B.1.8.3) NÚMERO Y TIPO DE MUESTRAS, SELECCIÓN DE PARÁMETROS Y TIEMPO DE MUESTREO

Una vez definidos los puntos de muestreo, el número de muestras será relativamente similar al de puntos de muestreo, ya que en cada uno de ellos se captará una muestra compuesta y/o discreta en función al proceso o procesos que generan los efluentes. En el área de lavado de ollas, donde existen dos procesos y por ende se producen dos tipos de efluentes, se captaron dos muestras, una por tipo de proceso. Con la finalidad de lograr mayor representativad se tomó la decisión de captar dos muestras de las aguas de lavado de base de agua, la primera sería la representativa de la semana en curso y la otra sería una compuesta de los líquidos almacenados en el último mes. Los parámetros a medir en estas muestras dependerán del

proceso y se describen a continuación.

El tiempo de muestreo es un de un solo día, ya que tanto los procesos productivos como de gestión y administrativos son regulares y similares cualquier día de la semana, por esto se garantiza la similitud que los efluentes, con excepción del área de lavado de ollas, donde los colores que se lavan pueden o no, ser igual todos los días, por esta razón se preparan muestras en las que se mezclan aguas de la producción de una semana.

A continuación se describen cada una de las muestras:

1) Muestra #1 : Es una muestra compuesta y representa las aguas generadas en la zona de lavado de ollas de los efluentes de la línea de aguatex, captando los efluentes frescos que se producen en un día de producción. A esta muestra se le medirán todos los parámetros físico-químico-biológicos relacionados con las materias primas usadas en la empresa, así como los usualmente medidos para la determinación de tratamientos a aplicar. Estos parámetros se mencionan en la Tabla #5 y son: DBO, DQO, aceites y grasas, color real, detergentes, fenoles, fluoruros, fósforo total. hierro total, plomo total, nitrógeno total, pH, sólidos flotantes, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sólidos totales.

2) Muestra #2 : Es una muestra compuesta captada en la zona de lavado de ollas de la línea de aguatex, tomada en los efluentes que han sido acumulados en barriles cuyo período de almacenamiento sea menor a un mes. Para efectos del estudio no se tomarán en cuenta los barriles que tengan más de un mes de almacenados, ya que estos al estar expuestos a la intemperie es muy probable que sufran procesos de crecimiento bacteriano y desarrollo biológico que degraden la sustancia dentro el barril, pudiéndose presentar la situación de encontrar parámetros físico-químico-biológicos en la muestra muy distintos a los de la muestra original, la cual es la que define el tratamiento a aplicar a este tipo de efluente. A esta muestra se le medirán todos los parámetros físico-químico-biológicos, de manera similar que a la muestra #1.

3) Muestra #3: Esta muestra es del tipo compuesta y fue captada en la zona de lavado de ollas de los efluentes de las tintas con base de solventes, y fue compuesta en base a los efluentes generados en la última semana. A esta muestra se le medirán todos los parámetros físico-químico-biológicos, similarmente que a las muestras anteriores.

4) Muestra #4 : Representa una muestra de tipo discreta o puntual, captada en el tanque de

aguas del sistema de enfriamiento de los molinos que realizan parte del proceso productivo de la empresa. Estas aguas se recirculan constantemente y se desechan hacia la cloaca una o dos veces al año cuando se limpia el tanque. La última vez fue limpiado en diciembre de 1999. A esta muestra se le medirán los parámetros tales como DBO, DQO, Aceites y Grasas, Sólidos en todas sus formas así como también los parámetros "in situ".

5) Muestra #5 : Esta muestra del tipo compuesta, fue captada la alcantarilla número nueve (9), (Ver Figura#4). Representa la unión de las aguas de la salida de la planta y del área del comedor y baños de obreros así como también del baño de vigilancia. Como el objetivo es conocer todos los efluentes de la planta y reducir los costos del estudio de aguas, no se tomaron dos muestras separadas, es decir, una en la alcantarilla número cuatro (4) que recoge sólo las aguas de la planta y otra en el tubo de salida en la alcantarilla número nueve (9) que recogiese sólo las aguas del comedor y baños de obreros. A esta muestra se le medirán todos los parámetros físico-químico-biológicos, de manera similar que a las muestras #1 y #2, ya que están involucradas aguas del proceso productivo. Estos parámetros son: : DBO, DQO, aceites y grasas, color real, detergentes, fenoles, fluoruros, fósforo total. hierro total, plomo total, nitrógeno total, pH, sólidos flotantes, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, sólidos totales.

6) Muestra #6 : Esta muestra del tipo compuesta fue captada en la alcantarilla número ocho (8), (Ver Figua#4) en la cual se unen las aguas de los baños y el comedor de empleados del área de oficinas. A esta muestra se le medirán los parámetros típicos de cloacas domésticas tales como DBO, DQO, presencia de Detergentes, Aceites y Grasas, y sólidos en todas sus formas, nitrógeno total, fósforo total, detergentes, fluoruro y fenoles.

7) Muestra #7 : Representa la evaluación realizada en el mes de diciembre de 1999, de la muestra discreta tomada de la alcantarilla número once (11), en la que se da salida a las aguas freáticas que emanan del suelo de la empresa. A esta muestra se le evaluaron todos los parámetros.

Los parámetros "in situ" realizados a todas las muestras son: pH, temperatura, caudal y conductividad.

B.1.8.4) SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS ANALÍTICOS

El análisis de los distintos parámetros de las muestras recolectadas se realizaron por parte de los laboratorios seleccionados siguiendo la metodología descrita en el Standard Methods for the Examination of Waster and Wastewater, Edición XIX.

B.1.8.5) SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE RECOLECCIÓN

El método de recolección se realizó siguiendo la metodología descrita en el Standard Methods for the Examination of Waster and Wastewater, Edición XIX.

La recolección varió simplemente en la toma de muestras puntuales y compuestas, siendo estas últimas realizadas cada 30 minutos por un período de 6 horas.

Todas las muestras tomadas tanto puntuales como compuestas fueron de aproximadamente 4.0 litros, para realizar todas las pruebas .

La medición de caudal se realizó de manera diferentes, de acuerdo a los puntos de recolección:

- En el área de lavado de ollas se realizó tomando el promedio de producción de tres meses de alta producción.

- En la tanquilla #9 se midió tomando el tiempo en el se llena un envase de 10 litros.

- En la tanquilla #8 por tratarse de descargas eventuales se colocó un recipiente en el que se acumulara el agua para poder tomar la muestra. El caudal se estimó por la Gaceta Oficial N° 4044 de fecha 8/9/88, Capítulo #7, referente a las Normas Sanitarias para Proyectos, Construcción, Reparación y Reforma de Edificaciones [13]; el Artículo #112 indica el uso de 80 litros de agua por empleado por día y por turno. Para este caso se tomo este valor y se multiplicó por el número de empleados que labora en el edificio administrativo.

  Arrojando un valor de: 80 lts /persona /turno x 25 empleados = 2.000 lts/día.

- En la tanquilla #11 fue medido por el laboratorio que tomó la muestra.

- En las aguas de refrigeración no fue realizada la medición del caudal ya que esta agua pertenecen a un sistema de recirculación cerrado.

B.1.8.6) SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAJE

Todas las muestras captadas fueron almacenadas en envases plásticos limpios, y refrigerados en una cava con hielo. Se midieron como parámetros en situ el pH, la temperatura, la conductividad y el caudal. Siguiendo la metodología descrita en el Standard Methods for the Examination of Waster and Wastewater, Edición XIX.

B.1.8.7) EVALUACIÓN DE LOS MUESTREOS

El muestreo a la empresa Colora fue realizado el día 29 de Marzo del 2000, este día fue de normal desempeño productivo y laboral. Fue importante que no se presentaran lluvias ya que estas se mezclan con las aguas residuales de la empresa.

La captación y pruebas realizadas a las muestras fueron llevadas a cabo por Laboratorios Envirotec C.A., siguiendo la metodología descrita en el Standard Methods for the Examination of Waster and Wastewater, edición 19. La captación y prueba realizada a la muestra #7 fue llevada a cabo por Laboratorios de Servicios Industriales C.A (LASERIN).

Los resultados de las dos empresas pueden observarse en los anexos #8 y #9. Ambos laboratorios se encuentran debidamente certificados por el M.A.R.N.R. para la realización de este tipo de análisis.

Los resultados que se exponen a continuación son representativos de cada sitio, considerando de esta forma que los muestreos arrojarán datos satisfactorios y confiables, de las características fisico-químicas de los efluentes generados por la industria.

B.1.9) RESULTADOS

Muestra #1 Lavado de Ollas (base de agua - fresca) : La muestra fue tomada a las 2:10 p.m, del barril de almacenamiento del efluente que se llenaba durante el día, este fue previamente agitado para lograr la homogeneidad de la mezcla. El color de la muestra fue verdoso. El caudal en este punto fue medido por el número de barriles promedio producidos en tres meses, siendo este de 24 barriles de 200 lts cada uno, lo que representa aproximadamente 4.800 lt/mes.

TABLA # 6. RESULTADOS MUESTRA #1

PARÁMETRO EVALUADO	MUESTRA(mg/l)	NORMA ART.10 DCTO.883
Apariencia	Heterogénea Color verde	
pH (medido en sitio)	**5,2**	6-9
Temperatura °C	28,8	
Demanda Bioquímica Oxigeno (DBO)	**4.510**	60 mg/l
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	**6.333**	350 mg/l
Grasas y Aceites	**685**	20 mg/l
Nitrógeno Total (NTK)	**173**	40 mg/l
Fósforo Total	**11,76**	10 mg/l
Detergentes	< 0,01	2,0 mg/l
Sólido Total (104 °C)	3.140	
Sólido Total Fijo (500 °C)	2.200	
Sólido Total Volátil	940	
Sólido Disuelto Total (104 °C)	1.890	
Sólido Disuelto Fijo (500 °C)	1.890	
Sólido DisueltoVolátil	0	
Sólido Suspendido Total (104 °C)	**1.250**	80 mg/l
Sólido Suspendido Fijo (500 °C)	310	
Sólido Suspendido Volátil	940	
Sólidos Flotantes	Ausentes	Ausentes
Plomo Total	**1,58**	0,5 mg/l
Zinc Total	0,177	5,0 mg/l
Hierro Total	2,756	10 mg/l
Cobre Total	0,980	1,0 mg/l
Fluoruro	< 0,01	5,0 mg/l
Fenoles	**1,42**	0,5 mg/l
Caudal	0,001852 lt/seg	

*Tabla Elaborada por el Laboratorio Envirotec

Muestra #2 Lavado de Ollas (base de agua - menos de un mes almacenado) : La muestra puntual fue tomada a la 1:50 p.m, de dos barriles de efluentes con menos de un mes de almacenados. Fueron agitados previamente para la homogeneización del efluente. El color de la muestra fue azul claro con la presencia de sedimentos. El caudal para esta muestra es el mismo que la muestra #1.

TABLA # 7. RESULTADOS MUESTRA #2

PARÁMETRO EVALUADO	MUESTRA(mg/l)	NORMA ART.10 DCTO.883
Apariencia	Azul claro con sedimentos	
pH (medido en sitio)	6,9	6-9
Temperatura °C	28,3	
Demanda Bioquímica Oxigeno (DBO)	**9.623**	60 mg/l
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	**12.333**	350 mg/l
Grasas y Aceites	**115**	20 mg/l
Nitrógeno Total (NTK)	**149**	40 mg/l
Fósforo Total	**31,57**	10 mg/l
Detergentes	Interferencias	2,0 mg/l
Sólido Total (104 °C)	7.400	
Sólido Total Fijo (500 °C)	1.580	
Sólido Total Volátil	5.820	
Sólido Disuelto Total (104 °C)	2.400	
Sólido Disuelto Fijo (500 °C)	240	
Sólido DisueltoVolátil	2.160	
Sólido Suspendido Total (104 °C)	**5.000**	80 mg/l
Sólido Suspendido Fijo (500 °C)	1.340	
Sólido Suspendido Volátil	3.660	
Sólidos Flotantes	Ausentes	Ausentes
Plomo Total	0,026	0,5
Zinc Total	0,517	5,0
Hierro Total	2,029	10
Cobre Total	**17,54**	1,0
Fluoruro	<0,01	5,0
Fenoles	**1,32**	0,5
Caudal	0,001852 lt/seg	

*Tabla Elaborada por el Laboratorio Envirotec

Muestra #3 Lavado de ollas (base de solventes) : La muestra fue tomada a las 2:30 p.m., de las dos ollas de capacidad de 100 Kg. donde se acumulan los solventes usados para el lavado de ollas de la línea de tintas de base de solventes, este se acumula y reutiliza hasta que el nivel de sólidos sedimentados de la olla llega a un nivel alto, es decir, tiene una concentración de sólidos muy alta. El color presente en esta muestra es un morado negruzco. El caudal para este tipo de efluente fue el resultado del promedio de barriles producidos en tres meses, el cual fue de 3 barriles, lo que es aproximadamente 600 lt/mes.

TABLA # 8. RESULTADOS MUESTRA #3

PARÁMETRO EVALUADO	MUESTRA(mg/l)	NORMA ART.10 DCTO.883
Apariencia	Muy oscuro con sedimentos	
pH (medido en sitio)	6,5	6-9
Temperatura °C	28	
Demanda Bioquímica Oxigeno (DBO)	**130.500**	60 mg/l
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	**229.167**	350 mg/l
Grasas y Aceites	**Solvente Inorgánico**	20 mg/l
Nitrógeno Total (NTK)	**96,22**	40 mg/l
Fósforo Total	**23,02**	10 mg/l
Detergentes	Interferencias	2,0 mg/l
Sólido Total (104 °C)	55.940	
Sólido Total Fijo (500 °C)	5.320	
Sólido Total Volátil	50.620	
Sólido Disuelto Total (104 °C)	38.660	
Sólido Disuelto Fijo (500 °C)	580	
Sólido DisueltoVolátil	38.080	
Sólido Suspendido Total (104 °C)	**17.280**	80 mg/l
Sólido Suspendido Fijo (500 °C)	4.740	
Sólido Suspendido Volátil	12.540	
Sólidos Flotantes	Ausentes	Ausentes
Plomo Total	**2,67**	0,5
Zinc Total	0,321	5,0
Hierro Total	0,142	10
Cobre Total	0,359	1,0
Fluoruro	<0,01	5,0
Fenoles	**71,29**	0,5
Caudal	0,000231 lt/seg	

*Tabla Elaborada por el Laboratorio Envirotec

Muestra #4 Aguas de Enfriamiento: La muestra fue tomada a las 10:50 a.m. de los dos tanques de agua del sistema de enfriamiento, donde se encuentran los chillers que enfrían el agua de los molinos donde se lleva a cabo parte de la producción de las tintas de base de solventes. La apariencia de esta agua es algo turbia. El caudal en este punto no es importante ya que esta agua se recicla.

TABLA # 9. RESULTADOS MUESTRA #4

PARÁMETRO EVALUADO	MUESTRA (mg/l)	NORMA ART.10 DCTO.883
Apariencia	Muy turbia	
pH (medido en sitio)	7,5	6-9
pH (medido en el laboratorio)	7,45	
Temperatura °C	16,9	
Demanda Bioquímica Oxigeno (DBO)	7	60 mg/l
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	30	350 mg/l
Grasas y Aceites	0,90	20 mg/l
Nitrógeno Total (NTK)	0,00	40 mg/l
Fósforo Total	0,367	10 mg/l
Detergentes	< 0,01	2,0 mg/l
Sólido Total (104 °C)	160	
Sólido Total Fijo (500 °C)	4	
Sólido Total Volátil	156	
Sólido Disuelto Total (104 °C)	136	
Sólido Disuelto Fijo (500 °C)	4	
Sólido DisueltoVolátil	132	
Sólido Suspendido Total (104 °C)	24	80 mg/l
Sólido Suspendido Fijo (500 °C)	< 2	
Sólido Suspendido Volátil	24	
Sólidos Flotantes	Ausentes	Ausentes
Plomo Total	N.D	0,5
Zinc Total	0,209	5,0
Hierro Total	0,469	10
Cobre Total	0,022	1,0
Fluoruro	0,415	5,0
Fenoles	0,161	0,5

Tabla Elaborada por el Laboratorio Envirotec

Muestra #5 Boca de Visita Tanquilla #9: Esta muestra compuesta fue tomada cada 30 minutos desde las 8:00 a.m hasta las 3:00 p.m, debía ser tomada en la tanquilla #9 donde se mezclan las aguas de la planta con las del comedor y baños de obreros junto con el baño de vigilancia, por dificultarse la medición del caudal, esta muestra fue tomada en la boca de visita que le sigue a esta tanquilla #9, donde corre la misma mezcla de agua. El caudal promedio de esta salida es de 0.14 lt/seg. El color resultante de esta muestra fue bastante turbio, presentándose captaciones de color rosado, verde, amarillo y gris.

TABLA # 10. RESULTADOS MUESTRA #5

PARÁMETRO EVALUADO	MUESTRA(mg/l)	NORMA ART.10 DCTO.883
Apariencia	Muy turbia	
pH (medido en sitio)	8,33	6-9
pH (medido en el laboratorio)	8,74	
Temperatura °C	26,9	
Demanda Bioquímica Oxigeno (DBO)	53	60 mg/l
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	146	350 mg/l
Grasas y Aceites	7,20	20 mg/l
Nitrógeno Total (NTK)	**69,53**	40 mg/l
Fósforo Total	0,714	10 mg/l
Detergentes	**3,29**	2,0 mg/l
Sólido Total (104 °C)	292	
Sólido Total Fijo (500 °C)	108	
Sólido Total Volátil	184	
Sólido Disuelto Total (104 °C)	256	
Sólido Disuelto Fijo (500 °C)	108	
Sólido DisueltoVolátil	148	
Sólido Suspendido Total (104 °C)	36	80 mg/l
Sólido Suspendido Fijo (500 °C)	< 2	
Sólido Suspendido Volátil	36	
Sólidos Flotantes	Ausentes	Ausentes
Plomo Total	0,045	0,5
Zinc Total	0,084	5,0
Hierro Total	0,317	10
Cobre Total	0,076	1,0
Fluoruro	1,01	5,0
Fenoles	0,406	0,5
Caudal	0,14 lt/seg	

*Tabla Elaborada por el Laboratorio Envirotec

Muestra #6 Tanquilla #8: Esta muestra compuesta fue tomada cada 30 minutos desde las 8:00 a.m hasta las 3:00 p.m, de la tanquilla #8 donde se mezclan las aguas del comedor y baños de empleados. El caudal para este punto no pudo medirse por tratarse de descargas eventuales, por lo que hubo que colocar un dispositivo que pudiese acumular la descarga de agua para así tomar la muestra. El color de esta muestra fue bastante turbia.

TABLA #11. RESULTADOS MUESTRA #6

PARÁMETRO EVALUADO	MUESTRA (mg/l)	NORMA ART.10 DCTO.883
Apariencia	Muy turbia	
pH (medido en sitio)	7,75	6-9
pH (medido en el laboratorio)	7,37	
Temperatura °C	26,7	
Demanda Bioquímica Oxigeno (DBO)	5	60 mg/l
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	27	350 mg/l
Grasas y Aceites	1,30	20 mg/l
Nitrógeno Total (NTK)	39,11	40 mg/l
Fósforo Total	**31,57**	10 mg/l
Detergentes	0,673	2,0 mg/l
Sólido Total (104 °C)	288	
Sólido Total Fijo (500 °C)	76	
Sólido Total Volátil	212	
Sólido Disuelto Total (104 °C)	264	
Sólido Disuelto Fijo (500 °C)	76	
Sólido DisueltoVolátil	188	
Sólido Suspendido Total (104 °C)	24	80 mg/l
Sólido Suspendido Fijo (500 °C)	< 2	
Sólido Suspendido Volátil	24	
Sólidos Flotantes	Ausentes	Ausentes
Fluoruro	0,073	5,0
Fenoles	0,188	0,5

*Tabla Elaborada por el Laboratorio Envirotec

No se midieron metales porque su existencia en este tipo de descargas esta prácticamente ausente, ya que esta parte de la fábrica no existen líneas de producción.

Muestra #7 Tanquilla #11: Esta muestra puntual fue tomada el 16 de Diciembre de 1999 a las 10:30 a.m, de la salida catalogada como alcantarilla #11, aquí se descargan de manera natural las aguas freáticas de la empresa, presentando un caudal de 4 lt/seg.

TABLA #12. RESULTADOS MUESTRA #7

PARÁMETRO EVALUADO	MUESTRA (mg/l)	NORMA ART.10 DCTO.883
Apariencia	Clara	
pH (medido en sitio)	8,1	6-9
Temperatura °C	28,6	
Demanda Bioquímica Oxigeno (DBO)	40	60 mg/l
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	119	350 mg/l
Grasas y Aceites	< 1	20 mg/l
Nitrógeno Total (NTK)	4,7	40 mg/l
Fósforo Total	0,11	10 mg/l
Detergentes	0,12	2,0 mg/l
Sólido Total (104 °C)	408	
Sólido Total Fijo (500 °C)	398	
Sólido Total Volátil	10	
Sólido Disuelto Total (104 °C)	406	
Sólido Disuelto Fijo (500 °C)	397	
Sólido DisueltoVolátil	9	
Sólido Suspendido Total (104 °C)	2	80 mg/l
Sólido Suspendido Fijo (500 °C)	1	
Sólido Suspendido Volátil	1	
Sólidos Flotantes	Ausentes	Ausentes
Cromo Total	< 0,01	
Aluminio Total	< 0,1	5,0
Hierro Total	0,72	10
Cobre Total	0,09	1,0
Caudal	4 lts/seg	

*Tabla Elaborada por el Laboratorio Laserin

B.2) INGENIERÍA CONCEPTUAL

En eta etapa del trabajo no sólo se define la problemática de la empresa, sino que se orienta también al tipo de tratamiento que solventará su problema.

B.2.1) DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Basándose en la caracterización de los distintos efluentes generados en la empresa y teniendo en cuenta la normativa del Ministerio del Ambiente, se puede definir claramente que parámetros están fuera de orden y deben ser modificados por algún tratamiento, así como también que tratamiento o tratamientos deben aplicarse a los efluentes almacenados con la finalidad de adecuarlos a la normativa.

Como se puede observar en los resultados, 2 de las 7 muestras presentaron una caracterización que se adecua a la normativa exigida por el M.A.R.N.R., por lo cual su descarga directa a cuerpos de agua natural puede realizarse sin la aplicación de tratamiento. Estas descargas son:
aguas de enfriamiento y aguas provenientes del nivel freático.

Todas las otras muestras presentaron alteraciones en los parámetros analizados, por lo cual la descarga libre de estos no debería llevarse a cabo.

Los parámetros fuera de orden para las distintas muestras se indican en rojo en la siguiente tabla. Donde se puede observar que los efluentes más complicados son los asociados al lavado de ollas.

TABLA #13. PARÁMETROS FUERA DE RANGO DE LOS EFLUENTES

PARÁMETRO EVALUADO (mg/l)	M. #1 L.O.B. Agua	M. #2 L.O.B. Agua	M.#3 L.O.B. Solvente	M. #5 Tanquilla #9	M. #6 Tanquilla #8	NORMA ART. 10 DCTO.883
DBO	4.510	9.623	130.500	53	5	60
DQO	6.333	12.333	229.167	146	27	350
Grasas y Aceites	685	115	Solvente Orgánico	7,20	1,30	20
Sólido Suspendido Total	1.250	5.000	17.280	36	24	80
Nitrógeno Total	173	149	96,22	69,53	39,11	40
Fósforo Total	11,76	31,57	23,02	0,714	31,57	10
Fenoles	1,42	1,32	71,29	0,406	0,188	0,5
Plomo Total	1,58	0,026	2,67	0,045	----	0,5
Cobre Total	0,98	17,54	0,359	0,076	----	1,0
Detergentes	<0,01	Interf.	Interf.	3,29	0,673	2,0
pH	5,2	6,9	6,5	8,74	7,37	6-9
Caudal (m^3/ día)	0,24	0,24	0,03	4	2	----

* Tabla de Elaboración Propia

En las muestras #1 y #2 se observa las diferencias en los valores de varios parámetros para muestras del mismo efluente, indicando que es un efluente de gran variabilidad. La cual es afectada en función a los productos fabricados y al tiempo de almacenaje.

Por todas estas alteraciones en los resultados de la caracterización general de las aguas de la empresa, se puede concluir que: "la empresa en estudio presenta una problemática generalizada en las descargas de sus efluentes al medio ambiente, así como también genera efluentes del proceso productivo altamente tóxicos que son almacenados, incurriendo en grandes gastos para el tratamiento de éstos últimos, y de igual forma con capacidad de producir un daño al medio ambiente al momento que todos los efluentes líquidos sean descargados al medio ambiente ".

Son estas las razones de mayor peso para llevar a cabo el estudio que permita a la empresa adecuar sus efluentes productivos y demás descargas líquidas a las normativas ambientales venezolanas.

B.2.2) PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Aunque actualmente la empresa no lleve a cabo ningún tipo de tratamiento a sus efluentes, es importante tomar en cuenta que esta tiene a su disposición distintos factores que favorecen la implantación de estos; tales como:

B.2.2.1) ÁREA DISPONIBLE

La empresa cuenta con grandes áreas (sin tomar en cuenta las áreas verdes) donde es posible llevar a cabo la construcción o instalación de una planta de tratamiento para sus efluentes. El área de la empresa que sea seleccionada para la realización de dicho proyecto puede fácilmente tomar en cuenta la posibilidad de futuras expansiones de la planta de producción, de los distintos edificios así como también de la una posible ampliación de la planta de tratamiento.

B.2.2.2) SUELOS

Existen extensiones de suelo o áreas verdes que actualmente no tienen ningún uso, y que podrían ser usadas como lechos de secado para los lodos productos de la mayoría de los tratamientos de aguas. Una pequeña porción de estos suelos podría ser usada para esta actividad, que permitirá a la empresa tener una mejor gestión ecológica.
Estos suelos cuentan además con la resistencia suficiente para poder resistir la carga que implicaría la construcción de un sistema o planta de tratamiento.

B.2.2.3) COSTOS

La empresa asignó una cantidad de recursos económicos para la posible solución de sus problemas de efluentes, sin embargo un estudio ya realizado que ofrecía una solución a este

problema sobrepasaba por mucho la cantidad asignada. Es por esta razón que continúan en la búsqueda no sólo de una solución efectiva sino que sea también económicamente viable. El costo de los equipos o del sistema de tratamiento en sí, definirá la factibilidad económica del proyecto ante la situación actual que emplea la empresa.

B.2.2.4) REDES CLOACALES

La empresa cuenta con un sistema cloacal interno, que debe ser modificado si se llevase a cabo la implantación del proyecto, ya que sería necesario crear estaciones de recolección y bombeo de los distintos puntos de generación a la planta de tratamiento.

Es importante recanalizar las salidas y canales conductores de las aguas de lluvias, debido a que estas no deben mezclarse o entrar a los distintos sistemas de conducción o cloacas de aguas que vayan a ser tratadas.

B.2.3) TIPOS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Las tres alternativas planteadas en la metodología indicada para resolver el problema de efluentes se describen a continuación:

B.2.3.1) ALTERNATIVAS BASADAS EN EL CUERPO RECEPTOR

Los efluentes son descargados directamente a la red cloacal y de allí a una quebrada que se comunica con el río Tuy. Es importante mencionar que al río Tuy se le une también el río Guaire, aguas abajo de Santa Teresa; lo cual da noción de lo altamente contaminados que están estos ríos, es donde su capacidad autodepuradora es muy baja.

Ésta es la razón principal por la que la empresa debe cumplir normativa de parámetros de descarga a río, de manera de no contribuir con más componentes dañinos y contaminantes, como lo son los efluentes industriales generados aquí.

Es por esto que esta alternativa de tratamiento y disposición no puede ser tomada en cuenta, ya que el río al cual se descarga no tiene capacidad autodepuradora. Pero más importante es el hecho que M.A.R.N.R. no permita disponer efluentes líquidos en función a la capacidad autodepuradora de los cuerpos de agua.

B.2.3.2) ALTERNATIVAS BASADAS EN CAMBIOS DE PROCESOS

Esta empresa tiene varios años de establecida en el mercado, siempre siguiendo el mismo proceso productivo. Las últimas mejoras al proceso incluyen diferentes pruebas de calidad, pruebas de mejora y creación de productos.

La planificación de la producción de casi 1000 distintos tipos de productos, así como la producción específica por parte de clientes y de tintas especiales hechas bajo pedido, hace que sea difícil planificar la producción de productos que por similaridad en composición aseguren un efluente con una caracterización homogénea, al que se le pueda aplicar un tratamiento para adecuar un parámetro específico. La realidad indica que se producen una gran cantidad de productos con composiciones distintas que dan un efluente final con una caracterización de variable.

A pesar de ser un proceso relativamente sencillo, no es fácil realizar cambios que permitan eliminar y/o minimizar la generación del efluente. Es posible realizar mejoras que permitan la reducción de la generación de éste, tal como lo es el implementar materiales antiadherentes para la tinta, en los distintos implementos usados en el proceso productivo.

B.2.3.3) ALTERNATIVAS BASADAS EN EL TRATAMIENTO

La evaluación de esta alternativa se realizó en dos (2) pasos, el primero se relaciona con una búsqueda teórica de los sistemas mayormente utilizados en el tratamiento de efluentes por la industria de Colorantes y Pigmentos, y el segundo paso trató de incluir visitas en campo a industrias similares.

Como parte de la investigación teórica que se realizó en este estudio, el tratamiento de los efluentes es lo más adecuado para la resolución de la problemática presentada por la empresa.

En base a literatura revisada se encontró que en industrias que trabajan con pigmentos y colorantes, tales como la textil indican que la mejor alternativa es el tratamiento de este tipo de efluente con procesos físico-químicos y biológicos.

Las industrias textiles plantean el uso del tratamiento físico-químico, tales como la coagulación, floculación, sedimentación, filtración y adsorción así como la aplicación de tratamiento biológico. Logrando un % de remoción alrededor de 88% del DBO, sólo con el

tratamiento biológico, según Water Pollution Control Federation [1].

Se realizó una visita a una fábrica textil la cual tiene un efluente que no puede ser descargado libremente al ambiente, por contener aguas coloreadas producto del lavado de la ropa teñida. Este efluente de tintas es menos concentrado (menor cantidad de sólidos) que el caso de la empresa que se estudia, debido a que el mayor % de la tinta se adhiere a la ropa, mientras que en la empresa en estudio se hace prácticamente una dilución a la tinta directamente.

El tratamiento consiste en un proceso fisico-químico de coagulación-floculación que se lleva a cabo en un tanque de reacción de 1500 lts., al cual se le suministra una dosis de 200 gr. de cloruro férrico y 300 gr. de cal. Se le proporciona mezcla rápida, luego mezcla lenta y se deja sedimentar por 12 horas. Luego es bombeada el agua tratada por un sistema de filtros, compuesto por un filtro de carbón activado y un filtro de arena. El agua resultante es cristalina y cumple con la normativa de descarga a río. Por otra llave se retira el lodo producido el cual se seca en un recipiente y luego es desechado junto con la basura.

La evaluación realizada en el año 1988 por la empresa Hidrolab Toro Consultores, ofrece como solución la combinación de tratamiento fisico-químico y biológico para el adecuado tratamiento del efluente producto del lavado de ollas de la línea de base de agua. En este se plantea el uso de cloruro ferroso como coagulante, hidróxido de calcio y polímero. Luego se procede a la degradación de los compuestos orgánicos por medio de un tratamiento biológico que logra la suficiente remoción para caracterizar al efluente como apto, cumpliendo la normativa de descarga a río. (Ver Anexo #4).

La consulta realizada a una fábrica de tintas de proceso similar, ofrece como alternativa de tratamiento un proceso fisico-químico que produce una caracterización del efluente apto para descargar a río. En este se usa cloruro ferroso como coagulante junto con la acción de hidróxido de calcio (5%) y polímero (0,2%) como ayudante de floculación. Cuentan además con un filtro prensa de compactación de lodos y un sistema de filtrado para el agua resultante.

Esta investigación indica que el tipo de tratamiento debe estar orientado hacia la coagulación - floculación-sedimentación, y un tratamiento biológico final. En función de

los resultados de la caracterización de los efluentes industriales realizada en la empresa, se observa que los parámetros con valores alterados pueden ser llevados a los valores exigidos, con un tratamiento de coagulación-floculación, ya que éste presenta excelentes resultados en la remoción de muchos de estos parámetros. Esto es debido a que este tratamiento es efectivo para :

- La remoción de turbiedad orgánica e inorgánica, que no puede sedimentar rápidamente.
- Remoción de color verdadero y aparente.
- Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles a ser separados por coagulación
- Destrucción de algas y placton en general.
- Eliminación de substancias productoras de sabor y olor en algunos casos y de precipitados químicos suspendidos o compuestos orgánicos en otros.

Adicionalmente se debe utilizar Cloruro Férrico, Cal y Polímero para lograr una adecuada remoción de los contaminantes.

B.2.4) EVALUACIÓN EXPERIMENTAL - PRUEBAS PILOTO

Una vez realizada la búsqueda teórica y de campo, donde se señala que el tratamiento fisicoquímico mediante coagulación-floculación-sedimentación es el indicado, se procedió a dar inicio a un estudio piloto.

El estudio piloto consistió en la experimentación con un equipo de pruebas de jarro, con la finalidad de simular la aplicación de un tratamiento físico-químico que consta de coagulación-floculación y sedimentación, para verificar sí este tratamiento es efectivo para el efluente a tratar, analizando el porcentaje o eficiencia de remoción de contaminantes, de manera de definir si es necesario sólo éste tratamiento o debe ser complementado con algún otro. La metodología a seguir en esta experimentación es la recomendada por Arboleda [4], (Ver Anexo #1).

El tratamiento físico-químico se basa en la desestabilización de las partículas presentes en las dispersiones coloidales para su posterior agregación en partículas más grandes, esta ocurre en dos pasos, primero las fuerzas de repulsión entre las moléculas deben ser

reducidas (la partícula debe ser desestabilizada) y segundo se debe promover el contacto entre ellas. Para desestabilizar la partícula o reducir las fuerzas de repulsión existen 4 mecanismos, estos son:

1) La compresión de la doble capa
2) Adsorción y/o neutralización de cargas
3) Barrido "extramado" en un precipitado
4) Adsorción y puentes entre partículas

Estos mecanismos son explicados en el Anexo #1 (Marco Teórico)

Las pruebas se llevarán a cabo usando 4 reactivos, estos son:

- Cloruro Férrico $FeCl_3$
- Alumbre ó Sulfato de Aluminio $Al(SO_4)_3$
- Cal apagada o Hidróxido de Calcio $Ca(OH)_2$
- Polímero de Alta Concentración

Para la realización de las pruebas fue necesario recolectar previamente una cantidad de efluente producido en la empresa, a fin de realizar las pruebas en laboratorio. Se preparó una muestra compuesta de la línea de agua, proveniente de barriles con efluente de color negro, rosado y morado, siendo la muestra resultante de color negro y catalogada como Muestra para Tratamiento #1 (MT1). Una segunda muestra del mismo efluente de color rojo catalogada como Muestra para Tratamiento #2 (MT2), ambas pertenecientes a la última semana de producción.

La muestra de solvente tiene un color entre morado y negro y fue catalogada como Muestra para Tratamiento #3 (MT3). Los valores de algunos parámetros de estas muestras son presentados en la siguiente tabla.

TABLA # 14. VALORES INICIALES DE LAS MUESTRAS CRUDAS (PARA EXPERIMENTACIÓN)

PARÁMETROS EVALUADOS (mg/l)	MT1	MT2
DBO	5.400,00	1.800
DQO	14.000,00	5.444
TURBIEDAD (NTU)	18.000,00	8.000
COLOR (U. Pt-Co)	120.000,00	40.000
PH	7,45	7,40
CALCIO	398,32	418,25
ALCALINIDAD	216,00	160,00
HIERRO	3,04	3,78
COBRE	1,55	0,46

*Tabla de Elaboración Propia

Las pruebas que se llevaron a cabo son:

B.2.4.1) PRUEBAS CON CLORURO FÉRRICO ($FeCl_3$) A LOS EFLUENTES DE BASE DE AGUA

Partiendo que los valores iniciales de turbidez y color son altos, los incrementos para determinar las dosis óptimas serán de 100 en 100 (Ver Anexo#1- Tratamientos).

La primera prueba consistió en agregar coagulante poco a poco hasta determinar en que punto comienza a romper la muestra, luego de agregar un exceso de coagulante no se obtuvo ningún resultado, ya que la alcalinidad estaba muy baja, por lo que se preparó también hidróxido de calcio en la misma concentración, el cual proporcionaría la alcalinidad deseada a la muestra, de manera que pueda ocurrir la reacción.

Mezclando pequeñas porciones de la muestra con cloruro férrico y cal en una probeta, agitando luego brevemente se observó la floculación y sedimentación de la muestra. Teniendo de esta forma la noción de que el tratamiento si puede ser efectivo.

Una vez hecha estas pruebas se procedió con las pruebas de jarra, para las cuales se usaron tiempos de mezcla rápida a 100 rpm por un minuto y la mezcla lenta entre 15 y 30 minutos a 40 rpm.

La primera serie de pruebas se realizaron para hallar la dosis óptima que proporcionara un buen resultado, mediante una reacción efectiva. Estas pruebas se realizaron variando las dosis de coagulante desde 100 miligramos hasta 3000 miligramos, manteniendo la dosis de acuerdo a la reacción de cloruro férrico y de hidróxido de cal, y variándolas desde 100 miligramos hasta 3000. De esta manera se pudo observar progresivamente como se formaron flóculos, cómo se empezó a remover turbiedad, hasta hallar la dosis óptima.

La reacción estequiométrica que se lleva a cabo entre el cloruro férrico y la cal es:

$2\ FeCl_3 + 3\ Ca(OH)_2 \Rightarrow 3\ CaCl_2 + 2\ Fe(OH)_3$

Siendo la proporción estequiométrica de 144 gr de $FeCl_3$ requieren 114 gr de $Ca(OH)_2$

La siguiente prueba a realizada arrojó un resultado excelente.

TABLA # 15. PRUEBA DE DOSIS ÓPTIMA MT1

Vol. De muestra (ml)	$FeCl_3$ (mg)	$Ca(OH)_2$ (mg)	pH Final	Flóculos Sedimentados	Flóculos Suspendidos	Turbiedad (NTU)	Color (Pt-Co)	Alcalinidad (mg/l)
800	2500	1500	6,45	200 ml Tipo C	Pocos Tipo A	4	10	74

*Tabla de Elaboración Propia

Esta muestra presentó un sobrenadante claro y cristalino, con ausencia de color, muy poca presencia de pequeños flóculos. La mezcla rápida fue de cinco (5) minutos y la mezcla lenta fue de una hora y media. El volumen usado de muestra es de 800 ml porque junto con los otros reactivos que se agregan la capacidad máxima del beaker es alcanzada (vol. = 1lt). Como la dosis hallada para esta muestra ofreció muy buenos resultados , es en función de ésta que se tratará de mejorar o afinar la dosis. Para la siguiente prueba la mezcla rápida fue de cinco (5) minutos y la lenta de cuarenta (40) minutos.

La proporción de cloruro férrico y cal es cercana en proporción a la hallada estequiométricamente.

TABLA # 16. PRUEBAS DE RANGO DE DOSIS MT1

Vol. De muestra (ml)	$FeCl_3$ (mg)	$Ca(OH)_2$ (mg)	pH Final	Flóculos Sedimentados	Flóculos en Suspensión	Turbiedad	Observaciones
800	1500	1500	10,75	Tipo A-B	Muy pocos Tipo A-B	Poca	Un poco turbia y floc. Pequeños. Falta coagulante
800	2500	1500	5,80	220 ml Tipo D-E	Muy pocos Tipo A	Clara	Fue la más clara, los flóculos más grandes, algo brillante el sobrenadante
800	3000	1500	3,40	No hubo	No hubo	Alta	Exceso de coagulante
800	1500	2000	10,70	150 ml Tipo A-B	Pocos tipo A	Poca	Sobrenadante un poco opaca, bien en líneas generales. Exceso de cal
800	2500	2000	10,10	180 ml Tipo B-C	Muy pocos Tip A	Muy poca	Sobrenadante brillante, exceso de cal
800	3000	2000	9,25	Tipo B	Muy pocos Tipo A	Muy poca	Sobrenadante con algo de color, brillante.

*Tabla de Elaboración Propia

El resultado nuevamente es favorable para la dosis de 2500 mg de Cloruro de hierro y 1500 mg de Hidróxido de cal, aunque los resultados en general fueron bastante positivos.

La siguiente prueba trata de afinar aún más la dosis, la mezcla rápida fue de cinco (5) minutos y la lenta de hora y media.

TABLA # 17. PRUEBAS DE RANGO DE DOSIS A MT1

Vol. Muestra (ml)	$FeCl_3$ (mg)	$Ca(OH)_2$ (mg)	pH Final	Flóculos Sedimentados	Flóculos Suspendidos	Turbiedad (NTU)	Color (U.Pt-Co)
800	2500	1300	6,5	180 ml Tipo B	Muy pocos	8	10
800	2500	1400	6,2	195 ml Tipo C-D	Muy pocos	10	20
800	2500	1500	7	200 ml Tip C-D	Muy pocos	6	10
800	2500	1600	7,4	175 ml TipoC-D	Muy pocos	6	30
800	2600	1500	---	No hubo	No hubo	---	---
800	2400	1500	---	No hubo	No hubo	---	---

*Tabla de Elaboración Propia

El resultado demuestra que el sobrenadante obtenido presenta parámetros como pH, turbiedad y color que se ajustan a la normativa de descarga a río. Se observa la importancia que hay en el equilibrio de los dos reactivos, para que suceda la reacción, ya que variando la cantidad de cal y manteniendo fija la de cloruro férrico se obtuvieron resultados favorables, sin embargo al mantener la dosis de cal fija y variar la cantidad de cloruro de hierro no se obtuvo reacción.

Es importante explicar que ambos reactivos reaccionan con la muestra, el cloruro férrico reacciona primero con la alcalinidad o carbonato (CO_3) y luego lo hace con el agua.

El coagulante procede a desestabilizar las partículas para que formen flóculos más grandes, que por densidad sedimenten. Este proceso de coagulación-floculación es efectivo para remover color, turbiedad, sólidos e inclusive hasta materia orgánica y otros elementos. Al reaccionar el cloruro férrico o coagulante con el carbonato, puede ocurrir que el ambiente de reacción cambie y ya no sea propicio para que el coagulante siga reaccionando. De igual forma si hay exceso de cal, el ambiente puede no ser propicio para que el coagulante reaccione, es por estas razonas que es de fundamental importancia encontrar este equilibrio entre los dos reactivos, para que se pueda optimizar la reacción.

De las pruebas realizadas hasta ahora se puede definir que la dosis que mejores resultados a proporcionado es la de 2500 mg de cloruro de hierro y 1500 mg de hidróxido de calcio, comúnmente llamada cal, pudiendo encontrarse la dosis de cal en un rango de mayor aceptación (1500-200; 1500 ; 1500 +100).

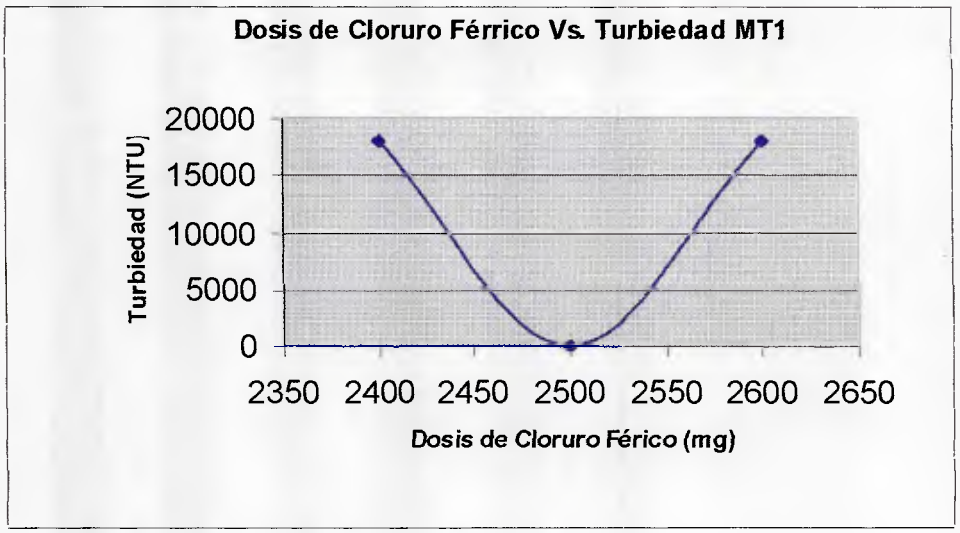
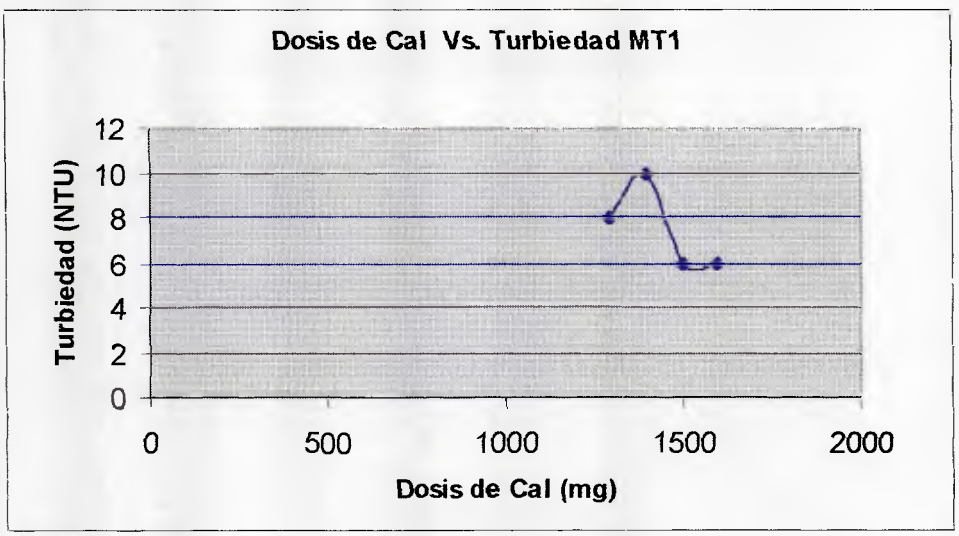


FIGURA #6. Dosis de Cloruro Férrico Vs Turbiedad MT1 (Cal constante a 1500 mg)



FIGURA#7. Dosis de Cal Vs. Turbiedad MT1 (Cloruro Férrico constante a 2500 mg)

Las siguientes pruebas realizadas con la dosis óptima hallada hasta los momentos, introduce una nueva variante que es el uso de un polímero o polielectrolito, que es empleado como ayudante de floculación. Se hace esta aclaratoria porque el polímero puede ser usado como coagulante para desestabilizar las moléculas, como ayudante de coagulación o como ayudante de floculación, agregándolo de 15 a 60 segundos después que el coagulante metálico, de manera que los microflocs tienen oportunidad de formarse primero y los polielectrolitos intervienen después sólo para reforzar las uniones y aumentar el número de núcleos que integran cada floc, permitiendo así que los flóculos que se formen se agrupen en cadenas de mayor tamaño. El momento en que el polímero es agregado a la solución es de gran importancia, ya que determinará el tipo de acción que éste realice. Como ayudante de floculación debe ser agregado antes de que los coagulantes metálicos hayan ocupado todos los sitios de adsorción y formado completamente el flóculo, porque en ese momento el polielectrolito no tendrá oportunidad de unirse a las moléculas, ya que estas tienen sus uniones ocupadas por otras moléculas.

Los polímeros usados como coagulantes tienen generalmente un pobre desempeño, como ayudantes de coagulación pueden competir con los coagulantes metálicos en adherirse a las partículas, restándole eficiencia al proceso de coagulación. Mientras que cuando son usados como ayudantes de floculación dan mucho mejores resultados.

La primera prueba consistió en ir agregando gradualmente pequeñas cantidades de solución con polímero a la muestra, hasta alcanzar una cantidad en exceso, el resultado de esta prueba demostró que el polímero no era efectivo como coagulante. Las siguientes pruebas se realizaron usándolo como ayudante de floculación, ya que la información teórica lo sugiere como mejor forma de uso. La concentración de la solución del polímero es 1 gramo en un litro, es decir, 1 miligramo = 1mililitro.

TABLA # 18. PRUEBAS CON POLÍMEROS MT1

Vol. muestra (ml)	$FeCl_3$ (mg)	$Ca(OH)_2$ (mg)	Polímero (mg) / pH Final	Flóc. Sed.	Flóc. Susp.	Turbiedad (NTU)	Color (Pt-Co)	Observaciones
800	2500	1400	10 / ----	150 ml Tipo B -C	Muy pocos	6	10	Sobrenadante claro, brillante, presencia de flóc en las paredes del envase. No hay variación con el uso del polímero.
800 *	2500 *	1500 *	3 * / 6,5	200 ml Tipo C-D	Muy pocos	1,5	10	Sobrenadante cristalino, flóculos flotando en la superficie tipo B
800 *	2500 *	1500 *	3 * / 7,2	200 ml Tipo C C-D	Muy pocos	8	40	Sobrenadante brillante, con presencia de algo de color, y flóculos tipo B en suspensión
800	1000	600	50 / 7,4	160 ml Tipo B	Tipo E-F	----	----	Sobrenadante muy turbio, opaco con presencia de color. Flóculos muy grandes en suspensión. Presencia de muchas partículas de cal sedimentadas al fondo.

*Tabla de Elaboración Propia

De las pruebas realizadas con el polímero no se obtuvo un resultado contundente, que amerite su uso. Además los costos de los polímeros son muy elevados.

De la experimentación, ésta prueba en particular mostró una nueva variable que influye en el comportamiento de la reacción, ésta es cual reactivo se agrega primero, marcados en la tabla con asterisco (*) se encuentran dos pruebas con la misma dosis, en la primera se agregó primero la cal y de segundo el cloruro férrico, en el segundo caso se agregaron al revés. Se observa como esta nueva variable cambia el resultado de parámetros como el pH, la turbidez y el color.

Los mejores resultados se obtuvieron al agregar primero la cal, esto es debido a que ésta suministra la alcalinidad necesaria para que el coagulante metálico pueda reaccionar de una manera óptima.

Para la siguiente pruebas se usó muestra de color rojo MT2, esto permitirá conocer si las dosis halladas funcionan para cualquier tipo de muestra o mezcla obtenida producto del proceso productivo de la empresa. El pH de esta muestra es de 7,40 similar al de muestra usada anteriormente de color negro. Los resultados preliminares demostraron que la dosis hallada para MT1 funciona de manera similar para MT2, inclusive por ser esta de un color más claro es más fácil apreciar las reacciones, la formación de los flóculos, los tamaños que estos alcanzan, el momento en que se remueve la turbidez.

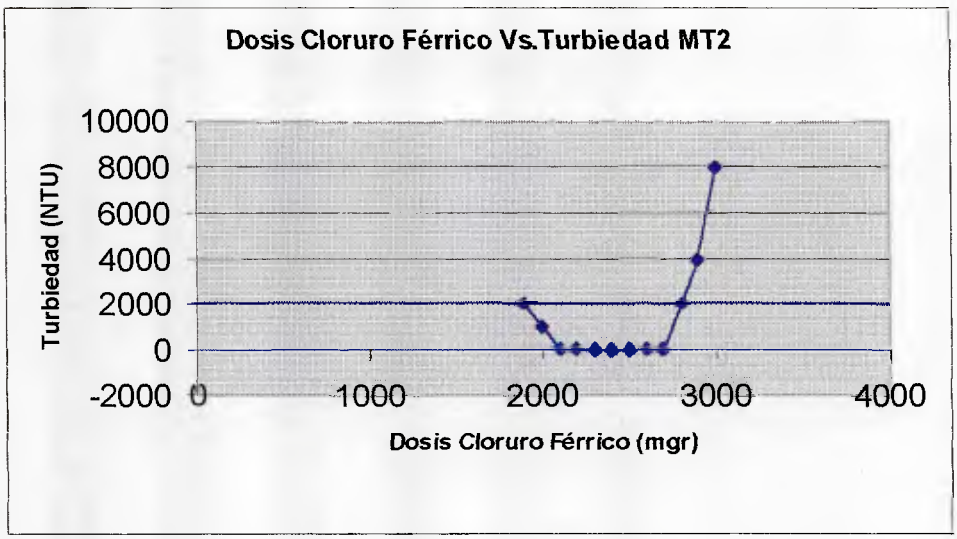


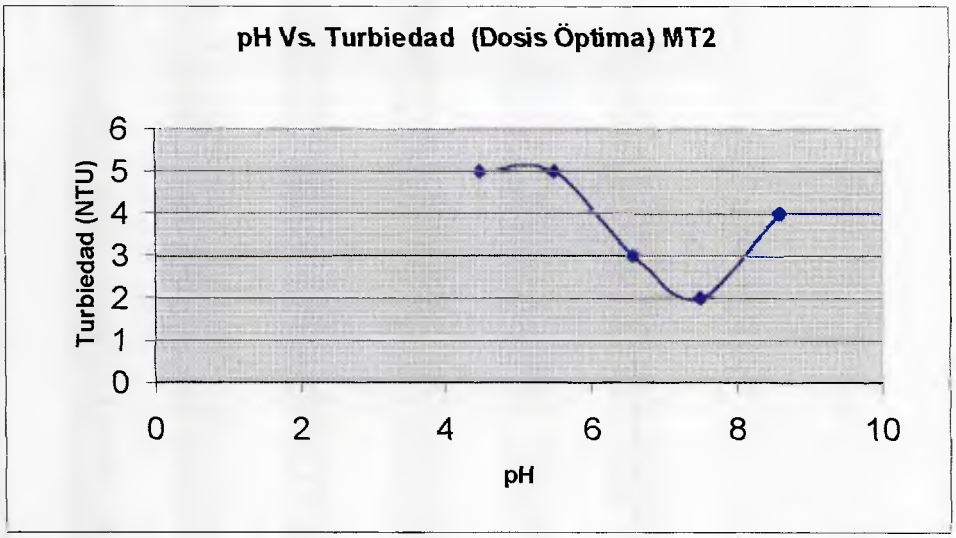
FIGURA #8. Dosis De Cloruro Férrico Vs. Turbiedad (Cal constante a 1500 mg)

Una de las características interesantes de esta muestra, es que presenta menor cantidad de sólidos sedimentados, aún cuando el sobrenadante tiene escasa presencia de flóculos, siendo el agua cristalina y sin presencia de color. Esto indica además que la muestra de color negro tratada anteriormente es más complicada de tratar.

Es importante mencionar que durante toda la experimentación al momento en que las moléculas comienzan a flocular es cuando el tamaño del flóculo alcanza su máximo, luego durante el desarrollo de la mezcla lenta generalmente alcanzan un tamaño menor, pudiendo llegar hasta el tamaño mínimo (Tipo A).

El tiempo de floculación ocurre generalmente durante el minuto de mezcla rápida.

Una vez hallada la dosis óptima que funciona para las dos muestras tratadas, se procedió a hallar el rango de pH para el cual la muestra y la dosis hallada son óptimas.



FIGURA#9. pH Vs. Turbiedad MT2 (Dosis Óptima)

TABLA # 19. PRUEBA DE RANGO DE pH MT2

Vol. muestra (ml)	$FeCl_3$ (mg)	$Ca(OH)_2$ (mg)	pH de la muestra / pH Final	Flóc. Sed.	Turbiedad (NTU)	Color (Pt-Co)	Observaciones
800	2500	1500	4,5 / 6,5	150 ml Tipo A	5	5	Los flóculos fueron muy grandes al principio, disminuyeron su tamaño hasta tipo A.
800	2500	1500	5,5 / 6,6	160 ml Tipo A-B	5	5	Sobrenadante cristalino, flóculos flotando en la superficie tipo B
800	2500	1500	6,6 / 7,0	150 ml Tipo B	3	5	Sobrenadante cristalino brillante, con presencia de flóculos flotando en la superficie
800	2500	1500	7,5 / 7,3	160 ml Tipo B-C	2	5	Sobrenadante Se obtuvieron los flóculos de mayor tamaño de la prueba. Sedimento más rápido que las otras muestras. Flóculos flotando en la superficie
800	2500	1500	8,6 / 7,2	160 ml Tipo B	4	5	Sobrenadante cristalino brillante. Flóculos flotando en la superficie

*Tabla de Elaboración Propia

En esta prueba se obtuvo como resultado que el mejor rango de acción de las dosis halladas está entre 6,5 y 8,5. Siendo el de 7,5 el que presentó los flóculos de mayor tamaño y por ende la más rápida sedimentación, además de otros parámetros con buenos resultados.

En esta prueba se pudo observar una nueva variable, que consistió en la diferencia del

tiempo entre la que se agrega la cal y el coagulante metálico, generalmente la teoría recomienda agregar ambos reactivos al mismo tiempo o con pequeñas diferencias entre uno y otro, se observó anteriormente que agregando la cal y luego el cloruro férrico se obtenían mejores resultados; pero como consecuencia de ser un procedimiento experimental en el que hay que agregar dos tipos de sustancias a 6 jarras diferentes, van surgiendo pequeñas diferencias de tiempo entre la aplicación de los reactivos en las distintas jarras. En este caso aconteció que a la jarra con pH de 7,5 se le agregó primero la cal, y con una diferencia de tiempo de entre 30 segundos y un minuto se agregó el cloruro férrico, esta jarra no mostró ninguna reacción hasta los 8 minutos, cuando se llevaba a cabo ya el proceso de mezcla lenta, en ese momento apareció una sustancia blanquecina característica del momento en que empieza la floculación y aparecieron unos flóculos muy grandes, de tipos E y F, los más grandes observados en todo el proceso de experimentación. De aquí se determina que probablemente es mejor agregar primero la cal y dejarla en mezcla rápida por lo menos un minuto antes de agregar el coagulante.

B.2.4.2) PRUEBAS CON CLORURO FÉRRICO ($FeCl_3$) A LOS EFLUENTES DE SOLVENTE MT3

Se realizó una prueba con el efluente de solvente, agregando la misma dosis hallada con el efluente de agua, se agregó la cal, luego el cloruro férrico y no se pudo observar nada. Este efluente tiene la particularidad de adherirse al vidrio formando una capa difícil de remover y que no permite la observación directa. Desde la superficie no se pudo apreciar ningún cambio considerable, se procedió luego a agregar más cal y más coagulante en la misma proporción anterior, siendo la dosis final suministrada de 3500 mg de coagulante y 2100 mg de cal, no se percibió tampoco ningún cambio. Sin embargo al momento de lavar la jarra se observó una pequeña cantidad de flóculos pequeños sedimentados. A esta muestra por su difícil composición y por su comportamiento físico-químico, es complicado medirle parámetros tales como pH, turbidez o color.

Se realizó luego otra prueba en la que se mezclaron los dos efluentes, el de agua y el de solvente, en la misma proporción en que son producidos, es decir, sí mensualmente se producen 27 barriles de efluente y 3 son de solventes, entonces una muestra de 800 ml debe

estar compuesta por 89 ml de solvente y 711 ml de agua. A esta mezcla se le agregó la dosis óptima hallada. En la muestra mezclada el solvente se ubicó en la parte superior flotando sobre el agua, y formó una película adherida al vidrio del beaker en esa zona. La muestra floculó rápido, se veían las partículas de cal presentes, en la superficie el solvente parecía tener como un polvillo metálico brillante en la superficie. Durante la mezcla se formó una capa más gruesa en la superficie, difícil de determinar su apariencia por la película adherida al vidrio, finalmente después de darle tiempo de sedimentación se encontraron flóculos sedimentados, un sobrenadante con un color entre amarillo y anaranjado con flóculos en suspensión gigantes tipo F-G, y una capa gruesa como de gel en la superficie.

Producto de estas dos pruebas con resultados poco prometedores se decidió descartar el tratamiento físico-químico para el efluente del solvente.

B.2.4.3) PRUEBAS CON SULFATO DE ALUMINIO Al $(SO_4)_3$

La solución de sulfato de aluminio fue preparada siguiendo la misma metodología recomendada.

Adicionalmente se preparó también hidróxido de calcio en la misma concentración, el cual proporciona alcalinidad a la muestra de manera que pueda ocurrir la reacción deseada.

Las pruebas para este coagulante fueron realizadas de manera similar para el efluente MT1, variando la dosificación tanto de sulfato de aluminio como de hidróxido de calcio, en función a los valores de la reacción química y los valores de turbidez y color. A pesar de que este coagulante lograba la formación de flóculos, un sobrenadante claro no fue posible de obtener. En conclusión este coagulante logra desestabilizar la partícula y formar flóculos, pero es poco efectivo para estas aguas.

En base a los resultados obtenidos se descartó el uso de Sulfato de Aluminio para el tratamiento de los efluentes industriales en estudio.

B.2.4.4) RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS PILOTOS

De los mejores resultados con la dosis óptima de Cloruro Férrico se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA # 20. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO DE MT1

PARÁMETROS EVALUADOS (mg/l)	Muestra Cruda MT1	RESULTADO DEL TRATAMIENTO DE MT1	NORMA ART. 10 DCTO. 883	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)
DBO	5.400,00	300,00	60	94,44
DQO	14.000,00	3.040,00	350	78,30
TURBIEDAD (NTU)	18.000,00	4,00		99,98
COLOR (U. Pt-Co)	120.000,00	10,00	500	99,99
ALCALINIDAD ($CaCO_3$)	216,00	74,00		65,74
NITRÓGENO	142,24	68,88	40	51,57
CALCIO	398,32	141,96		64,36
HIERRO	3,04	0,00	10	100,00
COBRE	1,55	0,00	1,0	100,00

* Tabla de Elaboración Propia

TABLA # 21. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO DE MT2

PARÁMETROS EVALUADOS (mg/l)	Muestra Cruda MT2	RESULTADO DEL TRATAMIENTO DE MT2	NORMA ART. 10 DCTO. 883	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)
DBO	1.800.,00	285,00	60	84,17
DQO	5.444,00	1.424,00	350	73,84
TURBIEDAD (NTU)	8.000,00	3,00		99,96
COLOR (U. Pt-Co)	40.000,00	5,00	500	99,98
ALCALINIDAD ($CaCO_3$)	160,00	40,00		75,00
NITRÓGENO	132,45	52,27	40	60,53
CALCIO	418,25	169,11		59,57
HIERRO	3,78	0,00	10	100,00
COBRE	0,46	0,00	1,0	100,00

*Tabla de Elaboración Propia

De los resultados obtenidos se puede apreciar que los porcentajes de remoción son altos, sin embargo algunos valores de los parámetros no se adecuan totalmente a la normativa exigida para descarga a ríos. Por lo que se puede concluir que a pesar de que el tratamiento aplicado fue efectivo, aún es necesario aplicar un tratamiento adicional, para lograr llevar los valores a las normas de descarga.

B.3) INGENIERÍA BÁSICA

De la etapa del estudio anterior se concreta que el sistema de tratamiento para los efluentes será el indicado en la Figura #10 .

A pesar de la muy buena remoción que tiene el tratamiento físico-químico, éste no adecua el efluente para su descarga al río, y en vista que los otros efluentes de la empresa que son descargados al medio ambiente tampoco cumplen la normativa, es necesaria la creación de un segundo tratamiento que adecue todos estos efluentes a la normativa exigida. Este segundo tratamiento corresponde a un tratamiento biológico, de manera de remover la materia orgánica y otros elementos aún presentes en estos efluentes en solución. A continuación de describe el tratamiento:

B.3.1) TRATAMIENTO PRIMARIO

En función de la cantidad de efluente industrial generado, al cual le corresponde el tratamiento físico-químico utilizado con anterioridad, indica que el sistema a diseñar debe ser por cargas o tipo batch, ya que la cantidad de fluente es muy poca para hacer un tratamiento continuo.

El caudal de diseño debe estar basado en la cantidad de efluente que genera la empresa a una semana, debido a que las muestras analizadas corresponden a una semana, además el operador no tiene que cambiar su rutina de trabajo, sólo tendría los viernes que realizar el tratamiento, y proporcionando así la suficiente libertad de que la empresa pueda incrementar su producción, y contar con la capacidad suficiente de tratar todas las aguas producidas del proceso productivo, sencillamente en lugar de tratar los efluentes una vez a la semana podrían hacerlo dos veces por semana.

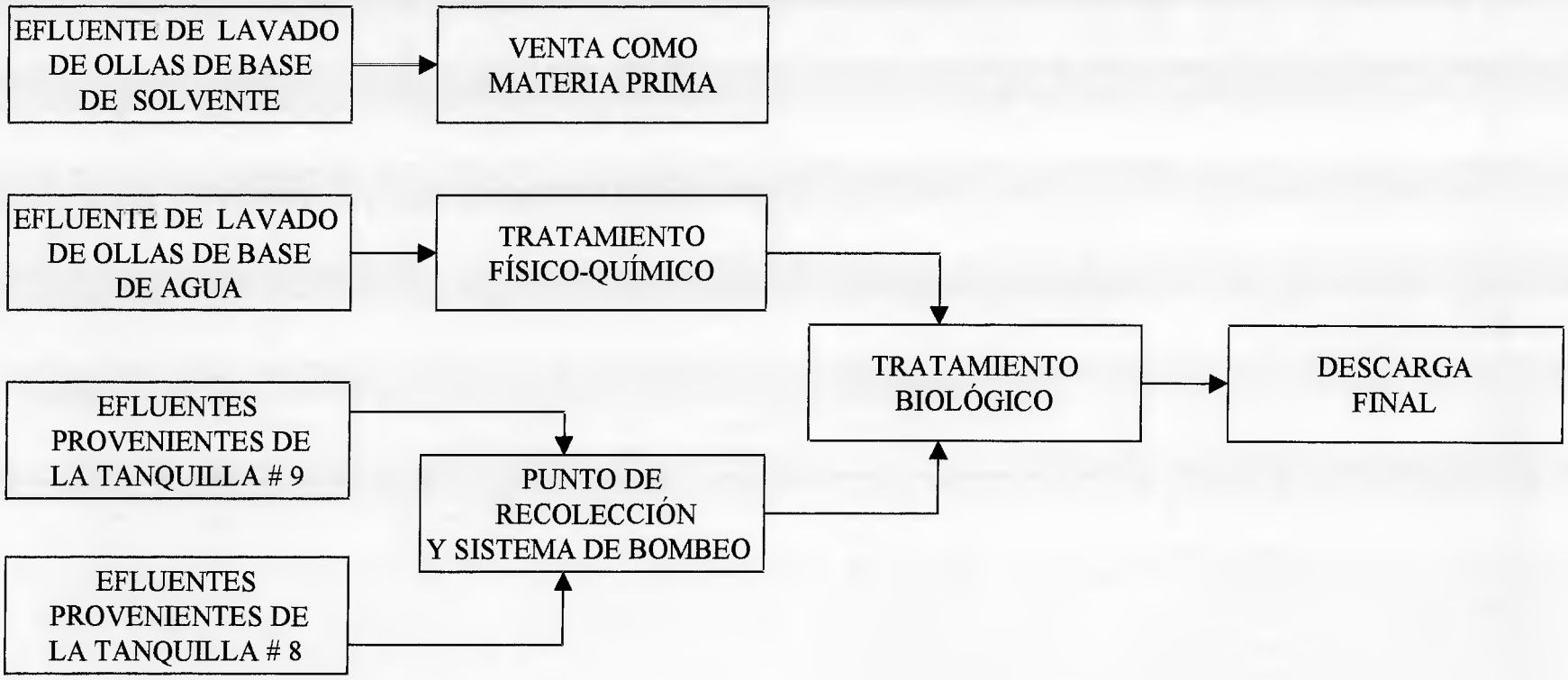
De manera similar al proceso realizado en el laboratorio se deben realizar pruebas en la determinación de la dosis en campo.

El sistema esta formado por un tanque cilíndrico con capacidad de 1.200 lts, con fondo cónico, hecho en lámina de acero con un espesor de 3 mm, con las siguientes dimensiones:

- Diámetro interno: 1,16 mt
- Altura sección cilindro superior: 1,20 mt
- Altura fondo cónico: 0,87 mts

FIGURA # 10

DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES



UCAB

- Altura Total del tanque: 3,07 mts
- Inclinación del cono: 60°

Incluye:

- 4 patas con ángulo estructural 10 x 10
- Escalera de acceso con ángulo de 2" y peldaño a barra maciza a 3/4"
- Pasarela con lámina estriada a 4mm
- Base de fijación para 2 mezcladores
- Tablero eléctrico de control de los mezcladores
- Conexiones roscadas NPTF (coupling soldados), para visor de líquido en sección cónica
- Visor de líquido
- Mezclador Rápido
- Mezclador Lento

El sistema en conjunto, sin incluir los mezcladores pesa aproximadamente 700 Kg.

Los costos de los componentes de este sistema fueron calculados mediante solicitud de cotización a una empresa especializada, quienes presupuestaron todos los equipos necesarios para la implantación del sistema, estos se describen a continuación:

Tanque (formado por todas las partes mencionadas anteriormente con excepción del tablero eléctrico y los dos mezcladores .....Bs 1.950.000,00

Tablero eléctrico de control de los mezcladores.....Bs 300.000,00

Mezcladores ..... Bs 2.100.000,00

Lecho de Secado .... Bs 200.000,00

Tuberías .....Bs 500.000,00

El costo total del sistema .....**Bs 5.050.000,00**

El costo operativo del sistema esta formado por el costo de los reactivos usados y la energía consumida por los mezcladores.

Cloruro Férrico: 3,75 Kg / semana x 4 semanas / mes x 900 Bs / Kg = 13.500 Bs /mes

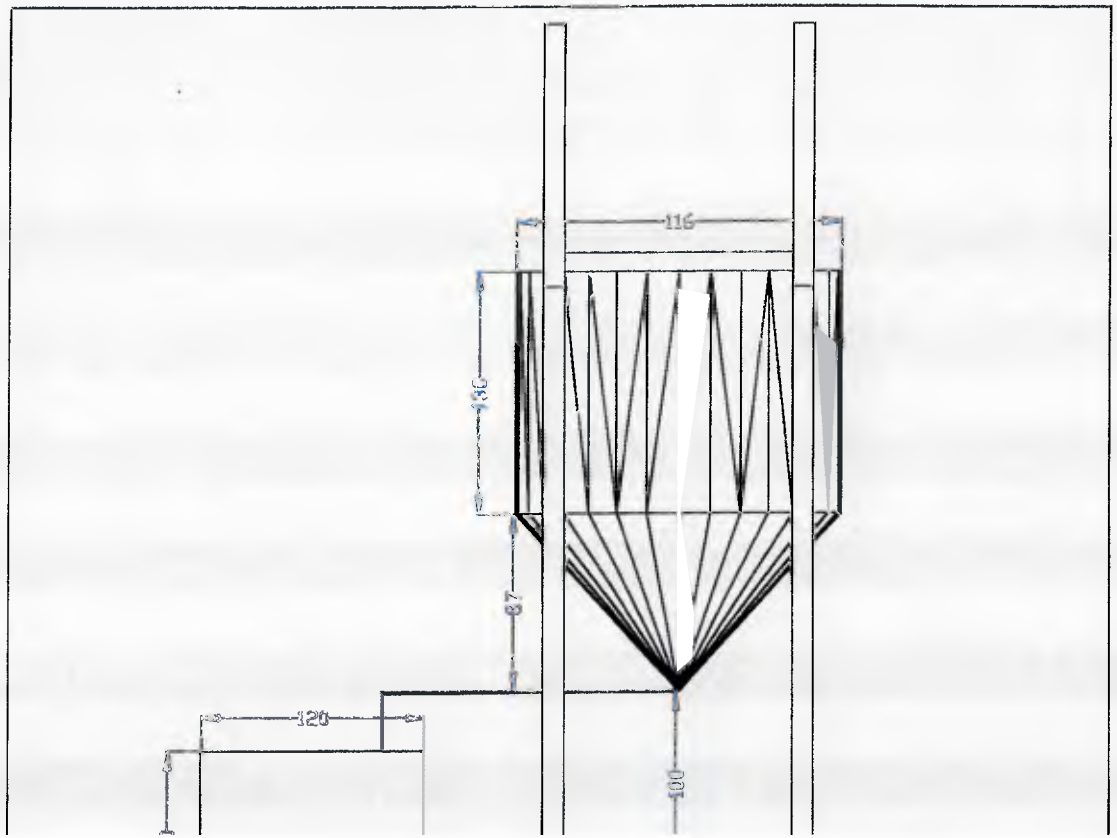
Hidróxido de Cal = 2,25 Kg / semana x 4 semanas / mes x 250 Bs / Kg = 2.250 Bs /mes

La energía consumida por los mezcladores es despreciable, ya que el de mezcla rápida se usa por un tiempo de entre 1 - 5 minutos y el lento de media hora a 2 horas.

El costo operativo es de 15.750 Bs /mes.

El diseño del tanque de tratamiento físico-químico se presenta en la Figura # 11.

gura # 11. Tanque de Tratamiento Físico-Químico



B.3.2) TRATAMIENTO SECUNDARIO

En vista de que algunos de los parámetros de importancia relevante, no presentaron una remoción que los ubicase dentro de la normativa de descarga a río requerida, es necesario aplicar un segundo tipo de tratamiento.

Es el momento de evaluar la mejor opción que permita adecuar tanto los efluentes de agua producto del tratamiento primario, como del resto de los efluentes líquidos que está generando la empresa. A partir de la caracterización anteriormente realizada y de la teoría previamente consultada, la indicación más elocuente apunta a que este segundo tratamiento sea del tipo biológico.

En función de que la mayor cantidad de componentes contaminantes son materia orgánica y elementos biodegradables, es por estas razones que el tratamiento de aireación extensiva con lodos activados, presenta una buena opción tanto desde el punto de vista de la obtención de resultados así como desde el punto de vista económico.

El tratamiento con fangos activados permite la remoción de un 80 a 95 % del DBO, entre un 80 y 85 % para el DQO, entre 80 y 90 % sólidos suspendidos, entre un 10 y 25% del fósforo, y de 15 a 50 % de remoción de nitrógeno.

Los parámetros de diseño para este segundo sistema son:

TABLA # 22. Parámetros de Diseño del Tratamiento Secundario

PARÁMETRO (mg/l)	EFL. TRAT. PRIMARIO (Q1)	EFLUENTE DE LA TANQ. # 9 (Q2)	EFLUENTE DE LA TANQ. # 8 (Q3)	NORMA ART.10 DCTO.883
Caudal (lts/día)	240	4.000	2.000	----
DBO (prom.)	292,50	53	5	60
DQO	2.232	146	27	350
Nitrógeno Total	60,58	69,53	39,11	40

*Tabla de Elaboración Propia

Los cálculos teóricos para el diseño de este tratamiento, se presentan a continuación:

Basados en las estimaciones teóricas, tales como la relación empírica F/M, conocida como relación Food / Microorganism, donde esta relación para un buen desempeño debe ser de

0,1 día^{-1}, encontrándose su rango de acción para aireación extendida ente 0,05 - 0,15 día^{-1}; permite estimar el volumen del tanque o reactor biológico. Este método es conocido como factor de carga:

$$\frac{F}{M} = 0,1 = \frac{Q_T \times CT}{Vol. \times cssv \times 0,8} \quad \Rightarrow Vol = \frac{Q \times CT}{0,1x\ 3 \times 0,8}$$

El uso de fórmulas tales como :

$Q1C1 + Q2C2 + Q3C3 = (Q1 + Q2 + Q3)\ CT$

Donde:

Q = caudal (litros/día) de cada corriente

C= DBO (mg/litros) de cada corriente

CT = DBO compuesto (mg/litros) esperada para la combinación de las corrientes

Q_T = Caudal Total = (Q1 +Q2 +Q3)

Para el peor de los casos que es el día en que se descargue el reactor del tratamiento físico.químico, la ecuación sería:

$(1.200 \times 292.5) + (4.000 \times 53) + (2.000 \times 5) = (7.200) \times CT$

$CT = 573.000 / 7.200 = 79,58$ mg / lt

Este valor representa el DBO compuesto por la mezcla de todos los efluentes que llegan al reactor.

$$Vol. = \frac{7,2\ (0,0796)}{0,1 \times 0,8 \times 3} = \frac{0,5731}{0,240} \quad \Rightarrow Vol. = 2,40\ m^3$$

Sin embargo existe la posibilidad, por los resultados obtenidos de los análisis de las muestras tratadas, que los valores de DBO están bajos, esto puede indicar algún tipo de error durante la realización de los análisis de DBO llevados a cabo en la UCAB. Ésta conclusión se obtiene al comparar la relación DBO / DQO, de las muestras crudas de las pruebas piloto con la de las muestras de caracterización del muestreo de las aguas de la

empresa, siendo esta de 0,75 en promedio para las del muestreo y de 0,36 para las de la prueba piloto. En función a esta relación se podría inferir que los valores de DBO de las muestras tratadas serán mayores a los obtenidos pudiendo estimarse que lleguen alrededor de los 2000 mg / lt, en función del DQO de estas mismas muestras.

Es conocido también que los valores de DBO de cloacas una vez estabilizados alcanzan el valor de 200 mg / lt, por lo que podría esperarse que los valores iniciales de DBO de las aguas provenientes de las tanquillas #8 y #9 pudieran incrementar sus valores hasta los 200mg / lt.

En función a estas premisas se calculará nuevamente el factor de carga, de manera de garantizar que el tratamiento biológico cumplirá su cometido y no estará diseñado para remover una carga menor a de la que podría presentarse.

$$(1.200 \times 2.000) + (4.000 \times 200) + (2.000 \times 200) = (7.200) \times CT$$

$$CT = 3.600.000 / 7.200 = 500 \text{ mg / lt}$$

$$500 \text{ mg} = 0,5 \text{ gr}$$

$$\text{Vol.} = \frac{7,2\ (0,5)}{0,1 \times 0,8 \times 3} = \frac{3,6}{0,240} \Rightarrow \text{Vol.} = 15\ m^3$$

Otro método que se puede aplicar consiste en calcular el porcentaje de eficiencia con el debe funcionar el reactor. Se empleará el peor de los casos descrito anteriormente, para asegurar la remoción adecuada de diseño.

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{500 - 60}{500} \times 100 = \frac{440}{500} \times 100 = 88\ \%$$

$$\frac{\text{Kg DBO a remover}}{\text{día}} = 440\ \frac{\text{mg}}{\text{lts}} \times 7.200\ \frac{\text{lts}}{\text{día}} = 3,17\ \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$\text{Volumen del Reactor} = \frac{\theta_c\ Q\ Y\ (So - S)}{X\ (1 + Kd\ \theta_c)}$$

Donde:

θ_c = tiempo de residencia celular, para aireación extendida (20-30 días)

Q = caudal (m^3/día)

Y = coeficiente cinético para procesos de lodos activados para aguas domésticas (0,4- 0,8)

X = parámetro de diseño de concentración de s.s.t. para procesos de lodos activados (Aireación Extendida 1500-5000 mg / lt)

Kd = coeficiente de decaimiento cinético para procesos de lodos activados aguas domésticas (0,025-0,075)

(So - S) = (CT - 60)

Tomando en cuenta que el efluente industrial es complejo y que la mayoría de las constantes son para efluentes domésticos, se asumirá el peor de los casos:

$$\text{Volumen del Reactor} = \frac{(30 \text{ días})\,(7.2 \text{ m}^3/\text{día})\,(0{,}8)\,(500 \text{ mg /lts} - 60 \text{ mg /lts})}{(3.000 \text{ mg /lts})\,(1 + 0{,}025 \text{ días}^{-1}\,(30 \text{ días}))}$$

$$\text{Volumen del Reactor} = \frac{76.032}{5.250} = 14{,}48 \text{ m}^3$$

En base a los cálculos realizados se puede observar que ambos métodos arrojan un volumen similar por lo cual se asumirá 15 m^3 como volumen de diseño del tanque de aireación o reactor biológico. Las dimensiones del tanque serán las siguientes:

Largo: 2,5 mts

Ancho: 2,0 mts

Profundo: 3,0 mts

Por tratarse de un volumen considerable y por ser un tratamiento donde hay recirculación de material y generalmente hay caudal de entrada, se diseña este equipo de tratamiento de tipo continuo, que será una planta del tipo compacta, fabricada en estructura de tanque de concreto, tabicado internamente para conformar los compartimentos para cada uno de los procesos respectivos :

- Reactor Biológico
- Sedimentador Secundario
- Cámara de Contacto para Desinfección

Esta planta constará de las siguientes partes y equipos:

Primera Unidad de Tratamiento: Reactor Biológico con Volumen útil de 15 m^3, posee un tabique de separación entre el reactor biológico y el sedimentador, el cual posee una pantalla que previene la transmisión de turbulencia de flujo desde el Reactor hacia el sedimentador.

Sistema de Aireación: compuesto de dos unidades de Soplador-Motor que suministra oxigeno para satisfacer los requerimientos para la actividad bacteriana, así como también induce la mezcla del líquido en el tanque, una sola de las unidades envía el aire requerido por la planta de tratamiento. Este sistema esta complementado por otro sistema distribución y difusión de aire.

Segunda Unidad de Tratamiento: Sedimentador en forma de tolva donde se decanta hacia el fondo los lodos generados en el Reactor, para ser recirculados hacia el Reactor o descartado a los lechos de secado y la descarga superior del líquido clarificado a través del vertedero. Delante del vertedero se ubica una pantalla para natas, con la finalidad de evitar el paso de espumas y elementos sobrenadantes hacia el vertedero. Este sedimentador esta complementado con un sistema de recolección, recirculación y purga de lodos y separación de natas, conformado por dos bombas. Para el dimensionamiento de este tanque se tomó como rata de desbordamiento superficial (R.D.S.) un valor de 3 m^3 / m^2 / día, arrojando un área requerida de sedimentación de 2,4 m^2, lo cual implica que este tanque tendrá las siguientes dimensiones:

Largo: 1,0mts
Ancho: 2,0 mts
Profundo: 3,0 mts

Tercera Unidad de Tratamiento: Cámara de Cloración, de forma rectangular, con tabiques interiores para crear un patrón de flujo de zigzag, lo que promueve la mezcla del efluente tratado con la solución desinfectantante (Hipoclorito). Tiene capacidad útil para 2.000 litros con un tiempo de contacto de 106 minutos a caudal máximo (Q bombeo).

Los costos de los componentes de este sistema fueron calculados mediante solicitud de cotización a una empresa especializada (SIMP Saneamiento Ambiental [16]) quienes presupuestaron todos los equipos necesarios para la implantación del sistema, estos se

describen a continuación:

Procura de Equipos de Planta de aguas residuales	Bs, 9.000.000,00
Ingeniería de detalle	Bs. 1.900.000,00
Tanques de Estructura de concreto	Bs 13.000.000,00
Tanquillas recolección y bombas	Bs 2.000.000,00
Lecho de secado de 2,0 x 2,0	Bs. 400.000,00
Instalación de los Equipos	Bs 2.000.000,00
Costo Total del Sistema	Bs **28.300.000,00**

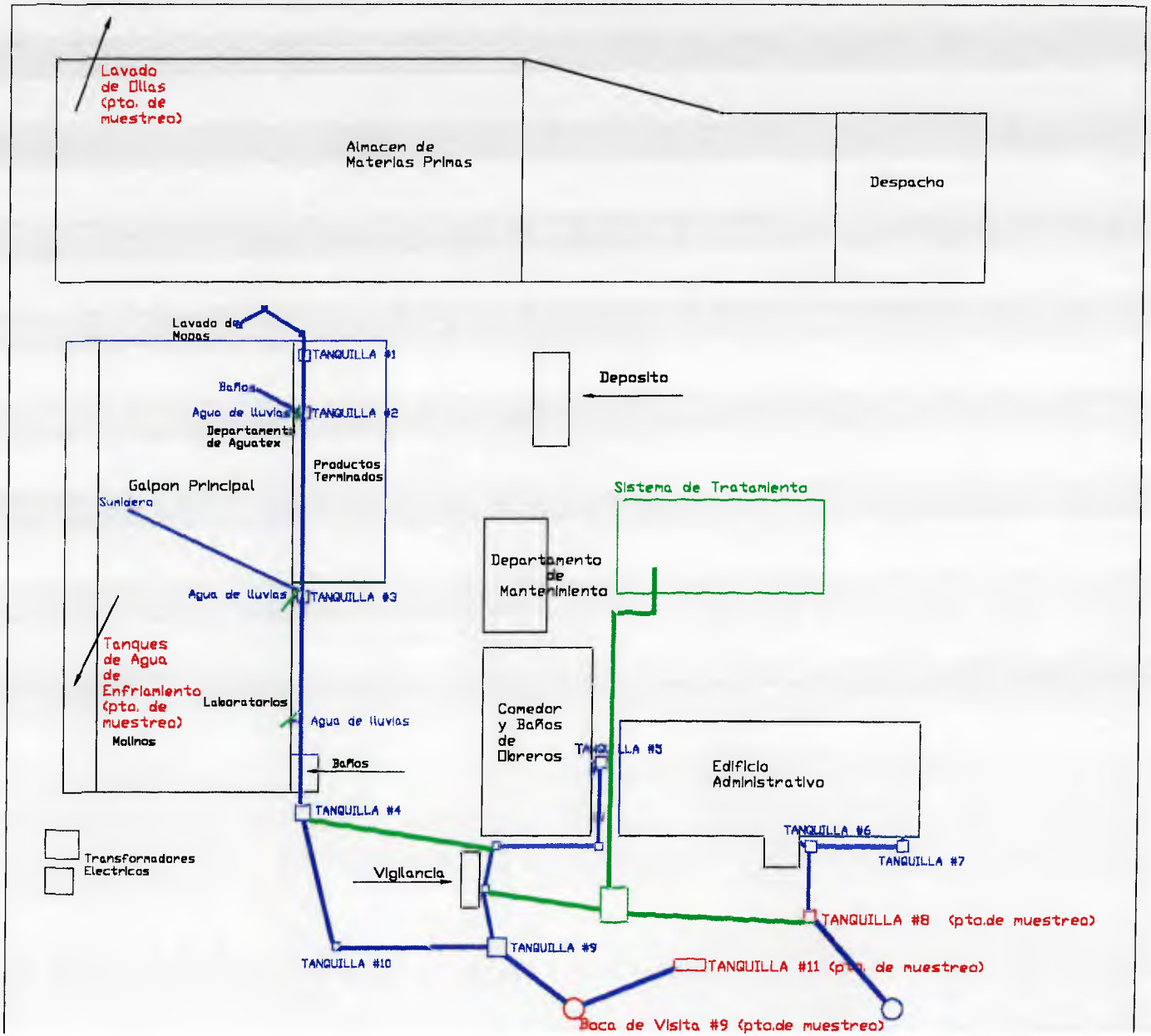
El costo operativo del sistema :

Electricidad consumida por los equipos	Bs 40.000,00
Hipoclorito para la cámara de clorinación	Bs 10.000,00
Costo Operativo Mensual	Bs **50.000,00**

La figura #12 muestra la ubicación dentro de la empresa del sistema de tratamiento.

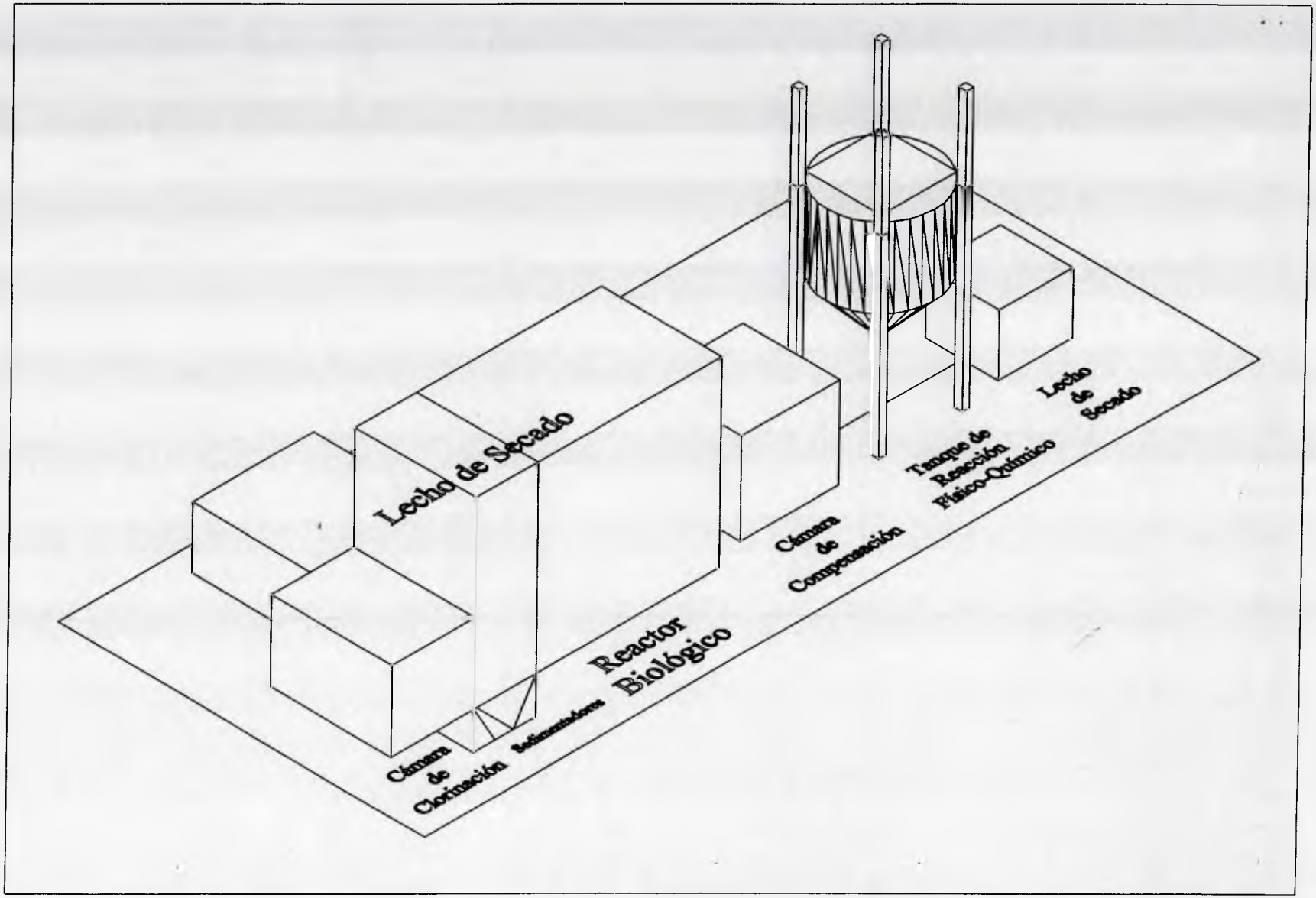
El diseño completo del sistema de tratamiento incluyendo el tanque de reacción, se representa en la Figura #13.

FIGURA # 12. UBICACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO



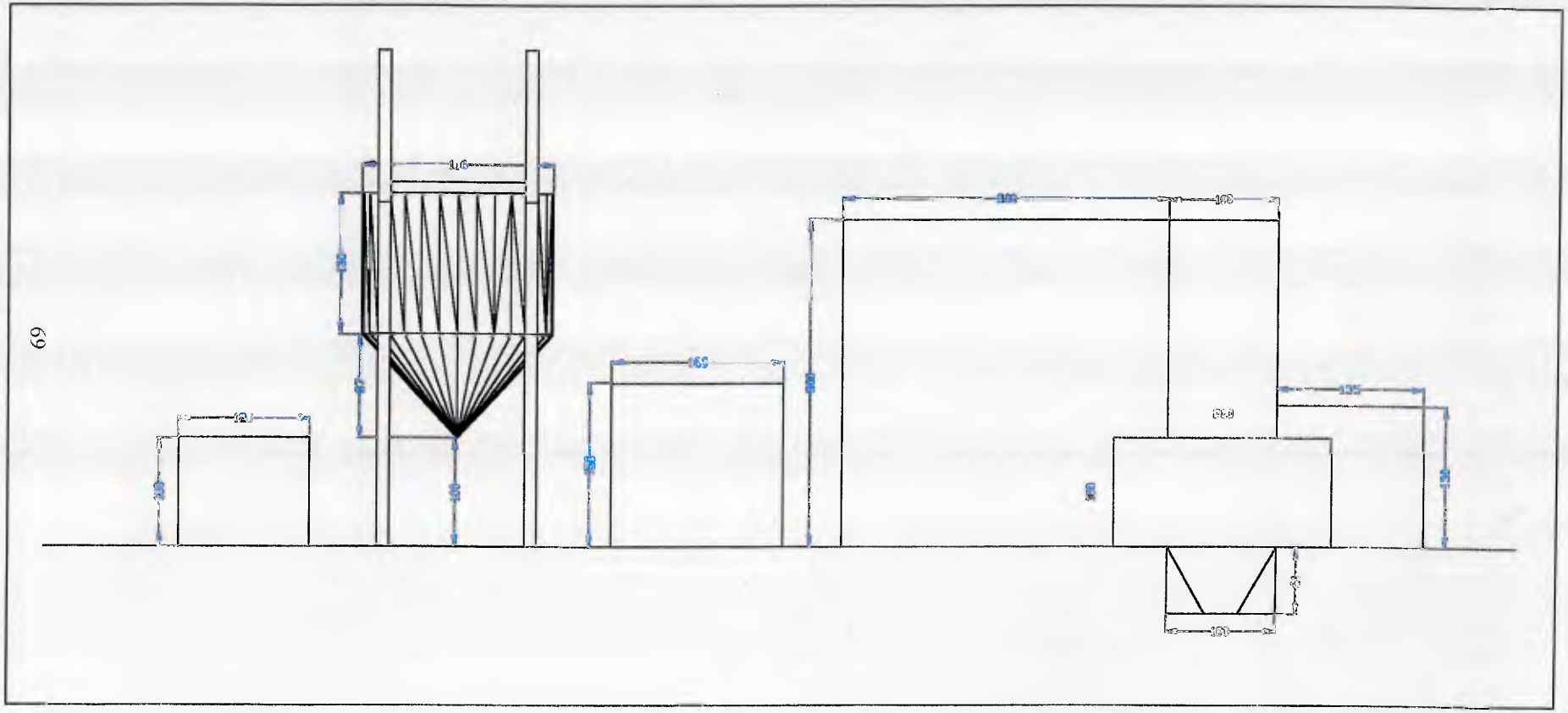
UCAB

Figura # 13. Diseño del Sistema de Tratamiento



UCAB

Figura # 13. Diseño del Sistema de Tratamiento



UCAB

B.4) FILOSOFÍA ISO 14.000

Basados en la norma COVENIN-ISO 14001, establece que ésta norma venezolana es aplicable a cualquier organización que desee: Implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión ambiental. Asegurar la conformidad con su política ambiental establecida. Demostrar tal conformidad con otros y buscar certificación / registro de sus sistemas de gestión ambiental por una organización externa. Así como hacer una auto determinación y auto declaración de conformidad con esta norma venezolana.

Hay muchos requerimientos de los Sistemas de Gestión Ambiental, el principal es:

La Política Ambiental: que sea apropiada a la naturaleza, magnitud e impactos ambientales de sus actividades, productos o servicios; incluya compromiso para el mejoramiento continuo y prevención de la contaminación, incluya el compromiso de cumplir con la legislación y regulación ambiental vigente. Establezca y revise objetivos y metas ambientales. Debe ser comunicada a todos los empleados, estar escrita y estar disponible al público.

Existen una serie de requerimientos que deben ser cumplidos para la obtención de la certificación ISO 14.000, estas son explicadas en la norma citada anteriormente.

En lo que se refiere a la Auditoría del Sistema de Gestión ambiental, esta se define como: el proceso de verificación sistemática y documentada para objetivamente obtener y evaluar evidencia para determinar si el sistema de gestión ambiental de una organización está conforme con los criterios de auditoría del sistema de gestión ambiental establecidos por la organización, y para comunicar los resultados de este proceso a la gerencia.

La organización debe establecer y mantener uno o varios programas y procedimientos para llevar a cabo auditorías periódicas del sistema de gestión ambiental a finde: a) Determinar si el sistema de gestión ambiental, 1) Cumple o no con las disposiciones previstas para la gestión ambiental, incluyendo los requisitos de esta Norma Venezolana, 2) Ha sido implementado y mantenido apropiadamente. b) Proveer información sobre los resultados de la auditoría a la gerencia.

El programa de auditoría debe estar basado en la importancia ambiental de la actividad relacionada y los resultados de auditorias previas, debe cubrir frecuencia y metodología, así como las responsabilidades y requerimientos para conducir éstas y reportar resultados.

CAPITULO III. FACTIBILIDAD ECONÓMICA

C.1) SITUACIÓN ACTUAL

El procedimiento actual que lleva a cabo la empresa para la desincorporación de sus efluentes industriales del proceso productivo, es la destrucción térmica, esta implica costos de 0,20 $/Kg para el efluente de base de agua y 0,30 $/Kg para el fluente de base de solvente, incluyendo un costo por flete de aproximadamente 4,37 $ / Ton.

Esto implica un gasto actual (Tasa de cambio 680 Bs/$) (Anexo #6), para el período de alta producción de:

TABLA #23. Gasto Mensual Generado por el Procedimiento Actual (Alta Producción)

Efluente Industrial	Costo de Tratamiento ($/Kg)	Cant. Producida (barril/mes)	Peso del Barril (Kg)	Flete Generado ($)	Gasto Generado ($)	Gasto Generado (Bs)
Base de Agua	0,20	24	200	20,98	980,98	667.063,68
Base de Solvente	0,30	3	200	2,62	182,62	124.182,96
Gasto Total						791.246,64

*Tabla de Elaboración Propia

Para un período de alta producción el gasto mensual es de 791.246,64 Bs

Para un período de baja producción el gasto es de:

TABLA #24. Gasto Mensual Generado por el Procedimiento Actual (Baja Producción)

Efluente Industrial	Costo de Tratamiento ($/Kg)	Cant. Producida (barril/mes)	Peso del Barril (Kg)	Flete Generado ($)	Gasto Generado ($)	Gasto Generado (Bs)
Base de Agua	0,20	16	200	13,98	653,98	444.709,12
Base de Solvente	0,30	3	200	2,62	182,62	124.182,96
Gasto Total						568.892,08

*Tabla de Elaboración Propia

Planteando tres escenarios (tomando un mes de vacaciones), para tres estimaciones de producción distintas:

Primer Escenario: 11 meses de alta producción. Genera un gasto de 8.703.713,04 Bs anuales.

Segundo Escenario: 5,5 meses de alta producción y 5,5 meses de baja producción, se tiene un gasto anual de 7.480.762,96 Bs anuales.

Tercer Escenario: 11 meses de baja producción. Genera un gasto de 6.257.812,88 Bs anuales.

Para efectos de este estudio será tomado el valor promedio de 7.480.762,96 Bs anuales.

C.2) NUEVO PLANTEAMIENTO

La instalación del sistema de tratamiento de las aguas residuales e industriales, consta de dos partes:

El tratamiento Primario con un costo de inversión de 5.050.000,00 Bs. y un costo operativo anual de 173.250,00 Bs, originando un costo total de 5.223.250,00Bs para el primer año de inversión.

El tratamiento secundario tiene un costo de inversión de 28.300.000,00 y un costo operativo anual de 550.000,00 Bs, originando un costo total de 28.850.000,00 para el primer año de inversión.

El costo total para el primer año cuando se realice la inversión es de 34.073.250,00 Bs , incluyendo los costos operativos.

C.3) ESCENARIOS ECONÓMICOS

Planteando un escenario sin inflación al cabo de 4 años, los costos generados por los dos planteamientos son los siguientes:

Situación Actual:

7.480.762,96 Bs x 4 = Bs **29.923.051,84**

Nuevo Planteamiento:

34.073.250,00 + (173.250,00 x 3) + (550.000 x 3) = Bs **36.243.000,00**

Planteando un escenario con inflación de 30% anual, similar a la situación actual, al cabo de 4 años tenemos:

Situación Actual:

$7.480.762,96 + (7.480.762,96 \times 1,3) + (7.480.762,96 \times (1,3)^2) + (7.480.762,96 \times (1,3)^3)$

= Bs **46.283.480,44**

Nuevo Planteamiento:

$34.073.250,00,00 \text{ Bs} + (723.250,00 \times 1.3) + (723.500,00 \times (1.3)^2) + (723.250,00 \times (1,3)^3)$

= Bs **37.824.747,75**

La implementación del proyecto planteado, origina una recuperación de la inversión de un tiempo de menos de cuatro años, originando un ahorro de Bs 8.458.732,69 al final del cuarto año.

La posibilidad de conseguir un crédito financiero con intereses preferenciales de hasta Bs 40.000.000, a través de una entidad gubernamental (Fontur, Foncrei) aumenta la factibilidad económica de este proyecto. Es posible además introducir deducciones fiscales por la realización de este proyecto de beneficio ambiental.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES

D.1) CONCLUSIONES

- La metodología de bloques seguida durante la realización del estudio fue exitosa para la obtención del objetivo planteado.
- Se logró la caracterización de todos los efluentes de la empresa, definiendo los aptos y no aptos para descarga según la normativa del M.A.R.N.R.
- Se halló el tratamiento para lograr adecuación de los efluentes industriales no aptos para descarga..
- Se constató que los valores estequiométricos de la reacción del tratamiento fisico-químico, son cercanos en proporción a la dosis óptima hallada.
- A pesar de la variabilidad del efluente industrial proveniente del lavado de ollas de base de agua, el tratamiento aplicado funciona para cualquier muestra.
- El diseño del sistema de tratamiento garantiza la adecuación de las descargas líquidas a cuerpos de agua realizadas por la empresa, cumpliendo la normativa exigida por el M.A.R.N.R.
- El efluente industrial de base de solvente puede ser vendido a la empresa Recuperadora de Solventes y Químicos C.A (RESOLQUIM), produciendo alguna ganancia.
- La implementación del sistema es factible, y logra la recuperación de la inversión en menos de tres años.
- La implementación del sistema propuesto debe ser llevada a cabo, ya que no sólo es más económica que la alternativa usada actualmente, sino que logra además la adecuación de descarga de todos los efluentes generados en la empresa, que la otra alternativa no consigue.

D.2) RECOMENDACIONES

- Las aguas de lluvias deben ser separadas del sistema interno de cloacas, a fin de evitar que su caudal pueda entre y colapse el sistema de tratamiento.
- Realizar pruebas con tintas producidas, con distintos tipos de materiales de ollas y/o envases con la finalidad de conseguir un material al cual las tintas tengan poca adherencia, y así reducir la cantidad de efluente industrial producido en los procesos de lavado.
- Separar la salida de agua del laboratorio de aguatex de la cloaca interna, y recanalizarlo hacia el sitio de tratamiento primario fisico-quimico.
- Realizar pruebas con polielectrolitos tanto aniónicos como catiónicos, que permitan hallar uno que funcione de manera efectiva, para que pueda ser usado como ayudante del proceso de floculación y así mejorar l calidad del sobrenadante..
- Al momento de implementar el proyecto se deben realizar pruebas en sitio, que permitan constatar o mejorar la dosis óptima hallada.
- La aplicación de los reactivos químicos (cloruro férrico / cal), en el tratamiento primario debe realizarce una vez que hayan sido disueltos, no deben agregarse en polvo pues limita su acción.
- Buscar más información acerca de los créditos para el finaciamiento del sistema de control de contaminantes, que las entidades gubernamentales proporcionan a la pequeña y mediana industria.
- Implementar el proyecto en un tiempo corto, ya que las exigencias ambientales y el seguimiento del M.A.R.N.R. se ha vuelto más exigente en los últimos años. Evitando de esta manera incurrir en posibles infracciones y en paralizaciones indeseadas.
- Crear políticas ambientales internas en la empresa, que estén plasmadas en un manual.
- Realizar pruebas de contenido y toxicidad a los lodos generados en los tratamientos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Journal " Water Pollution Control Federation ". Volumen 61, Número 6, Alexandria, 1989. Páginas 872 - 714.

[2] METCALF & EDDY. " Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización" Volumen I y II.. Tercera Edición. McGraw-Hill. 1991. Capítulos: I, II, III, VIII, IX, X.

[3] APHA-AWWA-WPCF. " Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 15th Edicion,1980. Part 204, 507, 508.

[4] ARBOLEDA, JORGE. " Teoría y Práctica de la Purificación del Agua ". Editorial Nomos. Colombia, 2000. Capítulos: 2, 3, 4.

[6] KEMMER, FRANK. " Manual del Agua, Su Naturaleza, Tratamiento y Aplicaciones ". Tomo I. McGraw-Hill. Mejico, 1993. Sección 2, Capítulo 8.

[7] ECKENFELDER, WESLEY. " Industrial Water Pollution Control ". McGraw-Hill, 1989. Capítulo 4.

[8] WEBER, WALTER. " Control de la Calidad del Agua. Procesos Fisicoquímicos ". Editorial Reverté. España, 1979. Capítulo 2.

[9] BENEFIELD, LARRY. JUDKINS, JOSEPH, WEAND, BARRON. " Process Chemistry for Water And Wastewater Treatment ". Prentice-Hall, New Jersey.

[10] SAWYER, CLAIR. MCCARTY, PERRY. "Chemistry for Environmental Engineering ". Tercera Edición. Parte 2.

[11] COVENIN. " Sistemas de Gestión Ambienteal. Especificación con Guía para su uso". Norma COVENIN-ISO 14001:1996.

[12] Gaceta Oficial N° 5021 Extraordinaria a fecha 18/12/95. Capitulo III del control de los vertidos líquidos, Sección III de las descargas a cuerpos de agua. Artículo 10.

[13]Gaceta Oficial N° 4044 de fecha 8/9/88, Capítulo VII referente a las Normas Sanitarias para Proyectos, Construcción, Reparación y Reforma de Edificaciones. Artículo 112.

[14]" Instructivo de Tesis para el Estudiante". Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Andrés Bello.

[15] Literatura de Internet.

[16] Presupuesto de la Empresa SIMP Saneamiento Ambiental para el tratamiento biológico.