

01121
110



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
División de Ingeniería Civil Topográfica y Geodésica

**PROPUESTA DE AMPLIACIÓN DEL GASTO
EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
CIUDAD ACUÑA**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL
PRESENTA:
RAUL PARRA CALDERÓN

DIRECTOR DE TESIS:
ING. LUIS ZÁRATE ROCHA

CIUDAD UNIVERSITARIA

2003

A



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/052/03

Señor
RAÚL PARRA CALDERÓN
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. LUIS ZARATE ROCHA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"PROPUESTA DE AMPLIACIÓN DEL GASTO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE CIUDAD ACUÑA"

- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES
- II. SITUACIÓN ACTUAL
- III. REVISIÓN DEL GASTO AACTUAL
- IV. NECESIDAD DE AMPLIACIÓN DEL GASTO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO
- V. EVALUACIÓN ECONÓMICA
- VI. CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 9 Mayo 2003.
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMR/ms/g.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo profesional.
NOMBRE: Raúl Parra Calderón

FECHA: 30-10-03

FIRMA:

B

*Mi sincera gratitud al
Ing. Luis Zarate Rocha
Director de ésta Tesis*

*En agradecimiento por su valiosa
Colaboración a:
Ing. Francisco Chavarria Salinas*

Raúl Parra Calderón

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por iluminar mi camino y permitirme llegar a este momento, y permitir que estén conmigo las personas que quiero y por seguir dándome la fuerza para seguir adelante sin importar las peripecias que da la vida.

Agradezco a mi padre Ingeniero Daniel Parra Velasco por el apoyo que siempre me han brindado, y cuando lo necesito siempre está a mi lado dándome su confianza y el mejor ejemplo.

Agradezco a mi madre Elizabeth Calderón de Parra por el apoyo incondicional que siempre me brinda, las noches que paso en vela cuidándome, el ser mi amiga además de mi madre.

Agradezco a mi hermana Evelia Parra Calderón por apoyarme y alentarme en todo el camino, por soportar mi mal genio y también aconsejarme cuando lo necesito.

D

Agradezco a mi hermano Daniel Parra Calderón por ser mi confidente mi mejor amigo y mi hermano, por todo el apoyo y las parrandas, por toda su ayuda y consejos por seguir el mismo camino a pesar de nuestros pleitos por siempre estar ahí cuando lo necesite.

Agradezco a mi compañera y amiga Christian Guerrero Covarrubias por acompañarme y estar conmigo en mi carrera, por todo el cariño que me brindo y el apoyo que me otorgo.

Agradezco a todos mis familiares por todo el apoyo y consejos que me brindaron durante todo lo que llevo de vida.

Agradezco a mis compañeros y amigos de escuela Sergio Li, Juan Herrera, Rafael Cámara, Roberto Chacon, Juan José Ramírez, etc. que siempre estuvieron cuando los necesite y que me brindaron su apoyo sin pedir nada a cambio.

Agradezco a mis amigos de toda mi vida y José M. Flores, Héctor Flores, Allan Strempler, Jonathan Morales, Ignacio Ramírez, Edgar Manzano y Arturo Maraboto, Elías Escalante por brindarme uno de los tesoros más grandes que puede tener un hombre que es la amistad.

Raúl Parra Calderón

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
I ANTECEDENTES	4
I.1 Principales tipos de tratamiento	4
I.2 Historia de las plantas de tratamiento en México	11
I.3 Localización de la planta de tratamiento	16
II SITUACIÓN ACTUAL	22
II.1 Descripción de la planta de tratamiento	22
II.2 Necesidades de la locación	29
III REVISIÓN DE GASTO ACTUAL	32
III.1 Revisión de los gastos de diseño	32
III.2 Revisión de los gastos reales	63
IV NECESIDAD DE AMPLIACIÓN DEL GASTO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO	65
IV.1 Infraestructura actual	65
IV.2 Mercado de agua tratada en la zona	81
IV.3 Determinación de las necesidades de ampliación	83
IV.4 Propuesta de ampliación del gasto	85
V EVALUACIÓN ECONÓMICA	89
V.1 Determinación de los beneficios	89
V.2 Estimación de los costos de la ampliación	94
V.3 Análisis costo-beneficio	100
VI CONCLUSIONES	107
BIBLIOGRAFÍA	111

F

INTRODUCCIÓN

En el transcurso de la historia, el hombre ha buscado la manera de dar solución a sus necesidades, desde alimentación hasta la necesidad de protegerse de la intemperie. Conforme evolucionaron los grupos humanos, fueron surgiendo requerimientos cada vez mayores, viéndose en la necesidad de construir sus propios espacios desarrollando la infraestructura necesaria para satisfacer el crecimiento como sociedad. De la misma manera en que las sociedades crecieron, lo hicieron las edificaciones, realizando estructuras cada vez más grandes. A raíz de esto y de las solicitaciones a las que estaban expuestas dichas estructuras, también surge la necesidad de desechar el líquido vital usado en estas sociedades y se construyeron drenajes para este efecto, pero al final se contaminaban ríos, lagunas y mares, así que el hombre se vio en la necesidad de volver a usar su ingenio de cómo resolver esta problemática, y se dieron tantas soluciones de las cuales llegamos a las plantas de tratamiento de aguas residuales, estas tratan el agua y se rehúsa ya sea para uso agrícola, pecuario, industrial o para riego de ornato, también se utiliza en algunos casos para mantener los acuíferos subterráneos en buen estado inyectándose esta agua y filtrándose por medio del suelo.

Lo que cambia en la historia son los métodos, estrategias, tiempos y costos para la resolución de los problemas.

México tiene una superficie aproximada de 2 millones de kilómetros cuadrados con más de 100 millones de habitantes. De la lluvia media anual de 780 mm en el territorio, aproximadamente el 27 % se convierte en escurrimiento superficial (410,000 millones de metros cúbicos); se estima un volumen renovable de agua subterránea de 31,100 millones de metros cúbicos y un almacenamiento en los acuíferos, no renovables de 110,000 millones de metros cúbicos.

La precipitación pluvial es muy irregular tanto espacial como temporalmente; se concentra en unos cuantos meses y en las regiones menos poblada. Sucede que la ubicación de la población y de las actividades económica se relacionan de manera inversa con la distribución de la disponibilidad del agua.

Menos de la tercera parte del escurrimiento ocurre en el 75 % del territorio de México, donde se localizan las principales ciudades, industrias y las tierras aptas para el riego. En consecuencia el escurrimiento superficial y el agua de los acuíferos resulta insuficiente para apoyar las altas tasas de desarrollo que requiere el país y se traduce en la sobre explotación de los acuíferos y en la necesidad de realizar transferencias entre cuencas.

En contraposición la abundancia de agua en el 25 % restante del territorio de México, provoca también problemas de consideración y es necesario construir obras de drenaje, plantas de tratamiento de aguas residuales y control de avenidas para permitir el desarrollo socioeconómico de las comunidades en esta zona. El riego en estas áreas es poco importante, las actividades principales se concentran en torno a la producción y refinación del petróleo, que se ah incrementado notablemente en los últimos veinte años. También se tiene un gran potencial hidroeléctrico mediante esquemas de presas de usos múltiples y un potencial de generación de energía por medio de Termo eléctricas y Carbo eléctricas. No ha sido posible llevar a cabo el desarrollo pleno de la infraestructura hidráulica para estos fines debido a aspectos financieros y de preservación del medio ambiente.

La situación en México de las plantas de tratamiento de aguas residuales tiene una normatividad establecida de las cuales mencionamos las más importantes en esta tesis para damos una idea de cuales son, estas estipulan varias partes ecológicas para su buen uso y reglamentación de las plantas de tratamiento y que no se sigan contaminando mares, ríos y lagunas en nuestro país.

La localización de esta planta nos lleva a verificar otro punto que esta reglamentado internacionalmente por CILA (Comisión Internacional de Límites y Aguas), ya que esta planta la encontramos en la frontera con Estados Unidos de Norteamérica y la utilización del agua del Río Bravo por parte de CFE podría crear problemas los cuales están controlados y también si el agua de este municipio no se tratara como se hacia antes que se descargaba el agua residual a este río, por esa situación también fue necesario la creación de esta planta.

Algunas de estas razones nos llevan a la realización de estas tesis la cual implementa tecnología de punta y el manejo de aguas tratadas en la zona norte del país en especial en el crecimiento de Ciudad Acuña, Coahuila.

Por lo que podremos observar el ingenio del ser humano para resolver esta problemática utilizando varios métodos de tratamiento de aguas residuales y comentando como ha ido creciendo la necesidad de construir estas planas dándonos datos actualizados de los cuales se especifican sus usos y las necesidades de la población. Ya que esta tesis es solo una ampliación de una planta de tratamiento ya en existencia también en este capitulo mencionamos la localización exacta de la planta y sus alrededores.

Mencionamos una descripción de la planta actual y la infraestructura de la cual cuenta para damos una idea de las necesidades de ampliación de la planta, así como también se mencionan las necesidades de la localidad por su crecimiento industrial y su crecimiento poblacional.

Se revisaron los gastos de diseño y los gastos reales con los que la planta esta trabajando en la actualidad, esto es con el fin de replantear la necesidad de ampliación de algunos sectores de la planta o el cambio en este caso de algunos aditamentos con los cuales cuenta la planta.

La tesis nos lleva a revisar la infraestructura actual de la planta, así como el mercado en el cual se desarrolla y al cual nos dirigiremos para verificar si es factible la ampliación temprana de la planta, daremos una propuesta de ampliación para mejorar y ampliar el gasto con la infraestructura actual de la planta sin tener que hacer el gasto en este momento de la construcción de una planta gemela, pero que el crecimiento de la población lo exigirá en un futuro.

Aquí verificaremos que tan viable y productiva será la propuesta dada en el capitulo anterior, esto nos llevara a realizar un análisis beneficio Vs. costo y se estudiara la alternativa propuesta en esta tesis y la alternativa original de la planta.

Con todo esto detrás llegaremos a la conclusión que corroborará el hecho de la necesidad y la solución a la cual se llegará por medio de esta tesis.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

ANTECEDENTES

I.1 PRINCIPALES TIPOS DE PLANTAS

Procesos biológicos. Tratamiento Secundario

Tratamiento Secundario.

Consiste fundamentalmente en la degradación de la materia orgánica del agua residual por métodos biológicos. En este proceso las aguas residuales son fuertemente aireadas para estimular el crecimiento de bacterias aerobias y otros microorganismos que oxidan la materia orgánica a dióxido de carbono y agua.



Tratamientos secundarios más importantes.

LODOS ACTIVADOS

FILTROS PRECOLADORES

BIODISCOS (CBR)

LAGUNAS DE OXIDACIÓN

En los tanques de aireación de los lodos(o fangos) activados se añade aire u oxígeno puro al efluente del tratamiento primario. Los lodos contienen un gran número de bacterias metabólicamente activas junto a levaduras, mohos y protozoos.

EL LODO ACTIVO CONTIENE:

-bacterias

-hongos

-protozoos

Lodos activados

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Un ingrediente especialmente importante de los lodos es la especie *Zooglea*, una bacteria que forma masas floculantes en los tanques de aireación.

La actividad de estos organismos aerobios oxida gran parte de la materia orgánica del efluente. Cuando la fase de oxidación se ha completado los flóculos (lodos secundarios) se dejan sedimentar, lo mismo que los sólidos insolubles del tratamiento primario.



La materia orgánica soluble de las aguas residuales es absorbida en los flóculos y se incorpora a la biomasa microbiana del flóculo. Cuando sedimenta esta materia orgánica es eliminada con el flóculo y subsecuentemente tratada en un digestor de lodos anaerobio. Probablemente se elimina más materia orgánica de esta forma que por oxidación aeróbica, si el tiempo de retención es corto.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La mayor parte de los lodos sedimentados se eliminan por tratamiento en un digestor de lodos anaerobio, una parte de los lodos se recicla volviendo a los tanques de lodos activados como inóculo iniciador para la próxima carga de aguas residuales. El efluente se envía al tratamiento final.



Los sistemas de lodos activados son bastante eficaces, más que otros sistemas de tratamiento, eliminan del 85 al 95 % de la DBO de las aguas residuales.



Los filtros de goteo eliminan del 70 al 85% de la DBO y por lo tanto son menos eficaces que los lodos activados. Sin embargo, los filtros de goteo presentan normalmente menos dificultades de uso y son menos proclives a los problemas derivados de sobrecargas o de la presencia de residuos tóxicos.

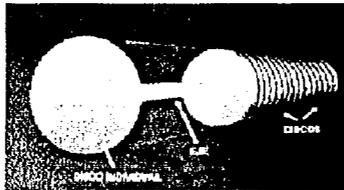


Los CBR son una serie de discos plásticos circulares adyacentes insertos en un eje rotativo horizontal.

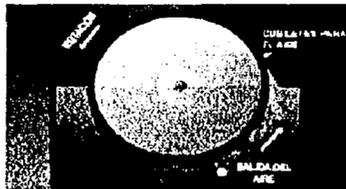
Contadores Biológicos Rotativos (CBR)

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Los discos circulares a base de medio soporte están sumergidos en el agua residual de manera continua. Pero no está sumergida toda la superficie del disco sino una parte de dicha área superficial, por ejemplo el 40 %. Los diseños más recientes de CBR utilizan unas proporciones de inmersión de la superficie de los discos del 80 al 90 %.

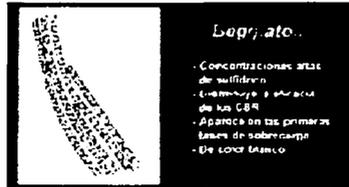


Los medios o discos circulares suelen ser de 1.8 a 3.7 m de diámetro y rotan en una velocidad de 0.3 m/ s. La rotación de los medios o discos en el agua residual puede ser controlada por una unidad de tracción eléctrica, una unidad de tracción por aire, o un sistema dual que usa aire y electricidad.



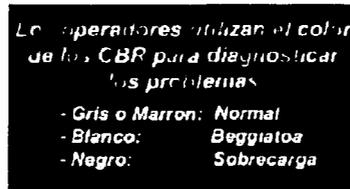
Una instalación típica de CBR se compone de varios con medios o discos que pueden colocarse perpendicularmente o en paralelo respecto a la corriente. Estos ejes diferentes se suelen llamar etapas. El número de etapas depende de factores relacionados con el agua residual tal como la carga o la cantidad de nitrificación que se desea.

Concentraciones altas de sulfuro de hidrógeno del influente pueden reducir el funcionamiento de los CBR. Un organismo conocido como *Beggiatoa* crecerá sobre la superficie de los medios e inhibirá el tratamiento. Este microorganismo, *Beggiatoa*, se puede encontrar también en las etapas iniciales de sistemas CBR sobrecargados.

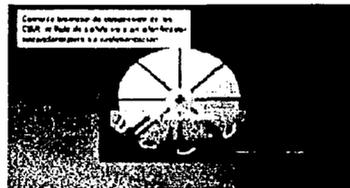


TESIS CON FALLA DE ORIGEN

El color del medio de un CBR puede ayudar a diagnosticar los problemas. La biomasa de un CBR tiene en condiciones normales una coloración entre gris y marrón. Si el microorganismo *Beggiatoa* está presente, la biomasa tendrá un aspecto blanquecino. Si la biomasa tiene un color negro, entonces el CBR está sobrecargado.



El efluente de un CBR continúa hacia el clarificador secundario donde la biomasa, que se ha desprendido del medio filtrante sedimenta. El sedimento se bombea hacia las instalaciones para el tratamiento de sólidos o hacia el clarificador primario.



Una última consideración sobre los CBR son los cerramientos. Los cerramientos protegen al CBR de las condiciones atmosféricas tales como: La acción deterioradora de la luz ultravioleta sobre los medios, La congelación y las inclemencias del tiempo, y La reducción del problema de algas al reducir la luz del sol. Los cerramientos también sirven como una precaución de seguridad.



Sistema de lagunaje

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Muchas comunidades pequeñas utilizan para depurar sus aguas residuales sistemas de lagunas denominadas de oxidación o de estabilización. Es un sistema barato pero que exige una gran cantidad de terreno.

Su diseño varía pero, en general, están organizadas en dos fases. En la primera fase, la laguna es tan profunda que las condiciones son casi completamente anaeróbicas. En esta fase sedimentan los lodos. La segunda fase consiste en una laguna o serie de lagunas poco profundas donde ocurren reacciones microbianas aerobias.

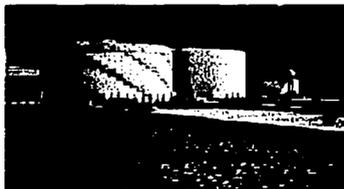


En estas lagunas las algas contribuyen a generar el oxígeno necesario para que se mantengan las condiciones aerobias. Las bacterias oxidan la materia orgánica hasta dióxido de carbono y las algas utilizan ese dióxido de carbono en su metabolismo fotosintético para producir oxígeno y biomasa.

Digestores de lodos (anaerobios)

El proceso de digestión de lodos se realiza en grandes tanques de los cuales se ha extraído el oxígeno casi por completo. Está diseñado para estimular

el crecimiento de bacterias metanogénicas que degradan la materia orgánica hasta metano y dióxido de carbono fundamentalmente.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tratamiento Terciario

Consiste en la eliminación de la materia orgánica no degradada previamente y de los metales pesados y los compuestos que sirven de nutrientes para los organismos acuáticos (nitratos y fosfatos fundamentalmente). Depende menos de tratamientos biológicos que de tratamientos fisico-químicos aunque en algunos casos se promueve la transformación biológica de los compuestos de nitrógeno (desnitrificación) mediante la acción de las bacterias desnitrificantes.

I.2 HISTORIA DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

NORMATIVIDAD

En materia de saneamiento, el Gobierno Federal a través de la CNA, considera el tratamiento de las aguas residuales como un aspecto fundamental para evitar la contaminación de los cuerpos receptores de aguas nacionales. Para su control se tienen diferentes ordenamientos legales que conjuntamente con lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales ayudan a la preservación del entorno ecológico y crean una nueva cultura del agua. La normatividad vigente al respecto corresponde a:

- Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997.

Esta norma establece las fechas en que deberán cumplir los responsables de las descargas a los cuerpos receptores, de acuerdo al tamaño de la localidad y

con base en la población que se registró en el XI Censo de Población y Vivienda de 1990. El cumplimiento es gradual y progresivo conforme a los rangos de población, como se muestra en la siguiente tabla, éste no es aplicable a comunidades con menos de 2,500 habitantes.

FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE:	RANGO DE POBLACIÓN DE LAS LOCALIDADES	NÚMERO DE LOCALIDADES (2,586)
1 de enero de 2000	Mayor de 50,000 habitantes	139
1 de enero de 2005	De 20,001 a 50,000 habitantes	181
1 de enero de 2010	De 2,501 a 20,000 habitantes	2,266

- NOM-002-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, publicada en el Diario Oficial de la federación el 3 de junio de 1998.
- NOM-003-ECOL-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehúsen en servicios al público, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de septiembre de 1998.

**PLANTAS DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES 1999**

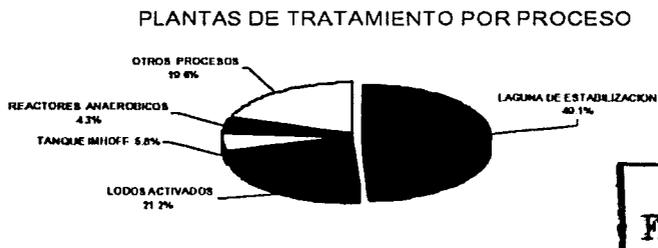
Cuadro No. 40

ESTADO	TOTAL		EN OPERACIÓN		FUERA DE OPERACIÓN	
	NO. DE PLANTAS	GASTO DE DISEÑO (pps)	PLANTAS	GASTO DE OPERACIÓN (pps)	PLANTAS	GASTO (pps)
Aguascalientes	93	2,509.3	79	1,853.8	14	78.9
Baja California	13	4,112.0	13	3,702.4		
Baja California Sur	15	998.5	14	596.8	1	20.0
Campeche	9	110.8	9	33.4		
Coahuila	15	1,423.5	8	812.0	7	239.5
Colima	29	522.1	28	395.1	1	10.0
Chiapas	13	457.2	8	88.0	7	234.0
Chihuahua	34	1,539.5	27	745.2	7	38.5
DISTRITO FEDERAL	18	5,832.5	18	2,933.5		
Durango	57	3,272.0	53	2,059.4	4	33.4
Guerrero	19	1,491.0	12	892.0	7	369.0
Querrero	14	2,159.0	13	1,431.0	1	20.0
Hidalgo	5	47.9	5	21.9		
Jalisco	71	3,291.7	51	1,747.6	20	849.7
México	43	6,408.7	40	4,546.3	3	110.0
Michoacán	16	1,905.0	10	930.0	6	465.0
Morelos	27	1,527.9	16	994.2	11	361.0
Nayarit	51	1,837.9	39	1,006.3	12	184.0
Nuevo León	41	11,154.0	39	7,212.0	2	20.0
Oaxaca	30	578.0	25	358.0	5	80.0
Puebla	22	557.3	20	402.3	2	13.2
Querétaro	45	899.5	32	314.4	13	144.0
Quintana Roo	18	1,480.0	14	1,178.0	4	87.0
San Luis Potosí	13	461.0	4	245.0	9	176.0
Sinaloa	13	950.0	10	1,045.0	3	102.0
Sonora	75	3,711.7	62	2,833.3	13	211.0
Tabasco	32	1,137.2	16	404.0	16	570.2
Tamaulipas	22	2,346.0	15	2,069.7	7	90.0
Tlaxcala	33	864.2	20	477.2	13	87.0
Veracruz	78	3,552.0	57	735.9	19	1,220.0
Yucatán	9	344.5	9	339.3		
Zacatecas	29	265.7	13	171.8	16	75.0
TOTAL	1,000	67,547.4	777	42,396.8	223	5,988.4

Fuente: CNA/SGCA/Unidad de Agua Potable y Saneamiento/Gerencia de Potabilización y Tratamiento

En algunos estados, el decremento en la capacidad de operación respecto al dato reportado el año pasado, se debió principalmente al período de sequía que redujo las dotaciones de agua potable en ciudades del norte y centro del país; al inicio de obras de rehabilitación como es el caso de Quintana Roo y Veracruz, así como a obras en colectores y cárcamos de bombeo, como es el caso de Baja California.

Los procesos que más se utilizan en las plantas de tratamiento municipales, corresponden a: laguna de estabilización en 491 plantas (49.1%), lodos activados en 212 plantas (21.2%), tanques Imhoff en 58 plantas (5.8%) y reactores anaerobios (4.3%) en 43 plantas, que en su conjunto representan el 80% del total, como muestra la gráfica siguiente y cuyo detalle se presenta en el Cuadro 41. En cuanto al diseño de las plantas, el de lodos activados representa el 45.3% (30,571 lps.); el de lagunas de estabilización el 21.4% (14,442 lps.) y el de lagunas aeradas el 7.7% (5,202 lps.); estos tres procesos en conjunto equivalen al 74.4% del diseño total de las plantas registradas (67,547 lps.).



PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

En materia de tratamiento de aguas residuales industriales, el número de plantas que se tienen registradas es de 1,374, de las cuales 1,367 están en operación con un volumen de tratamiento de 22,021 lps., que equivale al 81.8% de la capacidad de diseño de las plantas.

El nivel de tratamiento más utilizado en las plantas de aguas residuales industriales es el secundario (remoción de sólidos sedimentables gruesos y remoción de materia orgánica en suspensión de naturaleza coloidal y disuelta) con 769 plantas y un gasto de operación 15,270 lps. Los estados con plantas industriales en que se presenta el mayor volumen con tratamiento secundario son: Veracruz, Nuevo León y Michoacán, con 5,538 lps., 2,317 lps., y 1065 lps, respectivamente.

En el segundo lugar está el tratamiento primario (remoción de sólidos sedimentables gruesos), con 534 plantas y un volumen de tratamiento industrial de 5,597 lps. Los estados cuya industria utiliza más este tipo de tratamiento industrial

son Veracruz, Baja California, y Morelos, con 2,147 lps., 735 lps. y 529 lps., respectivamente.

Con 54 plantas y con un volumen de agua tratada 1,132 lps. está en tercer lugar el nivel de tratamiento terciario (remoción de sólidos sedimentables gruesos, remoción de materia orgánica en suspensión de naturaleza coloidal disuelta y remoción de materiales disueltos orgánicos e inorgánicos). La industria que usa más este tipo de tratamiento se encuentra localizada en los estados de México y Querétaro, con 424 lps. y 341 lps. tratados, respectivamente.

Cabe destacar que la mayoría de los estados se practican dos tipos de tratamiento, el primario y secundario. En 12 estados se practican los tres tipos de tratamiento y en cuatro sólo el tratamiento secundario.

Del total de las plantas de tratamiento industrial a nivel nacional, 475 cumplen con la Condiciones Particulares de Descarga (CPD), con una capacidad aprovechada de 7,621 lps., en tanto que 884 plantas con un gasto de 14,665 lps., aún no cumplen con esta condición.

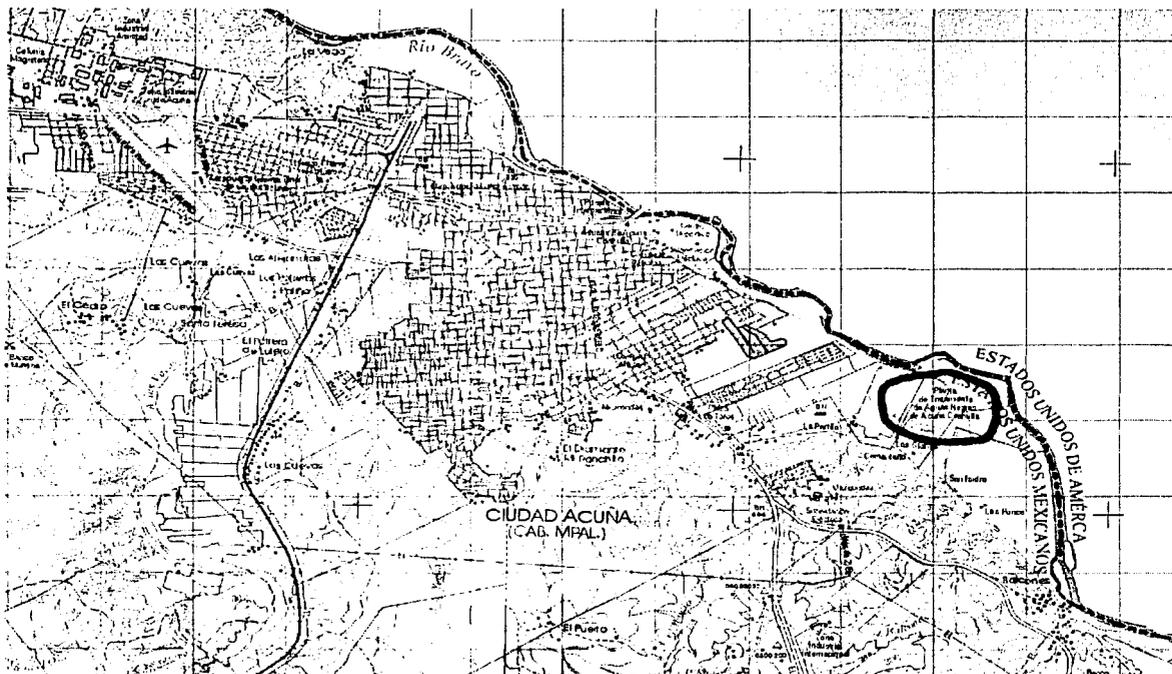
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES 1989

Cuadro No. 44

ESTADO	PLANTAS			GASTO (lps.)		TRATAMIENTO PRIMARIO		TRATAMIENTO SECUNDARIO		TRATAMIENTO TERCARIO		TRATAMIENTO NO ESPECIFICADO		CUMPLE CON CPD			
	PLANTA	OPERARI	NO OPERARI	DESCRIB	OPERACION	NO. PLANT.	CAPAC. OPER.	NO. PLANT.	CAPAC. OPER.	NO. PLANT.	CAPAC. OPER.	NO. PLANT.	CAPAC. OPER.	SI		NO	
														NO.	CAPAC. (lps.)	NO.	CAPAC. (lps.)
Aguascalientes	25	21	4	144.7	49.5	6	611	17	41.1					8	8.2	13	41.7
Baja California	221	221		878.7	878.7	187	735	53	139.9	1	6.2			1	6.2	220	872.0
Baja California Sur	8	8		191.3	183.2			6	183.2					4	181.4	2	2.0
Campeche	31	31		53.2	11.6			31	11.6					31	11.6		
Coahuila	41	41		710.8	621.7	11	22	26	589.0	2	10.0			27	159.9	14	451.9
Colima	21	21		607.6	278.7	3	72.1	18	206.0					17	201.1	4	77.0
Chiapas	13	13		206.6	279.7	3	125.4	10	164.6					7	162.8	6	64.3
Chihuahua	20	20		846.6	472.1	6	201.0	16	271.5					7	237.2	13	236.3
Distrito Federal	8	6		193.2	119.2			6	109.2	1	10.0			1	10.0	6	109.2
Durango	14	14		402.1	168.1	6	117.2	9	40.5					3	20.5	11	137.1
Guerrero	68	68		452.0	645.0	30	49.7	33	481.3	6	114.4			12	12.9	66	290.0
Guatemala	23	22		174.1	83.4			23	83.4					23	83.4		
Hidalgo	47	42		1,615.4	998.7	17	77.0	22	919.0	3	1.6			12	342.8	30	855.7
Jalisco	54	54		371.1	371.1	34	284.8	19	106.0	1	0.3			61	368.8	3	12.0
México	72	72		541.2	533.1	6	1.6	54	108.0	12	424.5			23	127.4	49	408.1
Michoacán	27	27		2,006.0	1,078.7	12	11.0	15	1,065.5					6	226.0	21	851.7
Morelos	67	67		678.2	627.2	36	629.8	20	74.2	9	73.2			22	81.0	39	648.2
Nayarit	4	4		183.1	183.1	2	165.4	2	7.4							4	183.1
Nuevo León	22	22		3,304.7	2,400.0	3	83.2	19	2,317.3							22	2,400.0
Oaxaca	10	10		687.1	587.0	8	62.7	3	54.9			6	65.0	5	156.0	4	74.1
Quintana Roo	106	106		608.7	384.4	23	65.0	78	320.7			6	8.2	28	181.5	78	202.1
Querétaro	161	161		960.2	441.0	29	11.1	46	86.5	9	341.0			23	61.3	61	379.0
Quintana Roo	2	2		10.0	6.0			2	6.0					2	6.0		
San Luis Potosí	56	56	1	813.7	671.8	6	64.0	49	817.2	1				6	377.9	61	763.1
Sinaloa	20	20		296.0	361.0	12	230.0	8	108.0			2	13.0			20	351.0
Sonora	21	20	1	121.1	121.1	2	5.1	18	116.0					14	97.1	4	24.0
Tlaxcala	15	16		191.1	112.0	3	40.2	12	61.8					5	0.3	10	111.7
Tamaulipas	38	38		1,189.4	1,030.1	12	474.7	23	664.4	1	1.0			38	1,030.1		
Tlaxcala	70	70		180.4	180.4	33	9.4	30	137.6	7	13.4			63	158.7	7	1.7
Veracruz	104	104		7,840.2	7,807.2	61	2,147.3	42	6,537.5	1	122.0			32	2,798.4	72	5,008.4
Yucatán	56	56		187.2	84.0	6	21.0	56	63.2			3				65	84.0
Zacatecas	8	7	1	275.7	254.7			7	254.7					7	254.7		
TOTAL	1,374	1,267	7	28,918.2	22,821.1	534	5,586.7	780	16,279.5	54	1,122.7	18	21.2	475	7,621.6	884	14,665.5

Fuente: CNAVS/Ingeniería de Saneamiento y Calidad del Agua

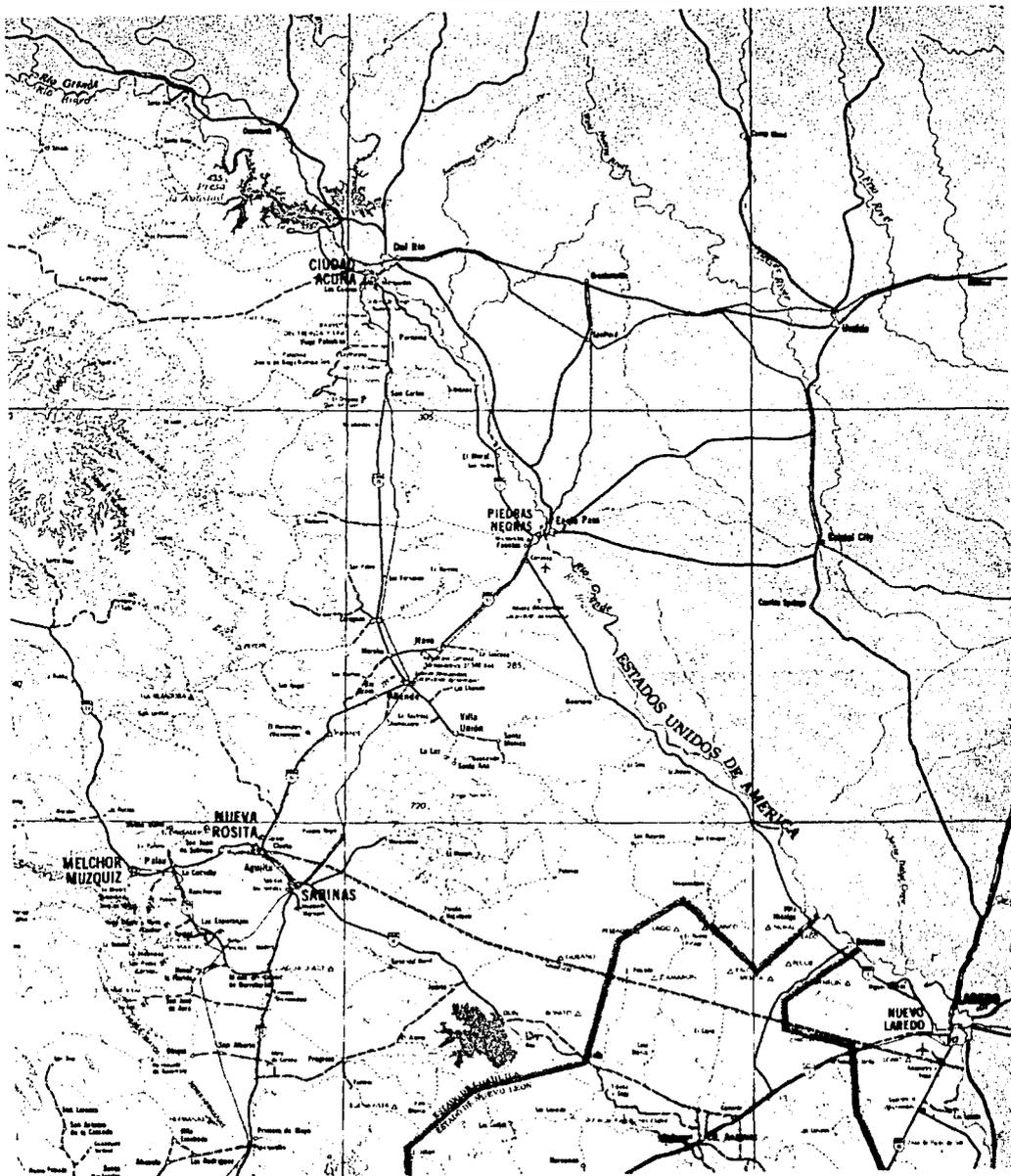
1.3 LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Antecedentes



La PTAR Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS están localizadas al noreste de la ciudad de Acuña en una zona ribereña de la margen derecha del Río Bravo, la cual tiene una configuración de lomerío suave a sensible plano.

Las regiones aledañas a Ciudad Acuña son Buena vista, Balcones, el Venadito y más al sur este se encuentra Piedras Negras pero antes está Jiménez.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HIDROGRAFIA

Cuenta con el arroyo el caballo para alimentar la presa de la amistad; Al Norte del Municipio pasa el Río Bravo, sirviendo como limite entre México y Estados Unidos. El Río Bravo tiene como subcuencas intermedias a los arroyos el caballo, el León y Palomos. Al sureste se encuentra la laguna el Centenario, la cual es compartida con el Municipio de Jiménez, también cuenta con el arroyo Las Vacas que cruza la ciudad desembocando en el Río Bravo.

OROGRAFÍA

El cañón del Colorado se ubica al Sur de Acuña.

INDUSTRIA

Cuenta con 5 parques industriales, donde están instaladas 62 empresas extranjeras, destacando la industria maquiladora, destinada a la actividad de ensamble de aparatos eléctricos, ropa y decorativos. Existen empresas dedicadas a la producción de muebles, puertas, equipo industrial y alimentos, entre otros.

La mayor parte de la producción tiene como destino los Estados Unidos de Norteamérica. 30% de la población económicamente activa se dedica a esta actividad.

POBLACIÓN

Su población actual es de 110,487.00 habitantes de estos en su mayoría jóvenes que abarcan casi el 50 % de la población total y en casi su generalidad radica en Ciudad Acuña. El 97% de la Población radica en áreas urbanas y el otro 3% permanece en el área rural.

Acuña	Total de hijos nacidos vivos edad de la madre de 12 años y más del año 2000	Total de la población del año 2000	Total de la población según tamaño de localidad de 100 000 - 499 999 habitantes del año 2000	Personal ocupado total mujeres del sector Industria del año 1999
	89478	110487	108159	10658
	Obreros del sector Industria del año 1999	Empleados administrativos y de control del sector Industria del año 1999	Familiares, propietarios y meritorios del sector Industria del año 1999	Trabajadores suministrados por otra razón social del sector Industria del año 1999
	25157	4144	168	96
	Mercancías compradas para la reventa (miles de pesos) del sector Industria del año 1999	Materias primas y auxiliares consumidas (miles de pesos) del sector Industria del año 1999	Total de remuneraciones (miles de pesos) del sector Industria del año 1999	Total de gastos derivados de la actividad (miles de pesos) del sector Industria del año 1999
	168	63128	1195959	576216
	Total de ingresos no derivados de la actividad (miles de pesos) del sector Industria del año 1999	Activos fijos (miles de pesos) del sector Industria del año 1999	Total de gastos no derivados de la actividad (miles de pesos) del sector Industria del año 1999	Total de ingresos derivados de la actividad (miles de pesos) del sector Industria del año 1999
	15141	442087	33010	2576275
	Ventas netas de productos elaborados (miles de pesos) del sector Industria del año 1999	Ventas netas de mercancías adquiridas para la reventa (miles de pesos) del sector Industria del año 1999	Formación bruta de capital fijo (miles de pesos) del sector Industria del año 1999	Producción bruta total (miles de pesos) del sector Industria del año 1999
	98128	605	-4136	2576758
Insumos totales (miles de pesos) del sector Industria del año 1999	Valor agregado censal bruto (miles de pesos) del sector Industria del año 1999			
575369	2001389			

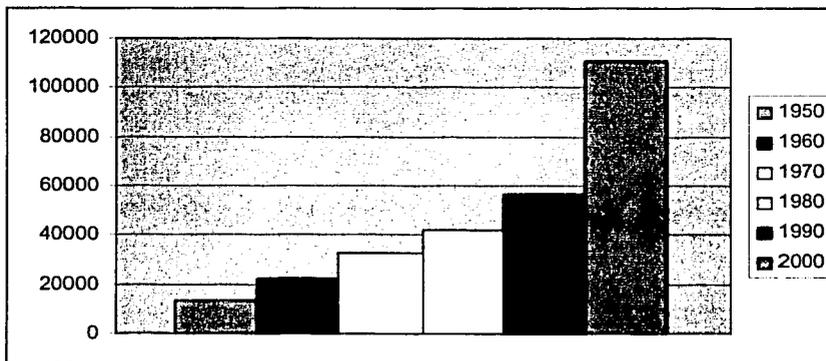
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

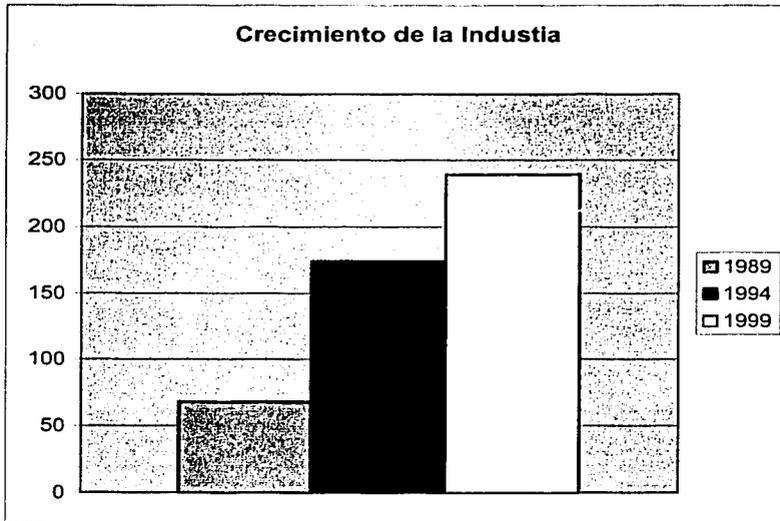
EVOLUCION DEMOGRAFICA

La población total del municipio en 1990 fue de 56,750 habitantes, y para el año de 1995 se incrementó a 81,602 habitantes, cifra que representa el 3.75 % de la población total del Estado y el 0.020 % de la Nación. Tal incremento fue del 43.79 % La densidad de población es de: 7.10 habitantes por Km. cuadrado. La mayor concentración de la población se encuentra en las localidades de Ciudad Acuña, Buena vista, Balcones y el Venadito.

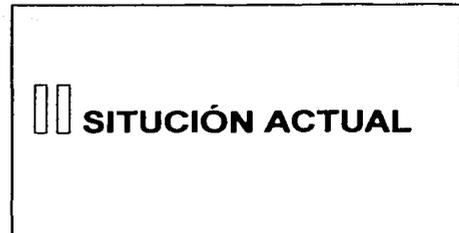
El municipio de Acuña cuenta con una población joven ya que el 46.54 % de sus habitantes pertenecen al rango de 0 a 19 años de edad, contrastando con la población de 65 años y más que representa el 3.3 %, con una distribución proporcional entre ambos sexos. El 97 % de la población se concentra en el área urbana, y el 3% en área rural.

Estas graficas nos representan cómo a crecido la industria y la población de Ciudad Acuña y se nota que en los últimos 10 años su crecimiento a sido muy grande ya que al ser frontera con Estados Unidos su mercado y las empresas que llegan a este país se instalan en las fronteras o en el norte del país, así es como esta ciudad se ha desarrollado en cuanto a industria y la migración de personal para trabajar en la industria.





TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



II.1 DESCRIPCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

ANTECEDENTES

El proyecto de la planta de tratamiento de la ciudad de Acuña, Coahuila es una concesión que se dio por medio de un concurso con No. CEAS-PTEAC-COAH-01-97 cuyo objeto fue la concesión del servicio público de tratamiento de aguas residuales del Municipio de Acuña, Coahuila así como el uso y aprovechamiento de los bienes del dominio público destinados a tal fin por un periodo de 22 años a partir de la fecha de la fecha de que se firmo la concesión.

La Comisión publicó la convocatoria para la Licitación Pública el 9 de septiembre de 1997.

La Concesionaria manifestó que estaba dispuesta a realizar todas las actividades necesarias para la prestación del servicio público de tratamiento de aguas residuales y para la rehabilitación de la red y demás instalaciones del alcantarillado a que se refiere el objeto de esta concesión, aceptando el compromiso de construir las obras de alcantarillado que se requieren y la planta de tratamiento de aguas residuales, (con capacidad de 250 lps.) la cual se encargará de operar, conservar, y mantener en funcionamiento adecuado, durante la vigencia de la concesión y, al término de dicha vigencia, la transferirá como empresa en marcha junto con los bienes que integren las obras de alcantarillado, sin costo alguno a los Concedentes, en los términos que se establecieron.

DEFINICIONES

- **PTRAR Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS.-** Se entiende por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales el conjunto de instalaciones para tratar las aguas residuales y la estabilización y disposición final de

los lodos producto del tratamiento que operara y dará mantenimiento el concesionario durante un periodo de 20 años.

- **OBRAS COMPLEMENTARIAS DE LA PTAR Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS.**- Se entiende por el conjunto de instalaciones que comprenden las siguientes obras: Planta de bombeo, emisor a presión de aguas crudas, by-pass y el emisor de descarga de agua tratada al río bravo, que operará y dará mantenimiento el concesionario durante un periodo de 20 años. Su diseño fue en función del crecimiento del proyecto y el horizonte de la población.
- **LOS CONCEDENTES.**- La Presidencia Municipal de Acuña, Coahuila, y la Comisión
- **LA COMISIÓN.**- el organismo público descentralizado denominado COMISIÓN ESTATAL DE AGUAS Y SANEAMIENTO DE COAHUILA.
- **LA CONCESIONARIA.**- es el concursante ganador de la licitación pública No. CEAS-PTEAC-COAH-01-1997.
- **CARGOS FIJOS POR INVERSIÓN (T1).**- significa el monto trimestral que la Comisión debe pagar, para rembolsar a la Concesionaria el total de fondos requeridos por el proyecto para la construcción de la PTAR Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS, y las obras de alcantarillado. También deberá incluir los intereses durante la etapa de amortización hasta la recuperación de la inversión.
- **CARGOS FIJOS POR OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (T2).**- significa el monto trimestral que la Comisión debe pagar, para rembolsar a la Concesionaria, los costos a ser devengados durante el período de operación incluyendo: mano de obra, materiales, refacciones, reposición de equipo, servicios, etc., que deban realizarse para mantener disponibles y en buenas condiciones las instalaciones de la PTAR Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS, que se consideran fijos pues no varían en función del volumen de agua tratada.
- **CARGOS VARIABLES POR OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (T3).**- significa el monto trimestral que la Comisión debe pagar, para rembolsar a la Concesionaria los costos durante el período de operación incluyendo: mano de obra, materiales, energéticos, reactivos, servicios, etc., que deban realizarse y que dependen de la cantidad de agua tratada.

CONDICIONES

El objeto de la concesión es la prestación del servicio público de tratamiento de aguas residuales del municipio de acuña, y el uso del aprovechamiento de los bienes que este implique.

Se elaboro un proyecto ejecutivo, la construcción, la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales con una capacidad de 250 litros por segundo (lps). Y sus obras complementarias.

El diseño de dicha planta de tratamiento, dentro del proyecto ejecutivo, previniendo que el volumen total de la misma podrá ser de hasta 500 lps.

La adecuación y realización de los proyectos ejecutivos faltantes y construir las obras conexas de las redes de alcantarillado, colectores, emisores y estaciones de bombeo necesario para incorporar las aguas.

La PTAR Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS fueron construidas en la porción noreste de la ciudad de Acuña en una zona ribereña de la margen derecha del río bravo, la cual tiene una configuración de lomerío suave a sensible plano, que era propiedad de un particular y que previo pago parte de la Concesionaria y fue escriturado a favor de la Comisión quien la entregó a la Concesionaria para desarrollar las obras de la concesión.

Entre la obligaciones que tuvo la Concesionaria fueron de recibir los volúmenes residuales que le entregue la Comisión directamente en las instalaciones de la planta de tratamiento, obligándose a devolverlos una vez realizado el tratamiento, bajo las normas establecidas.

Con lo que respecta a los recursos económicos fueron la realización del proyecto ejecutivo de la planta de tratamiento con una capacidad inicial de 250 lps., tomando en cuenta que la capacidad futura será de 500 lps., por lo que debió prever la modificación de la misma, dentro del terreno disponible.

La construcción de esta planta con su propio diseño inicial de 250 lps.

Le adecuo, complementación y realización de los proyectos ejecutivos faltantes de la redes de alcantarillado, colectores, emisores y estaciones de bombeo necesario para incorporar las aguas residuales del sistema de alcantarillado a la planta de tratamiento.

La operación y el mantenimiento preventivo y correctivo de la planta de tratamiento, durante un período de 20 años.

La obtención de los recursos económicos necesarios para la realización de todos los trabajos.

VIGENCIA

El término de la concesión es de 264 meses, contados a partir del 19 de septiembre de 1998.

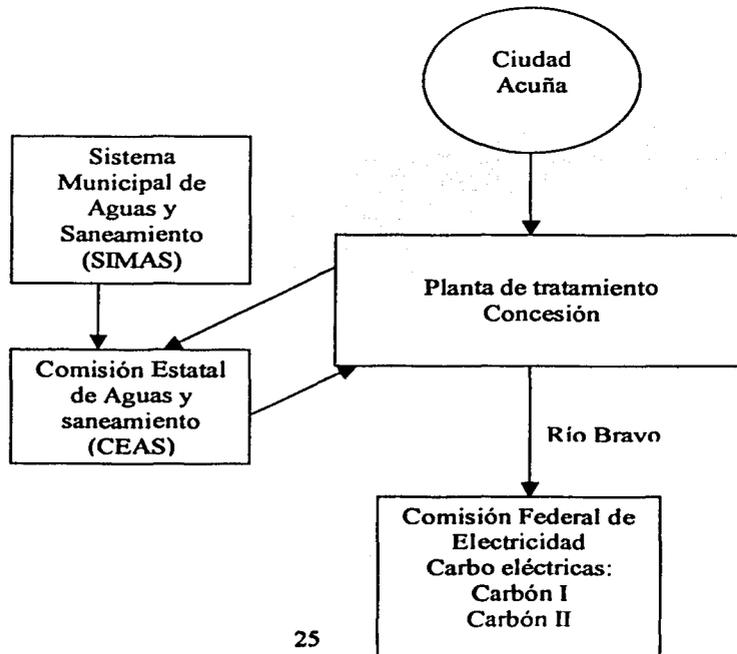
PLAZOS DE EJECUCIÓN

Para la realización del proyecto ejecutivo se tuvieron 4 meses, después de este tiempo se dieron 14 meses para realizar la construcción, equipamiento y puesta en operación la PTAR, ya concluidos estos 14 meses de construcción, inicio el período de prueba que fue de 6 meses.

ENTREGA Y RECEPCIÓN DE LA PTAR Y SUS OBRAS COMPLEMENTARIAS AL TÉRMINO DE LA VIGENCIA DE LA CONCESIÓN.

Al terminar la vigencia de la concesión, señalada a 20 años a partir del 18 de septiembre de 1998, se precederá a la entrega de las obras, instalaciones y equipamiento que conforman la PTAR sujetándose al inventario que sea elaborado previamente por la Concesionaria. La recepción y aceptación de los bienes por parte de la Comisión, deberá constar por escrito.

ESQUEMA DE LA CONCESIÓN



PRINCIPAL CONSUMIDOR DEL AGUA TRATADA

Como se muestra en el esquema los principales consumidores del agua tratada son la Carbo eléctricas Carbón I (José López Portillo) y la Carbo eléctrica Carbón II, localizadas en Piedras Negras, Coahuila.

Estas dos consumen el agua para el enfriamiento de los condensadores principalmente, el gasto que utilizan para este enfriamiento es de 2400 l/s, así que el suministro de agua tratada que la planta le sirve es para este fin.



En esta fotografía a podemos observar la tubería T de 72 pulgadas de diámetro, que es la salida del agua de enfriamiento del condensador principal.

ELEMENTOS CON LOS QUE CUENTA LA PLANTA

Esta plata cuenta con los siguientes elementos:

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1. En la entrada a la planta, se colocó una derivación de by-pass que permite desalojar los caudales mayores al caudal máximo de diseño de las unidades de proceso dentro de la planta y que también permite en un momento dado impedir la entrada de agua a la planta, ya sea por condiciones de emergencia o por calidad en las aguas residuales influentes que pudiera perjudicar el proceso.

En esta estructura, se incluyó un medidor para contabilizar el agua, por medio de un canal Parshall con medición ultrasónica.

2. A continuación, se diseñó un cribado fino para impedir la entrada de materiales sólidos (basura principalmente) que perjudica al tratamiento posterior.
3. Enseguida se colocó un desarenador-desgrasador ya que las arenas y sólidos de mediano tamaño de tipo inorgánico perjudican a los equipos de bombeo y afectan al tratamiento biológico, las grasas y natas impiden el correcto intercambio de gases en el aerador, reduciendo su eficiencia.
4. El siguiente paso consiste en la medición del caudal pretratado, por medio de un canal Parshall con medición ultrasónica.
5. Después, el agua pretratada y medida es canalizada por gravedad (al igual que todo el flujo de agua en la planta) al tratamiento secundario, el cual permite principalmente la estabilización de la materia orgánica y la remoción de sólidos suspendidos, por medio de bacterias saprofitas aerobias, quienes llevan a la materia orgánica (la cual se encuentra en forma de compuestos complejos) a compuestos simples, dando al agua un mejor aspecto y calidad. La aeración y mezclado se hacen por medio de aeradores sumergibles (aeración por aspiración). La variable de lodos activados que se emplean en esta planta es la aeración extendida, con un tiempo de retención de 18 hrs. para el gasto medio.

Este tiempo de retención permite a los lodos estabilizarse y prescindir de una digestión o estabilización posterior.

Dentro del tratamiento secundario se considera la sedimentación secundaria que permite la separación de los lodos formados en el tanque de aeración para recircular una parte y eliminar la otra, la cual es llevada a un tratamiento consistente principalmente en espesamiento y deshidratación.

La recirculación de lodos es un parámetro importante en el proceso de lodos activados, ésta recirculación permite alimentar con lodos activos (biomasa) al agua que entra para mejorar la eficiencia del proceso.

6. A continuación, se considera una desinfección con cloro, la cual permite reducir en gran medida el contenido de bacterias y gérmenes patógenos. La cloración también reduce la DBO por oxidación, elimina colores y olores ya que las sustancias que los producen son también oxidadas, al igual que los iones metálicos. El cloro utilizado en la planta es en forma de gas.

7. Enseguida se totaliza el caudal de agua tratada, por medio de una canal Parshall con medición ultrasónica y por último el agua tratada se descarga al Río Bravo.
8. Dentro del tratamiento de los lodos, se considera un espesamiento por gravedad para reducir el volumen y aumentar la concentración de los lodos que posteriormente pasarán a la deshidratación.
9. Una vez espesados, los lodos serán deshidratados para reducir su volumen y facilitar su manejo. La deshidratación se lleva a cabo en filtros prensa de banda, los cuales tienen un funcionamiento continuo.
10. Los lodos deshidratados son almacenados y conducidos al lugar donde se localiza un relleno sanitario (aproximadamente a 1 Km. de la planta) donde son dispuestos.

CAPACIDAD ACTUAL

El diseño inicial de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ciudad Acuña, Coahuila, se diseño con una capacidad media de 250 l/seg. para la primera etapa o capacidad inicial, y la capacidad media total a futuro será de 500 l/seg.

Por otro lado, en lo que se refiere al caudal, la planta tiene la capacidad de tratar sobrecargas permanentes del 10% y también sobrecargas del 20% durante 4 hrs.

Para el diseño del pretratamiento (rejillas y desarenador), se empleó el gasto máximo, considerando éste de 550 l/seg (gasto máximo de 500 l/seg más la sobrecarga del 10%).

Para el diseño del desvío de excedencias ó by-pass de la primera etapa, así como el medidor Parshall respectivo, se consideró un coeficiente de Harmon de 2.0 y un factor de 1.5, resultando éste caudal de 750 l/seg. aunque en condiciones normales el by-pass derivará sólo el caudal que exceda a 300 l/seg. por más de 4 hrs.

Sin embargo, el tamaño de garganta seleccionada también permite la medición adecuada de un caudal de 825 lps (sobrecarga del 10% sobre el caudal máximo extraordinario).

En lo que se refiere a la capacidad, la planta también mostró en el mismo análisis de confiabilidad, la capacidad de tratar sobrecargas en calidad del orden del 10% permanente y del 20% durante 4 hrs.

MODULACIÓN ACTUAL.

En la planta de tratamiento existen dos líneas de agua y dos líneas de lodos, es decir, dos módulos con un caudal medio de 125 l/seg. cada uno (dos unidades para cada proceso).

Cabe hacer mención que en la planta existen interconexiones entre los dos módulos o trenes, permitiendo así una mayor flexibilidad a la operación, ya que en caso de interrupción el funcionamiento de alguna unidad de proceso de alguno de los dos trenes, el agua podrá desviarse hacia el otro tren, además esto permite también la producción de un agua tratada de la misma calidad en ambos módulos.

La modulación de la planta permite la utilización de solamente 10.14 Ha incluyendo la ampliación a futuro, es decir, en un área de 10.14 Ha se tendrá un total de 4 módulos, para tratar 500lps como gasto medio a futuro. (El terreno designado para la planta abarca 30 Ha aproximadamente, por lo que la modulación propuesta utiliza el 34% del terreno).

II.2 NECESIDADES DE LA LOCACIÓN

Ciudad acuña cuenta ya con una planta de tratamiento de aguas residuales, que comenzó su construcción el 18 de septiembre de 1998, ya transcurrido dos años desde su inicio y con un año de trabajo ya pasadas las pruebas, es necesaria la revisión de los efluentes, el crecimiento de la población y de la industria de esta ciudad.

Los efluentes de aguas residuales aumentan en consideración al crecimiento de la ciudad y por esto es que llevamos acabo un estudio del crecimiento de la población y de la industria para considerar si es necesario aumentar el gasto en el influente de la planta.

Ya alcanzada una población actual de 110,487 es necesario revisar los gastos de aguas residuales.

CRECIMIENTO DE LA INDUSTRIA

Cálculo de la Industria Futura

Año	Industrias
1989	68
1994	174
1999	239

$$P = P_2 + K_a * (T - t_2)$$

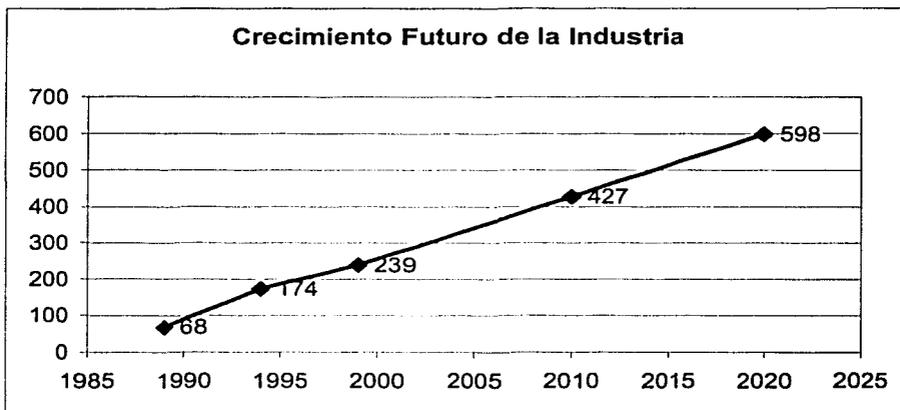
$$K_a = P_2 - P_1 / t_2 - t_1$$

$$K_a = 239 - 68 / 1999 - 1989 = 17.1$$

$$P_{2020} = 239 + 17.1 * (2020 - 1999)$$

$$P_{2020} = 598 \text{ Industrias}$$

TESIS COM
FALLA DE ORIGEN



CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN

Cálculo de la Población Futura

Año	Población
1990	56,336
2000	110,487

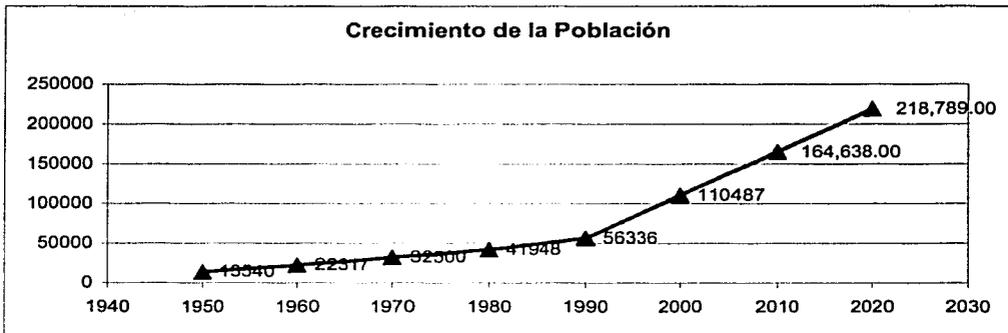
$$P = P_2 + K_a * (T - t_2)$$

$$K_a = P_2 - P_1 / t_2 - t_1$$

$$K_a = 110,487 - 56,336 / 2000 - 1990 = 5,415.1$$

$$P_{2020} = 110,487 + 5,415.1 * (2020 - 2000)$$

$$P_{2020} = 218,789 \text{ habitantes}$$



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**


**REVISIÓN DE
GASTO ACTUAL**

III.1 REVISIÓN DE LOS GASTOS DE DISEÑO

Las proyecciones hasta el año del proyecto se calcularon con dos tasas de crecimiento para diferentes periodos. Para el periodo 1996-2000 con una tasa similar a la obtenida entre los años 1990-1995 (7.68 % anual), y del año 2000 al horizonte del proyecto se consideró una tasa del 4.6 % anual, equivalente a la que se obtuvo para el periodo 1970-1996. Lo anterior considerando las recomendaciones de la CEAS en las bases de licitación.

En la tabla siguiente se presentan los caudales de aguas residuales que se esperan en el transcurso del tiempo, considerando las proyecciones de crecimiento poblacional, la demanda de agua potable y los consumos medios.

AÑO	POBLACIÓN (hab)	DOTACIÓN (l/hab/d)	CAUDAL MEDIO DEMANDA AGUA POTABLE (lps)	APORTACIÓN (l/hab/d)	CAUDAL MEDIO AGUA RESIDUAL (lps)
1996	97,623	372	420	279	315
1997	105,120	365.92	445	274	334
1998	113,194	359.84	471	270	354
1999	121,887	353.76	499	265	374
2000	131,248	347.68	528	261	396
2001	137,285	341.59	543	256	407
2002	143,600	335.51	558	252	418
2003	150,206	329.43	573	247	430
2004	157,116	323.35	588	243	441
2005	164,343	317.27	603	238	453
2006	171,903	311.19	619	233	464
2007	179,810	305.11	635	229	476
2008	188,081	299.03	651	224	488
2009	196,733	292.94	667	220	500
2010	205,783	286.86	683	215	512
2011	215,249	280.78	700	211	525
2012	225,150	274.70	716	206	537
2013	235,507	274.70	749	206	562
2014	246,341	274.70	783	206	587
2015	257,672	274.70	819	206	614
2016	269,525	274.70	857	206	643

Gastos de agua esperados hasta el año 2016

Con los datos anteriores se determinó la capacidad de la PTAR, su modulación y las etapas de crecimiento del propio sistema. El criterio de modulación tolera un margen de sobrecarga hidráulica del 20 % de la capacidad instalada, se considera que en el inicio del programa de saneamiento, será intensa la incorporación de descargas y la complementación de la red de alcantarillado, de tal manera que se alcanzará una cobertura del 90 % en un lapso de cuatro años absorbiendo las zonas de nueva creación.

CALCULO DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO

1. Medidor de demasías

Se empleó un medidor Parshall con flujo libre ($H_b / H_a \leq 0.7$). El canal de alimentaciones de sección rectangular uniforme.

Para la medición de flujos y niveles se emplearon sensores ultrasónicos, los cuales trabajan con pulsos ultrasónicos que miden puntualmente el nivel del agua.

El instrumento consiste en un transmisor basado en un microprocesador y un transductor ultrasónico.

El transmisor se instala arriba del nivel del agua máximo esperado. Para conocer el nivel, el instrumento mide el tiempo tomado por el sonido para viajar a la superficie del agua y regresar (para corregir los cambios en la velocidad del sonido a diferentes temperaturas, se hizo una compensación por temperatura).

Estos instrumentos son instalados a una determinada distancia por encima del nivel del agua máximo esperado para asegurar que siempre haya un espacio libre entre el instrumento y la superficie a medir.

El canal Parshall es uno de los elementos primarios de canal abierto conocidos como canales venturi de flujo crítico. La característica distintiva del canal Parshall es la inclinación invertida hacia debajo de la garganta, lo cual permite al canal operar en rangos de niveles amplios.

Para los cálculos del canal Parshall se hacen las siguientes consideraciones:

Ecuación general

$$Q = 0.3715W^{1.57} (3.28Ha)^{0.016}, \quad Q \text{ en m}^3/\text{seg.}, W \text{ y } H_a, \text{ en m.}$$

Condiciones:

- $H_c = H_a + \frac{V_c^2}{2g} + \frac{M}{4}$, $V_c = \frac{Q}{H_a \times W_c}$
- $H_t = H_e + \frac{V^2}{2g}$
- $H_s = H_e - \Delta H_{e,s}$
- $H_b = H_s - \left(\frac{M}{4}\right)$
- $H_c \leq H_t$

a) Canal aguas arriba del medidor.

Sección:	Rectangular
Relación ancho – tirante:	2:1
Capacidad media:	550 l/seg
Capacidad máxima extraordinaria	850 l/seg
Velocidad a gasto Máximo extraordinario:	0.9 m/seg

Área de la sección Hidráulica:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.85}{0.9} = 0.944 m^2$$

Ancho del canal:	1.30 m.
Tirante (He):	0.73 m.
Altura del canal:	1.10 m.

Pendiente del fondo del canal (Concreto)

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{A}{P_{mojado}} = \frac{0.944}{2(0.73) + 1.30} = 0.342 m$$

$$n = 0.015$$

$$S^{\frac{1}{2}} = \frac{nV}{R^{\frac{2}{3}}}$$

$$S^{\frac{1}{2}} = \frac{0.015(0.9)}{0.342^{\frac{2}{3}}} = 0.0276$$

Altura línea de energía (Ht)

$$Ht = He + \frac{v^2}{2g} = 0.73 + \frac{0.9^2}{2 \times 9.81} = 0.77m$$

b) Condiciones hidráulicas del medidor a gastos máximos (0.850m³/seg)

El análisis se hace para el ancho de garganta de 0.914 m (3 pies)

W	(cm)	91.44
Wc	(cm)	135.26
Ha	(cm)	54.70
ΔHe,s	(cm)	26.00
Ac	(cm)	0.738
Vc	(cm)	1.15
Vc ² /2g	(cm)	6.70
M	(cm)	38.10
M / 4	(cm)	9.53
Hc	(cm)	70.93
Ht	(cm)	77.00
Hc:Ht		Hc<Ht
Hs	(cm)	47.00
He	(cm)	73.00
Hb	(cm)	37.50
Hb / Ha		0.685 (<0.7)

Para gasto máximo extraordinario, el tamaño de garganta W = 3 pies, satisface las relaciones

- a) Hb / Ha < 0.7
- y
- b) Hc < Ht

c) Condiciones hidráulicas del canal aguas arriba del medidor a gastos medios (0.55 m³/seg)

Ancho del canal:	1.30 m
Pendiente del fondo:	0.000762

La sección hidráulica y la velocidad del flujo se determinan por ensaye y error. Se deben satisfacer las ecuaciones de Manning y de continuidad.

$$\bullet V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} ; \quad n = 0.015 \quad , \quad S^{1/2} = 0.0276$$

$$R = \frac{1.30He}{1.30 + 2He} \quad , \quad V = 1.84 R^{2/3}$$

$$\bullet Q = V A ; \quad A = 1.30 He \quad \quad Q = (1.81 R^{2/3})(1.30 He)$$

Obteniéndose:

Tirante (He): 0.53 m.
 Velocidad (Ve): 0.80 m/seg.
 Área hidráulica: 0.689 m²

Altura línea de energía (Ht):

$$Ht = He + \frac{V^2}{2g} = 0.53 + \frac{0.8^2}{2 \times 9.81} = 0.562m$$

d) Condiciones hidráulicas del medidor del gasto medio (0.55 m³/seg)

W	(cm)	91.44
Wc	(cm)	135.26
Ha	(cm)	41.5
ΔHe,s	(cm)	17
Ac	(cm)	0.561
Vc	(cm)	0.98
Vc ² /2g	(cm)	4.90
M	(cm)	38.10
M / 4	(cm)	9.53
Hc	(cm)	55.93
Ht	(cm)	56.20
Hc:Ht		Hc<Ht
Hs	(cm)	36
He	(cm)	53
Hb	(cm)	26.5
Hb / Ha		0.64 (<0.7)

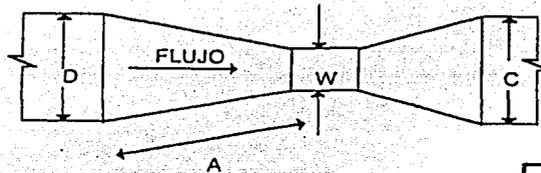
Para gasto medio, el ancho de garganta W = 3 ft, satisface la relación: Hc<Ht, y Hb / Ha < 0.70

Resumen

Se selecciono el tamaño de garganta $W = 0.91$ m (3 ft), que mantiene una descarga libre para el rango de caudales considerados y no se remansará el agua a gasto máximo. Por otro lado, este tamaño de garganta también permite la medición adecuada de un caudal de 850 lps, gasto extraordinario en época de lluvias.

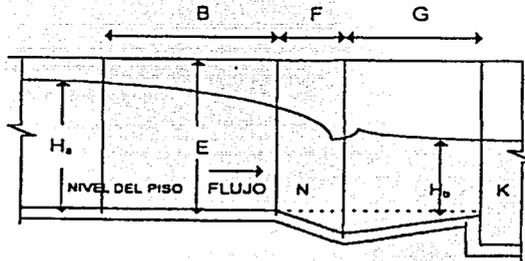
Dimensiones del canal medidor Parshall

$A = 167.64$ cm	$D = 157.16$ cm	$K = 7.62$ cm
$2/3 A = 111.76$ cm	$E = 91.44$ cm	$N = 22.86$ cm
$B = 164.5$ cm	$F = 60.96$ cm	$M = 38.10$ cm
$C = 121.92$ cm	$G = 91.44$ cm	$X = 5.08$ cm
$Y = 7.62$ cm		



PLANTA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



PERFIL

PRETRATAMIENTO

Canal de cribado fino

Número de canales:	2
Longitud del canal:	3 m
Capacidad máxima por canal	550 l/seg

Capacidad de media por canal:	250 l/seg
Velocidad a gasto máximo:	125 l/seg
Tipo de limpieza:	Automática
Inclinación rejillas:	Vertical
Sección:	Rectangular
Relación ancho-tirante	2:1

Área de la sección hidráulica:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.550}{0.9} = 0.62m^2$$

Tirante de agua en el canal a gasto máximo (d_1):

$$h = \sqrt{\frac{A}{2}} = 0.56m$$

Altura = 0.56 m + bordo libre (54 cm) = 1.10 m.

Ancho del canal: $A = 2 h = 1.12 m$

Pendiente del fondo del canal (concreto)

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \qquad R = \frac{A}{P_{mojado}} = \frac{0.627}{2(0.56) + 1.12} = 0.28m$$

$$n = 0.015 \qquad S^{\frac{1}{2}} = \frac{nV}{R^{\frac{2}{3}}} \qquad S^{\frac{1}{2}} = \frac{0.015(0.9)}{0.28^{\frac{2}{3}}} = 0.001$$

- Diseño del sistema de cribado.

- a) Condiciones

El sistema de cribado se diseño para el gasto máximo

- b) Área libre a través de las aberturas de las rejillas:

$$A = 0.62 m^2$$

- c) Ancho libre de las aberturas de las rejillas:

$$\frac{A}{d_1} = \frac{0.62m^2}{0.56m} = 1.11m$$

Número de espacios libres

- Espaciamiento libre entre barras: 1.5 cm

$$\text{Número de espacios} = 111 / 1.5 = 74$$

- d) Numero de barras: 73
- e) Espesor de las barras: 1 cm
- f) Ancho del canal de llegada
 $1.11 \text{ m} + 73 \times 0.01 = 1.84 \text{ m}$
- g) Longitud de las barras: 1.11 m
- h) Profundidad de las barras: 5 cm
- i) Coeficiente de eficiencia
 $C_e = (74 \text{ espacios} \times 1.5 \text{ cm}) / 184 \text{ cm} = 0.60$

Desarenación y desgrasado.

- Descripción del sistema

Los procesos se combinan en una estructura, separando las funciones mediante una mampara.

La remoción de arena se hace por difusión de aire.

El sistema tiene un puente viajero con bomba sumergible para extraer las arenas y descargarlas a un canal que las deposita en un contenedor, a la vez que una paleta superficial concentra las grasas en otro contenedor con cubierta.

- Bases de diseño:

- a) Número de unidades 2
- b) Capacidad por unidad
 - Media: $125 \text{ lps}(450\text{m}^3/\text{h})=7.5\text{m}^3/\text{min}$
 - Máxima: $275 \text{ lps}(990\text{m}^3/\text{h})=16.5\text{m}^3/\text{min}$
- c) Tiempo de retención mínimo en el desarenador a gasto máximo: 10 minutos
- d) Carga hidráulica superficial en el desgrasador a gasto máximo: $20 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \times \text{hr}$
- e) Longitud mínima de canales 15 m
- e) Ancho de la estructura:
 Ancho del desarenador + Ancho del desgrasador + 0.20 m

- Cálculos por unidad

- a) Área y longitud del desarenador.

$$\text{Volumen} = 990 \text{ m}^3/\text{h} \times 10 / 60 = 165 \text{ m}^3$$

$$\text{Si } L = 20 \text{ m, } A_t = 8.25 \text{ m}^2$$

$$\text{Ancho} = 2.5 \text{ m, } \text{Tirante} = 3.30 \text{ m}$$

$$\text{Altura total} = 4.0 \text{ m, } \text{Bordo libre} = 0.70 \text{ m}$$

- b) Área y longitud del desgrasador

$$\text{Área superficial: } \frac{990 \text{ m}^3 / \text{h}}{20 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \times \text{h}} = 49.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Ancho del desgrasador: } 2.5 \text{ m}$$

$$\text{Longitud requerida: } 19.8 \text{ m}$$

- c) Ajuste de parámetros

La longitud de los canales (desarenador y desgrasador) la fija el requisito del desgrasador, si $L = 20 \text{ m}$, se tiene:

$$\text{- Volumen del desarenador: } 8.25 \times 20 = 165 \text{ m}^3$$

-Tiempo de retención del desarenador:

$$\text{A gasto máximo: } 165 / 16.5 = 10 \text{ min}$$

$$\text{A gasto medio: } 165 / 7.5 = 22 \text{ min}$$

- d) Resumen

El sistema desarenador-desgrasador que se colocó, tiene las características siguientes:

$$\text{Número de unidades: } 2$$

$$\text{Longitud de la estructura: } 20 \text{ m}$$

$$\text{Ancho de la estructura: } 2.5 + 2.5 + .02 = 5.20 \text{ m}$$

$$\text{Tirante: } 3.3 \text{ m}$$

$$\text{Altura total: } 4.0 \text{ m}$$

- Requerimientos de aire

- a) $1.5 \text{ m}^3/\text{hr} \times \text{m}^3$ de desarenador

- b) $0.25 \text{ m}^3/\text{min} \times \text{m}$ de longitud del tanque

Cálculos por tren:

a) $1.5 \text{ m}^3/\text{hr} \times \text{m}^3 \times 165 \text{ m}^3 = 247.5 \text{ m}^3/\text{hr}$

b) $0.25 \text{ m}^3/\text{min} \times \text{m} \times 60 \text{ min} / \text{hr} \times 20 \text{ m} = 300 \text{ m}^3/\text{hr}$

El sistema de aire comprimido se diseña para $300 \text{ m}^3/\text{h}$ ($5 \text{ m}^3/\text{min}$) por tren

- Equipo de compresión de aire

a) Número de sopladores rotatorios

Instalados: 3

En operación: 2

b) Capacidad por soplador: $5 \text{ m}^3/\text{min}$

c) Presión atmosférica: $0.999 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ($14.2 \text{ lb} / \text{pulg}^2$) = 735 mm Hg

d) Presión del aire en el nivel de liberación de las burbujas:

$$P_b = \left[\frac{H}{2.3} + \frac{P}{760} \times 14.7 \right] \times 2.036$$

$$H = 3.3 \text{ m} = 10.83 \text{ ft}$$

$$P_b = \left[\frac{10.83}{2.3} + \frac{735}{760} \times 14.7 \right] \times 2.036 = 38.53 \text{ pulg Hg}$$

$$38.53 \text{ pulg Hg} \times 25.4 \times 0.0013595 = 1.33 \text{ kg}/\text{cm}^2 (18.92 \text{ lb}/\text{pulg}^2)$$

Medición del agua pretratada

Se colocó un canal Parshall con flujo libre ($H_b / H_a \leq 0.7$). El canal de alimentación es de sección rectangular uniforme.

Para la medición de flujos y niveles se emplean sensores ultrasónicos, los cuales trabajan con pulso ultrasónicos que miden puntualmente el nivel del agua.

El instrumento consiste en un transmisor basado en un microprocesador y un transductor ultrasónico.

Ecuación general:

$$Q = 0.3715W^{1.57} (3.28Ha)^{0.024}, \text{ Q en m}^3/\text{seg.}, W \text{ y } H_a, \text{ en m.}$$

Condiciones:

- $H_c = H_a + \frac{V_c^2}{2g} + \frac{M}{4}$, $V_c = \frac{Q}{H_a \times W_c}$
- $H_l = H_e + \frac{V^2}{2g}$
- $H_s = H_e - \Delta H_e, s$
- $H_b = H_s - \left(\frac{M}{4}\right)$
- $H_c \leq H_l$

a) Canal aguas arriba del medidor.

Sección:	Rectangular	
Relación ancho – tirante:	2:1	
Capacidad media:	250 l/seg	
Capacidad máxima extraordinaria	300 l/seg	(sobecarga durante 4h)
Capacidad mínima:	125 l/seg	
Velocidad a gasto Máximo extraordinario:	0.9 m/seg	

Área de la sección Hidráulica:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.30}{0.9} = 0.334m^2$$

Tirante de agua en el canal a gasto máximo (d_1):

$$H_e = \sqrt{\frac{A}{2}} = 0.41m$$

Altura = 0.41 m + bordo libre (59 cm) = 1.00 m.

Ancho del canal: $2 H_e = 0.82 m$

Pendiente del fondo del canal (concreto)

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{A}{P_{mojado}} = \frac{0.334}{2(0.41) + 0.82} = 0.204m$$

$$n = 0.015 \quad S^{\frac{1}{2}} = \frac{nV}{R^{\frac{2}{3}}} \quad S^{\frac{1}{2}} = \frac{0.015(0.9)}{0.204^{\frac{2}{3}}} = 0.039$$

Altura línea de energía (Ht):

$$Ht = H_e + \frac{V^2}{2g} = 0.41 + \frac{0.9^2}{2 \times 9.81} = 0.45m$$

b) Condiciones hidráulicas del medidor a gasto máximo (0.30 m³/seg)

El análisis se hizo para distintos anchos de garganta (1 ft, 1ft 6 plg y 2 ft)

W	(cm)	30.48	45.72	61
Wc	(cm)	66.47	83.61	100.75
Ha	(cm)	57.82	44.13	36.54
ΔHE	(cm)	21.34	19.81	15.85
Ac	(m ²)	0.384	0.369	0.368
Vc	(m/s)	0.781	0.813	0.815
Vc ² /2g	(cm)	3.11	3.37	3.39
M	(cm)	38.1	38.1	38.1
M / 4	(cm)	9.53	9.53	9.53
Hc:Ht		70.46	57.03	49.5
Ht	(cm)	45	45	45
Hc	(cm)	Hc>Ht	Hc>Ht	Hc>Ht
Hs	(cm)	19.66	21.19	25.15
He	(cm)	41	41	41
HB	(cm)	10.135	11.665	15.625
Hb / Ha		0.175 (< 0.07)	0.264(< 0.07)	0.43 (< 0.07)

Para gastos máximos, ninguno de los tamaños de garganta, satisfacen la relación

$$H_c < H_t$$

Pero en todos los casos:

$$H_b / H_a < 0.70$$

c) Condiciones hidráulicas del canal aguas arriba del medidor a gasto medio (0.25 m³/seg)

Ancho del canal: 0.82 m

Pendiente del fondo: 0.00152

La sección hidráulica y la velocidad del flujo se determinaron por ensaye y error. Se deben satisfacer las ecuaciones de Manning y de continuidad.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}, \quad n = 0.015 \quad S^{1/2} = 0.039$$

$$R = \frac{0.82He}{0.82 + 2He}, \quad V = 2.6 R^{2/3}$$

$$Q = V A ; \quad A = 0.82 He \quad Q = (2.6R^{2/3})(0.82 He)$$

Obteniéndose:

Tirante (He):	0.35 m
Velocidad (Ve):	0.916 m/seg
Área hidráulica	0.273 m ²

Altura línea de energía (Ht):

$$Ht = He + \frac{V^2}{2g} = 0.35 + \frac{0.916^2}{2 \times 9.81} = 0.393m$$

d) Condiciones hidráulicas del medidor de gasto medio (0.25 m³/seg)

W	(cm)	30.48	45.72	61
Wc	(cm)	66.47	83.61	100.75
Ha	(cm)	51.3	39.2	32.5
ΔHE	(cm)	15.24	13.72	12.19
Ac	(m ²)	0.341	0.328	0.328
Vc	(m/s)	0.733	0.763	0.764
Vc ² /2g	(cm)	2.74	2.97	2.98
M	(cm)	38.1	39.1	38.1
M/4	(cm)	9.53	9.53	9.53
Hc:Ht		63.57	51.7	45.01
Ht	(cm)	39.3	39.3	39.30
Hc	(cm)	Hc>Ht	Hc>Ht	Hc>Ht
Hs	(cm)	35	35	35.00
He	(cm)	19.76	21.28	22.81
HB	(cm)	10.24	11.76	13.29
Hb / Ha		0.20 < 0.07)	0.30 (0.07)	0.41 (< 0.07)

Para gasto medio, ninguno de los tamaños de garganta, satisfacen la relación

$$Hc < Ht$$

Pero en todos los casos:

$$H_b / H_a < 0.70$$

- e) Condiciones hidráulicas del canal aguas arriba del medidor a gasto medio (0.125 m³/seg)

Ancho del canal: 0.82 m
 Pendiente del fondo: 0.00152

Las ecuaciones de Manning y de continuidad se satisfacen para :

Tirante (He): 0.220 m
 Velocidad (Ve): 0.693 m/seg
 Área hidráulica 0.1804 m²
 Altura línea de energía (Ht): 0.2445 m

- f) Condiciones hidráulicas del medidor a gasto mínimo (0.125 m³/seg)

W	(cm)	30.48	45.72	61
Wc	(cm)	66.47	83.61	100.75
Ha	(cm)	32.53	24.98	20.80
ΔHE	(cm)	11.28	9.15	7.62
Ac	(m ²)	0.216	0.209	0.210
Vc	(m/s)	0.578	0.598	0.596
Vc ² /2g	(cm)	1.703	1.823	1.813
M	(cm)	38.10	38.10	38.10
M / 4	(cm)	9.525	9.525	9.53
Hc:Ht		43.76	36.33	32.14
Ht	(cm)	24.76	24.45	24.45
Hc	(cm)	Hc>Ht	Hc>Ht	Hc>Ht
Hs	(cm)	10.72	12.85	14.38
He	(cm)	22.00	22.00	22.00
HB	(cm)	1.195	3.325	4.855
Hb / Ha		0.037 < 0.07	0.133 > 0.07	0.233 < 0.07

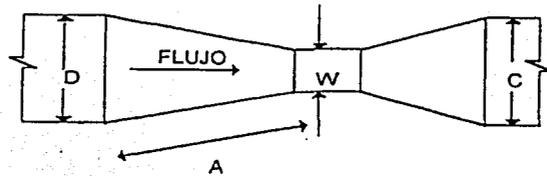
Para gasto mínimo, no se cumple, para ninguno de los anchos de garganta la relación: Hc < Ht, aunque en todos los casos: Hb / Ha < 0.70

Resumen

Se selecciono el tamaño $W = 0.61 \text{ m}$ (2 ft) debido a que éste produce el menor remanso de agua y mantiene una descarga libre para el rango de caudales considerados, además permite la medición de (si llegase a presentarse) un gasto máximo instantáneo de 500 lps.

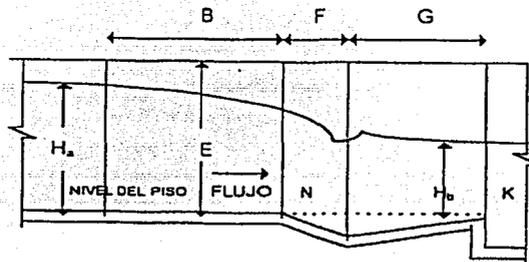
Dimensiones del canal medidor Parshall

$A = 152.4 \text{ cm}$	$D = 120.65 \text{ cm}$	$K = 7.62 \text{ cm}$
$2/3 A = 101.6 \text{ cm}$	$E = 91.44 \text{ cm}$	$N = 22.86 \text{ cm}$
$B = 149.54 \text{ cm}$	$F = 60.96 \text{ cm}$	$M = 38.10 \text{ cm}$
$C = 91.44 \text{ cm}$	$G = 91.44 \text{ cm}$	$X = 5.08 \text{ cm}$
$Y = 7.62 \text{ cm}$		



PLANTA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



PERFIL

CAJA DISTRIBUIDORA

Después del canal medidor Parshall, se tendrá una caja de distribución que permitirá separar el caudal en dos, para dirigirse a los tanques de aeración.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

Proceso de lodos activados

- Variante:	Aeración extendida
- Número de reactores	2
- Caudal medio por unidad	125lps (450 m ³ /h),(10,800m ³ /d)
- Oxígeno Disuelto	2 mg/l
- Temperatura del agua	11.20 a 20 °C
- Presión Atmosférica	0.999 kg/cm ² = 0.967 atm
- DBO ₅ influente	250 mg/l

- SST influente 250 mg/l (La composición promedio de las aguas residuales indica una concentración de SST de 220 mg/l pero por posibles variaciones hemos considerado para el cálculo una concentración de 250 mg/l).

a) Volumen del tanque:

Considerando un tiempo de retención de 18 hrs:

$$V = Q T = 450 \text{ m}^3/\text{h} \times 18 \text{ h} = 8100 \text{ m}^3$$

Y la carga orgánica será:

$$10,800 \text{ m}^3/\text{d} \times 0.25 = 2700 \text{ kg} / \text{d}$$

$$2700 \text{ kg} / \text{d} / 8100 \text{ m}^3 = 0.33 \text{ kg} / \text{m}^3 \times \text{d} \quad (\text{acceptable})$$

b) Dimensiones de los tanques de aeración.

Largo = 52.0 m

Tirante de agua = 6.0 m

Ancho = 26.0 m

Bordo libre = 0.50 m

c) Relación F / M

$$M = X_{va} V$$

Para conocer a X_{va} , la despejaremos de la siguiente ecuación:

$$t = (f \times a \times Sr) / (b \times X_{va})$$

Donde:

$$t = 18 \text{ hrs (0.75 día)}$$

$$f = 0.77$$

$$a = 0.7$$

$$S_r = 0.25 \text{ kg / m}^3 - 0.03 \text{ kg / m}^3 = 0.22 \text{ kg / m}^3$$

$$b = 0.045 \text{ día}^{-1}$$

$$X_{va} = \frac{f \times a \times S_r}{b \times l} = \frac{0.77 \times 0.7 \times 0.22}{0.045 \times 0.75} = 3.5 \text{ kg / m}^3$$

Entonces:

$$M = 3.5 \times 8100 = 28,350 \text{ kg/d}$$

$$F / M = 2700 / 28,350 = 0.095 \text{ d}^{-1}$$

$$\text{SST} = 3500 / 0.8 = 4375 \text{ mg/l (4.375 kg/m}^3\text{)}$$

d) Recirculación de lodos

$$r = \frac{[X_{va} - (1-f) \times Y \times (S_f - S_e)]}{X_{vu} - X_{va}}$$

$$X_{va} = 3.5 \text{ kg / m}^3$$

$$f = 0.77$$

$$Y = 0.70$$

Considerando diferentes concentraciones del lodo del fondo del sedimentador, la recirculación de lodos sería la siguiente:

Xvu Kg/m ³	r %
7	99
8	77
9	63
10	53

Este cálculo consideraremos la concentración de Xvu de 8 kg / m³

$$r = \frac{[3.5 - (1 - 0.77) \times 0.60 \times (0.25 - 0.03)]}{8 - 3.5} = 0.77$$

e) Requerimientos de oxígeno para el proyecto

1.80 kg O₂ / kg DBO₅

1.80 kg O₂ / kg DBO₅ × 2700 kg DBO₅ / d = 4860 kg O₂ / d

- Tasa de transferencia de oxígeno en condiciones estándar:

No = 1.10 kg O₂ / HP × h (26.4 kg O₂ / HP × d)

$$N_o = \frac{N}{\left[\frac{(\beta \times C_s) - C_l}{9.17} \right] \times \alpha \times 1.024^{(T_r - 20)}}$$

Donde :

No = Tasa de transferencia de oxígeno en condiciones estándar

N = Tasa de transferencia de oxígeno en condiciones de proyecto.

β = 0.95

α = 0.85

C_l = Oxígeno disuelto = 2 mg/l

T_c = Temperatura de operación (11.20 a 20°C)

C_s = Concentración de saturación de oxígeno en agua limpia

C_s = 14.652 - 0.41022 T_c + 0.007991 T_c² - 0.000077774 T_c³

a) Cuando T = 11.20°C; C_s = 10.951 mg/l

Por lo que N será:

$$N = 26.4 \left[\frac{(0.95 \times 10.951) - 2}{9.17} \right] \times 0.85 \times 1.024^{(11.20 - 20)}$$

N = 16.64 kg O₂ /HP × d

b) Cuando T = 20°C; C_s = 9.022mg/l

Por lo que N será:

$$N = 26.4 \left[\frac{(0.95 \times 9.022) - 2}{9.17} \right] \times 0.85 \times 1.024^{(20 - 20)}$$

N = 16.03 kg O₂ /HP × d

Se considero una eficiencia de transferencia de oxígeno en condiciones de proyecto de:

$$N = 16.03 \text{ kg O}_2 / \text{HP} \times d \text{ (} 0.668 \text{ kg O}_2 / \text{HP} \times h \text{)}$$

f) Potencia requerida:

$$\frac{4860 \text{ kg O}_2 / d}{16.03 \text{ kg / kW} \times d} = 303 \text{ HP} \quad \text{por tanque, en total 606 HP}$$

g) Arreglo de los aeradores sumergibles.

Superficie del tanque: 1352 m²

Las unidades recomendadas son de 40 HP

Considerando 10 unidades de 40 HP (por tanque), se tiene:

$$\text{Superficie por unidad} = 135.20 \text{ m}^2$$

$$\text{Radio de influencia} = 6.56 \text{ m}$$

$$\text{Potencia instalada por tanque: } 400 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia total instalada} \quad 800 \text{ HP}$$

NOTA: Siendo la demanda para condiciones normales de operación 303 HP, se consideró una potencia instalada de 400 HP por tanque debido a que los 400 HP permitirán el correcto funcionamiento de la planta en condiciones de sobrecarga en caudal y contaminantes. (De acuerdo con lo solicitado por la CEAS en las bases de la licitación y en oficio No. 3008/97 con fecha del 11 de diciembre de 1997).

Por otro lado cabe hacer mención que los equipos sumergibles de aeración cuentan con sensores automáticos de oxígeno disuelto que permiten controlar el arranque y paro de los equipos y así reducir los costos de energía eléctrica cuando la cantidad de oxígeno requerida sea menor (cuando no se presenten sobrecargas en calidad ni en caudal).

Sedimentación secundaria.

- Número de unidades: 2

- Capacidad media por unidad 125 l/seg (450m³/h), (10,800m³/d)

- Sección: Circular

1. Carga de sólidos

Considerando en el proceso de aeración extendida un 23% de materia no biodegradable, se tiene:

$$4.375 \text{ kg / m}^3 + (0.23 \times 0.25 \text{ kg / m}^3) = 4.4325 \text{ kg / m}^3$$

$$4.4325 \text{ kg / m}^3 \times 450 \text{ m}^3 / \text{h} = 1995 \text{ kg / h}$$

Carga de sólidos recomendada:	0.98 – 4.8 kg / m ² x h
Superficie requerida:	416 – 2,036 m ²
2. Tasa de derrame:	8 – 16 m m ² x d
Superficie requerida:	675 – 1,350 m ²

Si d = 30.48 m (100 pies), As = 729.66 m²

- o Tasa de derrame: 14.81 m³ / m² x d
- o Carga de sólidos: 2.735 kg / m² x h
- o Profundidad hidráulica en la pared recta del tanque 3.6 m
- o Bordo libre: 0.50 m
- o Pendiente del fondo: 8.3%
- o Volumen hidráulico: 2,626 m³
- o Tiempo de retención: 5.83 hrs
- o Vertedor perimetral 95.75 m de longitud
- o Carga hidráulica sobre el vertedor: 113 m³ / m x d
- o Exceso de lodos

Corresponde a la porción no biodegradable de los sólidos suspendidos (considerada del 23%), ya que $\Delta X_v \approx 0$

Por cada tanque:

$$0.23 \times 0.25 \text{ kg / m}^3 \times 10,800 \text{ m}^3 / \text{d} = 621 \text{ kg / d (peso seco)}$$

Concentración de sólidos:	0.8 %
Peso húmedo:	77,625 kg/d
Densidad del lodo:	1.001
Volumen diario:	78 m ³ por unidad
Volumen total diario:	156 m ³

DESINFECCIÓN CON CLORO

- Gasto medio 0.25 m³ / seg (21,600 m³/d)

- Gasto máximo: 0.50 m³ / seg (1800 m³ / h)

Se empleó gas cloro en solución.

- Dosificación de gas cloro: 6 gr / m³

- Requerimientos de gas cloro

Con gasto medio: 130 kg / d (287lb/d)

Con gasto máximo: 11 kg / h

- Agua para la solución de cloro

Se emplea agua tratada.

Requerimiento: De 27 a 54 l/min por cada 100 kg de gas cloro por aplicar.

Se emplean 52 l/min (14 gpm) de agua tratada filtrada para la solución de cloro.

- Almacenamiento de cloro

Se emplean contenedores de 907 kg de capacidad neta.

La extracción de cloro gas es continua con la tasa requerida para la desinfección (130 kg/d) con lo que no se necesitan evaporadores ya que la extracción máxima recomendable es de 181 kg/d (400 lb/d).

- Condiciones de operación

Se tienen dos contenedores conectados para satisfacer la demanda media diaria y la máxima horaria y de reserva otros dos conectados.

- Contenedores en almacén

Para 30 días de operación se requieren 5 contenedores.

En total se tendrán 7 contenedores, dos en operación.

- Eyección de la solución de cloro

Diámetro de la garganta: 5.08 cm (2")

Material: Bronce

Presión de operación

contrapresión 1.406 kg / cm² (20 lb / plg²)

Presión de descarga

del sistema de impulsión: 3 kg / cm² (42.67 lb / plg²)

- **Bombeo de ayuda**

Tipo:	Turbina
Número:	Dos, una en operación
Capacidad:	523 l / min
Carga:	32 m columna de agua
Motor:	2 HP

- **Dosificador de cloro**

Número:	dos, uno en operación
Tipo:	Medición al vacío con orificio variable
Capacidad máxima:	11 kg/h (24 lb/h)
Capacidad media:	130 kg/d (287 lb/d)
Rotámetro:	Con rango 20:1
Gabinete:	Montaje en pared
Control:	Manual

- **Tanque de contacto de cloro**

Número:	Uno
Tiempo de retención a gasto medio:	30 minutos
Flujo:	A pistón
Volumen hidráulico requerido:	450 m ³

Características del tanque:

Estructura de concreto reforzado, con mamparas para formar 10 canales de 36 m de largo, 1.0 m de ancho, 1.25 m de tirante de agua y velocidad de gasto medio de 0.2 m/seg.

Dimensiones del tanque de contacto

(no incluyen los espesores de los muros exteriores):

36.50 m x 11.8 m x 1.75 m de altura. (bordo libre de 0.50 m)

- Aplicación de la solución de cloro
Mediante un difusor construido por tubería y conexiones de PVC clase RD-26, de 102 mm (4") de diámetro, con barrenos laterales de 9.5 mm (3/8") de diámetro separados 38 mm centro a centro.

- Sala de almacenamiento y dosificación.

Para almacenar 7 contenedores de cloro de 907 kg de capacidad con dimensiones de 2.1 m de largo, 0.76+ m de diámetro, se requiere una sala de 12 m de largo, 6 m de ancho y 6 m de altura.

La sala de cloradores es de 4.0 m de largo, 6 , de ancho y 3 m de altura, con ventilación natural a nivel de piso. Se localiza anexa a la sala de contenedores.

- Polipasto eléctrico

Capacidad:	3 toneladas
Elevación máxima:	6 m
Traslación:	Trole motorizado en un eje
Velocidad de izaje:	4 m / min
Velocidad de traslación:	10 m / min
Motor eléctrico:	3 HP, 220/440 volts, 60 hz, 3 fases

MEDICION DE AGUA TRATADA

Se tiene un canal medidor Parshall con flujo libre ($H_b / H_a \leq 0.7$). El canal de alimentación es de sección rectangular uniforme.

Para la medición de flujos y niveles se emplean sensores ultrasónicos, los cuales trabajan con pulsos ultrasónicos que miden puntualmente el nivel del agua.

El instrumento consiste en un transmisor basado en un microprocesador y un transductor ultrasónico.

a) Canal de aguas arriba del medidor

Sección:	rectangular
Relación ancho-tirante:	2:1
Capacidad media por canal:	250 l/seg
Capacidad máxima por canal:	300 l/seg
Capacidad mínima por canal:	125 l/seg
Velocidad a gasto máximo:	0.9 m/seg

Área de las sección hidráulica:

$$A = Q / V = 0.0 / 0.9 = 0.4 \text{ m}^2$$

Tirante de agua máximo (He):

$$He = \sqrt{\frac{A}{2}} = 0.41 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 0.41 \text{ m} + \text{bordo libre (59 cm)} = 1.00 \text{ m.}$$

$$\text{Ancho del canal: } 2 He = 0.82 \text{ m}$$

Pendiente del fondo del canal (concreto)

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{A}{P_{\text{mojado}}} = \frac{0.334}{2(0.41) + 0.82} = 0.204 \text{ m}$$

$$n = 0.015$$

$$S^{\frac{1}{2}} = \frac{nV}{R^{\frac{2}{3}}}$$

$$S^{\frac{1}{2}} = \frac{0.015(0.9)}{0.204^{\frac{2}{3}}} = 0.039$$

$$S = 0.00152$$

Altura línea de energía (Ht):

$$Ht = He + \frac{V^2}{2g} = 0.41 + \frac{0.9^2}{2 \times 9.81} = 0.45 \text{ m}$$

Debido a que los rangos de caudal y las condiciones de funcionamiento son iguales a los correspondientes al medidor de agua pretratada, de emplea un medidor igual en ambos casos, por lo que: Tamaño de garganta: $W = 2 \text{ ft}$

Otras dimensiones del canal medidor Parshall:

A = 152.4 cm	D = 120.65 cm	K = 7.62 cm
2/3 A = 101.6 cm	E = 91.44 cm	N = 22.86 cm
B = 149.54 cm	F = 60.96 cm	M = 38.10 cm
C = 91.44 cm	G = 91.44 cm	X = 5.08 cm
Y = 7.62 cm		

ESPESAMIENTO DE LODOS

- Gasto de lodos secundarios:	156 m ³ / d (total)
- Peso seco de sólidos:	1242 kg/d
- Número de unidades:	2
- Capacidad media por unidad:	78 m ³ / d
- Tipo de espesador:	Por gravedad
- Captura de sólidos:	80 %
- Sólidos en el sobrenadante:	20 %
- Tasa hidráulica:	2 – 4 m ³ / m ² x d
- Carga de sólidos:	10 – 35 kg / m ² x d
- Concentración de lodo secundario:	0.8 %
- Peso volumétrico del lodo secundario:	1.001 ton / m ³
- Concentración de lodo espesado:	3 %
- Peso volumétrico del lodo espesado:	1.004 ton / m ³
- Carga de lodos por unidad:	621 kg / d (peso seco)
- Peso de sólidos capturados:	497 kg / d

- Gasto de lodos espesados por unidad:

$$Q_{LE} = \frac{497}{0.3 \times 1004} = 16.5 \text{ m}^3 / \text{d}$$

- Sobrenadante

$Q_{SN} = 78 - 16.5 = 61.5 \text{ m}^3 / \text{d}$ por unidad, en total son 123 m³ / d

Peso de sólidos: 248.4 kg/d (total)

Concentración de sólidos: 2,020 mg/l

- Diseño de los tanques

Área superficial por carga de sólidos:

$$As = 17.74 \text{ a } 62.1 \text{ m}^2$$

Área superficial por tasa hidráulica

$$As = 19.50 \text{ a } 39 \text{ m}^2$$

Si $d = 6.10 \text{ m}$ (20 pies) $As = 29.21 \text{ m}^2$ (neta)

Por lo tanto:

- Carga de sólidos: $21.26 \text{ kg} / \text{m}^2 \times d$

- Tasa hidráulica: $2.67 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \times d$

Tirante de agua en la zona recta: 3.05 m (10 pies)

Pendiente del piso: 23%

Pozo de alimentación:

- Diámetro: 2.44 m (8 pies), altura: 1.07 m (3'6")

- Área superficial 4.67 m^2

Diámetro de tubería influente: 0.152 m (6")

Área superficial total del tanque: 33.88 m^2

Diámetro del tanque: 3.82 m

Altura hidráulica en el centro del tanque:

$$3.05 \text{ m} + 0.77 \text{ m} = \quad \quad \quad 3.82 \text{ m}$$

Bordo libre: 0.58 m

Altura total en el centro del tanque: 4.40 m

- Zonas de los tanques espesadores

Bordo libre

Líquido sobrenadante

Sedimentación

Espesamiento

- Zona de espesamiento

Concentración promedio de lodos: 1.9%

Volumen de la carpeta de lodos: $29.21 \times h$

Peso de sólidos:

$$W_s = 29.21 \times h \times 0.019 \times 1004$$

$$W_s = 557.21 \times h$$

Carga de sólidos: 621 kg/d

Para 24 hrs de tiempo de retención de lodo en la zona de espesamiento, se tiene:

$$\frac{557.21 \times h(\text{kg})}{621(\text{kg/d})} = 1 \text{ dia}, \quad h = 1.11 \text{ m}$$

Se considera $h = 1.25 \text{ m}$

- Distribución de las zonas en la pared recta de los espesadores (3.05 m).

Líquido sobrenadante: 0.8 m

Zona de sedimentación: 1.0 m

Zona de espesamiento: 1.25 m

Deshidratación de lodos por medio de filtros banda.

- Número de filtros banda: 2 (operando uno)
- Caudal de lodo espesado por unidad: 16.5 m³/d
- Caudal total diario: 33 m³/d
- Concentración de lodo espesado: 3 %
- Peso volumétrico del lodo espesado: 1.004 ton / m³
- Peso total de sólidos: 994 kg/d (peso seco)
- Sólidos en la torta desaguada: Entre 15 % y 18 %
- Densidad de la torta: 1.018
- Carga de lodos: 25 kg/m³ = 1.1 ton/m³
- Polímero para acondicionamiento: 6 kg/ton sólidos
- Peso del polímero líquido: 1,100 kg/m³ = 1.1 ton/m³
- Gasto de lavado de bandas: 151 l/min x m
- Operación normal: 24 hrs/d, 7 días por semana

• Cálculos

Sólidos con 3% de concentración	33,134 kg/d
Producción semanal de lodos:	231,938 kg
Peso seco:	6,958 kg/semana
Peso diario:	994 kg
Tasa horaria:	41.42 kg

- Polímero:

$$0.04142 \text{ ton/hr} \times 6 \text{ kg/ton} \times 24 \text{ hr/d} = 5.964 \text{ kg/d} \quad (0.285 \text{ kg/h})$$

Peso polímero líquido: 1.1 ton/m³

Volumen de polímero a dosificar diariamente:

$$\frac{0.005964 \text{ ton/d}}{1.1 \text{ ton/m}^3} = 0.00542 \text{ m}^3 / \text{d} = 5.422 \text{ l/d}$$

Con una solución al 5% de concentración:

$$5.422 / 0.05 = 108.45 \text{ l/d} = 4.52 \text{ l/hr} \quad (0.00452 \text{ m}^3/\text{h})$$

- Ancho de banda:

$$A_b = \frac{421.42 \text{ kg/hr}}{25 \text{ kg/m} \times \text{hr}} = 1.66 \text{ m se eligen 2 m}$$

- Balance de sólidos y flujos

o Flujos

Gasto de lodos y polímero + Gato de lavado = gasto de filtrado + Gasto de la torta.

- Gasto de lodo y polímero:

$$33 \text{ m}^3/\text{d} + 0.1085 \text{ m}^3/\text{d} = 33.1085 \text{ m}^3/\text{d}$$

- Gasto de lavado: 151 lpm/m x 2 m x 60 min/hr x 24 hr/d x 10⁻³

$$Q_L = 436 \text{ m}^3/\text{d}$$

Por lo que:

$$Q_s + Q_f = 33.01085 + 436 = 469.11 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$152.7 Q_s + 0.909 Q_f = 1,000.044 \dots\dots\dots(1)$$

$$Q_s + Q_f = 469.11 \dots\dots\dots(2)$$

Resolviendo, se obtiene:

$Q_s = 3.78 \text{ m}^3/\text{d}$ con 15 % de sólidos y densidad 1.018

$Q_f = 465.33 \text{ m}^3/\text{d}$

- Almacenamiento del polímero

Para 30 días de operación:	179 kg
Peso del polímero líquido:	1.1 ton/ m ³
Volumen neto de almacenamiento:	0.20 m ³
Número de depósitos:	2, uno en operación

- Dosificación del polímero

Peso seco diario:	5.964 kg/d
Peso húmedo (5% conc.):	119.28 kg/d
Volumen diario de solución:	0.119 m ³ /d
Peso específico de la solución:	1.0046 ton/m ³
Número de tanques:	2, uno en operación
Volumen de los tanques:	360 lts c/u

Bombas de transferencia del polímero

- De los tanques de almacenamiento a los tanques de solución

Número:	2, una en operación
Tipo:	Desplazamiento positivo de diafragma
Carga:	5 m.c.a.
Capacidad media:	4.5 l/h
Motor eléctrico:	0.25 HP c/u

- De dosificación de la solución

Número:	2, una en operación
Tipo:	Desplazamiento positivo de diafragma
Carga:	5 m.c.a.
Capacidad media:	5 l/h
Motor eléctrico:	0.25 HP c/u

- Tanque de acondicionamiento de lodos
Se alimenta del cárcamo de lodos espesados.

Número: 1
 Función: Mezcla el lodo espesado con la solución del polímero
 Tiempo de contacto: 20 min
 Gasto de lodo a deshidratar: 33 m³/día (23 l.p.m.)
 Volumen neto del tanque: 0.512 m³

Dimensiones: Tirante = 0.80 m, Bordo libre = 0.40 m
 Largo = 0.80m, Ancho = 0.80 m

Sistema de agitación:

$$P = \mu V G^2$$

Donde:

μ a 20°C (Temp. Mínima): 1.0279 x 10⁻⁴ kg seg/m²
 G = gradiente mínimo de velocidad: 200 seg⁻¹
 V = Volumen del tanque: 0.25 HP

- Bomba de transferencia de lodos acondicionados al filtro banda.
 Número: 2, una en operación
 Tipo: Desplazamiento positivo, cavidad progresiva
 Carga: 7 m.c.a.
 Capacidad: 34.5 l.p.m.
 Motor eléctrico: 1.5 HP
- Almacenamiento de lodo desaguado.
 Transporte por banda a un silo de almacenamiento, descarga por tolva del silo a camión de volteo para su disposición final.

2 silos, uno llenándose y otro vaciándose

Volumen de lodo desaguado:	5.67 m ³ /día
Capacidad por silo:	4.5 m ³
Dimensiones:	1.7 x 1.7 x 1.7 m (pared recta)
Pendiente del fondo:	45°
Altura en el centro:	2.55 m

NOTA: Para el diseño de equipos de bombeo, así como para el transporte de lodos deshidratados; la producción de lodos en exceso (purga), se consideró 50% mayor al valor obtenido en el cálculo por posibles variaciones en calidad y cantidad del agua cruda influente a la planta ya que dicho cálculo contempló una concentración promedio de aguas residuales sin realizar la caracterización.

Transporte y disposición final de lodos

Los lodos producidos, una vez espesados y deshidratados son transportados y dispuestos tal como se estipuló en la disposición de lodos residuales, como rellenos en basureros, etc.

RELACIONES VOLUMEN – PESO DE LOS LODOS

Densidad de materia sólida

$$\frac{W_s}{S_s} = \frac{W_f}{S_f} + \frac{W_v}{S_v} \quad S_f = 2.5, \quad S_v \approx 1.0 \quad W_s = W_f + W_v$$

Si $W_f = 0.2 W_s$ y $W_v = 0.8 W_s$

$$\frac{1}{S_s} = \frac{0.2}{2.5} + \frac{0.8}{1} = 0.88; \quad S_s = 1.136$$

- Lodo secundario con 99.2% de agua y 0.8% de sólidos

$$\frac{1}{S_s} = \frac{0.008}{1.136} + \frac{0.992}{1} = 0.999; \quad S_s = 1.001$$

- Lodo espesado con 97% de agua y 3% de sólidos

$$\frac{1}{S_s} = \frac{0.03}{1.136} + \frac{0.97}{1} = 0.996; \quad S_s = 1.004$$

III.2 REVISIÓN DE LOS GASTOS REALES

Volúmenes y gastos promedios de agua tratada por la PTAR de Acuña, Coahuila

En la tabla siguiente observaremos como el gasto del efluente se a incrementado en los últimos días del mes de junio y esto nos llevara a la revisión de los gastos del influente ya que con las perdidas que se tienen por evaporación y la deshidratación de los lodos existen perdidas de agua tratada.

Volúmenes y gastos promedios del agua residual en la PTAR de

VOLUMENES Y GASTOS PROMEDIOS TRATADOS DEL SEGUNDO TRIMESTRE 2003								
DEL: 01 DE ABRIL AL: 30 DE ABRIL			DEL: 01 DE MAYO AL: 31 DE MAYO			DEL: 01 DE JUNIO AL: 30 DE JUNIO		
FECHA	VOLUMEN m3	GASTO PROM DIARIO P/s	FECHA	VOLUMEN m3	GASTO PROM DIARIO P/s	FECHA	VOLUMEN m3	GASTO PROM DIARIO P/s
01/04/2003	14851	171.89	01/05/2003	12168	140.83	01/06/2003	10636	123.10
02/04/2003	11861	137.28	02/05/2003	9895	114.53	02/06/2003	10267	118.83
03/04/2003	13739	159.02	03/05/2003	13570	157.06	03/06/2003	8636	99.95
04/04/2003	14386	166.50	04/05/2003	15198	175.90	04/06/2003	11238	130.07
05/04/2003	10678	125.90	05/05/2003	11998	138.87	05/06/2003	12277	142.09
06/04/2003	13452	155.69	06/05/2003	11937	138.16	06/06/2003	11336	131.20
07/04/2003	14932	172.82	07/05/2003	12810	148.26	07/06/2003	12144	140.56
08/04/2003	12980	150.23	08/05/2003	13451	155.68	08/06/2003	11217	129.83
09/04/2003	12852	148.87	09/05/2003	12265	141.96	09/06/2003	13549	156.82
10/04/2003	14111	163.32	10/05/2003	11156	129.12	10/06/2003	12702	147.01
11/04/2003	13278	153.68	11/05/2003	10118	117.11	11/06/2003	12095	139.99
12/04/2003	14789	171.17	12/05/2003	11974	138.59	12/06/2003	12592	145.74
13/04/2003	10915	126.33	13/05/2003	9545	110.47	13/06/2003	13081	151.40
14/04/2003	11877	137.47	14/05/2003	10853	125.61	14/06/2003	12797	148.11
15/04/2003	12741	147.47	15/05/2003	11316	130.97	15/06/2003	12684	146.57
16/04/2003	13985	161.86	16/05/2003	10427	120.68	16/06/2003	13732	158.94
17/04/2003	11441	132.42	17/05/2003	9781	112.97	17/06/2003	11843	137.07
18/04/2003	13093	151.54	18/05/2003	9817	113.82	18/06/2003	13289	153.81
19/04/2003	12486	144.51	19/05/2003	10748	124.40	19/06/2003	13990	161.92
20/04/2003	9822	113.68	20/05/2003	10388	120.23	20/06/2003	19825	227.14
21/04/2003	11796	136.53	21/05/2003	10180	117.82	21/06/2003	20520	237.50
22/04/2003	13344	154.44	22/05/2003	10069	116.54	22/06/2003	19859	229.85
23/04/2003	10870	125.81	23/05/2003	9843	113.92	23/06/2003	18445	213.46
24/04/2003	11792	136.48	24/05/2003	10682	127.11	24/06/2003	15017	173.81
25/04/2003	11001	127.33	25/05/2003	9865	114.18	25/06/2003	19009	220.01
26/04/2003	11122	128.73	26/05/2003	11481	132.88	26/06/2003	20812	240.88
27/04/2003	113379	1312.26	27/05/2003	8487	98.23	27/06/2003	21084	243.80
28/04/2003	12782	147.94	28/05/2003	16064	185.83	28/06/2003	20000	231.48
29/04/2003	10020	115.97	29/05/2003	12372	143.19	29/06/2003	19849	227.42
30/04/2003	10625	122.97	30/05/2003	10036	116.16	30/06/2003	21040	243.52
			31/05/2003	9899	112.26			

Acuña, Coahuila

Los resultados obtenidos en los últimos meses han sido de gran expectación ya que la creación de los nuevos colectores han aumentado el gasto del influente y sobrepasara el límite de 250 l/seg, así con esto llegaremos a una propuesta para la ampliación de esta planta y evitar algunos años más la construcción de la segunda etapa de construcción de esta.

Se ha observado que el gasto del influente en el mes de julio del 2003 se ha incrementado hasta alcanzar el límite de 250 l/seg del influente y ha sobrepasado este gasto hasta por más del 10%, esto nos lleva a que es necesario una ampliación o comenzar a pensar en la creación de la segunda etapa del proyecto.

VOLUMENES Y GASTOS PROMEDIOS DEL INFLUENTE DEL SEGUNDO TRIMESTRE 2003								
DEL: 01 DE ABRIL AL: 30 DE ABRIL			DEL: 01 DE MAYO AL: 31 DE MAYO			DEL: 01 DE JUNIO AL: 30 DE JUNIO		
FECHA	VOLUMEN m3	GASTO PROM. DIARIO l/s	FECHA	VOLUMEN m3	GASTO PROM. DIARIO l/s	FECHA	VOLUMEN m3	GASTO PROM. DIARIO l/s
01/04/2003	16140	201.73	01/05/2003	13457	155.75	01/06/2003	11925	138.02
02/04/2003	13150	152.20	02/05/2003	11184	129.45	02/06/2003	11560	133.75
03/04/2003	15028	173.94	03/05/2003	14859	171.96	03/06/2003	9025	114.87
04/04/2003	15675	181.42	04/05/2003	16487	180.82	04/06/2003	12527	144.89
05/04/2003	12167	140.82	05/05/2003	13287	153.79	05/06/2003	13506	157.01
06/04/2003	14741	170.61	06/05/2003	13226	153.06	06/06/2003	12625	146.12
07/04/2003	16221	187.74	07/05/2003	14099	163.18	07/06/2003	13433	155.46
08/04/2003	14269	165.15	08/05/2003	14740	170.60	08/06/2003	12506	144.75
09/04/2003	14151	163.79	09/05/2003	13554	156.88	09/06/2003	14638	171.74
10/04/2003	15400	178.24	10/05/2003	12445	144.04	10/06/2003	13891	161.83
11/04/2003	14567	168.00	11/05/2003	11407	132.03	11/06/2003	13384	154.91
12/04/2003	16078	186.09	12/05/2003	13263	153.51	12/06/2003	13881	160.66
13/04/2003	12204	141.25	13/05/2003	10834	125.39	13/06/2003	14370	166.32
14/04/2003	13166	152.36	14/05/2003	12142	140.53	14/06/2003	14066	163.03
15/04/2003	14030	162.36	15/05/2003	12605	145.69	15/06/2003	13953	161.49
16/04/2003	15274	176.78	16/05/2003	11716	135.60	16/06/2003	15021	173.86
17/04/2003	12730	147.34	17/05/2003	11050	127.69	17/06/2003	13132	151.99
18/04/2003	14382	166.46	18/05/2003	11106	126.54	18/06/2003	14578	168.73
19/04/2003	13775	159.43	19/05/2003	12037	139.32	19/06/2003	15279	176.84
20/04/2003	11111	128.60	20/05/2003	11677	135.15	20/06/2003	20914	242.06
21/04/2003	13095	151.45	21/05/2003	11469	132.74	21/06/2003	21809	252.42
22/04/2003	14633	169.36	22/05/2003	11358	131.46	22/06/2003	21146	244.77
23/04/2003	12156	140.73	23/05/2003	11132	128.64	23/06/2003	19734	228.40
24/04/2003	13081	151.40	24/05/2003	12271	142.03	24/06/2003	16306	188.73
25/04/2003	12290	142.25	25/05/2003	11154	129.10	25/06/2003	20286	234.93
26/04/2003	12411	143.65	26/05/2003	12770	147.60	26/06/2003	22101	255.80
27/04/2003	114668	1327.18	27/05/2003	9776	113.15	27/06/2003	22353	258.72
28/04/2003	14071	162.66	28/05/2003	17353	200.85	28/06/2003	21286	246.40
29/04/2003	11309	130.89	29/05/2003	13661	158.11	29/06/2003	20636	242.34
30/04/2003	11914	137.89	30/05/2003	11325	131.06	30/06/2003	22329	256.44
			31/05/2003	10988	127.16			

Para la medición de flujos y niveles se emplean sensores ultrasónicos, los cuales trabajan con pulso ultrasónicos que miden puntualmente el nivel del agua.

El instrumento consiste en un transmisor basado en un microprocesador y un transductor ultrasónico.

IV NECESIDADES DE AMPLIACIÓN DEL GASTO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

IV.1 INFRAESTRUCTURA ACTUAL

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Como se mencionó anteriormente la planta fue diseñada y construida para tratar un caudal de 250 litros por segundo y está dividida en dos módulos de 125 litros por segundo de capacidad promedio cada uno. Para una mejor identificación de las unidades de tratamiento y del equipamiento de éstas, se tomó la convención de nombrarlas, estando parados en la caja de llegada y viendo las instalaciones hacia el sentido donde fluye el agua, el módulo que se localiza del lado izquierdo es el Norte y el módulo que se localiza del lado derecho es el Sur.

De acuerdo a las etapas de tratamiento que tiene la planta, a continuación se describen las especificaciones técnicas de todas las estructuras con que cuenta la planta de tratamiento.

Influyente de aguas residuales.- Las aguas residuales crudas son bombeadas desde un cárcamo localizado en las instalaciones de las antiguas Lagunas de Oxidación ubicadas a 3.00 km en el fraccionamiento Las Alamedas y llegan a la P.T.A.R. por medio de un emisor de 76 cm de diámetro hacia una caja receptora de aguas crudas

Caja receptora de aguas residuales crudas.- La caja receptora es una estructura de concreto armado de 63 m³ de capacidad, localizada al inicio del pretratamiento y es donde llega todo el caudal de agua residual cruda a las instalaciones de la planta.

Las especificaciones técnicas, considerando que el diámetro del emisor es de 0.76 m y para un gasto máximo extraordinario de 0.85 m³/s son las siguientes.

Largo:	3.02 m
Ancho:	4.37 m

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

Altura:	4.80 m
Tirante de agua:	4.21 m
Tiempo de retención:	65 seg

Número de compuertas	2
Material:	Acero inoxidable
Alto:	0.90 m
Ancho:	1.84 m
Diámetro del vástago:	0.51 mm
Carrera de la compuerta:	0.72 m
Accionamiento:	Automático/manual
Motor:	3 HP, 1725 RPM
Reductor:	Motovario, tipo: NRV 090

PRETRATAMIENTO.

El pretratamiento consiste de la unidad de cribado fino y la unidad de desarenado y desgrasado. El agua influente recibirá un tratamiento preliminar para eliminar sólidos de gran tamaño y basuras flotantes que puedan perjudicar u obstruir los equipo y unidades de tratamiento posteriores, además de acondicionar el agua para el tratamiento secundario posterior.

Cribado fino.- El cribado, utilizado para la remoción de sólidos y material flotante mayor a 12.5 mm, consiste de un conjunto de barras paralelas o rejillas, por cuyas aberturas fluirá el agua, debido a su construcción su limpieza es mecánica de limpieza automática.

Las especificaciones de la unidad de cribado fino son:

Número de canales:	2
Capacidad máxima por canal:	250 lps
Capacidad media por canal:	125 lps
Capacidad mínima por canal:	125 lps

Velocidades recomendables a través de las rejillas:

Con gasto máximo:	0.8	0.9 m/seg
Con gasto medio:	0.6	0.7 m/seg
Con gasto mínimo:	0.4	0.5 m/seg

Características de las rejillas:

Número de barras:	95
Espesor de las barras:	6.35 mm

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

Espacio libre entre barras:	12.5 mm
Ancho de barras:	51 mm

Sistema de limpieza para rejillas de cribado fino.- Para el retiro del material retenido en las rejillas de cribado, se instaló un sistema de limpieza mecánica automática en cada módulo de la planta, localizado en los canales de 1.84 m de ancho y 1.04 m de altura de cada uno de los módulos.

El sistema automático de limpieza de las rejillas consiste de un mecanismo de peines que se ajustan a la abertura del espacio libre entre barras que giran en unos brazos de 1.43 m de radio sobre una flecha metálica de 3" de diámetro montada sobre chumaceras. Este mecanismo es accionado por un motor marca IEM de 1 HP, 1722 RPM, 220-440 Volt y esta acoplado a un motorreductor marca FRAN, modelo 5301, con una relación de 200:1, RPM de entrada 1800, RPM de salida 9.

Características del sistema de limpieza de las rejillas:

Tipo:	Mecánica automática.
Radio de giro:	1.43 m
Tiempo de rotación:	1 min
Motor:	1 HP
Motorreductor:	Rel. 200:1

Banda transportadora de material retirado de las rejillas y arenas.-

Para desalojar el material producto de la limpieza de las rejillas de cribado fino se diseñó y construyó un sistema a base de una banda transportadora sin fin, en la que cae todo el material retirado de las rejillas para ser transportado a una tolva de almacenamiento de material cribado y arenas y grasas para su disposición final fuera de las instalaciones de la planta.

El sistema de banda transportadora funciona por medio de un motor marca JIV de 3 HP, de 1725 RPM, 200-400 Volts, acoplado a un motorreductor marca JIV, modelo MA-80, con una relación de 357:1, RPM de entrada 1750, RPM de salida 49, de 3 HP.

Las arenas y grasas son las recolectadas por el separador de arenas y la bomba de tornillo respectivamente de la unidad de desarenado y desgrasado.

La tolva de almacenamiento tiene una capacidad de 3.00 m³ y esta fabricada de placa de acero de 3/16" de espesor y soportería de acero estructural.

Desarenador – Desgrasador.- Tiene la función de separar las arenas con la intervención de la fuerza de gravedad y las grasas presentes en el agua residual. La remoción de arena de las aguas residuales es necesaria para evitar

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

efectos abrasivos en los equipos de bombeo y otros equipos. Esta compuesto por un canal desarenador y un canal desgrasador por cada módulo.

El sistema de desarenado y desgrasado es un sistema de aeración con un baffle separador de los canales de desarenado y desgrasado en cada módulo, cuenta con un puente viajero para ambos módulos de tratamiento. Cuenta con una bomba sumergible extractora de arenas por cada módulo. Para eliminar las grasas se cuenta con una bomba de tornillo por cada canal desgrasador y un separador de arenas, así como equipos sopladores de aire.

El sistema de remoción de arenas y grasas aerado, tiene una longitud de 13 metros (42.64 pies) de longitud.

El puente viajero esta construido en acero templado, con acabado galvanizado por inmersión en caliente, esta equipado con un pasillo de rejilla de aluminio y un pasamanos de perfil estructural de 1 ½ " también galvanizado por inmersión en caliente, está soportado por dos ejes duales con ruedas de tracción, ruedas seguidoras y ruedas guía.

El motor del puente es 0.2 HP, a prueba de explosión y con una bobina para su conexión.

La capacidad de las bombas desarenadoras es de 1.75 HP, están equipadas con impulsores endurecidos y tubería de acero hasta el puente, una manguera flexible y por último un tramo de tubería de PVC hidráulico que lleva el agua con arena hacia un canal que se conecta con la unidad separadora de arenas. En el puente está montado un malacate manual para la inspección y/o mantenimiento de la bomba.

La tubería de distribución de aire es de 2 ½" dentro del tanque desarenador, incluye soportes, anclajes y tuerca unión.

El sistema de distribución de aire consiste de siete derivaciones de tubería galvanizada por inmersión en caliente, con ensambles de difusores de PVC, soportes, válvulas de aislamiento, tuercas unión y anclajes.

Incluye mamparas de PVC de ½" con soportes de ángulo estructural y anclajes de acero inoxidable.

El panel de control es NEMA-4, de acero inoxidable, con arrancadores y elementos de desconexión para todos los equipos montados en el puente y en el separador de arenas.

Separador de arenas.- El equipo separador de arenas tiene un volumen aproximado de 600 litros, esta construido en acero inoxidable, la unidad incluye estructura de soporte, un tomillo transportador de arenas inclinado que saca las

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

arenas de la unidad, boquilla de entrada para ensamble de balero inferior, ensamble directo a la flecha con motor de 1 HP, la descarga del tornillo transportador de arenas cae directamente sobre la banda transportadora.

El motor, reductor de velocidad, caja de balero y válvulas estarán recubiertos con esmalte estándar contra corrosión. Las partes de acero templado excepto en las que se menciona lo contrario, son galvanizadas por inmersión en caliente después de fabricadas como lo marca la norma ASTM-123-89 para este tipo de recubrimientos.

Las especificaciones técnicas del desarenador son:

Numero de módulos:	2	
Capacidad media:	125 lps	
Capacidad máxima:	275 lps	
Largo:	13.00 m	
Tiempo de retención:	10 min	Gasto máximo
Velocidad de translación del puente:	0.07 m/seg	
Gasto por bomba sumergible:	7-8 lps	

Panel de control, NEMA-4, en acero inoxidable, para los sopladores del desarenador. Que incluye los arrancadores, elementos de desconexión e interruptores de posiciones para los dos sopladores.

Las especificaciones de las bombas desgrasadoras son:

Número de bombas	2
Tipo:	Tornillo
Material:	Acero inoxidable
Motor:	1.5 HP Reliance Electric
Amperes:	5.6/2.8
Volts:	220/400

Compuertas deslizantes de acero inoxidable, con accionamiento manual.- Se instalaron compuertas de acero inoxidable en la salida de cada módulo de pretratamiento, para permitir el paso del agua pretratada hacia un canal de transición que llevara el agua al canal medidor Parshall de 1.84 m de ancho por 0.90 m de altura, con un vástago de 2 m con accionamiento manual.

Número de compuertas	2
Material:	Acero inoxidable
Alto:	0.90 m
Ancho:	1.84 m
Diámetro del vástago:	51 mm
Carrera de la compuerta:	0.70 m
Accionamiento:	Manual

Medición de agua pretratada.

Canal aguas arriba del medidor.- El caudal proveniente de los dos canales de desarenado - desgrasado se une en un solo canal para poder ser cuantificado. Dicha medición se efectúa en un canal Parshall con registro continuo de datos mediante sistema ultrasónico.

Sección:	Rectangular
Relación ancho – tirante:	2-1
Capacidad media:	250 l/seg
Capacidad máxima:	300 l/seg (sobrecarga durante 4 h)
Capacidad mínima:	125 l/seg
Velocidad a gasto máximo:	0.9 m/seg

Medidor de caudal de agua pretratada tipo Parshall.- Se instaló un medidor de caudal tipo Parshall para la medición del agua pretratada con una garganta de 0.6096 m (2 pies) para operar con descarga libre, fabricado en fibra de vidrio reforzado con plástico para ser instalado en estructura de concreto.

Este medidor de caudal es de una sola construcción reforzada con poliéster, con pestañas terminales y refuerzo de varillas para proveer seguridad y un sistema de anclado permanente.

El un canal medidor Parshall es de descarga libre ($H_b / H_a \leq 0.7$) y con las siguientes especificaciones técnicas:

Gasto máximo extraordinario	300 l/seg (sobre carga durante 4 h)
Gasto medio :	250 l/seg
Gasto mínimo:	125 l/seg
Tipo de descarga:	Libre

Dimensiones del canal medidor Parshall de agua pretratada.

A = 1.524 m		D = 1.2065 m.		K = 0.0762 m.
2/3 A = 1.0160 m.		E = 0.9144 m.		N = 0.2286 m.
B = 1.4954 m.		F = 0.6096 m.		M = 0.3810
C = 91.44 m.		G = 0.9144 m.		X = 0.0508 m.
Y = 0.0762 m.				

Transmisor ultrasónico de flujo a canal abierto.- Para la medición del flujo y nivel se instaló un equipo con sensor ultrasónico, el cual trabaja con pulsos que miden puntualmente el nivel del agua.

Este instrumento se ubica a 2/3 en cuanto a la longitud del canal Parshall y por arriba del nivel máximo esperado para asegurar que siempre exista espacio entre el instrumento y la superficie del agua del caudal a medir.

El medidor de flujo sin pérdidas es un transmisor ultrasónico basado en un microprocesador utilizado para las medidas de flujo en canales abiertos y conductos semillenos.

Proporciona un servicio confiable en este tipo de aplicaciones que incluyen medición de influentes, efluentes y en las estaciones de medición de los sistemas colectores.

Las especificaciones generales del equipo son:

Rango de alcance

0-4 pulgadas a 0-120 pulgadas

0-102 mm a 0-3,048 mm

Banda muerta es 12.0" (305 mm) mínimo

Rango total: 12.0"+12.0"=24.0" (609.6 mm)

El rango puede ser ajustado en el campo mediante funciones del menú.

Salida

Análoga: 4-20 mA CD aislados; 1,000 ohms máx.

Relevadores de alarma: cuatro disponibles, SPDT, 0.5 A @ 120 VCA ó 1A @ 24 VCD

RS-32 Puerto Serial 1200 – 9600 Baud.

Pantalla

2 Líneas, 24 caracteres LCD (cuarzo)

Incluye un indicador de flujo de 4 dígitos, multiplicador, totalizador de 8 dígitos, todo en unidades específicas de Ingeniería y una alarma indicadora. También en la pantalla se pueden observar todas las funciones del menú que verifican el estado del equipo y su calibración.

Teclado.

Montado en el panel frontal, de 5 teclas para entrar u ordenar todos los parámetros de estado y calibración.

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

Potencia

117/230 VCA, 50/60 Hz 10 watts estándar ó 12 VCD

Para calentador / termostato: 220 watts

El consumo de energía sin relevadores es de 75 mA, con los cuatro relevadores energizados, 235 mA. Para pérdidas de energía de CA se le puede conectar una batería externa para operación ininterrumpida del medidor.

Especificaciones de operación.

Exactitud: +/- 0.1% distancia del nivel ó +/- 0.08", cualquiera que sea mayor, +/- 0.5 % curva H/Q de reproducibilidad.

Repetibilidad: +/- 0.2 %

Cero / Resolución de alcance: +/- 0.01 pulgadas (0.254 mm)

Temperatura.

Sensor: -20 a 160 °F (-30 a 70 °C) estándar

Transmisor: 32 a 150 °F (0 a 65 °C) estándar

-40 a 150 °F (-40 a 65 °C) opcional

Recinto.

Gabinete NEMA-4 x, calentador y termostato opcionales.

Sensor.

Recinto de plástico de PVC con un filtro RTV alrededor del lente de cristal PVC, relleno de epoxy. Longitud de cable, 30 metros (100 pies) estándar, 300 m (1000 pies) opcional con empalme. Un sensor adicional de estado sólido, montado internamente y localizado en el interior del sensor, provee compensación de temperatura para mantener una alta exactitud.

Caja distribuidora.- Después del canal de medición, se tiene una caja de distribución que permitirá separar nuevamente el caudal en dos, para dirigirse a los tanques de aeración de lodos activados, con las siguientes especificaciones:

Largo:	3.00 m
Ancho:	3.00 m
Altura:	3.50 m

La interconexión con los reactores biológicos se realizará con tubería de acero de 0.60 m (24 pulgadas) de diámetro.

REACTORES BIOLÓGICOS.

En el proceso, la materia orgánica suspendida y disuelta en el agua residual es metabolizada por medio de microorganismos aerobios sustentados en flóculos. Es decir, la materia orgánica o sustrato, es removida por medio de los mecanismos alimenticios de microorganismos aerobios, los cuales requieren forzosamente del suministro de aire para sobrevivir y también de otros nutrientes.

Este proceso de metabolización se realiza en los reactores biológicos o tanques de aeración. Los tanques de aeración son estructuras construidas de concreto armado de 8100 m³ de capacidad y un tiempo de retención de 18 horas a un caudal de 125 lps (450 m³/h), el ingreso del agua es por medio de una tubería de 24" de diámetro que llega a un canal influente para distribuir el agua a todo lo ancho de tanque y verter hacia el reactor, el efluente es colectado en un canal similar al del influente y descargado hacia los sedimentadores secundarios por medio de una tubería de 24" de diámetro.

Para el suministro de aire que requieren los microorganismos para sobrevivir se tienen instalados diez equipos de aeración por aspiración marca Aeromix de 40 HP de potencia cada uno distribuidos a lo largo y ancho del tanque.

Equipo sumergible de aeración.- Los equipos de aeración en los tanques de proceso de lodos activados satisfacen los requerimientos de oxígeno por tanque que son de 4,860 kgO₂/d.

Para el arreglo de los aeradores se tiene una superficie por tanque de 1,352 m²; por lo que se consideraron 10 unidades de 40 HP por tanque.

La superficie cubierta por cada equipo de aeración es de 135.20 m², con un radio de influencia 6.56 m.

Los aeradores sumergibles por aspiración, de acción radial extensa marca AEROMIX Systems, Inc, modelo HURRICANE, están construidos totalmente en acero inoxidable, para proporcionar máxima durabilidad y protección contra la abrasión y la corrosión. El impulsor es de alta eficiencia y es de una sola pieza. Tiene 12 salidas radiales de descarga para dirigir el flujo de aire fuera del aerador en un plano horizontal, las salidas son cilíndricas y roscadas para permitir la instalación de los tubos difusores. Los tubos difusores son de diferente longitud e intercambiables, con lo cual se puede configurar la salida del aire para hacer más uniforme y amplio el patrón de mezclado y mejorar la transferencia de oxígeno, según las dimensiones y forma del tanque. El peso neto de cada equipo de aeración de 40 HP, es de 431 kg considerando todos los componentes del equipo, inclusive el tubo de succión que es de acero inoxidable de 4" de diámetro.

SEDIMENTADORES SECUNDARIOS.

La sedimentación secundaria es utilizada en este proceso para separar los sólidos suspendidos que contiene el agua proveniente de los reactores biológicos por la acción de la gravedad. En esta parte del proceso es donde son separados los lodos biológicos del efluente tratado y enviados al cárcamo de recirculación y purga de lodos a espesadores.

Los sedimentadores son estructuras cilíndricas de concreto armado de 30.48 m (100 pies) de diámetro, 3.49 m de profundidad en la pared recta del tanque y 4.90 m de profundidad en el centro del tanque, Tienen una capacidad de 3000 m³ de agua y un tiempo de retención de 6.68 horas a un gasto de 125 lps cada uno.

La pendiente en el fondo de las unidades facilita la concentración de los lodos en el centro del tanque para su posterior purga.

Mecanismo para sedimentadores secundario.- Para la concentración de los sólidos sedimentados en el tanque se cuenta con un sistema de rastras y para la purga de lodos se cuenta con un sistema de tuberías de PVC de 4" de diámetro que operan por carga hidráulica y que descargan en una caja central bajo la tomamesa del equipo para de ahí conducirlos hacia el cárcamo de recirculación de lodos. El mecanismo para los sedimentadores es marca EIMCO PROCESS EQUIPEMENT COMPANY. Tipo C3S, 100'. Este equipo cuenta con una unidad motriz que opera con un motor de 0.75 HP, puente fijo, pasillo, sistema de barrido de lodos y de natas, fabricado en acero al carbón, instalado en estructura de concreto, con un diámetro de 30.48 m (100 pies).

Especificaciones técnicas

Número de unidades:	2 para la primera etapa
Caudal medio por unidad:	125 l/seg (450 m ³ /h) (10,800 m ³ /d)
Diámetro de unidad:	30.48 m (100 pies)
Tiempo de retención:	6.68 hrs
Tasa de derrame (carga superficial)	Con gasto medio: 8 - 16 m ³ /m ² Con gasto máximo: 24 - 32 m ³ /m ²
Carga de sólidos:	Gasto medio: 0.98 - 4.8 kg/m ² * h Gasto máximo: ≤ 6.8 kg/m ² * h
Profundidad:	3.90 m en la pared recta del tanque
Carga hidráulica sobre el vertedor de salida	120 - 360 m ³ /m-d
Características del lodo biológico:	Densidad: 1.001 - 1.015 Concentración de sólidos: 0.8 - 2.5 %

DESINFECCIÓN CON CLORO.

Para la eliminación de las bacterias patógenas presentes en el agua residual tratada que producen enfermedades al ser humano, se empleará una solución de gas cloro con agua, esta solución entrará en reacción en un tanque de contacto de cloro.

La eficiencia de la desinfección en depende del tiempo de contacto, dosis del desinfectante, pH, temperatura, concentración y tipo de bacterias y calidad del agua.

Características del tanque.- El tanque es una estructura de concreto reforzado, con mamparas internas para formar 10 canales de 36 m de largo, 1.0 m de ancho, 1.25 m de tirante de agua a gasto medio y una velocidad a gasto medio de 0.2 m/seg.

Las dimensiones del tanque de contacto de cloro son:
36.50 m de largo * 11.8 m de ancho* 1.75 m de altura. (bordo libre de 0.50 m)
(no incluyen los espesores de los muros exteriores)

La aplicación de la solución de cloro es mediante un difusor de tubería y conexiones de PVC clase RD-26, de 102 mm (4 pulgadas) de diámetro, con barrenos laterales de 9.5 mm (3/8 de pulgada) de diámetro, separados 38 mm (1.5 pulgadas) de centro a centro.

El equipo de proceso para la desinfección del agua tratada esta integrado por los sistema de dosificación e inyección de cloro y el sistema de dispersión, los cuales se describen a continuación:

Dosificador de gas cloro.- El equipo dosificador de gas cloro opera en vacío, tiene una capacidad nominal de 300 kg/d y un rango de dosificación de 20:1, cuenta con un inyector de garganta ajustable.

El sistema de dosificación de gas cloro consta de dos equipos que consisten de un gabinete de piso, reguladores de vacío, módulo de cambio que opera automáticamente, en los gabinetes se tiene instalado un rotámetro de escala dual con válvula reguladora de presión diferencial, válvula manual para regulación de la dosificación, válvula automática para regulación de la dosificación, indicador de vacío (vacuómetro) y eyector con válvula check integrada.

El sistema tiene instalado un controlador automático de la dosificación por flujo medido en el medidor Parshall de agua tratada y/o por análisis de cloro residual en muestras de agua tomadas en el tanque de contacto de cloro.

Accesorios para el sistema de cloración.- Los accesorios con que cuenta el sistema de dosificación son dos cabezales horizontales para dos tanques cada uno, marca ADVANCE, modelo TM102, construidos de acero al

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

carbón cédula 80 sin costura de 3/4" de diámetro. Incluye dos válvulas de aislamiento, tres válvulas de cabezal, dos conectores flexibles de 6 ft (pictel), una trampa de goteo con resistencia de calentamiento de 25 W, 60 Hz, 1 fase, instaladas en cada cabezal.

Se instaló un filtro para la línea de gas cloro tipo "Y", marca ADVANCE, modelo R-6786, construido en fierro colado para 600 PSI de presión, el material de la malla del filtro es MONEL 40 MESH.

Para el soporte de los contenedores de gas cloro, se instalaron soportes tipo rodillo (trunnion), marca CAPITAL, modelo R-1387, para una capacidad de 1,816 kg (4,000 lbs) por par, longitud de 534 mm (21"), ancho de 102 mm (4"), material de la base acero al carbón con pintura epoxica, material de los rodillos acero con recubrimiento de zinc y valeros de bronce.

Para el monitoreo del peso de los tanques instalados en la línea de dosificación se instaló una báscula, marca FORCE FLOW, modelo R-2019, tipo hidráulico, con capacidad de 3,632 kg (8,000 lb), la cual incluye marco y soportes tipo rodillo (trunnions) para dos tanques, celda medidora tipo pistón y carátula indicadora.

Para la detección de cualquier fuga en el sistema de cloración se instaló, en la caseta de cloración, un detector de fugas de gas cloro, marca ADVANCE, modelo 1620B, secuencia seleccionable de sensores: automática o manual; alarma audible para advertencia local; temperatura de operación de -29°C a 65°C , cubierta NEMA -4X. Censor tipo electroquímico, concentración detectable mínima 0.5 PPM por volumen, tiempo de respuesta de 30 segundos para el 80 % del rango a 10 PPM de gas a 20°C después de estabilización, tiempo de recuperación de 3 minutos para el 90 % del rango a 10 PPM de cloro, temperatura de operación de -20°C a 55°C , humedad de operación 2 % a 98 % humedad relativa, cable requerido 3 hilos, sin blindaje, calibre 22 mínimo, separación máxima entre el receptor y el sensor 304 m (1000 pies), cubierta NEMA -4X.

Paquete de seguridad para control de fugas, marca I.S., modelo "B".

Analizador de cloro residual, marca ADVANCE, modelo 1870E, sensibilidad 0.001 mg/l (1 PPM), exactitud 0.003 mg/l ó $\pm 2\%$ del rango (el que sea mayor), velocidad de respuesta de 4 segundos, material de los electrodos cátodo oro ánodo cobre, peso 7 kg, cubierta NEMA -4X, contenedor para reactivo de solución buffer con 7 días de duración, montaje en pared.

Caudal a desinfectar:	Para la primera etapa Medio: 250 l/seg (21,600 m ³ /d) Máximo: 500 l/seg (43,200 m ³ /d)
Dosis de cloro:	4-8 mg/l
Tiempo de contacto:	30 minutos a 250 lps

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

Flujo:	Pistón
--------	--------

MEDICIÓN DEL AGUA TRATADA.

Para la medición del agua tratada que se descargará hacia el Río Bravo, se instaló un canal medidor Parshall. El canal es de características semejantes a las mencionadas para la medición de agua pretratada.

Gasto máximo extraordinario:	300 l/seg (sobre carga durante 4 h)
Gasto medio:	250 l/seg
Gasto mínimo:	125 l/seg
Tipo de descarga:	Libre

CANAL DE AGUA EFLUENTE.

Se cuenta con un canal para la descarga del agua tratada, el agua se conducirá hacia la obra de descarga final hacia el Río Bravo y será una tubería de polietileno de alta densidad, con las siguientes especificaciones técnicas:

Longitud del canal:	3 m
Capacidad máxima por canal:	300 l/seg
Capacidad media por canal:	250 l/seg
Capacidad mínima por canal:	125 l/seg
Sección:	Rectangular

TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LODOS.

Los lodos producidos en exceso durante el tratamiento de las aguas residuales se tratarán antes de su disposición final, mediante su concentración en espesadores y desaguado en filtros banda con la ayuda de polímeros.

ESPEAMIENTO DE LODOS.

El espesamiento es el primer paso en el proceso de disposición de lodos. Los espesadores son estructuras de concreto armado de 6.70 m de diámetro, 3.00 m de profundidad en la pared recta del tanque y 4.00 m de profundidad en el centro del tanque, Tienen una capacidad de 114.5 m³ de lodos y un tiempo de retención de 17 horas a un gasto de 162 m³/día de lodos.

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

La pendiente en el fondo de las unidades que facilita la concentración de los lodos en el centro del tanque para ser enviados a la unidad de deshidratación.

Mecanismo para espesador de lodos de 6.70 m (22 pies).- Los mecanismos para espesador para lodos son marca EIMCO PROCESS EQUIPEMENT COMPANY. Tipo BST, 22'. Este equipo incluye la unidad motriz, puente, pasillo, sistema de barrido de natas, fabricado en acero al carbón, instalado en estructura de concreto. Peso máximo sobre la pared del tanque de 3,269 kg.

Número de unidades:	2
Recuperación de sólidos:	80%
Sólidos en el sobrenadante:	20%

DESHIDRATACIÓN DE LODOS.

La deshidratación se realizará por medio de filtros prensa de banda, con las siguientes características:

Número de unidades:	2 (1ª etapa)
Tasa de filtración:	10 kg/m ² *hr
Polímero para acondicionamiento:	6 kg/tonelada de sólidos
Peso del polímero líquido:	1,100 kg/m ³
Gasto de lavado de bandas:	151 litros/min*m

Disposición final de lodos.- Los lodos producidos, una vez espesados y deshidratados son transportados y dispuestos en un lugar fuera en un relleno sanitario.

Bombas de transferencia del polímero.- De los tanques de almacenamiento a los tanques de solución.

Número:	2, uno en operación
Tipo:	Desplazamiento positivo, de diafragma
Carga:	5 m.c.a.
Capacidad media:	4.5 l/h
Motor eléctrico:	0.25 HP c/u

De dosificación de la solución.

Número:	2, uno en operación
Tipo:	Desplazamiento positivo, de diafragma
Carga:	5 m.c.a.
Capacidad media:	5 l/h
Motor eléctrico:	0.25 HP c/u

Almacenamiento de lodo desaguado.- Transporte por banda a un silo de almacenamiento, descarga por la tolva del silo a un camión de volteo para su disposición final.

Volumen de lodo desaguado:	5.67 m ³ /d
capacidad por silo:	4.5 m ³
Dimensiones:	1.7 * 1.7 * 1.7 m (pared recta)
Pendiente del fondo:	45 °
Altura en el centro:	2.55 m

Transporte y disposición final de lodos.- Los lodos producidos, una vez espesados y deshidratados serán transportados y dispuestos tal como se menciona en el documento "estabilización, manejo y disposición final de lodos residuales".

Relación de volumen y peso de los lodos.

Densidad de materia sólida

$$\frac{W_s}{S_s} = \frac{W_f}{S_f} + \frac{W_v}{S_v}$$

$$S_f = 2.5 \quad , \quad S_v \approx 1.0 \quad , \quad W_s = W_f + W_v$$

$$\text{Si } W_f = 0.2, \quad W_s \text{ y } W_w = 0.8 W_s$$

$$\frac{1}{S_s} = \frac{0.2}{2.5} + \frac{0.8}{1} = 0.88 \quad ; \quad S_s = 1.136$$

Lodo secundario con 99.2 % de agua y 0.8 % de sólidos

$$\frac{1}{S} = \frac{0.008}{1.136} + \frac{0.992}{1.0} = 0.999$$

$$S = 1.001$$

Lodo espesado con 97 % de agua y 3% de sólidos

$$\frac{1}{S} = \frac{0.03}{1.136} + \frac{0.97}{1.0} = 0.996$$

$$S = 1.004$$

EQUIPOS Y ACCESORIOS.

De acuerdo a las especificaciones y al diseño realizado para cada unidad de tratamiento, se describen a continuación los equipos y accesorios que se instalarán en la planta de tratamiento.

Polipasto eléctrico de cable para la caseta de cloración.- Polipasto eléctrico de cadena para tanques de 908 kg, marca BUDGIT, modelo BEH-0305, con capacidad de 3, 000 kg, elevación máxima de 6 m, izaje eléctrico, trole motorizado, velocidad de translación 15 m/min, velocidad de izaje 1.5 m/min, requerimientos eléctricos de 460 VCA, 60 Hz, 3 fases, potencia del motor de izaje 10 HP, potencia del motor de translación 0.25 HP.

Contenedor de cloro líquido de 907 kg.- Capacidad de 907 kg (2,000 lb), bajo norma ASME sección VIII, fabricado en acero al carbón A-285-C, incluye válvula de 19 mm, fusibles de seguridad de 19 mm y protector de válvula.

Filtro banda para deshidratación de lodos espesados.- Concentración de sólidos de 3 %, peso volumétrico de 1.004 ton/m³ y 33 m³/d (994 kg/d) de producción.

La unidad operará con una carga de 1.375 m³/h (41.42 kg/h), con una capacidad para capturar por lo menos el 90 % de sólidos y producir una torta con 15 a 18 % de concentración de sólidos.

El lodo a deshidratar estará acondicionado con una dosis de polímero de 4 a 8 kg/ton métrica de lodo en base seca.

El equipo propuesto es un filtro prensa marca Ashbrook Corporation.

Bombas de ayuda a la cloración.- Las bombas de ayuda a la cloración son bombas con impulsor de acero inoxidable, Marca BALDOR de 10 HP cada una, trabajan a una tensión de 230/460 Volts, corriente alterna y un consumo de corriente de 24/12 Amperios respectivamente, son de clase F.

Bombas sumergibles de recirculación.- Para la recirculación de lodos se cuenta con tres bombas de tipo sumergible, Marca KSB, de 12.8 HP cada una para operar a una tensión de 440 Volts y un consumo de corriente de 16.6 Amperios.

EQUIPO DE BOMBEO	CAUDAL (Q)LPS
BOMBA 1	60
BOMBA 2	62
BOMBA 3	61
BOMBA 1 Y 2	114.6

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

BOMBA 1 Y 3	108.2
BOMBA 2 Y 3	107.5
BOMBAS 1,2 Y 3	147.7

Bombas sumergibles de purga de lodos.- Para la purga de lodos se cuenta con dos bombas de tipo sumergible, Marca KSB, de 1.75 HP cada una para operar a una tensión de 440 Volts y un consumo de corriente de 2.27 Amperios.

Bombas para lodos espesados hacia filtro banda.- Para el bombeo de lodos espesados hacia los filtros banda se cuenta con dos bombas de cavidad progresiva de desplazamiento positivo, Marca SEW EURODRIVE de 15 HP cada una para operar a una tensión de 230/460 Volts y un consumo de corriente de 38.5/19.3 Amperios respectivamente, clase tipo B.

Bomba sumergible de servicios generales.- Para el bombeo de aguas del cárcamo de servicios generales hacia la caja de llegada se cuenta con una bomba de tipo sumergible, Marca ABB de 2 HP, para operar a una tensión de 220/440 Volts y un consumo de corriente de 5.4/2.7 Amperios respectivamente, clase tipo B.

Bombas sumergibles de sobrenadante.- Para el bombeo de sobrenadante hacia la caja de llegada se cuenta con dos bombas de tipo sumergible, Marca KSB de 5 HP cada una, para operar a una tensión de 220/440 Volts y un consumo de corriente de 8.4/4.7 Amperios respectivamente, clase tipo B.

IV.2 MERCADO DE AGUA TRATADA EN LA ZONA

Como se ha mencionado en capítulos anteriores el mercado en si es la CFE (Comisión Federal de Electricidad), esta institución la utiliza para sus dos Carbo eléctricas ubicadas en Piedras Negras, Coahuila, estas Carbo eléctricas consumen el agua tratada para el enfriamiento de los condensadores, el gasto que se consumen para este proceso es de 2400 l/seg, así que el suministro de esta planta es insuficiente y existe la planta de tratamiento de Piedras Negras que da un gasto en el efluente de 300 l/seg y el resto lo toman del Río Bravo pagando a la CNA (Comisión Nacional de Aguas) por el agua que adquieren de este río.

La ampliación de la planta de Ciudad Acuña es conveniente ya que es más económico comprar el agua tratada que la extracción del agua del Río Bravo.



En esta fotografía a podemos observar la tubería T de 72 pulgadas de diámetro, que es la salida del agua de enfriamiento del condensador principal.

Aunque hay otros usos posibles como:

- **Industria:**
 - Minera, Química, Azúcar, Alcohol, Celulosa y papel.
 - Puede ser empelada como agua vs. incendio, enfriamiento, transporte, riego de áreas verdes, ornamento y lavado de materia prima, exteriores y equipos.
- **Uso Público-Urbano**
 - Orientado a las 139 poblaciones con más de 50,000 habS que generan el 77% de contaminación municipal.
 - Aplicación del PROMNA.
 - Empleada en ornato, panteones, riego de áreas verdes, lagos artificiales, agua vs. incendio y barreras hidráulicas.
- **Uso Ambiental**
 - Comprende acciones de preservación de cuerpos de agua o ecosistemas
 - Inyección de agua como barrera hidráulica para la intrusión en acuíferos costeros.
 - Mantenimiento de niveles en cuerpos de agua.

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

- Conservación de humedales.
- Recarga de acuíferos.
- Sector Agrícola-Pecuario
 - Actualmente se riegan aproximadamente 280,000 ha con agua residual crudas en su mayor parte.
 - Puede ser empleada en áreas de riego que utilicen agua por bombeo por ejemplo: inmediaciones Cd. de Querétaro.
 - El riego puede canalizarse a cultivos de forrajes, granos, viveros y frutales por ejemplo: cebada, algodón, trigo, sorgo, cártamo, melón, soya y pepino.

La mejor alternativa desde el punto de vista económico es la venta del agua tratada a la CFE, debido a su mayor rentabilidad respecto a los demás, por la zona en donde nos encontramos y el mercado que tenemos a los alrededores.

IV.3 DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AMPLIACIÓN

Con lo visto en el capítulo III en el punto III.2 de revisión de los gastos reales es necesario aumentar algunas secciones ya que estamos llegando al gasto medio y sobrepasándolo, y revisando el mercado de agua tratada es conveniente hacer un análisis costo-beneficio para revisar si es factible la ampliación que se propondrá.

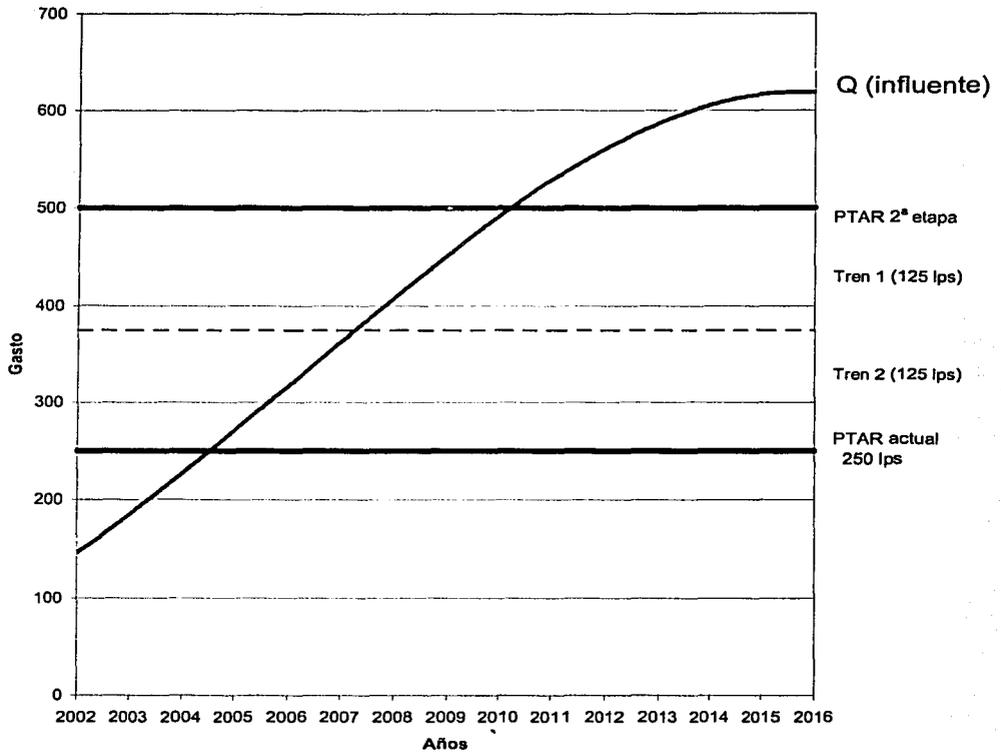
El mercado del agua tratada es suficiente ya que las Carbo eléctricas requieren de gastos muy grandes y es más económico comprar el agua tratada, que comprarle agua a la CNA y la transportación de esta agua tratada será por el mismo medio el cual es el Río Bravo.

Así esto nos lleva a la elaboración de una propuesta de ampliación de gasto en algunos sectores de la planta para aumentar el gasto del efluente a 300 l/seg como gasto medio y nos dirá si es conveniente hacerlo para evitar el gasto fuerte de la creación de una planta de tratamiento gemela que es lo que se tiene programado.

La ampliación de esta planta nos dará algunos años más para soportar los gastos del influente que tendremos en años cercanos.

Con la creación de los nuevos colectores que están en construcción el gasto del influente crecerá y sobrepasará el gasto medio al cual están diseñadas en la actualidad, con esto decimos que es necesario ampliar la planta para alcanzar a tratar el agua residual de la Ciudad de Acuña.

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

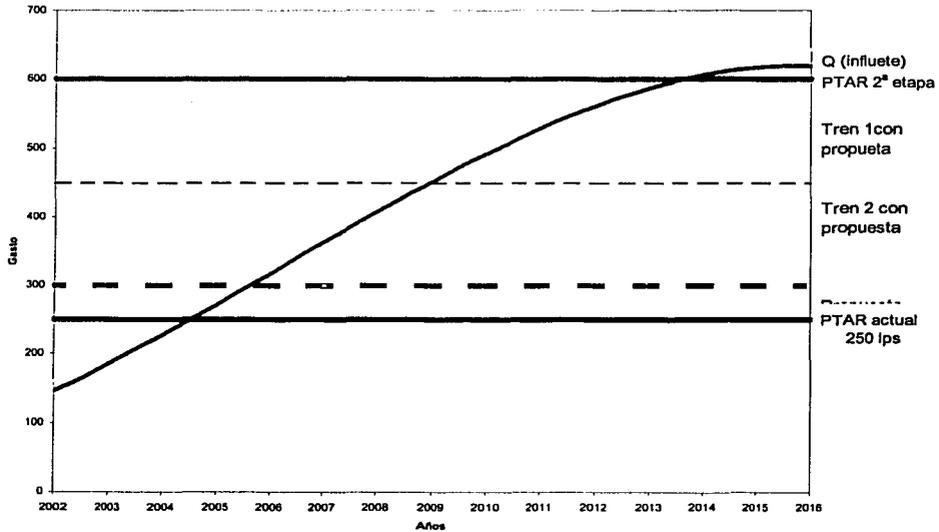


1^{er} Tren satisface la capacidad hasta mediados del 2004 .

2^o Tren satisface la capacidad hasta el 2010.

IV.4 PROPUESTA DE AMPLIACIÓN DEL GASTO

Con esta propuesta podemos observar varios puntos a simple vista en la grafica siguiente:



- Se recorre la inversión al futuro para mejorar la rentabilidad
- La PTAR actual con la ampliación de algunos puntos puede tratar 300 lps
- Al final de los 20 años que estaba la planta alcanzará a tratar todos los gastos del influyente

En vista de que las instalaciones de la planta de tratamiento en lo que nos lleva a las estructuras esta totalmente terminado para la primera etapa y elevar algunas secciones se complica en muchos aspectos, se propondrán:

- Nuevos equipos y tecnología en el tratamiento de aguas residuales con tal de elevar la eficiencia de la PTAR.
- Con la elevación de eficiencia se tendrán menores tiempos de retención aumentando el gasto del efluente, en las secciones que lo necesite.

Para esto ya se revisaron los gastos de diseño, y se sabe que equipos estamos manejando en la actualidad y propondremos nuevos equipos para mejorar la PTAR.

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

A continuación se mencionan los equipos que se tienen y por los que se cambiarán para dicho efecto:

Aeradores

Equipo actual:

Equipos de aeración por aspiración marca AEROMIX Systems, Inc, modelo HURRICANE, están contruidos totalmente en acero inoxidable, para proporcionar máxima durabilidad y protección contra la abrasión y la corrosión. El impulsor es de alta eficiencia y es de una sola pieza. Tiene 12 salidas radiales de descarga para dirigir el flujo de aire fuera del aerador en un plano horizontal, las salidas son cilíndricas y roscadas para permitir la instalación de los tubos difusores. Los tubos difusores son de diferente longitud e intercambiables, con lo cual se puede configurar la salida del aire para hacer más uniforme y amplio el patrón de mezclado y mejorar la transferencia de oxígeno, según las dimensiones y forma del tanque.

El peso neto de cada equipo de aeración es de 431 kg considerando todos los componentes del equipo, inclusive el tubo de succión que es de acero inoxidable de 4" de diámetro.

Para el arreglo de los aeradores se tiene una superficie por tanque de 1,352 m²; por lo que se consideraron 10 unidades de 40 HP por tanque.

Los equipos de aeración en los tanques de proceso de lodos activados satisfacen los requerimientos de oxígeno por tanque que son de 4,860 kgO₂/d.

La superficie cubierta por cada equipo de aeración es de 135.20 m², con un radio de influencia 6.56 m.

Se tiene un tiempo de retención de 18 horas a un caudal de 125 lps (450 m³/h)

Se cambiará por:

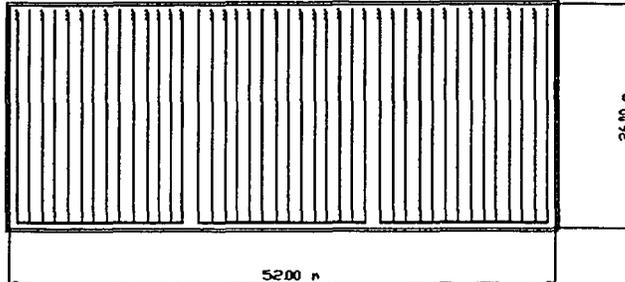
Equipo de aeración de burbuja fina marca ITT Industries Sanitere de 9" de diámetro distribuido a lo largo y ancho del tanque.

Para el arreglo de los aeradores de burbuja fina se tiene 3 rejillas por tanque con 4536 difusores por rejilla.

Los equipos de aeración en los tanques de proceso de lodos activados satisfacen los requerimientos de oxígeno por tanque que son de 4,860 kgO₂/d.

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

Con este equipo se garantiza una total oxigenación del tanque ya que cubre del todo, como se muestra en la siguiente figura.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Como podemos observar en este nuevo sistema de aeración por medio de burbuja fina se extienden líneas con difusores de aire en todo el tanque, por lo tanto el oxígeno que se coloca en el licor de mezclado es mayor, con esto nos reduce el tiempo de retención a 15.65 hrs con una mezcla de aire de $9+89.01 \text{ m}^3/\text{hr}/\text{rejilla}$, esto es $2.19 \text{ m}^3/\text{hr}/\text{m}^2$.

Con este tipo de aerador podemos mantener un gasto medio de 150 lps por cada tanque.

Bombas

Equipo actual:

Bombas sumergibles de recirculación.- Para la recirculación de lodos se cuenta con tres bombas de tipo sumergible, Marca KSB, de 12.8 HP cada una para operar a una tensión de 440 Volts y un consumo de corriente de 16.6 Amperios.

Bombas sumergibles de purga de lodos.- Para la purga de lodos se cuenta con dos bombas de tipo sumergible, Marca KSB, de 1.75 HP cada una para operar a una tensión de 440 Volts y un consumo de corriente de 2.27 Amperios.

Bombas sumergibles de sobrenadante.- Para el bombeo de sobrenadante hacia la caja de llegada se cuenta con dos bombas de tipo sumergible, Marca KSB de 5 HP cada una, para operar a una tensión de 220/440 Volts y un consumo de corriente de 8.4/4.7 Amperios respectivamente, clase tipo B.

Necesidades de ampliación del gasto en la planta de tratamiento

Se cambiará por:

Bomba sumergible de recirculación: para esta recirculación de lodos se tendrán tres bombas de tipo sumergibles, Marca ABS AFP3003M170/8 con motor de 23 Hp, con peso de empaque de 1020 libras.

EQUIPO DE BOMBEO	CAUDAL (Q)LPS
BOMBA 1	110
BOMBA 2	110
BOMBA 3	110
BOMBA 1 Y 2	210
BOMBA 1 Y 3	210
BOMBA 2 Y 3	210
BOMBAS 1,2 Y 3	300

Bombas sumergibles de purga de lodos: Para la purga de lodos se cuenta con dos bombas de tipo sumergible, Marca ABS, de 2.5 HP cada una.

Bombas sumergibles de sobrenadante.- Para el bombeo de sobrenadante hacia la caja de llegada se cuenta con dos bombas de tipo sumergible, Marca ABS de 8 HP cada una.



V.1 DETERMINACIÓN DE LOS BENEFICIOS

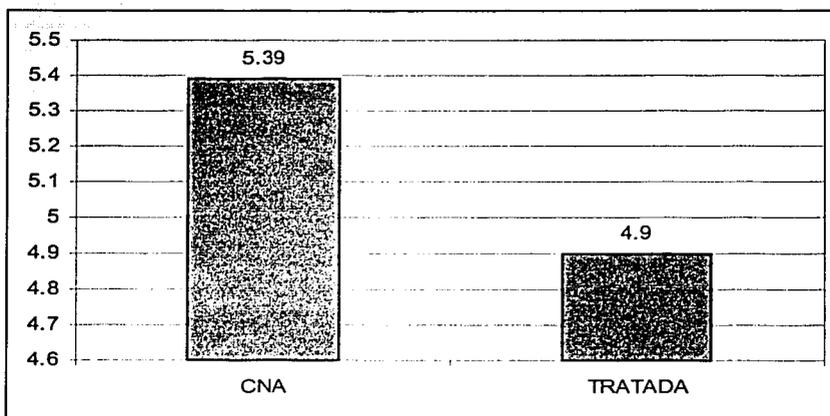
Esta planta está diseñada para que desde su inicio se entregue en 20 años a CEAS esto es para 2017 y que la planta opere con 4 trenes pero con los gastos de diseño a los cuales se tenían que son de 600 lps para ese año pues la planta no dará el abasto suficiente con el tipo de aeradores y bombas que se tienen por eso es necesario cambiar estos para aumentar el gasto y no construir otro tren.

El gasto que se tendrá después del cambio de aeradores y bombas es de 150 lps por tren alcanzando un gasto de 300 lps en la actualidad y al final del proyecto se alcanzarán los 600 lps que se quieren llegar.

El mercado que se tiene es muy amplio ya que los principales consumidores de esta planta son las carboeléctricas que están localizadas en Piedras Negras, Coahuila que utilizan un gasto de 2400 lps para enfriamiento, el precio que pagan por m^3 de agua tratada es aproximadamente el 90% de lo que le pagan a la CNA, así que el mercado que se tiene es sólido y no se perderá.

La ciudad estará creciendo en los siguientes años, como se estimó, así que tendrán una dotación mayor a la actual, así que se tendrá más desechos y más aguas negras, por lo tanto, se tendrá más gasto a tratar como avancen los años y las ventas mejorarán ya que lo que solicitan las carboeléctricas no hay tantas plantas a los alrededores para suministrar el gasto de estas, solo se cuenta con esta planta y la Piedras Negras, Coahuila.

Para CFE es rentable consumir agua tratada en vez de sacarla de pozos y de el río Bravo.



El gasto de CFE es de 2,400 lps, por lo tanto es viable que se le entregue más agua por parte de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Puede ser más rentable la ampliación de la PTAR a 300 lps que la construcción del 2° tren

En lo que respecta a la ecología tenemos las normas que nos indican que no se debe de tirar agua residual a cuerpos de agua como lo indica el parra siguiente.

Los responsables de las descargas de aguas residuales municipales no municipales, que rebase los límites máximos permisibles de esta norma quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua, en las fechas establecidas en las Tablas A y B.

Lo anterior, sin perjuicio del pago de derechos a que se refiere la Ley Federal de Derechos y a las multas y sanciones que establecen las leyes y reglamentos en la materia.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

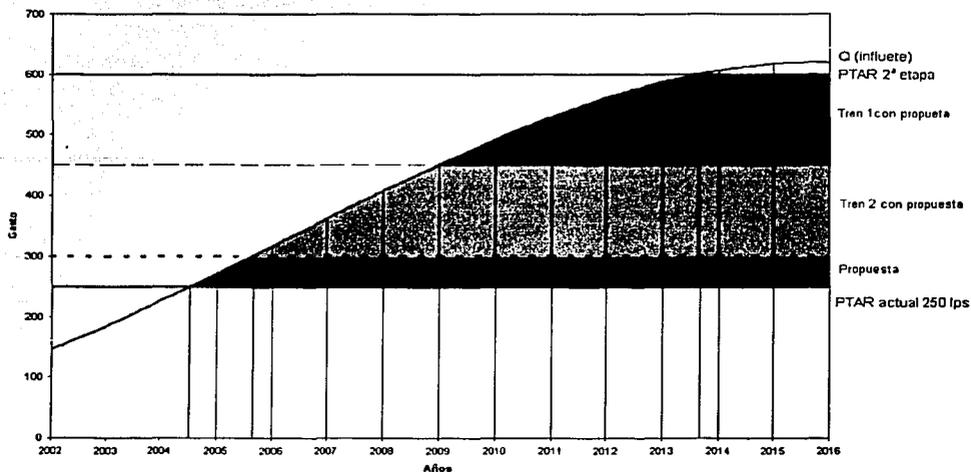
TABLA A

DESCARGAS MUNICIPALES	
RANGO DE POBLACION	FECHA LIMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES
mayor de 50,000 habitantes	30 de junio de 1997
de 20,001 a 50,000 habitantes	31 de diciembre de 1998
de 2,501 a 20,000 habitantes	31 de diciembre de 1999

TABLA B

CARGA CONTAMINANTE DE LAS DESCARGAS NO MUNICIPALES	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENOS Y/O SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas / día)	FECHA LIMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES
mayor de 3.0	30 de junio de 1997
de 1.2 a 3.0	31 de diciembre de 1998
menor de 1.2	31 de diciembre de 1999

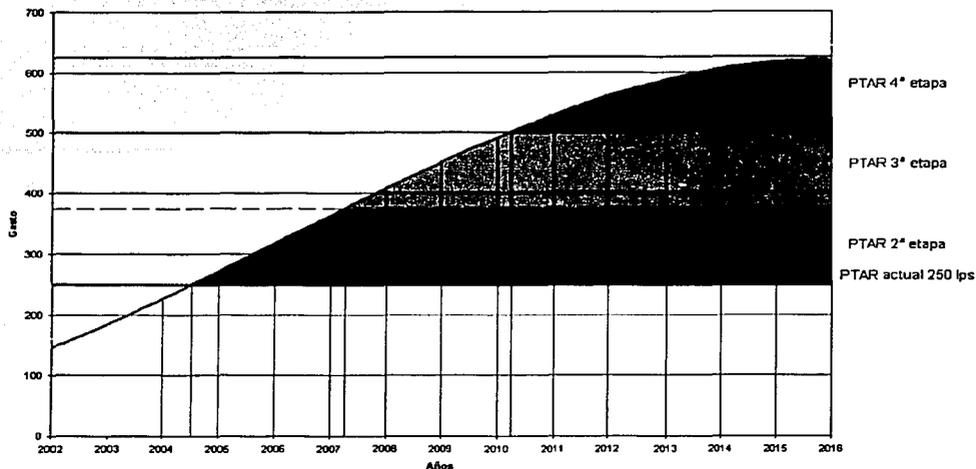
Alternativa propuesta



	2004	2005	2006	2007	2008
Beneficios	0	1	2	3	4
1ª Etapa	\$928.866,49	\$4.892.233,57	\$4.892.233,57	\$4.892.233,57	\$4.892.233,57
2ª Etapa	-----	-----	\$561.982,46	\$7.174.610,31	\$19.547.848,02
3ª Etapa	-----	-----	-----	-----	-----
TOTAL	\$928.866,49	\$4.892.233,57	\$5.454.216,02	\$12.066.843,88	\$24.440.081,59
	2009	2010	2011	2012	2013
Beneficios	5	6	7	8	9
1ª Etapa	\$4.892.233,57	\$4.892.233,57	\$4.892.233,57	\$4.892.233,57	\$4.892.233,57
2ª Etapa	\$35.051.647,29	\$35.051.647,29	\$35.051.647,29	\$35.051.647,29	\$35.051.647,29
3ª Etapa	\$3.160.146,84	\$12.458.785,34	\$24.030.106,27	\$37.320.387,42	\$46.527.025,75
TOTAL	\$43.104.027,70	\$52.402.666,20	\$63.973.987,13	\$77.264.268,28	\$86.470.906,61
	2014	2015	2016		
Beneficios	10	11	12		
1ª Etapa	\$4.892.233,57	\$4.892.233,57	\$4.892.233,57		
2ª Etapa	\$35.051.647,29	\$35.051.647,29	\$35.051.647,29		
3ª Etapa	\$46.527.025,75	\$46.527.025,75	\$46.527.025,75		
TOTAL	\$86.470.906,61	\$86.470.906,61	\$86.470.906,61		

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Alternativa original



	2004	2005	2006	2007	2008
Beneficios	0	1	2	3	4
2ª Etapa	\$855.794,61	\$8.048.193,81	\$18.587.447,74	\$20.889.226,08	\$20.889.226,08
3ª Etapa	-----	-----	-----	\$607.290,58	\$13.964.893,84
4ª Etapa	-----	-----	-----	-----	-----
TOTAL	\$855.794,61	\$8.048.193,81	\$18.587.447,74	\$21.496.516,66	\$34.854.119,92
	2009	2010	2011	2012	2013
Beneficios	5	6	7	8	9
2ª Etapa	\$20.889.226,08	\$20.889.226,08	\$20.889.226,08	\$20.889.226,08	\$20.889.226,08
3ª Etapa	\$27.034.403,29	\$28.708.350,43	\$28.708.350,43	\$28.708.350,43	\$28.708.350,43
4ª Etapa	-----	\$557.933,55	\$11.502.429,31	\$24.571.938,76	\$35.728.407,43
TOTAL	\$47.923.629,37	\$50.155.510,05	\$61.100.005,81	\$74.169.515,26	\$85.325.983,93
	2014	2015	2016		
Beneficios	10	11	12		
2ª Etapa	\$20.889.226,08	\$20.889.226,08	\$20.889.226,08		
3ª Etapa	\$28.708.350,43	\$28.708.350,43	\$28.708.350,43		
4ª Etapa	\$46.672.316,00	\$46.672.316,00	\$46.672.316,00		
TOTAL	\$96.269.892,51	\$96.269.892,51	\$96.269.892,51		

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

V.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LA AMPLIACIÓN

Los costos que tendrá esta ampliación son razonables ya que la infraestructura es de las mejores que encontramos en la actualidad y los costos son considerablemente más económicos que crear otro tren para esta planta.

Concepto	Unidades	Costo en Dlls	Costo en pesos
sistema de aeración de burbuja fina	2	\$93.600,00	\$1.057.680,00
bomba de recirculación	3	\$13.600,00	\$153.680,00
sistema de acoplamiento sencillo	3	\$2.000,00	\$22.600,00
bomba de purga de lodos	2	\$2.000,00	\$22.600,00
bomba de sobrenadante	2	\$5.000,00	\$56.500,00
		\$116.200,00	\$1.313.060,00

Los precios son constantes debido al tipo de cambio y la inflación en el país no afecta a estos.

Alternativa Propuesta

	2004	2005	2006	2007	2008
Inversiones	0	1	2	3	4
1ª Etapa	\$1.313.060,00	\$833.333,33	\$833.333,33	\$833.333,33	\$833.333,33
2ª Etapa			\$12.000.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00
3ª Etapa					
TOTAL	\$1.313.060,00	\$833.333,33	\$12.833.333,33	\$4.333.333,33	\$4.333.333,33
	2009	2010	2011	2012	2013
Inversiones	5	6	7	8	9
1ª Etapa	\$833.333,33	\$833.333,33	\$833.333,33	\$833.333,33	\$833.333,33
2ª Etapa	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00
3ª Etapa	\$7.000.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00
TOTAL	\$11.333.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33
	2014	2015	2016		
Inversiones	10	11	12		
1ª Etapa	\$833.333,33	\$833.333,33	\$833.333,33		
2ª Etapa	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00		
3ª Etapa	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00		
TOTAL	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33		

En esta propuesta tenemos que la inversión que se tendrá al final de la construcción de toda la planta será de \$20'313,060.00 millones de pesos esto sin contar con los gastos de operación que por cada sección de la planta que esta dividida en dos trenes en la actualidad y que a futuro se construirán dos trenes nuevos para alcanzar los gastos deseados.

Los costos de operación son constantes para cada etapa, como podemos ver tenemos que para la primera etapa el costo de operación es de cinco millones pesos por año ya que tenemos dos trenes construidos, para la etapa dos tenemos un costo de operación de tres millones quinientos mil pesos por año y se construirá solamente lo que tienen en común los dos trenes y solo un reactor y un sedimentador de lodos, para la tercera etapa tenemos costos de operación menores ya que solo se construyen un reactor adicional y el sedimentador de lodos esto alcanza un costo de un millón medio de pesos por año. Al final cuando la planta este terminada se tendrá un costo de operación total de diez millones de pesos anuales.

Alternativa original

	2004	2005	2006	2007	2008
Inversiones	0	1	2	3	4
2ª Etapa	\$12.000.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00
3ª Etapa				\$7.000.000,00	\$1.500.000,00
4ª Etapa					
TOTAL	\$12.000.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$10.500.000,00	\$5.000.000,00
	2009	2010	2011	2012	2013
Inversiones	5	6	7	8	9
2ª Etapa	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00
3ª Etapa	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00
4ª Etapa		\$9.000.000,00	\$3.000.000,00	\$3.000.000,00	\$3.000.000,00
TOTAL	\$5.000.000,00	\$14.000.000,00	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00
	2014	2015	2016		
Inversiones	10	11	12		
2ª Etapa	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00		
3ª Etapa	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00		
4ª Etapa	\$3.000.000,00	\$3.000.000,00	\$3.000.000,00		
TOTAL	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00		

En esta propuesta tenemos que la inversión que se tendrá al final de la construcción de toda la planta será de \$28'000,000.00 millones de pesos esto sin contar con los gastos de operación que por cada sección de la planta que esta

dividida en dos trenes a excepción del ultimo que será un solo tren y será más pequeña.

Los costos de operación son constantes para cada etapa, como podemos ver tenemos que para la primera etapa que ya se tiene construida los costos de operación ascienden a cinco millones de pesos, para la segunda etapa el costo de operación será de tres millones quinientos mil pesos por año y se construirá solamente lo que tienen en común los dos trenes y solo un reactor y un sedimentador de lodos, para la tercera etapa tenemos costos de operación menores ya que solo se construyen un reactor adicional y el sedimentador de lodos esto alcanza un costo de un millón medio de pesos por año y para la cuarta etapa tendremos un costo de operación de tres millones de pesos anuales ya que es más chica que las demás. Al final cuando la planta este terminada se tendrá un costo de operación total de trece millones de pesos anuales hasta la vida final de la planta.

Alternativa propuesta

Costo por inversión

	2004	2005	2006	2007	2008
Inversiones	0	1	2	3	4
1ª Etapa	\$1.313.060,00				
2ª Etapa			\$12.000.000,00		
3ª Etapa					
TOTAL	\$1.313.060,00	\$0,00	\$12.000.000,00	\$0,00	\$0,00
	2009	2010	2011	2012	2013
Inversiones	5	6	7	8	9
1ª Etapa					
2ª Etapa					
3ª Etapa	\$7.000.000,00				
TOTAL	\$7.000.000,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
	2014	2015	2016		
Inversiones	10	11	12		
1ª Etapa					
2ª Etapa					
3ª Etapa					
TOTAL	\$0,00	\$0,00	\$0,00		

Al ver la tabla anterior nos damos cuenta que solo son tres años en los cuales existe una inversión clara en la cual nos indica el monto de inversión que

tendremos ese año, esto nos dará un total de \$20'313,060.00 de pesos al final de la construcción de la planta.

Alternativa original

Costo por inversión

	2004	2005	2006	2007	2008
Inversiones	0	1	2	3	4
2ª Etapa	\$12.000.000,00				
3ª Etapa				\$7.000.000,00	
4ª Etapa					
TOTAL	\$12.000.000,00	\$0,00	\$0,00	\$7.000.000,00	\$0,00
	2009	2010	2011	2012	2013
Inversiones	5	6	7	8	9
2ª Etapa					
3ª Etapa					
4ª Etapa		\$9.000.000,00			
TOTAL	\$0,00	\$9.000.000,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
	2014	2015	2016		
Inversiones	10	11	12		
2ª Etapa					
3ª Etapa					
4ª Etapa					
TOTAL	\$0,00	\$0,00	\$0,00		

Esta tabla nos muestra que para el costo que tendría hacer una planta de estas características que es la creación de tres trenes nuevos daría un costo de \$28'000,000.00 de pesos al final de la construcción de la planta.

Alternativa propuesta

Costo por operación

	2004	2005	2006	2007	2008
Inversiones	0	1	2	3	4
Actual*	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00
1ª Etapa		\$833.333,33	\$833.333,33	\$833.333,33	\$833.333,33
2ª Etapa				\$3.500.000,00	\$3.500.000,00
3ª Etapa					
TOTAL	\$5.000.000,00	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$9.333.333,33	\$9.333.333,33

* La etapa actual no se consideran para esta evaluación

TOTAL INCREMENTAL	2009	2010	2011	2012	2013
	\$0,00	\$833.333,33	\$833.333,33	\$4.333.333,33	\$4.333.333,33
Inversiones	5	6	7	8	9
Actual*	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00
1ª Etapa	\$833.333,33	\$833.333,33	\$833.333,33	\$833.333,33	\$833.333,33
2ª Etapa	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00
3ª Etapa		\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00
TOTAL	\$9.333.333,33	\$10.833.333,33	\$10.833.333,33	\$10.833.333,33	\$10.833.333,33

* La etapa actual no se consideran para esta evaluación

TOTAL INCREMENTAL	\$4.333.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33
--------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

	2014	2015	2016
Inversiones	10	11	12
Actual*	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00
1ª Etapa	\$833.333,33	\$833.333,33	\$833.333,33
2ª Etapa	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00
3ª Etapa	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00
TOTAL	\$10.833.333,33	\$10.833.333,33	\$10.833.333,33

* La etapa actual no se consideran para esta evaluación

TOTAL INCREMENTAL	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33
--------------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

En esta tabla presentamos los costos que tendremos por operación de la planta y como podemos observar que los costos de operación de la planta se vuelven constantes después del año 2010 y esto nos da un total de \$5'833,333.33 de pesos por año y se siguen constantes para perpetuidad.

Alternativa original

Costo por operación

	2004	2005	2006	2007	2008
Inversiones	0	1	2	3	4
Actual	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00
2ª Etapa *		\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00
3ª Etapa					\$1.500.000,00
4ª Etapa					
TOTAL	\$5.000.000,00	\$8.500.000,00	\$8.500.000,00	\$8.500.000,00	\$10.000.000,00

* La etapa actual no se consideran para esta evaluación

TOTAL INCREMENTAL	2009	2010	2011	2012	2013
Inversiones	5	6	7	8	9
Actual	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00
2ª Etapa	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00
3ª Etapa	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00
4ª Etapa			\$3.000.000,00	\$3.000.000,00	\$3.000.000,00
TOTAL	\$10.000.000,00	\$10.000.000,00	\$13.000.000,00	\$13.000.000,00	\$13.000.000,00

* La etapa actual no se consideran para esta evaluación

TOTAL INCREMENTAL	2014	2015	2016
Inversiones	10	11	12
Actual	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00
2ª Etapa	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00
3ª Etapa	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00	\$1.500.000,00
4ª Etapa	\$3.000.000,00	\$3.000.000,00	\$3.000.000,00
TOTAL	\$13.000.000,00	\$13.000.000,00	\$13.000.000,00

* La etapa actual no se consideran para esta evaluación

TOTAL INCREMENTAL	2014	2015	2016
	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00

Estos son los costos por operación que tendríamos al construir los tres trenes y mantenerlos no da un costo de operación anual de \$8'000,000.00 de pesos.

Nota: Actual* el costo de operación actual no se considera para la evaluación de la alternativa propuesta Vs. La alternativa original, debido a que es un costo independiente a las decisiones de ampliación de la PTAR. (Es un "costo hundido")

V.3 ANALISIS COSTO-BENEFICIO

Las compañías invierten en una variedad de recursos reales. Estos incluyen los recursos tangibles como la planta y maquinaria y recursos intangibles como los contratos de dirección y patentes. el objeto de la inversión, o el presupuesto importante, la decisión es encontrar recursos reales que son la prueba de valor con extenso y bien - funcionando los mercados financieros. Al mismo tiempo nosotros tomaremos el primero, muchos más de los pasos básicos hacia entender cómo los recursos son estimados. Resulta que si hay un mercado bueno para un recurso, su valor está exactamente igual que el precio del mercado

Se puede desear conocer el valor actual de un valor futuro. Se utiliza también la fórmula de base precedente en la cual se busca el valor K conociendo K_n y la tasa de interés.

$$K_n = \frac{K}{(1+i)^n}$$

Se puede calcular por ejemplo cual sería el valor al día de hoy de 1000 unidades monetarias en 10 años, de un país admitiendo que este tiene una tasa de inflación de 25% anual.

$$K_n = \frac{1000}{(1+0.25)^{10}}$$

$K = 107.37$ unidades monetarias

Esta noción de actualización es fundamental para el cálculo del valor actual neto y de la tasa interna de retorno.

Se aprovecha la descripción de actualización para diferenciar la unidad monetaria "corriente" y la unidad "constante".

La regla de valor presente neta será: Acepte inversiones que tienen los valores presentes netos positivos

Oportunidad de regla de retorno será: Aceptar inversiones que ofrecen oportunidades de retorno en exceso de su oportunidad de el costo de capital.

Se dice que se presenta perpetuidad o anualidad perpetua, cuando se hacen pagos constantes indefinidamente, sin límite de tiempo.

La rentabilidad es la actualización que iguala el valor de la inversión y la suma de los valores actualizados de los flujos. En otras palabras se trata de calcular la tasa que proporciona el valor cero al valor actual neto de los flujos.

Estrictamente hablando, esta clase de anualidad no se presenta en la realidad, por la sencilla razón de que a causa de lo cambiante de las tasas que manejan y ofrecen las instituciones financieras y crediticias, también las rentas resultan variables a pesar de que el capital invertido permanece fijo.

Más que predecir la variación de dichas tasas, es usual que llegado el momento se hagan los reajustes necesarios para que la renta permanezca constante o simplemente se deja que dependa directamente de la tasa vigente.

De cualquier manera, en una perpetuidad se presupone que tanto el capital como la tasa y consecuentemente la renta permanecen invariablemente invariables por tiempo indefinido.

Para que lo anterior se cumpla, el capital al inicio de cada periodo debe ser siempre el mismo e igual a la inversión inicial, de tal manera que los intereses que se producen durante un periodo, sean equivalentes a la renta de ese periodo. Bajo esta consideración, para calcular dichos intereses basta con aplicar la fórmula la que ahora se transcribe.

$$I = n(i)C$$

Donde:

C = Capital de inversión

i = Tasa de interés

I = Renta

n = Año de inversión

Aplicando análisis de proyectos similares a niveles internacionales se utilizan tasas reales del 12% al 15% por lo que para esta se usará el 12%.

Alternativa propuesta

Resumen de beneficios

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	0	1	2	3	4	5
Beneficios	\$928.866,49	\$4.892.233,57	\$5.454.216,02	\$12.066.843,88	\$24.440.081,59	\$43.104.027,70
Beneficios descontados al 12%	\$928.866,49	\$4.368.065,68	\$4.348.067,62	\$8.588.941,13	\$15.532.113,69	\$24.458.382,91

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	6	7	8	9	10	11
Beneficios	\$52.402.666,20	\$63.973.987,13	\$77.264.268,28	\$86.470.906,61	\$86.470.906,61	\$86.470.906,61
Beneficios descontados al 12%	\$26.548.821,53	\$28.938.582,88	\$31.205.742,08	\$31.182.275,79	\$27.841.317,67	\$24.858.319,35

	2016	2017
	12	13
Beneficios	\$86.470.906,61	\$720.590.888,39
Beneficios descontados al 12%	\$22.194.927,99	\$165.140.833,26

Sumatoria	\$416.135.258,07				
------------------	-------------------------	--	--	--	--

Alternativa original

Resumen de beneficios

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	0	1	2	3	4	5
Beneficios	\$855.794,61	\$8.048.193,81	\$18.587.447,74	\$21.496.516,66	\$34.854.119,92	\$47.923.629,37
Beneficios descontados al 12%	\$855.794,61	\$7.185.887,33	\$14.817.799,54	\$15.300.795,95	\$22.150.423,32	\$27.193.154,33

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	6	7	8	9	10	11
Beneficios	\$50.155.510,05	\$61.100.005,81	\$74.169.515,26	\$85.325.983,93	\$96.269.892,51	\$96.269.892,51
Beneficios descontados al 12%	\$25.410.342,29	\$27.638.539,69	\$29.955.823,24	\$30.769.405,20	\$30.996.328,88	\$27.675.293,64

	2016	2017	
	12	13	
Beneficios	\$96.269.892,51	\$802.249.104,21	
Beneficios descontados al 12%	\$24.710.083,61	\$183.854.788,74	
		Sumatoria	\$468.514.460,36

Alternativa propuesta

Resumen de costos

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	0	1	2	3	4	5
Inversiones	\$1.313.060,00	\$0,00	\$12.000.000,00	\$0,00	\$0,00	\$7.000.000,00
costos de op.	\$0,00	\$833.333,33	\$833.333,33	\$4.333.333,33	\$4.333.333,33	\$4.333.333,33
Total de costos	\$1.313.060,00	\$833.333,33	\$12.833.333,33	\$4.333.333,33	\$4.333.333,33	\$11.333.333,33
Total de costos descontados	\$1.313.060,00	\$744.047,62	\$10.230.654,76	\$3.084.381,07	\$2.753.911,67	\$6.430.837,70

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	6	7	8	9	10	11
Inversiones	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
costos de op.	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33
Total	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33
Total de costos descontados	\$2.955.348,21	\$2.638.703,76	\$2.355.985,50	\$2.103.558,48	\$1.878.177,21	\$1.676.943,94

	2016	2017		
	12	13		
Inversiones	\$0,00	\$0,00		
costos de op.	\$5.833.333,33	\$5.833.333,33		
Total	\$5.833.333,33	\$48.611.111,11		
Total de costos descontados	\$1.497.271,38	\$11.140.412,02	Sumatoria	\$50.803.293,31

Alternativa original

Resumen de costos

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	0	1	2	3	4	5
Inversiones	\$12.000.000,00	\$0,00	\$0,00	\$7.000.000,00	\$0,00	\$0,00
costos de op.	\$0,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00
Total de costos	\$12.000.000,00	\$3.500.000,00	\$3.500.000,00	\$10.500.000,00	\$5.000.000,00	\$5.000.000,00
Total de costos descontados	\$12.000.000,00	\$3.125.000,00	\$2.790.178,57	\$7.473.692,60	\$3.177.590,39	\$2.837.134,28

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	6	7	8	9	10	11
Inversiones	\$9.000.000,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
costos de op.	\$5.000.000,00	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00
Total	\$14.000.000,00	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00	\$8.000.000,00
Total de costos descontados	\$7.092.835,70	\$3.618.793,72	\$3.231.065,82	\$2.884.880,20	\$2.575.785,89	\$2.299.808,83

	2016	2017		
	12	13		
Inversiones	\$0,00			
costos de op.	\$8.000.000,00			
Total	\$8.000.000,00	\$66.666.666,67		
Total de costos descontados	\$2.053.400,74	\$15.278.279,34	Sumatoria	\$70.438.446,10

La relación Beneficio / Costo nos indicará cual de las dos es más factible en cuanto a inversión para su realización.

$$\text{Relación beneficio costo} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} > 1$$

Para que sea factible la alternativa propuesta se deberá de cumplir con esta relación además de que esta debe de ser mayor a la alternativa original.

Con respecto a la Alternativa propuesta tenemos:

$$\frac{\$416.135.258,07}{\$50.803.293,31} = 8.1911$$

Con respecto a la Alternativa propuesta tenemos:

$$\frac{\$468.514.460,36}{\$70.438.446,10} = 6.6514$$

Comparando los dos valores verificamos que la alternativa propuesta es la indicada ya que nos da mejor relación beneficio / costo.

VI CONCLUSIONES

En esta tesis mostramos la importancia que tiene mantenernos actualizados con respecto a la tecnología que nos alcanza día con día, podemos observar los diferentes métodos que existen para el tratamiento de aguas residuales y que realmente son eficientes y cuidamos con esto la ecología ya que no debemos dejar que se tiren aguas no tratadas a ríos y mares, esto es perjudicial tanto para la salud del hombre como para nuestro ecosistema.

Existen tantos métodos para el tratamiento de aguas residuales como el hombre ha podido imaginar, algunos son mejores que otros y algunos son más costosos pero al final todos son eficientes y todos llevan al mismo caso de limpiar el agua para reusarla ya que este es un material vital para el hombre y nos lo estamos acabando, con estos métodos de tratamiento de aguas residuales podemos reutilizar el agua para muchos casos como son: de uso público-urbano, industria, uso ambiental como alimento de cuerpos de agua, para el sector agrícola y pecuario, cabe mencionar que existen una normatividad para estos tratamientos y según sea el lugar y clima es el tipo de tratado que necesita ya que estos puntos son muy importantes para poder tratar el agua residual.

Para nuestro caso la mejor alternativa es tratar el agua y venderla a CFE ya que esta consume 2400 lps para el enfriamiento de sus Carbo eléctricas que se localizan en Piedras Negras, Coahuila y para ellos les beneficia ya que están comprando agua a la CNA obtenida de pozos y parte del Río Bravo.

Las necesidades de esta población no lleva a que la planta sea ampliada ya que esta teniendo un crecimiento de población a pasos agigantados y están por alcanzar el límite de la planta actual, así que se recomienda que sea lo más cercano posible la ampliación de esta planta, para ello es la realización de esta tesis.

Ya hablamos de la infraestructura actual de la planta y que necesita algunas modificaciones en lo que respecta a los aeradores y algunas bombas ya que se propuso un aumento en el gasto utilizando nuevos equipos de tecnología de punta

para dicho efecto con el cambio de estos equipos revisamos que no es necesario invertir por el momento en la construcción de nuevos trenes y tampoco tenemos que modificar las estructuras de dicha planta ya que estos alcanzarán al futuro con esta nueva tecnología y sin afectar los planos estructurales que ya han sido diseñados y estudiados, los terrenos que se tienen serán suficientes y los costos serán menores.

Esta tecnología de la cual estamos hablando trata de aeradores de burbuja fina que son dispersados por medio de tuberías con salidas en toda la sección de los reactores biológicos en donde se lleva a cabo el licor de mezclado y que reduce los tiempos de retención para con esto llegar al gasto de ampliación las bombas que se están cambiando solo son para alcanzar los gastos que se tendrán ya que sería mucha la pérdida desperdiciar las bombas actuales y ese es el caso por las cual no se cambian todas las bombas.

Para este efecto también se tenía una opción que en esta tesis le llamamos la alternativa original esta era crear plantas gemelas para alcanzar los gastos de diseño, esto nos llevo a realizar un análisis Beneficio Vs. Costo para verificar cual de las dos opciones era más rentable.

En la alternativa original contempla un crecimiento modular con trenes de 125 lps, en la revisión de los planes que se tenían solo se pensaba crear otro modulo más para alcanzar un total de 500 lps el cual no daría abasto a la descarga de agua residual que tendrá la ciudad de Acuña para el año 2017 en la cual se entregará la planta al municipio para que ellos la mantengan y siga su vida útil la planta ya que los gastos de diseño a los cuales se llegaron sobrepasan por un poco a los 600 lps.

Para poder llegar a este gasto de 600 lps se tendría que construir un modulo único con un solo reactor y un tanque de lodos de 125 lps para poder alcanzar la meta a la cual estará en un futuro.

Para esta tesis se razona en cuales secciones podemos mejorar y al revisar la tecnología actual, podemos observar que ha crecido a pasos agigantados desde el diseño de la planta y encontramos un aerador mucho mas eficiente que los actuales.

Se comenzó a analizar la alternativa propuesta en esta tesis que es la del cambio de aeradores dando los beneficios que tenia el cambiara aeradores y bombas sumergibles dando un buen resultado casi alcanzable con los resultados de los beneficios que nos da construir plantas gemelas después de esto nos lleva a revisar los costos que tendríamos en la planta y se revisaron los costos reales de operación y los costos de inversión para cada alternativa, en la alternativa propuesta nos arroja un costo mucho más bajo que el de la alternativa original, ya que esta ultima se tendría que construir un tren único de menor tamaño en las

secciones de pretratado y el mismo volumen de reactores biológicos y de tanques de sedimentación.

Esto nos da mejoras en la tecnología con una planta más eficiente y de mejor calidad sin afectar la calidad de producción, si no por el contrario mejorar la producción haciendo crecer la planta con una inversión mínima.

Después se hace la comparativa de estas dos opciones y obtenemos que la mejor inversión es la alternativa propuesta que para ser más específicos es la de realizar los cambios mencionados en cuanto a la tecnología y la implementación de esta para mejorar a la planta.

Para esto también vemos que se pueden aplazar las inversiones fuertes y esto nos da un plazo para poder pensar en la inversión a futuro y seguir teniendo las ganancias que hasta ahora han sido benéficas para la planta con esto la planta tendrá mejor manejo de el capital y de los beneficios que nos da.

Con la alternativa propuesta se optimiza la capacidad de los trenes ya que reduciendo los tiempos de retención de la planta se aumenta el gasto del efluente y podemos manejar mas gasto de influente, se aprovecha la capacidad que tienen las secciones del pretratamiento de esta planta.

Después de los estudios que se hicieron de beneficio Vs. costo podemos decir que se existe una eficiencia en los costos, dando un mejor costo para esta propuesta y aunque los beneficios son menores su relación es mejor y en realidad no varia en mucho los beneficios, en lo que si cambia en gran escala es en el costo que se tiene con esta propuesta es mucho menor al original.

Con la alternativa propuesta diremos que es más rentable que la original, y observando los resultados que se obtuvieron concluimos que es más viable y más rentable el cambio de dispositivos para el tratamiento que la creación de una planta más grande.

En lo que nos dice con las ventajas del esquema que maneja CFE para el consumo de agua tratada para ellos es más viable comprarla a la planta que comprarla a CNA ya que es más económica. El precio que paga CFE por cada m^3 de agua tratada es de \$4.9 pesos MN y el precio que paga a la CNA por m^3 es un poco más alto, así que es más económico el comprar el agua tratada para su uso en el enfriamiento de las carboeléctricas.

Esta es una inversión de bajo riesgo ya que el comprador del agua tratada es CFE y ellos requieren un gasto de 2400 lps de el cual solo hay dos plantas que lo abastecen y el agua restante la tiene que comprar a CNA y obtenerla de pozos o del Río Bravo.

Conclusiones

Con esto ellos tienen mejoras en la venta de electricidad y para nosotros es una compra segura y con esto tenemos una fuente de pago en la cual no tenemos riesgo alguno.

Por eso es que se recomienda que se cambien los aparatos en el tiempo que se indica en esta tesis ya que es más fácil y más factible cambiarlos que construir una nueva planta.

BIBLIOGRAFÍA

Libros.

Johnson, Robert W., *Administración Financiera*, Editorial CECSA, México 1963, primera edición.

Villalobos, José Luis, *Matemáticas Financieras*, Editorial Grupo Editorial Iberoamerica, México 1993, primera edición.

Barrie, G. Dale, *los costos en la calidad*, Editorial Grupo Editorial Iberoamerica, México 1992, segunda edición.

Paginas en Internet.

www.ciudadacuna.com.mx

www.coahuila.com.mx/ciudad/acuna/index.php

www.cna.gob.mx

www.inegi.gob.mx

Manuales

Manual de operaciones de la planta de tratamiento, Ingenieros Civiles Asociados S.A. de C.V., México 1998.

Manual de plantas de tratamiento de FLYGTH ITT, USA 2002.