



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICO - ECONOMICO
PARA LA CONSTRUCCION DE PLANTAS DE
TRATAMIENTO BAJO EL ESQUEMA B.O.T.

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a:

JOSE IGNACIO GARCIA DE PRESNO

México, D. F.

1996

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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
Vocal
Secretario
1er Suplente
2do Suplente**

**Prof. José Francisco Guerra Recasens
Prof. Ramón Arnaud Huerta
Prof. Rodolfo Torres Barrera
Prof. Humberto Rangel Dávalos
Prof. Víctor Manuel Luna Pabello**

**El presente trabajo se desarrolló en
La Facultad de Química de la
Universidad Nacional Autónoma de México**


Asesor: Ing. Ramón Arnaud Huerta


Alumno: José Ignacio García de Presno García

AGRADECIMIENTOS

Algunos años han pasado desde que ingresé por primera vez a una institución educativa, y algunos otros han pasado de mi vida profesional, tienen todos ellos sin embargo un denominador común, el apoyo de familiares, amigos y maestros. Sería imposible nombrar aquí a todos los que de una forma u otra han participado en mi desarrollo, que si bien no termina hoy, ésta será una fecha a la que me podré referir más o menos de manera acertada como el final de mi formación básica. Veo con satisfacción que son muchos a los que debería mencionar, por lo que me limitaré a mencionar a los que protagonizaron o participaron en algo dentro del "Via Crucis" de esta tesis, pidiendo una disculpa a los que por mi mala memoria no están, y pidiendo otra a los que sí. Gracias entonces a:

Ramón Arnaud, por su incansable látigo que me movió a escribir este trabajo;

Mi hermano Rafael, por mi primera clase de finanzas;

Familia Tompolidis - Tena, por su confianza y cariño...especialmente a Helena, por esos días;

Alfonso Gutiérrez Duarte, por enseñarme la diferencia entre el trabajo y la escuela, por brindarme su amistad y por la idea;

Miguel González Ramírez, por darme la oportunidad sin conocerme y por corregir mi estilo;

Los Héroes, por esas incansables pláticas tan ilustrativas;

David Fragoso, Alejandro Guzmán, Alejandro Macdonel, Esteban Pedernera y Andrey Zarur (en estricto orden alfabético), por hacer de la carrera algo muy divertido;

Degrémont, por la oportunidad y por el tema;

Banpaís, por la segunda parte de la tesis;

Manuel Orozco Flores, por los planos miniatura;

Blanca Jaintes Arana, por vaciar los datos en las proyecciones;

A mis hermanos Mary Glory, Mary Pily, Graciela y Eduardo, por aguantarme durante la carrera.

Muy, pero muy especialmente quiero agradecer a:

Alejandro Alamillo "El Angustias", por su incondicional apoyo y amistad de tantos años.

Xavier García "El Goldo", por su ejemplo, amistad y las levantadas a las 5:00 A.M.

Alejandro Cardoso "El Lagar", por...porque quiero.

Y nada más porque estuvieron, o porque se me antoja, y en el más estricto de los desórdenes al que tengo derecho a:

Iliana Carrillo, Abigail Rodriguez, Gabriela Cortés, Magdalena Suárez, Norma Alcantar, Pepe Campos, Javier Alamillo, Carlos Amador, Gloria Cruz, Angélica Casas, Laura Cuevas, Gilberto Ortiz, Alain Marty, Araceli García, La del Super, Círyl Courjaret, Michel Vergnet, Juan Carlos Camacho "El Mondao", Mario Puzo, Alejandro Anaya Durand, José Luis Ortiz, Monica Rosas, Manuel Escamilla, Eddy Medina, Marco Rosales, Raúl Lopez, y a todos mis clientes que sin deberla ni tenerla se vieron afectados durante el tiempo que elaboré este trabajo.

a Mary Glory y a Rafael

PREFACIO

Build Operate and Transfer, palabras que durante el gobierno Salinista se consideraron casi como un conjuro mágico, capaz de resolver de un solo tajo el problema de infraestructura de nuestro país; no fueron más que una sentencia que envió a más de cincuenta proyectos carreteros al patíbulo, y a más de una decena de obras hidráulicas al olvido. Por más de cinco años, nuestro gobierno no hizo más que promover proyectos bajo este esquema; carreteras, obras de tratamiento y conducción de agua, generación de vapor, etc. Con los buenos resultados que en otros países se habían obtenido con las concesiones, parecía evidente que teníamos en nuestras manos la herramienta que proveería de caminos, agua y electricidad a las comunidades más apartadas; y siendo completamente honestos, sería esa misma herramienta la que proveería de recursos a las empresas realizadoras de proyectos que habían visto caer sus ingresos en los años previos al Salinismo.

No obstante las cantidades astronómicas de dinero gastadas en estudios de factibilidad, elaboración de proyectos y asesorías durante las ejecuciones de las obras, los proyectos fracasaron por múltiples razones imputables a todos los participantes y debieron al final, ser rescatados por el gobierno federal con recursos que en principio serían distraídos de la infraestructura para permitir un mayor gasto social.

En este trabajo se explican las premisas que llevaron a nuestro gobierno a intentar esquemas nuevos de financiamiento de infraestructura; la primera de ellas, el inventario actual de este tipo de obras, que si bien se habla de tratamiento de agua exclusivamente, se hacen patentes y comprensibles las razones por las que se decidió incursionar en el novedoso esquema del B.O.T. para solucionar el problema. La siguiente razón de peso se refiere a la política económica del sexenio Salinista, un sexenio dedicado a la privatización, desde bancos hasta carreteras, pasando por cualquier número de paraestatales dedicadas a los más variados giros.

El tercer gran motor del B.O.T. fueron las empresas privadas, que como se muestra en este estudio, encontraron en este esquema un potencial de negocio enorme y la expectativa de una estabilidad futura derivada del ingreso obtenido por brindar un servicio concesionado a largo plazo. Aún cuando las mayores compañías de este país jamás habían operado una obra concesionada, los límites prometidos eran los cielos, justificando ampliamente el trabajo realizado para la elaboración de cada oferta.

Concluir sobre las concesiones no es fácil, intervienen en gran medida convicciones macroeconómicas y políticas del que trata el tema, y existen tantas razones para defenderlas como para condenarlas.

CONTENIDO

I.- INTRODUCCIÓN	4
1.1.- MARCO GENERAL	4
1.2.- EL B.O.T.	5
1.2.1.- GENERALIDADES	5
1.2.2.- CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS PROYECTOS B O T.	6
1.3.- EL B.O.T. EN MÉXICO	11
II.- BASES DE DISEÑO	24
II.1.- INTRODUCCIÓN	24
II.2.- LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA Y GEOTECNIA	24
II.3.- SERVICIOS DISPONIBLES	27
II.4.- CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS	27
II.5.- CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL	28
III.- ANÁLISIS TÉCNICO PRELIMINAR	30
III.1.- INTRODUCCIÓN	30
III.2.- DATOS BASE DEL DISEÑO	30
III.2.1.- FLUJO A TRATAR	31
III.2.2.- CALIDAD DE LAS AGUAS CRUDAS	32
III.3.- CALIDAD DE LOS EFLUENTES TRATADOS	35
III.4.- PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO	36
III.4.1.- FILOSOFÍA Y JUSTIFICACIÓN DEL TREN DE TRATAMIENTO	36
III.4.1.1.- TRATAMIENTO DEL AGUA	36
III.4.1.2.- TRATAMIENTO DE LODOS	39
III.4.2.- OTROS CRITERIOS DE CONCEPCIÓN DEL DISEÑO	42
IV.- MEMORIA DE CÁLCULO	44
IV.1.- INTRODUCCIÓN: LÍNEA DE TRATAMIENTO PROPUESTA	44
IV.2.- TRATAMIENTO DEL AGUA	45
IV.2.1.- PRETRATAMIENTO	45
IV.2.2.- DECANTACIÓN PRIMARIA	48
IV.2.3.- TRATAMIENTO BIOLÓGICO	51
IV.2.3.1.- Definición	51
IV.2.3.2.- Relaciones Básicas	52
IV.2.3.3.- Cálculo del Reactor Biológico	55
IV.2.4.- DECANTACIÓN SECUNDARIA	61
IV.2.5.- DESINFECCIÓN DEL AGUA TRATADA	64

IV 2.5.1.- Sistema de Almacenamiento y Dosificación de Cloro	66
IV 3 - TRATAMIENTO DE LODOS	70
IV.3.1.- ESPESAMIENTO DE LODOS	70
IV.3.2.- ESTABILIZACIÓN AEROBIA DE LODOS	72
IV.3.3.- DESHIDRATACION DE LODOS	76
V.- INVERSIÓN Y OPERACIÓN DE LA PLANTA	79
V.1.- INTRODUCCIÓN	79
V.1.1.- ESTIMACIÓN TIPO A	80
V.1.2.- ESTIMACIÓN TIPO B	81
V.1.3.- ESTIMACIÓN TIPO C	81
V.1.4.- ESTIMACIÓN TIPO D	82
V.1.5.- ESTIMACIONES TIPOS E Y F	82
V.2.- INVERSIÓN PROYECTO COATZACOALCOS	83
V.2.1.- INGENIERÍA	84
V.2.2.- EQUIPOS	86
V.2.3.- MATERIALES	92
V.2.3.1.- Materiales Eléctricos	92
V.2.3.2.- Materiales Mecánicos	105
V.2.4.- FABRICACIÓN MECÁNICA	106
V.2.5.- OBRA CIVIL	108
V.2.6.- MONTAJE	113
V.2.7.- FLETES Y MANIOBRAS	116
V.2.8.- PUESTA EN MARCHA	118
V.2.9.- RESIDENCIA DE OBRA	119
V.2.10.- GASTOS DE OFICINAS CENTRALES	120
V.2.11.- COSTOS INDIRECTOS	122
V.3.- OPERACIÓN DEL PROYECTO COATZACOALCOS	124
V.3.1.- CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	125
V.3.2.- MANO DE OBRA	128
V.3.3.- REACTIVOS QUÍMICOS	129
V.3.4.- MEDIOS DE TRABAJO	130
V.3.5.- TRANSPORTE DE LODOS	132
VI.- CÁLCULO DEL B.O.T.	135
VI.1.- INTRODUCCIÓN	135
VI.2.- BASES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA TARIFA DEL AGUA TRATADA	136
VI.3.- PROYECCIONES FINANCIERAS	138
VI.3.1.- METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	139
VI.3.2.- PREMISAS	141
VI.3.3.- RESULTADOS DEL SUPUESTO 1	144
VI.3.4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS SUPUESTO 1	147
VI.3.5.- RESULTADOS DEL SUPUESTO 2	154
VI.3.6.- ANÁLISIS DE RESULTADOS SUPUESTO 2	157

VII.- ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	162
VII.1.- INTRODUCCIÓN	162
VII.2.- PLAZO DE LOS CRÉDITOS	162
VII.3.- DEUDA SUBORDINADA	172
VII.3.1.- INTRODUCCIÓN	172
VII.3.2.- IMPACTO DE LA DEUDA SUBORDINADA EN EL PROYECTO	172
VII.4.- COSTOS DE INSUMOS	174
VIII.- OTRAS CONSIDERACIONES SOBRE EL B.O.T.	176
VIII.1.- CONDICIONES LEGALES	176
VIII.2.- LOCALIZACIÓN DE RIESGOS	177
VIII.3.- AMBIENTE ECONÓMICO	179
VIII.4.- COSTO DEL CAPITAL Y FINANCIAMIENTO	180
VIII.5.- ARGUMENTOS A FAVOR Y EN CONTRA DEL ESQUEMA B.O.T.	184
IX.- CONCLUSIONES	186
BIBLIOGRAFIA	192

I.- INTRODUCCIÓN

I.1.- MARCO GENERAL

Este trabajo intenta dar una introducción al esquema financiero "Build Operate And Transfer" (comúnmente conocido como B.O.T.) para construir y operar proyectos de infraestructura en países en vías de desarrollo. Recientemente se han desarrollado proyectos propuestos bajo el esquema B.O.T. dentro de los que se incluyen plantas generadoras de energía, aeropuertos, carreteras, sistemas de transporte "Metro", puentes, túneles, plantas de tratamiento de agua (que nos ocuparán en adelante) y tuberías submarinas.

Históricamente, y especialmente en las posteridades de la segunda guerra mundial, la mayoría de los proyectos de infraestructura en los países en vías de desarrollo han sido construidos bajo la supervisión directa de los gobiernos mismos o por agencias gubernamentales; pagados con recursos presupuestales, o por préstamos que resultaban imposibles de pagar, por lo que se han generado muchas tendencias, sobre todo en los años 70 y principios de los 80, que intentan encontrar una manera alternativa de financiar estos proyectos por las siguientes razones:

Primero.- Con el continuo crecimiento poblacional y económico en muchos países en vías de desarrollo, la necesidad de infraestructura crece al mismo ritmo.

Segundo.- La creciente deuda del tercer mundo, y la cada vez más incontrolable crisis económica, han traído como consecuencia una baja (o tal vez nula) capacidad para endeudarse, y por lo tanto muy bajos presupuestos para financiar los proyectos que son requeridos.

Tercero.- La mayoría de las grandes firmas internacionales en la década de los ochentas y principios de los noventa, han enfrentado una baja significativa en los negocios, lo que los ha obligado a buscar una manera creativa para promoverlos.

Finalmente, en el curso de los años noventa, un buen número de gobiernos e instituciones de crédito internacionales están cada vez más interesados en promover el desarrollo del sector privado en la "privatización" o concesión de servicios que tradicionalmente hablan sido responsabilidad del sector público.

La búsqueda por una nueva manera de promover y financiar los proyectos de infraestructura en los países en vías de desarrollo, se enfocan hacia técnicas que no son tan nuevas ya que se sabe que, acuerdos conocidos como Concesiones fueron usados ampliamente en Francia a finales del siglo XIX y principios del XX. Uno de los proyectos de este estilo más conocido es el Canal de Suez, pero se pueden citar millares de proyectos concesionados para la construcción de carreteras, vías de ferrocarril, instalaciones hidráulicas, etc.

1.2 - EL B.O.T.

1.2.1.- Generalidades

Como ya se mencionó, como resultado de la baja significativa en los negocios que ya se venía observando a finales de la década de los 70, y que durante los años 80 se vio seriamente acentuada, algunas de las mayores firmas internacionales y ciertos países en vías de desarrollo más "avanzados" (sin ánimo de justificar las conillas) empezaron a explorar la posibilidad de promover infraestructura poseída y operada por el sector privado, financiado en una base sin recurso y trabajando bajo algún esquema de concesión. Recientemente ha cobrado gran importancia el esquema de concesión denominado **B.O.T.** ya que parece ser este esquema muy flexible y fácil de adaptar a cualquier tipo de obra de infraestructura; pero, ¿ en que consiste el ahora tan famoso esquema ?, ¿ de donde viene ?, ¿ qué tan efectivo es ?, ¿ hay mejores alternativas ?

El término **B.O.T.** parece que fue empleado por primera vez en la década pasada por el primer ministro de Turquía, Turgut Ozal, para designar un proyecto "Build, Operate and Transfer" (Construye, Opera y Transfiere). Otros esquemas semejantes incluyen: **B.O.O.** "Build, Own and Operate" (Construir, Poseer y Operar) sin tener obligación de transferir; **B.R.T.** "Build, Rent and Transfer" (Construye, Renta y Transfiere). Este último, tanto o más interesante que el **B.O.T.**

Bajo un esquema B.O.T., una o más empresas del sector privado son autorizadas para crear una "Compañía Operadora" cuyo objetivo será construir una obra de infraestructura. Los responsables son normalmente firmas de ingeniería y construcción así como vendedores de equipo. La compañía operadora puede incluir inversionistas e inclusive una pequeña participación del Gobierno interesado (al que por brevedad me referiré sólo como "el Gobierno").

La compañía operadora conseguirá entonces el financiamiento necesario para el proyecto de fuentes comerciales, usualmente soportado por alguna garantía proveniente de instituciones internacionales de crédito. Este financiamiento es típicamente bajo una base Sin Recurso¹, el único Recurso se limita al proyecto y sus activos, incluyendo inmuebles, equipo y cualquier derecho contractual como seguros de funcionamiento (Performance Bonds), seguros y las garantías gubernamentales que la compañía desarrolladora del proyecto sea capaz de conseguir.

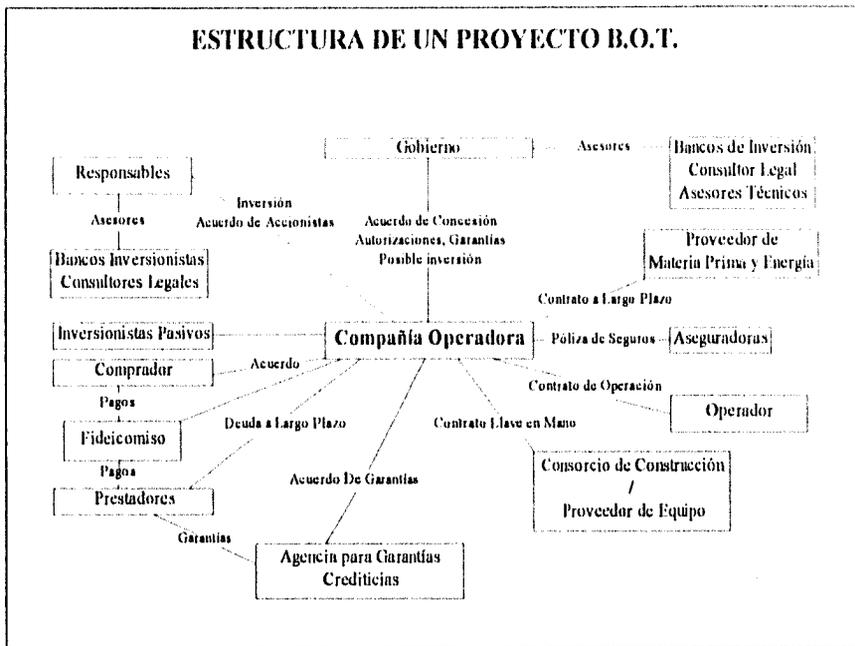
La operadora será dueña y operará la instalación por un período de tiempo que se pretende sea suficiente para pagar la deuda contraída y obtener un beneficio para los accionistas del proyecto. Al final de este período, la compañía operadora transferirá la propiedad del proyecto al Gobierno.

1.2.2.- Características Básicas de los Proyectos B.O.T.

A pesar de todo, no existen dos proyectos B.O.T. exactamente iguales; hay sin embargo, un conjunto de características generales que pueden ser resumidas como se muestra en la figura y a continuación se explican las más significativas:

¹Se define Financiamiento bajo una base sin recurso, como aquel préstamo en el que no existe ningún recurso financiero por parte del Banco para recuperar el dinero otorgado.

ESTRUCTURA DE UN PROYECTO B.O.T.



- **GOBIERNO:** El participante más importante en cualquier estructura de un proyecto B.O.T. es el Gobierno. Como primer requisito el Gobierno debe querer el B.O.T. (actualmente sería mejor en algunos estados que por lo menos lo conocieran antes de solicitarlo), un comité gubernamental dividido no sería suficiente. En una segunda instancia el Gobierno debe autorizar el proyecto, aunque esto último parezca obvio, normalmente implica ajustes en la legislación vigente que no considera este tipo de relaciones con la iniciativa privada; posteriormente el Gobierno designará a la Compañía Operadora que se encargará de realizar el proyecto; aunque la legislación Mexicana permite una adjudicación directa en contratos de "concesión", las entidades interesadas han preferido seguir con el esquema tradicional de adjudicación vía concursos (otra manera que se emplea para adjudicar arbitrariamente), ya que los esquemas de concesión se limitaban a recolección de basura, grúas del departamento de

tránsito, etc. Una vez seleccionada la compañía que llevará a cabo el proyecto, se entrará con ésta en una fase de negociaciones para lograr un acuerdo de concesión adecuado, donde se mencionen claramente las garantías y apoyos que el gobierno otorgará a la concesionaria, así como las obligaciones que ambas partes contraen. El nivel de intervención del Gobierno en la compañía operadora es totalmente variable, pudiendo quedar 100 % al margen de ésta, o participar directamente ya sea con inversión que no implique un desembolso inmediato por parte del Gobierno, pero que este disponible en cualquier momento (conocida como inversión en Stand-By), o directa con desembolsos desde el inicio como hasta ahora quedado.

Vale la pena señalar que en la mayoría de los contratos de concesión que hasta ahora se tienen en nuestro país (nuevamente hablando solamente de tratamiento de agua) ha quedado como obligación por parte del Gobierno la "compra" de el agua tratada, ya que sin este requisito el Comité de Crédito de ninguna institución bancaria hubiera aceptado el proyecto por no haber una fuente de repago de los créditos otorgados claramente definida. Es por esto que en países en vías de desarrollo, cuando se involucra a proyectos de infraestructura, el **B.O.T.** no se puede esperar como una unión única de la iniciativa privada.

Una de las principales preocupaciones de la iniciativa privada (incluidos los bancos) es el apoyo político y burocrático que el Gobierno pueda dar, ya que como se mencionó antes, el hecho de tratar con un esquema nuevo no contemplado por nuestra legislación, requiere un fuerte apoyo gubernamental durante toda la vida útil del proyecto; este apoyo se podrá ver asegurado por medio de un gestor por parte del Gobierno, quién deberá tener un buen grado de autoridad en el sistema político lo que le permitirá mantener un apoyo continuo al proyecto. La participación del Gobierno en cada fase del desarrollo de un proyecto **B.O.T.** se discutirá a detalle en la sección correspondiente de este trabajo.

- **RESPONSABLES (Compañía de Proyecto u Operadora):** El segundo ingrediente esencial para un **B.O.T.** exitoso es un responsable o responsables financieramente sólidos y con experiencia, quienes formarán la Compañía Operadora; esta Compañía Operadora será la

dueña de todos los bienes requeridos por el proyecto durante el tiempo de concesión, o bien responsable de operarlos cuando el acuerdo sea en forma de Lease². La Compañía Operadora podrá estar formada por una firma de ingeniería, una constructora, vendedores de equipo pesado, una compañía interesada en operar y mantener el proyecto a lo largo de su vida útil e incluso, Instituciones financieras. Es intencional que al mencionar los responsables sea de una manera tan somera, ya que la Compañía Operadora podrá incluir tantas empresas como sea necesario o solamente una; ciertamente, mientras más compañías involucre, más complicado será el consorcio entre ellas debilitando fuertemente las posibilidades de éxito.

Muchas compañías que han estado involucradas en un proyecto **B.O.T.** han podido comprobar que mientras más pronto se funde la Compañía Operadora, mejor ha sido el desarrollo del de por sí ya largo periodo de acuerdos y negociaciones, ya que se involucran al mismo tiempo constructores, diseñadores, vendedores de equipo y hasta bancos, manteniendo así un balance de intereses que se encuentra latente todo el tiempo.

Como se mencionó antes, una participación directa del Gobierno en la Compañía Operadora puede ser muy útil, por un lado lo hará sentir que el proyecto se está negociando justamente y con una completa transparencia, y por el otro, algunos promotores del **B.O.T.** creen que la inclusión del gobierno entre los accionistas de la compañía operadora puede dar como resultado que las barreras burocráticas sean libradas de manera rápida, eso sin contar con que en ciertos casos, la palabra "privatización" se podría evitar.

- FINANCIAMIENTO: La mayoría de los proyectos **B.O.T.** propuestos o acordados a la fecha, han involucrado una combinación entre la inversión aportada por los accionistas de la Compañía Operadora y una deuda contraída con Bancos, Instituciones Financieras Internacionales, Casas de Bolsa, etc. El porcentaje de capital aportado por los accionistas parece caer comúnmente en el rango de 10% al 30% del monto total requerido, estas

²Se le denomina LEASE al arrendamiento financiero que al cabo de un tiempo, la propiedad pasa a manos del arrendatario.

cifras aunque comunes, no son limitativas ya que se han encontrado casos en los que la inversión ha pasado este rango; en este sentido, las instituciones de crédito para participar en el proyecto piden que exista un "colchón" que soporte el dinero que han prestado, ya sea como un crédito subordinado, garantías bancarias o un mayor porcentaje de inversión al arranque.

Un punto que merece especial atención y que se discutirá más a fondo en los capítulos siguientes, es el de la proporción que existirá entre moneda extranjera y local dentro de la inversión y el crédito, proporción que dependerá evidentemente del país en el que se va a desarrollar el proyecto y del proyecto en sí, la facilidad de la Banca local y de los mercados financieros para mover el capital local, posibilidad de realizar operaciones de SWAP de divisas, las tasas de interés involucradas, etc.; eso sin olvidar el riesgo latente de algo llamado devaluación.

Muchas (o todas) las empresas e instituciones de crédito involucradas en un proyecto **B.O.T.** buscan formar un fideicomiso que asegure el direccionamiento correcto de los dineros involucrados, tanto en la fase de construcción como en la de operación con los pagos, del servicio a la Compañía Operadora y de los créditos a las Instituciones Financieras; en éste fideicomiso pueden o deben participar la parte del Gobierno que pagará el agua tratada, las partes que garantizan, compañías de seguros, fondos federales, la Compañía Operadora, bancos, etc.

En lo que a la participación de las Instituciones Financieras se refiere, dependerá 100% del producto financiero seleccionado pudiendo ser éste por conducto de Casas de Bolsa, Bancos o Arrendadoras y su selección estará ligada a la rentabilidad que cada producto sea capaz de dar al Inversionista.

Los riesgos implícitos dentro del financiamiento de proyectos **B.O.T.** parecen concentrarse en dos diferentes etapas del mismo: primero, un alto riesgo durante la fase de construcción y segundo, un riesgo menor durante la fase de operación. En ambos casos tanto los inversionistas como las Instituciones de Crédito, pedirán diferentes garantías en cada etapa así como diferentes rendimientos sobre su capital.

Los riesgos, garantías, y en si lo relacionado con el financiamiento se analizará a detalle en el Capítulo VI de este trabajo, por las implicaciones que tiene en la rentabilidad del proyecto y por consiguiente, en la tarifa del agua tratada.

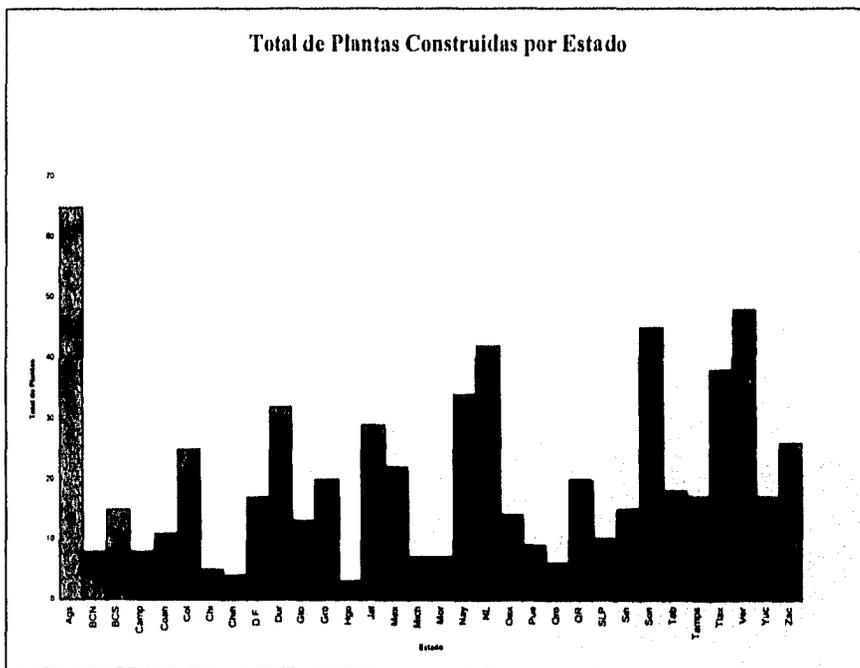
Como se puede ver un esquema **B.O.T.** puede ser tan simple o tan complicado como la magnitud del proyecto lo requiera, mientras más importante sea, mayor será el número de inversionistas, asesores, instituciones de crédito, etc.; al mismo tiempo que el número de garantías tanto crediticias como gubernamentales requeridas para el éxito del proyecto, se verá incrementado.

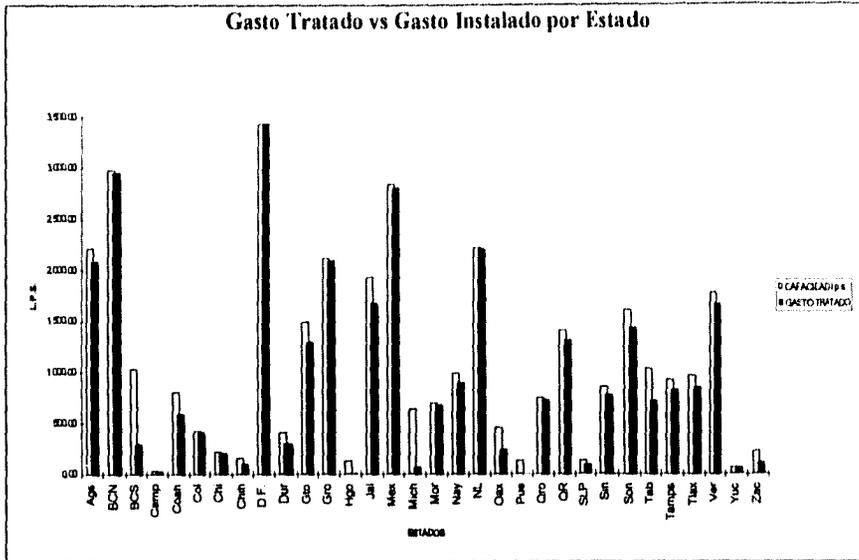
El financiamiento de los proyectos **B.O.T.** se analizará a detalle en el capítulo VI de este estudio, ya que constituye el eje de éstos proyectos (a la fecha muchos proyectos ya adjudicados no han conseguido financiamiento).

I.3.- EL B.O.T. EN MÉXICO

Para hablar del **B.O.T.** en México es necesario hablar de las condiciones que en nuestro país han orillado a aventurarse dentro del todavía tan oscuro esquema de concesión. Al pensar en la situación nacional en materia de agua y el financiamiento de su infraestructura, me parece adecuado mencionar el programa de Saneamiento de Aguas Residuales, que emprendió en la República Mexicana el ex-Presidente de los Estados Unidos Mexicanos **Lic. Carlos Salinas de Gortari** durante el último período de su gobierno. Este programa ha sido uno de los más ambiciosos objetivos que se ha planteado el Gobierno Federal durante los últimos años, ya que ésta era una actividad que por ser exclusiva de los gobiernos Federal, Estatal o Municipales se encontraba totalmente rezagada y al margen de las prioridades marcadas por los gobiernos anteriores, al grado que muchas entidades de nuestro país no cuentan hasta la fecha con una planta de tratamiento tanto de aguas residuales que ayude a la reutilización del vital líquido, como potabilizadoras que ayuden a su suministro.

Para un país como México, el rezago en instalaciones de tratamiento de agua es muy considerable, tanto en el número de plantas existentes como en los procesos que éstas utilizan; es decir, el 53 % de las plantas construidas son lagunas de estabilización, sin querer decir que dicho proceso sea ineficiente, no es apto para soportar los cambios en los contaminantes que sufrirán los desechos de las poblaciones si el desarrollo de éstas se da tal y como lo plantea la actual administración. Por otro lado, tal y como se muestra en las siguientes gráficas y cuyo detalle se muestra en la tabla, solamente el 69% del total de plantas construidas está en operación sin que esto quiera decir que de manera eficiente..





El detalle de las gráficas anteriores se muestra en la siguiente tabla:

ESTADO	PLANTAS CONSTRUIDAS	CAPACIDAD L.p.s.	PLANTAS OPERANDO	GASTO TRATADO
Aguascalientes	65	2,208.70	45	2,079.20
Baja California	8	2,976.00	7	2,946.00
Baja California Sur	15	1,024.00	10	289.00
Campeche	8	25.80	5	24.50
Coahuila	11	797.50	7	585.00
Colima	25	418.50	20	403.50
Chiapas	5	210.70	4	198.70
Chihuahua	4	153.60	3	93.60
Distrito Federal	17	3,428.00	17	3,428.00

ESTADO	PLANTAS CONSTRUIDAS	CAPACIDAD l.p.s.	PLANTAS OPERANDO	GASTO TRATADO
Durango	32	401.60	24	299.30
Guanajuato	13	1,484.00	5	1,288.00
Guerrero	20	2,107.00	19	2,087.00
Hidalgo	3	124.50	1	1.50
Jalisco	29	1,919.50	21	1,665.00
México	22	2,833.00	19	2,796.00
Michoacán	7	633.00	3	63.00
Morelos	7	685.00	6	672.00
Nayarit	34	981.00	25	893.50
Nuevo León ³	42	2,210.00	40	2,195.00
Oaxaca	14	447.10	10	237.10
Puebla	9	125.10	0	0.00
Querétaro	6	736.00	4	720.00
Quintana Roo	20	1,397.00	14	1,305.00
San Luis Potosí	10	126.00	5	86.00
Sinaloa	15	842.00	9	767.00
Sonora	45	1,598.20	30	1,424.40
Tabasco	18	1,020.10	6	707.10
Tamaulipas	17	913.00	11	817.00
Tlaxcala	38	955.50	25	840.50
Veracruz	48	1,764.00	36	1,660.00
Yucatán	17	52.60	17	52.60
Zacatecas	26	218.40	6	101.50

³No incluye el Proyecto Monterrey IV

Se tienen así los siguientes datos a nivel nacional:

	PLANTAS CONSTRUIDAS	CAPACIDAD l.p.s.	PLANTAS OPERANDO	GASTO TRATADO
TOTAL NACIONAL	650	34,816.30	454	30,726.00

Como se puede observar, los estados con mayor capacidad de tratamiento de aguas, son aquellos con una actividad económica primordialmente industrial, debido principalmente a las recientes modificaciones en las legislaciones que regulan la emisión de desechos al medio ambiente y que en caso de no cumplir obliga a las empresas a pagar multas considerables.

Las cifras anteriores alertan al Gobierno Federal sobre la necesidad de apoyar de manera prioritaria al tratamiento de las aguas residuales municipales; atendiendo a lo anterior y con el propósito de alcanzar los objetivos planteados por nuestro Gobierno, se tuvieron que reconsiderar y replantear los términos y condiciones bajo los cuales se lleva a cabo dicha actividad, ya que la experiencia ha demostrado que las estructuras gubernamentales, cualesquiera que estas sean, han sido incapaces de realizar las obras correspondientes con los resultados positivos que se esperaban; así, ha quedado al descubierto la falta de capacidad tanto técnica como financiera de los mismos, de tal suerte que ha sido necesario buscar el apoyo técnico adecuado para estas actividades, el cual sólo se ha podido encontrar en empresas nacionales y extranjeras que se dedican de manera profesional al desarrollo de dichas actividades.

La pregunta lógica aquí es: ¿qué ha pasado con la **Comisión Nacional del Agua**? En las convocatorias realizadas por los diferentes Municipios para invitar a la iniciativa privada a participar en la construcción y operación de plantas de tratamiento, ha existido una gran participación de la Comisión Nacional del Agua (CNA), la cual es exclusivamente de colaboración, ya que el saneamiento del agua es una actividad propia de los gobiernos locales y municipales; sin embargo, ante la falta de una capacidad técnica y profesional de las juntas municipales de aguas, han tenido que recurrir ante este órgano para solicitar el apoyo tanto en la

determinación del tipo de planta a realizar, así como en la selección de la empresa que más ventajas y seguridad ofrece para el desarrollo de la obra

No obstante el saneamiento de las aguas residuales es una actividad que resulta ser incipiente en nuestro país, incluso la CNA carece de los elementos técnicos suficientes para determinar la viabilidad de un proyecto o no, por lo que se ha tenido que acudir a empresas extranjeras, fundamentalmente europeas y norteamericanas para el análisis y estudio de las propuestas que a la fecha se han presentado.

Por todo lo anterior, el Gobierno mexicano, se ha visto en la necesidad de replantear las estructuras que venía desarrollando para el cumplimiento de sus fines y objetivos, ya que dichas estructuras resultaban ser insuficientes para realizar todas las actividades que durante los sexenios anteriores habían sido consideradas como actividades exclusivas del estado.

En efecto, las actividades que en el Gobierno Salinista se consideraron como prioritarias en su gestión, como las relacionadas con las vías generales de comunicación, la energía eléctrica e incluso el tratamiento de las aguas residuales, eran reguladas como actividades propias y exclusivas del Estado, sin que se le permitiera a la iniciativa privada su intervención como se ha hecho actualmente; esto último, trajo como consecuencia que nuestras vías generales de comunicación, los sistemas de energía eléctrica, de tratamiento de aguas y otros, no solamente no se desarrollaran, sino que incluso se deterioran a grado extremo, tanto por la falta de aplicación de recursos como por la falta de capacidad técnica en el desarrollo de los mismos.

Ante tales circunstancias el Gobierno Federal se ha visto en la necesidad de seguir esquemas similares a los de gobiernos extranjeros, en el sentido de invitar a participar en el desarrollo de éstas y otras actividades, a empresas tanto nacionales como extranjeras que se encargarán de manera responsable y profesional (no por altruismo sino por negocio) de dichas actividades.

Desde hace más de tres años, los Gobiernos Federal, Estatal y Municipales han invitado a los particulares al desarrollo de los mencionados proyectos, proponiendo adoptar esquemas

financieros que puedan dar tanto al inversionista como al gobierno, la seguridad de éxito del proyecto

Hasta hace un par de años el B.O.T. parecía ser el modelo a seguir para conseguir los objetivos planteados, aunque a la fecha ninguno de los proyectos (hablando de tratamiento de agua) ha dado los resultados suficientes como para hacer juicios concluyentes; sin embargo, en apariencia es lo suficientemente bueno como para despertar el interés y participación de las empresas nacionales y extranjeras sean éstas, instituciones de crédito o firmas de ingeniería.

Desde 1992 en México, se han concursado ya muchas plantas de tratamiento de agua bajo éste esquema financiero, sin embargo todavía no se han obtenido resultados muy claros y mucho menos alentadores que permitan sacar conclusiones reales. Lo cierto es que las aparentes complicaciones en completar las estructuras requeridas para el buen funcionamiento del B.O.T. han mantenido algunos proyectos aún sin avance; a pesar de ésto, las compañías interesadas tanto constructoras como instituciones de crédito han ganado experiencia al respecto, lo que agiliza el desarrollo de los proyectos más recientes.

Los principales proyectos en tratamiento de agua bajo el esquema B.O.T. en México se listan a continuación en orden estrictamente cronológico:

1992	Aguascalientes	2,000 l.p.s.
1992	Toluca Norte y Oriente	2,250 l.p.s.
1992	Cd. Juárez "El Chamizal" ⁴	250 l.p.s.
1992	Cerro de la Estrella ⁵	250 l.p.s.
1992	Chihuahua Norte	1,000 l.p.s.
1993	León	2,500 l.p.s.
1993	Sistema Monterrey IV	8,000 l.p.s.
1993	Cd. Juárez Norte y Sur	3,500 l.p.s.

⁴El proyecto de El Chamizal fué anulado al poco tiempo del fallo.

⁵Declarado desierto

1993	Chihuahua Sur	2,500 l.p.s.
1993	Cd. Obregón Norte y Sur	1,500 l.p.s.
1993	Veracruz	850 l.p.s.
1993	Hermosillo	2,500 l.p.s.
1993	Matamoros	1,580 l.p.s.
1994	Puebla	3,500 l.p.s.
1994	Gómez Palacio	600 l.p.s.
1994	Ensenada	700 l.p.s.
1995	Torreón	2,000 l.p.s.
1995	San Luis Potosí "Tangamanga"	2,100 l.p.s.

A más de dos años del fallo de las primeras plantas, únicamente la planta de Aguascalientes ha empezado a funcionar encontrando su mayor problema en el pago del servicio (este problema se analizará a detalle en los capítulos correspondientes al financiamiento), las demás no han iniciado la construcción; lo anterior obedece principalmente a la dificultad de las compañías ganadoras en conseguir los créditos necesarios para iniciar los trabajos. Si bien esta razón no es evidente, sí es de suponerse, la juventud del mercado de plantas de tratamiento concesionadas orilla a las instituciones de crédito a pedir garantías que ponen en una desventaja peligrosa a las entidades responsables; esto es, solicitan que el pago se garantice no importando la calidad del agua efluente de la planta lo que no ha sido aceptado, con justa razón por cierto, por las entidades responsables.

Existen a la fecha y si la crisis no dispone otra cosa, un buen número de proyectos susceptibles de construirse bajo un esquema B.O.T. mismos que se muestran en la siguiente tabla.

ESTADO	LOCALIDAD	CAUDAL (l.p.s.)
Baja California	Tijuana (El Florido)	1,000.00
	Mexicali II	500.00
Campeche	Cd. del Carmen	220.00
Coahuila	Saltillo	1,300.00
	Torreón	1,500.00
Colima	Colima	500.00
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	800.00
Chihuahua	Cd. Cuauhtemoc	80.00
Jalisco	Guadalajara	12,300.00
Guanajuato	Guanajuato	250.00
	Salamanca	600.00
	Celaya	500.00
Guerrero	Chilpancingo	250.00
	Taxco	110.00
	Iguala	200.00
Hidalgo	Pachuca	400.00
	Tulancingo	180.00
Oaxaca	Oaxaca	500.00
Puebla	Tehuacán	350.00
	San Juan del Río 2	250.00
San Luis Potosí	Cd. Valles	250.00
	El Morro	1,500.00
	SLP Norte	300.00
	SLP Tanque Tenorio	600.00

ESTADO	LOCALIDAD	CAUDAL (l.p.s.)
Sinaloa	Culiacán	1,500.00
	Los Mochis	400.00
Tabasco	Villahermosa	600.00
Tamaulipas	Cd. Victoria	450.00
	Cd. Mante	300.00
Veracruz	Córdoba	300.00
	Jalapa	650.00
	Poza Rica	350.00
	Boca del Río	300.00
Yucatán	Mérida	1,500.00
Zacatecas	Zacatecas	700.00
TOTAL NACIONAL	35	31,490.00

La lista anterior muestra que existe dentro del B.O.T. un potencial de negocio muy grande, que motiva a las empresas a seguir capacitándose en lo que a la preparación de estos negocios implica, tanto desde el punto de vista técnico, como a la elaboración de esquemas financieros cada vez más complejos pero que otorguen a los inversionistas una mayor rentabilidad y por lo tanto, un mayor premio por la inversión de su capital.

La devaluación de diciembre de 1994 ha venido a deteriorar las expectativas ya de por sí poco claras de los proyectos B.O.T. debido a tres razones principales: la primera obedece al alza en las tasas de interés que las diferentes entidades gubernamentales llevaron a cabo con la finalidad de retener capitales golondrinos en nuestro país, evitando así el colapso financiero total; lo anterior, redundo en un incremento considerable en el costo financiero del proyecto, incrementando en consecuencia el precio de venta del agua tratada y en general de cualquier

servicio concesionado; la segunda se debe a la política restrictiva de circulante que surge como condición al otorgamiento de los recursos por parte del Tesoro de los Estados Unidos al Gobierno de México, lo que conlleva a una restricción del otorgamiento del crédito nuevo; por último, la profunda crisis económica por la que México atraviesa pone en un segundo nivel este tipo de obras, ya que obliga al Gobierno a enfocar tanto recursos como esfuerzo a solucionar problemas como el desempleo, la baja de los salarios en términos reales, inflación, cierre de empresas, etc.

Por otro lado en Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 (PND) dado a conocer el 31 de mayo de 1995 por el Presidente de la República **Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León**, menciona de manera muy general que: *“las condiciones de la infraestructura hacen imperativo un enorme esfuerzo de inversión pública y privada durante los próximos años. Si bien habrá de hacerse un esfuerzo extraordinario para canalizar recursos crecientes hacia la parte de la inversión pública del gasto gubernamental, es seguro que estos recursos no serán suficientes, por lo que resulta imprescindible promover un gasto privado mucho mayor en infraestructura básica.”*; por lo que se puede ver, el PND está formulado a un nivel muy general, plantea sin embargo, metas cuantitativas enfocándose a tres puntos básicos tratando de establecer relaciones entre ellos, las que considera como variables fundamentales de la economía:

- a) Déficit en la Cuenta Corriente de la Nación
- b) Incremento del Ahorro Interno
- c) Crecimiento anual del PIB

Si bien éste no es un tratado de economía, sí se buscará aquí la manera de vincular el desarrollo de proyectos **B.O.T.** con el PND y sobre todo, con lo referente al Incremento de Ahorro Interno ya que puede ser éste una buena fuente de recursos a largo plazo para financiar el desarrollo de proyectos y del país en general. Probablemente es lo que el Dr. Zedillo buscaba al dar a conocer el tan esperado plan, que cada sector de la economía se ubicara y tratara de llegar a las metas planteadas de la mejor manera.

Por último para completar el panorama mexicano de la industria concesionada, vale la pena señalar que recientemente y ante la proliferación de empresas interesadas en participar en esta clase de proyectos, se creó la **ASOCIACIÓN NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA CONCESIONADA, A.C. (AMICO)**, cuyos objetivos generales se resumen como sigue.

- Ubicar a las Concesiones de Infraestructura en el mejor entorno Jurídico, Fiscal y Financiero.
- Promover ante las autoridades, las instituciones y la sociedad los temas de interés general de sus asociados.
- Cooperar con las autoridades y la sociedad en la consolidación y fortalecimiento de los sistemas de desarrollo y operación de las obras de infraestructura concesionada.
- Coadyuvar a que sus asociados, empresarios de esta nueva actividad y todos los recursos de las concesionarias de obras de infraestructura, estén dispuestos para proporcionar el mejor servicio que responda a las exigencias que plantea la modernización de nuestro país.

Aún cuando entre los asociados de AMICO se encuentran varias de las principales constructoras y firmas de ingeniería de nuestro país, AMICO ha brillado por su ausencia en la solución del enorme problema carretero que enfrentan actualmente las compañías concesionarias (AUTOSOL, ADOCSA, ACCSA, etc.); lo anterior pudiera deberse a la juventud de la asociación y a lo complejo de este tipo de proyectos máxime cuando se encuentran en problemas. Sin embargo no hay que descartar las bondades que en el mediano plazo podría tener el contar con una asociación de este estilo, sobre todo en lo que a capacitación se refiere, eso sin mencionar que mientras más empresas cuenten con infraestructura concesionada, mayor peso tendrá la asociación dentro del sector construcción del país y por consiguiente, en la economía en general.

El paso siguiente dentro de este estudio, y con el fin de obtener parámetros cuantitativos para hacer conclusiones interesantes será simular la actividad de los participantes en un **B.O.T.** (al menos del sector privado) desarrollando cada uno de las etapas que a continuación se detallan para el caso de un efluente de Aguas Municipales con un gasto de 500 l.p.s.

Diseño: Mediante el análisis de los datos proporcionados, se buscará la mejor combinación de procesos de tratamiento de una manera cualitativa, para posteriormente dimensionar la cadena de tratamiento partiendo de las corrientes de entrada, especificando después las corrientes de salida.

Inversión y Operación de la Planta: Una vez dimensionado el tren de tratamiento, se contará con toda la información necesaria para estimar la Inversión requerida para la construcción de la planta de tratamiento, así como para determinar los costos fijos y variables para operar la misma.

Análisis Financiero: Conociendo la Inversión requerida y los costos de operación de la planta, se realizará un análisis financiero comparando por un lado varios esquemas de financiamiento y por el otro, diferentes estructuras de capital con el objetivo de encontrar la opciones más rentables para los accionistas capaces de dar la menor tarifa a cobrar por el servicio..

Con lo anterior y un estudio de sensibilidad, se intentará dar respuesta a la mayoría de las respuestas planteadas en este capítulo al tiempo que se obtienen conclusiones al respecto del esquema financiero.

II.- BASES DE DISEÑO

II.1.- INTRODUCCIÓN

Veracruz, uno de los estados de la República Mexicana con mayor rezago en cuanto a tratamiento de agua se refiere, tiene la necesidad actual de tratar 850 l.p.s. distribuidos en dos de sus ciudades más importantes, **Minatitlán** con 350 l.p.s. y **Coatzacoalcos** con 500 l.p.s., esta última objeto del presente estudio.

La descarga sistemática de aguas residuales crudas, ha ocasionado contaminación en la vertiente del Río Coatzacoalcos, arroyos que cruzan la ciudad, pantanos de las inmediaciones y en la costa del Golfo de México; de tal suerte que está conceptualizada como una de las zonas prioritarias del Programa de Saneamiento de Aguas Residuales que tiene en marcha el Gobierno Federal.

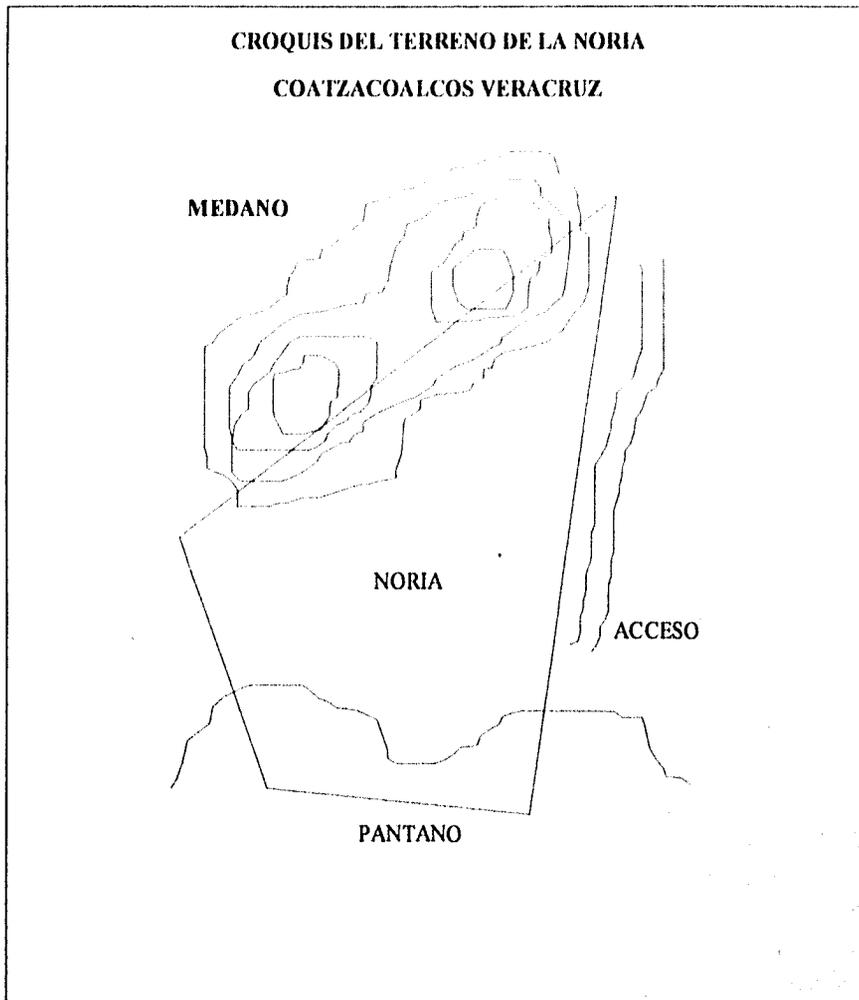
En la actualidad la ciudad de Coatzacoalcos no dispone de infraestructura para el tratamiento masivo de las aguas residuales que se generan en ella; existiendo únicamente la planta de tratamiento que se ubica en la colonia Pensiones con una capacidad nominal de 4.2 l.p.s. cuyo servicio es exclusivo para esta colonia; el proceso que rige al sistema es de tipo biológico anaerobio. El efluente de la planta se vierte al mar.

II.2.- LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA Y GEOTECNIA

El sitio disponible para la planta de tratamiento es el conocido como "La Noria", el cual está localizado en la parte sureste de la ciudad al sur de la Universidad Veracruzana, cerca de la vía del ferrocarril, al sur de la colonia Sta. Isabel (ver figura).

El área disponible del terreno de la NORIA es de 12.0 Has. (ver figura 3) de superficie factible para ubicar una planta de tratamiento de tipo compacto. En caso de requerir una superficie mayor, se deberá realizar el levantamiento topográfico de 150 Has. ubicadas en la

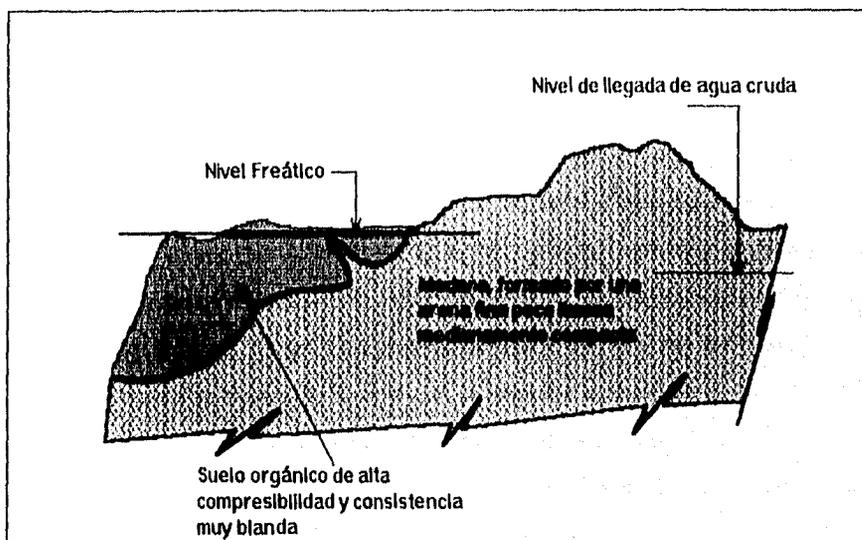
zona sur de la ciudad cerca de las inmediaciones del Río Calzadas, en el pantano propiamente, único sitio disponible por su extensión.



El terreno destinado para la planta de tratamiento se localiza al pie de un promontorio de escasa elevación del orden de 25 m respecto al nivel medio del terreno. Se trata de la ladera de un médano formado por arena fina en estado poco compacto a medianamente compacto

Superficialmente se tiene un suelo eólico a base de arena fina de color gris, en estado suelto a medio con un espesor comprendido entre 2.5 a 6 m, que disminuye hacia la zona en donde afloran los materiales palustres, es decir hacia el sur, alejándose del médano. Abajo de la arena superficial y hasta una profundidad entre 12 y 14 m, se tiene una arcilla orgánica de color gris, arenosa, de consistencia muy blanda de alta compresibilidad

A partir de los 14 m se tiene una arcilla arenosa de consistencia variable entre poco firme y muy firme, puesto que el número de golpes en SPT oscila entre 15 y 30. El nivel freático se detectó prácticamente en la superficie.



El agua residual cruda entrará a la planta por medio de un colector cerrado, proporcionado por el Gobierno, a un metro por debajo del nivel de terreno natural, con una carga disponible de 2 m.c.a.

II.3.- SERVICIOS DISPONIBLES

Energía eléctrica de 13,200 Voltios, tres fases y 60 Hz será provisto al limite del terreno por el Gobierno. Igualmente el Gobierno proveerá líneas telefónicas y agua potable al limite del terreno. El diseño de las obras para la utilización de estos servicios dentro del terreno será responsabilidad del diseñador.

Cualquier servicio adicional se considera en función del diseñador y deberá ser producido dentro del limite de la planta bajo la responsabilidad del mismo.

II.4.- CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

Según los datos existentes en la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Veracruz (CEAS), el clima de la ciudad de Coatzacoalcos es ecuatorial y su régimen térmico cálido regular. La precipitación pluvial es alta con 2,409.4 mm. anuales, siendo los meses de agosto a octubre los más lluviosos alcanzando en septiembre 484 mm. La temporada de secas es corta entre los meses de febrero y mayo y con precipitaciones de 70 mm. en el mes de febrero.

La temperatura alcanza 40 °C en el mes de mayo con un promedio de 28.7 °C como máxima extrema y 23 °C como mínima extrema, siendo el mes de enero el más frío.

Los vientos dominantes son de Norte a Sur y los reinantes de Sur a Norte. La evaporación potencial media anual es del orden de 1,447.90 mm.

II 5 - CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL

Conforme a los resultados obtenidos de los muestreos realizados por la C.N.A., las características del agua a tratar, como de las solicitadas a la descarga de la planta de tratamiento (condiciones particulares de descarga fijadas por la C.N.A. para este caso), se resumen en el Cuadro y se analizan en el capítulo III de este estudio (incluyendo muestreo).

PARÁMETRO	UNIDAD	INFLUENTE	EFLUENTE
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	250.00	30.00
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	480.00	120.00
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	294.27	30.00
Grasas y Aceites	mg/l	23.00	15.00
Temperatura	°C	26	26
pH		7.49	6.5-7.5
Coliformes Fecales	NMP/100ml	69.5×10^6	1,000
Sust. Activas al Azul de Metileno	mg/l	11.80	20.00
Caudal Nominal	l/s	500	500
Caudal Máximo	l/s	850	850

Como se puede observar, la información proporcionada para el diseño de la Instalación de Tratamiento, cualquiera que sea su tipo, obliga a hacer varias suposiciones. Si bien el agua residual es del tipo municipal y se cuenta con bastantes estudios previos, se está iniciando el desarrollo del B.O.T. con estimados; es decir, se tendrán que estimar las proporciones de materias volátiles en el agua, se tendrán que usar reglas heurísticas para predecir factores punta, etc.

Durante el capítulo primero cuando se habló de la participación del Gobierno en estos proyectos, se hizo hincapié en la necesidad de contar con un máximo apoyo gubernamental, situación que no ocurre en este caso. No quiero decir que así suceda en todos los concursos, pero confirma la incapacidad técnica de los municipios y de la CNA para preparar paquetes de información técnica adecuados, ya que en proyectos en los que se cuenta con información base de diseño completa, normalmente fué preparada por asesores privados contratados por los Gobiernos o Municipios.

A pesar de lo anterior, y tal como sucede con las compañías aspirantes a ganar negocios através de los proyectos **B.O.T.**, se procederá a analizar la información entregada y a hacer los supuestos necesarios para desarrollar el tren de tratamiento que mejor funcione para el caso (Capítulos III y IV respectivamente); las bases de diseño financieras sean o no proporcionadas por el Gobierno serán analizadas en el Capítulo VI.

III.- ANÁLISIS TÉCNICO PRELIMINAR

III.1 INTRODUCCIÓN

Este análisis intenta obtener las primeras conclusiones que permitan desarrollar un tren de tratamiento adecuado, que funcione en las condiciones actuales y permita una fácil adecuación a las condiciones futuras.

La Planta aquí estudiada tiene características no poco complicadas, en cuanto a lo que condiciones de construcción se refiere nos limita a ciertas cadenas de tratamiento, por otro lado, las perspectivas a futuro merecen especial atención; de acuerdo con los planes del actual Gobierno una desincorporación de la petroquímica se ve cada vez más cercana y aunado a los proyectos de incentivación fiscal ha otorgar por la Secretaría de Hacienda, se espera un fuerte crecimiento de la ciudad lo que modificará el estilo y nivel de vida de los habitantes, dando como resultado inmediato una variación en la carga de contaminantes con que hoy se diseña. Esto hace imperativo considerar este desarrollo en el diseño actual, de tal forma que la planta sea capaz de adaptarse proporcionalmente al cambio de la ciudad.

Por lo tanto, se presenta la dificultad de lograr un proyecto adecuado a estas características y a los requisitos de calidad del medio receptor.

III.2.- DATOS BASE DEL DISEÑO

La aportación de agua a la planta es a través de colectores que, como es de esperarse, verifican una dilución importante del efluente por dos motivos principales: el primero es la mezcla de estos efluentes con el agua pluvial, y el segundo es la mezcla del efluente con agua de los mantos freáticos que en esa región de la república, el nivel de los mismos es muy alto. Las aportaciones que llegarán a la Planta provienen de una zona de tipo habitacional básicamente con una influencia de tipo industrial en uno de los cuatro colectores existentes.

Por las condiciones del terreno mencionadas en las Bases de Diseño, se decidió que la planta se ubicara al Suroeste de la Ciudad en el terreno conocido como la Noria, que por sus condiciones de suelo, es el lugar más propicio para llevar a cabo la construcción de la planta, cualquier otro lugar de los disponibles para esto resultan altamente inadecuados por la incompatibilidad del terreno con las estructuras del tratamiento (sobre todo lagunas).

III 2.1.- Flujo a Tratar

Los dos cuadros siguientes recogen los datos base del efluente a tratar en la Planta, que si bien éstos resultan pobres, podemos tomar ciertos datos promedio que han sido extraídos de infinidad de aguas municipales caracterizadas alrededor del mundo.

CAUDALES (l/s)	ACTUAL	AÑO 2012	DISEÑO
Mínimo	250	500	250
Máximo	850	1,700	850
Promedio	500	1,000	500

El caudal punta, aunque no se menciona en los datos base de diseño ha sido estimado tomando como base las condiciones climatológicas del lugar, es decir, un lugar donde llueva durante 8 meses al año y con una red de drenaje unitaria, se cumple más o menos acorde el siguiente comportamiento en tiempo de secas:

$$Qp = Qm(1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Qm}})$$

en donde:

Qp es el caudal punta en l/s

Qm es el caudal medio en l/s

Esto da como resultado un coeficiente de 1.7 veces el caudal medio (que está de acuerdo con el máximo admitido de 3). En tiempo de lluvia para una red unitaria, admitiremos para nuestro caso un coeficiente de 4 veces el caudal medio (Q_m).

En el caso del caudal a futuro se ha estimado a partir de los datos de población y del aporte de agua residual per capita. En 1995 Coatzacoalcos y sus zonas conurbadas cuentan con 286,620 equivalentes habitantes con un aporte específico nominal de 150.7 l/hab/d, se estima que para el año 2012 existan aproximadamente 480,000 equivalentes habitantes con un aporte específico nominal de 180 l/hab/d derivado de el cambio en las condiciones de vida ya mencionadas anteriormente, lo que nos da como resultado 1,000 l.p.s.

III.2.2.- Calidad de las Aguas Crudas

La calidad de las aguas negras influente de la Planta de Coatzacoalcos se encuentran reportadas en el cuadro siguiente, es importante señalar que si bien los caudales de punta y futuros se han estimado con base en el crecimiento poblacional, la mayor estimación se hará aquí. En cuanto al muestreo, éste se realizó durante el mes de septiembre, en plena temporada de lluvias, adicionalmente se realizó la toma de dos muestras en época de secas durante enero. Debido a lo fragmentado de la red existente no le fué posible a la Junta Municipal de Aguas contar con uno o dos puntos que permitieran obtener muestras de agua residual que sean representativas del total del área que será servida por la nueva red de alcantarillado, por lo que la Junta seleccionó cuatro puntos que consideraron representativos dentro de la ciudad (las mediciones de cada punto no fueron proporcionadas).

Dada la variación de caudal producto de la infiltración de agua, los aforos no tuvieron más utilidad práctica que preparar las muestras compuestas, con volúmenes proporcionales a los gastos registrados al momento de obtener la muestra. El procedimiento efectuado consistió en efectuar aforos y muestreos cada 4 horas durante 24 horas los siete días de la semana,

realizándose de inmediato los análisis de campo de los siguientes parámetros: Temperatura, PH, conductividad, Oxígeno disuelto y materia flotante.

Los únicos datos proporcionados por la Junta Municipal son los reportados en la siguiente tabla:

PARÁMETRO	UNIDAD	INFLUENTE	EFLUENTE
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	250.00	30.00
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	480.00	120.00
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	294.27	30.00
Grasas y Aceites	mg/l	23.00	15.00
Temperatura	°C	26	26
pH		7.49	6.5-7.5
Coliformes Fecales	NMP/100ml	69.5×10^6	1,000
Sust. Activas al Azul de Metileno	mg/l	11.80	20.00
Habitantes		286,620	
Carga en DBO	g/hab/d	37.7	
Carga en SST	g/hab/d	44.35	
Aporte por Habitante	l/hab/d	150.7	

Las condiciones de descarga y con base en las especificaciones existentes a este respecto para otros sitios, la C.N.A. planteó como norma particular para el caso de la Ciudad de Coatzacoalcos, las presentadas en la tabla anterior.

Estos datos reflejan los contenidos en las Bases de Diseño, cabe aclarar sin embargo, los puntos siguientes:

- 1) Las temperaturas del efluente que aparecen en las Bases de Diseño reflejan una variación de sólo algunos grados. Por lo tanto, se han tomado los criterios siguientes para lograr una seguridad adicional en el diseño

Temperatura máxima	=	35°C
Temperatura mínima	=	15°C
Temperatura promedio	=	26°C

El último valor se entiende como valor promedio anual.

- 2) Se consideró que los metales pesados, aunque no se encuentran listados en los cuadros de datos de las bases de diseño, se encuentran dentro de los límites de toxicidad para un tratamiento biológico aerobio.

Hay aquí un punto interesante que vale la pena señalar, las cargas en DBO y SST son especialmente bajas comparadas con los promedios normalmente manejados (70 g/hab/d para DBO y 80 g/hab/d para SST) así mismo, la aportación de agua residual por habitante se encuentra dentro del promedio, en el límite inferior pero en el promedio. Esto se puede atribuir por un lado a las condiciones de vida, mientras mejores son éstas más altas son las cargas de DBO y SST, y por el otro, a los colectores, que permiten por su longitud una evolución del agua disminuyendo de manera considerable el contenido de materia biodegradable.

De cualquier forma habrá que prever un esquema de tratamiento que permita resistir incrementos en estas cargas en el futuro, dando por tanto preferencia a esquemas que cuenten con sistemas que amortigüen estas variaciones.

Otro factor importante es la dilución de las aguas residuales con aguas pluviales y freáticas, una vez que el sistema de colección sea remodelado esta dilución disminuirá de manera

sensible; deberá por tanto, considerarse un sistema flexible que funcione a lo largo de estas variaciones y con una operación sencilla.

En cuanto al contenido de materia volátil (MV) no se cuenta con la información necesaria por lo que se hará una estimación como sigue: en un agua municipal común se admite una cantidad de materias volátiles arriba del 75 % de las materias en suspensión (MeS), para este caso tomaremos un valor bajo de 50 % que tomará en cuenta la evolución del agua en los colectores.

III.3.- CALIDAD DE LOS EFLUENTES TRATADOS

A la salida de la Planta de Tratamiento de Coatzacoalcos, el efluente deberá cumplir con los requerimientos de calidad impuestos en las bases de diseño, mismos que corresponden a las condiciones particulares de descarga fijadas por la CNA para este caso. Esta calidad de descarga, así como la eficiencia del tratamiento, se presenta en el cuadro.

PARÁMETRO	UNIDAD	EFLUENTE	EFICIENCIA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	30	88 %
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	120	75 %
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	30	89.8 %
Grasas y Aceites	mg/l	15	62.5 %
pH		6.5-7.5	
Coliformes Fecales ⁶	NMP/100ml	1,000	99.9 %
Temperatura	°C	26	
Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/l	20	

⁶ Se entiende como valor promedio de 30 muestras

III.4 - PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

III.4.1 - Filosofía y Justificación del Tren de Tratamiento

A continuación se desarrollará la filosofía de tratamiento, tomando en cuenta las conclusiones y precauciones que de los puntos anteriores se han extraído; primero en cuanto al agua se refiere y después a los tan discutidos lodos.

III.4.1.1.- Tratamiento del Agua

Fijando la atención en los requisitos de tratamiento, así como en las contaminaciones DBO, DQO y sólidos, estos números parecen bastante corrientes, traduciéndose por la necesidad de un tratamiento biológico seguido de una desinfección; es decir, por unos tiempos adecuados de reacción en el reactor biológico, cualquiera que sea su tipo, como en la zona de desinfección, además de un diseño adecuado de la clarificación secundaria pudiendo ser este punto el más conflictivo.

Aunque, a primera vista, un efluente como éste pueda parecer fácil de tratar, muchos problemas se plantean al momento de diseñar los trenes de tratamiento. Vamos a explicar cuáles son estos problemas, así podremos justificar las opciones de tratamiento que se tomarán para lograr los objetivos de calidad de agua, fijadas en las bases de diseño.

a) **Desengrasado:** Los análisis indican contenidos en grasas y aceites considerables, por lo tanto, se debe prever una etapa de desarenado-desengrasado que, dado el flujo a tratar y la modulación futura, se deberá llevar a cabo en un equipo rectangular con ayuda de una inyección de aire comprimido, facilitando así la flotación de grasas y aceites contenidos en el agua; con esto, al mismo tiempo se promueve la separación de materia orgánica adherida a la arena evitando su sedimentación, situación que causaría problemas posteriores en el tanque. Se

identifica pues, esta etapa como una de las más importantes dentro del tratamiento. Aunque un decantador primario podría eventualmente separar las grasas que se acumulan en la superficie, se adapta muy mal cuando el volumen a remover es considerable, con las consiguientes dificultades en la operación, sin tomar en cuenta el deterioro en la calidad del efluente decantado (calidad que se debe tomar en cuenta para el diseño de las etapas subsecuentes). Adicionalmente, las futuras variaciones mencionadas arriba en este capítulo serán, aunque parcialmente amortiguadas aquí, confiando mayor flexibilidad a la planta.

b) Decantación Primaria y Tratamiento Biológico: En plantas de tratamiento de aguas residuales de esta magnitud, generalmente se considera que la decantación primaria es adecuada, tanto desde un punto de vista económico como técnico. En el caso que ahora nos ocupa debido a las concentraciones tanto de DBO_5 como de SST, el uso de una etapa de decantación primaria aportará un interés económico, ya que permite disminuir volúmenes en aeración por la disminución en DBO y SST del agua influente; es fácil observar que una etapa de decantación primaria no representaría en este caso, un riesgo técnico y mucho menos económico; en el caso de que se verifiquen llegadas masivas de DBO_5 a lo largo del día, situación imposible de prever con los datos existentes, funcionará como un amortiguador que protegerá la etapa biológica, no importando el tipo de ésta; adicionalmente una dosificación de polielectrolito o polielectrolito con sal de hierro a la salida del pretratamiento, permitirá controlar eficazmente el nivel de contaminación que llegará al tratamiento biológico, evitando así sobrecargar este elemento clave.

Por otro lado, los decantadores primarios deberán estar provistos de rascadores de superficie, éstos permiten la separación de algunos flotantes que se separan preferentemente en esta etapa que en el desengrasado por las velocidades aquí manejadas. De esta forma, seguimos tomando precauciones para soportar los cambios a futuro y eventuales picos actuales, lo que le confiere a la instalación gran seguridad tanto de tratamiento como operativa.

El tratamiento biológico deberá cumplir con dos objetivos básicos

- 1) De calidad de agua tratada ($DBO_5 < 30 \text{ mg/l}$)
- 2) Económico, esto quiere decir que el sistema deberá ser correctamente dimensionado para evitar excesos innecesarios en el consumo de energía que no representen una mejora real en el funcionamiento de la instalación.

Adicionalmente la etapa biológica deberá ser fácil de operar y flexible al mismo tiempo, permitiendo así óptimos resultados en el tratamiento. Estos requisitos se ven ampliamente satisfechos por un sistema de Lodos Activados a media carga. Este sistema permite cumplir con los siguientes objetivos:

- Se logre la calidad de DBO_5 y SST impuesta, es decir trabajar una relación F/M suficientemente baja.
- No se incurra en excesos y sobreprotecciones innecesarias que sólo incrementen el valor de la obra y su explotación.

Un proceso biológico a fuerte carga no se justifica dado el nivel de contaminantes biodegradables presentes en el agua, si bien será apto para recibir picos muy altos de contaminantes, obligará a una segunda etapa biológica que dado el caso no se justifica, redundando en un incremento del costo de la planta sin una justificación técnica de peso. Por otro lado un sistema a base de aireación extendida, incrementará la eficiencia del tratamiento biológico con un consumo mucho mayor en energía eléctrica y un gasto adicional en la construcción del tanque; sin embargo, la eficiencia requerida por las bases de diseño (88%) se cumple perfectamente con un sistema a media carga no haciéndose necesario el empleo de una aireación extendida.

Analizando las bases de diseño, y dadas las condiciones del suelo en que se ha de construir la planta de tratamiento, no se debe pensar siquiera en tratar el agua a base de lagunas, primero porque demandan mucho terreno lo que obligaría en este caso a acondicionar la zona pantanosa; posteriormente, y dada la suavidad del suelo, en todo momento se corre el riesgo de un hundimiento parcial en el fondo de la laguna y por pequeño que éste sea, podría provocar un cambio repentino en la dirección de flujo del agua a tratar, teniendo como consecuencia la necesidad de realizar grandes obras de reparación que inhabilitarían la planta por largo tiempo.

c) Decantación Secundaria: Las variaciones en la carga influente del agua, aconsejan un diseño de la etapa de clarificación ligeramente sobredimensionada, es decir hablando de cargas hidráulicas cerca de 1 m/h/m^2 frente a los 2.5 m/h/m^2 normalmente aceptados para una aeración a media carga. Dos factores adicionales hay que considerar aquí referentes a la clarificación, el primero, se refiere a la calidad de tratamiento; por un lado se debe considerar una tasa de recirculación más o menos elevada, es decir, cercana al 100 % del caudal nominal, y por el otro, si se aumentan los puntos de recogida del lodo dentro del decantador se evitarán zonas muertas que pueden provocar una degradación del mismo y problemas de "Bulking"; estas consideraciones mejorarán en gran medida la decantabilidad del lodo. El segundo factor se refiere al suelo donde se va a construir, dada la naturaleza suave del mismo y la necesidad de implementar cimentaciones muy robustas, desaconsejan el empleo de decantadores con una pendiente de fondo muy pronunciada que exigen grandes volúmenes de excavación.

Estos factores apuntan directamente hacia un decantador cuya extracción de lodos sea a través de un mecanismo de succión, ya que este tipo de decantadores cuentan con fondos muy planos y puntos múltiples de recogida de lodos.

III.4.1.2.- Tratamiento de Lodos

El tratamiento de agua presentado tiene, como fuente de lodos, los tratamientos biológico y primario, de donde los lodos que se extraen no han sido aún estabilizados. Por

tanto, el tratamiento de estos lodos no debe consistir solamente en la separación del agua que los vehicula, sino además, se debe prever una estabilización. Cualquiera que sea el tipo de estabilización elegido deberá cumplir con la filosofía de operación y construcción del sistema.

Un punto interesante aquí es el referente a las extracciones de lodos, según los últimos estudios una recirculación de lodos hasta la cabeza de la planta mejora en mucho la decantación primaria, además de incrementar la decantabilidad del lodo secundario; los lodos en exceso (ahora primarios y secundarios) serían extraídos desde el decantador primario. Se tomará pues, como válido esto y lo adoptaremos para nuestro tren de tratamiento.

Continuando con la filosofía de fácil operación una estabilización anaerobia de los lodos exige un control muy estrecho (temperaturas, presiones, flujos, etc.) lo que implica una inversión muy fuerte en instrumental de control, mayor gasto en mantenimiento y personal, adicionalmente al tiempo que toma el arranque y estabilización del proceso. Es cierto que los subproductos de una digestión anaerobia son utilizables dentro de la planta (cogeneración de energía, etc.), para una instalación de esta magnitud no es económicamente interesante dada la cantidad de lodos a digerir. Por otro lado, una estabilización con cal viva implica un proceso fuertemente exotérmico, incrementando el costo en equipos de seguridad y de control, además de no ser bien vista por las autoridades ecológicas de este país.

Con base en lo anterior, la mejor solución para el tratamiento de estos lodos es la siguiente:

- Espesamiento Gravitatorio
- Estabilización Aerobia de Lodos Espesados
- Secado Por Filtros Banda

El espesamiento permitirá reducir el volumen de estabilización requerido por la cantidad de lodos producidos, retornando el agua sobrenadante a la cabeza de la planta. Para esta operación el empleo de un espesador gravitatorio parece ser el más adecuado, por un lado es de fácil operación ya que no requiere de grandes equipos periféricos que demandan una gran

instrumentación y control, tal es el caso de la flotación; por el otro, se pueden obtener concentraciones a la salida alrededor de 30 g/l. con un costo de operación muy bajo.

Posteriormente al espesado, una estabilización de manera Aerobia para la planta parece adecuada, ya que como ya se mencionó, es mucho más sencillo de operar que una estabilización anaerobia. Asimismo, para una planta del tipo y características que nos ocupa, este tipo de estabilización es mucho más flexible, fácil de operar y apta para soportar variaciones en la carga, pH, y aún dentro de cierta medida, de temperatura. Hablando de las dificultades constructivas que presenta el terreno, este tipo de estabilización requiere de una obra bastante sencilla, lo que nos garantiza una inversión baja en este rubro. Vale la pena recalcar que otro tipo de estabilizaciones, tales como adición de cal viva, no ofrecen ni la facilidad operativa ni la seguridad que en esta obra se requiere.

Finalmente, los lodos digeridos pasarán del tanque de estabilización a su compactado final. Por la clase de lodo con que tratamos aquí, la mejor solución para su deshidratación es por medio de filtros banda. Se aconseja este sistema para Coatzacoalcos, porque no requiere más que polielectrolito para el acondicionamiento del lodo, es decir, que no se tiene que añadir cal ni cloruro férrico como es el caso de los filtros-prensa, (a pesar de que funcionen filtros-prensa únicamente con polielectrolito, es imposible ahora predecir si la solución es factible sin hacer ensayos con el verdadero lodo) con un considerable incremento en los costos de operación.

Se podría proponer también, la solución con centrifugadoras que necesitan igualmente sólo polielectrolito, pero esta solución representa más gasto de energía para lograr la misma sequedad. Por otro lado, el lecho de secado quitaría versatilidad a la instalación, (sin hablar de la demanda de terreno y las condiciones climatológicas de la región) el hecho de prever filtros banda, nos permite absorber el crecimiento futuro de las instalaciones sin hacer cambios radicales, tanto en la operación de las plantas, como en las obras de ampliación.

Con los criterios antes mencionados, se pretende obtener una instalación muy versátil para futuros cambios en la calidad del agua a tratar, así como modulable para futuros aumentos en la capacidad. El tamaño de la planta se puede predecir compacto, ya que los procesos

seleccionados demandan poco terreno, lo que no ocurre con procesos tales como lagunas; que además de requerir mucho terreno no proporcionan ni las garantías de calidad ni la flexibilidad en la operación.

III.4.2.- Otros Criterios De Concepción Del Diseño

En el apartado 4.1 se han desarrollado los conceptos básicos del diseño vinculados a los conceptos científicos del tratamiento del agua. Existen también conceptos más tecnológicos que influyen en el diseño, como pueden ser la confiabilidad y la facilidad de operación, la adaptación de las plantas a su entorno general, su facultad de adaptarse a las variaciones que necesariamente trae consigo el tratamiento de aguas residuales, a la climatología, etc., es decir todo lo que hace de una planta de este tipo una unidad industrial confiable.

El primer criterio básico en esto, se vincula a la operación de la planta: Para un funcionamiento industrial debe ser, como ya se mencionó, fácil de operar, con posibilidades mínimas de error humano o de fallo electromecánico. Por eso, se tienen que elegir aparatos robustos primero, y numerosos luego, de tal forma que podamos minimizar las consecuencias de cualquier fallo siempre posible. Un ejemplo de esto es la elección de los medios de aeración, a pesar de ser en teoría más eficiente la inyección de aire en los tanques, este sistema presenta algunos problemas como son el atascamiento en el caso de discos porosos, el conocimiento todavía débil de la duración de vida de las membranas en su caso, la complejidad de los sopladores y turbocompresores, su sensibilidad a las variaciones climatológicas, su susceptibilidad a las altas temperaturas, la necesidad de filtrar el aire, etc.

Se optará, en el caso de la planta de Coatzacoalcos, por dar preferencia a un sistema de aeración de superficie y precisamente, a un conjunto de turbinas; el número de estos aparatos será tal en la planta que, en función de las necesidades reales, permitirá alternar los aeradores en funcionamiento y parados, mejorando las posibilidades efectivas del tratamiento sin recurrir a otros medios de mezcla. Además, estas turbinas presentan una fiabilidad y una robustez

probada en numerosos lugares y en caso de falla, no necesitan más de medio día para cambiar cualquiera de sus partes. Hay que añadir que ha desaparecido ahora el problema de aerosoles, con los sistemas de faldones que cercan las piezas en movimiento.

Otro ejemplo de elección del mismo tipo es el de los puentes de decantadores secundarios del tipo SUCCIÓN circular que permiten recoger más de 80 % del lodo decantado. Este sistema elimina prácticamente el lecho de lodos en las obras, dando así más seguridad al personal de operación.

Bajo la misma filosofía, se ha elegido por su fiabilidad el sistema de deshidratación de lodos por filtros banda que presentan además la ventaja, como ya se mencionó, de no necesitar más acondicionamiento que polielectrolito, siendo este polielectrolito preparado una vez al día. Estos filtros integrarán en el caso de Coatzacoalcos una reja de pre-escurrimiento de lodos dado al tipo de lodo que se tiene que tratar.

Esta primera lista es por supuesto, incompleta y en todos los apartados se puede encontrar esta voluntad de facilitar la operación de la planta.

Un punto particular tiene que ser desarrollado aparte; se trata de la instrumentación y de la automatización de la planta. La filosofía que se ha intentado desarrollar en esta parte, completa lo recién explicado de los aparatos mecánicos, o sea, se prevé la instrumentación adecuada a un control efectivo de la planta con una automatización sencilla que siempre se pueda corregir manualmente en caso de fallo o de datos no concordantes. Esta filosofía se debe a la naturaleza del producto a tratar, el agua residual es un producto variable por esencia y no algo que obedezca a unas leyes prefijadas, por eso siempre se tiene que recurrir a la lógica humana, a la cual se tiene que dar información de calidad y no información en cantidad. Por tanto, SI a la automatización cuando se puede confiar en ella, SI a la información que puede proporcionar una buena instrumentación, pero NO a la automatización por automatizar o a la instrumentación que no tenga una utilidad real.

IV.- MEMORIA DE CÁLCULO

IV.1.- INTRODUCCIÓN. LÍNEA DE TRATAMIENTO PROPUESTA

De lo estudiado en el capítulo III, las conclusiones prácticas obtenidas son las siguientes:

- El tratamiento deberá incluir una decantación primaria.
- El tratamiento del agua será del tipo biológico por lodos activados a media carga.
- La estabilización de lodos se considera aerobia.

A partir de estas bases, se desarrollará la línea de tratamiento propuesta que se compone básicamente de las fases siguientes:

A) Tratamiento del Agua

- Pretratamiento incluyendo una cámara de tranquilización, desbaste, desarenador-desengrasador aireado y decantación primaria.
- Tratamiento biológico, decantación secundaria y recirculación de lodos.
- Desinfección del agua tratada.

B) Tratamiento de Lodos

- Espesamiento gravitatorio de los lodos producidos.
- Estabilización aerobia y secado de los lodos.
- Transporte de lodos.

IV.2.- TRATAMIENTO DEL AGUA

IV.2.1.- Pretratamiento

Se trata de un elemento clave de la planta a pesar de su débil actuación sobre los parámetros importantes de la contaminación, el pretratamiento es el lugar donde se van a eliminar la mayoría de los componentes capaces de estorbar los tratamientos siguientes y su operación, sólidos gruesos en los desbastes, arenas y una parte de los flotantes aglomerados en el desarenado. Por tanto, se tiene que cuidar especialmente su buen diseño y sus facilidades de operación.

Su primer componente es la cámara de tranquilización que eliminará la energía cinética que tiene el agua debido al bombeo que la lleva a la planta, además, está destinado a retener las piezas más gruesas que puede arrastrar el flujo de aguas negras después del bombeo: piedras, trozos de madera, etc. Es como ya se mencionó una zona de tranquilización y de disipación de la energía cinética que se ha calculado con los datos siguientes

- A caudal máximo: velocidad horizontal = 0.55 m/s
- A caudal medio: velocidad horizontal = 0.30 m/s
- Altura de agua: 0.6 m.
- Ancho 3.0 m

Las velocidades son un poco bajas para este tipo de obra, pero permiten el paso de herramienta para la eliminación de los sólidos retenidos. A la salida de este pozo, un desbaste grueso manual de seguridad, con espaciamiento entre barras de 100 mm. protege a los aparatos mecánicos que se encuentran aguas abajo.

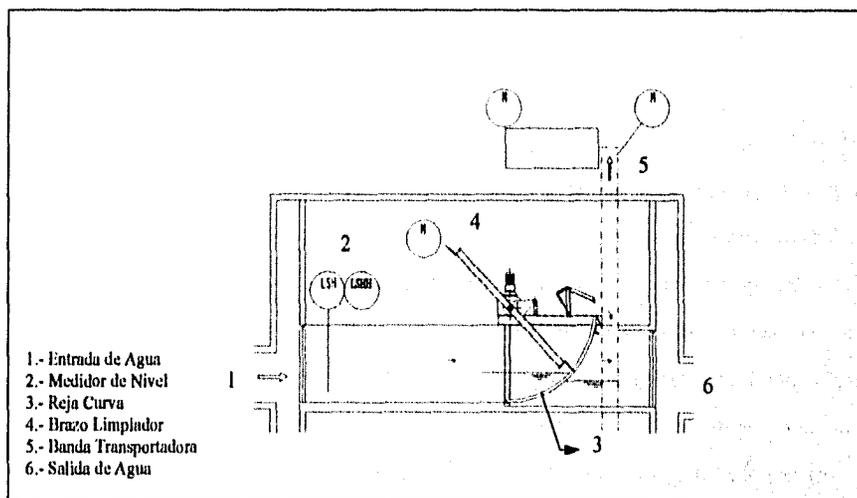
El desbaste fino automático se encuentra detrás del desbaste grueso y tiene las características siguientes:

Número de unidades	2
Espaciamiento entre barras	10 mm
Ancho de cada unidad	1,200 mm
Altura de Agua:	600 mm.
Espesor de Barros	6.5 mm.

Se trata de rejas curvas automáticas que tienen así una velocidad de acercamiento de:

A Caudal Máximo	0.70 m/s
A Caudal Medio	0.34 m/s
A Caudal Mínimo	0.17 m/s

un esquema de este tipo de rejas se muestra en la siguiente ilustración.



Un tercer canal, equipado con una reja manual, de paso de 10 mm. asegura el by-pass. Posteriormente, una banda transportadora común recoge los sólidos parados por el desbaste fino, vertiéndolos en una prensa de compactación que minimizará el volumen de los sólidos para facilitar así su disposición final.

Una vez desbastada, el agua pasa a las obras de desarenado-desengrasado con las características siguientes:

Número de unidades:	2
Dimensiones de cada uno:	4 x 14.0 m
Altura de agua máxima:	4.0 m
Superficie líquida:	112.0 m ²
Volumen de líquido:	448.0 m ³

Por tanto, las características de diseño, es decir sus velocidades ascensionales, son:

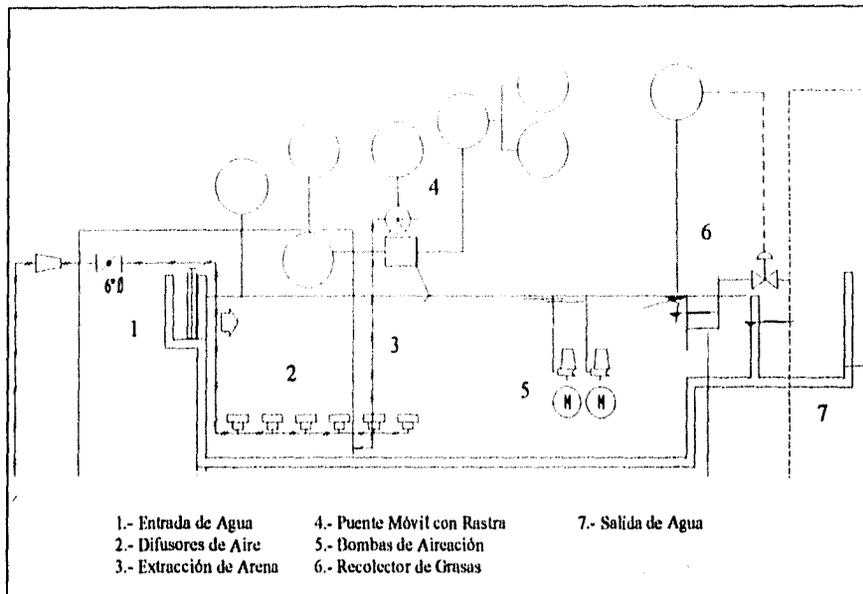
-A Q Promedio	16.1 m/h
-A Q Máximo	32.1 m/h

Se tomaron en cuenta, como se puede notar, velocidades medias para una etapa de desarenado-desengrasado. Estas características nos aseguran por un lado, la retención de más del 90 % de las arenas de tamaño mayor de 200 micras sin que por eso sedimenten los lodos orgánicos, y por el otro, la retención de las grasas perjudiciales para subsecuentes etapas del tratamiento. Para separar las arenas de su carga orgánica y permitir así su mejor sedimentación, se necesita una fuerte agitación dentro de los canales. Se prevé esta agitación por medio de un burbujeo grueso de aire abastecido a través de difusores, a lo largo de los canales con una producción específica de aproximadamente 2.00 m³ de aire/m³ de desarenador-desengrasador.

Dos puentes de succión (uno por canal), realizan dos funciones básicas, la primera consiste en recoger las arenas depositadas en el fondo mandándolas a dos tornillos clasificadores

que las seca y acaba de limpiarlas de sus lodos, y la segunda, es el de empujar con ayuda de una rastra, las grasas acumuladas en la superficie llevándolas al final del canal en donde son recolectadas y enviadas a un desnatador donde son separadas del agua que las vehicula; el agua separada se recircula a cabeza del desarenador y las grasas se envían a un contenedor que las deja listas para su posterior disposición.

En la siguiente figura se esquematiza el desarenador desengrasador rectangular seleccionado para este caso.



IV.2.2.- Decantación Primaria

Como se mencionó en el capítulo III, el empleo de una etapa de decantación primaria es para mejorar la calidad del efluente pretratado, particularmente por la retención de los sólidos suspendidos sedimentables en el fondo y la materia flotante en la superficie (grasas y aceites).

En el caso de Coatzacoalcos esta etapa tan importante se calculó tomando en cuenta una velocidad ascensional de 1.2 m/h, que si bien es baja, permitirá soportar los posibles choques de contaminación y picos de caudal así como los crecimientos futuros. Con estas velocidades se espera obtener una remoción de 50% de los sólidos suspendidos en el agua pretratada, permitiendo por tanto hasta un 30 % en la eliminación de contaminación orgánica expresada como DBO₅; todo esto con un consumo mínimo de energía. Consecuentemente, los volúmenes requeridos para la aireación se reducen proporcionalmente.

En cuanto a la extracción de lodos de la decantación primaria, adoptamos el esquema de recirculación de lodos biológicos a la cabeza de la planta, se tendrá aquí por lo tanto, lodos mixtos con una concentración de salida de 15 g/m³. Con los criterios anteriores tendremos decantadores primarios cuyas características unitarias se resumen a continuación:

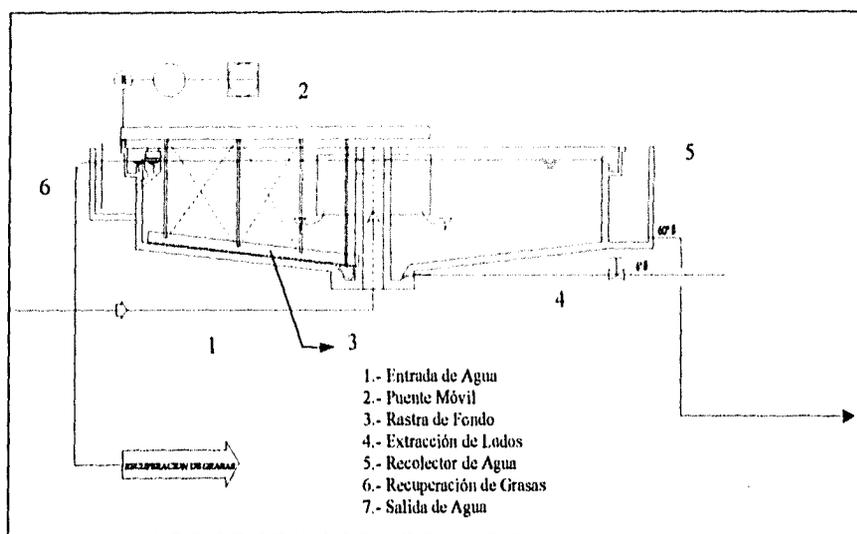
Número de Unidades	2
Velocidad Ascensional a Q promedio:	1.2 m/h
Velocidad Ascensional a Q máximo:	2.5 m/h
Diámetro	30 m
Volumen Útil	1,940 m ³
Concentración de Lodos en la Purga	1.5 %
Reducción sobre SST	50 %
Reducción sobre DBO ₅	25 %

Resumiendo entonces, se adopta la decantación primaria por las siguientes razones:

- 1) Disminución de la contaminación de entrada al biológico, lo que mejora su rendimiento y disminuye su tamaño.
- 2) Tratar esta agua sin decantar por otro tipo de tratamiento biológico aerobio (cultivos fijos o semifijos como lechos bacterianos o discos biológicos, por ejemplo) parece muy arriesgado, tanto desde el punto de vista de calidad de agua como el de los olores que traería un tratamiento mal oxigenado.

3) Esta decantación primaria otorgará a la planta una mayor capacidad para adaptarse a cambios futuros y eventuales picos de contaminación.

Estos equipos no son muy sofisticados y consecuentemente de fácil operación, un esquema del decantador primario seleccionado se muestra en el siguiente diagrama.



A la salida de la decantación primaria se tendrán las siguientes corrientes de salida:

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Lodos Primarios Volátiles	Kg./d	4,195
Lodos Primarios Minerales	Kg./d	2,161
DBO ₅ del agua a la Salida	mg/l	187.5
Sólidos Suspendidos a la Salida	mg/l	147.1

IV.2.3.- Tratamiento Biológico

IV.2.3.1.- Definición

El proceso de lodos activados involucra esencialmente una fase en la cual el agua a ser purificada se lleva a un contacto con flocúlos biológicos en presencia de oxígeno (aireación), seguido de una fase de separación de este flocúlo (clarificación). De hecho, este proceso no es más que una intensificación del fenómeno que normalmente ocurre en la naturaleza. La diferencia consiste en la concentración de microorganismos presentes en el reactor que se traduce por una demanda mucho mayor de oxígeno. Además con el fin de mantener la masa bacteriana en suspensión, ésta debe ser artificialmente agitada. A esta masa biológica en suspensión dentro del tanque de aireación se le llama **LODO ACTIVADO**.

El proceso de lodos activados ha probado ser uno de los más eficientes y de fácil operación dentro de los procesos biológicos de depuración de agua, logrando dependiendo de la variante del proceso, eficiencias de depuración cercanas al 99 %. En el cuadro siguiente se resumen las características básicas de las diferentes variantes que existen en los procesos de lodos activados.

TIPO	CARGA MASICA Kg. DBO ₅ /Kg. SS d	CARGA VOLUMICA Kg. DBO ₅ /m ³ d	EFICIENCIA SOBRE DBO ₅
Baja Carga	F/M < 0.15 F/M < 0.07 (aireación extendida)	Cv < 0.4	η > 90 % Nitrificación posible
Media Carga	0.15 < F/M < 0.4	0.5 < Cv < 1.5	η ≈ 80-90 % Nitrificación posible a elevadas temperaturas
Alta Carga	1.2 > F/M > 0.4	1.5 < Cv < 3	η < 80 %

Complementando lo que se vio en el capítulo III vamos a estudiar las diferentes alternativas de lodos activados para confirmar así la selección del proceso a media carga. El primer punto a analizar es la calidad del efluente tratado, como se dijo en las bases de diseño, la concentración de DBO₅ en el agua tratada no debe ser mayor a 30 mg/l. Por otro lado, se ha considerado el empleo de decantación primaria que en condiciones normales eliminará el 25 % de la DBO₅ dejando al tratamiento secundario 187.5 mg/l a remover, es decir, 84 % de eficiencia. Esto deja fuera la posibilidad de usar el proceso a alta carga biológica cuya eficiencia de remoción es inferior al 80 %. El segundo punto se refiere a las dificultades constructivas de la zona que advierten en contra de grandes construcciones, quedando por lo tanto descartada la opción de aireación extendida que por la carga volúmica que maneja requiere de grandes tanques con elevados tiempos de retención.

Con base en lo anterior, la solución más adecuada para el caso de Coatzacoalcos es la aireación a media carga que, además de no requerir grandes construcciones, permitirá la eficiencia de remoción requerida.

IV.2.3.2.- Relaciones Básicas

Las ecuaciones básicas que se tuvieron en cuenta para dimensionar el reactor biológico son las siguientes:

$$L_f = \frac{(DBO_5)_e}{(1 + k_1 \times Sa \times \%MV \times t)}$$

En donde:	$(DBO_5)_e$	Es la concentración de DBO ₅ a la entrada del tratamiento
	k_1	La constante de reacción cinética que depende de la temperatura y de la concentración a la entrada.
	Sa	Es la concentración de sólidos suspendidos dentro del reactor
	$\%MV$	Porcentaje de Materias Volátiles en los sólidos suspendidos
	t	El tiempo de residencia en el tanque
	L_f	DBO ₅ del efluente tratado.

Para el cálculo de la DBO₅ insoluble ligada a los SST del efluente tratado, tenemos la siguiente relación:

$$L'f = (SST)_e \times k_2$$

Siendo: $L'f$ la DBO₅ insoluble del efluente tratado
 k_2 Coeficiente dependiente de la carga másica (o relación F/M)
 $(SST)_e$ SST autorizado a la salida (efluente tratado)

Por consiguiente la DBO₅ del efluente tratado será la suma de las partes soluble e insoluble:

$$(DBO_5)_f = Lf + L'f = \frac{(DBO_5)_e}{1 + k_1 \times \Delta\alpha \times \%MV \times t} + (SST)_e \times k_2$$

Para las constantes k_1 y k_2 se ha encontrado de manera experimental, corroborados en campo, los siguientes valores para aguas residuales municipales:

		TEMPERATURA °C				
		DBO ₅	20	16	13	10
k_1	400	2.12	1.97	1.86	1.76	
	200	2.11	1.96	1.82	1.75	
	100	2.08	1.93	1.74	1.72	
	60	1.98	1.84	1.59	1.64	

Para los valores de k_2 se encuentra que son función de la carga másica, obteniéndose igualmente a partir de ensayos de laboratorio los valores reportados a continuación:

C_m	k_2
0.1	0.25
0.2	0.32
0.3	0.43
0.4	0.48
0.5	0.52

Mientras la materia orgánica biodegradable es consumida por la masa de microorganismos bajo condiciones aerobias, ocurren los siguientes fenómenos:

- Los microorganismos consumen oxígeno para satisfacer su demanda energética, para su reproducción por división celular y su respiración endógena (auto-oxidación de materia celular).
- Existe una producción de materia inerte que se denomina lodo en exceso.

Estos fenómenos pueden ser cuantificados a partir de las siguientes relaciones basadas en la cinética de las reacciones:

- Oxígeno requerido para síntesis bacteriana, el cual se expresa como:

$$a' \times \text{DBO removida}$$

- El oxígeno requerido para respiración endógena se calcula a partir de:

$$b'' \times \text{MeS activas}$$

Siendo las constantes a' y b'' función de la carga másica y de la temperatura cuya determinación en el laboratorio, para un agua residual municipal, arroja los siguientes valores:

Cm	a'	b''
0.1	0.65	0.066
0.2	0.59	0.093
0.3	0.56	0.108
0.4	0.53	0.117
0.5	0.5	0.123

La corrección por temperatura para b'' es a partir de la siguiente ecuación tipo Arrhenius:

$$k = -0.138 + 0.07572 \times T$$

El consumo global de oxígeno se corrige además, por tres factores que se refieren al tipo de aereador (Tp), a la parte no corregida por temperatura (Tt) y el tercero a altitud (Td); mismos que se detallarán más adelante en este estudio. Para la producción de lodos tendremos por un lado lodos producto de la decantación primaria, y por el otro los lodos en exceso producidos en el proceso biológico, cumpliendo ambos procesos las siguientes relaciones:

$$(Be)_{org} = \left((0.56 - 0.75 \times \frac{b}{C'm}) + 0.3 \times \left(\frac{MeS}{DBO_3} \right) \right) \times (DBO_3)e$$

$$(Be)_{min} = 0.27 \times MeS$$

IV.2.3.3.- Cálculo del Reactor Biológico

Con estas bases se calculará de manera iterativa el reactor biológico que aplicará para el caso de Coatzacoalcos. El cálculo se centrará en la suposición hecha con anterioridad acerca de la mineralización de las materias en suspensión.

El resultado del cálculo iterativo se muestra en el cuadro mismas que se detuvieron

ya que la variación de las Materias Volátiles supuestas a las calculadas no fué mayor a 0.01 %.

PARÁMETRO	ITERACIÓN 1	ITERACIÓN 2	ITERACIÓN 3
C_m (Kg DBO/Kg. MeS x d)	0.4	0.4	0.4
S_0 (Kg./m ³)	3.2	3.2	3.2
C_v Kg. DBO/m ³ x d)	1.28	1.28	1.28
% MV	50.00	70.12	69.22
Volumen de Aireación (m ³)	6,328	6,328	6,328
Tiempo de retención (h)	3.52	3.52	3.52
$C'm$ (Kg. DBO/Kg. MV x d)	0.800	0.570	0.578
L_f (mg/l)	14.57	10.63	10.75
$L'f$ (mg/l)	14.21	14.21	14.21
(DBO ₅) _f (mg/l)	28.78	24.84	24.96
DBO ₅ eliminado (Kg./d)	6,857	7,027	7,022
b (Kg. MV/ Kg. MV x d)	0.1874	0.1589	0.1599
(Be) _{min.} (Kg./d)	1,716	1,716	1,716
(Be) _{org} (Kg./d)	4,027	3,859	3,866
MV (Calculadas)	70.12	69.22	69.26
Desviación %	40.24	-1.29	0.06

El siguiente paso dentro de la determinación del reactor biológico, es el cálculo de las necesidades de oxígeno en el mismo, tomando en cuenta las ecuaciones antes mencionadas. Como ya se mencionó, el consumo de oxígeno se divide en dos partes: la primera es debido a la eliminación de DBO₅ y queda descrito el fenómeno por la ecuación $a' \times DBO_e$, para este caso los valores de diseño los siguientes:

$$\begin{aligned}
 C_m &= 0.4 \text{ Kg. DBO/ Kg. MeS x d} \\
 a' \text{ real} &= 0.528 \text{ Kg. O}_2/\text{ Kg. DBO x d} \\
 \text{DBOe} &= 7,022 \text{ Kg. DBO/ d} \\
 a' \times \text{DBOe} &= 3,704 \text{ Kg. O}_2/\text{d}
 \end{aligned}$$

Para determinar el consumo horario de oxígeno es necesario determinar un factor de punta sobre la DBO, en este caso y de acuerdo con lo establecido en el capítulo III un factor de punta de 1.7 es adecuado ya que permitirá absorber cambios bruscos en el influente así como los paulatinos incrementos a futuro; de acuerdo con esto, el consumo horario de oxígeno es de 262.38 KgO₂/h.; la segunda parte, se debe a la respiración endógena descrita por $b'' \times \text{MeS}$ activa que son proporcionales al peso de lodos activados en aireación, los valores de diseño son:

$$\begin{aligned}
 T &= 26 \text{ }^\circ\text{C} \\
 C_m &= 0.4 \text{ Kg. DBO/ Kg. MeS x d} \\
 k &= 1.83 \\
 b'' &= 0.2102 \text{ Kg. O}_2/\text{ Kg. MS x d} \\
 b'' \times \text{MeS} &= 4,061 \text{ KgO}_2/\text{d}
 \end{aligned}$$

El consumo horario de oxígeno debido a la respiración endógena es 169.23 KgO₂/h.

El volumen del reactor será pues, el cociente de dividir la cantidad de DBO a la entrada del mismo entre la carga volúmica; por tanto los tanques de aireación propuestos constaran de 2 líneas de características unitarias siguientes:

Altura de agua:	4.0 m
Largo	48.7 m
Ancho	16.3 m

Número de Células	3
Dimensiones por Célula	16.24 x 16.24 m
Volumen:	3,175.00 m ³

Por consiguiente, el volumen total de aeración es de 6,350 m³; cabe mencionar, que la potencia instalada de aeración, no deberá ser menor de 45 W/m³ de depósito, ya que dadas las condiciones climatológicas de la región, y las características del agua a tratar no permiten una relación menor sin que se afecte de forma considerable el proceso, lo que originaría una mala calidad del agua tratada. Es imperativo señalar la necesidad de interponer una etapa de desaeración entre la etapa de aireación y la clarificación, esta etapa ha probado en muchas ocasiones disminuir considerablemente los riesgos del BULKING que seguramente se presentaría (aunque en menor medida que en una aireación extendida). En la siguiente tabla se resumen las cantidades de oxígeno a suministrar.

CONCEPTO	UNIDADES	VALOR
DBO ₅ eliminado	kg./d	7,022
a' X DBO ₅ elim.	kgO ₂ /d	3,704.8
a' X DBO ₅ elim.	kgO ₂ /h	262.38
b" X MS	kgO ₂ /d	4,061.0
b" X MS	kgO ₂ /h	169.23
Necesidad Total	kgO ₂ /h	431.6

El abastecimiento del Oxígeno como se describió antes en esta memoria, será através de turbinas de superficie; aquí una decisión importante debe ser tomada, y se debe al tipo de aereador a seleccionar. En el capítulo tres hablamos de la conveniencia en utilizar aereador de

superficie, pero la cuestión ahora es acerca del tipo; en adelante se hablará de cada uno de ellos tratando de justificar la selección que aquí se realice.

Los aereadores de superficie se dividen en tres grandes grupos:

- Aereadores de eje vertical y velocidad lenta, cuya velocidad periférica varia entre 4 y 6 m/s. Estos aparatos aspiran el agua por su base inferior, por medio de una chimenea, o sin ella y la proyectan después lateralmente.
- Aereadores de eje vertical de gran velocidad, 750 a 1,800 r.p.m. accionados directamente por un motor sin reductor intermedio; la hélice colocada generalmente en el interior de una chimenea, es de diámetro pequeño. Este tipo de aereadores se adapta mejor al tratamiento en lagunas de aireación que a las instalaciones de lodos activados.
- Aereadores de eje horizontal; pueden ir montados longitudinal o transversalmente. Trabajan mejor con bajas potencias específicas.

Para el caso de Coatzacoalcos emplearemos aereadores de velocidad baja, éstos han mostrado en numerosas plantas de tratamiento proveer una confiabilidad al tratamiento por lodos activados, superior a los aereadores de alta velocidad. Las aportaciones específicas de oxígeno de los diversos aereadores de velocidad lenta, se encuentran generalmente entre 1.5 y 2.5 Kg. de oxígeno por Kwh neto (energía mecánica medida en el eje del aereador); la mayoría de los fabricantes de este tipo de equipo coinciden que para condiciones normales el intervalo del aporte específico se cierra entre 1.5 y 2.0, por lo que para este caso se adoptará el valor de 1.8 Kg. O₂/Kwh.

Por ser el tratamiento de mediana carga, se considera una concentración residual de oxígeno de 1.5 mg/l. para el caso de 20 °C y 0.5 mg/l. para el caso de 30 °C, tenemos los coeficientes siguientes:

Tp	=	1
Td: a 20 °C	=	0.540 (con 1.5 mgO ₂ /l residual)
a 35 °C	=	0.503 (con 0.5 mgO ₂ /l residual)
Tt: a 26 °C	=	1.38
a 35 °C	=	1.50

Entonces, el suministro específico de oxígeno será:

a 26 °C	1.164 kg O ₂ /kwh
a 35 °C	1.358 kg O ₂ /kwh

Esto nos permite cubrir en todos los casos, las necesidades de oxígeno para la respiración endógena de la parte activa de licor mixto aireado, así como las necesidades de oxígeno para la degradación de DBO₅ con un factor de sobre diseño cercano al 40 %. La potencia específica resulta de 50 w/m³ (320 Kw de potencia neta) que asegura por ella, la mezcla de los lodos y una correcta oxigenación del agua a tratar.

Finalmente el número de aereadores y la geometría del tanque será como sigue:

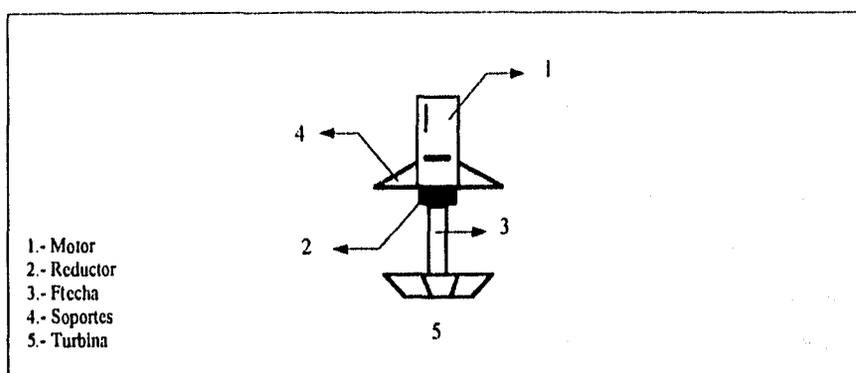
V total	=	6,350 m ³
No. de Trenes	=	2
No. de Células por Tren	=	3
No de Aereadores por Tren	=	3
Longitud de Células	=	16.24 m

Dado que se prevén 6 células en todo el tanque, se requieren de 6 aereadores cuyas potencias deberán sumar 320 Kw al menos, por lo que se emplearán 4 aereadores de 75 Kw y 2 más de 90 Kw dispuestos éstos últimos al inicio del tanque de aireación. Al considerar la eficiencia de los aereadores (75-80%) se tendrá una potencia neta en aireación de 360 Kw.

Cada uno de los tanques de aeración, deberá estar provisto de 1 sonda de medida de oxígeno actuando según un programa preestablecido sobre la última turbina de cada tren. Este

programa tendrá en cuenta tanto la medida de Oxígeno, como las necesidades de agitación, activando la turbina por lo menos 10 min./hora, así mismo, se mandará también la extracción de manera automática por medio de una medida de concentración en cada tanque de aeración. En ambos casos, se cumple con lo planteado en el capítulo III, de tal forma que se automatiza el sistema de manera que ayude a una correcta operación, pero siempre con la posibilidad de operar manualmente, minimizando así, la posibilidad de fallo.

Un esquema sencillo de las turbinas de aireación seleccionadas se muestra a continuación.



IV.2.4.- Decantación Secundaria

La separación del floculo biológico del agua intersticial o clarificación, normalmente se lleva a cabo por medio de la sedimentación. En los procesos de Lodos Activados el lodo tiende a flocular con una densidad muy semejante a la del agua. Su capacidad para sedimentar depende de un cierto número de factores que afectan las características de floculo biológico, como por ejemplo: la presencia de agua industrial, el contenido de oxígeno disuelto, la variación en la carga de microorganismos (F/M) durante el tratamiento, el método de aireación, la temperatura, etc. La Velocidad Ascensional y la Carga de Sólidos, son parámetros típicos

para el dimensionamiento de decantadores secundarios cuyos valores promedios, encontrados del análisis de muchas aguas municipales en el mundo se reportan en el cuadro

LODO ACTIVADO	VELOCIDAD ASCENCIONAL		CARGA DE SÓLIDOS	
	Diaria $m^3/m^2 \times d$	Máxima $m^3/m^2 \times h$	Promedio $Kg./m^2 \times h$	Máxima $Kg./m^2 \times h$
Media Carga	15-30	1.2-1.8	3-6	8
Baja Carga	8-15	0.8-1.2	2-5	6

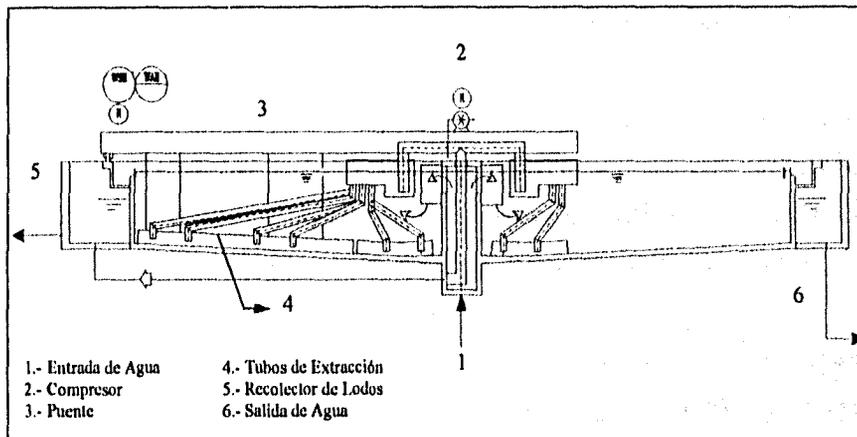
La velocidad ascensional corresponde al flujo tratado únicamente, la carga de sólidos se calcula sobre el total contenido en el agua. Como sea, los valores anteriores deben ser reducidos considerablemente con un lodo que sedimenta pobremente o por la calidad requerida a la salida.

Para el caso de Coatzacoalcos, en que la calidad del agua solicitada a la salida del tren de tratamiento es de 30 p.p.m. y la aireación es por medio de turbinas superficiales, obliga a tomar una precaución adicional en este punto; es decir, a considerar una velocidad ascensional más bien baja, pero dentro de los valores expuestos en la tabla. Tomando en cuenta los puntos anteriores, una velocidad ascensional de 0.85 m/h (20.4 m/d) se observa adecuada, sobre todo cuando a caudal máximo la etapa de decantación secundaria trabajará a 1.7 m/h (aún dentro de límite). De esta forma se requerirá un área total en clarificación de 2,118 m²; considerando la filosofía antes planteada, es más recomendable emplear dos clarificadores, cualquiera que sea su tipo, en lugar de uno, ya que le conferirá al proceso mayor versatilidad (eso sin mencionar el proceso constructivo).

Tendremos entonces dos clarificadores con las características unitarias siguientes:

Diámetro	37 m
Superficie	1,075 m ²
Altura recta ⁷	3.6 m
Volumen útil	3,651 m ³

En lo que se refiere al tipo de decantador, se habló de las posibles dificultades durante la construcción en caso de obras muy profundas, en el riesgo del BULKING por el tipo de proceso seleccionado, etc., situaciones que obligan a seleccionar un clarificador más avanzado que el tradicional de rastras de fondo; por tal motivo se ha seleccionado para Coatzacoalcos un clarificador del tipo SUCCIÓN. El propósito de este tipo de unidades es lograr una recuperación de lodos más balanceada en la zona central del equipo, los clarificadores de SUCCIÓN cuentan con un puente radial giratorio con accionamiento periférico al cual, se sujetan tubos plásticos dentro de los cuales se lleva a cabo la recogida del lodo. Este tipo de clarificadores permiten, sin sacrificar el rendimiento, lechos de lodos más bajos dentro del clarificador, lo que redonda en una altura recta menor del equipo, tal y como se observa en el siguiente esquema



⁷Para poder especificar el Clarificador es necesario ajustarse a la normalización de un tecnólogo, para este caso se sigue la normalización de la Compañía DEGRÉMONT.

Se prevé la recirculación de los lodos sedimentados al tanque de aireación con un caudal medio $1,800 \text{ m}^3/\text{h}$ (100 %), y máximo $2,340 \text{ m}^3/\text{h}$ (130 % del caudal medio de la planta).

Respecto de las extracciones de lodos éstas se plantean como sigue: El, 100% del total de lodos en exceso, menos la parte arrastrada por el agua, entonces una parte del lodo con bombas centrífugas desde la decantación primaria hacia el tanque de espesamiento y la otra parte directamente a la estabilización; este último punto se discutirá a detalle en la sección de tratamiento de lodos.

IV.2.5.- Desinfección Del Agua Tratada

En México como en muchos otros países, es una regla ya establecida considerar una desinfección parcial de las aguas negras tratadas. Las legislaciones difieren mucho según el país considerado pero en términos generales se trata de reducir los gérmenes indicadores (coliformes totales o fecales), con metas en el tratamiento de 100 a 1000 Coliformes Totales / 100 ml. El efecto del agente desinfectante es diferente sobre el tipo de microorganismo así, la remoción de los coliformes totales es indicativa de Salmonella o Shigella, pero no es lo mismo en lo que se refiere a los virus, en particular al virus de la hepatitis.

Se recomienda una desinfección parcial cuando se busca una reutilización posterior del agua tratada (riego de áreas verdes, ciertos cultivos, llenado de una presa, etc.); cabe aclarar, que el proceso de desinfección es parcial, porque la inactivación total de un efluente conteniendo gérmenes infecciosos es factible únicamente elevando su temperatura, por ejemplo en lagunaje de finición; sin embargo, no es el objetivo buscado en nuestro caso.

La desinfección química con el cloro como reactivo, es la más frecuentemente utilizada, y será el proceso que utilizaremos para la Planta de Coatzacoalcos. Para que este proceso sea eficaz, se tiene que mantener en el medio líquido una concentración residual de cloro suficiente

(de el orden de 0.1 ppm) durante un tiempo de contacto generalmente tomado de 20 a 30 minutos.

En desinfección parcial de aguas residuales domésticas, cuando se trata de obtener una remoción de los coliformes totales superior al 99.9%, las dosis de cloro necesarias generalmente admitidas son:

DESPUÉS DE UN TRATAMIENTO	DOSIS DE CLORO (ppm)	REMOCIÓN (%)
Físico - Químico	3 a 10	> 99.9
Lodos Activados	2 a 10	
Lodos Activados + Filtración Terciaria	2 a 5	

De la tabla anterior se puede ver que a mejor calidad del agua tratada, corresponde un mejor efecto desinfectante del cloro, en particular, es determinante la eliminación de los sólidos suspendidos totales (SST) debiendo ser ésta la mayor posible. La presencia de NH_4^+ inhibe también la acción bactericida del cloro, ya que reaccionan para formar cloraminas relativamente inactivas; por esto, y cuando sea el caso, una correcta Nitrificación-Desnitrificación se torna como un factor clave para una correcta desinfección.

Para Coatzacoalcos, se ha procurado optimizar la eliminación de SST utilizando clarificadores de tipo Succión ligeramente sobrediseñados, cubriendo así desde esta fase de la cadena de tratamiento la etapa de desinfección.

Las condiciones hidráulicas dentro de la cámara de cloración, también tienen un papel importante, tenemos que crear mediante mamparas oportunamente ubicadas dentro del tanque, las condiciones hidráulicas más cercanas de un flujo tipo "pistón", es decir, el diseño del tanque

deberá garantizar que el agua tratada recorra un camino cuya longitud sea mayor a 20 veces el ancho del canal de cloración.

Podemos citar a título informativo, las otras técnicas de desinfección parcial de aguas negras tratadas.

- Desinfección con bióxido de cloro
- Desinfección con bromo
- Desinfección con rayos ultravioleta
- Desinfección con Ozono.

El ozono es a la vez un agente desinfectante activo en particular sobre los virus, así como un oxidante de la materia orgánica; su utilización es particularmente empleada en las plantas de lodos activados utilizando oxígeno puro, en virtud de la posible reutilización dentro del reactor biológico del gas vector saliendo de la torre de ozonización, además el ozono tiene que ser utilizado en las cadenas de reutilización de aguas negras con fines de potabilización.

A continuación, se describirá el sistema de desinfección parcial del efluente tratado por medio de cloro, que se puede observar como el más oportuno, tanto desde un punto de vista técnico, operativo y económico para la Planta de Tratamiento de Aguas de Coatzacoalcos.

IV.2.5.1.- Sistema de Almacenamiento y Dosificación de Cloro

El cloro se encuentra en el mercado almacenado en tanques verticales de 68 kg. de capacidad o en cilindros horizontales de 2,000 lb. de capacidad. Es recomendable tener en las plantas de tratamiento un almacenamiento de una cantidad de cloro del orden de a 15 a 30 días

de operación. Debido a la magnitud del proyecto objeto del presente estudio, el cloro deberá ser almacenado en cilindros horizontales de 2,000 lb. de capacidad.

Existen dos técnicas para extraer el cloro de los cilindros de almacenamiento hacia el clorador donde se realiza la dosificación propiamente dicha. Esas técnicas son:

1. Extracción del Cloro en forma Gaseosa

Es la solución más frecuentemente utilizada, en donde el distribuidor de cloro (o clorador) está conectado, según el caudal deseado, a la válvula de un cilindro o en caso de mayor caudal a un colector que une varios cilindros al mismo tiempo. El principio de funcionamiento del clorómetro está basado sobre la variación del caudal de cloro por modulación de un vacío generado por medio de un eyector de agua en el cual se realiza la mezcla del cloro gaseoso y del agua. Para evitar todo riesgo de "relicuado" del cloro gaseoso, se hace necesario evitar la disminución de temperatura entre la zona de almacenamiento y la zona de distribución (o dosificación), previendo la instalación de una trampa de cloro líquido con una resistencia eléctrica por ejemplo, o manteniendo una diferencia de temperatura entre las 2 zonas de 5 a 10°C. Esta última opción implica en la mayoría de los casos prever una calefacción de los locales (sobre todo en invierno).

La extracción en fase gaseosa está limitada en capacidad de dosificación (o caudal de cloro) en razón del calor necesario a su vaporización que se tiene que aportar al sistema (calor de vaporización = 56 k.Cal/kg.Cl₂ a 20 °C). De una manera práctica, un cilindro de 2,000 lb. de capacidad puede distribuir (sin aportación exterior de calor) 10 o 15 kg. de cloro aproximadamente por hora en un local mantenido a una temperatura de 20 °C. Eso implica que, cuando la demanda de cloro es mayor 15 kg./h., se debe conectar el clorador a varios cilindros mediante un colector. En la práctica y con el objetivo de limitar el número de tanques de cloro conectados (y almacenados) se utiliza la segunda técnica: la extracción del cloro en forma líquida.

2. Extracción del Cloro en forma Líquida

En este caso se extrae de los cilindros de almacenamiento el cloro en forma líquida, el cual se manda a un evaporador. El evaporador está constituido por un recipiente o botella sumergido en un baño mantenido a una temperatura de 80 a 85 °C. El cloro líquido llega a la parte baja del recipiente por medio de un tubo y absorbe el calor del baño de agua caliente vaporizándose por el cambio de presión de vapor. El cloro gaseoso se recolecta en la parte superior del recipiente del evaporador y es dirigido hacia el clorómetro para su dosificación. Este sistema se recomienda para los caudales grandes de cloro (superior a 300 Kg./h), o cuando pueden suceder cambios importantes de temperatura, lo que es el caso en Coatzacoalcos.

Para este caso la dosis de cloro a emplear debe tomar en cuenta la calidad del agua a la salida del tratamiento; es decir, 30 ppm en sólidos suspendidos; por tal motivo, y de acuerdo con lo expuesto con anterioridad, se considerará una dosis de cloro de 6.5 p.p.m. (11.7 Kg./h).

Analizando los resultados anteriores vemos que el sistema de cloración para la planta será de tipo "Extracción del Cloro en forma líquida" debido a las capacidades manejadas y a los rangos de temperatura. Cabe mencionar que el clorador debe ser dimensionado con una cierta seguridad, por lo tanto admitimos un factor de 1.6-2 sobre la capacidad para hacer frente a cualquier situación fuera de lo normal. Este sobre diseño permitirá dosificar a la Planta la dosis requerida no importando cambios en caudal o concentración de contaminantes del influente a la planta.

Con base en los consumos teóricos de cloro, se prevé el almacenamiento de cloro dentro de cilindros de 2,000.00 lb. de capacidad unitaria. El número de cilindros almacenados dará una autonomía de operación cercana a 30 días. Lo que parece adecuado ya que evita tener demasiado cloro almacenado (seguridad para operarios), así como también confiere la autonomía requerida para obras de esta magnitud. En el proyecto de Coatzacoalcos, tenemos los datos siguientes:

Consumo por día (Kg/d)	=	280 8
Capacidad por cilindro (Kg)=		907 0
Número de Cilindros	=	10
Autonomía (días)	=	32

Para evitar todo riesgo de fugas de gas cloro los locales, tanto de almacenamiento como de distribución (clorómetros), deberán estar equipados con detectores de fugas oportunamente ubicados. Se prevé también una ventilación de estos locales así como todo el equipo de seguridad para el personal de operación: máscara de gas, regaderas de seguridad, lava-ojos, etc.

Con el fin de optimizar el consumo de cloro, los clorómetros serán equipados con gabinetes de control que recibirán señales eléctricas (4-20 mA) procedentes de los analizadores de cloro residual a la salida del tanque de contacto (0 a 1 ppm), así como de los medidores de caudal de agua a clorar. El tanque de contacto de cloro deberá permitir, como ya se mencionó, un tiempo de retención que no sea menor a 30 minutos a caudal nominal.

El diseño geométrico de la obra será hecho de tal forma que el flujo de agua se encuentre en las condiciones más cercanas posibles de la de un flujo pistón, es decir, que la relación en la longitud del camino recorrido por el agua se encuentre entre 10 y 20 veces el ancho del canal de contacto ($20 < L/A < 30$). De esta forma la geometría final del tanque de contacto es:

Tiempo de Contacto	=	30 min
Volumen Total	=	900 m ³
Altura de Agua	=	3 m
Ancho Total	=	10 m
Largo Total	=	30 m
Número de Mamparas	=	2

A la salida del tanque de cloración, el efluente será entregado al medio receptor cumpliendo con las normas de calidad impuestas, las cuales fueron expuestas en las bases de diseño dentro de este trabajo.

IV.3.- TRATAMIENTO DE LODOS

IV.3.1.- Espesamiento de Lodos

Como ya se mencionó, el tratamiento de agua presentado tiene como fuente de lodos, el tratamiento biológico y la decantación primaria; con la finalidad de no llegar a obras de espesamiento muy grandes, es posible enviar parte de los lodos directamente al tanque de estabilización, siempre que no se sobrepase la concentración máxima para un estabilización eficiente; por lo anterior, se enviarán al espesador 57% de los lodos generados para después estabilizarlo (casi la mitad) y el resto directamente a estabilización para posteriormente deshidratarlo. El criterio para determinar el porcentaje de lodos a espesamiento es la concentración máxima aceptable para llevar a cabo la estabilización; es decir, 2.5 % en peso. Tendremos pues que dividir la corriente extraída de la decantación primaria cuyas características son las siguientes:

Caudal de Lodos:	737.6 m ³ /d
Concentración de Lodos:	1.5 %
Lodos Primarios:	6,356 Kg./d
Lodos Secundarios:	4,719 Kg./d
Masa Total de Lodos:	11,075 Kg./d
% de Materia Volátil:	67.39 %

Por lo que la corriente a espesar será la siguiente:

Caudal de Lodos:	420.4 m ³ /d
Concentración de Lodos:	1.5 %
Masa Total de Lodos:	6,312.7 Kg./d
% de Materia Volátil:	67.39 %

Considerando que no existen datos experimentales del verdadero lodo (curvas de sedimentación), pueden adoptarse para el diseño del espesador las cargas específicas siguientes que han podido verificarse en numerosas plantas de aguas municipales alrededor del mundo:

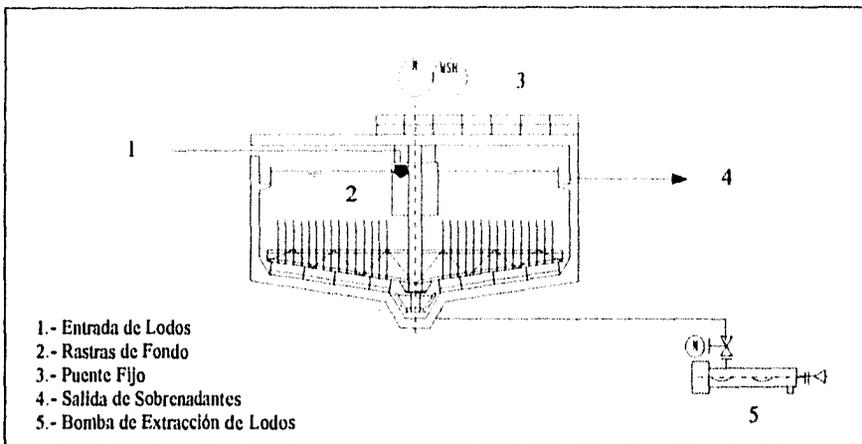
TIPO DE LODO	CARGA ESPECIFICA Kg. MS / m² d	CONCENTRACIÓN POSIBLE A LA SALIDA
Lodos Primarios Frescos	80 a 120	100 g/l
Lodos Primarios + Lodos Activados	30 a 70	50 a 70 g/l
Lodos Activados	25 a 30	25 a 30 g/l
Lodos de Descarbonatación	400	150 a 250 g/l

La velocidad ascensional del caudal que se vierte por la parte superior del equipo, no es un parámetro esencial para el cálculo de las dimensiones del espesador. Si la altura del aparato es suficiente, puede llegar a 1m/h en el caso de una mezcla de lodos primarios y secundarios.

Se considerará una carga superficial baja cercana a 30 Kg. MS / m² d, dado lo delicado de esta operación que exige un máximo rendimiento de separación. Para este caso el espesamiento de los lodos se llevará a cabo en un equipo de las dimensiones siguientes:

Diámetro: 16 m
Accionamiento: Central
Caudal de Lodos a la salida: 126.25 m³/d
Concentración de Salida: 5 %

Un diagrama del equipo a utilizar en esta parte del tratamiento se muestra a continuación.

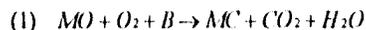


La selección de este equipo pone de manifiesto el cuidado en no diseñar equipos que demanden grandes volúmenes de obra, beneficiando así el proceso constructivo y el monto de la inversión requerida.

IV.3.2.- Estabilización Aerobia de Lodos

Los lodos espesados se enviarán a una etapa de estabilización aerobia. La estabilización aerobia de un lodo extraído del tratamiento de aguas residuales está basado en el principio

siguiente: una oxidación bioquímica de los lodos en donde por falta de sustrato (DBO_5), los microorganismos metabolizan su propia masa celular. Dos reacciones bioquímicas aparecen en esa etapa:



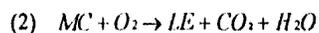
En donde:

MO es la Materia Orgánica

B son las Bacterias

MC es la Materia Celular

LE Lodos Estabilizados



La ecuación (2) caracteriza la respiración endógena, y es la reacción predominante en la estabilización aerobia. La cinética de eliminación de la materia orgánica (o volátil) degradable sigue una ley de primer orden; es decir, Considerando que:

SSV_e : son los Sólidos Suspendedos Volátiles a la entrada del tanque de estabilización

SSV_s : son los Sólidos Suspendedos Volátiles a la salida del tanque de estabilización

SSV_{nb} : son los Sólidos Suspendedos Volátiles no biodegradables, experimentalmente se ha encontrado que $SSV_{nb} = 0.3 SSV_e$

k_d : es la constante cinética dependiente de la temperatura y que sigue la siguiente ecuación:

$$k_d = k_d^{20^\circ C} \times 1.023 \times (T - 20)$$

t : es el tiempo de retención en la estabilización (días)

Para un reactor en flujo pistón se aplica la siguiente ecuación en función de las concentraciones:

$$\frac{SSV_s - SSV_{nb}}{SSV_e - SSV_{nb}} = e^{kd \cdot t}$$

Para un reactor perfectamente mezclado en serie, se demuestra que:

$$\frac{SSV_s - SSV_{nb}}{SSV_e - SSV_{nb}} = \frac{1}{(1 + kd \times t)n}$$

en donde t representa el tiempo de retención en el reactor n .

Es importante aclarar que estas ecuaciones resultan de la hipótesis de que se trata de una reacción de primer orden en ausencia de inhibidores y/o tóxicos y que la constante kd depende de la naturaleza del agua, de la importancia del componente industrial presente en el agua, etc. Por lo tanto, esas ecuaciones conducen a resultados exageradamente optimistas, lo que no se verifica en la práctica. Por eso, es recomendable seguir los datos de algún centro de investigación y/o tecnólogos que estudien el comportamiento del agua en diferentes procesos de tratamiento, obteniendo diferentes parámetros que ha sido posible verificar en condiciones normales de trabajo (plantas operando) y no sólo en laboratorios.

Para el caso de Coatzacoalcos, sería necesario desarrollar pruebas piloto durante meses a fin de determinar todas las constantes propias del efluente de esa ciudad, lo que impediría llevar a cabo ágilmente el proceso de concurso y selección de la compañía que desarrollará el proyecto. Se consultó pues a empresas⁸ con probada experiencia en el tratamiento de aguas encontrando que para el cálculo de las necesidades de oxigenación se requieren 1.4 kg.O₂ para lograr la oxidación de 1 kg. de materia volátil (SSV).

Las recomendaciones de la literatura científica indican que cuando la aireación se hace por medio de turbinas superficiales, se requiere al menos una potencia neta de 20 W/m³ y que el

⁸Los datos para el diseño de la etapa de estabilización se obtuvieron del "Water Treatment Handbook" editado por Degremont en 1993. Para mayor detalle referirse a la Bibliografía

nitrógeno y el fósforo liberados durante la reacción de oxidación se presentan en cantidad suficiente.

El espesamiento de los lodos producto que se ha previsto por decantación, permite como ya se mencionó, reducir el volumen de lodos a estabilizar (incrementando su concentración) y por lo tanto, reducir también el volumen del tanque de estabilización; sin embargo, el pre-espesamiento del lodo antes de su estabilización perjudica a la transferencia de oxígeno, por lo que se tiene que prever coeficientes de seguridad tales que el parámetro de 20 W/m^3 generalmente admitido en la literatura científica no es suficiente. De acuerdo a la experiencia y resultados obtenidos en campo por diferentes compañías, en este tipo de proceso la potencia neta mínima a instalar debe ser del orden de 45 W/m^3 para un buen suministro del oxígeno necesario y una buena mezcla del lodo dentro del tanque; cuando la concentración de lodos alcanza o rebasa 20 g/l .

Para Coatzacoalcos tomando en cuenta las consideraciones anteriores, se obtienen los siguientes resultados del dimensionamiento del tanque de estabilización:

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Tiempo de Retención	días	10
Concentración de Extracción	g/l	30
Volumen de Estabilización	m^3	3,690
Potencia Específica	KW/m^3	45
Potencia Instalada	KW	124
Dimensiones de Estabilización	m	15 x 75
Altura de Agua	m	3.5
Tipo de Flujo		PISTÓN

Lo anterior dará como resultado una reducción del 12 % sobre las materias volátiles, que si bien es baja, considera los factores climatológicos adversos de la región.

IV.3.3.- Deshidratación de Lodos

La solución de deshidratación prevista aquí es por filtros-banda. Se eligió este sistema, de preferencia a los otros, porque no necesita más que polielectrolito para el acondicionamiento del lodo, es decir, que no se tienen que añadir cal ni cloruro férrico como es el caso de los filtros-prensa; a pesar de que los filtros prensa pueden funcionar con polielectrolito únicamente, es imposible ahora predecir si la solución es factible sin hacer ensayos con el verdadero lodo.

Por tanto, se presenta aquí una deshidratación por 2 filtros-banda, los cuales integran en su entrada una reja de preescurreamiento debido a la dificultad de deshidratar directamente los lodos estabilizados por vía aerobia. Esta dificultad se ve reflejada en la dosificación de polímero.

Para entender mejor la selección de este medio de deshidratación de lodos, a continuación explico brevemente su funcionamiento para terminar de justificar su selección. Los Filtros Banda deben en gran parte su desarrollo al de los polímeros orgánicos de síntesis. En efecto, la condición fundamental de aplicación del filtro banda a la deshidratación de lodos reside en la "superfloculación", tal y como la realizan la introducción de floculos gruesos en un agua intersticial clara; el lodo floculado, se escurre entonces en forma natural por simple drenaje a través de una tela con una amplitud de malla relativamente grande (0.2 a 0.5 mm). Este escurrido natural hace que se duplique o se cuadruple, en sólo unas decenas de segundos, el contenido de materia seca del lodo, obteniéndose como resultado una pasta de consistencia suficiente para soportar un prensado de crecimiento progresivo.

La fase preliminar de escurrido tiene por consiguiente , una importancia esencial, puesto que permite dar al lodo una mayor cohesión y mayor resistencia para la fase posterior de prensado. los reactivos deben elegirse cuidadosamente basándose en los siguientes criterios:

- Obtención de un floculo de máxima drenabilidad.
- Consumo mínimo de reactivos

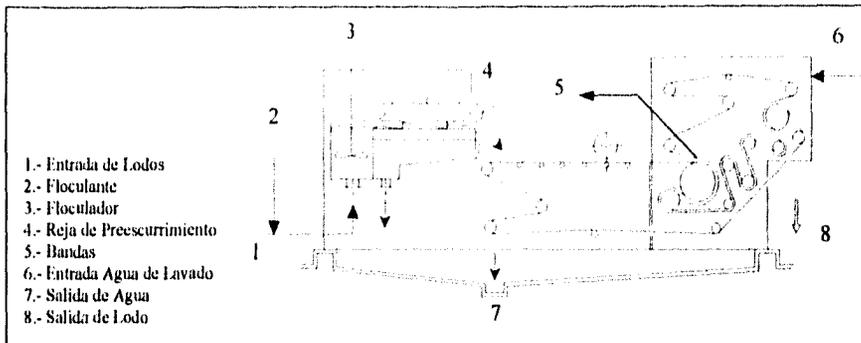
Para un correcto funcionamiento de los filtros banda, los proveedores recomiendan dosificar de 4 a 5 kg. de polímero por cada tonelada de materia seca, para este caso, y debido a la imposibilidad de hacer pruebas con el lodo verdadero, se preverá un sistema de dosificación de 6 kg. de polímero por tonelada de materia seca. Con lo anterior, el sistema será capaz de absorber ajustes tanto en la calidad como en la cantidad del lodo a deshidratar una vez que la planta se encuentre en marcha.

En el caso de lodos activados estabilizados por vía aerobia, difíciles de secar, la carga normal de diseño de los Filtros Banda está entre 120 y 160 kg.SST/m. de ancho de banda/hora, dando una sequedad resultante del lodo "seco" de 18 % con una cantidad de polielectrolito de 6 kg./Tn.SS.

Se tendrá por tanto un sistema de deshidratación como sigue:

Número de Filtros:	2
Lodos a Deshidratar:	10,179 kg./d
Carga de diseño:	150 Kg.SST/m h
Tiempo de Funcionamiento:	12 h/d cada uno
Dosis de Polímero:	6 kg./ton MS
Consumo de Polímero:	60 Kg./d

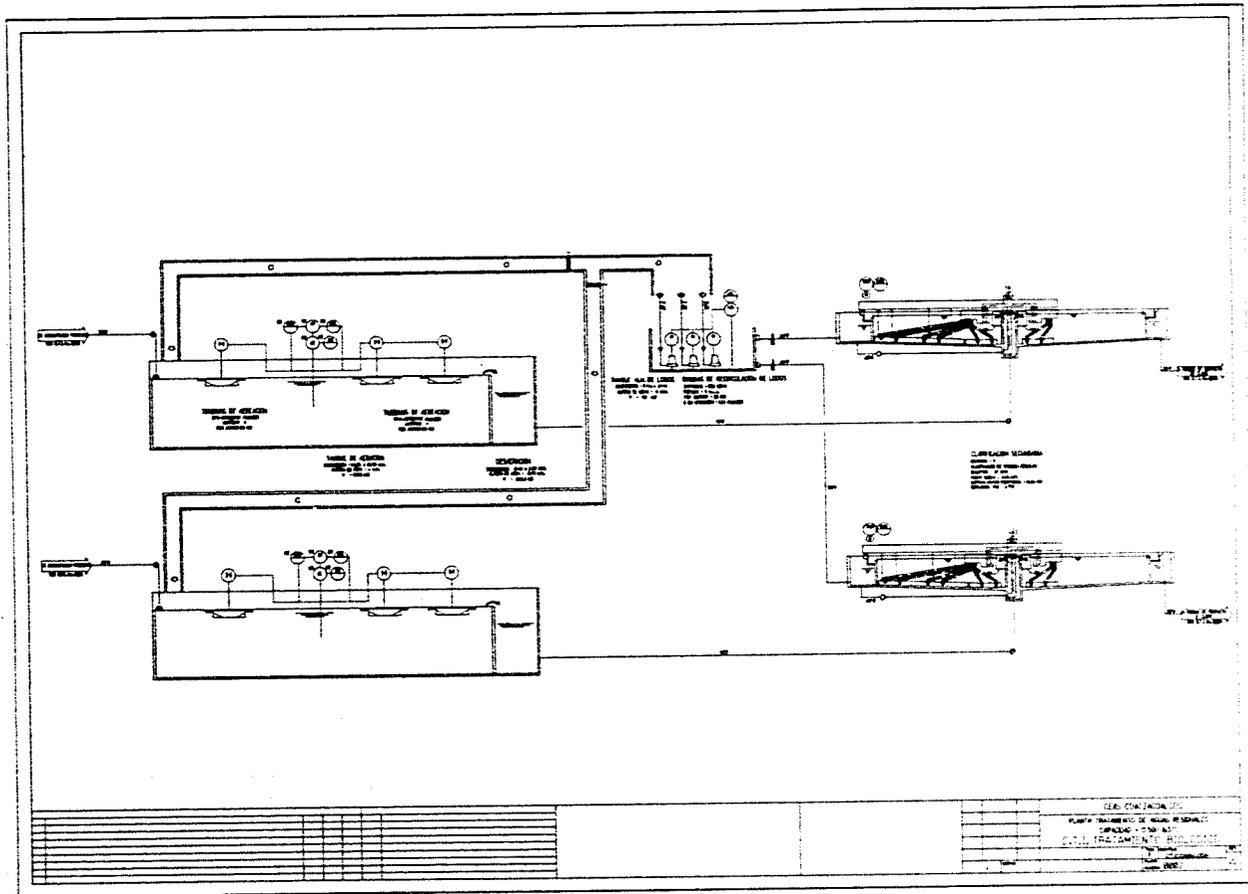
Un diagrama simple del equipo seleccionado se muestra a continuación.



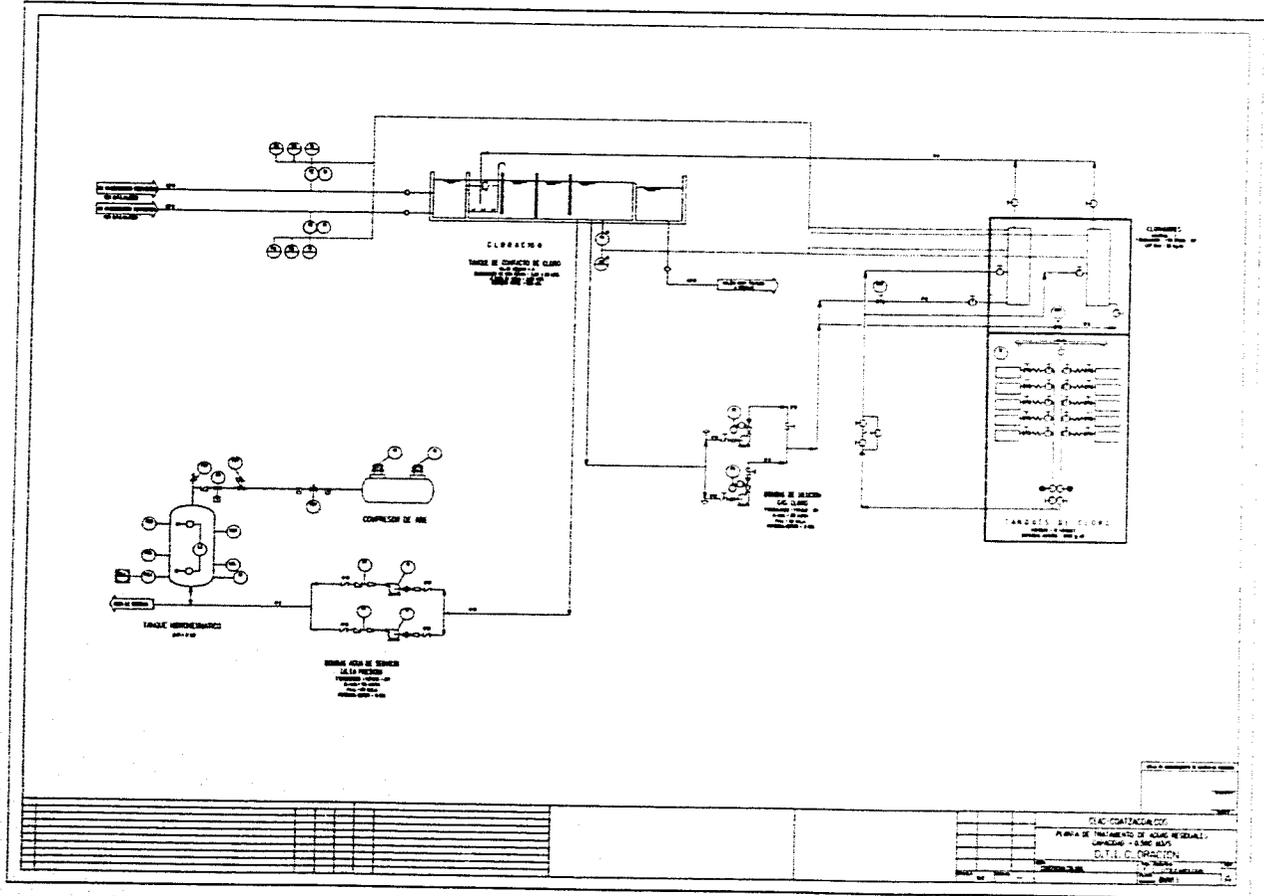
Con el tren anteriormente diseñado, se pretende cumplir la calidad inicialmente solicitada por la entidad licitante, cubriendo adecuadamente todos los puntos expuestos tanto en el análisis de los datos base, como los solicitados explícitamente; es decir:

- Modulación Futura
- Facilidad Constructiva y Operativa
- Seguridad y Confiabilidad del Tratamiento

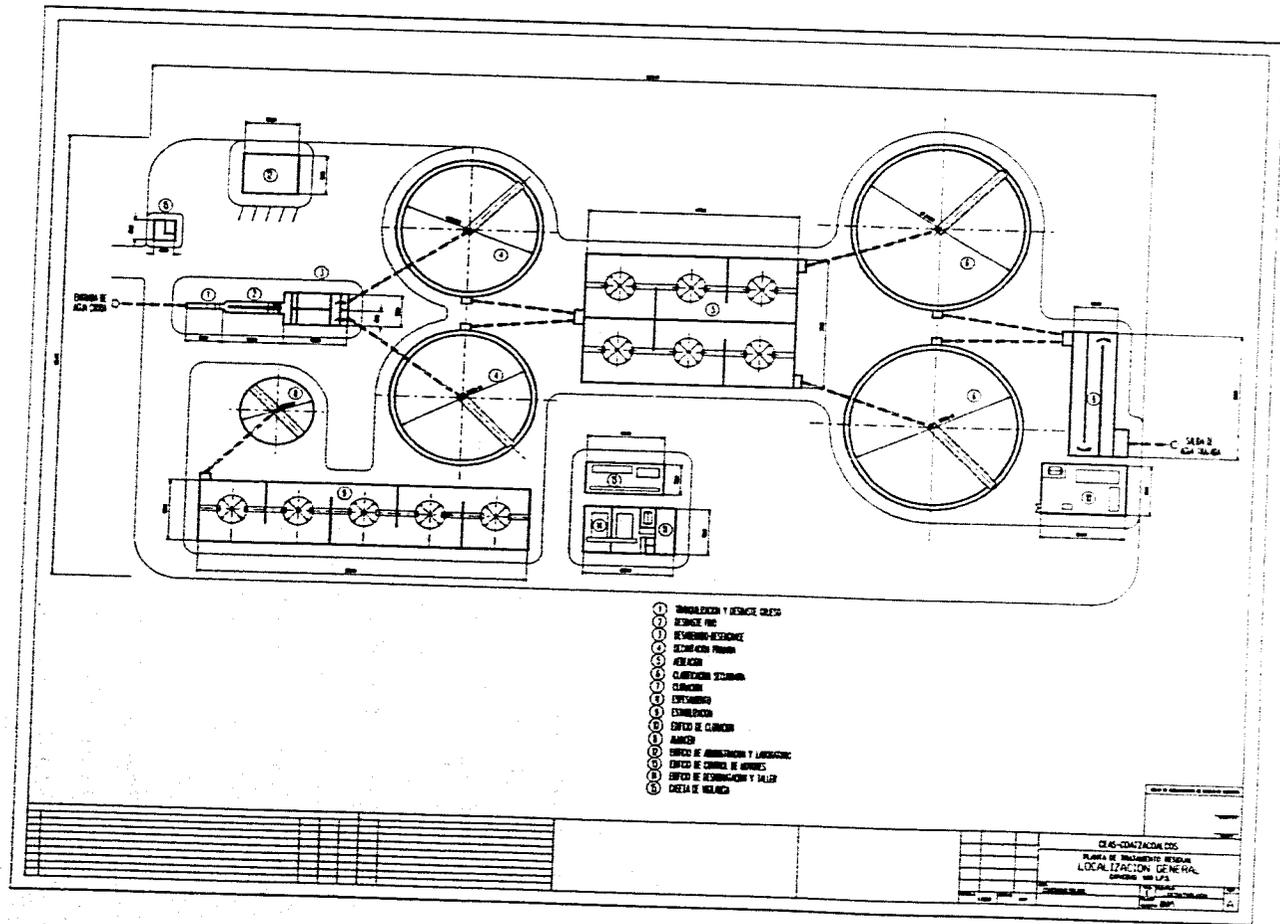
El siguiente paso dentro de este trabajo consiste en determinar la inversión requerida para realizar el proyecto, considerando no sólo los equipos básicos ya expuestos, sino también todos los periféricos (bombas, medidores, tuberías, etc.); posteriormente se determinarán los costos de operación de la planta (luz, reactivos, personal, etc.), llegando finalmente al precio de venta del agua tratada para ser vendida a la entidad licitante.



GER. CANTONAL LTD.
 PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
 CANTON DE SAN CARLOS
 C.R. TRATAMIENTO BIOLÓGICO



D.E.C. CONTADOR DE
 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
 UNIDAD - A.S.M. S.A.S.
 D.E.I.C. ORAZON
 10



- ① AERACIÓN Y RESERVA CALDO
- ② RESERVA FINO
- ③ RESERVA RESERVA
- ④ RESERVA FINO
- ⑤ AERACIÓN
- ⑥ CLARIFICACIÓN SECUNDARIA
- ⑦ CLARIFICACIÓN
- ⑧ ESTABILIZACIÓN
- ⑨ EDIFICIO DE CLARIFICACIÓN
- ⑩ ALMACÉN
- ⑪ EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN Y LABORATORIO
- ⑫ EDIFICIO DE CONTROL DE SERVICIOS
- ⑬ EDIFICIO DE RECONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO
- ⑭ EDIFICIO DE RECONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

CLAS-CONSTRUCION SCS
 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
 LOCALIZACIÓN GENERAL
 Escala: 1:1000
 Fecha: 1980

V.- INVERSIÓN Y OPERACIÓN DE LA PLANTA

V.1.- INTRODUCCIÓN

La determinación del costo de un proyecto se puede llevar a cabo de diferentes maneras en función del grado de exactitud que se desee. Durante un estudio de factibilidad se pueden llevar a cabo estimaciones partiendo de datos obtenidos en proyectos previos que permitan conocer el orden de magnitud del costo del proyecto en análisis. Muchas compañías dedicadas al tratamiento de aguas en países avanzados elaboran gráficas Costo vs Caudal para un tratamiento o equipo específico, lo anterior resulta ser un gran auxiliar en la elaboración de presupuestos. Es importante recalcar que este procedimiento sólo funciona en países cuya inflación está controlada y el tipo de cambio es estable, esto último resulta de vital importancia cuando es necesario importar un parte importante de los equipos requeridos.

El método más comúnmente empleado en México es el de Costos Específicos, en el cual se lleva a cabo una cotización directa de los insumos necesarios para realizar el proyecto con el fabricante de los mismos. Este método resulta en extremo laborioso, especialmente si el proceso es muy complicado y demanda un número muy grande de equipo e instrumentos; adicionalmente, requiere de un conocimiento profundo sobre dimensiones, potencias, materiales, etc., es decir, demanda un diseño muy cuidadoso y lo más completo posible.

Por lo anterior, antes de iniciar la cotización de un proyecto es necesario conocer el alcance de la misma, una empresa podría invertir mucho tiempo determinando el costo de un proyecto cuando el destino de la cotización es meramente informativo; o al contrario, se han cotizado proyectos sólo con estimaciones o datos viejos y por desgracia se consigue el contrato dando como resultado del proyecto un completo fracaso.

Existen en la literatura varios métodos para determinar el costo de un proyecto, la diferencia entre metodologías depende de la exactitud obtenida. W.T. Nichols en una publicación del Industrial Chemical Engineer (para mayor detalle referirse a la Bibliografía),

muestra siete diferentes tipos de estimación con grados variables de precisión basados en la información disponible. Dichas metodologías, que están basadas en observaciones reales de empresas, resultan de gran utilidad en la selección del tipo de estimación más apropiada para un propósito dado; sin embargo, cada empresa dedicada a la ejecución de proyectos debe elaborar sus propios métodos para estimar el costo de los mismos. A continuación se describen cada uno de los métodos propuestos por Nichols:

V.1.1.- Estimación Tipo A

1. Costo Cotizado del Equipo entregado	\$0.00
2.- Costo Estimado de Instalación para cada equipo	0.00
3.- Costos separados de materiales para los renglones de tuberías, eléctrico, arquitectónico, estructural, de instrumentos, etc.	0.00
4.- Mano de Obra estimada a partir de factores prácticos para los renglones comprendidos en 3.	0.00
Subtotal	\$00.00
5.- Ingeniería y Contingencias (% del Subtotal)	0.00
6.- Servicios de Construcción (% del Subtotal)	0.00
7.- Honorarios o Utilidades del Contratista (% del Subtotal)	0.00
Total	\$00.00

Esta metodología otorga más peso al costo de equipo y materiales, es decir, plantas que requieren de poca construcción civil. En el caso de tratamiento de aguas municipales la obra civil es uno de los factores más importantes a considerar, ya que su participación dentro del costo total de la planta puede oscilar entre el 40 y el 60%. Es necesario entonces aplicar esta metodología con las debidas reservas o mejor aún ajustarla en función de las partidas que más peso tengan dentro del proyecto en análisis.

V.1.2.- Estimación Tipo B

1.-	Costo del Equipo Instalado = Costo Cotizado del equipo entregado / 0.7	\$0.00
2.-	Edificios, tuberías, drenajes, renglones eléctricos, instrumental, estructural, de cimentaciones, aislamientos, pinturas y varios, basados en el costo unitario por renglón, longitud, área o volumen a partir del diseño y deducciones de costo preliminares.	0.00
	Subtotal	\$00.00
3.-	Ingeniería y Contingencias (% del Subtotal)	0.00
4.-	Servicios de Construcción (% del Subtotal)	0.00
5.-	Honorarios y Utilidades del Contratista (% del Subtotal)	0.00
	Total	\$00.00

Este método se percibe más relajado que el anterior y quita aún más peso al costo de los materiales eléctricos, civiles, tuberías, etc., factores muy importantes dentro de un proceso de tratamiento de aguas municipales; sin embargo, el fin que persigue no es el de determinar un precio de venta, sino dar una gruesa aproximación al costo de un proyecto.

V.1.3.- Estimación Tipo C

1.-	Costo del Equipo a partir de datos publicados o de Cotizaciones	\$0.00
2.-	Edificios, tuberías, drenajes, renglones eléctricos, instrumental, estructural, de cimentaciones, aislamientos, pinturas y varios, basados en el porcentaje del costo del equipo, usando factores sancionados por la experiencia.	0.00
	Subtotal	\$00.00
3.-	Ingeniería y Contingencias (% del Subtotal)	0.00
4.-	Servicios de Construcción (% del Subtotal)	0.00
5.-	Honorarios y Utilidades del Contratista (% del Subtotal)	0.00
	Total	\$00.00

V.1.4.- Estimación Tipo D

El cuarto tipo de estimación se apoya mucho más en la experiencia de la compañía, ya que la obliga a determinar factores en función del tipo de proceso además de contar con una base de datos con el costo de los equipos usualmente empleados.

Costo = Factor x Costo total del equipo entregado determinando por cotizaciones los renglones poco usuales, y a partir de datos establecidos o publicados en los otros renglones.

FACTORES

Para Planta de Proceso de Sólidos	3.10
Para Planta de Proceso de Sólidos - Líquidos	3.63
Para Planta de Proceso de Fluidos	4.74

V.1.5.- Estimaciones Tipos E y F

El procedimiento E para estimar la inversión requerida consiste en utilizar el capital estimado sobre la base de dólares por tonelada por año, a partir de cifras publicadas, como las de Wilcoxon, multiplicadas por un factor para actualizar las cifras.

Finalmente el último método consiste en calcular la inversión a partir de un factor multiplicado por la capacidad anual de la planta y el resultado multiplicado por el precio unitario. El factor varía desde aproximadamente 2 hasta menos de 0.5. El promedio global para la industria química es de aproximadamente 1.0.

Nichols ilustra la aplicación de sus métodos suponiendo un proyecto de cinco millones de dólares y comparando la estimación más exacta (Tipo A) con la menos exacta (Tipo F). El costo de la estimación tipo A sería de 25,000 dólares, en tanto que la del tipo F sería de 9,000 dólares. La mejor estimación tipo F daría un margen de 30% entre el mínimo y el máximo del costo real, mientras que el margen en la estimación tipo A sería del 20%. ¿ Justificaría el

aumento de precisión en el margen, de 30 a 20%, el costo adicional de 16,000 dólares requeridos por la estimación tipo A ? En muchos casos, particularmente en estudios de diseños, dicho costo ciertamente no sería justificable.

Con demasiada frecuencia se malgastan tiempo y dinero tratando de hacer estimaciones de costos de proyectos con mayor precisión de la que es posible lograr con los datos técnicos disponibles.

V.2.- INVERSIÓN PROYECTO COATZACOALCOS

No existe una regla determinada para ordenar y cotizar todas las partidas de una planta de tratamiento de agua; sin embargo, y basado en la experiencia de varias compañías dedicadas a este ramo, el orden que emplearemos en este estudio será el siguiente

10	Ingeniería	80	Puesta en Marcha
20	Equipo	90	Residencia de Obra
30	Materiales	100	Gastos de Oficinas Centrales
40	Fabricación Mecánica	110	Fianzas y Seguros
50	Obra Civil	120	Asistencia Técnica y Regalías
60	Montaje	130	Imprevistos
70	Fletes y Maniobras	140	Riesgos Técnicos

Con todos estos conceptos se cubre la mayoría de los casos en los que una compañía concursante puede verse involucrada, Regalías en caso de compra de tecnología, Riesgos Técnicos en caso de ajustes en el diseño derivado de malas interpretaciones de los datos y que sea necesario corregir, etc. Lo que abarca cada partida será explicado a detalle al momento de abordarla para determinar el precio del proyecto de Coatzacoalcos.

V.2.1 - Ingeniería

El concepto de ingeniería en el tratamiento de aguas como en cualquier planta de proceso, incluye la elaboración de la Ingeniería de Detalle; es decir el diseño especializado tomando en cuenta materiales, especificaciones mecánicas, dimensionamiento final, localización y trazado de tuberías, orientaciones de equipo, Instrumentación, etc. A continuación se explican muy brevemente los principales conceptos incluidos en la Ingeniería.

Detalles y Especificaciones Mecánicas de Equipo: Es la Selección del equipo que mejor reúna las especificaciones del proceso; comúnmente se agrupan por especialistas en: Bombas y Compresores, Intercambiadores de Calor, Diseño de Recipientes, Instrumentos, Hornos, Materiales para Tuberías y Equipos Varios. Aquí se elaboran hojas de datos y se compara con equipos de diferentes fabricantes.

Diseño y Trazado de Tuberías: En este concepto se incluye el diseño de todas las tuberías de acuerdo con las especificaciones y los códigos aplicables. Se verifica que en los dibujos se tengan los espacios adecuados para la instalación de estructuras y equipo, y se verifican la disposición de tuberías a fin de que los esfuerzos resultantes sean los adecuados.

Diseño de Instrumentación: Se seleccionan los instrumentos más adecuados, se compara entre fabricantes y se elaboran hojas de datos. Incluye la elaboración de dibujos de los arreglos generales para la instalación de los Instrumentos. Se listan todos los instrumentos y se localizan dentro de los planos de tuberías con una simbología apropiada.

Elaboración de Planos: Se elaboran todos los planos necesarios para ejecutar el proyecto y construir los equipos si fuera el caso. En muchos casos la elaboración de dibujos llega a consumir entre el 40 y el 60% del presupuesto asignado a la Ingeniería.

Los conceptos anteriores incluyendo el número de horas hombre necesarias para realizarlos se toman en cuenta para determinar el costo de la Ingeniería de un proceso el cual obviamente varía en función del tamaño del proyecto.

Para Coatzacoalcos se solicitó la estimación de la Ingeniería a la compañía Degremont de México, quienes después de analizar el tipo de proceso, las dimensiones de los equipos, la localización general y el tipo de suelo en el que se llevará a cabo la construcción, emitieron el siguiente presupuesto:

El costo aproximado en la realización de Ingeniería incluyendo:

- Diagramas Tubería Instrumentación del Proceso y por procesos individuales de Tratamiento.
- Planos Constructivos de los equipos de Tecnología Propia
- Planos Isométricos
- Diagramas de Instalaciones eléctricas de los equipos de Tecnología Propia.

Total Ingeniería

\$ 608,576.00

(Seiscientos ocho mil quinientos setenta y seis pesos 00/100 M.N.)

Nota: 1) No se incluye la elaboración de la Ingeniería Civil que deberá ser realizada por el contratista seleccionado en virtud de lo especializado de la cimentación.

2) La ingeniería eléctrica y diagramas lógicos de control deberán ser pedidos al proveedor seleccionado en función del número y potencia de los motores y la disposición de cada uno en el proceso.

V.2.2 - Equipos

Los equipos a utilizar en la planta de tratamiento de aguas de Coatzacoalcos fueron obtenidos del diseño del proceso realizado en el capítulo IV. En la siguiente tabla se listan todos y cada uno de ellos con sus precios unitarios, mismo que fueron obtenidos de cotizaciones o de estimaciones hechas por el área Comercial de Degremont de México.

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
21	EQUIPOS ELECTROMECANICOS PLANO 001 PRETRATAMIENTO			
1	Reja manual para desbaste grueso, ancho de canal: 3.0 m ; altura recta 1.5m; espaciamiento entre barras 100 mm	1	8,788.11	8,788.11
2	Reja curva automática para desbaste fino; ancho de canal: 1.20m; radio de curvatura 2.0m	2	68,718.43	137,436.86
3	Reja de desbaste fino manual para canal de By-Pass; ancho de canal 1.2m; altura recta 1.5m.	1	7,088.55	7,088.55
4	Sopladores para inyección de aire en desarenador- desengrasador; Q = 900 Nm ³ /hr @ 0.35 BAR	2	36,202.24	72,404.48
5	Bomba de aire sumergible para desarenado - desengrasado Potencia Nominal 1.5 Kw	8	21,901.93	175,215.45
6	Compresor tipo paletas para succión de arenas del desarenador - desengrasador Q = 80 Nm ³ /hr Pd=2.2 Kw	2	14,519.71	29,039.43
7	Motorreductor accionamiento puente viajero del desarenador - desengrasador Potencia 0.13-0.22 Kw	4	8,776.30	35,105.20
8	Motorreductor accionador del levantamiento de rastras del desarenador desengrasador Potencia 0.3 Kw	2	14,217.61	28,435.21

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
9	Tablero local para desarenador-desengrasador	2	24,354.23	48,708.47
10	Carro, ruedas, baleros y limitador de torque para puente del desarenador - desengrasador	4	21,458.05	85,832.21
11	Difusores de aire para agitación del canal desarenador - desengrasador	100	67.50	6,750.00
12	Tornillo clasificador para separación de arenas extraídas del desarenador-desengrasador, Potencia: 2.5 Kw	2	62,721.85	125,443.71
13	Compactador de sólidos extraídos del desbaste; Potencia: 3.5 Kw	1	30,041.95	30,041.95
14	Banda transportadora de sólidos de rejillas de desbaste automáticas a compactador; dimensiones: 8 x 1 m; Potencia: 3 Kw	1	42,193.75	42,193.75
15	Banda transportadora tipo paletas, dimensiones: 3 x 2m Potencia: 0.25Kw para recolección de grasas extraídas en el desarenador - desengrasador	1	35,923.76	35,923.76
16	Bomba tipo centrifuga horizontal para transporte de lodos de decantación primaria a tratamiento. Capacidad: 16m ³ /h; Presión de Descarga 20 m.c.a.	4	8,776.30	35,105.20
17	Accionamiento del puente móvil de decantador primario circular 30 m de diámetro; altura recta: 2.6m. Potencia de accionamiento 0.55 Kw con limitador de torque.	2	26,227.64	52,455.27
	PLANO 002 TRATAMIENTO SECUNDARIO			
1	Sistema Motor - Reductor para aereadores de superficie para reactor biológico; Potencia: 75 Kw	4	106,328.25	425,313.00
2	Sistema Motor - Reductor para aereadores de superficie para reactor biológico; Potencia: 90 Kw	2	126,581.25	253,162.50
3	Bomba centrifuga tipo sumergible para recirculación de Lodos secundarios; Capacidad 900 m ³ /hr; Pd = 5 m.c.a.	3	79,584.16	238,752.49

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
4	Sistema de extracción de lodos de clarificador tipo SUCCIÓN a base de aire con compresor tipo paletas; diámetro del clarificador: 37m ; Potencia del compresor 3 Kw	2	31,223.38	62,446.75
5	Centro de Giro para clarificador tipo SUCCIÓN de 37 m de diámetro	2	39,020.78	78,041.56
6	Accionamiento de clarificador secundario tipo SUCCIÓN 37m de diámetro, altura recta: 3.6m; potencia del accionamiento: 0.25 Kw	2	24,371.11	48,742.22
PLANO 003 DESINFECCIÓN DEL AGUA TRATADA				
1	Sistema de dosificación de cloro líquido con Capacidad máxima de 20 Kg. / hr	2	80,271.00	160,542.00
2	Tanques de almacenamiento de cloro con capacidad de 907 Kg. (2,000 lb)	10	11,054.76	110,547.63
3	Bomba centrífuga horizontal para ayuda a cloración. Capacidad: 20 m ³ /h; Presión de descarga: 30 m.c.a.	2	7,908.80	15,817.60
4	Polipasto de 2.0 ton. de capacidad para movimiento de tanques de almacenamiento de cloro.	1	37,484.93	37,484.93
5	Bomba centrífuga horizontal para suministro de agua de servicio; Capacidad 25 m ³ /h; Presión de descarga 65 m.c.a.	2	12,075.85	24,151.70
6	Compresor de aire tipo doble cabeza para aire de servicio. Capacidad: 10Nm ³ /h; Presión de descarga: 8 Kg./cm ²	1	18,143.30	18,143.30

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
	PLANO 004 TRATAMIENTO DE LODOS			
1	Accionamiento central para espesador de lodos de 16m de diámetro, Potencia: 0.37 Kw	1	176,792.80	176,792.80
2	Bombas tipo tornillo con capacidad de 4-12 m ³ /hr; Presión de descarga: 15 m.c.a. para transporte de lodos a estabilización.	2	20,325.57	40,651.15
3	Bomba tipo tornillo con capacidad de 4-20 m ³ /hr; Presión de descarga: 20 m.c.a. para transporte de lodos a deshidratación.	3	28,136.48	84,409.44
4	Compresor de aire tipo doble cabeza, capacidad: 20 Nm ³ /hr; Presión de descarga: 8 Bars para tensado de telas de filtro Banda	1	18,143.31	18,143.31
5	Sistema Motor - Reductor para aereador de Superficie para estabilización de lodos Pot = 52 Kw:	4	91,089.56	364,358.22
6	Sistema Motor - Reductor para aereador de Superficie para estabilización de lodos Pot = 25 Kw :	1	59,780.11	59,780.11
7	Bombas de cavidad progresiva para dosificación de polímero a preparación con posicionador manual; Capacidad de 0.05-1.0 m ³ /hr.	2	16,118.00	32,236.00
8	Agitador tipo propelas para dilusion de polímero para deshidratación.	1	8,107.95	8,107.95
9	Bomba tipo tornillo para dosificación de polímero diluido a deshidratación; capacidad de 200 l/hr; Presión de descarga: 20 m.c.a.	2	10,654.77	21,309.53
10	Filtro Banda de 3m de ancho para deshidratación de lodos con reja de pre-escurrimiento; capacidad nominal 150 Kg./m x hr.	2	484,384.25	968,768.50
11	Banda transportadora de lodos deshidratados, dimensiones 6 x 1 m	1	50,963.30	50,963.30

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
12	Compresor de aire tipo doble cabeza para tensado de telas, capacidad 10 Nm ³ /hr, Presión de descarga: 7 Kg/cm ²	1	18,143.31	18,143.31
13	Camión chasis para transporte de lodos deshidratados capacidad 3 tons.	1	253,162.50	253,162.50
14	Grúa para movimiento de contenedores de lodos, capacidad 5 tons.	1	312,233.75	312,233.55
15	Tractor Caterpillar786C Motor Diesel de 450 HP	1	1'088,621.64	1'088,621.64
16	Tolva recolectora de lodos.	2	26,160.13	52,320.25
22	INSTRUMENTACIÓN			
1	Interruptores de nivel tipo pera modelo SM25NO.	8	253.16	2,025.30
2	Interruptores de nivel tipo pera modelo SM15NO	2	253.16	506.33
3	Interruptores de nivel tipo pera modelo SM10NO	10	253.16	2,531.60
4	Transmisor de flujo tipo ultrasónico o magnético con señal de salida 4-20 mA Flujo a medir 0.42-0.87 m ³ /s para entrada y salida de la planta de tratamiento.	2	37,111.93	74,223.87
5	Indicadores de presión			
	0 - 4 Kg./cm ² con sello Ac. carbón	4	403.40	1,613.60
	0 - 14 Kg./cm ² sin sello	5	168.78	843.88
	0 - 7 Kg./cm ² sin sello	2	168.70	337.55
	0 - 4 Kg./cm ² con sello A.I.	4	531.64	2,126.57
6	Indicador con transmisor de flujo tipo propelas o impulsor; señal de salida 4-20 mA; Flujo a medir 0.42-0.87 m ³ /s	6	16,828.56	100,971.33
7	Analizador de cloro residual 0-1 ppm con transmisor señal de salida de 4-20 mA	1	16,359.36	16,359.36
8	Interruptor de presión directa para tanque hidroneumático modelos:			
	6N-K5	10	813.49	8,134.96
	4N-K5	9	845.56	7,610.06
9	Indicador de nivel tipo reflex modelo RL-11 serie 11 en A.C.	2	3,086.89	6,173.79

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
10	Indicador de nivel tipo reflex modelo RL-11 serie 11, en A.I.	4	3,427.82	13,711.28
11	Rotámetros flujo de 0 - 3 m ³ /hr	2	1,232.06	2,464.12
12	Trampas de humedad para sistema de aire de servicio	4	322.36	1,289.44
13	Sonda medidora - indicadora y transmisor de oxígeno disuelto para tanque de aireación 0 - 1 ppm	2	21,510.37	43,020.75
14	Válvulas de bola roscadas. 150 # A.C. diámetro 1/2"	45	118.14	5,316.41
15	Válvulas de bola roscadas. 150 # A.I. diámetro 1/2"	10	219.40	2,194.08
16	Válvula solenoide para aire de servicio diámetro 1"	3	759.50	2,278.50
17	Válvula de relieve tipo vertedor de 1"	2	1,856.53	3,713.05
18	Interruptor de nivel tipo capacitivo	2	2,621.00	5,242.00
19	Reguladores de presión para tanque hidroneumático. Pmax 2 Kg/ cm ²	2	928.26	1,856.53
20	Compuertas para canales de entrada y salida largo = 1.8 m alto 1.5 m funcionamiento manual. Incluye marcos laterales y volantines	8	13,712.00	109,696.00
21	Lote Inicial de Refacciones (10% del costo de equipo)	1	53,047.00	53,047.00

Total Equipos Electromecánicos

\$ 6'446,401.71

(Seis millones cuatrocientos cuarenta y seismil cuatrocientos un pesos 71/100 M.N.)

V.2.3.- Materiales

V.2.3.1.- Materiales Eléctricos

Una de las partidas más importantes dentro de la cuenta de Materiales, se refiere a todos los elementos que conforman la Obra Eléctrica, es decir, Materiales Eléctricos. Para el caso de la planta de Coatzacoalcos se acudió a la empresa Federal Pacific, subsidiaria de Grupo Schneider para diseñar, lo más correctamente posible, la obra eléctrica y sistemas de control. A continuación se presenta el alcance de los suministros considerados en el precio.

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE FUERZA

La recepción y distribución de energía eléctrica será a través del cuarto de control de la subestación principal, la cual estará ubicada en un área dentro de la planta clasificada como no peligrosa y próxima al centro cargas eléctricas mayores de la planta. La subestación eléctrica será del tipo interior, reducirá la tensión de acometida de 13.2 kV a 480V y estará compuesta básicamente por:

- Tablero de distribución 13.8 kV
- Transformador de potencia 1500 kVA
- Centro de control de motores (CCM) 480/220V
- Controlador lógico programable (PLC) con monitor y teclado.
- Sistema de energía ininterrumpible.

La red de distribución dentro de la planta será en un sistema radial simple alimentado con un transformador de potencia que trabajará como máximo al 80% de su capacidad, y el control de arranque y paro de los motores será a través del centro de control de motores (CCM). Todas las trayectorias eléctricas dentro de la planta para los circuitos de potencia, fuerza y alumbrado exterior cumplirán con los siguientes requisitos:

- Los circuitos de potencia, fuerza y alambrado exterior irán separados.
- Hasta donde sea posible la mayoría de las canalizaciones serán subterráneas através de banco de ductos cubiertos de concreto.
- Cuando sea necesario la tubería para la llegada de los motores de servicio exterior será de fierro galvanizado pared gruesa en los diámetros adecuados.
- Todas las trayectorias subterráneas serán rectas con cambios de 90° através de registros.
- Todas las trayectorias eléctricas hasta donde sea posible evitarán las líneas de proceso y estarán separadas a no menos de 200 mm de las tuberías de agua u otro fluido.
- La conexión de la tubería rígida al motor será através de tubería flexible tipo liquatite a prueba de líquido.

SISTEMA DE TIERRAS.

El sistema de tierras de la planta será una red interconectada de conductores de cobre desnudo y varillas tipo copperweld siguiendo los criterios de diseños marcados en la norma IEEE,80 vigente, con lo cual se protegerá al personal y equipo de la planta de los riesgos que pueda presentarse durante las fallas del sistema de potencia y por descargas atmosféricas. El diseño de tierras cumplirá con lo siguiente :

- Proporcionar un circuito de baja impedancia para la circulación de la corriente a tierra, ya sea por falla en el aislamiento de los circuitos de potencia o por descargas atmosféricas en el sistema protector de pararrayos.
- Evitar la presencia de potenciales peligrosos para el personal durante la circulación de una corriente de falla hacia tierra.
- Eliminación de fallas a tierra para proporcionar mayor continuidad al servicio eléctrico.

Para lograr lo anterior se proporcionarán:

- Todos los materiales necesarios como: Conductores, Electrodo de tierra, Moldes, Soldaduras, Conectores o cualquier otro material que se requiera.
- Los trabajos civiles de excavación, instalación, conexión, relleno, y compactación para el sistema de tierras.
- Cálculos y planos constructivos de la red

La cotización incluye el suministro de los siguientes materiales:

TABLEROS DE 13.8 kv.

El tablero será del tipo autoportado en gabinete metálico en secciones modulares o celdas prefabricadas para servicio interior NEMA 1 clase 15KV conteniendo elementos de interrupción en hexafluoruro de Azufre (SF6), fabricado en lámina calibre 12USG, usos generales, color gris ANSI 61, con las siguientes características :

Características eléctricas :

Clase	15kV
Número de fases	3
Número de hilos	3
Tensión de operación	13.8kV
Corriente nominal	400A
NBAI	95kV
Nivel de aislamiento 60Hz 1 min.	38 kV
Capacidad de corto circuito	20kA
Material de barras principales	Cobre electrolítico
Barra de tierra	Si
Tensión de control	120VCA

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

El transformador de distribución será de servicio exterior, trifásico, con neutro aterrizado. Operarán al 80% de su capacidad nominal como máximo en un sistema radial simple.

Características eléctricas:

Tipo	Distribución
Capacidad	1500/1680KVA
Tensión primaria	13.2kV
Tensión Secundaria	480/277V
Impedancia	6.5% Máx.
Conexión	DELTA/ESTRELLA
Enfriamiento	OA, por Aceite Mineral
Altura de operación	1800 m.s.n.m
NBAI	110kV
Temperatura máxima de operación	40°C
Temperatura promedio	30°C
Elevación de temperatura	55/65°C
Número de fases	3
Frecuencia	60Hz
Cambiador de derivaciones de operación sin carga	4 de 2.5 c/u, 2 arriba y 2 abajo

TABLERO DE 480 V.C.A.

Tablero de distribución y control tipo LVME/CCM, en gabinete autosoportado NEMA-1, servicio interior usos generales, color gris ANSI 61., diseñado para operar en un sistema de 480V., 3 fases, 4 hilos alambreado clase 1, tipo B., control 120 V., con barras generales de cobre para

2000A, y una barra de tierra de capacidad adecuada localizada a todo lo largo del tablero, soportadas para resistir 25 K A simétricos de corto circuito

SISTEMA DE ENERGÍA ININTERRUMPIDA (UPS)

El sistema de distribución propuesto prevé un Sistema de emergencia que alimenta a las cargas críticas del sistema de control y monitoreo a través de un UPS del tipo en línea, el sistema de energía ininterrumpida proveerá de energía por un período de tiempo de 10 min. , tiempo suficiente para proteger el controlador lógico programable y el monitor.

Características eléctricas :

Capacidad	5kVA
Voltaje de entrada (60 Hz)	220VCA
Voltaje de salida (60 Hz)	120 VCA
Tiempo de respaldo	10 min. a 100% de carga

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO

Tablero de alumbrado en gabinete en lámina de acero fosfatizado de color gris acabado epóxico de color gris para montaje de combatir o de sobreponer con puertas y chapa , servicio interior NEMA 1 ,interruptor principal y barras de cobre.

Características técnicas :

Tensión máxima de diseño	240VCA
Tensión de servicio	220/127VCA
Corriente nominal	225/100A
Frecuencia	60 Hz
Número de fases	3
Número de hilos	4

Capacidad de cortocircuito	18KA
Interruptor principal termomagnético	225/100A
Número de interruptores derivados	24-1P
Capacidad de interruptores derivados	20A

EQUIPOS Y SISTEMAS AUXILIARES

Para un correcto funcionamiento de los equipos principales, se diseñará, suministrará, instalará y probará los equipos y sistemas auxiliares necesarios para un correcto funcionamiento del sistema eléctrico que se instalará en la planta de tratamiento de agua , los cuales comprenderán :

-SISTEMA DE TIERRAS

Los materiales que se utilizarán en el sistema de tierra serán :

Conductor de cobre desnudo	
Tipo	Semiduro
Calibres red principal	4/0Awg
Calibre derivaciones	2/0 ó 2AWG
Marca	Condumex o similar
Conectores	Soldables y/o mecánicos
Electrodos de tierra	Varillas copperweld 16 X 3000m.n.

-SISTEMA DE ALUMBRADO EXTERIOR

Para cumplir con los requerimientos de iluminación del alumbrado exterior se considerarán los siguientes equipos y materiales :

- Luminaria servicio exterior de vapor sodio alta presión tipo reflector o similar de 400W , 277VCA 60Hz, autobalastro marca Crouse Hind Domex o similar
- Poste de acero tipo cónico circular de 9 metros de altura con base metálica mca Tubo y Poste o similar .

- Tablero de alumbrado en gabinete de acero fosfatizado de color gris acabado epóxico de color gris, para montaje de sobreponer con puertas y chapa , servicio interior NEMA 1 con interruptor principal de 480-277V con circuitos trifásicos de 20A , localizado en el cuarto de control de la subestación principal y controlado por una fotocelda y contactor localizado en el CCM-480V .

- CABLEADO DE POTENCIA 15KV.

Se proporcionarán el cable para el circuito de alimentación de 13.8 Kv., para interconectar la acometida de C.F.E., con el tablero de 13.8 Kv., y en general los conductores serán de acuerdo a las normas ICEA vigentes y el tamaño y capacidad de los conductores de potencia serán determinados por la condición más desfavorable de cortocircuito .

Características técnicas

Aislamiento	XLP ó EP EXTRUIDO
Clase	15 KV
Temperatura cortocircuito	250°C
Temperatura normal	90°C
Nivel de Aislamiento	100%.

- CABLES CLASE 600V

Se proporcionarán todos los cables para los circuitos de fuerza y alumbrado para la interconexión de todos los equipos , motores, paneles de control , tableros de servicios propios , los cables serán seleccionados de acuerdo a los criterios indicados en las normas técnicas de instalaciones eléctricas .(NTIE) y en general cumplirán con las normas ICEA.

Características Técnicas :

Aislamiento	THW
Clase	600V
Temperatura Cortocircuito	150°C
Temperatura normal	90°C

CANALIZACIONES

-DUCTOS ENTERRADOS

Todas las trayectorias de los circuitos en media y baja tensión que alimentarán a tableros y motores serán en su mayoría subterráneos , a través de ductos de concreto armado, con las siguientes características:

- La tubería será de PVC servicio pesado
- El diámetro mínimo de tubería será de 25 mm. (1")
- La profundidad mínima del ducto del terreno natural será de 500 mm.
- Los ductos de fuerza tendrán como máximo 36 tubos
- La distancia entre registros será promedio de 60 m.

- TUBERÍA VISIBLE

Toda la tubería visible y que se encuentre en el exterior será de fierro galvanizado servicio pesado, el diámetro mínimo de la tubería será de 19mm (3/4") .

El factor de relleno será de acuerdo a lo indicado de referencia y este no será mayor del 40% del área utilizable, todas las trayectorias serán rectas y paralelas a las estructuras y serán fijadas firmemente , todos los accesorios como condulet, tuerca uniones, coples , abrazaderas, etc., serán de aluminio.

CONECTORES, ACCESORIOS Y AISLADORES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

Se proporcionarán todos los conectores, accesorios y aisladores necesarios para la interconexión de los equipos suministrados, los cuales cumplirán con las normas y reglamentos vigentes mencionados anteriormente

SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO

A continuación se mencionan algunos de los puntos funcionales más significativos del sistema propuesto, así como el alcance que el sistema de control contempla.

1.- Control de los motores eléctricos en 480VAC y 120 VAC de la planta en tres modos:

Manual: Desde el CCM.

Remoto-local: Desde el teclado del monitor industrial en la consola de control.

Automático: El sistema de control maneja el arranque y paro de los motores según especificación del proceso, o bien al recibir condiciones no previstas del proceso que puedan causar un daño al equipo o al personal.

2.- Monitoreo en tiempo real de cada uno de los motores y equipos provistos de instrumentación según los DTI's. Se incluye aquí la señalización de fallas en los equipos y/o motores.

3.- Monitoreo y control de la red de distribución eléctrica en media (13.8kV a través de un SEPAM 15) y control en baja tensión (480V a través de un MasterPact). El sistema ofrece control manual, remoto-manual y automático sobre el interruptor principal en 13.8 kV y sobre el interruptor general en 480 V.

4.- Monitoreo del proceso y de la planta a través de un monitor de tipo industrial Super VGA de 14". Esto incluye registro y visualización de las operaciones en la planta (tanto manuales como automáticas), Medición de los flujos en las descarga de la planta así como en todas aquellas variables que dispongan de instrumentación analógica (según DTI's recibidos), despliegue de los

valores en barras y numéricamente. Se incluye todo el voltaje de la alimentación en la consola eléctrica y que requiera indicación hacia el operador de la planta.

Es importante mencionar que no existen indicadores de proceso aislados montados en la consola, absolutamente todo el proceso es monitoreado a través de pantallas dinámicas que contienen indicadores para cada una de las variables importantes del proceso y sistema eléctrico.

El suministro incluye equipo de repuesto para el sistema de control de la planta, además de cursos de capacitación al personal de la planta para el uso del sistema de control y monitoreo.

El sistema de control propuesto está formado por un puesto de control centralizado que asegura un control eficiente en tiempo real del proceso.

El puesto de control se encuentra en el centro de control de la industria, en la cual se encuentra además el equipo para manejar los niveles de control de la industria, en la cual se encuentra el equipo de control de procesos (DCS) y una consola de operación en tiempo real para el control de procesos industrial empotrado (ver figura).

El puesto de control está implementado ya sea en un controlador distribuido (DCS) o en un controlador centralizado (PLC). Este sistema opera bajo una sola licencia, con la consola y el equipo de control de procesos industrial empotrado.

El sistema de control de procesos industrial empotrado (DCS) opera en tiempo real y proporciona una interfaz de usuario para el control de procesos industrial empotrado. El sistema de control de procesos industrial empotrado (DCS) opera en tiempo real y proporciona una interfaz de usuario para el control de procesos industrial empotrado.

El sistema de control de procesos industrial empotrado (DCS) opera en tiempo real y proporciona una interfaz de usuario para el control de procesos industrial empotrado.

valores en barras y numéricamente. Se incluye aquí la señalización de condiciones consideradas como alarmas y que requieran indicación hacia el operador de la planta.

Es importante mencionar que no existen indicadores de proceso aislados montados en la consola, absolutamente todo el proceso es monitoreado a través de pantallas (mímicos) dinámicos que contienen indicadores para cada una de las variables importantes del proceso y/o sistema eléctrico.

El suministro incluye equipo de repuesto para el sistema de control de la planta; además de cursos de capacitación al personal de la planta para el uso del sistema de control y monitoreo. El sistema de control propuesto está formado por un puesto de control único centralizado que asegura un control eficiente en tiempo real del proceso.

El puesto de control se encuentra en el cuarto de control de la Subestación, en la cual se encuentra además el equipo para manejo de media tensión y los centros de control de motores (CCM's). En este cuarto de control se encuentran localizados un gabinete para el Controlador Programable (PLC) y una consola de operación en donde está un monitor a color y un teclado industrial empotrado (ver figura).

El puesto de control está implementado por medio de un Controlador Programable (PLC's). Este procesador soporta hasta 1024 E/S discretas, 112K de memoria, y soporta todos los tipos de redes de comunicación digital.

El procesador utilizado permite además la ejecución de tareas concurrentes (multitasking software architecture). Esta ventaja se aprovecha en esta aplicación para separar el control de la red de distribución eléctrica del control del proceso de la planta.

El PLC está formado por un procesador principal y por una serie de módulos de E/S digitales o analógicas según las necesidades. La tabla 1 muestra el número de entradas/salidas digitales que maneja el controlador.

PLC	ENTRADAS. DIGITALES	SALIDAS DIGITALES	ENTRADAS ANALÓGICAS	SALIDAS ANALÓGICAS
47-420	208	96	16	0

Sistema de Control de la Planta

La tabla anterior contempla las señales de entrada y salida tanto para el proceso y equipos de tratamiento de agua como las señales del sistema de distribución eléctrica y Centros de Control de Motores (CCM's) de la planta.

El sistema de monitoreo centralizado está formado por una computadora industrial con un monitor a color de 14" tipo Super VGA. Esta computadora industrial es un módulo que está conectado en una de las ranuras del PLC y por lo tanto tiene una comunicación muy eficiente con el mismo. El hardware del sistema de monitoreo tiene los siguientes elementos:

- 1) Módulo de :Computadora industrial cuyas características son:

Protección IP65

Reloj del Procesador : 10MHz

Procesador Intel 586

RAM disk: 256 kB

Sistema Operativo: DOS v6.1

Interfaces: 2 puertos seriales

- 2) Monitor a color tipo Super VGA cuyas características son:

Pantalla de 14"

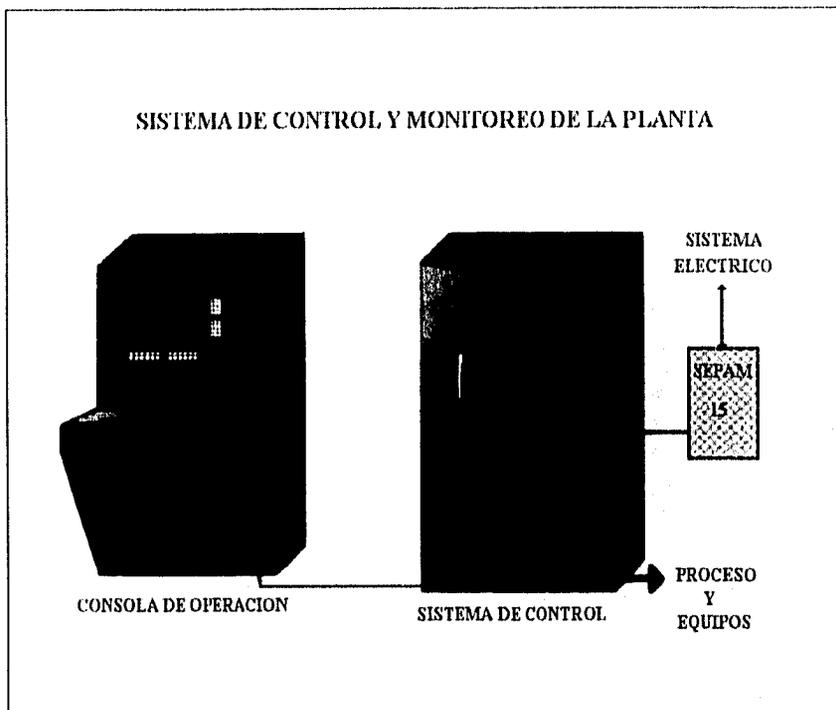
Resolución: 640 x 480 pixels

Teclado industrial empotrado

El software de aplicación que se utiliza para efectuar el monitoreo de la planta es el paquete Monitor 37 de Telemecanique. Este paquete es especialmente adecuado para esta

aplicación pues permite llevar un monitoreo en tiempo real del proceso y de cada uno de los equipos del sistema así como registro de fallas, alarmas, control remoto de las variables de campo (ie. activar y desactivar motores de la planta o conmutar circuitos de la red de distribución eléctrica), etc.

La figura muestra un esquema del sistema de monitoreo propuesto para la planta de tratamiento de agua de Coatzacoalcos, Veracruz.



La interfaz al usuario en la planta se lleva a cabo mediante mímicos dinámicos que muestran los diferentes equipos de la planta y los diferentes estados de las variables del proceso de tratamiento de agua.

El sistema de control propuesto integra un sistema que se encarga de monitorear y controlar a la red de distribución eléctrica. Este sistema interactúa con la red eléctrica a través de equipos sofisticados basados en microprocesador para el control, medición y protección de circuitos eléctricos. Estos equipos están localizados en la red y tableros de media tensión (13.8kV) y en los tableros de baja tensión (480V).

El sistema de monitoreo y control de la red eléctrica de media y baja tensión está implementado como un programa independiente al programa de control de la planta. Ambos programas se ejecutan en el mismo PLC. Esto asegura que un cambio o modificación en el proceso no afecte de ninguna manera al sistema de control eléctrico. Sin embargo, dado que toda la información se encuentra en la memoria del PLC, es perfectamente posible establecer por ejemplo un sistema de control de demanda máxima en la planta; es decir, el sistema de control de la red eléctrica puede interactuar con el sistema de control de proceso si así se desea.

Por otro lado, se han destinado pantallas (mínicos) explícitos del puesto de control para el monitoreo y control manual limitado de la red de distribución eléctrica.

Con el objeto de tener control sobre la planta en general durante el tiempo de la transferencia al sistema de emergencia, se ha provisto al sistema de control y al sistema de monitoreo centralizado de un sistema de energía ininterrumpida (UPS's).

Los UPS's que se están utilizando son del tipo "en línea", es decir, el equipo todo el tiempo es alimentado por el UPS y no solamente cuando hay una falla en la alimentación externa. La utilización de estos equipos incrementa de una manera sustancial el tiempo de vida de las fuentes de alimentación de los sistemas soportados (en este caso el sistema de control y el sistema de monitoreo). Esta característica se logra fundamentalmente por el hecho de que las UPS's "en línea" generan una señal senoidal pura (ie. sin armónicas secundarias) para alimentar a los equipos; mientras que los UPS's "fuera de línea" entregan una señal cuadrada (ie. alto contenido de armónicas). El sistema de energía ininterrumpida para el sistema de control y para el sistema de monitoreo soporta un tiempo de 20 minutos; tiempo suficiente para que el sistema

de alimentación de emergencia se active El UPS está localizado en el cuarto de control de la subestación principal.

<p>Total de Materiales Eléctricos</p> <p>\$ 4'441,852.80</p> <p>(Cuatro millones cuatrocientos cuarenta y un mil ochocientos cincuenta y dos pesos 80/100 M.N.)</p>
--

V.2.3.2.- Materiales Mecánicos

Dentro del rubro de Materiales Mecánicos se incluyen conceptos como tuberías, elementos de conexión, materiales de relleno, etc. Los costos de este sub-concepto de Materiales fueron estimados a partir de cotizaciones de plantas similares en caudal, tipo de proceso y dimensiones que la compañía Degremont de México realizó en los últimos meses de 1995.

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Tuberías, Conexiones y Accesorios	1 Lote	475,000.00	475,000.00
2	Material de Relleno para lograr las condiciones de suelo necesarias para realizar la construcción civil.	1 Lote	325,000.00	325,000.00
3	Materiales Varios	1 Lote	45,000.00	45,000.00
	TOTAL		845,000.00	845,000.00

<p>Total de Materiales Mecánicos</p> <p>\$ 845,000.00</p> <p>(Ochocientos cuarenta y cinco mil pesos 00/100 M.N.)</p>
--

V.2.4.- Fabricación Mecánica

La cuenta de fabricación mecánica engloba todos los insumos de la planta de tratamiento de que deben ser fabricados en un taller de pailería. A continuación se listan los principales conceptos:

- Rejas de los Desbastes
- Puentes de Desarenadores y Decantadores
- Soportería y Bases de Equipos
- Barandales y pasillos.

Usualmente los talleres de pailería cotizan la fabricación de una estructura dada en \$/Kg de acero empleado, este precio ya incluye materia prima, materiales consumibles y mano de obra de fabricación. A la fecha de realizar el presente estudio, la compañía Agua Equipos, S.A. de C.V. cotiza el costo de la fabricación mecánica por Kg en \$15.00, cabe hacer mención que esta compañía se especializa en la fabricación de equipos de tratamiento de agua sobre diseño. Otros talleres como APICSA, S.A de C.V. que realizan básicamente tanques, cotizan la fabricación en \$12.00 por Kg.

En virtud de que los conceptos más importantes dentro de la fabricación mecánica se refieren a la tecnología patentada de Degremont, no se proporcionaron detalles de las cuantificaciones; sin embargo, el costo total de la fabricación mecánica por etapa de tratamiento fué calculada y proporcionada por técnicos de la citada compañía. Dichos costos se muestran en la siguiente ficha de costos.

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Reja de Desbaste Grueso.	1	9,166.60	9,166.60
2	Reja de Desbaste Fino, incluye soportería, bases, brazo mecánico, cepillos, elemento de limpieza del Brazo, etc.	2	13,743.00	27,486.00

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
3	Puente Viajero Desarenador-Desengrasador, soporteria, rieles de rodamiento, internos con sus anclajes, canaletas de salida de grasas, pasarela, escalera marina de acceso y compuertas de entrada y salida de agua	2	71,560.00	143,120.00
4	Puente viajero de Clarificador Primario con pasillo y barandal, rastras de superficie, rastras de fondo, pieza de empotramiento para tubería de entrada de agua a tratar, perfil metálico para canaleta de salida con anclas.	2	113,733.30	227,466.60
5	Flechas y turbinas para acreadores de superficie, incluye bases para anclado de motores y marco protector de motores.	11	9,778.50	107,563.50
6	Fabricación de puente móvil de clarificador Succión con pasillo, barandal de protección, base para compresor con marco protector, rastras de fondo y de superficie, perfil metálico para canaleta de salida con piezas de anclaje, internos, piezas de empotramiento	2	208,833.00	417,666.00
7	Tanque Hidroneumático para agua de servicio.	1	18,500.00	18,500.00
8	Fabricación de internos para espesador de lodos, barandal de protección, base para accionamiento central con marco protector, rastras de fondo, perfil metálico para canaleta de salida con piezas de anclaje, piezas de empotramiento.	1	54,200.00	54,200.00
9	Varios	1	15,000.00	15,000.00
	TOTAL			1,020,168.70

Total de Fabricación Mecánica

S 1'020,168.70

(Un millón veintemil ciento sesenta y ocho pesos 70/100 M.N.)

V.2.5 - Obra Civil

Dentro de este concepto se engloba todo lo que se refiere a la construcción de la planta de tratamiento. El caso de Coatzacoalcos merece una especial atención dado lo complicado del terreno en que se va a construir, como se menciona en la mecánica de suelos, la planta se pretende construir en la ladera de un Medano, en donde el nivel freático se encuentra prácticamente en la superficie.

Es fácil observar que dadas las condiciones en que se desarrollará la obra civil, el costo de ésta es el que más representará dentro del costo total de la planta, además de requerir un procedimiento constructivo especializado.

Para determinar el costo de la obra civil, sus insumos y el procedimiento constructivo adecuado se consultó al despacho de Ingenieros Aqua Oceano el cual tiene gran experiencia en obras portuarias y en zonas con altos niveles freáticos. El procedimiento constructivo propuesto es el siguiente:

- Para realizar la ingeniería de detalle y poder dar paso a la Construcción de la planta de tratamiento, se corroborarán los datos Ingeniería Básica, principalmente en lo que respecta a la mecánica de suelos; lo anterior con la finalidad de poder garantizar y dar amplio cumplimiento al objetivo del proyecto.
- Se realizará trazo y nivelación ubicando y delimitando estructuras, tanques, edificios y vialidades.
- Se definirán frentes de ataque, para poder dar cumplimiento a la obra en los plazos fijados para desarrollar el proyecto.
- Para estructuras superficiales se realizará un despalme mecánico quitando toda la capa de material orgánico existente. En las estructuras enterradas se excavará por medios mecánicos utilizando una draga equipada con cucharón de almeja hasta la profundidad requerida, teniendo especial cuidado en la conservación y la estabilidad de taludes proporcionándoles su ángulo natural de reposo.

- Conjuntamente con la excavación se instalará un sistema de abatimiento de agua freática "Wellpoits" en la cantidad y tiempo necesario según las condiciones imperantes en el terreno.
- Se deberá prever para la estabilización de taludes, el apoyo de sacos para represas rellenos de arena. En el caso que sea necesario, se construirá un tablaestacado para evitar el derrumbe e taludes.
- En todas las estructuras, tanto en tanques como en edificios, se desplantarán sobre una base hidráulica de material mejorado de banco y una plantilla de concreto pobre.
- Se debe contemplar la instalación de una planta dosificadora de concreto en el sitio, con un número suficiente de camiones para poder realizar una distribución adecuada según la demanda de cada frente de trabajo.
- Se habilitarán moldes y formas para el colado de concreto, que en su mayoría serán de madera, aunque en algunos casos será necesario construir un bastidor con perfiles y ángulos de acero estructural.
- Una vez terminado el fraguado de la plantilla, se procederá a la colocación, amarre y fijación del acero de refuerzo en las lozas de cimentación, teniendo en consideración los traslapes y preparaciones para anclar los muros y formar una estructura monolítica.
- Se realizará el colado de la losa de cimentación dando los niveles establecidos en el proyecto. Los agregados del concreto se someterán a un control tanto de calidad como de cantidad, adicionándose un impermeabilizante integral.
- Se colocará la cimbra en los muros realizando nivelaciones y plomeos continuos.
- Terminada la obra civil de los tanques, se realizará un relleno compactado con material de banco.

Una vez que se ha descrito brevemente el procedimiento constructivo el paso natural es la determinación del costo de la construcción civil de acuerdo a la lista de insumos siguiente:

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
	EQUIPO			
1	Revolvedora de Concreto	567 hrs	45.40	25,740.80
2	Vibrador	2,680 hrs	32.18	86,242.40
3	Compactador	651 hrs.	41.60	27,081.60
4	Camión de Volteo	8,675 hrs	187.70	1,628,297.50
5	Compactador Pesado	1,222 hrs	219.58	268,326.76
6	Motoconformadora	361 hrs	368.40	132,992.40
7	Retroexcavadora	3,303 hrs	320.80	1,059,602.40
8	Soldadora de Arco	302 hrs	74.80	22,589.60
9	Tractor Sobre Orugas	405 hrs.	391.42	158,525.10
10	Camión Pipa de 10,000 lts	344 hrs	175.80	60,475.20
11	Bomba Autocebante	8,990 hrs	16.26	146,177.40
12	Petrolizadora	153 hrs.	289.20	44,247.60
13	Grúa Hidráulica	387 hrs.	446.00	172,602.00
14	Retroexcavadora Pesada	1,775 hrs	497.40	882,885.00
15	Bomba para Concreto	1,580 hrs.	192.00	303,360.00
16	Cargador Frontal	391 hrs.	294.00	114,954.00
17	Camión Revolvedor	1,043 hrs	365.70	381,425.10
18	Grúa Link Bell Equipada	1,665 hrs.	560.00	932,400.00
19	Planta Dosificadora	1,043 hrs.	150.00	156,450.00
	Subtotal Equipo			6,604,374.86
	MATERIALES			
1	Cemento Gris	2,423 Ton	685.40	1,660,724.20
2	Grava de 3/4	3,246 m ³	86.60	281,103.60
3	Arena	3,953 m ³	68.40	270,385.20
4	Agua	13,249 m ³	13.80	182,836.20
5	Calhidra	10.30 Ton	433.10	4,460.93
6	Madera de Pino	26,949 Pt	6.25	168,431.25
7	m ² de Construcción	586 m ²	2,140.00	1,254,040.00
8	Alambre Recocido	18,175 Kg	5.20	94,510.00
9	Acero de Refuerzo	589 Ton	2,947.27	1,735,947.62
10	Triplay de Pino	2,077 m ²	46.70	96,995.90
11	Calvo 2 1/2" hasta 3"	1,872 Kg	6.00	11,232.00
12	Diesel	19,824 lt	1.73	34,345.10
13	Curacreto Rojo	6,375 lt	8.20	52,275.00

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
14	Impermeabilizante	55,329 Kg	3.00	165,987.00
15	Perfil de Hierro Forjado	1,134 Kg	2.90	3,288.60
16	Perfil PTR	7,581 Kg	3.10	23,501.10
17	Tornillo de Acero 1/2"	6,801 Pza	1.70	11,561.70
18	Soldadura E60-13	983 Kg	10.70	10,518.00
19	She Boltz	91 Pza	60.60	5,514.60
20	Madera para Cimbra	21,387 Pt	5.10	109,073.70
21	Chaflán de Madera	382 m	2.60	933.20
22	Piedra Braza	520 m ³	93.80	48,776.00
23	Malla de Acero	2,766 m ²	5.60	15,489.60
24	Banda de PVC de 9" de ancho	3,935 m	32.60	128,281.00
25	ADHECON	193 lt	8.30	1,601.90
26	Perfiles de Placa	315 Kg	6.80	2,142.00
27	Pasto en Rollo	6,570 m ²	16.00	105,120.00
28	Cerca de Alambre	1,576 m ²	84.00	132,384.00
29	Puerta de Malla Ciclonica	15 m ²	840.50	12,607.50
30	Portón malla Ciclonica	15 m ²	1,634.00	25,510.00
31	Asfalto Rebajado	35,756 lt	2.40	85,814.40
32	Concreto Asfáltico	900 m ³	436.65	392,985.00
33	Material Mejorado	16,739. m ³	84.00	1,406,076.00
34	m ² de Construcción	108 m ²	3,209.10	346,582.80
35	Primer Anticorrosivo	300 lt	32.90	9,870.00
36	Tabique Rojo	48,890 Pza	0.85	41,556.50
37	Rejilla Irving IS-05	15 m ²	264.70	3,970.50
38	Perfil Tubular 2"	6,855 Kg	11.78	80,758.75
39	Coladera Pluvial	70 Pza	624.10	43,687.00
40	Tubería de PVC 102 mm	3,526 m	24.50	86,387.00
41	Tubería de PVC 76 mm	3,570 m	14.80	52,837.80
42	Tubo de Concreto 20"	880 m	494.00	434,720.00
43	Costales para Represa	1,700 Pza	14.80	25,160.00
44	Tubería de Concreto 36"	1,732.50 m	1,021.50	1,796,748.75
	Subtotal Materiales			11'456,730.70
	MANO DE OBRA			
1	Peón General	1,270	83.60	106,176.95
2	Peón en Acarreos	1,119	83.60	93,548.40
3	Peón en Excavación	9,061	83.60	757,499.60

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
4	Peón en Relleno	1,150	83.60	96,140.00
5	Peón en Colado	396	83.60	33,105.60
6	Peón en Fabricación	626	83.60	52,333.60
7	Ayudante General	1,527	89.65	136,895.55
8	Oficial Jardinero	66	123.50	8,151.00
9	Oficial Herrero	56	136.90	7,666.46
10	Oficial Instalador	40	203.70	8,148.00
11	Oficial en Fabricación	320	133.00	42,560.00
12	Oficial Albañil	1,976	133.00	262,808.00
13	Cabo de Oficios	368	154.30	56,782.40
14	Topógrafo	215	171.50	36,872.50
15	Cadeneros	215	93.10	20,015.50
16	Oficial Albañil + Peón	1,366	216.75	296,080.50
17	Oficial Albañil + Ayudante	3,040	222.78	677,251.20
18	Oficial Carpintero + Ayudante	2,072	229.40	475,316.80
19	Oficial Fierro + Ayudante	2,696	222.78	600,614.00
20	Oficial Pintor + Ayudante	10	222.78	2,227.80
21	Oficial Herrero + Ayudante	439	226.50	99,433.50
	Subtotal Mano de Obra			3'869,627.36

Total Obra Civil

\$ 21'930,732.92

(Veintiún millones novecientos treintamil setecientos treinta y dos pesos 92/100 M.N.)

V.2.6 - Montaje

La cuenta de montaje incluye los materiales y mano de obra necesarios para la instalación de la planta de tratamiento. Es necesario definir aquí los tipos de cuadrillas de personal que trabajarán para montar los equipos y realizar las instalaciones. Cada cuadrilla tendrá una especialidad (motores, estructuras, tuberías, etc) y dependiendo de lo especializado de la labor será el costo por jornal de cada una de ellas. A continuación se muestran las cuadrillas a emplear en la planta de Coatzacoalcos:

Cantidad	Cuadrilla #1 (Estructuras)	Costo \$ / d
1	Cabo de Oficios	154.30
1	Armador	203.70
1	Soldador	136.90
3	Ayudantes	268.95
Total por Cuadrilla		763.85

Cantidad	Cuadrilla # 2 (Motores)	Costo \$ / d
1	Cabo de Oficios	154.30
1	Mecánico	136.90
3	Ayudantes	268.95
Total por Cuadrilla		560.15

Cantidad	Cuadrilla #3 (Cloración y Deshidratación)	Costo \$ / d
1	Mecánico	136.90
1	Tubero	124.98
1	Armador	203.70
3	Ayudantes	268.95
Total por Cuadrilla		734.53

Cantidad	Cuadrilla #4 (Bombas)	Costo \$ / d
1	Cabo de Oficios	154.30
1	Mecánico	136.90
1	Tubero	124.98
2	Ayudantes	179.30
Total por Cuadrilla		595.48

Cantidad	Cuadrilla #5 (Tuberías)	Costo \$ / d
2	Tuberos	249.96
2	Soldadores	273.80
3	Ayudantes	268.95
Total por Cuadrilla		792.71

Cantidad	Cuadrilla #6 (Aereación)	Costo \$ / d
1	Cabo de Oficio	154.30
1	Armador	203.70
3	Ayudantes	268.95
Total por Cuadrilla		626.95

Cantidad	Cuadrilla #7 (Movimientos)	Costo \$ / d
1	Mecánico	136.90
2	Ayudantes	179.30
Total por Cuadrilla		316.20

Cada una de las cuadrillas trabajarán el número de jornales requeridos para realizar su tarea; es decir, la cuadrilla de estructuras trabajarán en los puentes de los decantadores, la cuadrilla e tuberías en el tendido de líneas, etc. Los jornales que trabajarán cada cuadrilla se muestra en la siguiente tabla:

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Cuadrilla de estructuras para el montaje de Rejas de desbaste automáticas y manuales.	10	763.85	7,638.50
2	Cuadrilla de Motores para instalación de Rejas de desbaste automáticas	2	560.15	1,120.30
3	Cuadrilla de estructuras para el armado y montaje de puentes de desarenadores	50	763.85	38,192.50
4	Cuadrilla de Motores para instalación de accionamientos, compresores y bombas de aireación del Desarenado.	8	560.15	4,481.20
5	Cuadrilla de Estructuras para armado de puentes y rastras de decantadores primarios	75	763.85	57,288.75

PART	DESCRIPCION	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
6	Cuadrilla de Motores para instalación de los accionamientos de los decantadores primarios.	5	560.15	2,800.75
7	Cuadrilla de Aireación para instalación y ajuste de areadores superficiales e internos del tanque.	35	626.95	21,943.25
8	Cuadrilla de Estructuras para armado en instalación de puente de la Decantación Secundaria	75	763.85	57,288.75
9	Cuadrilla de Motores para instalación de accionamientos de la Decantación Secundaria e instalación de compresor para el sistema de succión de lodos.	5	560.15	2,800.75
10	Cuadrilla de Cloración para instalación de mamparas, tanques, cloradores y sistema de agua de servicio.	15	734.53	11,017.95
11	Cuadrilla de estructuras para la instalación de internos del Espesador de lodos.	30	763.85	22,915.50
12	Cuadrilla de Motores para instalación de accionamiento central del espesador de lodos.	5	560.15	2,800.75
13	Cuadrilla de Deshidratación para instalación de Filtros Banda incluido sistema de dosificación de Químicos.	30	734.53	22,035.90
14	Cuadrilla de Bombas para instalación de todo tipo de Bombas para interconectar procesos de tratamiento	40	595.48	23,819.20
15	Cuadrilla de Tuberías para tendido de líneas del Desarenador- Desengrasador a la Decantación primaria.	20	792.71	15,854.20
16	Cuadrilla de Tuberías para tendido de líneas de la Decantación primaria a la Aireación.	20	792.71	15,854.20
17	Cuadrilla de Tuberías para tendido de líneas de Aireación a la Decantación secundaria.	20	792.71	15,854.20
18	Cuadrilla de Tuberías para tendido de líneas de la Decantación secundaria a la Cloración.	20	792.71	15,854.20

PART	DESCRIPCION	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
20	Cuadrilla de Tuberías para las Recirculaciones	50	792.71	39,635.50
21	Cuadrilla de Tuberías para aplicación de Recubrimientos a las Tuberías	20	792.71	15,854.20
22	Cuadrilla de Movimientos para ajustes de puentes móviles.	10	316.20	3,162.00
MAQUINARIA				
1	Grúa Tipo hidráulico sobre neumáticos con capacidad de 18 Ton. con pluma de 25 m.	700 hrs	446.00	312,200.00
2	Camiones con Plataforma de 10 Ton. con grúa de 5 Ton.	1,920 hrs	203.33	390,393.60
3	Máquina Soldadora de 400 A funcionamiento eléctrico.	2,200 hrs	74.80	164,560.00
4	Máquina Soldadora de 350 A (diesel)	1,000 hrs	82.50	82,500.00
Total Montaje				1'347,866.15

<p>Total de Montaje de Equipo</p> <p>\$ 1'347,866.15</p> <p>(Un millón trescientos cuarenta y siete mil ochocientos sesenta y seis pesos 15/100 M.N.)</p>
--

V.2.7.- Fletes y Maniobras

Los Fletes y Maniobras consideran el transporte de los equipos fabricados en taller que es necesario transportar al sitio de la planta. Este concepto está muy relacionado con el tipo de cotización que hemos recibido de los proveedores; es decir, en que lugar entregan el equipo. Normalmente se solicita puesto en sitio, sin embargo hay muchos que no cuentan con la capacidad de entrega de mercancía (vgr. algunos fabricantes de Bombas).

Es conveniente que durante el desarrollo de un proyecto se seleccionen proveedores ubicados en el mismo sitio en que se realizará el proyecto siempre que sea posible, ésto baja mucho el costo de los equipo o materiales que se requieren para construir el proyecto. Para determinar el precio de los fletes se tomarán en consideración las siguientes premisas:

- Todos los equipos nacionales se entregan en el sitio del Proyecto.
- Todos los equipos importados se consideran F.O.B. Veracruz, Ver.
- Las estructuras (Puentes, rastras, etc.) se consideran en el lugar del fabricante considerado, es decir Tizayuca, Hgo.

Partiendo de estas premisas el costo estimado para los fletes y las maniobras en sitio se detalla en la siguiente tabla:

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Fletes Veracruz - Coatzacoalcos en trailer con plataforma.	4	14,000.00	56,000.00
2	Fletes México - Coatzacoalcos en trailer con plataforma.	12	23,000.00	276,000.00
3	Fletes México - Coatzacoalcos en Camionetas de 3 tons.	10	8,000.00	80,000.00
4	Diversos	1	35,000.00	35,000.00
	Total			447,000.00

<p>Total Fletes y Maniobras</p> <p>\$ 447,000.00</p> <p>(Cuatrocientos cuarenta y siete mil pesos 00/100 M.N.)</p>

V.2.8 - Puesta en Marcha

Una vez que está construida la planta se debe considerar un equipo de técnicos que supervise el arranque de la misma y la estabilización del proceso. El equipo encargado de realizar esta labor no es muy numeroso, sin embargo exige un amplio conocimiento del proceso a fin de que sea capaz de interpretar datos y tomar las medidas preventivas o correctivas necesarias. De igual forma especialistas mecánicos deben permanecer durante la puesta en marcha para que en todo momento se puedan llevar a cabo ajustes a los equipos; también se requieren especialistas en sistemas eléctrico y de control, que deben en todo momento supervisar el buen funcionamiento de los sistemas de la planta. Por último, y en caso de algún problema posterior en lo que a construcción se refiere, se debe considerer un residente en Obra Civil, a fin de efectuar todas las reparaciones necesarias en cada caso.

Para Coatzacoalcos, el tiempo estimado para poner en marcha la planta de tratamiento y permitir que todos los procesos se estabilicen es de noventa días, tiempo que se considera suficiente para revisar y ajustar todas las etapas del tratamiento hasta que la calidad del efluente tratado alcance lo solicitado en las bases de diseño.

El costo estimado de la Puesta en marcha se detalla en la siguiente ficha de costos.

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Coordinador	1	811.00	72,990.00
2	Hospedaje	1	1,500.00	4,500.00
3	Viáticos	1	200.00	18,000.00
4	Transporte	1	110.00	9,900.00
5	Coordinador (Nivel II)	1	650.00	58,500.00
6	Hospedaje	1	1,500.00	4,500.00
7	Viáticos	1	180.00	16,200.00
8	Transporte	1	110.00	9,900.00
9	Residente Mecánico	2	650.00	117,000.00
10	Viáticos	2	180.00	32,400.00
11	Residente Eléctrico	2	650.00	117,000.00
12	Viáticos	2	180.00	32,400.00

PART	DESCRIPCION	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
13	Residente Civil	1	650.00	58,500.00
14	Viáticos	1	180.00	16,200.00
15	Ayudante General	6	89.65	48,411.00
	Total Puesta en Servicio			616,401.00

<p>Total Puesta en Servicio</p> <p>\$ 616,401.00</p> <p>(Seiscientos diez y seis mil cuatrocientos un pesos 00/100 M.N.)</p>

V.2.9.- Residencia de Obra

Durante el tiempo en que se va a realizar la obra completa, es necesario contar con un supervisor permanente en el sitio; este supervisor será el encargado de dirigir y coordinar los trabajos civiles, eléctricos y mecánicos de tal forma que unos no obstruyan el trabajo de los otros. Adicionalmente será el encargado de verificar que el avance de la obra sea el proyectado a fin de que no se incurra en retrasos que resultan muy costosos a las empresas de proyectos.

Otra de las funciones de este coordinador, será la de realizar los reportes que la dirección de la empresa juzgue pertinentes pudiendo ser éstos contables, de avance en construcción en suministros, etc., además de mantener informado al Gerente de Proyecto en todo momento de los pormenores de la obra.

Para el caso de Coatzacoalcos el tiempo estimado para realizar la obra será de 18 meses (por razones de simplicidad no se muestra aquí el calendario de obra sino hasta la parte financiera en donde éste tiene gran relevancia), los costos estimados para este concepto se muestran en la siguiente tabla:

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Coordinador General de Obra	1	811.00	437,940.00
2	Ayudante General	1	89.65	48,411.00
3	Viáticos	1	200.00	108,000.00
4	Coche	1	110.00	59,400.00
5	Residente Mecánico	1	650.00	351,000.00
7	Viáticos	1	180.00	97,200.00
8	Coche	1	110.00	59,400.00
9	Diversos	1	30,000.00	30,000.00
	Total Residencia de Obra			1,191,351.00

<p>Total Residencia de Obra</p> <p>\$ 1'191,351.00</p> <p>(Un millón ciento noventa y un mil trescientos cincuenta y un pesos 00/100 M.N.)</p>

V.2.10.- Gastos de Oficinas Centrales

Los gastos de Oficinas Centrales engloban los gastos tanto de horas hombre consumidas en el proyecto, como conceptos relacionados con gastos hechos en consumibles por la oficina central para coordinar adecuadamente la obra. En esta cuenta se deben tomar en cuenta básicamente los departamentos de Producción, Suministros, Contratos en caso de que la empresa lo tenga y Tesorería.

Las premisas con las que se calculó el Gasto de Oficinas centrales es el siguiente:

- El Gerente de Proyecto trabajará exclusivamente para Coatzacoalcos hasta el final de la Puesta en Marcha (21 meses).
- La Dirección de Producción dedicará por lo menos dos días completos a la semana al proyecto de Coatzacoalcos durante el tiempo de construcción.

- La Superintendencia de Obras dedicará tres días completos a la semana al proyecto hasta que la puesta en servicio termine.
- La secretaria de Producción dedicará un día completo a la semana al Proyecto hasta que termine la puesta en marcha.
- Cada empleado del departamento de suministros trabajará tres días a la semana al proyecto durante el tiempo de Construcción.
- Los departamentos de Contratos y Tesorería trabajarán cada uno un día completo a la semana al proyecto hasta el final de la construcción.

Es importante recalcar que este costo incluye toda clase de insumos necesarios para administrar correctamente el proyecto tales como teléfono, luz, renta, viajes, sueldos con factor de salario real, etc.; que si bien en una primera instancia puede parecer alto, representa el costo de la oficina central atribuible al proyecto.

El detalle del Gasto de Oficinas Centrales se muestran en la siguiente tabla:

PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Departamento de Producción			
1.1	Gerente de Proyecto	1	811.00	510,930.00
1.2	Dirección de Producción	1	930.00	133,920.00
1.3	Superintendente de Obra	1	850.00	214,000.00
1.4	Secretaría	1	70.00	5,880.00
2	Suministros			
2.1	Gerente de Suministros	1	700.00	151,200.00
2.2	Comprador	1	450.00	97,200.00
2.3	Secretaría	1	70.00	15,200.00
3	Contratos			
3.1	Director de Contratos	1	930.00	16,740.00
3.2	Tesorería	1	450.00	8,100.00
3.3	Secretaría	1	70.00	1,260.00
	Total Gatos de Oficinas Centrales			1'154,430.00

Total Gasto de Oficinas Centrales

\$ 1'154,430.00

(Un millón ciento cincuenta y cuatro mil cuatrocientos treinta pesos 00/100 M.N.)

Hasta ahora se han determinado los Costos Directos del Proyecto mismos que se resumen en la siguiente tabla:

PART	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
10	Ingeniería	608,576.00
20	Equipos Electromecánicos	6'446,401.71
30	Materiales	5'286,852.81
40	Fabricación Mecánica	1'020,168.70
50	Obra Civil	21'930,732.92
60	Montaje	1'347,866.15
70	Fletes y Maniobras	447,000.00
80	Puesta en Marcha	616,,401.00
90	Residencia de Obra	1'191,351.00
100	Gastos de Oficinas Centrales	1'154,430.00
	Total Costo Directo	40'049,780.29

V.2.11.- Costos Indirectos

Los Costos Indirectos necesarios para relacionar el proyecto se calcularán como un porcentaje del COSTO TOTAL del proyecto, los porcentajes que utilizaremos han sido observados en numerosos proyectos ejecutados por la Compañía Degrémont de México. En la siguiente tabla se sumarian estos porcentajes:

PART	DESCRIPCIÓN	% DEL COSTO TOTAL
110	Fianzas y Seguros	1.50
120	Asistencia Técnica y Regalías	2.00
130	Imprevistos	2.50
140	Riesgos Técnicos	2.00
	% de Costos Indirectos	8.00

El margen del proyecto que se discutirá a detalle en el análisis financiero se fijará arbitrariamente en el 20.00% sobre el Costo Directo, por lo que manejaremos ahora dos precios al proyecto, con margen y sin margen; en el caso de que utilicemos margen en el costo del Proyecto el porcentaje de indirectos será del 28.00%.

El costo total del proyecto se determina con la siguiente fórmula:

$$C.T. = \frac{C.D.}{(1 - \%C.I.)}$$

En donde:

C.T. es el Costo Total del Proyecto

C.D. es el Costo Directo

%C.I. es el porcentaje de Costos Indirectos

Tendremos entonces para cada caso el siguiente Costo Total para el Proyecto de Coatzacoalcos:

PART	DESCRIPCIÓN	SIN MARGEN	%	CON MARGEN	%
10	Ingeniería	608,576.00	1.40	608,576.00	1.09
20	Equipos Electromecánicos	6'446,401.71	14.81	6'446,401.71	11.60
30	Materiales	5'286,852.81	12.14	5'286,852.81	9.50
40	Fabricación Mecánica	1'020,168.70	2.34	1'020,168.70	1.83
50	Obra Civil	21'930,732.92	50.38	21'930,732.92	39.43
60	Montaje	1'347,866.15	3.10	1'347,866.15	2.42
70	Fletes y Maniobras	447,000.00	1.03	447,000.00	0.80
80	Puesta en Marcha	616,401.00	1.42	616,401.00	1.11
90	Residencia de Obra	1'191,351.00	2.73	1'191,351.00	2.14
100	Gastos de Oficinas Centrales	1'154,430.00	2.65	1'154,430.00	2.08
	Total Costo Directo	40'049,780.29	92.00	40'049,780.29	72.00
110	Fianzas y Seguros	652,985.55	1.50	834,370.42	1.50
120	Asistencia Técnica y Regalías	870,647.40	2.00	1'112,493.90	2.00
130	Imprevistos	1'088,309.25	2.50	1'390,617.37	2.50
140	Riesgos Técnicos	870,647.40	2.00	1'112,493.90	2.00
	Margen	0.00	0.00	11,124,938.97	20.00
	COSTO TOTAL	43'532,369.89	100.00	55'624,694.85	100.00

La razón principal para que los Costos Indirectos cambien entre la consideración con margen y la que no lo incluye, obedece a que los contratos con compañías afianzadoras y aseguradoras se negocian a partir de montos de contratos; es decir, si el contrato es más caro mayor será la fianza y los seguros requeridos durante su ejecución. De igual forma sucede con las regalías a casas matrices y proveedores de tecnología, negocian estos montos sobre el valor global del proyecto, no importando si este incluye un margen o no.

Una vez que se ha determinado el Costo de la Inversión del Proyecto Coatzacoalcos, es necesario determinar los Costos de Operación fijos y variables a fin de determinar un precio de venta para el agua tratada. Para tal efecto se cotizarán los costos de energía eléctrica, reactivos químicos, mano de obra, etc. y se determinará exactamente que componentes pertenecen a la parte fija del Costo de Operación y cuales a la parte variable, para posteriormente calcular el costo de operación por metro cúbico de agua tratada.

V.3.- OPERACIÓN DEL PROYECTO COATZACOALCOS

Todas las plantas de proceso requieren algún tipo de energía como vapor o electricidad para su operación. La energía se compra de las compañías de servicios públicos locales o se genera en algún lugar de la planta. Incluso si la planta genera energía, deben hacerse arreglos con los servicios locales para obtener energía auxiliar en casos de emergencia.

En el caso de Coatzacoalcos se puede predecir que el costo de la energía eléctrica será, junto con la mano de obra, el más importante dentro del costo total de operación por lo que se deberá poner especial cuidado en la determinación del mismo. El primer paso en la determinación del costo de energía eléctrica consistirá en listar todos y cada uno de los conceptos que consumen electricidad, para llegar al final en el consumo de Kwh requeridos para el funcionamiento de la planta tanto en condiciones base como punta. Posteriormente se determinarán el resto de los costos de operación tales como Personal, Reactivos Químicos, Medios de Trabajo, etc.

V.11 - Consumo de Energía Eléctrica

Para determinar correctamente el costo mensual por concepto de energía eléctrica es necesario conocer cada concepto con sus horas de funcionamiento al día, en la siguiente tabla se muestran cada uno de los motores que consumirán energía eléctrica dentro de la Planta con sus detalles de funcionamiento.

Localización	Numero			Potencia Instalada H.P.			Potencia Absorbida H.P.		
	Total	Servicio	S.B	Unitaria	Servicio	Factor	Abs	h/día	HP·h/d
Desbaste Fino									
Accionamientos Rejas Curvas	2	2	0	1.00	2.00	0.80	1.60	8.0	12.80
Compactador de Sólidos	1	1	0	5.00	5.00	0.83	4.15	13.0	53.95
Transportador de Sólidos	1	1	0	5.00	5.00	0.80	4.00	13.0	52.00
Desarenado									
Accionamientos de Puercas	4	4	0	0.55	1.32	0.79	1.04	12.0	12.48
Levantamiento de Rastras	2	2	0	0.50	1.00	0.79	0.79	12.0	9.48
Sopladores de Difusión de aire	2	1	1	10.00	10.00	0.85	8.50	24.0	204.00
Bombas de Aspiración	4	4	0	2.00	8.00	0.85	6.80	24.0	163.20
Compresor p. extracción arena	2	2	0	3.00	6.00	0.83	4.98	12	59.76
Tornillo separador de arena	2	2	0	5.00	10.00	0.80	8.00	15.0	120.00
Desmontador de Grasas	1	1	0	0.50	0.50	0.80	0.40	24.00	9.60
Decantación Primaria									
Accionamientos de Puercas	2	2	0	0.50	1.00	0.80	0.80	24.00	19.20
Bombas transferencia de Lodo	4	3	1	5.00	15.00	0.70	10.50	27.00	227.70
Tratamiento Biológico									
Aeradores de 20 Kw	2	2	0	115.00	230.00	0.74	170.20	24.0	4084.80
Aeradores de 30 Kw	4	4	0	85.00	340.00	0.80	272.00	24.0	6528.00
Decantación Secundaria									
Accionamientos de Puercas	2	2	0	0.50	1.00	0.80	0.80	24.0	19.20
Sopladores extracción de aire	2	2	0	5.00	10.00	0.80	8.00	15.0	120.00

V.3.1.- Consumo de Energía Eléctrica

Para determinar correctamente el costo mensual por concepto de energía eléctrica es necesario conocer cada concepto con sus horas de funcionamiento al día, en la siguiente tabla se muestran cada uno de los motores que consumirán energía eléctrica dentro de la Planta con sus detalles de funcionamiento:

Localización	Número			Potencia Instalada	H.P.	Potencia Absorbida	H P.		
	Total	Servicio	S.B.	Unitaria	Servicio	Factor	Abs	h/día	H P•h/d
Desbaste Fino									
Accionamientos Rejas Curvas	2	2	0	1.00	2.00	0.80	1.60	8.0	12.80
Compactador de Sólidos	1	1	0	5.00	5.00	0.83	4.15	13.0	53.95
Transportador de Sólidos	1	1	0	5.00	5.00	0.80	4.00	13.0	52.00
Desarenado									
Accionamientos de Puentes	4	4	0	0.33	1.32	0.79	1.04	12.0	12.51
Levantamiento de Rastras	2	2	0	0.50	1.00	0.79	0.79	12.0	9.48
Sopladores de Difusión de aire	2	1	1	10.00	10.00	0.85	8.50	24.0	204.00
Bombas de Aireación	4	4	0	2.00	8.00	0.85	6.80	24.0	163.20
Compresor p/ extracción arena	2	2	0	3.00	6.00	0.83	4.98	12.0	59.76
Tornillo separador de arena	2	2	0	5.00	10.00	0.80	8.00	15.00	120.00
Desnatador de Grasas	1	1	0	0.50	0.50	0.80	0.40	24.00	9.60
Decantación Primaria									
Accionamientos de Puentes	2	2	0	0.50	1.00	0.80	0.80	24.00	19.20
Bombas transferencia de Lodo	4	3	1	5.00	15.00	0.70	10.50	20.00	210.00
Tratamiento Biológico									
Aereadores 86 Kw	2	2	0	115.00	230.00	0.74	170.20	20.00	3,404.0
Aereadores 63 Kw	4	4	0	85.00	340.00	0.80	272.00	24.00	6,528.0
Decantación Secundaria									
Accionamientos de Puentes	2	2	0	0.50	1	0.80	0.80	24.00	19.20
Sopladores extracción de lodo	2	2	0	3.00	6.00	0.80	4.80	12.00	57.60

Localización	Número			Potencia Instalada H.P.			Potencia Absorbida		H.P.
	Total	Servicio	S.B.	Unitaria	Servicio	Factor	Abs.	h/día	H.P.·h/d
Bombas de recirculación	3	2	1	35.00	70.00	0.83	58.10	18.00	1,045.8
Cloración									
Bbas. Agua de Servicio	2	1	1	25.00	25.00	0.80	20.00	16.00	320.00
Bbas. para Diluir Cl ₂	2	1	1	5.00	5.00	0.75	3.75	24.00	90.00
Compresor	2	1	1	5.00	5.00	0.80	4.00	8.00	32.00
Polipasto p/ Tanques de Cl ₂	2	2	0	1.00	2.00	0.70	1.40	2.00	2.80
Ventiladores caseta cloración	2	2	0	1.50	3.00	0.80	2.40	24.00	57.60
Espesador de Lodo									
Accionamiento de Rastras	1	1	0	0.50	0.50	0.80	0.40	24.00	9.60
Bbas. Transferencia de lodo	2	1	1	5.00	5.00	0.75	3.75	16.25	60.94
Estabilización Aerobia									
Acreadores 52 KW	4	4	0	70.00	280.00	0.78	218.40	24.00	5,241.6
Acreadores 22 KW	1	1	0	30.00	30.00	0.82	24.60	20.00	492.00
Bbas. Transferencia de lodo	3	2	1	5.00	10.00	0.85	8.50	16.00	136.00
Preparación de Polimero									
Bbas. Polimero Concentrado	2	1	1	0.50	0.50	0.80	0.40	4.00	1.60
Agitador de paletas	2	1	1	5.00	5.00	0.70	3.50	24.00	84.00
Bbas Polimero diluido	3	2	1	0.50	1.00	0.80	0.80	16.00	12.80
Deshidratación de Lodo									
Reja de Precurrimento	2	2	0	1.50	3.00	0.78	2.34	16.00	37.44
Accionamiento Telas	2	2	0	0.75	1.50	0.80	1.20	16.00	19.20
Floculador del Filtro	2	2	0	0.75	1.50	0.80	1.20	16.00	19.20
Banda Transportadora de lodo	1	1	0	3.00	3.00	0.83	2.49	16.00	39.84
Compresor	2	1	1	5.00	5.00	0.80	4.00	3.00	12.00
Bba. recirculación agua	2	1	1	7.50	7.50	0.78	5.85	12.00	70.20
Diversos y Servicios									
Motores	8	8	0	5.00	40.00	0.7	28.00	5.00	140.00
Alumbrado Exterior	1	1	0	40.00	40.00	1.00	40.00	15.00	600.00
Alumbrado Interior	1	1	0	40.00	40.00	1.00	40.00	15.00	600.00

Localización	Número			Potencia Instalada		H.P.	Potencia Absorbida		H.P.
	Total	Servicio	S.B.	Unitaria	Servicio	Factor	Abs.	h/día	H.P. h/d
Aire Acondicionado Oficinas	1	1	0	5.00	5.00	1.00	5.00	14.00	70.00
Aire Acondicionado Control	1	1	0	5.00	5.00	1.00	5.00	14.00	70.00
Diversos	1	1	0	50.00	50.00	1.00	50.00	5.00	250.00
TOTALES	92	79	13		1,285.32		1,034.44		20,449.9

Consumo Eléctrico: 15,249.50 KW x h / d
Consumo Eléctrico con 3% de Pérdidas en líneas: 15,721.13 KW x h / d
Parte Fija del Consumo Eléctrico: 3,733.07 KW x h / d
Parte Variable del Consumo Eléctrico: 11,948.05 KW x h / d
Demanda Facturable: 958.46 KW

Aplicación de la Tarifa H-M Región Sur	Tarifa	Parte Fija		Parte Variable	
	\$/mes	\$/mes	\$/año	\$/mes	\$/año
Demanda Facturable	25.775	24,704.31	296,451.68	-	-
Punta (Lunes a Sábado)	0.21487	3,475.87	41,710.49	11,124.87	133,498.43
Base (Lunes a Sábado)	0.13430	10,862.61	130,351.34	34,766.83	417,202.00
Base (Domingo)	0.13430	2,005.40	24,064.80	6,418.49	77,021.91
TOTALES		41,048.19	492,578.30	52,310.19	627,722.34

Para la determinación del consumo eléctrico se ha considerado una punta de 4 horas de lunes a sábado. Los consumos de alumbrados fueron considerados en su equivalente de motores cuya potencia fué determinada por los especialistas del sistema eléctrico.

V.3.2.- Mano de Obra

La Mano de Obra es el siguiente concepto que por su magnitud requiere de un análisis riguroso. Para Coatzacoalcos se ha seleccionado un grado de automatización moderado que seguramente impactará a la Mano de Obra; la razón para lo anterior fué que un proceso altamente automatizado resulta difícil de operar en caso de registro de datos no concordantes, situación que ocurre continuamente en este tipo de instalaciones ya que el agua negra es variable por naturaleza.

Se ha diseñado para Coatzacoalcos una plantilla de personal que sin ser muy numerosa, permitirá una correcta operación y mantenimiento de la planta de tratamiento. Esta plantilla y los salarios de cada persona se detallan en la siguiente tabla:

Puesto	Cantidad	\$ / Mes	\$ / Año
Gerente de Planta	1	10,000.00	120,000.00
Secretaria	1	2,000.00	24,000.00
Gerente de Operación y Mantenimiento	1	6,000.00	72,000.00
Operadores	6	2,500.00	180,000.00
Ayudantes de Operadores	2	1,500.00	36,000.00
Responsable Electromecánico	1	3,500.00	42,000.00
Oficiales Mecánicos	2	1,700.00	40,800.00
Responsable Eléctrico	1	3,500.00	42,000.00
Instrumentista	1	2,200.00	26,400.00

Puesto	Cantidad	\$ / Mes	\$ / Año
Oficial Eléctrico	1	2,200.00	26,400.00
Ayudantes Generales	2	1,000.00	24,000.00
Laboratorista	1	3,000.00	36,000.00
Ayudante de Laboratorio	1	1,500.00	18,000.00
Limpieza y Jardinera	2	950.00	22,800.00
Vigilancia	2	1,500.00	36,000.00
TOTAL	25	62,200.00	746,400.00

Factor de Salario Real zona Sur 1.63

Total Costo Salarial Anual:
\$ 1'216,632.00
(Un millón doscientos diez y seismil seiscientos treinta y dos pesos 00/100 M.N.)

V.3.3.- Reactivos Químicos

La planta de tratamiento de agua de Coatzacoalcos únicamente consumirá reactivos químicos en las etapas de cloración y deshidratación de lodos; los costos de los reactivos puestos en el sitio de la planta tienen los siguientes costos:

- Polímero Aniónico para Deshidratación de Lodos en Filtro Banda: 26.25 \$/Kg.
- Cloro para relleno de Cilindros de 907 Kg.: 0.90 \$/Kg.

La determinación de los costos anuales se muestran en la siguiente tabla:

COSTO ANUAL DE CLORO	
Gasto a Tratar	15,778,462.98 m ³ /año
Dosis de Cloro	6.5 g/m ³
Consumo de Cloro Anual	102,560.00 Kg./año
Costo por Kilo de Cloro	0.90 \$/Kg.
Costo Total Anual	92,304.00 \$/año

COSTO ANUAL DE POLÍMERO ANIÓNICO	
Gasto a Tratar	15,778,462.98 m ³ /año
Peso de Lodos a Deshidratar	10,179 Kg./d
Dosis de Polímero	6 Kg./Ton MS
Consumo de Polímero Anual	22,292.01 Kg./año
Costo por Kilo de Polímero	26.25 \$/Kg.
Costo Total Anual	585,165.26 \$/Kg.

Total Costo de Reactivos Químicos Anual:
\$ 677,469.26
(Seiscientos setenta y siete mil cuatrocientos sesenta y nueve pesos 26/100 M.N.)

V.3.4.- Medios de Trabajo

El concepto de Medios de Trabajo contempla básicamente todos aquellos insumos consumibles y servicios necesarios para una correcta operación de la planta de tratamiento. Igualmente están consideradas las renovaciones de equipo de laboratorio y de taller así como

mantenimiento de transportes con un estimado del costo anual por cada concepto. El detalle de como se determinaron los medios de trabajo se muestran en la siguiente tabla:

CONCEPTO	COSTO ANUAL
Renovación de Herramienta y Material de Taller	24,000.00
Renovación de Material de Laboratorio	12,000.00
Productos de Laboratorio	18,000.00
Teléfono y Suministros Varios	45,000.00
Mantenimiento de Vehículos	40,000.00
Elementos de Seguridad	7,000.00
Materiales de Informática	5,000.00
Aceites y Lubricantes	14,760.00
Productos de Mantenimiento General	25,000.00
Productos de Mantenimiento Mecánico	30,000.00
Productos de Mantenimiento Eléctrico	20,000.00
Agua Potable	15,396.00
Áreas Verdes	5,000.00
Pinturas	15,000.00
Obra Civil	25,000.00
TOTAL	301,156.00

Total Costo de Medios de Trabajo Anual:

\$ 301,156.00

(Trescientos un mil ciento cincuenta y seis pesos 00/100 M.N.)

V 3 5 - Transporte de Lodos

Dentro de los costos variables uno de los conceptos que para el proyecto de Coatzacoalcos resulta importante es el Transporte de Lodos. Como se describió en la memoria de cálculo la producción de lodos es aproximadamente 10 Tons. de Lodos estabilizados y deshidratados por día. Debido a las condiciones del suelo en el sitio que se ha dispuesto para la construcción de la planta de tratamiento, no es posible llevar a cabo la disposición final de los lodos ahí, por lo que la Junta Municipal, sin indicar el sitio exacto, define una distancia de 10 Kms. hasta el lugar de disposición de los lodos.

Para el cálculo del transporte de lodos se han considerado las siguientes premisas:

- Se requiere de un Camión Chasis para carga de Contenedor de $7m^3$.
- Se contará con un tractor para distribuir el lodo en el sitio de disposición final.
- El costo del camión y del tractor han sido considerados en el Monto de la Inversión.
- La duración de los viajes de la planta al sitio de disposición y regresos será de 1 hora.

Con los supuestos anteriores se procederá a realizar el cálculo de los costos anuales necesarios para disponer los lodos.

Peso de Lodos a Disponer:	10,179 Kg./d
Concentración Final:	18%
Volumen de Lodos	51.4 m ³ /d
Número de Camiones	1
Número de Tractores	1
Número de Contenedores	2
Funcionamiento	8 h/d

Los Costos por mantener operando el sistema de transporte de lodos se muestra en el siguiente cuadro:

CONCEPTO	MONTO POR HORA
Choferes	\$ 42.13
Refacciones y Lubricantes	\$ 10.00
Costo Total por Viaje	\$ 52.13
Tiempo de Viaje	1 hr.
Volumen de Lodos por Viaje	7 m ³
Viajes Necesarios	8
Costo por m ³ de lodo	\$7.45
Costo Anual por Transporte de Lodo	\$ 139,769.45

Total Costo de Transporte de Lodos:
\$ 139,769.45
(Ciento treinta y nueve mil setecientos sesenta y nueve pesos 45/100 M.N.)

El resumen de los Costos y Gastos de Operación se resumen en la siguiente tabla:

CONCEPTO	PARTE FIJA		PARTE VARIABLE	
	\$/año	\$/m ³	\$/año	\$/m ³
Energía Eléctrica	492,578.30	0.0312	627,722.34	0.0398
Mano de Obra	1,216,632.00	0.0771	-	-
Reactivos Químicos	-	-	677,469.26	0.0429
Medios de Trabajo	301,156.00	0.0191	-	-
Transporte de Lodos	-	-	139,769.45	0.0088
Seguros	70,000.00	0.0044	-	-
Subtotal Costos Anuales	2'080,366.30	0.1318	1'444,961.05	0.0916

Para la operación de la planta de tratamiento se considerará los siguientes indirectos

Costo Directo	1.00000	84.35%
Administración de Oficinas Centrales	0.03556	3.00%
Varios	0.03129	2.64%
Subtotal	1.06685	90.00%
Utilidad (10.0%)	<u>0.11853</u>	<u>10.00%</u>
Coefficiente de Indirectos	1.18538	100.0%

CONCEPTO	PARTE FIJA		PARTE VARIABLE	
Costos Anuales con Indirectos	-	0.1562	-	0.1086
Renovación de Equipo	120,000.00	0.0076	-	-
Costos Totales Anuales	2'586,024.60	0.1638	1'712,827.92	0.1086
Precio de Venta de la Operación: \$ 0.2724				

Dentro del precio de venta de operación se está considerando un margen del 10%, sin embargo, lo tendremos muy en cuenta al momento de realizar las sensibilizaciones del proyecto y lo manejaremos de tal forma que junto con el margen en construcción, se aplique de la mejor manera posible a fin de maximizar el rendimiento de los accionistas.

Hasta ahora se han desarrollado los aspectos técnicos del B.O.T. con un muy buen grado de precisión; a partir de este momento y en los capítulos siguientes, se analizarán los aspectos financieros de esta clase de proyectos para contar con resultados cuantitativos que permitan obtener conclusiones y recomendaciones al respecto.

VI.- CÁLCULO DEL B.O.T.

VII.- INTRODUCCIÓN

A fin de determinar el precio de venta del agua tratada, es necesario llevar a cabo simulaciones del desempeño financiero del proyecto. Con estas simulaciones se buscará ajustar variables tales como el margen de construcción, de operación, etc., que permitan dar a los accionistas del proyecto un retorno sobre el capital invertido; y más importante aún, verificar si con el retorno establecido por los accionistas es viable realizar el proyecto.

Las primeras consideraciones acerca de como elaborar las simulaciones son entregadas por el organismo licitador desde un principio. Estas "bases" buscan unificar la manera de presentación de las ofertas de los concursantes; sin embargo, no proporcionan ninguna información referente a variables comunes a todos los concursantes (ej. variables macroeconómicas), que sin duda facilitarían el proceso de evaluación de propuestas y por tanto la selección de una ganadora. A pesar de lo anterior, se seleccionarán las variables necesarias de fuentes comerciales, a fin de hacer las simulaciones con el mayor apego posible a la realidad.

Si bien no existe un procedimiento determinado para la elaboración de las proyecciones financieras, el que aquí se empleará es una de las metodologías más sencillas de entender, ya que parte de supuestos al respecto de variables macroeconómicas y las aplica a los resultados obtenidos en las memorias técnicas para obtener así los ingresos anuales del proyecto. Posteriormente se generarán casi de manera natural los estados financieros de la supuesta empresa y, después de un proceso iterativo, se determinará un precio de venta para el agua tratada tal que permita a los accionistas del proyecto obtener un rendimiento satisfactorio dado el riesgo que implica este proyecto.

VI.2 - BASES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA TARIFA DEL AGUA TRATADA

A continuación se muestran las bases financieras del proyecto entregadas por el organismo licitador:

1. Los pagos deberán permitir a "EL CONTRATISTA": recuperar la inversión, cubrir los compromisos financieros contraídos, operar, conservar y mantener la planta de tratamiento, generar sus utilidades, pagar impuestos excepto IVA, en los términos convenidos por las partes.
2. Los servicios normales prestados por "EL CONTRATISTA" para el funcionamiento de la planta, de acuerdo con las estipulaciones que figurarán en el Contrato de Concesión, se valorarán por aplicación de la fórmula siguiente:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 \times Q$$

En Donde::

- T:** Es la facturación mensual por amortización de capital, mantenimiento, conservación y operación de la planta.
- T₁:** Tarifa mensual que representa los costos de amortización de los financiamientos necesarios para ejecutar el proyecto.
- T₂:** Costo mensual que representa los gastos fijos, independientemente de que la planta funcione o no, según se acordará con la Concesionaria.
- T₃:** Costo de cada metro cúbico de agua tratada, debido exclusivamente a la operación de las instalaciones.
- Q:** Caudal total tratado durante el mes, expresado en metros cúbicos.

Los valores T_1 , T_2 y T_3 serán los ofertados por el contratista y serán los únicos que se utilicen para obtener el valor T anteriormente descrito.

En caso de variación inesperada en la concentración o número de parámetros de calidad y en la cantidad del gasto de entrada hasta un 25% más o menos, las partes acordarán una posible solución de acuerdo a la normatividad vigente y a lo negociado en el contrato de Concesión.

El componente fijo del pago mensual no podrá ser actualizado, a menos que "EL CONTRATISTA" presente una justificación detallada de las variaciones que fuera de su control, afecten las componentes de la inversión o créditos empleados en la construcción o equipamiento de las instalaciones; el ajuste de la tarifa deberá ser solicitado a "EL CONTRATANTE" con tres meses de anticipación a la fecha propuesta de aplicación del incremento, y después de ser analizada, éste emitirá su aprobación o rechazo. En caso de no recibir respuesta por escrito, se entenderá que fué aceptada.

Los incrementos al componente variable del pago mensual, se determinarán semestralmente de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$I = K_1 \times E + K_2 \times S + K_3 \times R$$

En Donde:

- I: Es el Incremento del componente variable de la tarifa en por ciento.
- K_1 : Porcentaje del costo total de operación y mantenimiento atribuible de la energía eléctrica en decimal.
- E: Incremento en el precio de la energía eléctrica en por ciento.
- K_2 : Por ciento del costo total de operación y mantenimiento que corresponde a la mano de obra, en decimal.
- S: Incremento en los salarios mínimos en por ciento.

- K₃: Por ciento del costo total de operación y mantenimiento que corresponde a los productos químicos principales utilizados en la planta de tratamiento, incluyendo combustible y lubricantes, en decimal
- R: Incremento medio al precio unitario de los químicos principales, incluyendo combustibles y lubricantes, en por ciento.

Con estas bases las empresas concursantes deben iniciar sus proyecciones financieras, debiendo aplicar sus propios criterios con la única meta de lograr el contrato con el máximo rendimiento de su inversión.

VI.3.- PROYECCIONES FINANCIERAS

Como ya se mencionó para determinar la tarifa a la que se deberá vender el agua tratada, es necesario realizar Corridas Financieras que nos permitan conocer el desempeño económico y financiero del proyecto. Estas proyecciones, están basadas en una serie de supuestos o premisas acerca del comportamiento de las principales variables que afectan el desarrollo del proyecto, tales como tasas de interés activas y pasivas, Impuestos, etc.; así mismo, se ha llevado a cabo un supuesto sobre la calendarización de las erogaciones durante la etapa de construcción, cuyo objetivo es determinar el requerimiento total de recursos para realizar la construcción del proyecto.

Se evaluarán dos casos base que producirán resultados útiles tanto para los accionistas del proyecto, como para las instituciones financieras que en un momento dado examinarían el proyecto para financiarlo. Posteriormente y partiendo de los resultados obtenidos aquí, se sensibilizarán las proyecciones para optimizar desde el punto de vista exclusivamente financiero el proyecto.

VI.3.1.- Metodología de Evaluación

Los estados financieros se han elaborado en cifras constantes, es decir, no reflejan la inflación del país durante los diez años de la concesión, por lo que todas las variables consideradas se refieren exclusivamente a los componentes reales de las mismas. Las Proyecciones Financieras se integrarán por los siguientes Estados Financieros:

- Balance General
- Estado de Resultados
- Flujo de Efectivo

- Se ha supuesto una aportación de accionistas equivalente al 30% de la Inversión Total y el 70% restante provendrá de fuentes comerciales (ej. Bancos, Casas de Bolsa, Arrendadoras, etc.). El 30% de aportación de accionistas se integrará a su vez, en un 70% de Deuda Subordinada (cuasi capital) y un 30% de capital social de la empresa.
- De las memorias técnicas se han considerado un total de 21 meses para la construcción y puesta en servicio de la planta de tratamiento, de los cuales corresponden 18 para construcción y 3 para la puesta en servicio. El tiempo de operación será de 10 años, tiempo durante el cual se deberá recuperar la inversión realizada.
- Durante la etapa de construcción, los intereses devengados por el Crédito proveniente de fuentes comerciales se capitalizan a su vencimiento, por lo que se considera como una erogación adicional.
- Los montos presupuestados para Riesgos Técnicos y Contingencias se utilizan al 100% durante la construcción.
- El plazo del financiamiento solicitado será igual al período de la Concesión, es decir 10 años que incluirán dos años de gracia para el pago del principal.
- No se ha considerado una etapa de operación parcial de la planta durante la construcción

- Se asume que todos los ingresos relacionados con las tarifas T_1 , T_2 y T_3 son pagados a la Concesionaria por la Junta Municipal en Pesos al final del periodo en que se causen.
- Las tasas de interés son puntos reales sobre Inflación y se muestran a detalle en el cuadro resumen.
- La planta de tratamiento, en apego con la legislación vigente en México en materia de concesiones, se deprecia totalmente durante la vigencia del contrato; es decir, durante diez años, por lo que al final del periodo el valor residual de la planta de tratamiento será de cero.
- La tasa de impuestos considerada (I.S.R.) es del 34%. Las pérdidas acumuladas son amortizables hasta en diez años.

A continuación se presentan dos cuadros que incluyen los datos necesarios para iniciar el análisis financiero del proyecto. El primer cuadro contempla el monto de la inversión bajo dos supuestos; el supuesto I NO incluye un margen para los participantes por la construcción y equipamiento de la planta de tratamiento; sin embargo, se buscará obtener este margen dentro del periodo de la concesión con los flujos netos, más un retorno sobre el Capital Social de la empresa. El segundo supuesto sí incluye un margen para los participantes del proyecto durante la construcción, por lo que únicamente se exigirá un retorno interesante al Capital Social aportado por los accionistas.

La razón para mantener dos supuestos y analizarlos por separado es que, en una primera instancia, pareciera que el hecho de que las compañías participantes cobren al inicio su margen por la construcción obliga a solicitar más recursos, lo que encarece por un lado el componente de la tarifa relacionado con la amortización de la planta de tratamiento; y por el otro, obliga a los accionistas a participar con más capital, que es la fuente de financiamiento más cara.

VI.3.2 - Premisas

CONCEPTO	SUPUESTO 1		SUPUESTO 2	
	Monto en Miles	%	Monto en Miles	%
Costo Directo	40,049.78	92.00	40,049.78	72.00
Costos Indirectos	3,482.56	8.00	4,449.97	8.00
Margen	0.00	0.00	11,124.94	20.00
Costo Total	43,532.34	100.00	55,624.69	100.00

Para la operación, los valores considerados son los mismos que se obtuvieron en el capítulo anterior y se refieren a los costos fijos y variables; sin embargo, y a fin de obtener el retorno considerado en el Supuesto 2 y el margen de la construcción del Supuesto 1, los valores considerados como márgenes iniciales se verán substancialmente modificados

CONCEPTO	$\$/m^3$
Costos Fijos de Operación	0.1562
Margen Inicial (%)	10.00
Renovación de Equipos	0.0076
Total Tarifa T₂	0.1638
Costos Variables de Operación	0.1086
Margen Inicial (%)	10.00
Total Tarifa T₃	0.1086
Total Tarifas T₂+T₃	0.2724

Como ya se mencionó, el componente T₁ de la tarifa refleja la amortización del proyecto y sólo podrá determinarse una vez que la evaluación financiera se encuentre completa, ya que tomará diferentes valores dependiendo del supuesto con el que se trabaje. En los cuadros siguientes se muestran los parámetros considerados tanto para la construcción como para la operación que se utilizarán para determinar el precio de venta del agua tratada (T₁+T₂+T₃).

Concepto	Bimestre											Totales
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Tasas de Interés												
CETES 28 puntos reales	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
T.I.I.E. puntos reales	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
Impuestos												
I.S.R.	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%

A) Supuesto 1 Ejecución Sin Margen durante la Construcción

Concepto	Bimestre											Totales
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Erogaciones												
Ingeniería	30.00%	35.00%	30.00%	5.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
1,479.22	443.77	517.73	443.77	73.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,479.22
Obra Civil	0.00%	5.00%	10.00%	15.00%	25.00%	20.00%	10.00%	8.00%	7.00%	-	-	-
28,958.88	0.00	1,447.94	2,895.89	4,343.83	7,239.72	5,791.78	2,895.89	2,316.71	2,072.12	0.00	0.00	28,958.88
Equipamiento	-	15.00%	15.00%	20.00%	15.00%	10.00%	10.00%	10.00%	5.00%	-	-	-
11,130.00	0.00	1,669.50	1,669.50	2,226.00	1,669.50	1,113.00	1,113.00	1,113.00	556.50	0.00	0.00	11,130.00
Montaje y P. en Marcha	-	-	-	20.00%	30.00%	20.00%	10.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	-
1,964.27	0.00	0.00	0.00	392.85	589.28	392.85	196.43	98.21	98.21	98.21	98.21	1,964.27
Total	1.02%	8.35%	11.51%	16.16%	21.82%	16.76%	9.66%	8.10%	6.16%	0.23%	0.23%	100.0%
43,532.34	443.77	3,635.17	5,009.15	7,036.65	9,498.50	7,297.63	4,205.31	3,527.92	2,681.83	98.21	98.21	43,532.34
Aportaciones de Capital	133.13	1,091.64	1,512.75	2,133.35	2,889.33	2,252.66	1,343.37	1,151.12	906.69	139.01	140.15	13,693.20
Disposiciones de Crédito	310.64	2,547.16	3,529.75	4,977.82	6,741.77	5,256.22	3,134.52	2,685.95	2,115.62	324.36	327.01	31,950.80
Intereses p/Disposiciones	-	3.62	33.34	74.52	132.60	211.25	272.57	309.14	340.48	365.16	368.94	2,111.63
Inversión Acumulada	443.77	4,082.56	9,125.06	16,236.2	25,867.3	33,376.2	37,854.1	41,691.2	44,713.5	45,176.8	45,644.0	45,644.0

B) Supuesto 2 Ejecución Con Margen durante la Construcción

Concepto	Bimestre											Totales
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Erogaciones												
Ingeniería	30.00%	35.00%	30.00%	5.00%	-	-	-	-	-	-	-	100.0%
1,890.13	567.04	661.54	567.04	94.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,890.13
Obra Civil	0.00%	5.00%	10.00%	15.00%	25.00%	20.00%	10.00%	8.00%	7.00%	-	-	100.0%
37,003.01	0.00	1,850.15	3,700.30	5,550.45	9,250.75	7,400.60	3,700.30	2,960.24	2,590.21	0.00	0.00	37,003.01
Equipamiento	-	15.00%	15.00%	20.00%	15.00%	10.00%	10.00%	10.00%	5.00%	-	-	100.0%
14,221.66	0.00	2,133.25	2,133.25	2,844.33	2,133.25	1,422.17	1,422.17	1,422.17	711.08	0.00	0.00	14,221.66
Montaje y P. en Marcha	-	-	-	20.00%	30.00%	20.00%	10.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	100.0%
2,509.90	0.00	0.00	0.00	501.98	752.97	501.98	250.99	125.49	125.49	125.49	125.49	2,509.90
Total	1.02%	8.35%	11.51%	16.16%	21.82%	16.76%	9.66%	8.10%	6.16%	0.23%	0.23%	100.0%
55,624.69	567.0	4,644.9	6,400.59	8,991.27	12,137.0	9,324.7	5,373.5	4,507.9	3,426.8	125.5	125.5	55,624.69
Aportaciones de Capital	170.11	1,394.87	1,932.96	2,725.95	3,691.92	2,878.40	1,716.52	1,470.87	1,158.55	177.63	179.08	17,496.87
Disposiciones de Crédito	396.93	3,254.70	4,510.23	6,360.54	8,614.48	6,716.27	4,005.22	3,432.04	2,703.29	414.46	417.85	40,826.02
Intereses p/Disposiciones	-	4.63	42.60	95.22	169.43	269.93	348.29	395.01	435.05	466.59	471.43	2,698.19
Inversión Acumulada	567.0	5,216.6	11,659.8	20,746.3	33,052.7	42,647.4	48,369.1	53,272.0	57,133.9	57,725.9	58,322.9	58,322.89

C) Premisas Durante la Operación

Concepto	Año										Promedio	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
CETES 28 puntos reales	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%
T.I.I.E. puntos reales	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
I.S.R.	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%	34.00%
Interés Deuda Senior	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
Interés Deuda Subordinada	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
Interés s/ Inversiones	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%
% de Depreciación	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%

VI.3.3.- Resultados del Supuesto 1

Aplicando todos los supuestos anteriores, se obtienen los resultados que se muestran en los siguientes estados financieros:

PREMISAS	PROYECTADOS									
Información al Año:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Caudal de Agua (m ³ /año)	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46
Tarifas/Financiamiento T ₁	0.17944	0.17944	0.44482	0.42697	0.40913	0.50630	0.48111	0.45593	0.43075	0.41920
C. F. de Operación T ₂	0.31499	0.31499	0.31499	0.31499	0.31499	0.31499	0.31499	0.31499	0.31499	0.31499
C. V. de Operación T ₃	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858
INGRESO ANUAL	9,515	9,515	13,702	13,420	13,139	14,672	14,274	13,877	13,480	13,298

ESTADO DE RESULTADOS	PROYECTADOS																			
Información al Año:	1	%	2	%	3	%	4	%	5	%	6	%	7	%	8	%	9	%	10	%
Meses de Operación:	12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	
Ventas Netas	9,515	100	9,515	100	13,702	100	13,420	100	13,139	100	14,672	100	14,274	100	13,877	100	13,480	100	13,298	100
(-) Costo de Ventas	1,542	16	1,542	16	1,542	11	1,542	11	1,542	12	1,542	11	1,542	11	1,542	11	1,542	11	1,542	13
(=) Utilidad Bruta	7,973	84	7,973	84	12,160	89	11,878	89	11,596	88	13,130	89	12,733	89	12,335	89	11,938	89	11,756	88
(-) Gastos de Operación	2,582	27	2,582	27	2,582	19	2,582	19	2,582	20	2,582	18	2,582	18	2,582	19	2,582	19	2,582	19
(-) Depreciación	4,353	46	4,353	46	4,353	32	4,353	32	4,353	33	4,353	30	4,353	30	4,353	31	4,353	32	4,353	33
(-) Costo Integral de Fto.	2,831	30	2,831	30	2,550	19	2,268	17	1,987	15	1,589	11	1,192	8	795	6	397	3	215	2
(+) Otros Gastos (Prods)	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
(=) Ut. Antes de ISR	(1,794)	-19	(1,794)	-19	2,675	20	2,675	20	2,675	20	4,606	31	4,606	32	4,606	33	4,606	34	4,606	35
(-) I.S.R. y P.T.U.	-	0	-	0	268	2	867	6	1,177	9	2,026	14	2,026	14	2,026	15	2,026	15	2,026	15
(=) UTILIDAD NETA	(1,794)	-19	(1,794)	-19	2,408	18	1,808	13	1,498	11	2,579	18	2,579	18	2,579	19	2,579	19	2,579	19
Prom. Mensual de Ventas	793		793		1,142		1,118		1,095		1,222		1,190		1,156		1,123		1,108	
Ints. Crédito Bancario	2,252		2,252		1,971		1,689		1,408		1,126		845		563		281		152	
Ints. Deuda Subordinada	579		579		579		579		579		463		348		232		116		63	
Otros Gastos Financieros																				
Costo Integral de Fto	2,831		2,831		2,550		2,268		1,987		1,589		1,192		795		397		215	

INDICADORES FINANCIEROS	PROYECTADOS									
INFORMACION AL AÑO:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Liquidez (AC/PC)	n/a	1.39	2.14	2.73	2.19	2.40	2.60	2.81	3.01	n/a
Apalancamiento (PT/CC)	17.85	76.11	12.78	7.09	4.75	2.69	1.56	0.85	0.36	0.00
Rentabilidad (UN/CC)	-0.77	-3.26	0.81	0.38	0.24	0.29	0.23	0.18	0.16	0.13
Margen De Prod. (UO/VN)	0.11	0.11	0.38	0.37	0.35	0.42	0.41	0.39	0.37	0.36
Cobertura de Intereses	2.88	2.88	5.69	6.21	6.88	10.06	12.90	18.60	35.68	64.58
Cobertura de Deuda	2.61	2.61	1.50	1.40	1.36	1.59	1.62	1.65	1.69	1.70
Capital de Trabajo Neto (AC-PC)	2,803	1,583	4,566	6,949	7,091	8,314	9,537	10,760	11,984	19,160

FLUJO DE EFECTIVO	PROYECTADOS									
INFORMACION AL AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS										
Utilidad (Pérdida) Neta	(1,794)	(1,794)	2,408	1,808	1,498	2,579	2,579	2,579	2,579	2,579
Depreciación	4,353	4,353	4,353	4,353	4,353	4,353	4,353	4,353	4,353	4,353
Gastos Preoperativos	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243
Crédito Bancario										
INGRESOS TOTALES	2,803	2,803	7,004	6,405	6,094	7,175	7,175	7,175	7,175	7,175
FLUJO DE OPERACION	2,803	2,803	7,004	6,405	6,094	7,175	7,175	7,175	7,175	7,175
Amortización Deuda Bancaria			4,022	4,022	4,022	4,022	4,022	4,022	4,022	4,022
Amortización Deuda Subordinada						1,930	1,930	1,930	1,930	1,930
FLUJO NETO DEL PERIODO	2,803	2,803	2,982	2,382	2,072	1,223	1,223	1,223	1,223	1,223

SALDO INICIAL DE CAJA	-	2,803	5,606	8,588	10,970	13,042	14,265	15,488	16,711	17,934
SALDO FINAL DE CAJA	2,803	5,606	8,588	10,970	13,042	14,265	15,488	16,711	17,934	19,157

BALANCE GENERAL	PROYECTADOS									
INFORMACIÓN AL AÑO:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACTIVO CIRCULANTE										
Caja y Bancos	28	56	86	110	130	143	155	167	180	192
Inversiones Temporales	2,775	5,549	8502	10,861	12,913	14,123	15,334	16,545	17,756	18,967
Otros Circulantes										
Suma Activo Circulante	2,803	5,605	8,588	10,971	13,043	14,266	15,489	16,712	17,936	19,159
ACTIVO FIJO										
Planta y Equipo Histórico	43,532	43,532	43,532	43,532	43,532	43,532	43,532	43,532	43,532	43,532
Depreciación Acumulada	(4,353)	(8,706)	(13,060)	(17,413)	(21,766)	(26,119)	(30,473)	(34,826)	(39,179)	(43,532)
Suma Activo Fijo	39,179	34,826	30,472	26,119	21,766	17,413	13,059	8,706	4,353	-
OTROS ACTIVOS										
Gastos Preoperativos	2,188	1,945	1,702	1,459	1,216	972	730	487	243	-
Suma Otros Activos	2,188	1,945	1,702	1,459	1,216	972	730	487	243	-
ACTIVO TOTAL	44,170	42,376	40,762	38,549	36,025	32,651	29,278	25,905	22,532	19,159
PASIVO CIRCULANTE										
Prestamos Bancarios C.P.										
P. Circulante Pasivo L.P.	-	4,022	4,022	4,022	5,952	5,952	5,952	5,952	5,952	-
Suma Pasivo Circulante	-	4,022	4,022	4,022	5,952	5,952	5,952	5,952	5,952	-
PASIVO A LARGO PLAZO										
Crédito Bancario	32,175	28,153	24,131	20,109	16,087	12,065	8,044	4,021	-	-
Deuda Subordinada	9,652	9,652	9,652	9,652	7,722	5,791	3,861	1,931	-	-
Suma Pasivo Fijo	41,827	37,805	33,783	29,761	23,809	17,856	11,905	5,952	-	-
PASIVO TOTAL	41,827	41,827	37,805	33,783	29,761	23,808	17,857	11,905	5,952	-
CAPITAL										
Capital Social	4,137	4,137	4,137	4,137	4,137	4,137	4,137	4,137	4,137	4,137
Reservas	-	-	241	422	572	829	1,087	1,345	1,603	1,861
Utilidades Acumuladas	-	(1,794)	(3,588)	(1,420)	207	1,555	3,876	6,197	8,519	10,840
Actualización del Capital										
Utilidad del Ejercicio	(1,794)	(1,794)	2,167	1,627	1,348	2,321	2,321	2,321	2,321	2,321
CAPITAL CONTABLE	2,343	549	2,957	4,766	6,264	8,842	11,421	14,000	16,580	19,159
SUMA PASIVO Y CAPITAL	44,170	42,376	40,762	38,549	36,025	32,650	29,278	25,905	22,532	19,159

VI 3.4 - Análisis de Resultados Supuesto 1

De las proyecciones anteriores, y como resultado de los cálculos iterativos se obtienen los resultados que se muestran en el siguiente cuadro resumen:

CONCEPTO	\$/m ³
Tarifa Promedio por Financiamiento T₁	0.3933
Costos Fijos de Operación	0.1406
Margen Final	54.26 %
Renovación de Equipos	0.0076
Total Costos Fijos de Operación T₂	0.3149
Costos Variables de Operación	0.0977
Margen Final (%)	10.00 %
Total Costos Variables de Operación T₃	0.1086
Tarifa Promedio Total (T)	0.8168
Recuperación del Capital Social	62.96 %
Valor Presente Neto al 3.5%	\$ 12,348.85

Como se puede observar el comportamiento financiero del proyecto es más que adecuado, obteniéndose una tarifa promedio durante la vida de la concesión de 0.8168 \$/m³, generando ingresos totales al proyecto de \$12.8 millones por año en promedio. Vale la pena recalcar que en este supuesto se le ha pedido al proyecto el margen que los constructores NO cobraron en un inicio, es decir \$ 11.1 millones sobre la recuperación natural del proyecto; razón por la cual, tanto el margen sobre los costos fijos, y el retorno sobre el capital son tan elevados. El cálculo del Valor Presente Neto de los flujos se realizó fijando una Tasa de Recuperación

Mínima Aceptable del 3.5 % considerada como el costo de oportunidad de los recursos invertidos en el proyecto (CETES a 28 días más un premio de 1.5 puntos no porcentuales) Se decidió iterar sobre el margen de los costos fijos en virtud de que éstos, son el componente de la tarifa que siempre se pagaría aún cuando la planta no funcione, según las bases entregadas por el organismo licitador.

Considerando el aporte específico de agua residual por habitante de 150.7 l/d calculado en el capítulo III (4.52 m³/mes), la nueva planta de tratamiento causaría un impacto mensual en los recibos de cada usuario de \$ 3.69 en promedio (una familia de cinco miembros pagaría \$18.47 mensuales), algo menos que un salario mínimo diario por 4,500 lts. de agua, bastante razonable considerando el impacto ambiental que se evita.

En materia de resultados, la compañía se comporta bien bajo este supuesto, sin embargo, la empresa genera pérdidas contables los dos primeros ejercicios debido al cargo por depreciación, por lo que el resultado acumulado al final del segundo año sitúa a la empresa en una Quiebra Técnica según la ley de Sociedades Mercantiles por haber perdido más de dos terceras partes del capital. Posteriormente, el proyecto genera la suficiente utilidad para subsanar esta situación en un período relativamente corto y sin necesidad de hacer aportaciones posteriores. Un punto interesante aquí es que la empresa tiene derecho a amortizar las pérdidas acumuladas hasta en un período de diez años, lo que le otorga un beneficio fiscal adicional al hacer participar al gobierno con la reducción de la base gravable hasta que las pérdidas se han amortizado por completo.

Los índices financieros de Cobertura de Intereses y Cobertura de Deuda, que en términos generales muestran cuantas veces la empresa es capaz de hacer frente tanto al servicio de la deuda como a la deuda misma, se observan muy adecuados ya que en todos los casos son superiores a la unidad.

En cuanto a la generación de efectivo, la principal fuente de recursos durante la vida del proyecto es la Depreciación, lo anterior derivado de que la planta, en apego a las leyes vigentes,

se deprecia totalmente en la vida de la concesión. Lo anterior, aunado a la utilidad generada cada año, permite hacer frente a sus compromisos financieros y acumular saldo en la caja.

Dentro del Balance General se puede observar un fenómeno muy interesante, por un lado la empresa cuenta con muchos recursos a corto plazo y por el otro, tiene obligaciones con Bancos (al séptimo año en análisis la empresa tiene a corto plazo \$15.5 millones y debe en total \$11.9 millones), esta situación deriva en un costo financiero para la empresa de 3.5% anual derivado del diferencial entre tasas activas y pasivas, lo que eleva sin ningún sentido la tarifa del agua tratada. Esta ineficiencia en la tesorería de la empresa se debe principalmente a que el plazo del crédito seleccionado no es el óptimo, se debe seleccionar alguno que permita a la empresa hacer pagos desde antes (un esquema de pagos crecientes sería adecuado).

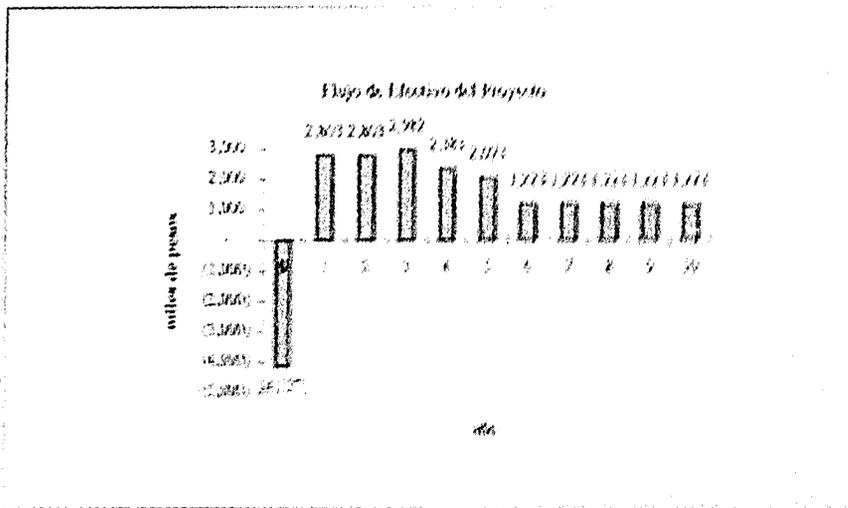
Otra fuente de recuperación que debe ser analizada es la porción de la Inversión considerada como Deuda Subordinada. Bajo el supuesto I la deuda subordinada asciende a \$9.6 millones que devengan intereses a una tasa del 6.00% (4 puntos porcentuales arriba de CETES), rendimiento que se considera adecuado dado el riesgo de la operación. El Valor Presente Neto de esta porción de la Inversión, descontada al mismo costo de oportunidad es de \$1.2 millones, con la ventaja adicional de que los accionistas reciben los intereses devengados periódicamente, lo que no ocurre con el capital social.

Un punto interesante que se analizará con más detalle en el capítulo VII se refiere a la proporción entre Deuda Subordinada y Capital Social; hasta este momento, parece por un lado muy conveniente para los accionistas ya que les permite cobrar "dividendos" al proyecto cuando en condiciones normales una Institución financiera no lo permitiría; y por el otro, al proyecto le beneficia en términos de la tarifa ya que normalmente el Costo del Capital Social es mayor que el de un deuda (en este caso el costo del Capital Social es 10%).

En cuanto al rendimiento que los accionistas obtienen por sus inversiones tanto en capital social como en deuda subordinada, los índices de rentabilidad se muestran en la siguiente tabla resumen:

Concepto	Valor
V.P.N. Capital Social* (miles)	81.233.001
V.P.N. Deuda Subordinada	81.211.500
Margen Recuperado	811.171.000
T.I.R. Accionista	63,96%
Relación Costo - Beneficio Accionista	1,0052

La T.I.R. del accionista se muestra muy elevada, por lo que vale la pena hacer una reflexión al respecto; este índice refleja el rendimiento de los recursos efectivamente invertidos en el proyecto; sin embargo, cada año se retiran fondos del proyecto a través de los flujos netos tal y como se muestra en el siguiente gráfico:

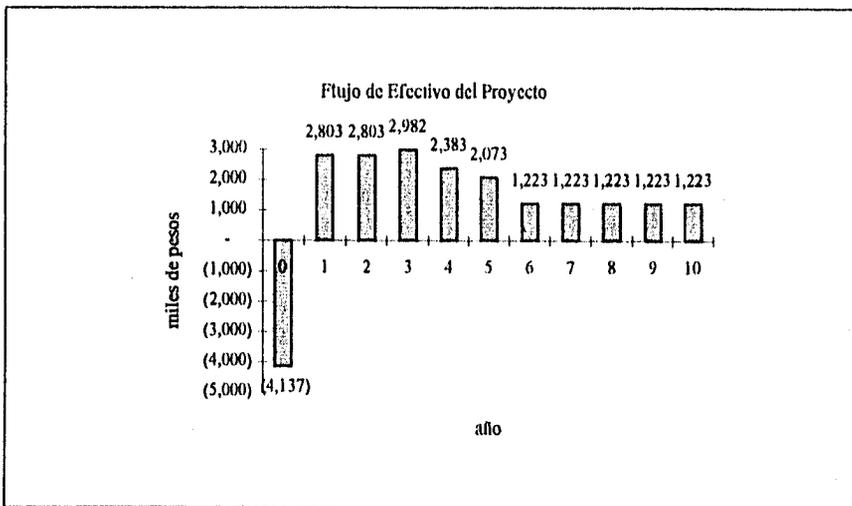


El flujo de efectivo positivo desde el primer año se debe a la alta rentabilidad del proyecto, lo que indica que el proyecto es rentable desde el primer año de operación.

* Fuente: ICFE, *Estadísticas de T.I.R. del 2000-2001*.

Concepto	Valor
V.P.N. Capital Social ⁹ (miles)	\$ 1,223.91
V.P.N Deuda Subordinada	\$ 1,214.20
Margen Recuperado	\$ 11,124.94
T.I.R. Accionista	62.96 %
Relación Costo - Beneficio Accionista	3.9852

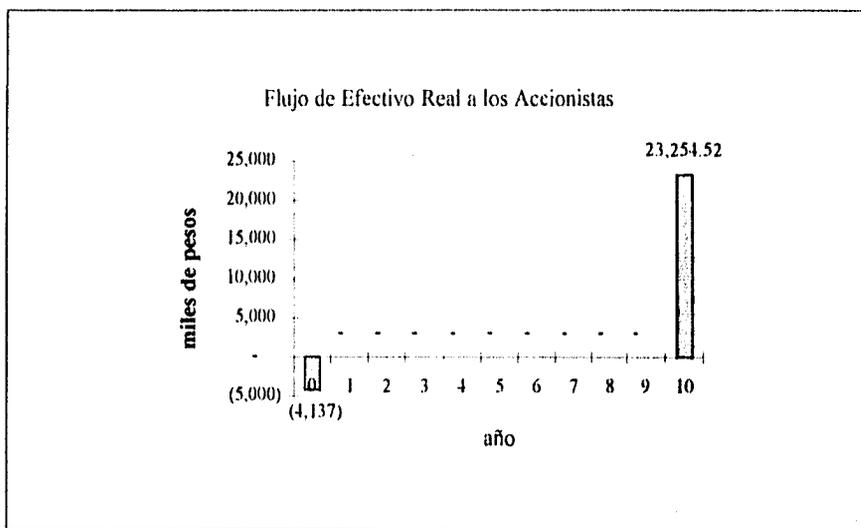
La T.I.R. del accionista se muestra muy elevada, por lo que vale la pena hacer una reflexión al respecto; este índice refleja el rendimiento de los recursos efectivamente invertidos en el proyecto; sin embargo, cada año se retiran fondos del proyecto a través de los flujos netos tal y como se muestra en el siguiente gráfico:



Como se puede observar desde el primer años se retiran del proyecto cantidades importantes de dinero, que si bien en un inicio la mayor parte es rendimiento de la Inversión, el

⁹ Es el V.P.N. considerando una T.I.R. del 10% para el Accionista

capital retirado, por poco que este sea, ya no reditúa la tasa interna de retorno, por lo tanto, es necesario saber realmente cual es el rendimiento que los accionistas reciben por su inversión en el capital social de la empresa. Para conocer la Verdadera Tasa de Rendimiento hay que considerar que los flujos obtenidos del proyecto serán reinvertidos, compuestos anualmente, al costo de oportunidad, tal y como se especificó en las premisas para este caso es CETES + 1.5 (3.5%), al momento en que la obra sea revertida al gobierno, los accionistas recibirán un gran flujo que combina ambas tasas tal y como se muestra en la siguiente gráfica.



Con el flujo de efectivo anterior se obtiene una tasa de rendimiento del 18.85% que ya toma en cuenta la reinversión de los flujos al costo de oportunidad. Es importante aclarar que el producto financiero de la reinversión de los fondos no han sido considerados dentro del análisis del proyecto como tal; sin embargo, sí son importantes para medir la verdadera tasa de rendimiento que obtienen los accionistas del proyecto.

Analizando el proyecto como un todo, y no solo desde el punto de vista de los accionistas, se encuentran los índices reportados en la siguiente tabla:

Concepto	Valor
Costo de Capital	4.96 %
V.P. Flujos de Operación (miles)	\$ 45,733.2
V.P.N. Proyecto (miles)	\$ (230.26)
T.I.R. Proyecto	4.87%
Relación Costo - Beneficio Proyecto	0.9949

Se puede notar que el proyecto no reditúa lo suficiente para compensar al menos el costo del capital, lo que advertiría en contra de invertir dinero en este proyecto; sin embargo, no hay que olvidar que desde el punto de vista de los accionistas el proyecto es rentable. La situación anterior se puede explicar analizando detalladamente el estado de resultados, para lo cual se definirán las siguientes variables:

- t_1 Componente de T_1 correspondiente a las Amortizaciones de los Créditos.
- t'_1 Componente de T_1 correspondiente a la liquidación de Intereses.
- t_2 Componente de T_2 correspondiente a los Costos Fijos de operación.
- M_2 Margen sobre t_2 en pesos.
- t_3 Componente de T_3 correspondiente a los Costos Variables de Operación.
- M_3 Margen sobre t_3 en pesos.

El estado de resultados del proyecto será:

Ventas Netas	$t_1 + t'_1 + t_2 + M_2 + t_3 + M_3$
<u>(-) Costos y Gastos de Operación y Ventas</u>	<u>$t_2 + t_3$</u>
(=) Utilidad de Operación	$t_1 + t'_1 + M_2 + M_3$
<u>(-) Costo Integral de Financiamiento</u>	<u>t'_1</u>
(=) Utilidad Antes de Impuestos	$t_1 + M_2 + M_3$
<u>(-) ISR y PTU</u>	<u>$0.44 \times (t_1 + M_2 + M_3)$</u>
(=) Utilidad Neta	$0.56 \times (t_1 + M_2 + M_3)$

El factor importante dentro de la utilidad neta que se debe analizar es el correspondiente a la amortización de los créditos t_1 , en virtud de que es el que afecta a la rentabilidad del proyecto global. Dado que no se ha considerado margen sobre el componente de la tarifa total que representa la amortización de los financiamientos, este componente causa un impuesto, ocasionando que el flujo de efectivo solamente cuente con $0.56 \times t_1$ cuando requiere de t_1 completo. La situación anterior obliga a tomar recursos de la parte restante de M_1 y M_2 , disminuyendo así la rentabilidad global del proyecto. A fin de restituir la rentabilidad del proyecto, sería necesario aplicar a este componente de la tarifa un factor de 2.27 (1/0.44) a fin de que el flujo de efectivo cuente con los recursos necesarios para amortizar los créditos, lo que elevaría un 61% la tarifa del agua tratada. Las implicaciones de ésta situación se analizarán a detalle en el capítulo VIII, y se propondrán soluciones al respecto a fin de que el usuario final no sea el afectado por estos impuestos.

Adicionalmente, el favorecer esquemas de pago de los financiamientos que permitan amortizar la deuda desde un inicio ayudarán a la rentabilidad global del proyecto, ya que contará con más flujo de operación desde un inicio.

Como se puede observar, el Supuesto 1 se comporta razonablemente bien tanto en su desempeño financiero, como en la rentabilidad para los accionistas; sin embargo, es aún muy susceptible de ser optimizado desde el punto de vista financiero exclusivamente, principalmente en lo que a los créditos se refiere.

A continuación se muestran los resultados obtenidos del Supuesto 2, cuya premisa fundamental es que los constructores sí han cobrado un margen al momento de ejecutar la obra; por lo demás, todas las premisas empleadas en el Supuesto 1 permanecen constantes.

VI.3.5.- Resultados del Supuesto 2

Aplicando todos los supuestos considerados para el segundo supuesto (Ejecución con margen), se obtienen los siguientes resultados

PREMISAS	PROYECTADOS									
Información al Año:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Caudal de Agua (m ³ /año)	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46
Tarifa s/Financiamiento T ₁	0.22929	0.22929	0.49310	0.47030	0.44751	0.57166	0.53948	0.50730	0.47512	0.46038
C.F. de Operación T ₂	0.23374	0.23374	0.23374	0.23374	0.23374	0.23374	0.23374	0.23374	0.23374	0.23374
C.V. de Operación T ₃	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858
INGRESO ANUAL	9,019	9,019	13,182	12,822	12,462	14,421	13,914	13,406	12,898	12,665

ESTADO DE RESULTADOS	PROYECTADOS																			
Información al Año:	1	%	2	%	3	%	4	%	5	%	6	%	7	%	8	%	9	%	10	%
Meses de Operación:	12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	
Ventas Netas	9,019	100	9,019	100	13,182	100	12,822	100	12,462	100	14,421	100	13,914	100	13,406	100	12,898	100	12,665	100
(-) Costo de Ventas	1,542	17	1,542	17	1,542	12	1,542	12	1,542	12	1,542	11	1,542	11	1,542	12	1,542	12	1,542	12
(=) Utilidad Bruta	7,477	83	7,477	83	11,640	88	11,280	88	10,920	88	12,879	89	12,372	89	11,864	88	11,356	88	11,123	88
(-) Gastos de Operación	2,649	29	2,649	29	2,649	20	2,649	21	2,649	21	2,649	18	2,649	19	2,649	20	2,649	21	2,649	21
(-) Depreciación	5,562	62	5,562	62	5,562	42	5,562	43	5,562	45	5,562	39	5,562	40	5,562	41	5,562	43	5,562	44
(-) Costo Integral de Fto.	3,618	40	3,618	40	3,258	25	2,898	23	2,539	20	2,031	14	1,523	11	1,015	8	508	4	275	2
(=) Otros Gastos (Prods)	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
(=) Ut. Antes de ISR y PTU	(4,352)	-48	(4,352)	-48	170	1	170	1	170	1	2,637	18	2,637	19	2,637	20	2,637	20	2,637	21
(-) I.S.R. y P.T.U.	-	0	-	0	17	0	17	0	17	0	264	2	264	2	264	2	1,064	8	1,160	9
(=) UTILIDAD NETA	(4,352)	-48	(4,352)	-48	153	1	153	1	153	1	2,373	16	2,373	17	2,373	18	1,573	12	1,477	12
Prom. Mensual de Ventas	752		752		1,098		1,068		1,039		1,202		1,159		1,117		1,075		1,055	
Ints. Crédito Bancario	2,878		2,878		2,518		2,158		1,799		1,439		1,079		719		360		195	
Ints. Deuda Subordinada	740		740		740		740		740		592		444		296		148		80	
Otros Gastos Financieros																				
Costo Integral de Fto.	3,618		3,618		3,258		2,898		2,539		2,031		1,523		1,015		508		275	

INDICADORES FINANCIEROS	PROYECTADOS									
INFORMACIÓN AL AÑO:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Liquidez (AC/PC)	n/a	0.59	0.76	0.94	0.75	0.83	0.92	1.00	0.98	n/a
Apalancamiento (PT/CC)	57.25	-15.63	-14.79	-13.87	-12.85	-51.89	12.77	3.66	1.33	0.00
Rentabilidad (UN/CC)	-4.66	1.27	-0.05	-0.05	-0.05	-4.05	1.33	0.57	0.27	0.20
Margen De Prod. (UO/VN)	-0.08	-0.08	0.26	0.24	0.22	0.32	0.30	0.27	0.24	0.23
Cobertura de Intereses	2.02	2.02	4.18	4.51	4.94	7.63	9.67	13.75	25.98	46.69
Cobertura de Deuda	1.60	1.60	1.08	1.09	1.09	1.45	1.47	1.49	1.37	1.36
Capital de Trabajo Neto (AC-PC)	1,521	(2,097)	(1,210)	(323)	(1,902)	(1,262)	(621)	19	(140)	7,210

Flujo de Efectivo	PROYECTADOS									
INFORMACIÓN AL AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS										
Utilidad (Pérdida) Neta	(4,352)	(4,352)	153	153	153	2,373	2,373	2,373	1,573	1,477
Depreciación	5,562	5,562	5,562	5,562	5,562	5,562	5,562	5,562	5,562	5,562
Gastos Preoperativos	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311
Crédito Bancario										
INGRESOS TOTALES	1,521	1,521	6,026	6,026	6,026	8,246	8,246	8,246	7,446	7,350
FLUJO DE OPERACIÓN	1,521	1,521	6,026	6,026	6,026	8,246	8,246	8,246	7,446	7,350
Amortización Deuda Bancaria	-	-	5,139	5,139	5,139	5,139	5,139	5,139	5,139	5,139
Amortización Deuda Sub.						2,467	2,467	2,467	2,467	2,467
FLUJO NETO DEL PERÍODO	1,521	1,521	887	887	887	641	641	641	(159)	(256)
SALDO INICIAL DE CAJA	-	1,521	3,042	3,929	4,816	5,703	6,344	6,985	7,625	7,466
SALDO FINAL DE CAJA	1,521	3,042	3,929	4,816	5,703	6,344	6,985	7,625	7,466	7,210

BALANCE GENERAL	PROYECTADOS									
INFORMACIÓN AL AÑO:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACTIVO CIRCULANTE										
Caja y Bancos	15	30	39	48	57	63	70	76	75	72
Inversiones Temporales	1,506	3,011	3,890	4,768	5,646	6,281	6,915	7,549	7,391	7,138
Otros Circulantes										
Suma Activo Circulante	1,521	3,042	3,929	4,816	5,703	6,344	6,985	7,625	7,466	7,210
ACTIVO FIJO										
Planta y Equipo Histórico	55,625	55,625	55,625	55,625	55,625	55,625	55,625	55,625	55,625	55,625
Depreciación Acumulada	(5,562)	(11,125)	(16,687)	(22,250)	(27,812)	(33,375)	(38,937)	(44,500)	(50,062)	(55,625)
Suma Activo Fijo	50,062	44,500	38,937	33,375	27,812	22,250	16,687	11,125	5,562	-
OTROS ACTIVOS										
Gastos Preoperativos	2,796	2,485	2,175	1,864	1,553	1,243	932	621	311	-
Suma Otros Activos	2,796	2,485	2,175	1,864	1,553	1,243	932	621	311	-
ACTIVO TOTAL	54,379	50,027	45,041	40,055	35,069	29,836	24,604	19,371	13,339	7,210
PASIVO CIRCULANTE										
Prestamos Bancarios C.P.										
P. Circulante Pasivo L.P.	-	5,139	5,139	5,139	7,606	7,606	7,606	7,606	7,606	-
Suma Pasivo Circulante	-	5,139	5,139	5,139	7,606	7,606	7,606	7,606	7,606	-
PASIVO A LARGO PLAZO										
Crédito Bancario	41,112	35,973	30,834	25,695	20,556	15,417	10,278	5,139	-	-
Deuda Subordinada	12,334	12,334	12,334	12,334	9,867	7,400	4,933	2,467	-	-
Suma Pasivo Fijo	53,445	48,306	43,167	38,028	30,423	22,817	15,211	7,606	-	-
PASIVO TOTAL	53,445	53,445	48,306	43,167	38,028	30,423	22,817	15,211	7,606	-
CAPITAL										
Capital Social	5,286	5,286	5,286	5,286	5,286	5,286	5,286	5,286	5,286	5,286
Reservas	-	-	15	31	46	283	521	758	915	1,063
Utilidades Acumuladas	-	(4,352)	(8,704)	(8,567)	(8,429)	(8,291)	(6,155)	(4,020)	(1,884)	(468)
Actualización del Capital										
Utilidad del Ejercicio	(4,352)	(4,352)	138	138	138	2,136	2,136	2,136	1,416	1,329
CAPITAL CONTABLE	934	(3,419)	(3,266)	(3,112)	(2,939)	(586)	1,787	4,160	5,733	7,210
SUMA PASIVO Y CAPITAL	54,379	50,027	45,041	40,055	35,069	29,836	24,604	19,371	13,339	7,210

VI.3.6- Análisis de Resultados Supuesto 2

De igual forma, como resultado de los cálculos iterativos se pueden extraer los resultados que se muestran en el siguiente cuadro resumen:

CONCEPTO	\$/m ³
Tarifa Promedio por Financiamiento T₁	0.4423
Costos Fijos de Operación	0.1406
Margen Final	37.82 %
Renovación de Equipos	0.0076
Total Costos Fijos de Operación T₂	0.2337
Costos Variables de Operación	0.0977
Margen Final (%)	10.00 %
Total Costos Variables de Operación T₃	0.1086
Tarifa Promedio Total (T)	0.7846
Recuperación del Capital Social	10.00 %
Valor Presente Neto	\$ 1,097.91

Como se puede observar el comportamiento financiero del proyecto es también adecuado, obteniéndose una tarifa promedio durante la vida de la concesión de 0.7846 \$/m³, generando ingresos totales al proyecto cercanos a los \$ 12.3 millones por año en promedio; sin embargo, se puede observar que durante casi toda la concesión la empresa se encuentra en Quiebra Técnica, debido a las pérdidas acumuladas durante los dos primeros años. Si bien la empresa en todo momento cuenta con efectivo disponible para hacer frente a cualquier

contingencia, no es saludable mantener una empresa en estas condiciones aún cuando fiscalmente sea atractivo.

Es importante recalcar que bajo este supuesto se le ha pedido al proyecto una tasa de recuperación del capital social del 10.00%, ya que el margen de construcción se ha cobrado desde un inicio; en este caso, el margen sobre los costos fijos de operación es más bajo que el considerado en el supuesto 1 dado el premio solicitado a la inversión. El cálculo del Valor Presente Neto de los flujos, también se realizó fijando una Tasa de Retorno Mínima Aceptable del 3.5 % considerada como el costo de oportunidad de los recursos invertidos en el proyecto (CETES a 28 días más un premio de 1.5 puntos no porcentuales).

El Valor Presente Neto de los Flujos obtenidos en el proyecto es positivo e igual a \$1.01 millones, lo que refleja la conveniencia de invertir en el proyecto ya que, descontando la inversión inicial, los recursos obtenidos del proyecto representan \$1.01 millones del día en que se invirtieron; sin embargo, es menor que el obtenido en el Supuesto 1.

Contrario a lo que se supuso al inicio de este Capítulo, el hecho de cobrar los márgenes de construcción desde un inicio deriva en una tarifa más baja por el agua tratada. De igual forma que en el supuesto 1, si se considera el aporte específico de agua residual por habitante de 150.7 l/d calculado en el capítulo III (4.52 m³/mes), por concepto de tratamiento de agua se deberá adicionar a la factura de cada usuario \$ 3.54 en promedio, la misma familia de cinco miembros pagaría \$17.73 mensuales; es decir, bajo este supuesto la tarifa se ha decrementado casi 4% con respecto al supuesto 1.

En materia de resultados la compañía se comporta razonablemente bajo este supuesto, sin embargo dado que la inversión es mayor, la depreciación de cada año provoca pérdidas contables muy grandes durante los dos primeros años que la generación contable de recursos no puede subsanar rápidamente. Los indicadores financieros de Cobertura de Deuda y Cobertura de Intereses resultan favorables bajo este supuesto; sin embargo, la liquidez del proyecto es muy reducida por lo que en caso de alguna contingencia la empresa podría verse en problemas. Por otro lado la empresa no cuenta con capital de trabajo neto, y en caso de que el organismo

operador se retrasara en sus pagos la empresa no contaria con recursos para una correcta operaci3n.

La generaci3n de efectivo de la empresa, bajo este supuesto, tambi3n se debe principalmente a la depreciaci3n de la planta, observ3ndose que durante los 3ltimos dos a3os el flujo neto del periodo es negativo, lo anterior debido a la tasa de recuperaci3n del capital que se est3 aplicando; esto se puede corregir incrementando ligeramente esta tasa.

Analizando tambi3n el rendimiento de los accionistas, 3stos obtienen por su inversi3n tanto en capital social como en deuda subordinada los 3ndices de rentabilidad que se muestran a continuaci3n:

Concepto	Valor
V.P.N. Capital Social (miles)	\$ 1,097.91
V.P.N. Deuda Subordinada	\$ 1,551.48
Margen Recuperado	\$ 0.00
T.I.R. Accionista	10.00 %
Relaci3n Costo - Beneficio Accionista	1.2150

La T.I.R. del accionista es precisamente la definida al inicio de este captulo; sin embargo, y continuando con el mismo orden de ideas del supuesto 1 es necesario encontrar la tasa verdadera de rendimiento ya que, tal y como se mencion3, la T.I.R. es el rendimiento del capital efectivamente invertido en el proyecto. Siguiendo los pasos indicados en el analisis del supuesto 1, se obtiene una tasa verdadera de rendimiento para el accionista de 5.54%, tambi3n mayor que el costo de oportunidad (3.5%).

En lo que hace al comportamiento global del proyecto, y no solo desde el punto de vista de los accionistas, se obtienen los resultados mostrados en el siguiente cuadro:

Concepto	Valor
Costo de Capital	4.96 %
V.P. Flujos de Operación (miles)	\$ 44,710.3
V.P.N. Proyecto (miles)	\$ (10,914.4)
T.I.R. Proyecto	1.36%
Relación Costo - Beneficio Proyecto	0.8038

A pesar que desde el punto de vista de los accionistas el proyecto es rentable, al analizarlo como un todo éste es mucho menos atractivo que el estudiado en el supuesto 1, debido también al cargo de impuestos causados por el componente de la tarifa que representa la amortización de los créditos.

El análisis anterior aconseja que se seleccione el Supuesto 1, ya que además de ser el que arroja el valor presente mayor, su comportamiento financiero es también más aceptable. En el siguiente cuadro se muestran ambos supuestos sumalizando los resultados principales a fin de confirmar el juicio hecho al inicio de este párrafo.

Concepto	Unidad	Supuesto 1	Supuesto 2
Inversión Total	miles de \$	43,532.34	55,624.69
Intereses y Comisiones capitalizados	miles de \$	2,111.63	2,698.19
Capital Social	miles de \$	4,136.70	5,285.80
Financiamiento de fuentes Comerciales	miles de \$	31,950.80	40,826.02
Deuda Subordinada	miles de \$	9,585.24	12,247.81
Tarifa Total	\$/m ³	0.8168	0.7846
T.I.R. Accionistas	%	10.00	10.00
V.P.N. de Flujos Netos	miles de \$	1,223.91	1,097.91
V.P.N. Deuda Subordinada	miles de \$	1,214.20	1,551.48
Margen de Construcción Recuperado	miles de \$	11,124.94	0.00
Tasa Verdadera de Rendimiento	%	18.85	5.54

Concepto	Unidad	Supuesto 1	Supuesto 2
Relación Costo - Beneficio Accionistas	-	3 9852	1 2150
T.I.R. Proyecto	%	4.87	1.36
Costo de Capital	%	4.96	4.96
V.P.N. Proyecto	miles de \$	(230.26)	(10,914.4)
Relación Costo - Beneficio Proyecto	-	0.9949	0.8038
Margen Final Sobre T ₂	%	54.26	37.82
Margen Final Sobre T ₃	%	10.00	10.00

Si bien la tabla anterior muestra que ambos supuestos son satisfactorios para los accionistas del proyecto, se seleccionará al Supuesto 1 para ser optimizado en el siguiente capítulo por las siguientes razones principales:

- Mayor Valor Presente Neto para los Accionistas
- Condiciones Contables de la Empresa
- Recuperación del Margen de Construcción al término de la Concesión.

El último punto de los arriba mencionados proporciona una ventaja adicional al organismo licitador, y se refiere a que dado que los accionistas de la Empresa de Proyecto no pueden cobrar su margen al inicio, deberán poner una especial atención en el funcionamiento de la planta para que puedan recuperarlo en el futuro, de otra manera cualquier problema podría causar que las empresas abandonaran el proyecto cuando éste se encuentre en etapa de operación.

En el siguiente capítulo se optimizará el supuesto seleccionado a fin de minimizar la tarifa maximizando el beneficio de los accionistas. De igual forma, se sensibilizarán las principales variables a fin de identificar claramente el impacto que cada una de ellas tiene sobre la tarifa del servicio concesionado.

VII.- ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

VII.1.- INTRODUCCIÓN

En el capítulo anterior se concluyó que el Supuesto 1 es el más adecuado para el Proyecto de Coatzacoalcos, debido en primer lugar al V.P.N. obtenido en las simulaciones y en segundo, a que podría ser benéfico para el proyecto que los participantes en la compañía no cobren su utilidad de construcción al inicio, obligándolos a mantener el proyecto en óptimas condiciones hasta el último día de la concesión, ya que es hasta ese momento, cuando recibirán los frutos del proyecto.

Al mismo tiempo se dijo que era susceptible de ser optimizado desde el punto de vista financiero, básicamente por que se encontró que el plazo seleccionado para el pago del Crédito Comercial no era el óptimo.

En este capítulo se buscará mejorar el modelo seleccionado, a fin de obtener una buena tarifa para ofrecer al gobierno licitante maximizando, o al menos manteniendo, la rentabilidad del proyecto. Posteriormente, y en caso de que sea necesario, se buscará la estructura de capital adecuada que permita al proyecto tener una rentabilidad al menos, semejante a su costo de capital. Por último, se analizarán las diferentes variables y se verá cómo impactan tanto en la tarifa del servicio concesionado, como en la rentabilidad de los accionistas.

VII.2.- PLAZO DE LOS CRÉDITOS

El plazo seleccionado para pagar el Crédito Comercial era de 10 años incluidos 2 años de Gracia para el pago del principal, encontrándose que el proyecto era capaz de pagar anticipadamente evitando así un costo financiero innecesario. La metodología para encontrar un plazo más adecuado fué iterativo seleccionando diferentes plazos hasta encontrar aquel que proporcionara el Valor Presente Neto más alto y la tarifa más baja. Si bien es cierto que existen infinidad de posibilidades, el comportamiento anual de la tarifa es muy diferente con cada una de

ellas, por lo que se deberán favorecer esquemas en los que la tarifa promedio no sobrepase 1.00 $\$/m^3$ (\$ 4.50 pesos por mes y por persona) ya que esto ocasionaría que el pago mensual por concepto de tratamiento de agua rebase por mucho un día de salario mínimo de la región. A continuación se muestran de manera resumida los resultados obtenidos en cada uno de los plazos seleccionados.

A. Plazo del Crédito:	10 años incluidos 2 años de Gracia
Plazo Deuda Subordinada:	10 años incluidos 5 de Gracia
V.P.N. Flujos Netos:	\$12,348.85
V.P.N. Deuda Subordinada:	\$1,214.20
Tarifa Promedio:	0.8168 $\$/m^3$
V.P.N. Flujos Operativos:	\$ (230.26)

B. Plazo del Crédito:	10 años sin periodo de Gracia
Plazo Deuda Subordinada:	10 años incluidos 5 de Gracia
V.P.N. Flujos Netos	\$12,282.63
V.P.N. Deuda Subordinada:	\$1,214.20
Tarifa Promedio:	0.8000 $\$/m^3$
V.P.N. Flujos Operativos:	\$872.50

C. Plazo del Crédito:	8 años sin periodo de Gracia
Plazo Deuda Subordinada:	10 años incluidos 5 de Gracia
V.P.N. Flujos Netos:	\$12,295.44
V.P.N. Deuda Subordinada:	\$1,214.20
Tarifa Promedio:	0.7905 $\$/m^3$
V.P.N. Flujos Operativos:	\$1,908.22

D. Plazo del Crédito:	6 años sin periodo de Gracia
Plazo Deuda Subordinada:	10 años incluidos 5 de Gracia
V.P.N. Flujos Netos:	\$12,820.00
V.P.N. Deuda Subordinada:	\$1,214.20
Tarifa Promedio:	0.7882 \$/m ³
V.P.N. Flujos Operativos:	\$3,480.00

De seguir recortando el plazo del Crédito Comercial, la tarifa a aplicar durante el primer año de la concesión superaría la barrera impuesta arbitrariamente de 1.00 \$/m³, por lo que la siguiente variable a ajustar es el plazo de la deuda subordinada manteniendo el mismo objetivo inicial; es decir, una tarifa mínima con un Valor Presente Neto Máximo, con la restricción de no rebasar la barrera antes mencionada en ningún periodo. El resultado obtenido es el siguiente:

E. Plazo del Crédito:	6 años sin Plazo de Gracia
Plazo de Deuda Subordinada	10 años incluidos 8 de Gracia
V.P.N. Flujos Netos:	\$12,596.82
V.P.N. Deuda Subordinada:	\$1,560.17
Tarifa Promedio:	0.7955 \$/m ³
V.P.N. Flujos Operativos:	\$3,033.48

Aplicando estos plazos la rentabilidad de los accionistas disminuye con respecto al supuesto anterior y la tarifa promedio se ve obligada a aumentar. Sin embargo, y en términos generales, se puede observar por un lado que mientras más pronto se paguen los créditos menor será la tarifa; y por el otro, que el V.P.N. de la Deuda Subordinada sufre el efecto contrario, mientras más tarde se pague, mayor será el producto obtenido de este capital. La situación anterior se puede aprovechar con esquemas de pagos crecientes (o decrecientes según sea el caso). Adicionalmente y a fin de forzar a la tarifa a mantenerse en niveles adecuados, las

amortizaciones de la Deuda Subordinada no se tomarán en cuenta para el cálculo de la T_1 , procurando obtener la recuperación de los flujos operativos. Aplicando las conclusiones anteriores se obtienen los siguientes resultados:

F. Plazo del Crédito:	10 años sin Plazo de Gracia (Pagos Decrecientes)
Plazo de Deuda Subordinada	10 años incluidos 8 de Gracia
V.P.N. Flujos Netos:	\$11,408.62
V.P.N. Deuda Subordinada:	\$1,560.17
Tarifa Promedio:	0.7714 \$/m ³
V.P.N. Flujos Operativos:	\$1,468.42

Bajo este último esquema de pagos, tanto el V.P.N. de los flujos netos, como la tarifa disminuyen substancialmente, situación que se debería considerar en caso de que exista una fuerte competencia por ganar la concesión, lo que no ocurre aquí.

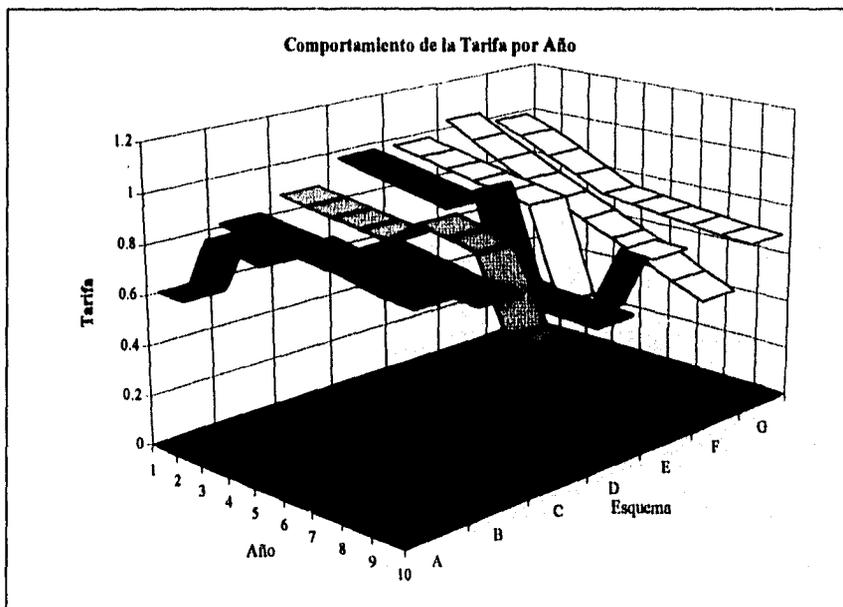
Se puede decir que se ha acotado el esquema a aplicar; la primera cota se refiere a utilizar el sistema de pagos decrecientes ya que se disminuye sensiblemente la tarifa total; sin embargo, la rentabilidad del accionista baja dado que se producen flujos negativos hacia el final de la concesión, derivados de las amortizaciones de la deuda subordinada, misma que no se ha tomado en cuenta para el cálculo de la T_1 ; se deberá suavizar entonces, la amortización de esta deuda tal vez con más plazo o con pagos crecientes. La segunda cota se relaciona con el V.P.N. máximo obtenido hasta ahora (\$ 14.1 millones en el esquema "E" sumando V.P.N. de flujos netos y V.P.N. de Deuda Subordinada), mismo que debe mantenerse como piso ya que de cualquier otra forma lo lógico sería emplear ese esquema.

Haciendo caso de las cotas establecidas, se modificarán el plazo de pago a la Deuda Subordinada y se buscará un V.P.N. mayor al establecido para obtener la tarifa del agua tratada. Los resultados obtenidos son los siguientes:

G. Plazo del Crédito:	10 años sin Plazo de Gracia (Pagos Decrecientes)
Plazo de Deuda Subordinada	10 años incluidos 5 de Gracia (Pagos crecientes)
V.P.N. Flujos Netos:	\$12,847.98
V.P.N. Deuda Subordinada:	\$1,368.70
Tarifa Promedio:	0.7956 \$/m ³
V.P.N. Proyecto:	\$2,805.84

Los resultados de la simulación muestran que se ha mejorado el V.P.N. combinado para los accionistas en un 5% con respecto a los resultados del Capítulo anterior, y se ha disminuido la tarifa promedio en un 2.6% también en relación a esos resultados. Se tomará como válido este esquema dado que se ha mejorado el rendimiento del escenario "E" con la misma tarifa prácticamente.

El comportamiento por año de la tarifa se muestra en la siguiente gráfica:



Como se puede observar los primeros cinco esquemas considerados presentan incrementos a la tarifa durante la concesión; lo anterior, en adición a que son los esquemas más caros y que menor V.P.N. reportan, podría derivar hasta en un problema político, ya que a nadie le gustaría sufrir incrementos periódicos en su factura de agua (políticamente es mejor prometer que cada año se cobrará menos y cumplirlo). Los principales indicadores de rentabilidad para el esquema "G" se muestran en el siguiente cuadro:

Concepto	Unidad	Valor
Tarifa por Financiamiento T1	\$/m3	0.3573
Tarifa por Costos Fijos de Operación T2	\$/m3	0.3298
Tarifa por Costos Variables de Operación T3	\$/m3	0.1085
Tarifa Total T	\$/m3	0.7956
T.I.R. Accionistas	%	42.52
V.P.N. Capital Social	miles de \$	1,723.04
Rendimiento Real de Accionistas	%	19.20
Relación Costo - Beneficio Accionistas	-	4.1058
Costo de Capital Proyecto	%	4.96
V.P.N. Proyecto	miles de \$	2,805.84
T.I.R. Proyecto	%	6.25
Relación Costo - Beneficio Proyecto	-	1.0610

Del cuadro anterior se puede advertir que el hecho de pagar desde un inicio los créditos contratados, le proporciona mayores flujos de operación mejorando el desempeño financiero del proyecto como un todo. Adicionalmente, se puede concluir que la estructura financiera de la empresa es adecuada con este esquema de pagos, por lo que no fue necesario cambiarla. Los estados financieros correspondientes al esquema que conservaremos para hacer futuros análisis de las variables (esquema "G") se muestran a continuación.

PREMISAS	PROYECTADOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Información al Año:										
Caudal de Agua (m ³ /año)	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46	15,778.46
Tarifa s/ Financiamiento T ₁	0.54376	0.50089	0.43893	0.37957	0.32280	0.30697	0.29128	0.27574	0.26035	0.25314
C.F. de Operación T ₂	0.32970	0.32970	0.32970	0.32970	0.32970	0.32970	0.32970	0.32970	0.32970	0.32970
C.V. de Operación T ₃	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858	0.10858
INGRESO ANUAL	15,495	14,819	13,841	12,904	12,009	11,759	11,511	11,266	11,023	10,910

ESTADO DE RESULTADOS	PROYECTADOS																			
	1	%	2	%	3	%	4	%	5	%	6	%	7	%	8	%	9	%	10	%
Información al año:																				
Meses de Operación	12		12		12		12		12		12		12		12		12		12	
Ventas Netas	15,495	100	14,819	100	13,841	100	12,904	100	12,009	100	11,759	100	11,511	100	11,266	100	11,023	100	10,910	100
(-) Costo de Ventas	1,542	10	1,542	10	1,542	11	1,542	12	1,542	13	1,542	13	1,542	13	1,542	14	1,542	14	1,542	14
(=) Utilidad Bruta	13,953	90	13,277	90	12,299	89	11,362	88	10,467	87	10,217	87	9,969	87	9,724	86	9,481	86	9,368	86
(-) Gastos de Operación	2,582	17	2,582	17	2,582	19	2,582	20	2,582	21	2,582	22	2,582	22	2,582	23	2,582	23	2,582	24
(-) Depreciación	4,353	28	4,353	29	4,353	31	4,353	34	4,353	26	4,353	37	4,353	38	4,353	39	4,353	39	4,353	40
(-) Costo Integral de Fto.	2,422	16	2,053	14	1,726	12	1,439	11	1,193	10	950	8	709	6	470	4	234	2	127	1
(+) Otros Gastos (Prods.)	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
(=) Ut. Antes de ISR	4,596	30	4,288	29	3,639	26	2,989	23	2,339	19	2,332	20	2,326	20	2,319	21	2,313	21	2,306	21
(-) I.S.R. y P.T.U.	2,022	13	1,887	13	1,601	12	1,315	10	1,029	9	1,026	9	1,023	9	1,020	9	1,018	9	1,015	9
(=) UTILIDAD NETA	2,574	17	2,402	16	2,038	15	1,674	13	1,310	11	1,306	11	1,302	11	1,299	12	1,295	12	1,291	12
Prom. Mensual de Ventas	1,291		1,235		1,153		1,075		1,001		980		959		939		919		909	
Ints. Crédito Bancario	1,843		1,474		1,147		860		614		409		246		123		41		22	
Ints. Deuda Subordinada	579		579		579		579		579		541		463		347		193		105	
Otros Gastos Financieros																				
Costo Integral de Fto.	2,422		2,053		1,726		1,439		1,193		950		709		470		234		127	

INDICADORES FINANCIEROS	PROYECTADOS									
INFORMACIÓN AL AÑO:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Liquidez (AC/PC)	n/a	0.65	1.22	2.05	2.68	3.28	3.85	4.38	4.88	n/a
Apalancamiento (PT/CC)	5.36	3.37	2.33	1.71	1.30	0.96	0.67	0.42	0.20	0.00
Rentabilidad (UN/CC)	0.38	0.26	0.18	0.13	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06
Margen de Prod. (UO/VN)	0.45	0.43	0.39	0.34	0.29	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22
Cobertura de Intereses	7.11	7.89	8.53	9.25	10.01	12.18	15.79	23.01	44.68	81.12
Cobertura de Deuda	1.15	1.23	1.30	1.39	1.52	1.79	2.21	2.93	4.44	8.74
Capital de Trabajo Neto (AC-PC)	(3,944)	(1,627)	912	3,672	3,010	8,285	10,498	12,650	14,738	20,626

FLUJO DE EFECTIVO	PROYECTADOS									
INFORMACIÓN AL AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS										
Utilidad (Pérdida) Neta	2,574	2,402	2,038	1,674	1,310	1,306	1,302	1,299	1,295	1,291
Depreciación	4,353	4,353	4,353	4,353	4,353	4,353	4,353	4,353	4,353	4,353
Gastos Preoperativos	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243
Crédito Bancario										
INGRESOS TOTALES	7,170	6,998	6,634	6,270	5,906	5,902	5,899	5,895	5,891	5,888
FLUJO DE OPERACION	7,170	6,998	6,634	6,270	5,906	5,902	5,899	5,895	5,891	5,888
Amortización Deuda Bancaria	5,850	5,265	4,680	4,095	3,510	2,925	2,340	1,755	1,170	585
Amortización Deuda Sub.						643	1,287	1,930	2,574	3,217
FLUJO NETO DEL PERIODO	1,320	1,733	1,954	2,175	2,396	2,334	2,272	2,210	2,147	2,085
SALDO INICIAL DE CAJA	-	1,320	3,053	5,007	7,182	9,578	11,912	14,184	16,394	18,541
SALDO FINAL DE CAJA	1,320	3,053	5,007	7,182	9,578	11,912	14,184	16,394	18,541	20,626

BALANCE GENERAL	PROYECTADOS									
INFORMACION AL AÑO:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACTIVO CIRCULANTE										
Caja y Bancos	13	31	50	72	96	119	142	164	185	206
Inversiones Temporales	1,307	3,023	4,957	7,111	9,483	11,793	14,042	16,230	18,356	20,420
Otros Circulantes										
Suma Activo Circulante	1,320	3,053	5,007	7,182	9,578	11,912	14,184	16,394	18,541	20,626
ACTIVO FIJO										
Planta y Equipo Histórico	43,532	43,532	43,532	43,532	43,532	43,532	43,532	43,532	43,532	43,532
Depreciación Acumulada	(4,353)	(8,706)	(13,060)	(17,413)	(21,766)	(26,119)	(30,473)	(34,826)	(39,179)	(43,532)
Suma Activo Fijo	39,179	34,826	30,473	26,119	21,766	17,413	13,060	8,706	4,353	-
OTROS ACTIVOS										
Gastos Preoperativos	2,188	1,945	1,702	1,459	1,216	972	729	486	243	-
Total Otros Activos	2,188	1,945	1,702	1,459	1,216	972	729	486	243	-
ACTIVO TOTAL	42,688	39,824	37,182	34,761	32,560	30,298	27,973	25,586	23,137	20,626
PASIVO CIRCULANTE										
Prestamos Bancarios C.P.										
P. Circulante Pasivo L.P.	5,265	4,680	4,095	3,510	3,568	3,627	3,685	3,744	3,802	-
Suma Pasivo Circulante	5,265	4,680	4,095	3,510	3,568	3,627	3,685	3,744	3,802	-
PASIVO A LARGO PLAZO										
Crédito Bancario	21,060	16,380	12,285	8,775	5,850	3,510	1,755	585	-	-
Deuda Subordinada	9,652	9,652	9,652	9,652	9,009	7,722	5,791	3,217	-	-
Suma Pasivo Fijo	30,712	26,032	21,937	18,427	14,859	11,232	7,546	3,802	-	-
PASIVO TOTAL	35,977	30,712	26,032	21,937	18,427	14,859	11,232	7,546	3,802	-
CAPITAL										
Capital Social	4,137	4,137	4,137	4,137	4,137	4,137	4,137	4,137	4,137	4,137
Reservas	257	498	701	869	1,000	1,130	1,260	1,390	1,520	1,649
Utilidades Acumuladas	-	2,317	4,478	6,312	7,818	8,997	10,172	11,344	12,513	13,678
Utilidad del Ejercicio	2,317	2,161	1,834	1,506	1,179	1,175	1,172	1,169	1,166	1,162
CAPITAL CONTABLE	6,711	9,112	11,150	12,823	14,133	15,439	16,741	18,040	19,335	20,626
SUMA PASIVO Y CAPITAL	42,688	39,824	37,182	34,761	32,560	30,298	27,973	25,856	23,137	20,626

Considerando bajo este esquema el aporte específico de agua residual por habitante en Coatzacoalcos equivalente a 150.7 l/d (4.52 m³/mes), el componente de la tarifa total de agua correspondiente al tratamiento que se debe repercutir en las facturas de cada usuario sería de \$ 3.59 en promedio, considerando la misma familia de cinco miembros ésta pagaría \$17.98 mensuales.

En materia de resultados, la empresa se comporta muy bien bajo este esquema. A diferencia del supuesto I en que durante los dos primeros ejercicios la empresa se ubicaba en quiebra técnica, en este caso no ocurre tal situación dado que se generan utilidades desde el inicio. Los índices financieros de Cobertura de Intereses y Cobertura de Deuda, ya explicados con anterioridad, se observan mucho más adecuados que en el supuesto I como consecuencia de los esquemas de pagos crecientes y decrecientes. El Capital de Trabajo Neto, también derivado de los pagos decrecientes considerados para el Crédito Comercial, es negativo los primeros dos años en análisis, debido a que las Porciones Circulantes del Crédito Comercial¹⁰ son muy elevadas en esos años; lo anterior, podría poner en problemas a la empresa en caso de que el organismo licitador se retrasara en el pago del servicio.

En cuanto a la generación de efectivo, la principal fuente de recursos durante la vida del proyecto sigue siendo la depreciación; lo anterior, como ya se mencionó, derivado de que la planta, en apego a las leyes vigentes, se deprecia totalmente en la vida de la concesión; sin embargo, la generación de utilidades es mucho mejor cada año.

Dentro del Balance General se sigue observando que por un lado la empresa cuenta con muchos recursos a corto plazo y por el otro, tiene obligaciones con Bancos; sin embargo, esta situación es imposible de evitar si hemos fijado un retorno mínimo para los accionistas

Como se puede observar, este esquema se comporta mejor para todas las partes involucradas, por lo que se puede decir que el objetivo de mejorar financieramente el comportamiento del proyecto se ha logrado.

¹⁰ Se llama Porción Circulante a la parte de los créditos a largo plazo que debe ser liquidada el siguiente ejercicio.

VII.3.- DEUDA SUBORDINADA

VII.3.1.- Introducción

Una variable que juega un papel esencial en el desarrollo de cualquier proyecto, es la porción de los recursos necesarios para realizar el proyecto que como Deuda, los futuros accionistas aportarán a la empresa. Está "Deuda" comúnmente se le denomina "Deuda Subordinada" por estar sujeta al pago de la deuda principal (Crédito Comercial o Deuda Senior). Dado que no es posible retirar o cobrar esos recursos por razones que van desde cláusulas en un contrato hasta conveniencia de los accionistas, también se le conoce como Cuasicapital.

La Deuda Subordinada presenta varias ventajas hacia los accionistas, entre las que destacan la posibilidad de cobrar por concepto de esta deuda intereses, que si bien son gravables, al liquidar la suma principal a los accionistas, ésta es libre de todo gravamen, situación que no ocurre con los dividendos en caso de retirar esta suma del Capital Social de la empresa y de las Utilidades Acumuladas que se gravan completamente.

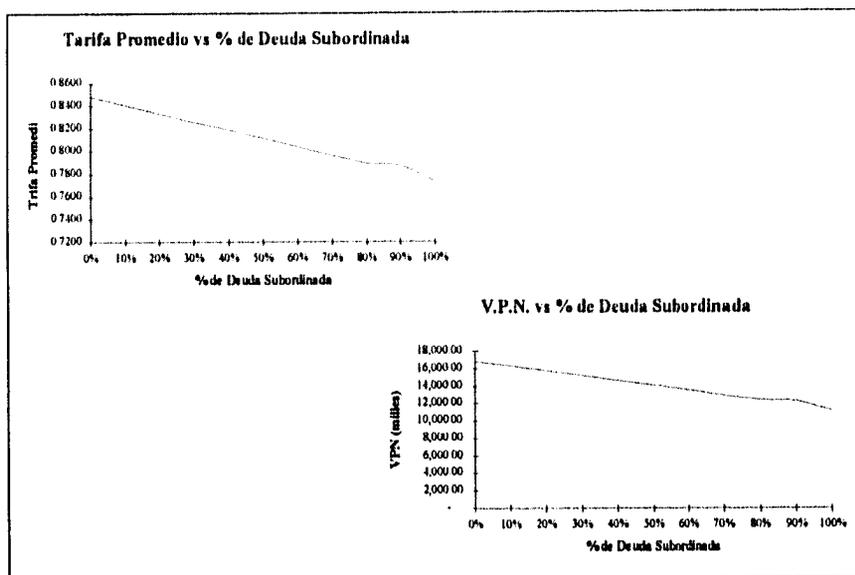
Para el proyecto resulta benéfico debido a que el costo de la Deuda Subordinada es menor que el costo del Capital, situación que redundará en tarifas o precios de venta más bajos.

En el proyecto de Coatzacoalcos se ha considerado una Deuda Subordinada equivalente al 70% de los recursos aportados por los accionistas y que, debido a su mayor proporción, disminuyen el costo global de la estructura de capital. En este apartado se analizará el impacto que tiene la proporción entre Deuda Subordinada y Capital en la tarifa y el V.P.N. de la inversión de los accionistas, sin olvidar las imposiciones expuestas en el apartado anterior acerca de la tarifa.

VII.3.2.- Impacto de la Deuda Subordinada en el Proyecto

A fin de evaluar el impacto de la proporción de Deuda Subordinada y Capital en el proyecto, se tomó el esquema obtenido en este capítulo siendo esta proporción la variable

independiente y la tarifa del servicio y el Valor Presente Neto de los Flujos Netos y de la misma Deuda Subordinada las variables dependientes. En las siguientes gráficas se muestran los resultados obtenidos.



Como se puede observar, el hecho de aumentar la proporción de la Deuda Subordinada en la estructura de capital, hace que tanto la tarifa como el V.P.N. de los combinados descienda. Lo anterior se explica por la diferencia entre Costos; dado que el capital es más caro que cualquier deuda, al bajar la proporción del mismo se le está pidiendo de antemano al proyecto un menor rendimiento, situación que también se ve reflejada en la tarifa.

El porcentaje de Deuda Subordinada a emplear en un proyecto determinado depende de un buen número de factores que van desde intereses de los accionistas, hasta disponibilidad de recursos; esto último es más común de lo que parece, ya que en muchas ocasiones los accionistas no cuentan con porcentaje mínimo de participación para construir el proyecto y se ven en la

necesidad de conseguir recursos adicionales a través de préstamos para posteriormente aportarlos al proyecto.

Otra partida que se ve afectada por el porcentaje de Deuda Subordinada es el Costo del Capital del Proyecto; se puede inferir directamente que al disminuir la proporción de Capital Social en la empresa, los flujos requeridos para satisfacer su costo serán menores, y por lo tanto el V.P.N. de los flujos operativos será también menor, aún cuando el costo de capital también disminuya. En este caso, a diferencia de un proyecto industrial por ejemplo, el precio de venta del producto varía directamente con la estructura de capital empleada, ya que así lo estipulan las bases originales; sin embargo, en un proyecto en el que el precio de venta del producto depende del mercado, el V.P.N. de los flujos operativos tenderá a aumentar a medida que se aumenta la proporción de deuda subordinada en la estructura total del Capital.

Con lo anterior se pueden constatar las bondades de incluir una porción de la inversión como Deuda subordinada. En el caso de Coatzacoalcos se observa que el 70% fijado para la Deuda Subordinada se comporta muy bien; primero, permite mantener una empresa sana tanto desde el punto de vista contable como de generación de efectivo y después, proporciona a los accionistas un retorno muy interesante a su inversión.

VII.4.- COSTOS DE INSUMOS

Los insumos requeridos para la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento tienen también un impacto, aunque menor, dentro de la tarifa del agua tratada. El Organismo Licitador ha entregado fórmulas escalatorias de la tarifa en función del costo y del porcentaje de participación que en ella tienen los mismos; sin embargo, se puede mejorar más el desempeño financiero del proyecto manejando las formas de pago a los proveedores mediante la celebración de contratos de suministro a largo plazo, y negociando plazos de pago de digamos 90 días; de hacer ésto, se tiene el beneficio financiero de cobrar mensualmente cuando la mayoría de los insumos se pagan trimestralmente, en otras palabras, la compañía operadora habrá cobrado tres

veces los suministros de reactivos al momento de pagar la primera carga. A simple vista se pueden ver que el lograr acuerdos de este estilo con los proveedores beneficiaría el capital de trabajo de la empresa ya que los proveedores soportarían casi todo el ciclo financiero de la empresa, permitiéndole de igual forma, obtener algunos productos financieros adicionales.

Hasta este momento, se ha planteado la necesidad de tratamiento de agua que tiene la Ciudad de Coatzacoalcos; se ha desarrollado el tren de tratamiento y buscado la tecnología que satisfacen esa necesidad; se valuó el proyecto y se buscó la manera de financiarlo SIN recursos del Gobierno; se mejoró el desempeño financiero del proyecto y finalmente, se revisó el impacto que las principales variables tienen en la rentabilidad del proyecto. El paso siguiente dentro de este análisis es hacer algunas consideraciones adicionales sobre el proyecto como un todo, expresar factores a favor y en contra y finalmente comparar contra casos reales tanto en México como en otras partes del Mundo, a fin de emitir un juicio al respecto de los proyectos B.O.T.

VIII.- OTRAS CONSIDERACIONES SOBRE EL B.O.T.

Para hacer de un proyecto B.O.T. algo factible, es necesario que se den ciertas condiciones especiales a los proyectos comúnmente manejados, o bien que se ponga especial atención en ciertos factores que podrían poner en riesgo el éxito del proyecto. Estas condiciones se pueden resumir en: Condiciones Legales, Localización de Riesgos y Ambiente Económico.

VIII.1 CONDICIONES LEGALES

Desde el punto de vista legal el artículo 28 constitucional establece: *"El Estado sujetándose a las leyes podrá, en casos de interés general, concesionar la prestación de servicios públicos o la explotación, uso y aprovechamiento de bienes del dominio de la Federación"*. Lo mismo se establece para la competencia de los gobiernos de los estados y en la mayoría de los casos de los propios municipios, en función por supuesto de las leyes locales y federales (artículo 115 constitucional), en donde se define la competencia y obligatoriedad por parte de las instancias municipales, estatales o federales para proporcionar los servicios públicos a la sociedad. De estas leyes también se desprende, o se supone, la competencia y las condiciones para que las autoridades otorguen las concesiones correspondientes.

La experiencia de las empresas que han recibido obras de infraestructura en concesión recientemente, muestra la necesidad de perfeccionar el marco legal de las concesiones en nuestro país (y en muchos otros en Latinoamérica) haciéndolo muy específico, y no dejarlo a la interpretación de los involucrados. El hecho de que este tipo de esquemas financieros no cuenten con un marco legal apropiado, trae como consecuencia que etapas del proyecto que debieran ser rápidas y sencillas se compliquen hasta el grado de que el proyecto no se ejecute; por mencionar alguna, la incertidumbre legal desorienta a las instituciones financieras que en un

VIII.- OTRAS CONSIDERACIONES SOBRE EL B.O.T.

Para hacer de un proyecto B.O.T. algo factible, es necesario que se den ciertas condiciones especiales a los proyectos comúnmente manejados, o bien que se ponga especial atención en ciertos factores que podrían poner en riesgo el éxito del proyecto. Estas condiciones se pueden resumir en: Condiciones Legales, Localización de Riesgos y Ambiente Económico.

VIII.1 CONDICIONES LEGALES

Desde el punto de vista legal el artículo 28 constitucional establece: *"El Estado sujetándose a las leyes podrá, en casos de interés general, concesionar la prestación de servicios públicos o la explotación, uso y aprovechamiento de bienes del dominio de la Federación"*. Lo mismo se establece para la competencia de los gobiernos de los estados y en la mayoría de los casos de los propios municipios, en función por supuesto de las leyes locales y federales (artículo 115 constitucional), en donde se define la competencia y obligatoriedad por parte de las instancias municipales, estatales o federales para proporcionar los servicios públicos a la sociedad. De estas leyes también se desprende, o se supone, la competencia y las condiciones para que las autoridades otorguen las concesiones correspondientes.

La experiencia de las empresas que han recibido obras de infraestructura en concesión recientemente, muestra la necesidad de perfeccionar el marco legal de las concesiones en nuestro país (y en muchos otros en Latinoamérica) haciéndolo muy específico, y no dejarlo a la interpretación de los involucrados. El hecho de que este tipo de esquemas financieros no cuenten con un marco legal apropiado, trae como consecuencia que etapas del proyecto que debieran ser rápidas y sencillas se compliquen hasta el grado de que el proyecto no se ejecute; por mencionar alguna, la incertidumbre legal desorienta a las instituciones financieras que en un

momento dado podrían proveer los recursos necesarios para la ejecución del proyecto, por lo que cada vez más se niegan en participar en proyectos B O T

El apoyo de los Gobiernos es esencial y tan variado como el proyecto lo demande, pudiendo empezar en apoyos burocráticos en cuanto se requieran; adicionalmente, el gobierno debe participar en las negociaciones enviando personal con la suficiente jerarquía como para poder obligar a sus gobiernos en los acuerdos que se tomen, de otra forma, y si una ratificación es necesaria después de cada junta, el tiempo y dinero demandado para terminar el proyecto podrían ser en exceso elevados en demérito del proyecto.

Hay también una amplia gama de apoyos legislativos y fiscales que el gobierno debería estar preparado para otorgar al proyecto. En la parte legal hemos visto que es necesario hacer más específicas y claras las leyes; en el área fiscal, debería evaluar la posibilidad de incluir a los proyectos B.O.T. dentro de un régimen especial. Algunas de las características estándar de estos regímenes son modificaciones a los impuestos por ingresos y a los impuestos por intereses pagados a instituciones extranjeras, suavizar la política de dividendos, etc. La razón que justifica el proporcionar tales beneficios, es que los accionistas de cualquier proyecto podrían obtener la recuperación de la inversión en la parte no pagada de impuestos; cualquier impuesto pagado, únicamente incrementaría el costo del servicio concesionado siendo éste normalmente pagado por el gobierno directamente (aún cuando lo repercute a alguien).

En general, en gran medida está en manos del gobierno que el costo del servicio concesionado sea el menor posible, ya que con los apoyos y la minimización de incertidumbres y riesgos es como los accionistas y las instituciones financieras disminuirán el costo de los capitales invertidos en el proyecto.

VIII.2.- LOCALIZACIÓN DE RIESGOS

El esquema B.O.T., como cualquier proyecto Llave en Mano, encierra por sí mismo un buen número de riesgos y que debido al financiamiento empleado en estos proyectos, es

necesario ubicarlos lo mejor posible para aumentar las posibilidades de éxito. A continuación se describen brevemente algunos de estos riesgos

- Riesgo de Cumplimiento: El riesgo de que el Proyecto sea terminado, arrancado a tiempo, y con el precio acordado normalmente es cubierto por el contratista dentro de su precio, y en los contratos respectivos se fijan penas convencionales en caso de retrasos. Sin embargo, en el caso de los proyectos B.O.T., cualquier retraso en el arranque del proyecto es un atraso en la generación de efectivo para el pago de los créditos, por lo que algunas instituciones de crédito piden al gobierno líneas de crédito en Stand-By para que la deuda principal se pueda servir adecuadamente desde un inicio.
- Riesgos de Operación y Funcionamiento: El riesgo de que el proyecto no se comporte como se había esperado, normalmente es cubierto a través de garantías otorgadas por la Compañía de Proyecto. Estas garantías pueden ser contractuales y van desde seguros de funcionamiento hasta aportaciones en efectivo de los accionistas; normalmente son las instituciones financieras las que solicitan esta clase de garantías debido a que en caso de que el proyecto no opere correctamente, la tarifa no es cubierta por parte del Gobierno y por lo tanto, la deuda principal no se puede servir ni pagar. En algunos casos se ha solicitado al gobierno que cubra el componente de la tarifa correspondiente a los financiamientos, independientemente de si la planta opera correctamente.
- Riesgos de Inflación y Tipo de Cambio: Tanto los accionistas como las Instituciones extranjeras que presten recursos a un proyecto B.O.T. en un país en vías de desarrollo se preocuparán por riesgos asociados con el tipo de cambio y la inflación. Estos inversionistas argumentarán que tales riesgos se encuentran fuera de su control y deberían ser absoluta responsabilidad del gobierno. En un proyecto B.O.T. típico los beneficios potenciales de Instituciones Financieras y accionistas, no serán nunca lo suficientemente grandes para que

estas entidades asuman estos riesgos. Los inversionistas locales buscarán indexar la tarifa a la inflación, y los extranjeros buscarán que se les compense tanto por la inflación como por el tipo de cambio. Este riesgo es tal vez el más delicado y el que más tiempo demanda para ser acordado entre las partes involucradas en un B.O.T.

Como se puede observar estos riesgos no divergen mucho de los que normalmente se encuentran en todos los proyectos; sin embargo, las elevadas inversiones necesarias para crear infraestructura y el gran número de partes involucradas hacen que estos riesgos tomen dimensiones insospechadas, redundando cada uno de ellos en elevaciones en la tarifa que podrían derivar en riesgos sociales.

La manera de solucionar cada riesgo dependerá totalmente del proyecto y de los intereses de los participantes, por lo que se podrán encontrar diferentes maneras de cubrir un mismo riesgo.

VIII.3.- AMBIENTE ECONÓMICO

Un proyecto B.O.T. requiere de inversionistas e Instituciones Financieras en alguna proporción. Encontrar a estos inversionistas será más sencillo en países con un sistema financiero bien desarrollado y sólido, con tasas de interés moviéndose en un estrecho margen (no importando que tan altas sean éstas), y lo menos dependiente posible en factores especulativos. Actualmente nuestro país, aunque cuenta con un sistema financiero desarrollado, no cuenta con la solidez requerida para otorgar el dinero demandado por los inversionistas para ejecutar los proyectos; sin embargo, en países como Tailandia, Malasia, Pakistán, Chile, etc. por citar algunos, sus mercados financieros cada vez se encuentran más desarrollados lo que hace posible la realización de proyectos de este estilo. De igual forma los inversionistas pensarán dos veces el involucrarse a largo plazo en un país cuya estabilidad no está razonablemente garantizada.

VIII 4 - COSTO DEL CAPITAL Y FINANCIAMIENTO

El capital¹¹ requerido por un proyecto B.O.T. será claramente más caro que el de una deuda a largo plazo, lo anterior se debe a que los accionistas buscarán compensar el riesgo substancial que corren con el proyecto. Este costo adicional, aunque afecta directamente la tarifa del servicio concesionado, también le brinda cierta seguridad con el colchón que este capital provee al proyecto en caso de excesos en los presupuestos durante la construcción y la operación. Adicionalmente le brinda el beneficio técnico del compromiso a largo plazo de los accionistas por el proyecto.

En el caso de Coatzacoalcos, se fijó la recuperación del capital en 10% en términos reales (aún cuando la inclusión del margen de la construcción pudiera distorsionar la cifra, ésta fue la recuperación considerada), en muchos casos sin embargo, los gobiernos participantes intervienen en la determinación del retorno para los accionistas. En Pakistán¹² por ejemplo, el gobierno ha limitado la recuperación del capital en plantas termoeléctricas a un 18% cuando la planta se utiliza del 60 al 65% de su capacidad, si la planta incrementa su capacidad utilizada hasta el 75% la tasa de recuperación de la inversión se incrementaría proporcionalmente dando como resultado que la tarifa, en el segundo caso se decremente significativamente, así ambas partes se benefician. En la siguiente tabla, obtenida de documentos hechos públicos por el Banco Mundial, se muestran las recuperaciones de algunos proyectos B.O.T.

PAÍS	PROYECTO	RECUPERACIÓN
Pakistán	Generación de Energía	18%
Turquía	Generación de Energía	16%
Malasia	Distribución de Agua	48-20%
Bangkok	Trenes	3-21%

¹¹ Se llamará capital al componente de la Inversión total que los accionistas aportan como Capital Social a la Empresa

¹² Fuente: Policy Research and External Affairs Banco Mundial, Agosto de 1990

Los proyectos de Malasia y Bangkok muestran diferentes recuperaciones en función del año de la concesión en que se encuentren. En México las autoridades han intentado fijar el rendimiento del capital aportado por los accionistas de proyectos concesionados entre un 5 y un 10% real (proyectos carreteros); sin embargo, la crisis por la que han atravesado los proyectos concesionados no ha permitido recuperación real alguna.

Como se puede observar, el proyecto de Coatzacoalcos se encuentra bien ubicado, comparativamente hablando, con otros proyectos de este estilo en el mundo.

En materia de financiamiento para Coatzacoalcos se ha considerado crédito que bien podría ser bancario o bursátil a condiciones que reflejan las de los mercados actuales. Esta es una cuestión que para todos los proyectos de infraestructura, merece un especial tratamiento. Primero, por tratarse de un proyecto cuyo único objetivo es el bienestar social, debería ser considerado como "Riesgo Gobierno" o sin riesgo, lo que se reflejaría en las tasas de interés aplicadas. Sin embargo, y debido a la incertidumbre legal que rodea este tipo de proyectos se consideran como de "Alto Riesgo"; segundo, la incertidumbre que rodea al Sistema Financiero Nacional hace materialmente imposible que tanto la Banca como las Casas de Bolsa obtengan recursos de inversionistas a largo plazo sin pagar una tasa realmente atractiva, lo que afectaría directamente la tarifa del proyecto.

La solución se puede encontrar nuevamente con apoyo real del gobierno. Actualmente México cuenta con tres fuentes de recursos a largo plazo; la primera es el Sistema de Ahorro para el Retiro (S.A.R.), cuyo objetivo principal (reconocido o no) es incrementar el ahorro interno del País y que paga intereses a razón de 4% real. Si estos fondos se encontraran disponibles abiertamente para financiar esta clase de proyectos se podía elevar su rendimiento hasta 5 o 6% real dependiendo del proyecto (o porqué no el mismo 4%), lo que beneficiaría considerablemente la tarifa del servicio concesionado. La segunda fuente de fondeo es el Fondo de Inversión en Infraestructura (FINFRA-BANOBRAS), que opera a través de un fideicomiso del Gobierno Federal en BANOBRAS. El FINFRA fué creado por el Ejecutivo Federal con el objetivo de promover la inversión privada en obras de infraestructura básica con alta

Rentabilidad Social pero cuya rentabilidad privada es menor que el costo de los recursos en los mercados financieros. Básicamente el FINFRA busca maximizar el efecto detonador que los recursos del sector público tienen sobre la inversión privada en infraestructura básica. Los tipos de apoyos otorgados por el FINFRA son: Capital de Riesgo y Capital Subordinado.

Capital de Riesgo

Consiste en la suscripción y exhibición de capital Temporal y Recuperable de acuerdo a la maduración propia de cada proyecto, y con una prelación igual o mayor al capital ordinario aportado por los accionistas. El costo máximo de suscripción del capital por parte del FINFRA será a la par.

Capital Subordinado

Consiste en la suscripción y exhibición de capital por parte del FINFRA en el cual, no se esperaría una rentabilidad financiera durante la vida del proyecto; por ello, las inversiones realizadas por el FINFRA en Capital Subordinado, serán recuperables para el Gobierno Federal, Estatal, Municipal o para el propio FINFRA a más tardar, hasta la reversión del activo financiado cuando así se establezca.

Los criterios de selección para cada uno de los instrumentos de capital son los siguientes:

- Rentabilidad Social para Capital Subordinado.
- Rentabilidad Financiera y Social para Capital de Riesgo.
- Volumen de Inversión Privada inducida para ambos instrumentos.
- Periodo de recuperación de la inversión en Capital de Riesgo y Capital Subordinado.

Es importante recalcar que el FINFRA otorgará recursos únicamente a aquellos proyectos que demuestren tener una alta Rentabilidad Social, por lo que se deberá presentar a BANOBRAS la evaluación del Impacto Social que el proyecto tiene. Para la realización de la Evaluación Social de los proyectos, BANOBRAS cuenta con un centro especializado en este tipo de estudios conocido como CEPEP o Centro Especializado Para la Evaluación de Proyectos.

Una tercera fuente de recursos a largo plazo y a un costo moderado serán las Administradoras de Fondos para el Retiro (AFORES), estas organizaciones destinadas a administrar las aportaciones que los empleados afiliados al I.M.S.S. realicen para su retiro, podría encontrar en los proyectos B.O.T. una Inversión rentable. La ley del I.M.S.S. en su artículo 188 sección séptima establece que: "Las Administradoras de Fondos para el Retiro serán las encargadas de administrar las Sociedades de Inversión especializadas en fondos aportados por los trabajadores. Las Sociedades de Inversión se sujetarán para su constitución, organización, funcionamiento, régimen de inversión, tipo de valores, publicidad, sistemas de comercialización y contabilidad, a lo establecido por la Ley para la Coordinación de los Sistemas de Ahorro para el Retiro." Por otro lado, la Ley para la Coordinación de los Sistemas de Ahorro para el Retiro en su artículo primero crea a la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro, la cual, según el artículo tercero fracción VII tiene las facultades para: "Autorizar la organización y funcionamiento de las sociedades de inversión que administren recursos provenientes de las subcuentas de retiro de las cuentas individuales"; así mismo, en la fracción IX del mismo artículo la CONSAR tiene las facultades para: "Expedir las reglas de carácter general a las que habrán de sujetarse las sociedades de inversión a que se refiere la fracción VII anterior, en cuanto a su organización, recepción de recursos, tipo de instrumentos en los que puedan invertirlos, expedición de estados de cuenta y demás características de sus operaciones". Adicionalmente, la CONSAR contará con un Comité Técnico Consultivo que según el artículo décimo de la misma ley le confiere entre otras, las siguientes facultades: "Emitir opinión a la junta de Gobierno respecto al establecimiento de lineamientos de política sobre el régimen de Inversión de las sociedades de inversión que manejan los recursos de los sistemas de ahorro para el retiro..."

Como se puede observar, existe la posibilidad no solo de que las AFORES financien este tipo de Proyectos sino también el SAR; sin embargo, el trámite se puede predecir largo y costoso para los participantes.

VIII.5.- ARGUMENTOS A FAVOR Y EN CONTRA DEL ESQUEMA B.O.T.

Aún cuando este reporte no pretende dar un juicio concluyente de cuando deben o no emplearse proyectos bajo este esquema, existen un buen número de argumentos en favor del esquema, y por lo menos dos en contra.

Los argumentos a favor son los siguientes:

1. Permite a los Gobiernos que tienen una capacidad de endeudamiento nula o pocos recursos presupuestales, construir los proyectos necesarios para las comunidades que de otra manera no se hubieran construido. Muchos gobiernos promotores del B.O.T. tales como Turquía, Las Filipinas, Pakistán, Malasia y México durante el Salinismo, citan este factor como el principal que ha causado su interés.
2. Otro argumento a favor es la credibilidad que este tipo de esquemas otorga. La voluntad de inversionistas e Instituciones Financieras de tomar el riesgo asociado con un proyecto concesionado y de comprometerse a largo plazo con el proyecto, son empleados como indicadores prácticos de que el proyecto es considerado como viable por expertos. Un buen número de observadores consideran que el sector privado está mejor capacitado para evaluar donde y cuando un proyecto se debe construir que el sector público. Por lo anterior, el esquema B.O.T. debería salvar al gobierno de crear "Elefantes Blancos" que de otra manera podrían ser ejecutados por el sector público.
3. Un tercer argumento normalmente citado en favor del esquema B.O.T. (el cual considero como un corolario del anterior), es que el sector privado con el control y el continuo interés económico en el diseño, la construcción y operación, producirá eficiencias en los costos que beneficiarán al Gobierno.
4. Estos proyectos pueden emplearse como puntos de referencia para el Gobierno, permitiéndoles medir el desempeño de proyectos semejantes construidos y operados por el sector público.

5. El B.O.T. permite la continua transferencia de tecnología hacia el gobierno una vez que el proyecto es transferido, lo que redundará en técnicos gubernamentales más aptos y capaces, a largo plazo, de iniciar un desarrollo tecnológico propio y acorde con la región.
6. Finalmente, si una de las metas políticas o económicas del Gobierno es mover la economía local tanto como sea posible al sector privado, un proyecto B.O.T. estará más acorde que uno financiado y operado por la burocracia del sector público.

El principal argumento en contra del esquema B.O.T. descansa en dos puntos, uno incontrovertible y el segundo abierto a la discusión. Es incontrovertible que los esquemas B.O.T. son muy complicados; consumen mucho tiempo, dinero, paciencia y sofisticación para negociar y concluir algo que rinda frutos. La historia de una planta de generación de electricidad en Turquía, dada a conocer por el Banco Mundial, sugiere que desde el punto de vista del gobierno, que el costo involucrado en un proceso tan consumidor de tiempo, es muy grande. Si un país en vías de desarrollo tiene los recursos presupuestales o la capacidad crediticia necesaria para construir el proyecto como exclusivamente público, sería aconsejable que así lo hiciera sólo por esta razón. De igual forma desde el punto de vista de la iniciativa privada, involucrarse en estos proyectos debe ser considerado como una empresa de alto riesgo.

El segundo punto comúnmente argumentado en contra de estos proyectos es que el costo global en que incurre el gobierno es mucho más elevado que los proyectos tradicionales puramente del sector público. Este argumento es contestado por los promotores del B.O.T. argumentando que el costo global del proyecto es de hecho menor cuando las eficiencias en el diseño y operación del proyecto se toman en cuenta y se comparan contra el costo total de todas las alternativas que el gobierno tiene a la mano.

Todo lo anterior advierte la necesidad de hacer un análisis mucho más elaborado del proyecto cuando se está pensando en realizarlo bajo este esquema, ya que si bien los beneficios pueden ser muchos, los riesgos son también mayores.

IX.- CONCLUSIONES

- 1.- La baja en negocios que las compañías constructoras y fabricantes de equipo han sufrido en los últimos tiempos, así como la imposibilidad de los Gobiernos de países en vías de desarrollo por financiar los proyectos de infraestructura que requieren, han obligado a la invención de nuevos esquemas para realizar estos proyectos. Dentro de los esquemas alternos para el financiamiento de proyectos uno de los más empleados es el B.O.T. o Build, Operate and Transfer (Construye, Opera y Transfiere). En estos proyectos una o varias compañías desarrollan un proyecto (principalmente de infraestructura), consiguen los recursos para ejecutarlo, lo operan durante un tiempo que permita pagar los financiamientos obtenidos así como dar un rendimiento al capital invertido por los accionistas, al final del cual, lo transfieren al gobierno. Este esquema ha sido exitoso en muchos países principalmente los subdesarrollados.
- 2.- Como caso de estudio se tomó Coatzacoalcos, Ver., ciudad que tiene una necesidad de tratamiento de agua equivalente a 500 l/s según las bases de diseño entregadas por el Gobierno del Estado. Estas bases incluyen la calidad del agua a tratar; sin embargo, los datos proporcionados resultan insuficientes, lo que obligó a hacer suposiciones y a realizar cálculos iterativos para verificar los supuestos. Es necesario que los Gobiernos interesados en realizar proyectos de infraestructura, especialmente de tratamiento de agua, realicen mejores estudios previos o bien, se hagan asesorar de compañías especialistas a fin de evitar errores costosos.
- 3.- Se plantearon como objetivos principales para el diseño del proyecto los siguientes:
 - Cumplir con el requerimiento de tratamiento
 - Facilidad de operación

- Modularidad y Flexibilidad para cambios futuros tanto en el caudal, como en la carga de contaminantes del agua
- Confiabilidad Operativa y de Calidad del Tratamiento con el número de equipos adecuado.
- Economía de Operación y Construcción
- Seguridad para los empleados

Tomando en cuenta los criterios anteriores, se llegó a un tren de tratamiento de agua que cumple con cada uno de ellos, y que resuelve desde el punto de vista técnico el problema de Coatzacoalcos. El tren propuesto es el siguiente:

- | | |
|------------------------------|--|
| 1) Desbaste Grueso y Fino | 3) Tratamiento Biológico a Media Carga |
| 2) Desarenado - Desengrasado | 4) Decantación Secundaria |
| 3) Decantación Primaria | 5) Desinfección por Cloración |

El tren seleccionado para el tratamiento de lodos igualmente cumple con los criterios antes señalados, siendo el tren propuesto el siguiente:

- 1) Espesamiento Gravitatorio
- 2) Digestión Aerobia
- 3) Deshidratación por Filtros Banda.

Con este tren de tratamiento la calidad garantizada del agua a la salida de la planta es la siguiente:

Parámetro	Calidad del Influyente	Calidad Solicitada por la C.N.A.	Calidad Garantizada
DBO, (mg/l)	250.00	30	30
DQO (mg/l)	480.00	120	120
S.S.T. (mg/l)	294.27	30	30
Grasas y Aceites (mg/l)	23.00	15	15
S.A.A.M. (mg/l)	11.80	20	11.80
Coliformes Fecales	69.5×10^6	1,000	1,000

Por lo que se cumple con las Condiciones particulares de Descarga fijadas por la C.N.A. para este caso.

- 4.- Con el diseño concluido y la planta debidamente dimensionada, se llevó a cabo la cotización del proyecto arrojando los siguientes resultados:

Caso 1		Caso 2	
Los Participantes no cobran el margen de la construcción al ejecutar la obra, éste se recupera en la etapa de operación.		Los Participantes cobran el margen de la construcción al ejecutar la obra.	
Concepto	Monto	Concepto	Monto
Costo Total	43'532,369.89	Costo Total	55'624,694.85
Margen Considerado	0.00	Margen Considerado	11'124,438.97

Se mantuvieron ambos modelos a fin de verificar, en el análisis financiero la conveniencia de que los participantes cobren o no el margen de la construcción al momento de ejecutar la

obra o bien, se recupere durante la etapa de operación. Lo anterior debido al impacto que esto tiene sobre los financiamientos y por lo tanto sobre la tarifa.

En cuanto a los costos de operación del proyecto, después del análisis se obtuvieron los siguientes:

Costos Fijos Anuales	0.1638 \$/m ³
Costos Variables Anuales	0.1086 \$/m ³

5.- Al término del análisis financiero se obtuvieron los siguientes resultados:

Concepto	Unidad	Supuesto 1	Supuesto 2
Intereses y Comisiones capitalizados	miles de \$	2,431.14	3,106.45
Capital Social	miles de \$	4,107.96	5,249.06
Financiamiento de fuentes Comerciales	miles de \$	31,950.80	40,826.02
Deuda Subordinada	miles de \$	9,585.24	12,247.81
Tarifa Total	\$/m ³	0.8168	0.7846
Recuperación de Capital	%	10.00	10.00
V.P.N. de Flujos Netos	miles de \$	1,223.91	1,097.91
Tasa de Rendimiento Real	%	18.85	5.54
Relación Costo - Beneficio Accionistas	-	3.9852	1.2150
Costo de Capital	%	4.96	4.96
V.P.N. Proyecto	miles de \$	(230.26)	(10,914.4)
Relación Costo - Beneficio Proyecto	-	0.9949	0.8038
V.P.N. Deuda Subordinada	miles de \$	1,214.20	1,551.48
Margen de Construcción Recuperado	miles de \$	11,124.94	0.00
Margen Final Sobre T ₂	%	54.26	37.82
Margen Final Sobre T ₁	%	10.00	10.00

obra o bien, se recupere durante la etapa de operación. Lo anterior debido al impacto que éste tiene sobre los financiamientos y por lo tanto sobre la tarifa

En cuanto a los costos de operación del proyecto, después del análisis se obtuvieron los siguientes:

Costos Fijos Anuales	0.1638 \$/m ³
Costos Variables Anuales	0.1086 \$/m ³

5.- Al término del análisis financiero se obtuvieron los siguientes resultados:

Concepto	Unidad	Supuesto 1	Supuesto 2
Intereses y Comisiones capitalizados	miles de \$	2,431.14	3,106.45
Capital Social	miles de \$	4,107.96	5,249.06
Financiamiento de fuentes Comerciales	miles de \$	31,950.80	40,826.02
Deuda Subordinada	miles de \$	9,585.24	12,247.81
Tarifa Total	\$/m ³	0.8168	0.7846
Recuperación de Capital	%	10.00	10.00
V.P.N. de Flujos Netos	miles de \$	1,223.91	1,097.91
Tasa de Rendimiento Real	%	18.85	5.54
Relación Costo - Beneficio Accionistas	-	3.9852	1.2150
Costo de Capital	%	4.96	4.96
V.P.N. Proyecto	miles de \$	(230.26)	(10,914.4)
Relación Costo - Beneficio Proyecto	-	0.9949	0.8038
V.P.N. Deuda Subordinada	miles de \$	1,214.20	1,551.48
Margen de Construcción Recuperado	miles de \$	11,124.94	0.00
Margen Final Sobre T ₂	%	54.26	37.82
Margen Final Sobre T ₃	%	10.00	10.00

La tabla anterior muestra que ambos supuestos son satisfactorios para los accionistas del proyecto, sin embargo, el supuesto 1 es el que se recomienda para ser optimizado por las siguientes razones:

- Mayor Valor Presente Neto para los Accionistas
- Condiciones Contables de la Empresa más Saludables
- Recuperación del Margen de Construcción hasta el término de la Concesión

6.- Se obtuvo como variable fundamental para optimizar financieramente el proyecto el plazo del financiamiento otorgado por fuentes comerciales, obteniendo los siguientes resultados:

- Plazo del Crédito: 10 años sin plazo de Gracia (Pagos Decrecientes)
- Plazo Deuda Subordinada: 10 años incluidos 5 de Gracia (Pagos Crecientes)
- Flujos Netos: \$ 12,847.98
- Deuda Subordinada: \$ 1,368.70
- Tarifa Promedio: 0.7956 \$/m³

Se puede observar fácilmente que el objetivo de la optimización se cumplió, dado que se incrementó el V.P.N. de los flujos netos al tiempo que se redujo la tarifa total.

7.- Dado lo mucho que se afectan los proyectos B.O.T. tanto por el impacto social que causan, como por el costo de los Impuestos, sería conveniente realizar como complemento a esta evaluación los siguientes trabajos ya que no se realizaron aquí en virtud de que el objetivo de este estudio es la evaluación financiera de un proyecto concesionado,

- Evaluación Social de Proyectos Concesionados.
- Repercusiones de las Leyes en la Tarifa de los Servicios Concesionados.

8.- Por último, se puede ver que el esquema B.O.T. dista mucho de ser una panacea para cualquier país, ya que son extremadamente complejos tanto desde el punto de vista financiero como del punto de vista legal. Requieren un gran período de tiempo para desarrollarse y ser negociados. Si el mismo proyecto puede ser implementado de una manera más tradicional, el tiempo ahorrado junto con la certeza de que el proyecto avanzará, confirmarán la decisión.

Si de alguna manera el país, por razones presupuestales o políticas, prefiere no financiar toda la infraestructura que requiere con presupuesto o endeudamiento del Gobierno, el esquema B.O.T. debe ser considerado. Dentro de un contexto adecuado el esquema es viable; además, mientras mejor sea comprendida la estructura básica de este esquema, y los puntos más controvertidos sean entendidos mejor, los proyectos B.O.T. serán más fáciles de implementar.

Un gobierno que en realidad tenga la intención de promover proyectos B.O.T. debe, además de comprender claramente el esquema, estar de acuerdo y aceptar la complejidad y el consumo de tiempo que esto implicará, además del extenso apoyo que deberá proveer al proyecto. Con todo esto bien entendido, el esquema B.O.T. aparece como una útil alternativa a la manera convencional de financiar y operar proyectos de infraestructura en países en vías de desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Water Treatment Handbook
Sexta Edición en Inglés
Degremont, S.A., Francia, 1991
- 2.- Tratamiento de Aguas Residuales
R.S. Ramalho
Primera Edición en Español
Editorial Reverté, Barcelona España, 1991
- 3.- Perry's Chemical Engineer's Handbook
Quincuagésima Edición en Inglés
McGraw Hill, E.U.A. 1984
- 4.- Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso
H.F. Rase y M.H. Barrow
Décima Edición en Español
C.E.C.S.A., 1988
- 5.- Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión
Arturo Infante Villarreal
Undécima Reimpresión en Español, 1995
- 6.- The World Bank Working Papers, Infrastructure
Policy Research And External Affairs
Mark Augenblick and Scott Custer Jr.
1990
- 7.- Apuntes del Curso: Plantas de Tratamiento de Agua, Mercado, Concesiones y T.L.C.
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
México, 1993
- 8.- Catálogo Nacional de Costos Prisma
Actualización Noviembre de 1995
Ing. Raúl González Mendez
- 9.- Ley para la Coordinación de los Sistemas de Ahorro para el Retiro
Diario Oficial de la Federación
Julio, 22 de 1994