

51

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**



**EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUIMICA**

**Propuesta para la Creación de una Empresa que Aplica una Nueva  
Alternativa en Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes de  
Ingenios Azucareros (Análisis de Viabilidad Técnico-Económica)**

**Tesis mancomunada que para obtener el Título de**

**INGENIERO QUIMICO**

**Presentan**

**Jovan Flores García**

**Sharin Renée Hernández Tejeda**

**México, D.F.**

**2000**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Jurado Asignado:**

**Presidente Prof. José Luis Padilla de Alba.**

**Vocal Prof. José Francisco Guerra Recasens.**

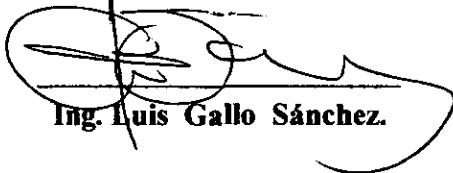
**Secretario Prof. Luis Gallo Sánchez.**

**1er. Suplente Profra. Leticia Ma. De los A. González Arredondo.**

**2o. Suplente Prof. Fernando de Jesús Rodríguez Rivera.**


**Sitio donde se desarrollo el tema: Facultad de Química, UNAM.**

**Asesor del Tema**




**Ing. Luis Gallo Sánchez.**

**Sustentantes**



**Jovan Flores García**



**Sharin Renée Hernández Tejeda**

## *Agradecimientos*

A mis Padres:

Este trabajo esta dedicado a ellos porque fue su cariño y apoyo en todo momento lo que hizo posible la finalización de esta etapa de mi vida, a ellos todo mi amor, admiración y respeto.

A tí Jovan:

Porque eres una parte fundamental en mi vida. Este trabajo es resultado del esfuerzo de ambos y refleja mucho de lo que hemos vivido juntos. Gracias Jo porque has estado a mi lado no sólo en los momentos felices sino también en los difíciles y porque en ningún momento he dejado de sentir tu cariño y apoyo.

A la UNAM:

Porque en sus aulas me formé no sólo profesional sino personalmente. Porque esta Institución ha sido para mí mucho más que una escuela, me ha dado los elementos para triunfar y me ha inculcado la vocación de servicio a mi país.

A mis amigos:

Por esas inolvidables tardes en la pecera y por todos los buenos y malos momentos que juntos compartimos.

A Luis Gallo:

Por todo el tiempo y la paciencia que nos dedicaste en la elaboración de esta tesis, en verdad gracias.

*Sharin.*

## *Agradecimientos*

A mis padres:

Gracias por todo su apoyo, cariño y confianza que me han brindado en todo momento, por su esfuerzo para darme una educación y por todas las enseñanzas y bases que me han guiado hasta ahora; hoy termina una etapa muy importante y quiero dedicarles todo mi esfuerzo y trabajo.

Sra. Eivia y Sr. Jacobo:

Gracias también por todo el apoyo y la paciencia que me han brindado todos estos años y sobre todo por recibirme en su casa siempre con los brazos abiertos.

A ti Sharin:

Porque gracias a ti tuve la fuerza y el coraje necesarios para terminar la carrera, por tener tu apoyo incondicional en las buenas y en las malas, por ser la motivación para superarme, por tu paciencia para soportarme en los momentos difíciles y sobre todo por el cariño y amistad que siempre me has brindado y que me ha llenado de felicidad.

A todos mis amigos:

Por todos esos buenos y malos momentos que compartimos juntos y sobre todo por esos viernes por la tarde en los jardines.

A Luis Gallo:

Gracias, por todo el apoyo y por tus consejos para poder sacar adelante este trabajo.

*Jovan.*

# INDICE

		Página
CAPITULO I	INTRODUCCION	1
	Introducción	2
	Hipótesis	9
	Propuesta	10
CAPITULO II	TECNICAS ACTUALES DE TRATAMIENTO	11
	Técnicas Actuales de Tratamiento	12
	Principales Características de los Tratamientos	18
	Matriz Comparativa	27
CAPITULO III	ESTUDIO DE MERCADO	28
	Estudio de Mercado	29
	Proyección a 10 años	39
	Análisis de la Competencia	40
CAPITULO IV	ANALISIS DE FACTIBILIDAD ECONOMICA Y FINANCIERA	41
	Estudio de Prefactibilidad Económica	42
	Creación de la Empresa	52
	Balance General de la Empresa	53
	Estado de Resultados	54
	Flujo Neto de Efectivo sin Financiamiento	55
	Cálculo del Valor Presente Neto	56
	Evaluación de la Tasa Interna Rendimiento	57
	Análisis Beneficio/Costo	58
	Periodo de Recuperación de la Inversión	60
	Punto de Equilibrio	61
	Planeación del Proyecto	63

<b>CAPITULO V</b>	<b>INGENIERIA BASICA</b>	<b>68</b>
	Bases de Diseño del Proceso	70
	Establecimiento de los Criterios de Diseño	99
<b>CAPITULO VI</b>	<b>DIAGRAMAS DE INGENIERIA</b>	<b>107</b>
	Diagrama de Flujo de Proceso (DFP)	108
	Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI)	110
	Análisis de Operabilidad del Proceso	112
	Memorias de Cálculo	114
	Anexos (DFP y DTI)	121
<b>CONCLUSIONES</b>		<b>123</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		<b>125</b>

*CAPITULO I*  
*INTRODUCCION*



## INTRODUCCION

La contaminación industrial es uno de los más grandes problemas que enfrenta el hombre hoy en día. Cuando hace poco mas de cien años comenzaron a industrializarse los países, el aire y el agua se consideraban ilimitados y las impurezas que la incipiente industria arrojaba a la atmósfera o vertía al caudal de lagos, ríos y mares se convertían y perdían su nocividad al ser depuradas en el inmenso laboratorio del mar y aire.

El creciente problema del agua en el mundo ha provocado una disminución en su disponibilidad como recurso. En México, uno de los principales problemas de contaminación proviene de aguas residuales que se generan durante las diferentes actividades humanas. Su deterioro implica diversas repercusiones para el equilibrio ecológico, entre las que destacan, el agotamiento progresivo de los mantos freáticos, el empobrecimiento de los suelos y su consecuente abatimiento de la productividad agropecuaria, la desertificación por pérdida de vegetación y diversidad microbiana y el aumento de enfermedades gastrointestinales por riego de aguas contaminadas en campos y cultivos.

Aunado a esta situación, se presenta el problema de la deficiente disponibilidad de agua potable en todo el país. Aunque existe suficiente volumen para satisfacer la demanda de todos los sectores, la distribución geográfica es inadecuada para casi la mitad del territorio nacional, por lo que se provocan graves problemas de abastecimiento y sobreexplotación del recurso. En el país existen 320 cuencas hidrológicas, cuyo volumen promedio de escurrimiento es de  $410 \text{ m}^3/\text{s}$ , cifra que representa el total nacional disponible. Sin embargo, la región norte sólo tiene un escurrimiento del 3% del total para un área equivalente al 30% del país, mientras que la región sureste posee aproximadamente un 50% de disponibilidad, equivalente al 20% del país.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Durán de Bazúa C., Jiménez A.R., Martínez G.M., Espinosa F.A., Noyola R.A. La Caña de Azúcar en su Entorno Ambiental. Tratamiento de Vinazas en una Planta Piloto en

México cuenta con 808 sistemas de depuración de aguas residuales con una capacidad instalada de 54.98 m<sup>3</sup>/s. De ellos, 615 se encuentran en operación, con un gasto de 35.34m<sup>3</sup>/s, mientras que 193 están fuera de operación. Del volumen total de aguas residuales generadas, se trata sólo el 15%. Los principales procesos utilizados son las lagunas de estabilización, con 416 plantas y los lodos activados, con 174 plantas; de ellos se encuentran fuera de operación 82 y 43, respectivamente. La zona centro del país tiene el mayor número de sistemas (414), pero también el mayor número fuera de operación (106). Del total de plantas de tratamiento, 113 están en un intervalo de 0 a 50% de su capacidad y 133 en un intervalo mayor al 50%. En consecuencia, más del 70% de plantas operan por encima del 50% (CNA, 1997).

Pese a los esfuerzos realizados, la capacidad operativa de las plantas de tratamiento construidas, presentan, en el 70% de los casos, deficiencias que impiden obtener la calidad prevista para las que fueron diseñadas. Entre los principales problemas que aparecen se encuentran los siguientes: Datos no confiables de calidad del agua a tratar, insuficiencia de información actualizada de la localidad, defectos en el diseño y construcción, falta de recursos económicos y personal capacitado para la operación y mantenimiento y elección de plantas que requieren de altos costos de construcción, operación y mantenimiento, entre otros.

Dentro de las industrias que contribuyen en gran medida a la contaminación ambiental en muchos países se encuentra la Azucarera. La mayor parte del abasto mundial de azúcar se obtiene de dos tipos de materias primas: la caña y la remolacha de azúcar. Para el caso de los países tropicales y semitropicales, ésta última es la principal materia prima para producir azúcar. Esta agroindustria, que existe en el continente americano desde la invasión de los españoles en el siglo XV, fue introducida por ellos y es considerada la primera "industria" que existió en México. El proceso fue acondicionado al entorno prevaeciente

---

México en un Reactor Anaerobio de Lecho de Lodos de Flujo Ascendente. Informe Técnico de Proyecto VIN-02-95, México, 1995.

en esa época, usando el agua como materia prima y fuente de energía. Lo notable, es que a pesar de haber transcurrido más de 500 años, el proceso para la fabricación del azúcar de caña sigue siendo básicamente el mismo y consecuentemente, en la actualidad representa un sector industrial ubicado entre los más contaminantes para los recursos hidrológicos y para el suelo.

La descarga directa de los desechos a cursos de agua puede agotar el oxígeno disuelto y destruir la vida acuática, también se conocen los posibles efectos fisiológicos prolongados de ciertas sustancias químicas orgánicas que se encuentran en los afluentes industriales, la gran mayoría de los cuales no son eliminados por los procedimientos tradicionales de tratamiento.

La caña de azúcar se cultiva en 56 países situados en una faja que tiene como límites los 30° de latitud norte y sur. Algunas de las regiones azucareras importantes están en Brasil, Colombia, México, Nicaragua, Perú, Filipinas, Estados Unidos de Norteamérica, etc. La industria azucarera mexicana cuenta actualmente con 66 ingenios distribuidos en 15 estados. Los ingenios se localizan en 4 regiones. Estas son:

- Región occidente: Sinaloa, Jalisco, Nayarit, Michoacán y Colima.
- Región Oriente: Tamaulipas, Veracruz, San Luis Potosí y Oaxaca
- Región Centro: Morelos y Puebla.
- Región Sudeste: Campeche, Chiapas y Quintana Roo.

Esta industria es una de las principales fuentes de contaminación de éstas regiones. Esto constituye un grave problema que reclama que los ingenios adopten acciones tendientes a minimizar los efectos negativos mediante el adecuado tratamiento de sus aguas residuales, que permitan su reutilización dentro del ingenio, considerando por otra parte que el costo de uso y distribución de agua se irá incrementando año con año.

Las características de las aguas residuales provenientes de la industria azucarera/alcoholera que causan los principales problemas son básicamente los sólidos suspendidos, el pH que es marcadamente ácido, y el contenido de material disuelto potencialmente biodegradable en los cuerpos de agua y suelos donde son arrojados.

La industria azucarera, es de tipo húmedo por lo que necesita considerables cantidades de agua para su proceso y durante su operación, lo que trae consigo la generación de grandes volúmenes de aguas residuales. Por esta razón es que encabeza todas las listas de consumo de agua y de contaminación de las cuencas acuíferas del país. Para la producción de azúcar y alcohol de caña se requiere la utilización de enormes cantidades de agua que superan el millón de metros cúbicos por día.

Dadas las características de los diferentes tipos de aguas residuales que se producen en distintos puntos del proceso de la fabricación y que varían desde 300 a 80000 y más mg/l de DBO<sub>5</sub>, así como los grandes volúmenes de aguas que se manejan, se hace necesaria la búsqueda de nuevas tecnologías las cuales permitan dar a estas aguas el tratamiento necesario para ser reutilizadas y contribuir así también al mejoramiento ambiental del país en el que vivimos.

Fundamentalmente son tres los subproductos que se generan, de los cuales al menos 3 productos son de interés económico. El bagazo, considerado el mas importante, se utiliza en la fabricación de celulosa y papel, tableros de fibras comprimidas, furfural y plásticos; de las mieles finales se obtienen alcoholes o aguardientes, alimentos para ganado y levaduras como la Torula; y finalmente de la cachaza se pueden obtener ceras muy valiosas en la industria de los cosméticos, mezclas para forrajes y mejoradores de suelo.

Las aguas se pueden emplear en el riego agrícola siempre y cuando se cumpla con las normas de calidad que existan en el país en cuestión; se puede observar que las aguas de lavado de caña de azúcar pueden llegar a tener valores de sólidos totales de hasta 11700 mg/l, las de escurrimiento de filtros de hasta 21800 mg/l, que las pueden hacer objetables

para el uso agrícola sin un tratamiento previo, cosa que también es aplicable a las aguas provenientes de purgas de calderas y lavado de pisos, no ocurriendo así con las aguas de condensados donde estos valores están por debajo de 2000 mg/l.

De acuerdo a lo anterior muchas industrias necesitan o pueden necesitar en el futuro de una estrategia para el mejor manejo de sus aguas residuales y cumplir con los límites máximos permisibles.

Una ingenio azucarero funciona, generalmente, en forma ininterrumpida durante el lapso que dura la cosecha de la caña. A este lapso se le conoce como zafra y en el caso de México abarca de diciembre a mayo. Solamente se llega a parar el proceso por falta de materia prima o por reparaciones mayores. Este proceso se encuentra dividido en varias etapas, siendo éstas las siguientes:

- Batey (patio de recepción y preparación de la caña).
- Molienda
- Clarificación
- Sulfitación (para producción de azúcar morena o estándar).
- Evaporación
- Cristalización
- Centrifugación
- Refinación (para el caso de azúcar refinado).
- Secado y Envasado

Las vinazas, son un residuo muy ácido, con presencia de sales, rico en materia orgánica ( $63.4 \text{ kg/m}^3$ ) y potasio ( $7.83 \text{ kg/m}^3$ ), pobre en nitrógeno ( $1.18 \text{ kg/m}^3$ ) y fósforo ( $0.15 \text{ kg/m}^3$ ). Las vinazas tienen composiciones diferentes entre destilerías de alcohol y en menor grado para una misma destilería entre día y día de la zafra y entre zafras.

Ecológicamente, las vinazas tienen una capacidad contaminante más de 200 veces que un volumen equivalente de aguas residuales de origen doméstico.

Desde hace varios años, se han buscado usos potenciales para las vinazas, ya que éstas presentan características tales de agresividad ambiental que si son arrojadas sin tratamiento a los cuerpo receptores, degradan notablemente la calidad de éstos provocando envenenamiento de la flora y fauna acuática, así como la degradación de suelos si se llegaran a usar en riego agrícola sin un tratamiento o dilución previos.

Existe la posibilidad de que el tratamiento para combatir la contaminación en los referente a las vinanzas no fuese una carga económica más para el ingenio, sino por el contrario, el resultado fuese un producto con valor comercial, cuya venta le permitiese un ingreso extra de los que tradicionalmente obtiene, así como una reducción en los pagos por concepto de vertimiento de aguas residuales, que se deben hacer a la Comisión Nacional del Agua.

Las características principales de las aguas residuales de los ingenio azucareros en promedio son las siguientes:

**Tabla 1. Características promedio de las aguas residuales según tipo de azúcar<sup>2</sup>**

Análisis	Unidades	Crudo	Estandar	Refino
pH	Ud	7	7	7
Temperatura	C	31	37	36
S. Sedimentables	ML/l	5	3	3
Materia flotante	G/l	1	1	3
Grasas y Aceites	Mg/l	36	66	147
Sólidos Totales	Mg/l	428	917	1802
Sol. Tot. Volátiles	Mg/l	205	456	757

<sup>2</sup> Fuente: Uso del Agua y Manejo del agua residual en la industria del Azúcar Dirección general de usos del agua y prevención de la contaminación Subsecretaría de planeación.

Sol. Susp. Totales	Mg/l	65	418	610
Sol. Susp. Volátiles	Mg/l	59	335	305
DBO <sub>5</sub>	Mg/l	149	714	1091
DQO	Mg/l	153	1091	1170
Nitrógeno Total	Mg/l	1	14	5
Fosfatos Totales	Mg/l	7	21	-

**Tabla 2.** Esta tabla presenta las características del agua de desecho de la obtención del producto de las vinazas<sup>3</sup>.

PARAMETRO	REMOLACHA	CAÑA
Densidad	1.060	1.05
pH	4-5	4-5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	78,300	57,400
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	81,200	103,000
Sólidos totales	135,000	111,900
Nitrógeno total	7,340	1,190
Fósforo	91	120
Temperatura (°C)	80-85	25-35
Alcalinidad (gCaCO <sub>3</sub> /l)	-	5.8
Turbiedad (NTU)	-	30,000
Sulfatos (g/l)	-	3.1-5.8
Iones potasio (g/l)	-	8.1
Iones sodio (g/l)	-	0.14

<sup>3</sup> Excepto pH y densidad, se expresan en mg/l.

## *HIPOTESIS*

La idea de crear una empresa que solucione la actual problemática ambiental de los Ingenios Azucareros, surge de la necesidad de éstos para tratar sus aguas residuales ya que al verterlas en cuencas hidrológicas contaminan indiscriminadamente, lo que además de un fuerte impacto ambiental también se refleja en fuertes gastos debido a que el costo por consumo de agua potable y multas por desecho de aguas negras, al ser ambos excesivos, se incrementan notablemente, sin mencionar los diversos daños que este tipo de aguas contaminadas puede producir en las poblaciones cercanas a los ingenios.

Con base en lo anterior, se pensó en ofrecer una nueva alternativa que resultará viable para tratar las aguas residuales de los ingenios azucareros y así poder ser reutilizadas en diversos usos y que además presenta ventajas técnicas y económicas sobre los actuales métodos de tratamiento.

Esta alternativa se basa en tratamientos exclusivamente fisicoquímicos eliminando el tratamiento biológico, sobre el cual ya existen varias propuestas. La forma de tratamiento que en este trabajo se propone, entre otras ventajas no produce olores desagradables, muy comunes en los tratamientos de tipo biológico, tampoco es susceptible de derrames ya que todos los recipientes que participan en el tratamiento son cerrados, para sus instalaciones requiere de un área pequeña, su capacidad puede ser ampliada fácilmente y su desempeño técnico es prácticamente el mismo que las plantas de tratamiento biológico; así mismo los lodos generados son pocos y pueden ser utilizados como composta además de que requiere poco mantenimiento.



## *PROPUESTA*

La propuesta que se plantea en el presente trabajo es la creación de una empresa que por medio de una nueva alternativa, trate las aguas residuales provenientes de los ingenios azucareros cuya producción por zafra sea igual o mayor a las 80,000 toneladas de azúcar.

Estos ingenios garantizan un caudal de efluentes residuales de no menos de 300,000 m<sup>3</sup> por zafra lo que facilitaría la recuperación de la inversión en un tiempo más corto ya que el ahorro en consumo de agua sería más significativo que en ingenios pequeños pues se planea recircular el agua al ingenio para usos diversos.

Primeramente se realizará un Estudio de Mercado con el fin de conocer los Ingenios que cumplan con una producción mínima de 80,000 toneladas de azúcar por zafra, así como las compañías que ofrecen el servicio de tratamiento de aguas residuales para evaluar la competencia con la que se enfrentaría nuestra empresa, posteriormente se desarrollará la Evaluación Técnico-Económica del proyecto en la cual se comprobará si la propuesta es económicamente viable para los Ingenios Azucareros y rentable para la Empresa que se pretende formar seguida por el establecimiento de las Bases y Criterios de Diseño para uno de los Ingenios seleccionados a manera de ejemplo; sobre los cuales se realizará posteriormente la Ingeniería Básica de la planta propuesta.

*CAPITULO II*  
*TECNICAS ACTUALES*  
*DE TRATAMIENTO*

## ***TECNICAS ACTUALES DE TRATAMIENTO***

En la actualidad se habla mucho de los avances tecnológicos y estos son indiscutibles, pero hasta hace muy poco tiempo se ha empezado a considerar el desperdicio y uso inmoderado de los recursos naturales, así como del desequilibrio creado al agotar los recursos naturales a una velocidad vertiginosa comparada con el ritmo seguido por la naturaleza para crearlos.

En nuestro país, el problema de la contaminación es aún más grave ya que no había existido un interés real por prevenir y controlar las consecuencias que la contaminación trae consigo. La preocupación imperante que, en la mayoría de los mexicanos existía, era eliminar de manera rápida, sencilla y sin costo los desechos producidos. Es obvio que ello no constituye un proceso de control sino más bien una forma inconsciente de contaminar las cuencas hidrológicas, los suelos, mares y la atmósfera.

Por esta razón, la búsqueda y encuentro de nuevos métodos, procesos y formas de colaboración para enfrentar la continua degradación del ambiente, debe ir en línea con las condiciones económicas, legales y tecnológicas que requieren de desarrollos propios para afrontar las cada vez más exigentes, pero necesarias, obligaciones en materia de prevención y control de la contaminación, lo cual no significa omitir la experiencia desarrollada por otros países, sin poder controlar y tratar la contaminación con recursos propios.

Es importante mencionar que la mayor parte de la tecnología actualmente utilizada en nuestro país es, casi en su totalidad importada y como no fue diseñada para las condiciones de México, frecuentemente no resuelve la problemática planteada.

La descarga directa de los desechos a cursos de agua puede agotar el oxígeno disuelto y destruir la vida acuática; también se conocen los posibles efectos fisiológicos prolongados de ciertas sustancias químicas orgánicas que se encuentran en los efluentes industriales, la gran mayoría de los cuales no son eliminados por los procedimientos tradicionales de tratamiento.

## ***TIPOS DE TRATAMIENTOS***

Los diversos métodos existentes para tratar los efluentes líquidos, pueden integrarse dentro de los siguientes procesos:

- Tratamiento Preliminar
- Tratamiento Primario
- Tratamiento Secundario
- Tratamiento Terciario

### ***TRATAMIENTO PRELIMINAR***

Los objetivos de este tratamiento son: Separar o disminuir el tamaño de los sólidos orgánicos que se encuentran en suspensión. Los contaminantes de este tipo son materia fecal, papel, trozos de madera, bagazo y basura en general. Asimismo, se busca eliminar los sólidos inorgánicos pesados que no son susceptibles a la degradación biológica, como arena, grava, objetos metálicos y lograr la separación de grasas y aceites.

### ***TRATAMIENTO PRIMARIO***

Se emplea cuando aún después de realizado el tratamiento preliminar, el contenido de sólidos es considerable; éstos y las partículas más pequeñas pueden ser removidos por métodos físicos y químicos

**Métodos Físicos:** Los sólidos en suspensión son eliminados en función de la acción de la gravedad.

Entre los diversos tipos de tanques de sedimentación, los más comunes son:

- Tanques Sépticos
- Tanques de doble acción
- Tanques de sedimentación simple ascendente con eliminación mecánica de cieno (lodo).
- Clarificadores de flujo ascendente con eliminación de cieno.

Entre los diferentes desnatadores para grasas, aceites y sólidos más ligeros que el agua se tienen diferentes diseños, generalmente acoplados a los sedimentadores para que en un solo equipo se realicen ambos procesos de separación.

**Métodos Químicos:** En muchas ocasiones se presentan problemas de corrosión de los materiales de las plantas de tratamiento así como de los drenajes a causa de la fuerte alcalinidad o acidez de las aguas residuales y por la producción de ácido sulfhídrico durante la descomposición biológica de la materia. Por eso es menester hacer la neutralización de las aguas para evitar problemas posteriores.

**Coagulación:** La coagulación es empleada para eliminar algunos compuestos que se encuentran en estado coloidal en suspensión y que son partículas que no son susceptibles de ser sedimentadas bajo la acción de la gravedad, por lo cual no pueden ser eliminadas por los procesos de tratamiento físico convencionales.

**Desinfección:** La finalidad que tiene la desinfección de las aguas es la de eliminar los organismos patógenos, de modo que se prevenga la proliferación de epidemias y enfermedades generadas por el agua contaminada.

## ***TRATAMIENTO SECUNDARIO***

Mediante los tratamientos preliminar y primario de aguas residuales que contienen cantidades considerables de material biodegradable en forma suspendida, coloidal y soluble, se logra que la contaminación por sólidos sea reducida de un 40 a un 60% y que la demanda bioquímica de oxígeno se abata en un 25 a 30% aproximadamente.

El tratamiento secundario se fundamenta en la descomposición biológica de la materia orgánica coloidal y disuelta con características de biodegradabilidad, para lo cual se emplean cultivos biológicos mixtos que permiten obtener compuestos inertes más estables, logrando así un tratamiento de mayor grado.

## ***TRATAMIENTO TERCIARIO***

Los métodos de tratamiento terciario son métodos avanzados que eliminan contaminantes que aún permanecen después del secundario, esto es, lo que no fue eliminado por los microorganismos (porque son tóxicos o porque éstos no pueden metabolizarlos). Por lo general, se realiza con el fin de obtener un mayor grado de calidad del efluente existiendo la posibilidad de reutilizar directamente esta agua si cumple con los estándares de calidad.

Para la eliminación de los sólidos en suspensión presentes en el efluente secundario se tienen dos métodos: Filtración y Coagulación.

Los compuestos orgánicos disueltos que aún estaban presentes en el efluente secundario, pueden ser la causa, entre otras características negativas, de malos olores, color y sabor desagradables e, incluso, ser tóxicos para la vida animal y vegetal. Los métodos usuales para eliminar éstos contaminantes son: Adsorción, Oxidación, Electrodiálisis e Intercambio Iónico.

## ***TIPOS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO***

Los organismos responsables de los procesos biológicos de depuración pueden encontrarse en dos formas: adheridos u homogéneamente distribuidos en el reactor.

### ***CRECIMIENTO ADHERIDO.***

Las unidades biológicas (medio inerte) se cubren con colonias de microorganismos procedentes de las bacterias de las aguas residuales, formando una película activa en la superficie de contacto, por lo que se produce una concentración de materia coloidal gelatinosa. Las sustancias solubles y coloidales biodegradables presentan en el agua que se está tratando, son adsorbidas y metabolizadas por las enzimas de las bacterias y se reducen a compuestos más simples (Nemerow, 1977).

### ***CRECIMIENTO EN SUSPENSIÓN.***

Para esta formación, se crean poblaciones biológicamente activas aglomeradas o floculadas en diversos tamaños y formas, que son capaces de adsorber la materia orgánica biodegradable de las aguas residuales y por medio de sistemas de oxidación por enzimas es convertida en productos más simples como en el caso anterior. La diferencia principal radica en el hecho de que, en este caso, no existe un soporte sino que los flóculos tienden a encontrarse homogéneamente distribuidos en el reactor, mientras que en el anterior hay una distribución heterogénea que depende de la composición del agua residual en cada punto.

Desde el punto de vista conceptual, el primer sistema puede representarse idealmente como un reactor de flujo pistón y el segundo como un reactor perfectamente agitado.

Asimismo, también se pueden clasificar en cuatro diferentes grupos, considerando el metabolismo de los organismos presentes ya sea en la biopelícula activa o en los flóculos o aglomerados:

### 1. Procesos Aerobios.

En éstos intervienen microorganismos que requieren de la presencia de oxígeno molecular libre en solución para su subsistencia, de cuando menos 2 mg/l. Algunos procesos biológicos de éstas características que tienen uso industrial o municipal son los lodos activados, los reactores empacados o filtros percoladores, los sistemas de aereación extendida, las lagunas de aereación, la digestión aerobia y los reactores biológicos rotatorios.

### 2. Procesos Anaerobios.

Intervienen microorganismos que requieren la ausencia de oxígeno molecular en solución para su subsistencia. Basados en éste proceso se encuentran los llamados digestores (de alta y baja tasa), las lagunas anaerobios y los reactores de biodiscos anaerobios.

### 3. Procesos Anóxicos.

En estos procesos intervienen microorganismos que no requieren de oxígeno molecular libre en solución, puesto que las necesidades de oxígeno las obtienen de compuestos inorgánicos receptores de electrones (nitritos y nitratos).

### 4. Procesos Aerobios-Anóxicos y Anaerobios-Anóxicos.

En ellos intervienen, tanto microorganismos aerobios facultativos y anóxicos como anaerobios facultativos y anóxicos. Ambos procesos biológicos pueden presentar ambas formas de crecimiento microbiano.



## **PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS TRATAMIENTOS**

<b>PROCESO</b>	<b>APLICACIONES</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Separación por gravedad	Para sólidos suspendidos y aceites.	Barato, poco mantenimiento, no tiene elementos mecánicos, relativamente seguro, fácil de operar y bajo consumo de energía	Emisiones volátiles, no remueve componentes disueltos y genera lodos y aceites residuales.
Flotación por aire	Para aceites emulsificados, grasas, y restos de sólidos suspendidos.	Rompe emulsiones, es barato y relativamente seguro.	Emisiones volátiles, no remueve componentes disueltos, no rompe emulsiones químicas, requiere de la adición de químicos, genera espumas, difícil mantenimiento y un alto consumo de energía.
Enlazamiento de aceites	Para aceites emulsificados y libres.	Poco mantenimiento, no requiere elementos mecánicos, rompe emulsiones, mejora la remoción de aceite, no requiere adición de químicos, relativamente seguro y bajo consumo de energía.	No remueve componentes disueltos, genera aceites de desecho y no rompe emulsiones químicas.
Evaporación	Para materia orgánica volátil y reducción del volumen de agua.	Reduce el volumen de agua, remueve contaminantes disueltos, es seguro y fácil de operar.	Emisiones volátiles, alto consumo de energía, mal oliente y difícil mantenimiento.
Filtración	Para aceites emulsificados y libres y sólidos suspendidos.	Remueve algunos contaminantes disueltos, es relativamente seguro, fácil de operar y bajo consumo de energía.	Produce olores, requiere retrolavado, presenta crecimiento de bacterias y difícil mantenimiento.
Adsorción	Para compuestos orgánicos y algunos inorgánicos.	Remueve compuestos orgánicos, es seguro, fácil de operar y baja inversión.	Produce olores, presenta crecimiento de bacterias, difícil mantenimiento y requiere regeneración
Remoción	Para orgánicos volátiles y algunos semivolátiles.	Remueve contaminantes disueltos, relativamente seguro y bajo costo de inversión.	Alto consumo de energía, difícil mantenimiento, produce olores y emisiones volátiles y no remueve componentes orgánicos.
Extracción	Para compuestos orgánicos y algunos inorgánicos.	Remueve contaminantes disueltos, es relativamente seguro, fácil de operar y baja inversión.	Emisiones volátiles, alto consumo de energía, difícil mantenimiento y genera residuos que deben ser tratados.

**Tabla 1: Sumario de tratamientos físicos.**

Sumario De Tratamientos Químicos:

PROCESO	APLICACIONES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Precipitación química	Para remover compuestos inorgánicos y metales.	Remueve componentes disueltos, requiere poco mantenimiento, para la recuperación de metales, relativamente seguro, bajo consumo de energía y fácil de operar.	Emisiones volátiles, requiere manejo y almacenamiento de reactivos, genera lodos, remoción selectiva y requiere adición de químicos.
Recuperación electrolítica	Para altas concentraciones de orgánicos y de metales.	Remueve componentes disueltos, recupera metales, relativamente seguro, es fácil de operar y no genera lodos.	Alto costo de inversión y de operación, remoción selectiva, difícil mantenimiento y produce malos olores.
Intercambio iónico	Para bajas concentración de orgánicos, inorgánicos y metales.	Remueve componentes disueltos, remueve metales, es relativamente seguro y fácil de operar y el agua puede ser reutilizada.	Alto costo de inversión y de operación, remoción selectiva, difícil mantenimiento y produce malos olores.
Osmosis inversa	Para bajas concentraciones de orgánicos, inorgánicos y metales.	Remueve componentes disueltos y metales, es relativamente seguro y fácil de operar y el agua puede ser reutilizada.	Alto costo de inversión y de operación, remoción selectiva, difícil mantenimiento y produce malos olores.
Oxidación/reducción química	Para altas concentraciones de orgánicos y algunos inorgánicos.	Remueve contaminantes disueltos, requiere alto grado de tratamiento y no hay flujo de desechos.	Alto costo de inversión y de operación, remoción selectiva, difícil mantenimiento y operación y alto consumo de energía.

Tabla 2: Sumario de tratamientos químicos.

Sumario De Tratamientos Biológicos:

PROCESO	APLICACIONES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Lodos activados	Para bajas concentraciones de orgánicos y algunos inorgánicos.	Remueve componentes disueltos, requiere de poco mantenimiento, proceso de degradación, relativamente seguro y fácil de operar.	Emisiones volátiles, generación de lodos, alto consumo de energía, susceptible a cambios climáticos y toxinas.
Lagunas aeradas y tanques estabilizadores	Para bajas concentraciones de orgánicos y algunos inorgánicos.	Remueve componentes disueltos, poco mantenimiento, proceso de degradación, relativamente seguro, fácil de operar, baja inversión y consumo de energía y desecho de lodos poco frecuente.	Emisiones volátiles, alto consumo de energía, susceptible a cambios climáticos y toxinas, requiere de grandes extensiones de tierra y no hay control operacional.
Filtros percoladores y reactores de película	Para bajas concentraciones de orgánicos y algunos inorgánicos.	Remueve componentes disueltos, requiere poco mantenimiento, proceso de degradación, relativamente seguro y poca generación de lodos.	Emisiones volátiles, susceptible a cambios climáticos y toxinas, relativamente altos costos de inversión y de operación y susceptible a generar olores.
Degradación anaeróbica	Para bajas concentraciones de orgánicos, orgánicos clorados e inorgánicos.	Remueve componentes disueltos, proceso de degradación, trata desechos clorados, produce metano y reduce la generación de lodos.	Susceptible a cambios climáticos y toxinas, relativamente alta inversión y costos de operación y alto consumo de energía si el metano no es recuperado.

Tabla 3: Sumario de tratamientos biológicos.

Sumario De Tratamientos Térmicos:

PROCESO	APLICACIONES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Oxidación por aire húmedo	Para altas concentraciones de orgánicos y compuestos tóxicos.	Retmueve componentes disueltos, hay proceso de degradación y no se necesita un tratamiento secundario.	Alto consumo de energía, alta inversión y costos de operación, difícil mantenimiento, un poco inseguro y difícil de operar.
Oxidación supercrítica	Para altas concentraciones de orgánicos y compuestos tóxicos.	Retmueve componentes disueltos, hay proceso de degradación, no se necesita un tratamiento secundario.	Alto consumo de energía, alta inversión y costos de operación, difícil mantenimiento, un poco inseguro y difícil de operar.
Incineración	Para altas concentraciones de orgánicos y compuestos tóxicos.	Retmueve componentes disueltos, hay proceso de degradación.	Alto consumo de energía, alta inversión y costos de operación, difícil mantenimiento, un poco inseguro y difícil de operar y requiere tratamiento de gases generados.

Tabla 4: Sumario de tratamientos térmicos.

## ***TREN DE TRATAMIENTO PROPUESTO***

La propuesta se basa primeramente en un tratamiento preliminar en el cual se eliminan los sólidos de gran tamaño por medio de cribas, posteriormente se pasa a un tratamiento físico o primario donde se eliminan por medio de filtros sólidos de menor tamaño, siguiendo después con un tratamiento de tipo químico que es la parte fundamental de este proceso debido a que se utilizan mezclas de químicos patentados que realizan y aceleran la oxidación y precipitación de la materia orgánica disuelta y en suspensión; finalmente se complementa con un tratamiento de tipo terciario en el cual por medio de filtros de carbón activado se eliminan restos de alcoholes, aldehidos, cetonas y olores y color desagradables.

Con este tipo de trenes de tratamiento se pretende descartar por completo la intervención de tratamientos biológicos, los cuales provocan serios problemas de espacio y mantenimiento a los ingenios, ya que para tratar los volúmenes de agua que genera esta agro-industria se requiere de grandes áreas pues los tratamientos de biológico son extremadamente lentos, sin contar con su elevado costo de inversión inicial.

## ***ELEMENTOS DEL PROCESO***

En el cárcamo de recepción de agua a tratar, que se encuentra dentro del límite de batería, se recibe el agua residual del efluente del ingenio que se tratará posteriormente. En este Cárcamo deben eliminarse por medio de 2 cribas todos los macrosólidos de esta corriente (ramas, hojas, bagazo basuras, etc.), en el caso de que tenga un exceso de grasa será eliminada por decantación en el cárcamo de recepción. En esta etapa se hacen homogéneas las distintas corrientes (proceso de fabricación de azúcar de caña y vinazas) recibidas para darles un único pretratamiento, en este punto es posible que se formen o asienten lodos que arrastra la corriente siendo estos retirados de forma manual, antes de que se inicie propiamente el proceso de tratamiento.

El agua que se encuentra en el cárcamo de recepción, se conduce por medio de la bomba principal de agua del Cárcamo al Mezclador Estático, controlada por un electrónivel de paro/arranque, la cual induce al agua a pasar por los 2 Filtros Bote con el fin de remover los sólidos suspendidos de tamaño mayor a 500 micras en el primer filtro y mayores a 300 micras en el segundo. Una vez que pasa el agua por estos equipos es impulsada por medio de la Bomba Principal, la cual es una bomba centrífuga que fue calculada para vencer las pérdidas de presión causadas por los filtros bote. El agua llega al el Mezclador Estático donde se inyectan los reactivos químicos provenientes de los contenedores de reactivos por medio de las Bombas Dosificadoras. En el momento que los reactivos entran en contacto con el agua en el mezclador estático se inician las reacciones químicas que eliminan: fosfatos, la dureza del agua, DBO, DQO, sulfatos, carbonatos; aglomerándolos en flóculos para luego precipitarlos.

Esta parte del proceso se ve favorecida gracias a la presencia de este equipo, el cual es de tipo radial teniendo como características el aprovechamiento de un dispositivo de entrada de flujo para la dosificación de los químicos, por lo tanto se logra una mínima cantidad de mezclado antes de que el flujo tenga contacto con las mamparas, asegurando así una buena mezcla de los reactivos con el agua; asimismo, la temperatura a la que se recibe el agua del ingenio acelera las reacciones (aproximadamente 30-35°C).

A continuación el flujo de agua ya perfectamente mezclado con los químicos es enviado hacia el tanque Digestor. Ahí, se lleva a cabo el 80% de las reacciones químicas. Mediante el empleo de un tubo buzo que va de la parte superior hasta el fondo del Tanque Digestor, por medio de distribuidores se induce al agua a tomar un movimiento circular el cual impulsa a los flóculos que se empiezan a formar dentro del mismo a llegar a las mamparas, en las cuales se aglomeran y caen por gravedad al fondo del tanque; en este equipo la altura y diámetro permiten dar al agua un tiempo de residencia suficiente (30 a 40 minutos), para la formación y sedimentación de los flóculos; con esta precipitación de sólidos el agua comienza a presentar un aspecto aceptable.

El nivel de sedimentación permisible en el Digestor se controla por medio de una válvula en el fondo, este no rebasará la altura máxima dado que se cuenta con un control de nivel, para así evitar un posible arrastre de los flóculos y también debe de haber sedimentos y agua a una altura mínima para evitar que los flóculos que aglomerados forman lodos, se sequen y endurezcan.

Debe de hacerse un análisis químico de estos antes de decidir de cómo disponer de ellos, ya que tomando en cuenta que las concentraciones de químicos son muy bajas y que estos son fácilmente biodegradables, se pueden utilizar como composta o abono.

En adelante el proceso se lleva a cabo en cascada hasta el Clarificador Secundario, a presión atmosférica sin necesidad de rebombeo.

El efluente del Tanque Digestor es derramado por gravedad, desde la parte superior hasta el Clarificador Primario, este equipo es similar al Tanque Digestor, con la diferencia de que tiene menos mamparas y que el tiempo de residencia es menor (30 minutos máximo), ya que este equipo esta destinado a que se lleven a cabo en su totalidad las reacciones químicas. También cuenta con un controlador de nivel de lodos.

La presencia de un Clarificador Secundario permite asegurar la captura de casi el 100% de los sólidos procedentes de las reacciones químicas llevadas a cabo anteriormente y cubre la función de una cisterna para la Bomba de Transferencia que precede a este equipo.

Para el Clarificador Secundario se deberán tener los mismos cuidados que para el Clarificador Primario en lo que a nivel de lodos se refiere.

El efluente del Clarificador Secundario será transferido a presión por medio de la Bomba de transferencia hacia un sistema de filtración automatizada por medio de un Filtro conocido como Autoflush y controlado por caídas de presión, en donde se reduce la turbiedad debida a los sólidos en suspensión remanentes que pudiera tener la corriente,

mediante la acción filtradora de un número adecuado de mallas de diferentes tamaños. Este sistema de filtración esta dotado de un mecanismo de limpieza automática la cual tiene una duración de 15 a 30 segundos por lo cual no se ve afectado el proceso, esta limpieza cuenta con un sistema de aspirado integrado el cual remueve los sólidos en suspensión adheridos a las mallas, este mecanismo se acciona al recibir la señal de una caída brusca en la presión del fluido, lo cual hace que se limpien los filtros y se restablezca la presión original del proceso.

En estos equipos se elimina la materia disuelta que contiene el agua antes de entrar al Sistema de Filtros de Carbón Activado, en donde se absorben principalmente los sólidos disueltos remanentes en la corriente, eliminándose color, olor y sabor que pudieran quedar todavía en el agua.

En la etapa de filtración existen dos trenes de relevo, uno para el filtro Autoflush y otro para el sistema de carbón activado, que pueden funcionar al mismo tiempo o por separado; normalmente se tiene un tren de operación mientras que el otro esta en mantenimiento o reparación. Cuando el proceso así lo requiera (por ejemplo: tratamiento de mayor flujo de agua residual), los 2 trenes pueden estar operando al mismo tiempo. Esto se logra mediante el manejo adecuado de las válvulas de entrada y salida de cada unidad.

Finalmente el agua es enviada a la Pileta Receptora de Agua, para después mandarse fuera de los límites de batería para las necesidades del Ingenio.



## ***RETROLAVADO DE FILTROS***

El retrolavado se hace inyectando agua limpia por la parte inferior del Filtro de Carbón Activado procurando tener un reflujo de retrolavado del doble o triple que el flujo normal de operación así como una presión alta la cual permita que el retrolavado sea eficiente; esta agua sale por el derramadero superior y se le deja fluir hasta que haya arrastrado todos los sedimentos depositados y retenidos por el carbón, esto se lleva a cabo hasta que el agua derramada sale de aspecto aceptable. El agua de retrolavado se envía al cárcamo de recepción de agua para ser tratada nuevamente.

**MATRIZ COMPARATIVA**

CARACTERISTICAS	TRATAMIENTOS TRADICIONALES (BIOLOGICO)	TRATAMIENTO PROPUESTO
Mayor costo de inversión inicial.	✓	
Menores costos de mantenimiento.		✓
Mayor requerimiento de espacio.	✓	
Mayor facilidad de operación.		✓
Mayor eficacia en la remoción de sólidos disueltos, suspendidos y volátiles.	✓	✓
Mayor volumen de agua tratada en menos tiempo.		✓
Generación de olores desagradables.	✓	
Susceptibilidad a cambios climáticos.	✓	
Menor generación de lodos.		✓
Mayor rapidez en el arranque		✓
Facilidades de ampliación de la planta.		✓

*CAPITULO III*  
*ESTUDIO DE MERCADO*

## *ESTUDIO DE MERCADO*

A lo largo de este capítulo se desarrollará la parte correspondiente al Estudio de Mercado, cuyo objetivo fundamental es brindar un panorama claro a la empresa, ya que revela cual es el mercado potencial al que debe ir dirigido el servicio, así como las probabilidades de éxito.

Para la realización de este estudio de mercado se acudió a la Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcohólica con la finalidad de obtener los datos necesarios de los Ingenios Azucareros que han tenido la mayor producción anual de azúcar de caña en los últimos diez años; ya que como se mencionó al inicio, en los objetivos, éste trabajo está enfocado primeramente a los Ingenios de mayor productividad para poder asegurar una rápida recuperación de la inversión.

Otra ventaja que proporciona el estudio de mercado y que es de suma importancia para la realización de cualquier proyecto es la capacidad promedio de las plantas que se tendrán que instalar en los Ingenios Azucareros, ya que de esto depende directamente el costo de inversión inicial, de la misma manera también repercute en el costo de los requerimientos tanto de agentes químicos como de energía eléctrica que es realmente el único servicio auxiliar del que se requiere en las plantas; además de que la capacidad promedio nos proporciona de manera directa las bases y criterios de diseño necesarios para la realización de la ingeniería básica de cada una de las plantas de tratamiento, lo cual se tratará más a fondo en los capítulos subsecuentes.

Los resultados que se muestran a continuación, son los correspondientes a la zafra 97/98, en donde el servicio de información de la Cámara Nacional de la Industria Azucarera confirma que la producción final en este ciclo fue de 5,174,000 toneladas de azúcar<sup>1</sup>. A continuación se presenta las cifras de producción de azúcar, miel y alcohol de cada uno de los ingenios con mayor productividad durante esta zafra, en los cuales se basará el estudio de mercado.

INGENIO	ESTADO	AZÚCAR POR CLASE		ALCOHOL
		REFINADA (TON)	ESTANDAR (TON)	PRODUCIDO (LTS)
San Cristobal	Veracruz	311,857	0	7,704,633
El Potrero	Veracruz	201,207	0	2,504,175
José Ma. Mtz.	Jalisco	0	185,779	0
Tres Valles	Veracruz	181,544	0	0
Puga	Nayarit	0	168,716	0
Atencingo	Puebla	0	145,879	0
Pujilic	Chiapas	0	145,383	4,257,032
El Modelo	Veracruz	0	142,830	0
Emiliano Zapata	Morelos	140,732	0	2,677,301
Tamazula	Jalisco	136,030	0	5,668,720
La Gloria	Veracruz	0	135,805	0
Aarón Saenz	Tamaulipas	117,444	0	6,083,440

Tabla 3.1. Resultados de la zafra 97/98.

<sup>1</sup> Fuente: Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica, Resumen de Producción Zafra 1997-1998.

En las siguientes gráficas se ve representada la producción real de azúcar en los últimos 8 en los 12 ingenios azucareros seleccionados para este estudio de mercado así como una proyección a 10 años en términos de producción<sup>2</sup>.

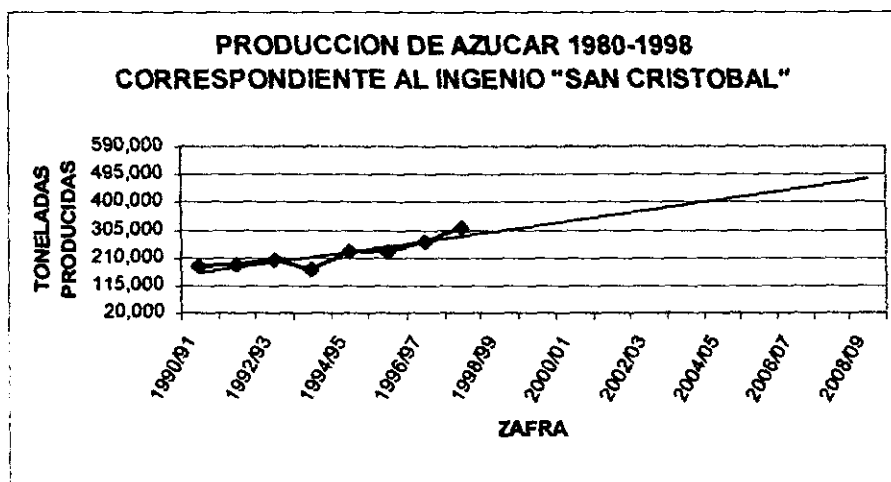


Tabla 3.2. Producción de azúcar 1980-1998 del ingenio San Cristobal.

<sup>2</sup> Fuente: Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica, Resumen de Producción Zafra 1980-1998.

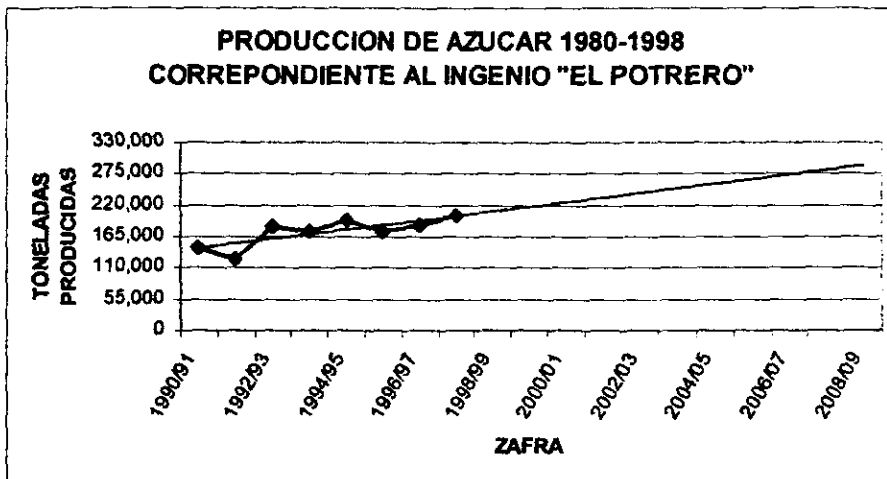


Tabla 3.3. Producción de azúcar 1980-1998 del ingenio El Potrero.

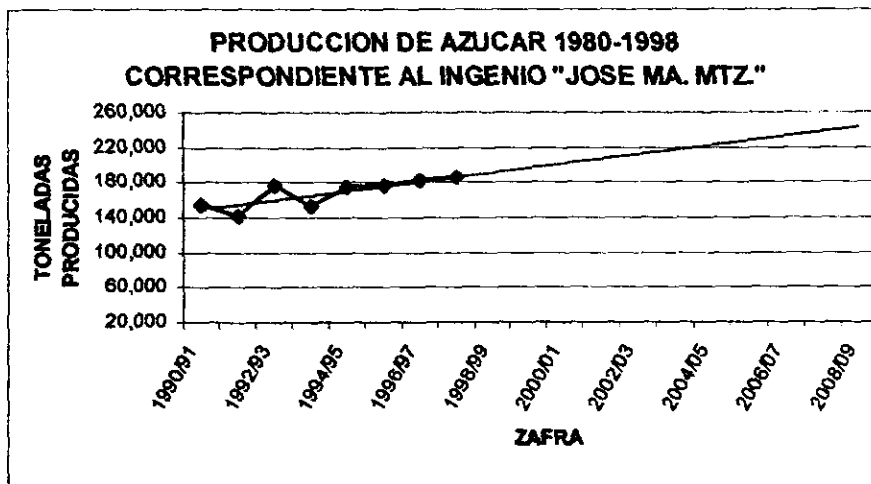


Tabla 3.4. Producción de azúcar 1980-1998 del ingenio José Ma. Martínez.

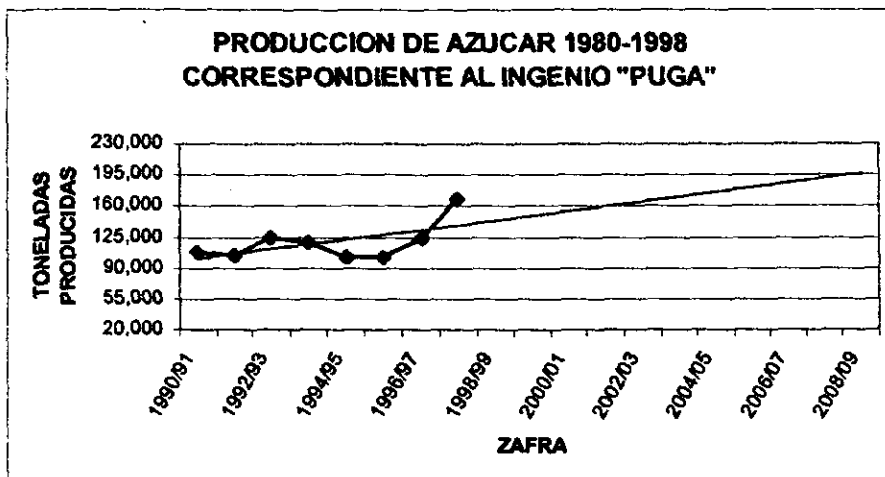


Tabla 3.5. Producción de azúcar 1980-1998 del ingenio Puga.

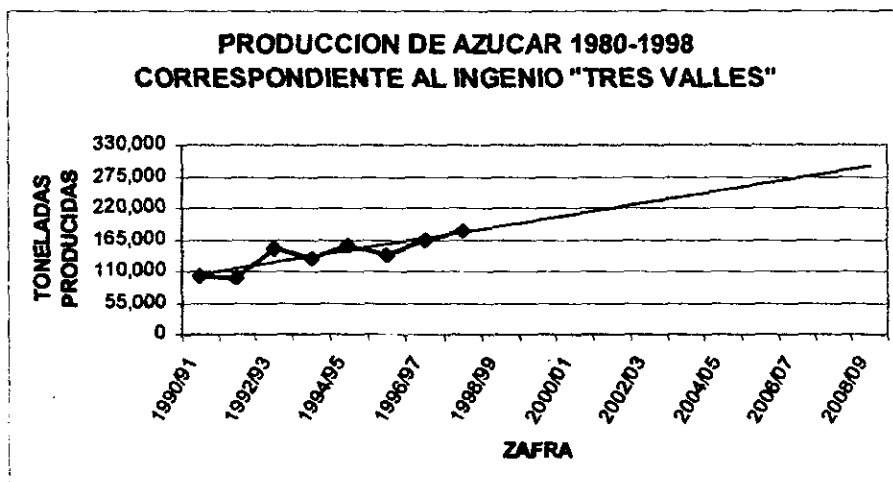


Tabla 3.6. Producción de azúcar 1980-1998 del ingenio Tres Valles.



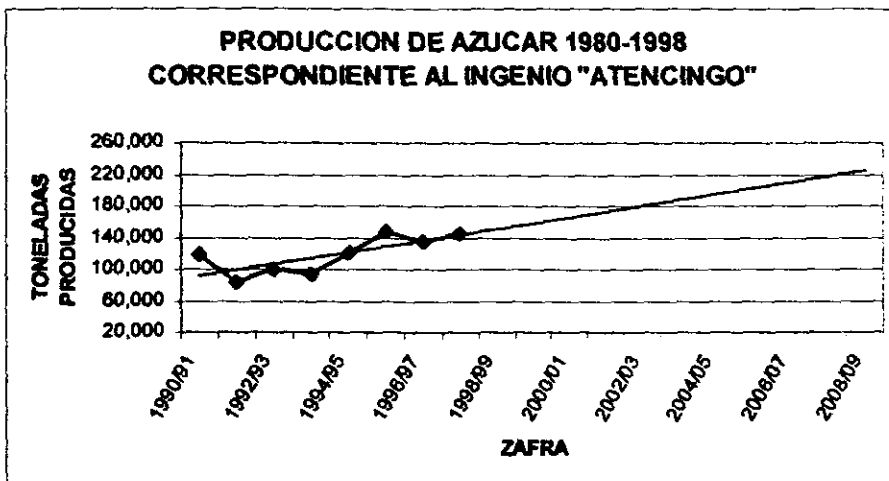


Tabla 3.7. Producción de azúcar 1980-1998 del ingenio Atencingo

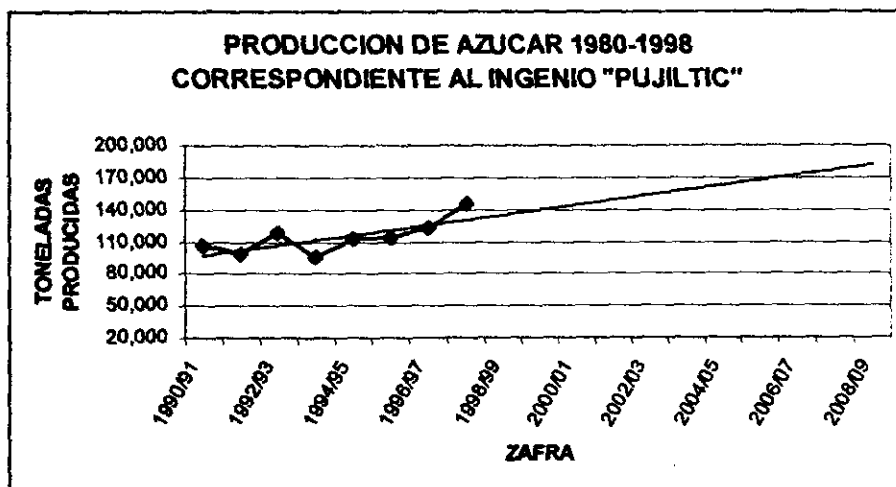


Tabla 3.8. Producción de azúcar 1980-1998 del ingenio Pujiltic.

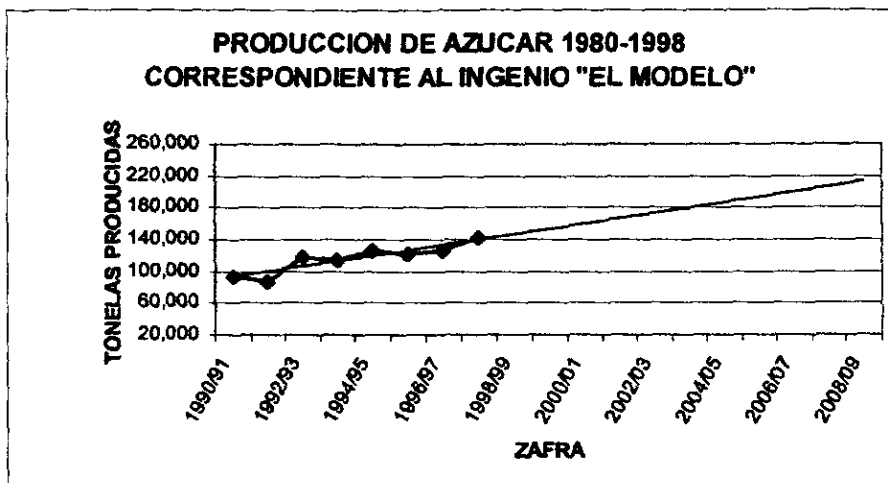


Tabla 3.9. Producción de azúcar 1980-1998 del ingenio El Modelo.

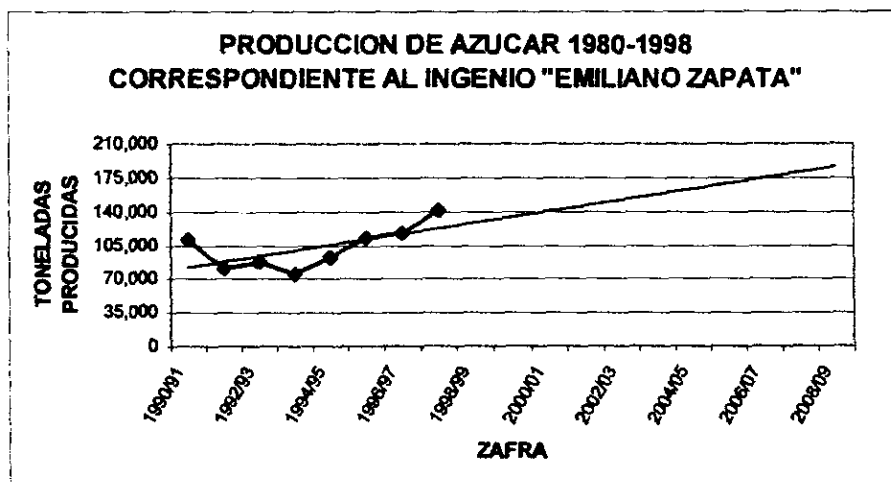


Tabla 3.10. Producción de azúcar 1980-1998 del ingenio Emiliano Zapata.

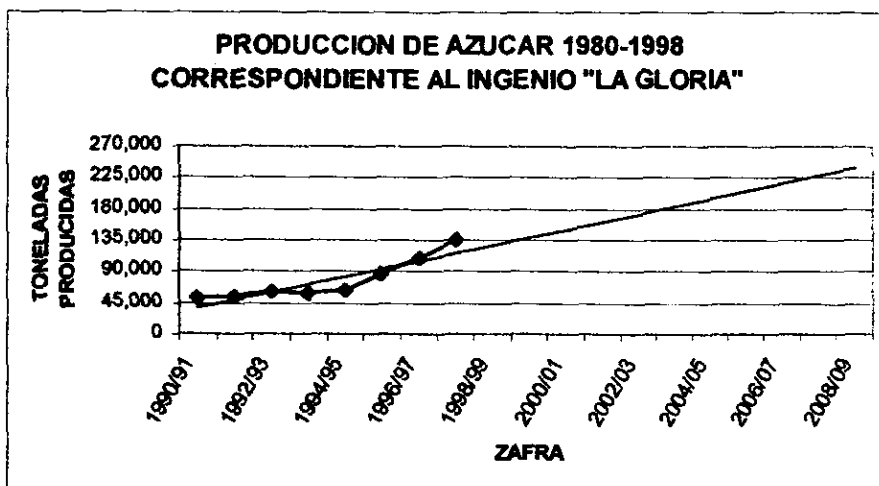


Tabla 3.11. Producción de azúcar 1980-1998 del ingenio La Gloria.

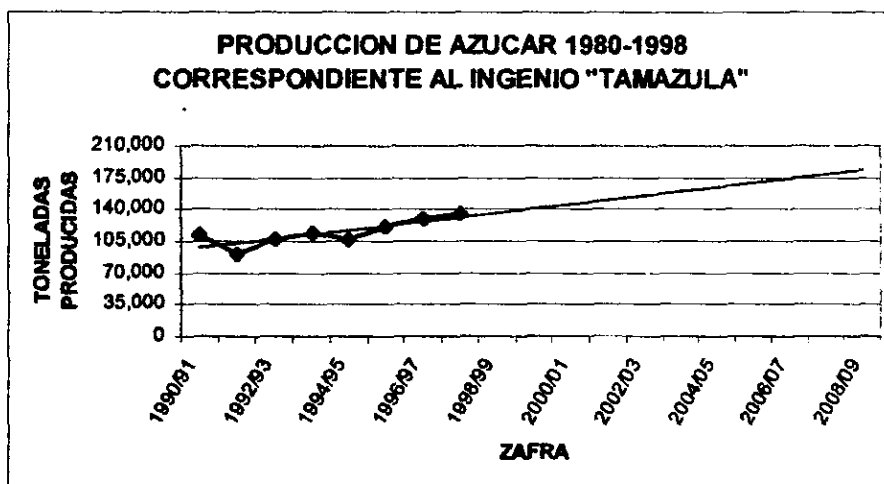
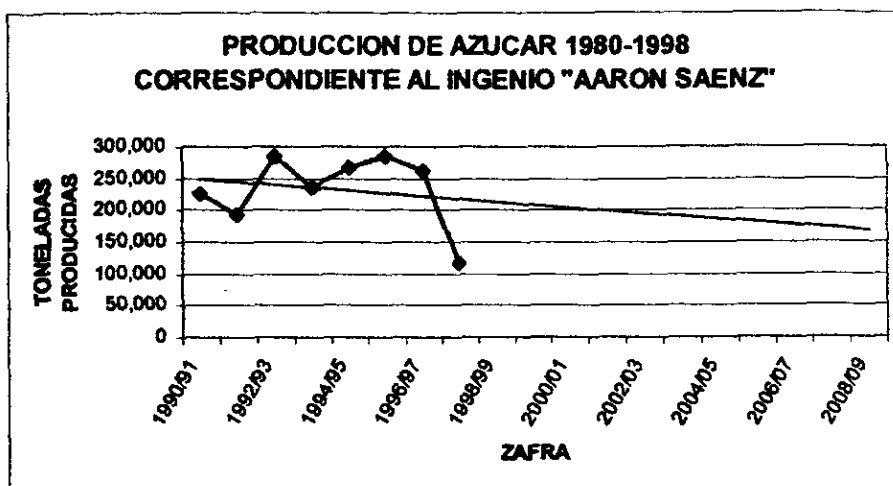


Tabla 3.12. Producción de azúcar 1980-1998 del ingenio Tamazula.



*Tabla 3.13. Producción de azúcar 1980-1998 del ingenio Aaron Saenz.*

Como se puede observar la producción de azúcar de los ingenios ha ido en aumento en la mayoría de ellos en los últimos años, esto principalmente en los ingenios San Cristobal, Puga, Tres Valles, Pujiltic, Emiliano Zapata y La Gloria, que en los dos últimos años han tenido un crecimiento real de más del 15% con respecto a la producción de azúcar del año anterior, además los ingenios San Cristobal, Pujiltic y Emiliano Zapata producen alcohol, lo cual aumenta aún más la cantidad de aguas residuales que se vierten en cuencas hidrológicas.

Los ingenios El Potrero, José Ma. Martínez, El Modelo y Tamazula han tenido un crecimiento moderado de entre el 5 y el 10%; sin embargo, el Tamazula presenta la 3ª producción de alcohol más grande, seguido por el Pujiltic.

Un caso especial es el del ingenio Aaron Saenz el cual no tiene una producción de azúcar tan alta en comparación con los otros ingenios pero es muy importante destacar que se incluyó en este estudio debido a que tiene la 2ª producción más grande de alcohol de caña con más de 6 millones de litros por año lo que lo hace potencialmente contaminante.

Otro dato importante que arrojó el estudio de mercado es que el 42% de los ingenios más grandes del país se encuentran en el estado de Veracruz, de los cuales casi la mitad producen alcohol. Dicho Estado presenta una red hidrológica muy extensa ya que en él se ubican varias de las cuencas más importantes del país que se ven seriamente afectadas por las descargas contaminantes provenientes de los ingenios.

El otro 58% restante se encuentra distribuido principalmente en la zona central y sureste del país.

Como se puede observar, en la gran mayoría de los Ingenios seleccionados por tener las producciones más altas en azúcar y alcohol de caña, se aprecia un comportamiento lineal durante los últimos ocho años en su producción; dicho comportamiento puede proyectar un aproximado a cerca de cómo será la producción en los siguientes 10 años con base en lo cual se sustenta el estudio de factibilidad económica<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Flores García J. y Hernández Tejeda S. La proyección se realizó tomando en cuenta el historial de producción de cada Ingenio, utilizando el método de Mínimos Cuadrados.

## PROYECCION A 10 AÑOS

A continuación se presenta en forma de tabla la *proyección a 10 años* de la producción de azúcar en los ingenios seleccionados así como su correspondiente cantidad de agua residual generada<sup>4</sup>.

INGENIO	Producción de azúcar durante la zafra 97-98 (Toneladas)	Cantidad de agua residual generada zafra 97-98 (m <sup>3</sup> / día)	Producción aproximada de azúcar dentro de 10 años (Toneladas Zafra)	Cantidad de agua residual generada dentro de 10 años (m <sup>3</sup> / día)
San Cristobal	311,587	4,505	477,819	6,902
El Potrero	201,207	2,906	290,476	4,196
José Ma. Martínez	185,779	2,683	244,209	3,527
Tres Valles	181,544	2,622	292,081	4,219
Puga	168,716	2,437	196,565	2,839
Atencingo	145,879	2,107	224,570	3,244
Pujilic	145,383	2,100	182,492	2,636
El Modelo	142,830	2,063	213,241	3,080
Emiliano Zapata	140,732	2,033	187,111	2,703
Tamazula	136,030	1,965	182,527	2,637
La Gloria	135,805	1,962	239,655	3,462
Aarón Saenz	117,444	1,696	167,992	2,427

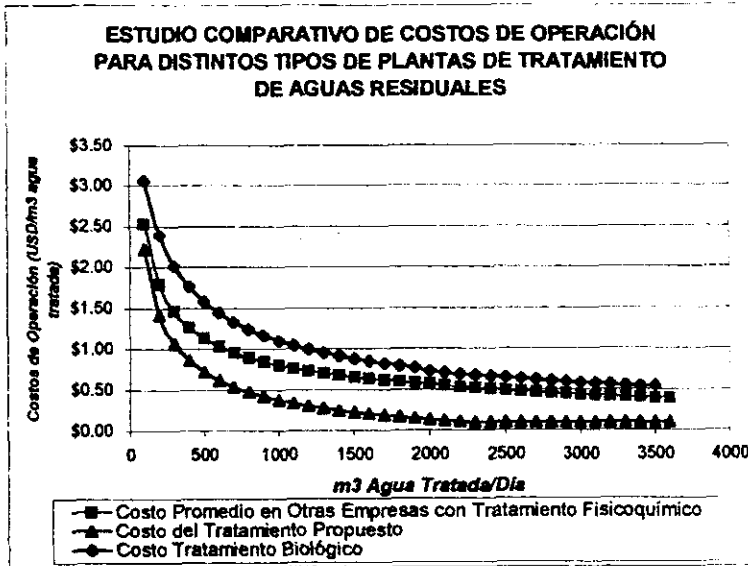
*Tabla 3.14. Proyección de la producción a 10 años.*

Con base en los datos anteriores, se puede observar que de la misma manera en que la producción de azúcar en el país tiene una tendencia a la alza, la generación de aguas residuales aumenta proporcionalmente, es decir, que la inversión en la planta de tratamiento de aguas propuesta se justificaría en términos de un ahorro en el consumo de agua para la producción de azúcar y en la reducción en el pago de multas por contaminación a los mantos acuíferos.

<sup>4</sup> Flores García J. y Hernández Tejeda S. La proyección de Agua Residual se calculó con base en la relación que existe entre las toneladas de azúcar producidas y la cantidad de Agua Residual que se genera.

## *ANALISIS DE LA COMPETENCIA*

Por lo que se refiere a la competencia a la que la empresa se enfrentaría, se realizó una investigación entre las principales compañías que brindan el servicio de tratamiento de aguas residuales por métodos fisicoquímicos. Producto de esta investigación realizada a las compañías NALCO, IBTech y Kämpfe; empresas líderes en el ramo de tratamiento de aguas residuales, se conoció que el precio promedio de agua tratada se cotiza en el mercado en un promedio de \$15.<sup>5</sup> La siguiente gráfica muestra el promedio de un estimado en los Costos de Operación para una planta de tratamiento de aguas por métodos fisicoquímicos, que al igual que nuestra propuesta utiliza como principal floculante el policloruro básico de aluminio y en la parte final del tren de tratamiento, con el fin de alcanzar la calidad de agua requerida por la norma NOM-001-ECOL-1996, también se incluye un ozonificador, por lo que el tratamiento es similar y por lo mismo la comparación es válida.



*Tabla 3.15. Comparación de costos de operación*

<sup>5</sup> Flores García J. y Hernández Tejeda S. Los datos necesarios para obtener el Precio Promedio del agua tratada fueron proporcionados por cada una de las empresas arriba mencionadas y son válidos para el mes de Abril de 1999.

*CAPITULO IV*  
*ANALISIS DE*  
*FACTIBILIDAD*  
*ECONOMICA*  
*Y FINANCIERA*



## *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD ECONOMICA*

Los costos del tratamiento de agua residual varían ampliamente dependiendo de su calidad, el proceso, el tren de tratamiento, el número de operaciones empleadas, los costos locales de mano de obra, los materiales, terrenos, energía, entre otros factores.

La evaluación económica busca expresar todas las variables involucradas en el proyecto en términos cuantificables y fáciles de expresar en dinero y aplicar el criterio de decisión adecuada al tipo de proyecto.

Conviene asentar que no siempre es posible expresar todas las recuperaciones de un proyecto en términos monetarios. Existen costos y beneficios de tipo social, de salud, de bienestar aun de índole económica que son imposibles de cuantificar en el proyecto en estudio.

## *COSTOS TOTALES*

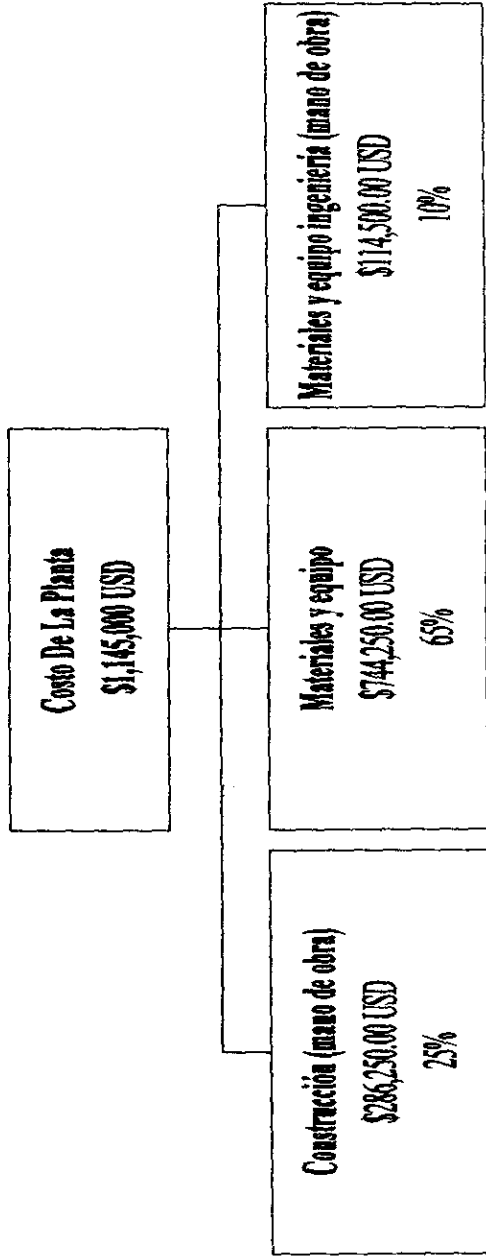
Para los costos totales se tomaron en cuenta los costos de la planta en sí, además de los costos correspondientes a la ingeniería civil y eléctrica que derivan de la construcción de la planta.

Costos de la planta	1,145,000.00 USD
Costos de la obra civil	187,500.00 USD (10-15 % Costo de la planta)
Costos de la instalación eléctrica	37,500.00 USD (2-3 % Costo de la planta)
Aspecto legal	30,000.00 USD (2 % Costo de la planta)
Gastos de Pre-operación e imprevistos	100,000.00 USD (10% Costo de la planta)
<b><i>Costo Total</i></b>	<b><i>\$1,500,000 USD</i></b>

En el Costo Total de la planta intervienen los siguientes conceptos:

- Equipos (Metal-Mecánicos)
- Equipos Eléctricos
- Equipos Neumáticos
- Ingeniería y Diseño
- Instalación
- Arranque
- Capacitación
- Lo referente a la filosofía de operación (Manuales)

El Costo Total de la planta se puede dividir en:



## *COSTO DE LA PLANTA*

Estos son los costos para la construcción de la planta, para después poder estimar en función de este todos los demás costos asociados al proyecto de su construcción.

### ➤ CONSTRUCCIÓN

Civil	\$85,875.00 USD (30%)
Mecánico	\$143,125.00 USD (50%)
Eléctrico	\$34,350.00 USD (12%)
Instrumentación	\$22,900.00 USD (8%)
<b>Total</b>	<b>\$286,250.00 USD</b>

### ➤ INGENIERÍA

Ingeniería de Proceso	\$17,175.00 USD (15%)
Ingeniería Civil	\$17,175.00 USD (15%)
Ingeniería Mecánica	\$28,625.00 USD (25%)
Ingeniería Eléctrica	\$11,450.00 USD (10%)
Instrumentación	\$17,175.00 USD (15%)
Tubería	\$22,900.00 USD (20%)
<b>Total</b>	<b>\$114,500.00 USD</b>

➤ MATERIALES Y EQUIPOS

Bombas centrifugas	5	\$5,954
Bombas dosificadoras	8	\$3,722
Digestor	1	\$96,752
Tanques para reactivos	4	\$74,425
Sedimentador	1	\$89,310
Pileta de lodos	1	\$81,870
Filtro autoflush	2	\$133,965
Filtros de carbón activado	2	\$66,982
Pileta de agua tratada	1	\$29,770
Clarificadores	2	\$81,870
Válvulas y tuberías	-	\$104,195
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>\$744,250.00</b>

Sumando todos los conceptos el costo total de la planta se estima en:

$$\begin{array}{r}
 \text{Construcción} + \text{Materiales y equipo} + \text{Ingeniería} = \text{Total} \\
 \$286,250.00 + \$744,250.00 + \$114,500.00 = \$1,145,000.00 \text{ USD}
 \end{array}$$

➤ ASPECTO LEGAL

2% de la inversión total

Manifiesto de Impacto Ambiental.	\$2,500
Informe Preventivo de Impacto Ambiental.	\$4,500
Medidas de Mitigación.	\$4,300
Inventario de Emisiones a la Atmósfera.	\$4,000
Análisis de Riesgo.	\$3,200
Registro como Generador de Residuos Peligrosos.	\$3,700
Registro de Descarga de Aguas Residuales	\$3,800
Permiso de Construcción	\$4,000
<b>Total</b>	<b>\$30,000.00 USD</b>

## ***COSTO TOTAL DE LA PLANTA***

Sumando todos los subtotaes se tiene que el Costo Total de la planta es:

Costos de la planta	\$1,145,000.00 USD
Costos de la obra civil	\$187,500.00 USD (del 10 al 15 % del costo de la planta)
Costos de la Instalación Eléctrica	\$37,500.00 USD (del 3 y 4% del costo de la planta)
Aspecto legal	\$30,000.00 USD (Se considera el 3% del costo de la planta)
<b><i>Costo Total</i></b>	<b><i>\$1,500,000.00 USD</i></b>

## *COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO*

Para el funcionamiento de la planta se requerirán los siguientes costos de operación y mantenimiento: corriente eléctrica, químicos y salarios de personal:

Corriente Eléctrica	\$5233.00 USD/mes
Químicos 1700 m <sup>3</sup> / día	\$2253.30 USD/mes
Profesionista al mes	\$465.11 USD (2 visitas al mes)
3 Técnicos	\$697.67 USD mensual
2 Ayudantes	\$279.06.00 USD mensual
1 mecánico	\$418.06 USD mensual

**\$9346.2 USD mensuales**

### ➤ **COSTOS POR M<sup>3</sup> DE AGUA TRATADA**

Corriente Eléctrica	\$0.1026 USD/m <sup>3</sup>
Químicos	\$003210.044 USD/ m <sup>3</sup>
Profesionista	\$0.009 USD/m <sup>3</sup>
3 Técnicos	\$0.0136 USD/m <sup>3</sup>
2 Ayudantes	\$0.0054 USD/m <sup>3</sup>
1 Mecánico	\$0.0082 USD/m <sup>3</sup>
<b>Costo total</b>	<b>\$0.183 USD/m<sup>3</sup></b>



ABASTECIMIENTO DE AGUA

Costo: \$0.69 USD /m<sup>3</sup>

---

Agua total                \$1,186.00 USD al día

Desechos Industriales del Ingenio

Costo: \$0.93 USD /m<sup>3</sup>

---

Desechos totales        \$1,581.00 USD al día

GASTOS DE LA EMPRESA EN EL AGUA

Agua:                    \$1,186.00 USD

Desechos:              \$1,581.00 USD

---

Gasto Total             \$ 2,767.00 USD diarios

**AHORRO CON LA PLANTA INSTALADA**

A continuación se calcula cuanto se ahorraría durante el periodo de la zafra si se instala la planta de tratamiento como la cotizada.

**Con la planta de tratamiento instalada:**

Mantenimiento        \$56,093.00 USD

1° carga de agua      \$ 1,186.00 USD

---

**Gasto Total            \$57,279.00 USD**

**Sin la planta de tratamiento instalada:**

Agua limpia            \$213,488.00 USD

Agua de desecho      \$284,651.00 USD

---

Gasto Total            \$498,139.00 USD

## *CREACION DE LA EMPRESA*

El fin de esta tesis es la propuesta para la creación de una empresa la cual se dedicará a dar un servicio a los ingenios azucareros, los cuales debido a su situación les es difícil llevar a cabo un proyecto para la instalación de plantas de tratamiento debido al alto costo que ello representa; la idea de la empresa es básicamente proponerles una alternativa a los problemas de la contaminación, permitiendo la instalación de la planta de tratamiento dentro de las instalaciones aledañas al ingenio.

Los ingenios podrán o no participar en la empresa aportando capital y obteniendo parte de las utilidades, las cuales provendrán de la venta del agua tratada dentro y fuera de la empresa, es decir el ingenio pagará una cantidad menor de agua de la que normalmente consume ya que podrá recircularla al ingenio sin ningún problema, además de las utilidades que se podrán obtener de la venta y uso de este líquido para riego, sin contar claro con los beneficios ecológicos y sociales que esto produciría

**BALANCE GENERAL DE LA EMPRESA (EXPRESADO EN DOLARES)**

<i>Activo Circulante</i>		<i>Pasivo Circulante</i>	
Caja y bancos	\$90,740	Cuentas por pagar	\$120,000
Inventarios	\$6,760		
Cuentas por cobrar	\$37,500		
<b>Total de Activo Circulante \$135,000</b>			
<i>Activo Fijo</i>		<i>Pasivo Fijo</i>	
Activos Tangibles	\$1,145,000	Crédito Refaccionario	\$1,280,000
Imprevistos	\$120,000		
<b>Total de Activo Fijo \$1,365,000</b>			
<b>Total de Activos \$1,500,000</b>		<b>Total de Pasivos + capital \$1,500,00</b>	

# ESTADO DE RESULTADOS

Tabla 4.1 Estado de resultados<sup>1</sup>

	1	1.04	1.08	1.12	1.16	1.2	1.24	1.28	1.32	1.36
FACTOR DE INFLACION										
COSTO DE AGUA TRATADA	55,698	58,238	62,897	70,446	81,716	98,038	121,593	156,638	205,444	279,403
PRECIO DE AGUA TRATADA	460,000	468,000	505,440	558,000	608,688	708,000	877,121	1,280,715	1,660,944	2,445,284
AHORRO BRUTO	394,002	409,762	442,543	487,554	526,972	609,962	755,528	1,085,076	1,455,501	1,865,881
DEPRECIACION	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000
AHORRO ANTES DEL ISR Y PTU	269,002	284,762	317,543	370,554	401,972	484,962	630,528	970,076	1,330,501	1,740,881
ISR	80,701	85,428	95,283	111,194	134,988	169,483	219,198	291,028	383,150	502,284
PTU	28,900	29,476	31,754	37,085	44,985	56,494	73,063	97,008	132,000	184,088
AMORTIZACION	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000	125,000
AHORRO NETO	286,401	286,861	315,526	347,369	381,971	458,985	580,317	707,046	917,351	1,229,523

<sup>1</sup> El Ahorro Neto es en realidad las utilidades que se tendrán de la venta de agua en un año, y se considera como el Flujo Neto de Efectivo tomando en cuenta un factor de inflación de 0.04% anual. Roberth H. Perry tabla 2.5-14.

**FLUJO NETO DE EFECTIVO SIN FINANCIAMIENTO**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	TOTAL
0											1,500,000											-1,500,000
1	55,988		450,000	107,801																		411,401
2	58,238		468,000	113,906																		420,857
3	62,887		505,440	127,017																		440,525
4	70,445		555,083	148,239																		472,388
5	81,716		655,668	178,981																		519,971
6	98,059		788,001	225,977																		588,955
7	121,588		977,121	282,211																		688,317
8	155,638		1,250,715	368,031																		832,045
9	205,444		1,650,944	528,200																		1,042,300
10	279,403		2,245,284	738,352							150,000											1,354,528

*Tabla 4.2 Flujo Neto de Efectivo sin Financiamiento*

<sup>2</sup> Para el valor de Rescate se tomó como criterio un 10% del costo total de la inversión fija.

## CALCULO DEL VALOR PRESENTE NETO (VPN)

Este método consiste en determinar la equivalencia, en el tiempo cero, de los flujos de ahorro que en el futuro generará el proyecto. Cuando el resultado es positivo entonces la inversión puede ser recomendable. El VPN se obtiene sumando sus beneficios netos anuales actualizados a una determinada tasa de interés de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$VPN = -S_0 + \left( \frac{S_1}{1+i} \right) + \left( \frac{S_2}{(1+i)^2} \right) + \dots + \left( \frac{S_t}{(1+i)^n} \right)$$

Donde:

$S_0$  = Inversión Inicial en el tiempo o periodo cero.

$S_t$  = Flujo Neto de Ahorro para el periodo t.

i = Tasa de Interés.

n = Número de años.

ANO	FLUJO NETO DE AHORRO	FLUJOS DESCONTADOS
0	-1,500,000	
1	236,401	\$ 194,057.79
2	245,857	\$ 165,870.75
3	265,526	\$ 146,876.05
4	287,389	\$ 135,036.28
5	344,971	\$ 128,584.85
6	413,965	\$ 128,863.78
7	513,317	\$ 128,930.48
8	657,046	\$ 135,471.18
9	867,301	\$ 146,791.98
10	1,729,529	\$ 188,192.38

Tabla 4.3 Flujo Neto de Ahorro

Sustituyendo en la ecuación anterior los valores correspondientes al Flujo Neto de Ahorro y considerando una Tasa de interés del 30% se obtiene:

$$VPN = 107,700$$

### *EVALUACION DE LA TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)*

Este indicador refleja el rendimiento de los fondos invertidos. Es una tasa de actualización que hace nulo el valor actual neto del proyecto, cuando el VPN es cero. Es decir, que a diferencia del VPN, la TIR supone que el cálculo de ésta va al encuentro de una tasa de interés, generalmente mediante tanteos.

$$TIR_{\text{aprox}} = \frac{(i_2 \times VPN_1) - (i_1 \times VPN_2)}{VPN_1 - VPN_2}$$

De esta forma se obtiene:

$$TIR = 21.76 \%$$

## **ANALISIS BENEFICIO-COSTO (B/C)**

Este indicador se define como la relación entre los beneficios y los costos a valores actuales. Si la relación B/C es mayor o igual que uno, el proyecto deberá aceptarse por cuanto indica que los beneficios son mayores que los costos. Lo anterior se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$B/C = \frac{\sum \frac{AB_j}{(1+i)^j}}{\sum \frac{I_j}{(1+i)^j} + \sum \frac{CO_j}{(1+i)^j}}$$

Donde:

AB = Ahorro Bruto

CO = Costos de Operación y Mantenimiento

I = Costos de Inversión fija y diferida



i = Tasa de Interés

j = Vida Útil del Proyecto

ANO	COSTO DE OPERACION Y MITO.	C. INFLAJ Y DIF.	AHORRO BRUTO	Inversión/(1+i)	CO/(1+i)	AHORRO BRUTO/(1+i)
0						
1	55,998	1,500,000	285,401	1,500,000	46,694	249,044
2	58,238	0	295,875	0	50,642	257,283
3	62,897	0	315,525	0	54,693	274,370
4	70,445	0	347,368	0	61,256	302,077
5	81,716	0	384,971	0	71,057	343,452
6	98,068	0	463,985	0	85,269	403,446
7	121,593	0	583,317	0	105,733	469,841
8	155,639	0	707,046	0	135,338	614,822
9	205,444	0	917,300	0	178,647	797,652
10	279,403	0	1,228,528	0	242,959	1,069,155
			<b>Total</b>	<b>1,500,000</b>	<b>1,064,288</b>	<b>4,801,144</b>

Tabla 4.4 Analisis Beneficio - Costo.

Sustituyendo los valores de la tabla 4.4 en la fórmula y para una  $i = 0.30$  obtenemos:

**B/C = 1.89**

## ***PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSION (PRI)***

El ahorro neto por año (ANA) es el que está reportado en la tabla 4.2. La suma de estos valores es la siguiente:

$$\text{ANA} = \$ 6,021,302 \text{ USD}$$

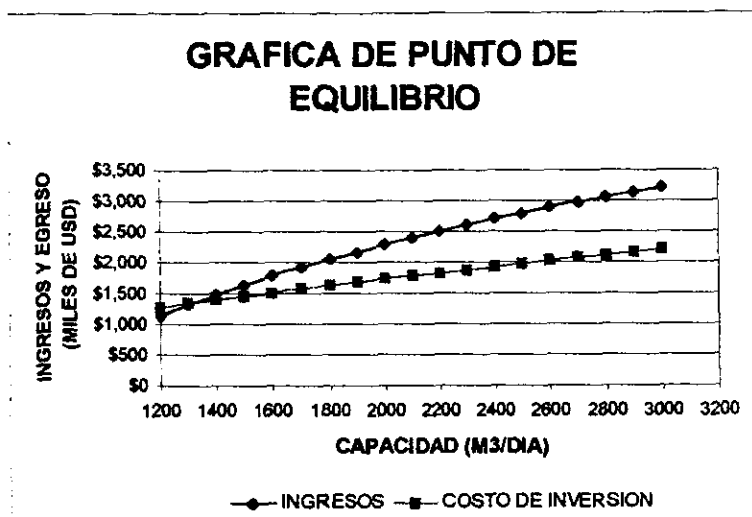
De la misma tabla, la inversión neta requerida (INR) es de \$ 1,500,000 USD. Al sustituir estos valores en la siguiente ecuación, se obtiene el período de recuperación de la inversión.

$$PRI = \frac{ANA}{INR}$$

$$\mathbf{PRI = 2.5 \text{ años}}$$

Como podemos observar el proyecto es económicamente viable, tomando en cuenta que la TIR es del 22.52% la cual es mayor que al TMAR; en cuanto al beneficio costo que es de 3.43 cuando el mínimo para un proyecto es de uno, y finalmente el período de recuperación de la inversión es de 2 años y medio, lo cual es bastante razonable para este tipo de proyectos.

## PUNTO DE EQUILIBRIO



Gráfica 4.5. Punto de Equilibrio.<sup>3</sup>

El punto de equilibrio es en términos generales el nivel de producción en el que son exactamente iguales los beneficios por ventas a la suma de los costos fijos y los variables<sup>4</sup>; es decir, es el nivel mínimo de producción en el cual no se van a tener ganancias, pero tampoco pérdidas. Cabe mencionar que esta no es una técnica para evaluar la rentabilidad de una inversión, sino únicamente es una importante referencia que debe tomarse en cuenta al momento de analizar la factibilidad de un proyecto.

El Punto de Equilibrio se calculó de acuerdo a los ingresos que tiene cada planta a diferentes capacidades y tomando los ingresos netos después de considerar los gastos de operación y mantenimiento; como se puede ver en la gráfica 4.5, el Punto de Equilibrio se encuentra cuando se tiene una planta de tratamiento de agua con una capacidad de 1,400 m<sup>3</sup>, con una inversión e ingresos anuales de 1,400,000 USD; de hecho se tomó un criterio mínimo de 1700 m<sup>3</sup> de capacidad para poder considerar un tiempo de recuperación de la

<sup>3</sup> Flores García J. y Hernández Tejeda S. Calculada con base en los Costos de Inversión y de Ingresos de manera teórica.

inversión relativamente corto, de lo contrario el periodo de recuperación podría extenderse hasta 10 años, lo cual lo hace poco atractivo. En realidad los costos de inversión no varían tanto de una capacidad de planta a otra como lo hacen los ingresos, y esto es lógico si se toma en cuenta que a mayor cantidad de agua tratada los costos de operación y mantenimiento no se incrementan de manera considerable, y ello permite tener una mayor cantidad de ingresos.

---

<sup>4</sup> Baca Urbina G., Evaluación de Proyectos 3ª Edición.

## *PLANEACION DEL PROYECTO*

Cuando se hace referencia a la ingeniería de proyectos, se debe entender por ésta como todo el camino que es necesario seguir para alcanzar un objetivo cuyo logro, requiere de una serie de actividades en las que intervienen diversas disciplinas, entre las que se incluye la ingeniería química.<sup>5</sup>

En cuanto al objetivo, consiste en forma una empresa dedicada al tratamiento de aguas residuales provenientes de ingenios azucareros, se pueden identificar las siguientes fases en la ejecución de este proyecto:

- Planeación
- Estudio de Factibilidad Técnico-Económica
- Ingeniería Básica
- Ingeniería de Detalle
- Ingeniería de Procura
- Construcción
- Pruebas y arranque

Estas fases, si bien diferenciables, están estrechamente interrelacionadas, es decir, debe existir una secuencia lógica para el desarrollo del proyecto. Por ejemplo, para iniciar la ingeniería de detalle, es necesario que ciertas actividades de la ingeniería básica hayan concluido.

Si bien la etapa de la ingeniería básica es el campo de acción natural del profesional de la carrera de ingeniería química, la planeación y el estudio de factibilidad técnico-económica son posibles campos de especialización de esta carrera.

---

<sup>5</sup> Ramírez, C.H. Desarrollo de la Ingeniería Básica para el diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales a Bases de un Humedal Artificial de Flujo Horizontal. Tesis Profesional, 1998, UNAM, México.

Actualmente en México existe un número muy limitado de sistemas de tratamiento de aguas residuales, a pesar de que se presentan un sinnúmero de problemas de tipo ambiental debidos a la generación de aguas residuales cortaminadas. La meta principal es la construcción de sistemas que proporcionen una solución técnicamente factible y económicamente viable para las condiciones que prevalecen en los diferentes ingenios azucareros seleccionados.

De acuerdo al capítulo V y VI se elaborarán los documentos que comprenden la ingeniería básica, los cuales son principalmente:

- Bases de diseño, en las que se fijan los lineamientos de diseño para las plantas de tratamiento de aguas residuales propuestas.
- Criterios de diseño, los cuales tiene la finalidad de establecer y uniformizar la aplicación de todos los criterios a considerar en el diseño de los equipos de tratamiento en el sistema propuesto.
- Balances Globales de agua, donde se indican las características de las diversas corrientes que entran y salen de los equipos de tratamiento.
- Descripción detallada del proceso de tratamiento, en este punto se menciona ampliamente el funcionamiento e interrelación de todos los equipos así como la finalidad en su ubicación.
- Diagrama de Flujo de Proceso del tratamiento, en esta parte se visualiza de manera esquemática el seguimiento lógico del proceso, tomando en cuenta únicamente las líneas y equipos principales.
- Diagrama de Tubería e Instrumentación, en el cual se representan todas las líneas participantes en el proceso, así como la instrumentación básica correspondiente.

- Filosofías Básicas de Operación, donde se analiza el comportamiento del proceso bajo condiciones normales y anormales.

Para la generación del programa de fechas, se toman en cuenta los siguientes factores:

- La meta a alcanzar.
- Los recursos humanos, técnicos y económicos con los que se cuenta.
- Las limitantes para poder cumplirla.

Estas tres características son de vital importancia para poder elaborar los siguientes documentos:

- Cronología de actividades, en la cual se programa el orden a seguir en cada una de las actividades correspondientes al proyecto propuesto.
- Diagrama de Gantt, en donde se muestra en forma tabulada el orden y la duración de las actividades correspondientes al proyecto así como las precedencias de las mismas en un calendario establecido.
- Estimado de Horas-Hombre, aquí se visualiza en forma gráfica la inversión programada y real de las horas destinadas a la realización del proyecto.

A continuación se presentan las actividades de las cuales constará el proyecto, sus precedencias, la duración de las mismas

Núm	Actividad	Duración (días)	Fecha inicio	Fecha término	Actividad precedente
1	<b>Inicio del proyecto</b>	1			-
2	Muestreo de corrientes	2			1
3	Análisis de las muestras	5			2
4	Reporte de resultados	1			3
5	Análisis de resultados	1			4
6	Cálculo de reactivos necesarios	1			5
	<b>Evaluación económica</b>				
7	Presupuesto de inversión global	6			-
8	Costos de operación y mantenimiento	8			5,7
	<b>Ingeniería básica</b>				
9	Bases y criterios de diseño	10			8
10	Descripción del proceso	1			9
11	Diagrama de flujo de proceso	2			10
12	Balance de materia y energía	3			9,11
13	Diseño de los equipos y sistemas	5			9,12
14	Especificación de equipos y materiales	5			13
15	Arreglo general del sistema	2			11,13
16	Requerimiento de servicios auxiliares	2			9,10,12
17	Elaboración de planos	5			11,15
18	Elaboración de filosofías de operación	7			10,11,14
	<b>Ingeniería de detalle</b>				
19	Levantamiento topográfico	5			15
20	Diseño estructural de los equipos	5			14
21	Diseño hidráulico	3			20
22	Especificación detallada de los equipos	5			20,21
23	Diagramas típicos de instalación	9			15,17
24	Diagrama de tubería e instrumentación	2			11,15,17,23
25	Isométricos de tubería	3			24



26	Planos a detalle de los equipos	6		22
27	Lista de equipos y materiales	1		26
28	Lista de tuberías y válvulas	1		24
	<b>Procura de equipos y materiales</b>			
29	Cotización	14		27,28
30	Análisis técnico-económico	2		29
31	Selección de compra de materiales y equipo	2		30
32	Entrega de materiales y equipos	15		31
33	Inspección de materiales y equipos	3		32
	<b>Construcción</b>			
34	Limpieza de terreno	3		19
35	Excavación y cimentaciones	15		34
36	Montaje de estructuras	5		35
37	Montaje de equipos	5		36
38	Montaje de tuberías e instrumentos	5		36
	<b>Arranque y operación</b>			
39	Pruebas de todo el sistema	2		37,38
40	Arranque y estabilización	7		39
41	Pruebas de tratabilidad	2		40
42	Manuales detallados de operación y mantenimiento	3		41
43	Fin del proyecto			42

*Tabla 4.5. Programación del proyecto.*

*CAPITULO V*  
*INGENIERIA BASICA*

## *ESTABLECIMIENTO DE LAS BASES DEL DISEÑO DEL PROCESO*

En las bases de diseño se describen con todo detalle: El objetivo global del proceso, normas de ingeniería, manuales de operación, mantenimiento, códigos y reglamentos de seguridad, preferencias respecto al equipo y proveedores y toda aquella información adicional que pueda tener injerencia sobre la instalación futura. Es importante enfatizar que el tiempo invertido en esta etapa crítica puede economizar posteriormente muchas horas de labor de ingeniería. Las bases de diseño deben considerar los siguientes factores para establecerlas:

1. Alternativas del proceso.
2. Requerimientos económicos.
3. Tamaño de la planta.
4. Programación del proyecto.
5. Expansión futura anticipada.
6. Obsolescencia futura del proceso.
7. Control y aseguramiento de la calidad a seguir en el proyecto.

## *BASES DE DISEÑO*

A continuación se muestra de manera general el formato de las Bases de Diseño que se debe presentar a cada Ingenio para llevar a cabo la Ingeniería del Proyecto.

### *FUNCIÓN DE LA PLANTA*

Tratar un gasto mínimo de 1700 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales provenientes de cada uno de los diversos ingenios azucareros/alcoholeros, con la finalidad de que cumplan con las normas establecidas por la SEMARNAP y la CNA. El propósito es eliminar todo tipo de contaminación del agua y al mismo tiempo evitar el desperdicio a través de la recirculación al proceso de producción de azúcar y alcohol.

### *TIPO DE PROCESO*

El tipo de tratamiento seleccionado después de haberse realizado su estudio comparativo con los tres diferentes tratamientos, nos llevó a descartar el tratamiento de tipo biológico debido a que presenta las siguientes desventajas:

1. Requiere de áreas muy grandes para la instalación de una planta de este tipo.
2. Por el tipo de proceso involucrado, se desprenden olores desagradables que constituyen un foco de contaminación adicional a los alrededores de los Ingenios.
3. Tiene tiempos de residencia muy largos en comparación con los tratamientos de tipo fisicoquímico.
4. Es inestable debido a que se utilizan colonias de bacterias cuya función varía en relación con la temperatura, pH, presión, concentración, humedad relativa y precipitación pluvial.
5. En épocas de lluvia se corre el riesgo de que se desborden los contenedores.
6. El costo de instalación y mantenimiento es elevado.
7. El arranque del proceso generalmente es lento.

Por lo tanto, se llegó a la conclusión de que los tratamientos más factibles son el primario y el terciario, que básicamente se rigen por métodos fisicoquímicos, ya que éstos son más versátiles con respecto a los tiempos de residencia, que en el caso de nuestro tratamiento es de 40 minutos, no requiere de un gran espacio, prácticamente no produce olores, no hay riesgo de desbordes y en cuanto a costos se refiere, el tratamiento seleccionado es considerablemente más económico tanto en su instalación como en el mantenimiento que los de tipo biológico.

## *DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO*

Este proceso físico-químico fue diseñado para dar un tratamiento completo a aguas residuales industriales o de tipo doméstico con la condición específica de que éstas aguas no lleven disueltos metales pesados (p.ej. Mercurio, Cromo, Cobre, Zinc, etc...), dejándola con las características requeridas por la norma NOM-001-ECOL 1996 la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y Bienes Nacionales .

La parte fundamental de este proceso es la reacción química que elimina prácticamente todos los agentes que de una u otra forma contaminan el agua; la parte físico-química del proceso limpia esta agua dejándola en condiciones para: Uso industrial, riego agrícola, etc.

## *CAPACIDAD, RENDIMIENTO Y FLEXIBILIDAD.*

### ➤ Factor De Servicio

Es del 50% con respecto a un año, es decir los de operación al año son 180 días aproximadamente. Este factor se debe a que las plantas están en función de la producción del Ingenio al que pertenecen y del tiempo que dura la zafra (en la mayoría de los ingenios el tiempo de duración de ésta es de 6 meses, aunque existen algunos en los que puede ser dos veces por año).

Debido a que las plantas se instalarán para evitar la contaminación y el impacto ambiental que producen los ingenios en las zonas aledañas se diseñaran con el concepto de “descarga cero” aunque en la práctica esto muchas veces no puede llevarse a cabo por diversos factores; es por ello que las plantas se deberán diseñar para que estas no paren durante el tiempo que dure la(s) zafra(s), esto se logra instalando en las plantas relevos en aquellos equipos indispensables para el tratamiento, entre otras cosas.

### ➤ Capacidad

1. Diseño: Manejará un gasto de por lo menos: 1900 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales a tratar.
2. Normal: Manejará un gasto de por lo menos: 1700 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales a tratar.
3. Mínimo: Se puede ajustar a flujos muy bajos (10% del de diseño).

Nota: las características de la capacidad de las plantas pueden ser variables según las necesidades, debido a que estas son plantas paquete, es decir las plantas vienen en pequeños paquetes de operación a las cuales se les pueden adicionar o aislar ciertos paquetes dependiendo sus necesidades.

### ➤ RENDIMIENTOS

Producto	Mínimo	Máximo	Normal
Agua tratada	97.0%	99.9%	98.0%

Tabla 5.1 Rendimiento de la planta.

Nota: Estos rendimientos se pueden deber a que parte del agua se va con los lodos de descarga, debido a que estos no pueden estar secos cuando salen de la planta ya que se incrustarían en el equipo.

### ***FLEXIBILIDAD DE OPERACIÓN BAJO CONDICIONES ANORMALES***

La planta deberá seguir operando bajo las siguientes condiciones:

a) Falla de Electricidad: SI:  NO:

Observaciones: La planta de tratamiento deberá contar con una planta de emergencia, que operará en caso de falla en el suministro de energía eléctrica, ya que la planta no puede parar debido a que está manejando el concepto de descarga cero; lo cual implica que si la energía llegará a fallar y no se contará con la planta de emergencia, las aguas residuales no se podrían tratar o no se tendría el rendimiento adecuado y se tendría que verter el agua semitratada al río.

Se debe contar con un sistema de suministro de los reactivos correspondientes, esto es, un stock de por lo menos 15 días de proceso. En el caso extremo de no contar con algún reactivo y dependiendo de qué

tan indispensable sea el faltante, se tomará una medida drástica de desfogue de la corriente semitratada de aguas residuales en dirección al río o a la cuenca hidrológica más cercana.

#### ➤ FLEXIBILIDAD EN CUANTO A OPERACIÓN

La planta de tratamiento es muy flexible en cuanto a carga se refiere, ya que la planta se ha diseñado para la máxima carga de efluente del ingenio en los últimos 20 años, también tomándose en cuenta la capacidad del ingenio, además la ventaja de este tipo de planta es que se hace en paquetes, es decir, si requiriera ampliar la capacidad de tratamiento se adaptaría otro paquete que se puede conectar fácilmente al paquete original y únicamente se tendrían que dividir los flujos.

En cuanto a la flexibilidad de operación también es versátil ya que el efluente puede tener las características que requiramos, es decir, el efluente tendrá las características del agua de consumo del ingenio, pero en caso de no necesitar estas aguas podemos modificar el tratamiento por medio de los dosificadores de químicos para que el efluente tenga las características que el cliente desee (de riego, o simplemente para descargar cumpliendo con las normas establecidas y evitando así el impacto ambiental y las multas por concepto de descarga de aguas residuales).

#### ➤ PREVISIÓN PARA AMPLIACIONES FUTURAS

Si se requiere se puede adaptar otros equipos con la misma instalación, satisfaciendo las necesidades del ingenio, por lo tanto la planta se podrá ampliar de acuerdo a la capacidad de cada uno de los ingenios.

Se puede utilizar de distintas formas dependiendo de las necesidades del ingenio, y para limpiar apantles, así mismo, puede ser utilizada para tratar cualquier tipo de agua, el único requisito es una previa identificación del agua.

## ESPECIFICACIONES DE LAS ALIMENTACIONES.

### ► CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las tablas a continuación muestran las características promedio de las aguas residuales provenientes de un ingenio azucarero durante el tiempo de mayor producción de azúcar y alcohol:

Análisis	Unidades	Crudo	Estandar	Refino
PH	Ud	7	7	7
Temperatura	C	31	37	36
S. Sedimentables	MI/l	5	3	3
Materia flotante	g/l	1	1	3
Grasas y Aceites	Mg/l	36	66	147
Sol. totales	Mg/l	428	917	1802
Sol. Tot. Volátiles	Mg/l	205	456	757
Sol. susp. Totales	Mg/l	65	418	610
Sol. Susp. Volátiles	Mg/l	59	335	305
DBO <sub>5</sub>	Mg/l	149	714	1091
DQO	Mg/l	153	1091	. 1170
N. Total	Mg/l	1	14	5
Fosfatos totales	mg/l	7	21	-

Tabla 5.2. Características promedio de las aguas residuales<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fuente: Uso del Agua y Manejo del agua residual en la industria del Azúcar. Dirección general de usos del agua y prevención de la contaminación. Subsecretaría de planeación.



## NORMAS Y MÉTODOS ANALÍTICOS

Estos son los métodos analíticos que se utilizarán para la caracterización del agua de alimentación y descarga de la planta según la norma NOM-001-ECOL-1996.

Norma	Aplicación
NMX-AA-3	Aguas residuales - muestreo.
NMX-AA-4	Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales, método del cono IMHOFF.
NMX-AA-5	Aguas - Determinación de grasas y aceites. Método de extracción SOXHLET.
NMX-AA-8	Determinación de pH, Método potenciométrico.
NMX-AA-28	Determinación de DBO, Método de incubación por diluciones.
NMX-AA-42	Análisis de aguas, determinación del número más probable de coliformes totales y fecales. Método de tubos múltiples de fermentación.
NMX-AA-50	Determinación de fenoles en agua. Método espectrofotométrico, biperina de la 4-aminoantipirina
NOM-CCA-001-ECOL	Máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales.

Tabla 5.3. Métodos analíticos para la caracterización del agua<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Norma Oficial Mexicana: NOM-001-ECOL-1996.

## ALIMENTACIONES A LA PLANTA

Algunos de estos valores dependerán directamente del Ingenio y su ubicación, aquí se muestra un ejemplo de las condiciones de alimentación de los Ingenios que se localizan en la zona centro y sur del país.

### Condiciones En Límites De Batería

Alimentación			
Temperatura media		Presión media	
Máxima	35°C	Máxima	3.5 kg.
Normal	24°C	Normal	2.5 kg
Mínima	12°C	Mínima	1.5 kg
Estado físico	Líquido		
Forma de recibo	Tubería		
Procedencia	Cárcamo		
/Envío			
Flujo	20 l/seg		

*Tabla 5.4. Condiciones de alimentación en límite de batería.*

#### ► DEFINIR LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD

1. Cárcamo: Están provistos de cribas a la salida.
2. Filtro Bote: Este tipo de filtros cuenta con un dispositivo automático el cual permite que al bajar la presión del fluido se limpie y restablezca la presión de trabajo.

Estos dispositivos sirven para que no pasen los sólidos evitando así fricciones y taponamientos en las líneas, una reducción del gasto, lo cual se traduce en una optimización en el uso de los reactivos.

Esto ofrece grandes ventajas debido a que los sólidos retenidos en estos lugares son básicamente orgánicos, pudiéndose utilizar como abono o composta con un tratamiento previo evitando así los problemas de impacto ambiental.

## ➤ ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS

Indicar las especificaciones que se desean satisfagan los productos, proporcionando valores mínimos, máximos o típicos, haciendo referencia a las pruebas analíticas estándar cuando sea necesario.

Características del agua según CNA	
Clase	DA
Uso	Para abastecimiento de agua potable e industria alimenticia
PH	6.5-8.5
Temperatura °C	Ambiental
O.D. (mg/l) limite Max.	4.0
Bacterias Coliformes (NMP org/100ml) limite max. NMPorg/100ml)	200 fecales
Aceite y grasas (mg/l), limite máx.	0.76
Sólidos disueltos (mg/l), límite máx.	1000.0
Turbiedad (U.F.J.), límite máx.	10.0
Color (escala platino cobalto), límite máx.	20
Olor y sabor, límite máx.	Ausentes
Materia flotante, límite máx.	Ausente

Tabla 5.5. Especificaciones del agua de salida<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Fuente: CNA.

## CONDICIONES DE LOS PRODUCTOS EN LÍMITE DE BATERÍA.

Algunos de estos datos dependerán de cada uno de los Ingenios.

Temperatura		Presión	
Máxima	35°C	Máxima	4 kg
Normal	24°C	Mínima	1.5 kg
Mínima	12°C	Normal	2.5 kg
Estado físico	Líquido		
Forma de recibo	Tubería		
Procedencia /Envío	Cisterna		
Flujo	20 l/seg		

*Tabla 5.6. Condiciones de los productos al límite de batería.*

- Estado físico: líquido.
- Forma de envío: tubería.
- Destino: Tanque de almacenamiento y cisternas.
- Gasto: 1700m<sup>3</sup>/día
- Flujo: 20 l/seg.

**AGENTES QUÍMICOS. (CORRIENTES EXTERNAS ADICIONALES)**

Agentes químicos	Policloruro de Aluminio	Sulfato Férrico	Poliacrilamida en emulsión	Hipoclorito de Sodio	Polímero MSS-58
Pureza, concentración o composición	0.5 kg/m <sup>3</sup>	41% solución	30% en emulsión	11.6%	0.5% en volumen
Estado físico	Solución acuosa 20%	Líquido	Emulsión 30%	Líquido	líquido
Forma de recibo	Tambores 200 litros de plástico	Tambores 200 litros de plástico	Tambores 200 litros de plástico		tambores 200 litros de plástico
Procedencia	Nacional	Nacional	Nacional	Nacional	Nacional
Almacenamiento					
Unidades	Kg	Kg	Kg	Kg	kg
Capacidad	200	200	200	20 litros	200 kg
Disponible requerido	1,530 kg (8/200)	127.5 kg (1/200)	580 kg (3/200)	10.34 ppm (30 kg día) (45/20)	21.25 kg / día (2/200)
Otras especificaciones	120Kg/día	8.5Kg /día	38.65 Kg/día	30 Kg/día	21.25 Kg/día

Tabla 5.7. Agentes Químicos.

**ESTÁ FECHO NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## *Effluentes.*

### ➤ MANEJO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DENTRO DEL LÍMITE DE BATERÍA.

Los datos correctos dependerán de cada Ingenio.

Effluente	Se envía a	Frecuencia de emisión
Agua de proceso	Cisternas	20 l / seg
Aguas negras	Cárcamo de succión	100 l / día

*Tabla 5.8. Manejo de efluentes.*

### ➤ MANEJO DE EFLUENTES SÓLIDOS.

Effluente	Se envía a	Almacenamiento
Lodos de proceso (200 kg./día)	Tratamiento para hacer composta	Tambos

*Tabla 5.9. Efluentes sólidos.*

### ➤ NORMAS O CÓDIGOS.

Indicar las normas o códigos que deberán cumplirse en la emisión o disposición de efluentes.

#### ● *EFLUENTES LÍQUIDOS.*

Se aplicarán las normas de la Norma Oficial Mexicana en lo que se refiere a la calidad de agua en nuestro proceso.

#### **NORMAS**

NOM-CCA-001-ECOL/1993

NOM-CCA-002-ECOL/1993

➤ REQUERIMIENTO DE CALIDADES DE EFLUENTES.

● *EFLUENTE LÍQUIDO.*

Debido a que la norma exige que se cumplan ciertos requerimientos para poder descargar el agua procedente de un ingenio azucarero se toman en cuenta estos valores; pero en realidad los límites máximos permisibles que se considerarán en el diseño de la planta de tratamiento son los requeridos para la alimentación de agua al ingenio. (ver inciso: 5)

Parámetros	Límites máximos permisibles	
	Promedio diario.	Instantáneo
Temperatura (° F)	-	104
pH (unidades de pH)	6-9	6-9
Sólidos sedimentables (mg/L)	1	1.2
Grasas y aceites (mg/L)	15	20
Conductividad eléctrica (micromhos/cm)	1,000.0	1,500.0
Aluminio (mg/L)	10	20
Arsénico (mg/L)	0.5	1
Cadmio (mg/L)	0.5	1
Cianuros (mg/L)	1	2
Cobre (mg/L)	5	10
Cromo hexavalente (mg/L)	0.5	1
Cromo total (mg/L)	2.5	5
Fluoruros (mg/L)	3	6
Mercurio (mg/L)	0.01	0.02
Níquel (mg/L)	4	8
Plata (mg/L)	1	2
Plomo (mg/L)	1	2
Zinc (mg/L)	6	12
Fenoles (mg/L)	0.5	0.75
Sustancias activas al azul de metileno (mg/L)	30	60
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	60	72

Tabla 5.10. Calidad del agua<sup>4</sup>.

<sup>4</sup>Fuente: SEMARNAP.

## ***INSTALACIONES REQUERIDAS DE ALMACENAMIENTO.***

### **➤ ALIMENTACIONES.**

<b>ALIMENTACION</b>	<b>No. DE TANQUES</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>UNIDADES</b>
Cárcamos	2	60	m <sup>3</sup>
Tanques químicos	4	500(2), 100(1), 300 (1)	1

*Tabla 5.11. Almacenamiento de alimentaciones.*

### **➤ PRODUCTOS.**

<b>PRODUCTOS</b>	<b>No. DE TANQUES</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>UNIDADES</b>
Tanques	3 (servicios y oficinas)	3 x 2 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
	1 (tanque elevado)	1 x 20 m <sup>3</sup>	
Cisternas	1	100 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>

*Tabla 5.12. Almacenamiento de Productos.*

## ***SERVICIOS AUXILIARES.***

### **➤ AGUA PARA SERVICIOS Y USO SANITARIO.**

Fuente de suministro: Tanque de agua tratada.

Presión en límite de batería: 1 atmósfera.

Temperatura en límite de batería: 20°C

Disponibilidad: 100%

Costo: Ninguno.



➤ AGUA DE PROCESO.

Fuente de suministro:	Ingenio azucarero.
Presión en límite de batería:	Atmosférica
Temperatura en límite de batería:	Ambiente
Disponibilidad:	100%
Costo:	Ninguno.

➤ ANÁLISIS DEL AGUA

Análisis	Unidades	Crudo	Estandar	Refino
pH	Ud	7	7	7
Temperatura	C	31	37	36
S. Sedimentables	ml/l	5	3	3
Materia flotante	g/l	1	1	3
Grasas y Aceites	mg/l	36	66	147
Sólidos totales	mg/l	428	917	1802
Sol. Tot. Volátiles	mg/l	205	456	757
Sol. susp. Totales	Mg/l	65	418	610
Sol. Susp. Volátiles	Mg/l	59	335	305
DBO <sub>5</sub>	Mg/l	149	714	1091
DQO	Mg/l	153	1091	1170
Nitrógeno Total	Mg/l	1	14	5
Fosfatos totales	Mg/l	7	21	-

*Tabla 5.13. Características promedio de las aguas residuales.*

**NOTA:** Excepto pH y densidad, se expresan en mg/l.

PARAMETRO	REMOLACHA	CAÑA
Densidad	1.060	1.05
pH	4-5	4-5
Demanda Bioquímica de Oxígeno ( DBO )	78,300	57,400
Demanda Química de Oxígeno ( DQO )	81,200	103,000
Sólidos totales	135,000	111,900
Nitrógeno total	7,340	1,190
Fósforo	91	120
Temperatura ( °C )	80-85	25-35
Alcalinidad ( gCaCO <sub>3</sub> /l )	-	5.8
Turbiedad ( NTU )	-	30,000
Sulfatos ( g/l )	-	3.1-5.8
Iones potasio ( g/l )	-	8.1
Iones sodio ( g/l )	-	0.14

Tabla 5.14. Caracterización de las aguas de vinazas.<sup>5</sup>

Composición de las vinazas a la salida del ingenio:

Origen	Materia Orgánica	Ca	Mg	K	N	PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>
Melaza	6.34	0.26	0.06	0.65	0.12	0.02	0.64
Jugo	1.98	0.05	0.01	0.10	0.03	0.01	0.06
Mixto	3.80	0.12	0.04	0.38	0.07	0.02	0.27

Tabla 5.15. Composición de las vinazas.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Durán de B.C., Espinosa, F.A., Jiménez, A.R., Martínez, G.A., Noyola, R.A., La caña de azúcar en su entorno ambiental. Parte II. Tratamiento de vinazas en una planta piloto en México en un reactor anaerobio de lecho de lodos ascendente. Informe Técnico del proyecto VIN-02-95. 1995, México. UNAM, Facultad de Química, División Estudios de Posgrado.

➤ **ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

**Fuente(s) de suministro:** Comisión Federal de Electricidad y Planta de Emergencia.

Se contara con un transformador de 30 KVA tipo poste en Aceite con relación 13200 a 220-127 V con 4 derivaciones de 2.5%, 2 arriba y 2 abajo del voltaje nominal primario; clase OA.

**Tensión:** 13,200 V a la entrada y 220-127 V salida.

**Número de fases:** 3

**Frecuencia:** 60 Hz.

**Capacidad interruptiva de corto circuito:** Proporcionado por C.F.E. o quien suministre.

**Factor de potencia/minuto:** 0.85 a 0.90

**Número de conductores:** Alta: 3 fases, 3 hilos.

Baja: 3 fases, 4 hilos.

**Material del conductor:** Alta: Cobre al desnudo o Aluminio. (Cable # 4 )

Baja: Cobre Aislado (Cable # 2 AWG)

**Diámetro del ducto:** 1.5 in

**Aislamiento del conductor:** Termoplástico tipo THW, 75 ° C, 600 V.

**Material del ducto:** Tubo conduit de Acero Galvanizado o Aluminio con Accesorios de Aluminio.

**Acometida (subterránea o aérea):** Subterránea.

## ➤ ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA

Fuente(s) de suministro: Planta de emergencia

Tensión: 13,200 V a la entrada y 220-127 V salida.

Número de fases: 3

Frecuencia: 60 Hz.

Capacidad interruptiva de corto circuito: Quien suministre.

Número de conductores: Baja: 3 fases, 4 hilos.

Material del conductor: Baja: Cobre Aislado ( Cable # 2 AWG)

Aislamiento del conductor: Termoplástico tipo THW, 75 ° C, 600 V.

Acometida (subterránea o aérea): Subterránea.

## ➤ TELÉFONOS

Si se requiere. Por las características de construcción y operación y básicamente por la ubicación de la planta se requerirá únicamente una extensión para mantener comunicación con el resto de las instalaciones. Principalmente llamadas de Emergencia y control de Operación.

## ➤ DESFOGUE

Será responsabilidad de la compañía el diseño de un sistema de desfogue directo al río. Esto será necesario debido a que se pueden presentar ciertas irregularidades en el proceso que ameriten la descarga del agua semitratada.

## **SISTEMA DE SEGURIDAD**

### **➤ SISTEMAS CONTRA INCENDIO**

Normas y criterios de diseño en los que se basará el sistema contra incendio: N.F.P.A. secciones 30 y 31.

Equipo móvil y portátil: Se contará con un extinguidor móvil de 125 Kg, 2 extinguidores portátiles de 8 Kg y 3 de 15 Kg

### **➤ PROTECCIÓN PERSONAL**

Duchas: SI:  NO:

Tomas de aire: SI:  NO:

Otros: Equipos de Protección Personal (Guantes, Ropa de Trabajo, Botas, Goggles, Casco.)

## **CONDICIONES CLIMATÓLOGICAS.**

*Nota: Estas variarán de acuerdo a la ubicación geográfica de cada ingenio, sin embargo, a manera de ejemplo se tomarán las condiciones climatológicas de los ingenios azucareros ubicados en el Estado de Morelos: todas y cada una de las condiciones aquí especificadas serán requeridas para elaborar la Ingeniería Básica en cada uno de los ingenios seleccionados para este proyecto.*

### **➤ TEMPERATURA MEDIA ANUAL**

La temperatura media anual y los demás datos son de la estación meteorológica más cercana que es la de Tequesquitengo:

Estación	Período	Temp. Promedio, C	Del año más frío	Del año más caluroso
Tequesquitengo	1953 - 1995	24.2	21.8	25.5

*Tabla 5.16. Datos de temperatura media anual.*

➤ **TEMPERATURA MEDIA MENSUAL**

Los siguientes son datos de la estación de Tequesquitengo, en °C:

Estación	Periodo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tequesquitengo	1995	21.0	22.3	26.6	27.8	28.7	27.8	25.5	24.4	24.0	24.0	22.5	20.4

Tabla 5.17. Temperatura media mensual.

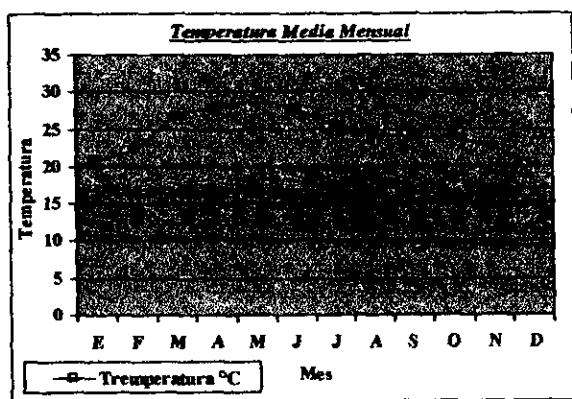


Tabla 15.18 Temperatura media mensual.

➤ **PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL**

Los datos son de la estación de Tequesquitengo, la estación meteorológica más cercana y están reportados en milímetros:

Estación	Periodo	Precipitación promedio mm.	Del año más seco	Del año más lluvioso
Tequesquitengo	1953 - 1995	822.7	326.7	1,283.1

Tabla 15.19. Precipitación total anual.

➤ PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL

Estos son datos promedio de la precipitación por mes del periodo de 1953 – 1995 en milímetros:

Estación	Periodo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tequesquitengo	1953 /95	0.0	15.0	0.0	0.0	91.7	253.6	132.6	92.5	175.8	37.3	0.0	0.0

Tabla 15.20. Precipitación total mensual.

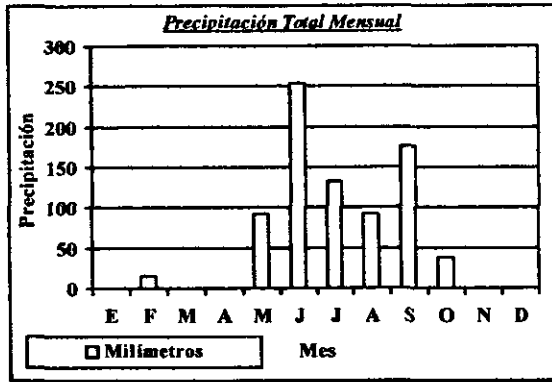


Tabla 15.21. Precipitación total mensual.

➤ VIENTO: DIRECCIÓN Y HUMEDAD

Categorías	Estadísticas	Remarques
Dirección	Sur - sudoeste	Norte
Velocidad promedio	6.14 ft/s	42.75 ft/s

Tabla 15.22. Dirección y velocidad del viento.

➤ **POR CIENTO DE HUMEDAD RELATIVA:**

Máxima promedio: 92.45 %.

Mínima promedio: 31.32 %.

➤ **ATMÓSFERA.**

Presión atmosférica: 12.8 lb/plg<sup>2</sup> (0.87 atm)

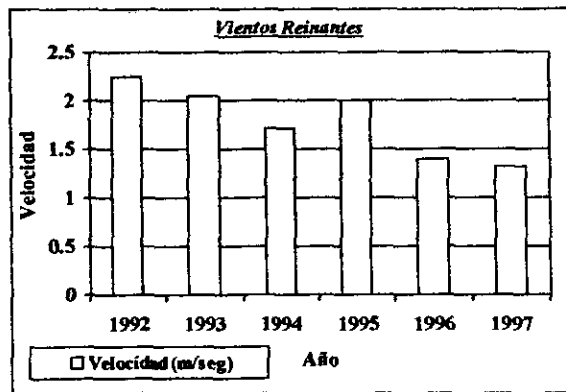
Atmósfera corrosiva: SI: \_\_\_\_\_ NO:

Contaminantes: Ninguno de relevancia.

**Estadísticas de vientos Reinantes.**

Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Velocidad (m/s) Promedio de los 12 meses.	2.25	2.05	1.71	2	1.4	1.32
Dirección Promedio de los 12 meses)	Sur - sudoeste	Sur	Sur - sudoeste	Sur - sudoeste	Norte - noroeste	Norte - noroeste

*Tabla 15.23. Estadísticas de vientos reinantes.*



*Tabla 15.24. Vientos reinantes.*



Estadísticas de vientos Dominantes.

Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Velocidad (m/s) promedio de los 12 meses.	13.55	9.9	12.66	13.8	15.9	10.95
Dirección (promedio de los 12 meses)	Norte	Norte	Norte - noreste	Norte	Norte	Norte - noroeste

Tabla 15.25. Estadísticas de vientos dominantes.

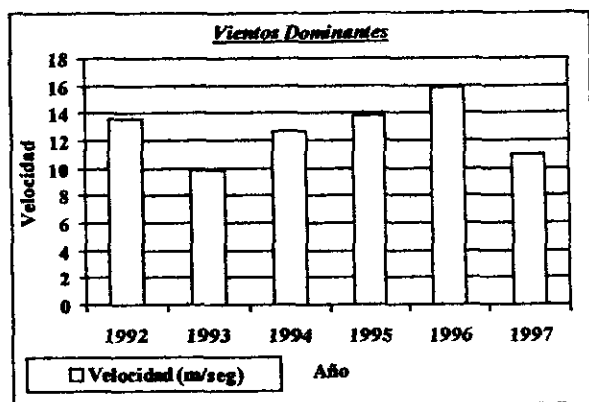


Tabla 15.26. Vientos dominantes.

Datos de humedad relativa mínima:

Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997
% de humedad promedio	27.33	34.28	32.27	29.58	34.16	30.33

Tabla 15.27. Datos de humedad relativa máxima.

Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997
% de humedad promedio.	90.083	98.714	87.636	88.66	96.42	93.22

Tabla 15.28. Datos de humedad relativa media.

Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997
% de humedad promedio.	54.83	62.57	56.81	57.3	64.83	52.33

Tabla 15.29. Datos de humedad relativa media.

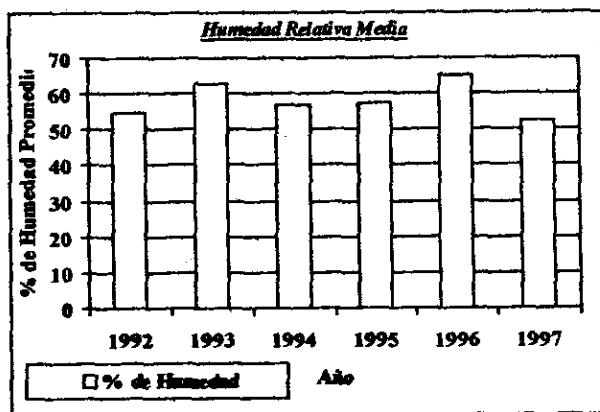


Tabla 15.30. Humedad relativa media.

## *LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.*

Dependerá de cada ingenio, en este caso se tomó en cuenta uno de los ingenios ubicado en el estado de Morelos.

Adjuntar plano de localización de la planta.

Elevación de la planta sobre el nivel del mar: 910 msnm

Previsiones para futuras ampliaciones: Dependiendo las Necesidades se adquirirán nuevos paquetes.

La localización de la planta es en el municipio de Tlalquitenango que a su vez es la cabecera municipal; se sitúa a los 18°38' latitud norte y 99°10' latitud oeste a un altitud de 910.0 metros sobre el nivel del mar, su superficie corresponde al periodo cuaternario y roca de origen sedimentaria e ígnea, su clima se considera cálido subhúmedo con lluvias en verano. En lo que se refiere a las comunicaciones se encuentran cerca las localidades de Tequesquitengo y al noreste la de Cuautla, la localidad está bien comunicada al contar con carretera y a poca distancia vías de ferrocarril e inclusive un aeropuerto cercano, el río Apatalco cruza la localidad.

En la zona, hasta 1991 la superficie agrícola estaba casi exclusivamente dedicada a la caña de azúcar y de esta, Zacatepec tiene el 3,154.0 hab y Tlalquitenango 2,000.0 hab de superficie de caña plantada en el estado, lo que los hace los 2 principales municipios productores de caña del estado.

Hasta 1995 no existía ninguna planta de tratamiento de agua en la localidad y las descargas al río Apatalco hasta 1995 eran de 52 con un total de 19,746,752.2 m<sup>3</sup>/año, la localidad de Tlalquitenango además tiene el más bajo porcentaje de disponibilidad de agua potable entubada, con un 66.0% de disponibilidad.

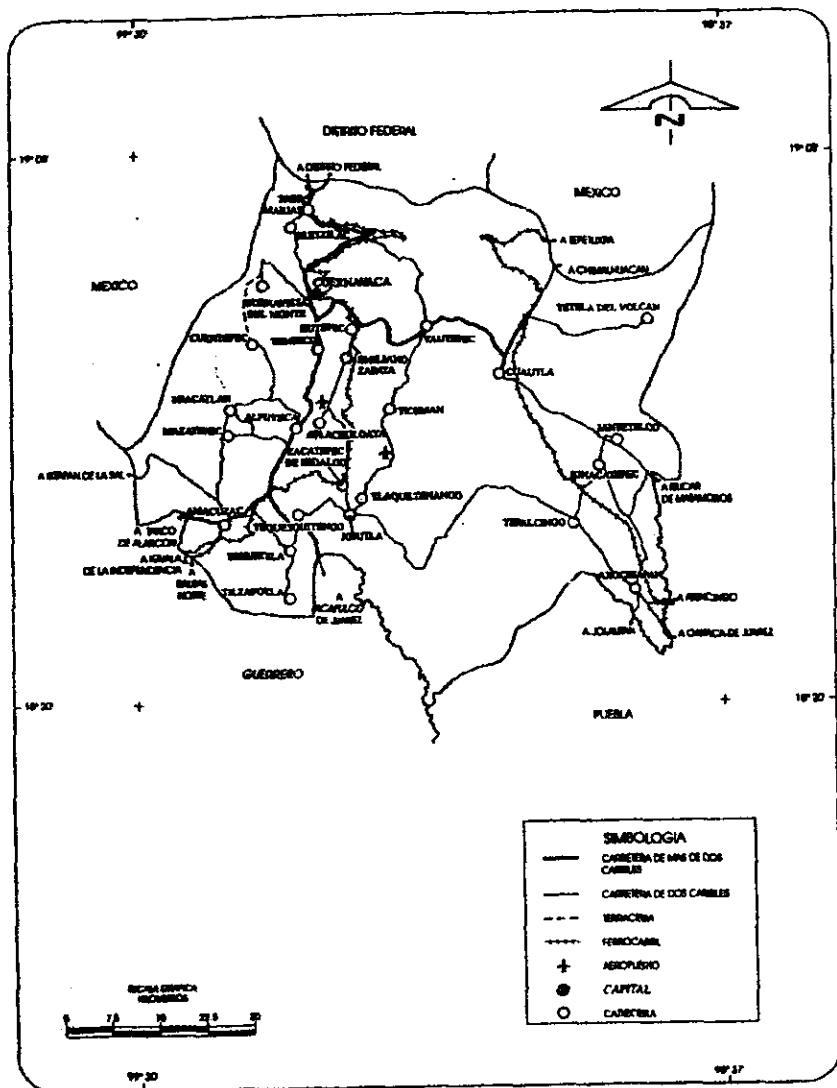


Tabla 15.31. Mapa de localización.

➤ **FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

La localidad de Tlalquitenango cuenta con los siguientes recursos de agua en miles de metros cúbicos por día:

Municipio	Fuentes de abastecimiento			Volumen promedio diario de extracción		
	Total	Pozo profundo	Manantial	Total	Pozo profundo	Manantial
Tlalquitenango	21	18	3	12.931	3.427	9.504

*Tabla 15.32. Fuentes de abastecimiento de agua potable*

***BASES DE DISEÑO ELÉCTRICO.***

➤ **RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DEL TERRENO.**

Lo reporta el estudio de mecánica de suelos, el cual será proporcionado por el cliente en este caso, por cada uno de los Ingenios Azucareros.

➤ **CARACTERÍSTICAS DE LA ALIMENTACIÓN A MOTORES:**

POTENCIA (HP)	VOLTAJE (V)	FASES
10 HP	220	3
½ HP	127	1
½ HP	127	1
¼ HP	127	1
¼ HP	127	1

*Tabla 15.33. Potencia de los motores para bombeo.*

➤ **CORRIENTE PARA ALUMBRADO.**

**Voltaje:** 127.      **Fases:** 1

➤ CORRIENTE PARA INSTRUMENTOS DE CONTROL.

Voltaje: 127. Fases: 1

➤ DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE DENTRO DE L.B. (ÁREA O SUBTERRÁNEA)

La distribución de la corriente dentro del límite de batería se hará subterránea para mayor seguridad del personal y equipo.

**BASES DE DISEÑO PARA TUBERÍAS**

➤ SOPORTE DE TUBERÍA Y TRINCHERA

• **TIPO DE SOPORTES:**

Los soportes de las tuberías serán a nivel de suelo por mochetas.

¿Se permite el uso de trincheras? SI \_\_\_\_\_ NO

➤ DRENAJES.

TIPO DE DRENAJE	RECEPTOR	MATERIAL PREFERIDO	ELEVACION EN L.B.
Pluvial	A planta	PVC	Subterráneo
Sanitario	A planta	Tubería sanitaria de PVC albañal	Subterráneo

Tabla 15.34. Drenajes dentro de la planta.

## BASES DE DISEÑO CIVIL.

### ➤ SOLICITACIONES POR VIENTO Y SISMO

- ¿SE ACEPTA EL MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES DE LA C.F.E.?

Sismo: SI:  NO: \_\_\_\_\_

Viento: SI:  NO: \_\_\_\_\_

### ➤ VIENTO: DIRECCIÓN Y HUMEDAD

Dirección	Sur – sudoeste	Norte
Velocidad promedio	6.14 ft/s	42.75 ft/s

Tabla 15.35. Dirección y velocidad del viento.

- **POR CIENTO DE HUMEDAD RELATIVA:**

Máxima promedio: 92.45 %

Mínima promedio: 31.32 %.

- **ATMÓSFERA.**

Presión atmosférica: 12.8 lb/plg<sup>2</sup> (0.87 atm)

Atmósfera corrosiva: SI: \_\_\_\_\_ NO:

Contaminantes: Ninguno de relevancia.

### ➤ TIPO DE EDIFICIOS O CONSTRUCCIONES

Que se desean construir dentro de límites de batería.

Edificio	SI	NO
Cuarto de control de instrumentos.	✓	
Cuarto de control eléctrico.	✓	
Oficinas.	✓	
Sanitarios.	✓	
Cobertizos para compresoras de proceso.		✓
Cobertizos para compresoras de aire.		✓
Cobertizos para bombas	✓	
Otros: Bodega para químicos, barda perimetral y laboratorio.		

*Tabla 15.36. Edificios requeridos.*

### ***BASES DE DISEÑO PARA INSTRUMENTOS.***

El tablero de control se diseñará un sistema de control distribuido y avanzado de acuerdo a los sistemas y necesidades.

El tablero de control será un sistema de control distribuido y control avanzado, esto conforme a las necesidades de los sistemas.

### ***BASE PARA DISEÑO DE EQUIPO***

#### ➤ BOMBAS

El diseño, materiales, fabricación debe de estar de acuerdo con las últimas ediciones de los siguientes códigos y estándares; pero básicamente se utilizarán bombas de desplazamiento positivo.

- ASME
- ANSI
- ASTM



## ***NORMAS CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES***

A continuación se presenta una tabla en la cual se muestran los códigos que se utilizarán para la construcción y especificación de la planta y equipos:

<b>Equipo</b>	<b>Norma, Código, Especificación</b>
<b>Recipientes a presión</b>	<b>ASME, API</b>
<b>Tubería</b>	<b>ANSI, ASTM, API</b>
<b>Edificios</b>	<b>CFE</b>
<b>Electricidad</b>	<b>HEMA, TEMA, CFE</b>
<b>Ruidos</b>	<b>HEMA, TEMA</b>
<b>Contaminación</b>	<b>SEMARNAP, EPA, CNA, INE</b>
<b>Seguridad</b>	<b>NFPA, SEMARNAP, EPA, CNA</b>
<b>Otros:</b>	<b>ISA</b>
<b>Aseguramiento de calidad</b>	<b>ISO 9002</b>

*Tabla 15.37. Normas códigos y especificaciones.*

## ***ESTABLECIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO***

Los criterios de diseño son consideraciones y lineamientos generales que se establecen con el objetivo de diseñar la planta; también se tienen criterios para el diseño de equipos en particular. Entre otros casos se consideran algunos criterios económicos.

Se establecen factores de sobre diseño, considerando algún incremento en la capacidad. Se señalan en algunos casos previsiones de diseño para absorber cambios en las condiciones de operación, arranque y paro de la planta.

## ***CRITERIOS DE DISEÑO DE EQUIPO***

Los criterios de diseño de equipo, son recomendaciones hechas para tener una ingeniería sólida y homogénea, algunas veces basados en reglas heurísticas, aprovechando el sentido común, experiencia e incluso llegando a considerar aspectos económicos.

A continuación se presentan las Bases y Criterios de diseño para la planta de tratamiento de aguas residuales del Ingenio Azucarero “Emiliano Zapata” a establecerse en el municipio de Tlaquiltenango, Morelos.

## ***CRITERIOS DE CARGAS O ALIMENTACIONES***

Debido a que la corriente de entrada cuenta con las características ya mencionadas anteriormente, se eligió el tratamiento *físico-químico-físico*, debido a que este permite contar siempre con un flujo constante, mediante la utilización de filtros que retienen macro y micro sólidos y dada también la optimización de tiempos de residencia. Las cargas que se recibirán en la planta, provenientes de la fabricación de azúcar y de alcohol etílico, serán separadas para su posterior tratamiento, haciendo nuestra planta más versátil en cuanto a su manejo.

### **➤ CRITERIOS DE ALIMENTACIÓN DE LA PLANTA CON DIVERSAS ALTERNATIVAS**

Nuestra planta trabajará al 90% de su capacidad. En cuanto a trabajar con otras capacidades, el equipo con el que se cuenta y su integración (tuberías) permiten incrementar o utilizar sólo una parte del proceso, sin alterar el tratamiento obteniéndose resultados similares.

### **➤ FLUJO Y COMPOSICIÓN DE SALIDAS DE LA PLANTA**

En este sentido será versátil debido a que los tanques están interconectados y hay salidas de efluentes a cualquier nivel del tratamiento, de tal manera que se puede obtener la calidad de que se desee según los requerimientos, si es para riego, si va a ser potable o para ser usada en servicios auxiliares para el ingenio.

## ***CRITERIOS DE OPERACIÓN***

### **➤ CRITERIOS PARA EL PREPARAMIENTO FÍSICO DE LA ALIMENTACIÓN**

El equipo de prefiltrado a la planta: las 2 cribas para macro y microsólidos y el filtro bote para la bomba, antes del tratamiento, son indispensables ya que entre menos sólidos lleguen a la etapa del tratamiento químico, se necesita agregar una cantidad menor de químicos para la floculación y el secuestro posterior de los mismos, esto ahorrará en gran medida el uso de químicos y por lo tanto la reducción de los costos fijos de químicos.

### **➤ CRITERIOS DEL TRATAMIENTO QUÍMICO**

Al optimizar el uso de los reactivos químicos, al retener la mayor cantidad de sólidos, se evitará que se saturen rápidamente los digestores y filtros posteriores, siendo la operación más eficiente y económica, además los lodos obtenidos al contener menos químicos son más biodegradables, útiles y seguros de uso prácticamente directo para abono por ejemplo.

## ***CRITERIOS DE SOBREDISEÑO***

### **➤ FLUJO Y COMPOSICIÓN DE LA ALIMENTACIÓN A LA PLANTA**

Debido a que la planta se puede considerar como modular o de paquetes, el primer módulo que se instalará, (el de este proyecto) se diseñará sin un sobrediseño, debido a que se le pueden agregar módulos o paquetes de diseño nuevos de acuerdo a las nuevas necesidades, de manera fácil y rápida sin la necesidad de la interrupción del proceso, evitando así gasto alguno en equipos de más capacidad que solo se utilizarían parcialmente, así la planta crecerá según las necesidades de cada ingenio y tomando en cuenta también que los módulos de proceso no son equipos muy costosos, por ejemplo si se desea aumentar la capacidad, las instalaciones de inyección de químicos no necesitarán expandirse debido a que su flujo es muy reducido, se necesitarán más equipos de filtrado y clarificación, pues es donde más se reciente el aumento de la capacidad de agua tratada al saturarse más rápidamente los filtros, para esto se realizarán las debidas ramificaciones y ampliaciones a tuberías, para las interconexiones que sean necesarias.

### ► FLUJO Y ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Los criterios a considerar aquí son los establecidos por las normas acerca de tratamiento de aguas residuales para ingenios azucareros, y por las normas de caracterización de las aguas para su rehuso en riego agrícola y en algunas partes del ingenio. En cuanto al flujo, el criterio a considerar es la velocidad de éste, la cual será de 20 l/seg, de acuerdo al Balance de Materia realizado.

Para el caso de los cambios en las especificaciones del influente, el criterio a considerar es el de la flexibilidad de la planta y la utilización de bombas dosificadoras que se pueden adecuar dependiendo de la cantidad de contaminantes que contenga el agua a tratar, lo cual hace que nuestra planta sea muy versátil y flexible en cuando a operabilidad se refiere.

### *PREVISION DE AMPLIACIONES FUTURAS*

Esta planta no presenta ningún problema en cuanto a posibles ampliaciones debido a que cuenta con paquetes los cuales se pueden adaptar a otros sin problema. El terreno del que se requiere es de 1000 m<sup>2</sup> de los cuales un 70% son ocupados por la planta por lo que se puede realizar una ampliación en forma moderada.

### *CRITERIOS DE DISEÑO PARA CAMBIOS EN LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN*

En cuanto al cambio de flujo se manejan los criterios del punto 3.2, si se sufre un cambio de presión, los filtros estarán diseñados para detectar caídas de presión y reajustar la presión a la de trabajo automáticamente.

### ***CRITERIOS DE DISEÑOS PARA PREVER INTERCONEXIÓN CON OTRAS PLANTAS***

Se emplearán una o más cisternas las cuales permitirán almacenar el agua ya tratada y con las características requeridas para el uso en el ingenio, la cual será bombeada posteriormente a un tanque de almacenamiento elevado que surtirá de agua al ingenio.

### ***CRITERIOS ECONÓMICOS ESPECIALES***

Definidos por el cliente.

### ***DATOS PARA ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO DE CORRIENTES***

Se deberán proporcionar en este documento los datos necesarios para definir los criterios para el calentamiento y enfriamiento de corrientes.

El enfriamiento de la corriente de vinazas (efluente de la producción de alcohol), se hará por medio de aireación, sin embargo, es importante mencionar que una temperatura por arriba de la ambiental ayuda a realizar las reacciones necesarias dentro del tratamiento químico, amén de que se evitará el uso de intercambiadores de calor para el enfriamiento.

### ***CRITERIOS PARA CUBRIR DIVERSOS CASOS DE OPERACIÓN***

Como esta planta está diseñada para tratar aguas residuales procedentes del ingenio "Emiliano Zapata"; las características de operación serán las que marque el efluente del ingenio, que como se mencionó anteriormente la planta puede absorber los diferentes cambios de operación.

## ***REQUERIMIENTOS DE INTEGRACIÓN***

En caso de integración a otras plantas o con otras existentes el cárcamo de entrada a la planta se diseñará para integrar el efluente proveniente del ingenio, y para que se deposite el agua en él pudiendo con ello tener tiempo suficiente para resolver cualquier anomalía en el proceso de tratamiento o en los equipos.

Además dentro de la planta cada equipo está adaptado para la integración de otros dentro del mismo proceso.

## ***CRITERIO DE SELECCIÓN DEL TIPO DE PROCESO ELEGIDO***

Se eligió con base en los costos y las necesidades de eliminar los contaminantes; así como el cumplimiento de las normas ambientales correspondientes, y sin olvidar el impacto ambiental que el desecho de las aguas residuales provoca.

## ***CRITERIOS DE OPERACIÓN DE FILTROS***

La planta es capaz de operar al 100% durante el periodo que comprende la zafra, esto debido a que no existen grandes requerimientos de mantenimiento a equipos, no existen flujos corrosivos fuertes ni que provoque erosión grave en los mismos. En los equipos de filtrado, debido a que estos si se tapan con facilidad, se contará con un dispositivo de control automático que en el momento que estos se saturan un control de diferencias de presiones en el líquido activará un dispositivo de forma totalmente automatizada con el propósito de mejorar la eficiencia de los equipos de filtrado y no interrumpir el proceso.

## ***OTROS CRITERIOS***

El diseño, materiales, fabricación, inspección, pruebas y embarque, deben estar de acuerdo a las últimas ediciones de los siguientes códigos y estándares:

- ASME
- ANSI
- ASTM
- ISA
- NFPA
- ASA
- NOM

### **➤ VIENTO**

La velocidad de viento para el diseño debe ser de 200 km/h.

### **➤ SISMO.**

Coefficiente sísmico = 0.3

Zona sísmica = 3

Tipo de suelo = S3

### **➤ SOLDADURA**

Eficiencia en las juntas para cuerpo = 85%

Eficiencia en las juntas para tapa = 100%

Radiografiado para cuerpo = Por puntos.

Radiografiado para tapas = Total

➤ **CORROSIÓN**

La corrosión permisible para los equipos de acero al carbón debe ser de 1/16" (4.76 mm).

➤ **ESPESORES**

Se tomará el espesor mayor de los siguientes:

- a) El obtenido por cálculo según código.
- b) 3/16" (4.76 mm) + corrosión permisible.

Los datos y dimensiones de los equipos, se obtendrán directamente de las hojas de datos, A menos que se indique otra cosa, todos lo recipientes serán diseñados a una presión mínima de 15 psig (1.02 kg/cm<sup>2</sup>).

Hasta aquí comprende la Ingeniería Básica del proyecto, con lo anterior quedan fijadas las bases y criterios de diseño que respaldan el proyecto propuesto, en el siguiente capítulo se presentan los diagramas de ingeniería resultado de las bases y criterios de diseño, éstos diagramas ejemplifican de manera más clara el proceso y equipos que forman parte del proyecto.



*CAPITULO VI*  
*DIAGRAMAS DE*  
*INGENIERIA*

Otra parte fundamental que comprende la Ingeniería Básica, y que se sustenta tanto en la descripción del proceso como en las bases y criterios de diseño es la parte correspondiente a los Diagramas de Flujo de Proceso y de Tubería e Instrumentación, los cuales complementan la visión del proyecto para una correcta ubicación y localización tanto de equipo como de líneas de proceso, las cuales deben de tener cierto orden para evitar accidentes y gastos innecesarios.

### *DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO*

La finalidad de los diagramas de flujo de proceso es ayudar a visualizar de manera gráfica el proceso, y darle un seguimiento esquemático a la descripción del mismo.

Los diagramas de flujo de proceso deben contener la siguiente información y características:

- Identificación del proyecto de la planta o sección de la planta que se representa, localización, cliente y firmas de aprobación,
- Representación gráfica de los equipos de proceso más importantes según los estándares de ingeniería y de dibujo y de las corrientes principales que los unen, indicando la dirección que siguen.
- Precedencia y destino de alimentaciones y productos de proceso.
- Balances de Materia y Energía, para las corrientes de proceso numeradas, incluyendo flujos, composiciones por componentes, presión y temperatura. Se indica además, para el balance de energía, carga térmica y diferencias de entalpías para aquellas partes del proceso donde exista adición, remoción o generación de calor. (Estos datos forman parte del paquete de memorias de cálculo).

- Características básicas del equipo de proceso, indicando la clave de los equipos y las condiciones de temperatura y presión a las que trabajan.
- Instrumentación Básica de Control del Proceso.
- Condiciones de operación en los puntos principales del proceso, indicando con banderas las condiciones de presión y temperatura en aquellas corrientes de proceso que lo requieran.
- Lista de Equipo con características y dimensiones de diseño. Esta lista debe contener la siguiente información: claves de los equipos, servicio que presta y el predimensionamiento.

## ***DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN***

Los diagramas de tubería e instrumentación son la representación gráfica de todos los datos necesarios para el desarrollo de la ingeniería de detalle de una planta de proceso, en estos diagramas la simbología empleada para la designación de los equipos es más descriptiva que en los diagramas de flujo de proceso, inclusive se trata de demostrar los interiores y exteriores de los equipos mas esquemáticamente, también las válvulas y accesorios como los símbolos convencionales, conocidos y/o apegándose a las normas incluyendo su diámetro y codificación o numero especial de equipos. Además se muestra toda la instrumentación incluyendo la simbología de todos los instrumentos así como las señales requeridas para tener un buen control.

La importancia de los DTT'S en las plantas de proceso radica en que representan la base para el diseño de los arreglos de equipo y tubería, isométricos de tubería, localización de instrumentos y operación de la planta, dado que aparecen en ellos todos los equipos, accesorios y tuberías que los interconecten.

Se debe tomar en cuenta cuatro aspectos importantes durante el desarrollo de los diagramas de tubería e instrumentación:

- Líneas y equipos auxiliares en el arranque de la planta.
- Diseño de la tubería y equipos para la operación normal de la planta.
- Se deberán tomar en cuenta operaciones de emergencia.
  - Variación de la capacidad.
  - Falla de algún equipo.
  - Ruptura de tubos o cualquier otra emergencia que pudiera presentarse durante la operación de la planta.
  - Líneas y equipos auxiliares para el vaciado de equipo en los paros programados para el mantenimiento de la planta.

➤ **INFORMACIÓN REQUERIDA EN DTI'S**

- Simbología y clave del equipo.
- Características del equipo.
- Instrumentación del control
- Tuberías y accesorios.

➤ **INFORMACIÓN REQUERIDA PARA ELABORAR UN DTI**

- DFP.
- Croquis de los departamentos de proceso e instrumentación.
- Especificaciones de tuberías.
- Bases de diseño.
- Especificaciones de aislamiento.
- Especificaciones de trampas de vapor y filtros permanentes y temporales
- Lista de equipo.
- Procedimientos.
- Información de los equipos.

## *CODIGOS Y NORMAS UTILIZADAS*

Para el diseño de tuberías y accesorios se deben de seguir ciertas normas y códigos, los cuales se mencionan a continuación:

Para la selección de bridas, tornillos y empaques, se seguirán los códigos ASA y ANSI.

Para el diseño de las tuberías y accesorios, se aplicara lo establecido en el código Code For Pressure Piping ASA-B31. La selección del material de los tubos se realizarán de acuerdo a normas ASTM Y API, la nomenclatura de simbología será la estandarizada por la ISA.

## *ANALISIS DE OPERABILIDAD DEL PROCESO*

### *CONDICIONES NORMALES*

En la mayoría de los equipos se cuenta con válvulas de compuerta que actúan como válvulas de bloqueo para que las labores de mantenimiento puedan ser efectuadas con toda seguridad. Fueron colocados medidores de presión, vidrios de nivel y tomas de muestra en las líneas y equipos en los que deseamos conocer las condiciones de operación.

A la salida del Digestor DG-201 y del Clarificador Secundario CL-202 se colocaron tomas de muestra para poder llevar un control de calidad del proceso.

La Bomba GA-202 operara generalmente en condiciones normales y esta cuenta con una bomba de relevo en caso de que se llegara a necesitar algún tipo de mantenimiento o de requerirse un gasto mayor.

El Filtro Autoflush FG-203 cuenta con un sistema que registra y controla diferencias de presión, en caso de presentarse algún taponamiento dentro del mismo. Al igual que la

bomba, cuenta con un relevo que entrará en operación cuando se presente alguna falla o requiera mantenimiento el filtro principal.

El Digestor DG-201, el Clarificador Primario CL-201 y el Clarificador Secundario CL-202 cuentan con un sistema de remoción de lodos que normalmente operará una vez al día, las 3 líneas de salida se unen en una sola que desemboca en la pileta de lodos PL-201.

### *CONDICIONES ANORMALES*

El Digestor DG-201, el Clarificador primario CL-201 y Secundario CL-202 cuentan cada uno de ellos con una línea que ayuda a derramar el flujo excesivo que pudiera llegar a acumularse por causa de una obstrucción en la línea principal de proceso.

También cuentan en la parte inferior con una línea de descarga, esto es, en caso de ser necesario estas líneas desalojarán tanto el agua a tratar como los lodos ya sedimentados. El filtro autoflush también cuenta con una línea de descarga del agua utilizada para limpiar el filtro. Todas estas líneas se unen para mandarse nuevamente hacia el Cárcamo de recepción FE-201 para su integración al proceso.

Como ya se menciono anteriormente, la bomba de transferencia GA-202 y el Filtro FG-203 cuentan con un relevo en caso de presentarse algún problema. Cabe mencionar que los tanques se encuentran a presión atmosférica por lo que no podrían existir problemas a causa de sobrepresión.

En caso de falla de energía eléctrica, la planta seguirá operando, esto es posible debido a que se cuenta con un generador de energía eléctrica el cual se encuentra fuera de los límites de batería.

Para el caso de los reactivos químicos se cuenta con un stock de 15 días para evitar contratiempos.

## *MANTENIMIENTO*

Debido a que la planta trabajará en promedio 200 días al año, que es el periodo que normalmente dura la zafra; para la limpieza del ingenio se cuenta con 165 días para dar el mantenimiento correctivo necesario a toda la planta.

El mantenimiento que se tiene planeado es de tipo preventivo durante toda la operación de la zafra; para ello se contará con un mecánico que revise cada 15 días el funcionamiento de todos los equipos con los que cuenta la planta, esto es con el fin de evitar paros innecesarios en la misma.

## *MEMORIA DE CALCULO*

Lo que a continuación se reporta es la memoria de cálculo del balance de materia a través de la corriente principal, en el se calcularon los flujos de sólidos suspendidos (SS), el de sólidos disueltos (SD) y el DBO, en las tablas se muestran las concentraciones del agua por cada corriente y a la derecha de estas concentraciones, lo que el equipo anterior retuvo de la corriente, además según el tipo de equipo, la eficiencia en la remoción de los sólidos varia lo que se indica en las tablas de equipo que están entre la de las características de las corrientes, se presentan por separado las eficiencias en la remoción de sólidos suspendidos y la de sólidos disueltos.

La siguiente tabla y gráfica dan una idea de la tendencia de la remoción de sólidos por cada equipo:



Equipo	n	Corriente	SS (mg/l)	SD (mg/l)	DBO (mg/l)
Entrada	0.00	C-1	9450.53	3007.40	7300.00
Carcamo	0.50	C-3	4725.27	3007.40	5451.64
Filtro 1	0.40	C-4	2835.16	3007.40	4724.76
Filtro 2	0.60	C-5	1134.06	3007.40	4070.57
Digestor 1	0.85	C-8	170.11	2105.18	2609.53
Clarificador 1°	0.40	C-9	102.07	1789.40	2201.74
Clarificador 2°	0.20	C-10	81.65	1610.46	1977.65
Filtro Autoflush	0.98	C-12	1.63	644.19	779.13
Filtro de Carbon Activado	0.35	C-2	1.06	51.53	62.69

Tabla 6.1. Tabla de concentraciones.

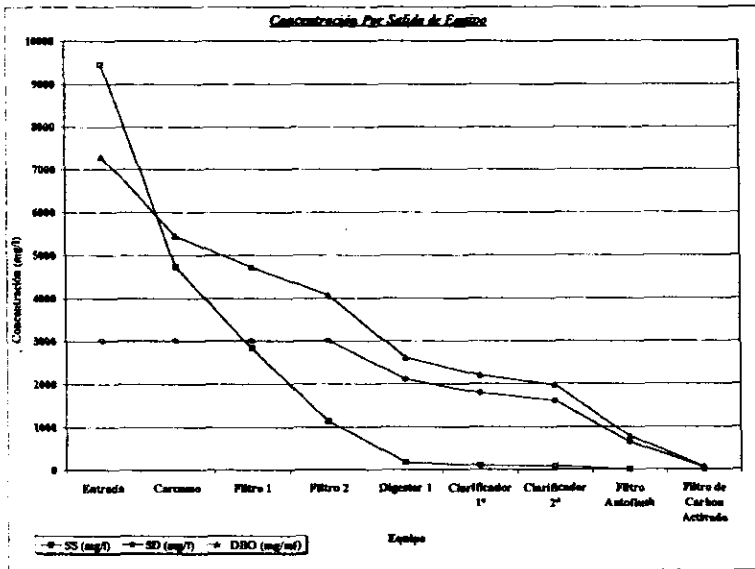


Tabla 6.2. Concentraciones a la salida de los equipos.

<i>Corriente N° 1</i>	
Caudal (l/seg) = 20.00	
Sólidos suspendidos (mg/l)	= 9450.53
Sólidos Disueltos (mg/l)	= 3007.40
Sólidos totales (mg/l)	= 12457.93
DBO = 7300.00	

<i>Equipo</i>	
Carcamo Colector del Ingenio	
Eficiencia SS = 50%	

<i>Corriente N° 3</i>		
Caudal (l/seg) = 20.00		
Sólidos suspendidos (mg/l)	= 4725.27	4725.27
Sólidos Disueltos (mg/l)	= 3007.40	0.00
Sólidos totales (mg/l)	= 7732.67	4725.27
DBO = 5451.64		

<i>Equipo</i>	
Filtro Bote (1)	
Eficiencia SS = 40%	

<i>Corriente N° 4</i>		
Caudal (l/seg) = 20.00		
Sólidos suspendidos (mg/l)	= 2835.16	1890.11
Sólidos Disueltos (mg/l)	= 3007.40	0.00
Sólidos totales (mg/l)	= 5842.56	1890.11
DBO = 4724.76		

<i>Equipo</i>	
Filtro Bote (2)	
Eficiencia SS = 60%	

<i>Corriente N° 5</i>		
Caudal (l/seg) = 20.00		
Sólidos suspendidos (mg/l)	= 1134.06	1701.10
Sólidos Disueltos (mg/l)	= 3007.40	0.00
Sólidos totales (mg/l)	= 4141.46	1701.10
DBO = 4070.57		

<i>Equipo</i>	
Bomba	
-	-

<i>Corriente N°: 6</i>	
Caudal (l/seg) = 20.00	
Sólidos suspendidos (mg/l) = 1134.06	0.00
Sólidos Disueltos (mg/l) = 3007.40	0.00
Sólidos totales (mg/l) = 4141.46	0.00
DBO = 4070.57	

<i>Equipo</i>	
Mezclador Estático	
-	-

<i>Corriente N°: 7</i>	
Caudal (l/seg) = 20.00	
Sólidos suspendidos (mg/l) = 1134.06	0.00
Sólidos Disueltos (mg/l) = 3007.40	0.00
Sólidos totales (mg/l) = 4141.46	0.00
DBO = 4070.57	

<i>Equipo</i>	
Digestor	
Eficiencias SS / SD = 85%	30%

<i>Corriente N°: 8</i>	
Caudal (l/seg) = 20.00	
Sólidos suspendidos (mg/l) = 170.11	963.95
Sólidos Disueltos (mg/l) = 2105.18	902.22
Sólidos totales (mg/l) = 2275.29	1866.17
DBO = 2609.53	1461.04

<i>Equipo</i>	
Clarificador Primario	
Eficiencias SS / SD = 40%	15%

<i>Corriente N°: 9</i>	
Caudal (l/seg) = 20.00	
Sólidos suspendidos (mg/l) = 102.07	68.04
Sólidos Disueltos (mg/l) = 1789.40	315.78
Sólidos totales (mg/l) = 1891.47	383.82
DBO = 2201.74	407.78

<i>Equipo</i>		
Calificador Secundario		
Eficiencias SS / SD =	20%	10%

<i>Corriente N° 10</i>		
Caudal (l/seg) = 20.00		
Sólidos suspendidos (mg/l) =	81.65	20.41
Sólidos Disueltos (mg/l) =	1610.46	178.94
Sólidos totales (mg/l) =	1692.12	199.35
DBO =	1977.65	224.10

<i>Equipo</i>		
Bomba		
-	-	-

<i>Corriente N° 11</i>		
Caudal (l/seg) = 20.00		
Sólidos suspendidos (mg/l) =	81.65	0.00
Sólidos Disueltos (mg/l) =	1610.46	0.00
Sólidos totales (mg/l) =	1692.12	0.00
DBO =	1977.65	

<i>Equipo</i>		
Filtro Autoflush		
Eficiencias SS / SD =	98%	60%

<i>Corriente N° 12</i>		
Caudal (l/seg) = 20.00		
Sólidos suspendidos (mg/l) =	1.63	80.02
Sólidos Disueltos (mg/l) =	644.19	966.28
Sólidos totales (mg/l) =	645.82	1046.30
DBO =	779.13	

<i>Equipo</i>		
Filtro de carbon activado		
Eficiencias SS / SD =	35%	92%

<i>Corriente N° 2</i>		
Caudal (l/seg) = 20.00		
Sólidos suspendidos (mg/l) =	1.06	0.57
Sólidos Disueltos (mg/l) =	51.53	592.65
Sólidos totales (mg/l) =	52.60	593.22
DBO =	62.69	

<i>Equipo</i>		
Salida a carcamo de agua tratada		
-	-	-

Tabla 6.3. Balance de materia.

## CALCULO DE LAS LÍNEAS DE PROCESO

Para el cálculo de las líneas de proceso, utilizamos los flujos con base en las condiciones normales de operación y fueron ajustados a medidas estándar de tuberías con el fin de que el costo de las líneas no fuera excesivo, al tiempo se sobrediseñaron para soportar las condiciones anormales de operación de la planta.

La ecuación utilizada para el cálculo de líneas fue la siguiente:

$$d = \sqrt[4]{\frac{0.408Q}{v}}$$

donde:

Q = gasto (GPM)

v = velocidad recomendada ( ft/s)

d = diámetro ( in)

También se utilizó el criterio de  $\Delta P_{100}$  y las velocidades recomendadas así como la tabla B-11b del Crane para hacer correcciones o corroborar los resultados de la ecuación.

Las velocidades recomendadas y los  $\Delta P$  máximos que se consideraron son los siguientes:

Servicio	Velocidad recomendada ( ft/s )	$\Delta P$ máximo ( PSI 100ft )
Succión de bombas	4-8	1.0
Descarga de bombas	8-10	4.0
Flujo por gravedad	3-8	0.4

Tabla 6.4. Velocidades recomendadas y  $\Delta P$  máximos

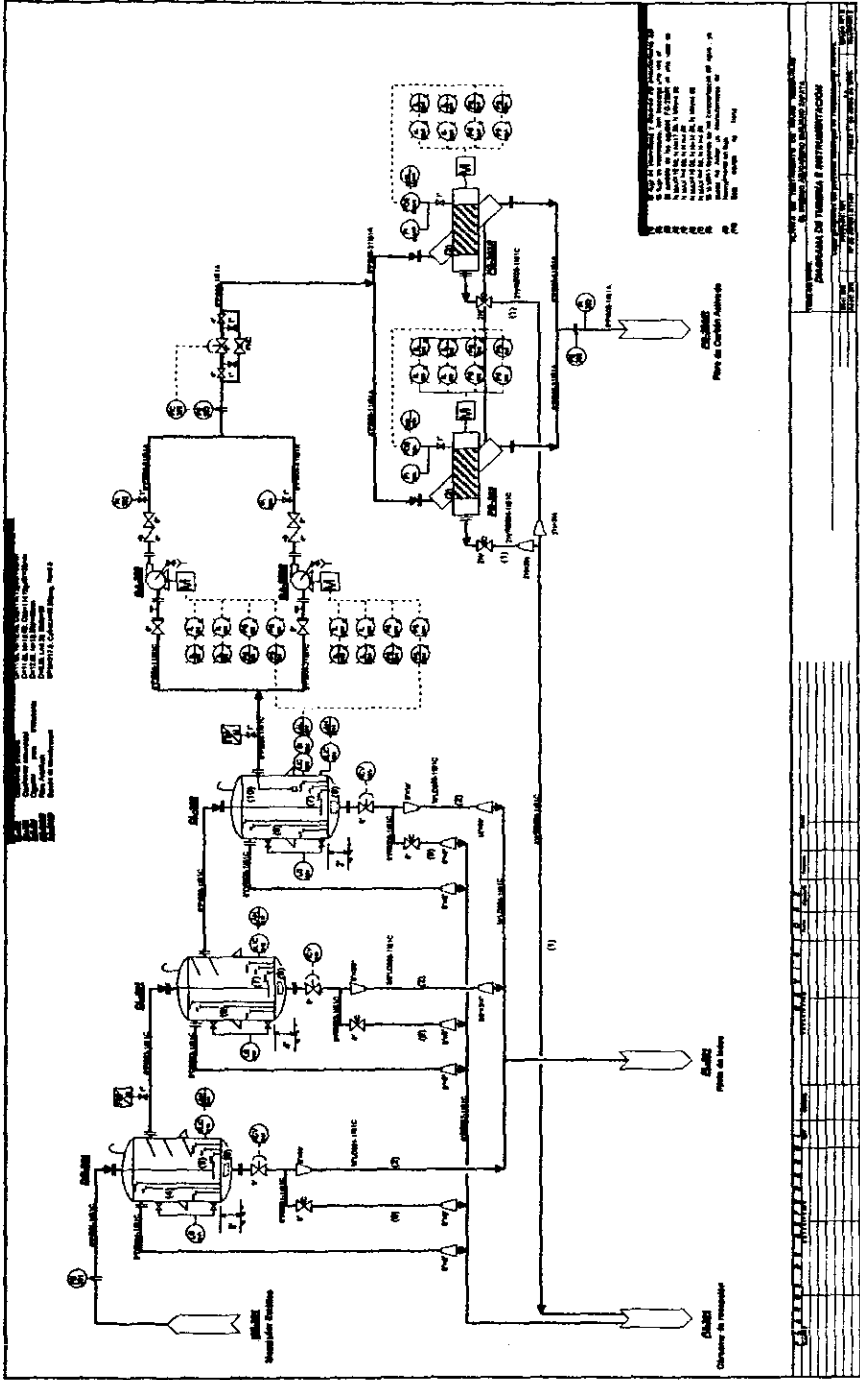
## ➤ DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA

Para el cálculo del diámetro de las tuberías se realizó lo siguiente:

De acuerdo a los nomogramas del Capítulo III del Crane y del código ANSI, parte II; 1970 se tendrá acero al carbón Cd. 40.

La velocidad recomendada para el agua residual de proceso es de 3 -4 ft/seg.







## *CONCLUSIONES*

Actualmente, el problema de la contaminación, específicamente la del agua, es uno de los principales problemas a los que se enfrenta el hombre ya que al ser un recurso limitado, se ha visto en la necesidad de crear métodos y técnicas para optimizar el uso de este elemento.

Esta tesis está enfocada precisamente a aprovechar al máximo el uso de este recurso, de la misma manera ofrece una alternativa viable técnica y económicamente para la creación de una empresa dedicada a la venta, instalación y asesoría de la propuesta aquí presentada.

Si bien es indiscutible el hecho de que las industrias azucareras deben tener conciencia del impacto ambiental que provocan así como del innecesario desperdicio de agua, también es indispensable brindarles una alternativa económicamente atractiva para solucionar el gran problema al cual se enfrentan actualmente.

Nuestra propuesta como ya se demostró en el análisis económico, es rentable ya que la inversión inicial se recupera en un lapso de tiempo relativamente corto, los beneficios se aprecian directamente en el ahorro que proporciona la disminución en el consumo de agua ya que un gran porcentaje de ésta puede ser reutilizada o aprovechada en diversos usos tanto en los ingenios azucareros como fuera de ellos, además de evitar el elevado pago de multas y sanciones por verter aguas contaminadas a los afluentes naturales.

Ahora bien, las ventajas como empresa son grandes ya que al estar patentada la tecnología que se está vendiendo, se logra un mercado cautivo en el que el cliente requerirá constantemente asesoría técnica, mantenimiento y además se le proveerá de los agentes químicos necesarios para el funcionamiento de las plantas de tratamiento, y es con éstos puntos donde se garantiza la rentabilidad del negocio. Es importante ofrecer al cliente una solución a sus problemas que resulte atractiva en todos los aspectos pero también es muy importante como empresa que todo lo anterior se refleje en beneficios económicos a corto, mediano y largo plazo que garanticen un crecimiento a nivel empresa.

No es de extrañar que la tecnología avance constantemente por lo que es importante tratar de optimizar no sólo los procesos industriales sino también aquellos que amortiguan el impacto de la industria sobre el medio ambiente.

Finalmente, ésta tesis pretende brindar una nueva alternativa para la solución de los graves problemas ambientales que en la actualidad afectan a la industria y consecuentemente a la población en general.

## ***BIBLIOGRAFIA***

- Perry, R.H., Green, D.W., Maloney, J.O.  
Manual del Ingeniero Químico  
Tomo VI, 6a. edición, 1994.  
Editorial McGraw-Hill.
- CRANE  
Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías  
1992, México.  
Editorial McGraw-Hill.
- Valiente, B.A.  
Flujo de Fluidos  
1994, México.  
Editorial Limusa.
- Chuse, R., Stephen, M., Eber, P.E.  
Pressure Vessels, The ASME Code Simplified  
6<sup>th</sup> Edition, USA.  
Editorial McGraw-Hill.
- Megyesy, E.F.  
Manual de Recipientes a Presión  
1992, México.  
Editorial Limusa.

- **Brownell, L.E.**  
**Process Equipment Design**  
**1994, USA.**  
**Editorial John Willey & Sons.**
  
- **Capero, J.A.**  
**Métodos de Tratamiento para Aguas Residuales de la Industria Azucarera/Cañera**  
**1983, México.**  
**UNAM, Facultad de Ingeniería, División Estudios de Posgrado.**
  
- **Hissong, D.**  
**Excel in your Engineering**  
**April 1993, USA.**  
**Chemical Engineering.**
  
- **The American Water Works Association**  
**Water Quality and Treatment**  
**3th. Edition, USA.**  
**Editorial McGraw-Hill.**
  
- **Van der Leeden, F., Troise, F.L., Keith, D.T.**  
**The Water Encyclopedia**  
**2nd. Edition, USA.**  
**Lewis Publishers.**
  
- **Nordell E.**  
**Tratamiento de Agua para Industria**  
**2a. Edición en español, México.**  
**Compañía Editorial Continental.**

- Kern, R.  
How to Manage Plant Design to Obtain Minimum Cost  
May, 1977, USA.  
Chemical Engineering.
  
- Howard R., Barrow, M.H.  
Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso  
1979, México.  
Compañía Editorial Continental.
  
- Peters, M.S.  
Plant Design and Economics for Chemicals Engineers  
3th. Edition, USA.  
Editorial McGraw-Hill.
  
- Hilleboe, K.H.  
Manual de Tratamiento de Aguas  
Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York  
10a. Reimpresión, 1988, México.  
Editorial Limusa.
  
- Mancy, K.H.  
Instrumental Analysis for Water Pollution Control  
1973, USA.  
Ann Arbor Science Publishers Inc.

- Durán de Bazúa, C., Luna Pabello, V., Zámamo, V.  
Tratamiento de Vinazas de un Ingenio Azucarero  
1993, México.  
UNAM, Facultad de Química, División Estudios de Posgrado.
  
- Servicio Nacional Meteorológico  
Biblioteca, Mapoteca, Sección de Climatología  
Av. Observatorio 192  
Tel. 5626-8600.
  
- Walas, S.M.  
Rules of Thumb  
March, 1987, USA.  
Chemical Engineering.
  
- Censos Regionales y Agropecuarios  
INEGI  
México, 1996.
  
- Durán de Bazúa, C., Espinosa, F.A., Jiménez, A.R., Martínez, G.A., Noyola, R.A.  
La Caña de Azúcar en su Entorno Ambiental. Parte II. Tratamiento de Vinazas en  
una Planta Piloto en México en un Reactor Anaerobio de Lecho de Lodos de Flujo  
Ascendente. Informe Técnico de Proyecto VIN-02-95.  
1995, México.  
UNAM, Facultad de Química, División Estudios de Posgrado.
  
- Baca, U.G.  
Evaluación de Proyectos  
3ª edición, 1997, México.  
Editorial McGraw-Hill.

- **Ramírez, C.H.**

**Desarrollo de la Ingeniería Básica para el Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales a Base de un Humedal Artificial de Flujo Horizontal.**

**Tesis Profesional.**

**1998, México.**

**UNAM, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.**