

96



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"EVALUACION PARA EL PROYECTO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE QUERETARO, QRO."

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
JORGE SANTOS DEL CAMPO

DIRECTOR DE TESIS: ING. ERNESTO MENDOZA SANCHEZ



CD. UNIVERSITARIA, MEX., D. F.

2000

200305



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
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/001/00

Señor
JORGE SANTOS DEL CAMPO
Presente

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

"EVALUACION PARA EL PROYECTO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE QUERETARO, QRO. "

- INTRODUCCION
- I. ANTECEDENTES
- II. MARCO LEGAL.
- III. ESTUDIO DE MERCADO
- IV. PROYECTO, CONSTRUCCION Y OPERACION
- V. EVALUACION ECONOMICA
- VI. CONCLUSIONES

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 HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria el 15 de febrero de 2000.
EL DIRECTOR

M. en C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/misg.

INDICE

INTRODUCCION

1. ANTECEDENTES

1.1 Generalidades

2. MARCO LEGAL

2.1 Evolución legislativa sobre el agua en México

2.2 Ley de Aguas Nacionales

2.3 Normas Oficiales Mexicanas

3. ESTUDIO DE MERCADO

3.1 Perfil del Estado de Querétaro

3.2 Perfil de la Ciudad de Querétaro

3.3 Estudio de Mercado

4. PROYECTO, CONSTRUCCION Y OPERACIÓN

4.1 Descripción

4.2 Tamaño y Localización

4.3 Impacto Ambiental

4.4 Mecánica de Suelos

4.5 Ingeniería Básica

4.6 Construcción

4.7 Operación

5. EVALUACION ECONOMICA

5.1 Criterio de Evaluación

5.2 Análisis Financiero

5.3 Fuentes de Financiamiento

6. CONCLUSIONES

Introducción.

El problema de la contaminación del agua actualmente en la República Mexicana es muy complejo y de enormes proporciones, uno de los principales problemas es la dinámica en el crecimiento demográfico que presenta el país en los últimos años, esto aunado a las graves crisis económicas que hemos tenido en los últimos años han dificultado aun mas la situación.

Las demandas de suministro y de tratamiento son cada vez mayores, y se espera que aumenten entre una tercera y una cuarta parte de aquí al año 2000 debido a la expansión demográfica y al crecimiento económico, lo que exige grandes inversiones en infraestructura.

La Ciudad de Querétaro no es la excepción a estos problemas, con una media de crecimiento de población anual por encima de la media nacional, gracias a su prosperidad económica y cercanía de la Ciudad de México, enfrenta el reto de combinar un dinámico crecimiento, en armonía con el medio ambiente y aprovechar al máximo el tratamiento de sus aguas residuales.

No puede pensarse que el Gobierno Federal por medio de la Comisión Nacional de Aguas (CNA) asuma por si solo las cuantiosas inversiones y gastos de operación requeridas para rehabilitar la infraestructura actual y tratar las descargas de aguas residuales con los niveles necesarios de calidad y eficacia.

La elaboración del presente trabajo, surge precisamente de la preocupación por dar solución al problema antes mencionado por medio de la participación privada en el tratamiento de las aguas residuales urbanas en la Ciudad de Querétaro.

Son muchas las ventajas de una participación privada mas extendida en el tratamiento de las aguas residuales, entre ellas debemos destacar la mayor eficiencia, la elevación en la calidad del servicio, la autosuficiencia financiera, continuidad a largo plazo de proyectos y programas, además de que permite sustraer de la volatilidad política a este tema estratégico.

El análisis que se presenta en este trabajo se ha hecho tomando en cuenta el entorno social, ambiental y económico que impera en la Ciudad de Querétaro.

Por lo que respecta a la factibilidad económica en la realización de esta planta de tratamiento de aguas residuales, este trabajo cuenta con un análisis financiero en donde se determina la estructura financiera del proyecto, el tiempo necesario de la concesión, así como el costo por metro cubico sobre segundo (m^3/s).

I. ANTECEDENTES.

El promedio de la precipitación en México es de 777 mm anuales y su distribución es muy irregular. Para dar una idea, más de la mitad del territorio mexicano localizado al norte y en el antiplano recibe sólo el 9% de la precipitación media anual, pero concentra el 75% de la población del país, al 70% del PIB industrial y al 40% de las tierras agrícolas de temporal. En tanto, casi el 70% de la precipitación anual se da en el sudeste de México, donde vive el 24% de la población y la industria es incipiente, excepto la relacionada con el petróleo.

La distribución de las zonas industriales, agrícolas y urbanas en áreas de escasa precipitación no es casual. Durante la época colonial la actividad económica preponderante fue la minería, que orientó los patrones poblacionales hacia puntos de extracción de minerales en el altiplano y norte del país. Puesto que el México Independiente basó gran parte de su economía en la minería, estas regiones vieron consolidar su preeminencia demográfica constituyéndose ahí muchas de las ciudades más importantes.

Con respecto a la altitud también hay desequilibrios considerables. El 85% del volumen almacenado en mas de 4 mil estructuras de control de distribución y suministro de agua se localiza a no mas de 500 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, el 75% de la población vive a una mayor elevación.

Todo ello dificulta el aprovechamiento del agua. Los cortos períodos de lluvias y las sequías prolongadas obligan a almacenarla en infraestructura adicional para su manejo. Por fortuna, el agua contenida en los mantos acuíferos del país tiene una amplia distribución geográfica, aunque es un recurso agotable y en algunos lugares se localiza a gran profundidad.

México recibe 1,570 km³ de agua y pierde por evaporación 1,064km³, lo que establece la oferta de agua a nivel nacional en 473 km³. Fluyen por cauces y vasos superficiales 410 km³ y el resto recarga a través de mantos acuíferos (63 km³).

En 1995 se usaron 163 km³ de aguas superficiales (40% del total disponible) y 24 km³ de subterráneas (38% del total de recarga), lo que aproxima la demanda nacional a 190 km³ anuales.

México tiene un consumo anual de agua de 780 m³ per capita, similar al promedio de las naciones integrantes de la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE) pero superior al de los países europeos pertenecientes a esta misma organización. La intensidad de uso, expresada en términos de la demanda como porcentaje también se asemeja a la de estos países.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

La DBO es el parámetro mas usado para determinar la contaminación orgánica de las aguas residuales. La DBO, representa el oxígeno disuelto en el agua utilizado por los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica en la materia orgánica. La medición de la DBO es sumamente importante por lo siguiente:

1. Determina la cantidad aproximada de oxígeno que será requerida biológicamente para estabilizar la materia orgánica
2. Determina el tamaño de las plantas de tratamiento
3. Mide la eficiencia de los procesos de tratamiento
4. Determina si se satisfacen o no las normas correspondientes permitidas en el tratamiento de aguas residuales.

Para verificar los parámetros de DBO en cuanto a sólidos sedimentables, sólidos suspendidos y niveles máximos permisibles, se puede consultar la tabla 2 de la NOM-001ECOL DEL ANEXO 1 al final de este trabajo de tesis.

Aguas Residuales Urbanas.

La aportación de aguas residuales de uso residencial es de 7.3 km^3 por año ($231 \text{ m}^3/\text{s}$), que implican 1.8 millones de demanda bioquímica de oxígeno (principal parámetro para representar la carga contaminante; se abrevia DBO) anuales, y de los cuales se recolecta un 75% (1.22 millones). Alrededor del 63 % proviene de 140 ciudades con mas de 500,000 habitantes. La capacidad instalada de las 808 plantas de tratamiento construidas permite en principio tratar $1.7 \text{ km}^3/\text{año}$ ($54 \text{ m}^3/\text{s}$) (23%). Puesto que se encuentran en operación sólo 615 de ellas, se tratan únicamente 1.11 km^3 por año ($35 \text{ m}^3/\text{s}$) con una carga de DBO de 0.30 millones de toneladas; el volumen de agua tratado es de alrededor del 15% del volumen residual generado. Al medio ambiente se descargan sin tratar $6.2 \text{ km}^3/\text{año}$ ($196 \text{ m}^3/\text{s}$), equivalente al 85% de las aguas residuales urbanas generadas. Estos datos incluyen a la industria de descargas municipales.

Aguas Residuales Industriales.

El 97% de las empresas del sector industrial mexicano se clasifica en micro y pequeños establecimientos; la falta de recursos ha sido siempre un obstáculo en el financiamiento de plantas de tratamiento de agua, equipos de control y tecnología mas limpia.

Hasta principios de la década de los noventa, la industria se responsabilizó muy limitadamente del agua residual y de los problemas ambientales relacionada con ella. La tecnología

utilizada en los procesos de producción suele ser poco eficiente en el uso y mejoramiento de la calidad del agua. De hecho, la industria genera un total de 2.05 km^3 ($64.5 \text{ m}^3/\text{s}$) de descargas industriales anuales que incluyen ácidos, grasas, aceites, metales pesados, compuestos orgánicos y sólidos suspendidos totales, entre otros contaminantes; con 1.6 millones de toneladas de DBO. Se tiene un caudal tratado de $0.17 \text{ km}^3/\text{año}$ ($5.3 \text{ m}^3/\text{s}$) (8%) y la remoción de solo 0.12 millones de toneladas de DBO. El caudal sin tratar es de $1.88 \text{ km}^3/\text{año}$ ($59.2 \text{ m}^3/\text{s}$) con 1.28 millones de toneladas de DBO anuales (92%).

Sin duda la industria con mayor participación relativa en transmisión de carga orgánica es la azucarera con 53%, le siguen la elaboración de bebidas y la fabricación de alcohol con un 10% individual, petrolera, celulosa y papel, alimenticia, metálica y básica química con un 5% cada una. Algunas de estas industrias están establecidas en zonas con baja disponibilidad de agua, lo que resulta en una sobreexplotación de acuíferos, contaminación de los ecosistemas y altos costos de oportunidad. Se considera que muchas empresas podrían utilizar aguas tratadas o grises en sus servicios o procesos, con lo que se disminuiría la presión ejercida sobre los la capacidad de los acuíferos o, en su caso se podría aumentar la cobertura del servicio de agua potable en favor del consumo doméstico.

Normatividad en el Tratamiento de Aguas Residuales.

Las Normas Oficiales Mexicanas, establecen los techos de cumplimiento para las poblaciones del país. Las Normas completas, se pueden observar al final de este trabajo de tesis en el Anexo 1.

A continuación, se hace un breve resumen de cada una de las Normas Oficiales Mexicanas, que rigen en la actualidad las descargas de aguas residuales en la República Mexicana.

NOM-001-ECOL-1996

QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN AGUAS Y BIENES NACIONALES

Esta Norma oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

La NOM-001-ECOL-1996 es muy importante para este trabajo de tesis, ya que determina el nivel de contaminación que puede haber en el agua al salir del efluente de nuestra planta de tratamiento y así poder ser utilizada en actividades tan importantes como el riego de cereales y otros usos de gran importancia para el ser humano.

Como se indico anteriormente, uno de los propósitos de la planta de tratamiento, referida en este trabajo de tesis, es que cumpla atentamente con las normas mexicanas para el rehuso cotidiano del agua tratada.

Si analizamos detenidamente los parámetros que nos marca la NOM-001-ECOL-1996 a cumplir, nos daremos cuenta que es indispensable no rebasar los límites máximos permisibles, ya que nos haremos acreedores a multas, sino que también, ponemos en riesgo la salud de los habitantes del Municipio de Querétaro.

Las tabla dos y tres de estas normas, deben de ser seguidas al pie de la letra por los encargados de manejar el laboratorio en nuestra planta de tratamiento, ya que debemos recordar, que la planta esta sujeta a una supervisión por parte de la C.N.A., que se puede realizar sin previo aviso, para la medición de los límites máximos permisibles.

La tabla tres es particularmente importante, porque da una relación de los elementos químicos mas nocivos para la salud, tanto del hombre como de animales y vegetales, elementos como el arsénico, el mercurio y el plomo, deben de ser especialmente monitoreados por el laboratorio de la planta, ya que suelen ser letales en cantidades mayores a los límites máximos permisibles.

Insisto en señalar que cumpliendo esta norma, uno de los fines principales de este trabajo de tesis que es darle un nivel de tratamiento suficiente a las aguas residuales que llegan a esta planta, es que esta, pueda ser utilizada en el riego de cereales, como son el maíz y el trigo, que forman parte fundamental de la agricultura en la región donde se ubicará la planta.

NOM-002-ECOL-1996

QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO URBANO O MUNICIPAL.

Debemos de entender que la NOM-002-ECOL-1996 aplica principalmente para las aguas residuales de proceso, que son las resultantes de la producción de un bien o servicio comercializable.

Esta Norma Oficial mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y los bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta norma no se aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas pro drenaje separado.

La NOM-002-ECOL-1996, juega un papel determinante, para este trabajo de tesis y la correcta operación de nuestra planta de tratamiento, ya que la planta no se puede hacer responsable del tratamiento de aguas residuales, que lleguen al influente, por medio del sistema de alcantarillado del municipio de Querétaro, y no cumplan con los límites permisibles, establecidos en la tabla 1 de estas normas, ya que la planta no debe y no puede darle un tratamiento correcto a aguas residuales de proceso.

Por esto las NOM-002-ECOL-1996 obliga a la industria que existe en el país, a darle un tratamiento adecuado, a las aguas residuales de proceso, siendo muy clara a partir de que fechas, se debe dar este tratamiento, por parte de los industriales como lo indica la tabla 3 de esta norma.

Para la vigilancia y cumplimiento de esta norma, se encargará la SEMARNAP, por medio de la C.N.A. lo que deslinda a nuestra planta de tratamiento de aguas residuales de cualquier posible demanda por incumplimiento de las normas.

Además:

Los responsables de las descargas tienen la obligación de realizar los análisis técnicos de las descargas de aguas residuales, con la finalidad de determinar el promedio o el promedio mensual, analizando los parámetros señalados en la Tabla 1 de la presente norma.

NOM-003-ECOL-1997.

QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADASQUE SE REUSEN EN SERVICIOS AL PUBLICO.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y rehuso.

En el caso de que el servicio al público se realice por terceros, estos serán responsables del cumplimiento de la presente Norma, desde la producción del agua hasta su rehuso o entrega, incluyendo la conducción o transporte de la misma.

Es importante señalar, que esta norma va enfocada hacia el uso que se le puede dar al agua tratada, en cuanto al entorno que rodea a los seres humanos, como pueden ser parques, lagos artificiales, campos de golf, campos de foot ball, fuentes etc. El ejemplo mas claro, tiene que ser el actual Lago de Texcoco el cual ha sido rehabilitado y saneado para la pesca deportiva y es actualmente una reserva ecológica a donde llegan aves principalmente de Canadá y Estados Unidos.

Dentro de los objetivos de nuestra planta de tratamiento, esta la del riego de las áreas verdes de la Ciudad de Querétaro, por lo que esta Norma es importante tenerla en cuenta para este trabajo de tesis.

Los patógenos mas dañinos para el ser humano que se encuentran en estas aguas son los coliformes fecales y los huevos de helminto, que de ser consumidos por el ser humano, causan gravísimas enfermedades estomacales.

La tabla 1 de esta norma nos muestra los límites máximos permisibles de contaminantes que pueden tener estas aguas.

La NOM-001-ECOL-1996, NOM-002-ECOL-1996 y la NOM-003-ECOL-1996, son incluidas al final de este trabajo de tesis como el Anexo 1 don de se puede consultar todo lo mencionado anteriormente.

Inventario Nacional de Plantas de Tratamiento

Como se ha señalado anteriormente, uno de los graves problemas que existe en México con respecto al tratamiento de las aguas residuales, es que las plantas que existen en el país, no todas funcionan a su máxima capacidad o ni siquiera están trabajando.

Para constatar esto, se presentará el cuadro 1.4 que nos muestra las plantas de tratamiento de aguas residuales construidas y operando en la República Mexicana.

Como podremos constatar en este cuadro, en prácticamente ningún estado de la República, ninguna planta esta operando a su máxima capacidad, en otros casos, ni siquiera a la mitad de su capacidad, pero lo mas alarmante es que en el caso de Chiapas, ninguna de las ocho plantas construidas esta operando, lo que demuestra un desperdicio de recursos y mala planeación por parte del estado.

Para el caso especial de este trabajo de Tesis, hago mención, con especial interés en el estado de Querétaro, donde el gasto tratado, es alarmante mente menor a la mitad de la capacidad instalada en el estado.

En el cuadro 1.5 se analizan las plantas de tratamiento de aguas residuales tanto en construcción como en proyecto, lo que hace muy interesante este cuadro, sobre todo desde el punto de vista de inversión en este tipo de infraestructura, que es tan importante y determinante para el desarrollo del país.

Se hace notorio en este cuadro, que en los estados del norte de la República principalmente en Chihuahua, se están haciendo inversiones fuertes en lo que a tratamiento de aguas residuales se refiere y proyectos muy importantes en Sinaloa como en Sonora, que son estados muy importantes, con gran importancia para la agricultura y la ganadería a nivel nacional.

Es importante la inversión en infraestructura, pero esta debe de ir acompañada por una planeación detallada, lo mismo que una correcta evaluación del proyecto, ya que si no es así, entonces caeremos nuevamente en el círculo vicioso de la tabla 1.4, donde las plantas de tratamiento no operan a su máxima capacidad o no operan del todo.

En el cuadro 1.6 se muestran los procesos por los cuales se operan las distintas plantas de tratamiento que existen en el país, siendo principalmente los procesos de Lagunas de Estabilización y en segundo lugar Lodos Activados.

Las plantas de tratamiento con el proceso de Lagunas de Estabilización, son comunes en lugares que cuentan con mucho espacio y terreno libre, ya que requieren de un espacio muy

considerable para su construcción, lo que sería no sería práctico para las grandes ciudades del país como el Distrito Federal, Guadalajara, Monterrey, y por que no Querétaro.

Las plantas de tratamiento con el proceso de lodos activados, son comunes en las afueras de las ciudades importantes, ya que no se requiere de tanto espacio para su construcción como es el caso de las plantas de Lagunas de Estabilización

1.7 INVENTARIO NACIONAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO.

CUADRO 1.4 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CONSTRUIDAS Y OPERANDO, ENERO 1998.

ESTADO	PLANTAS CONSTRUIDAS	CAPACIDAD INSTALADA (LPS)	PLANTAS OPERANDO	GASTO TRATADO (LPS)
AGUASCALIENTES	94	2462.00	79	1968.10
BAJA CALIFORNIA	10	2495.00	10	2755.00
B. CALIFORNIA SUR	18	1028.40	17	586.80
CAMPECHE	11	123.36	11	36.61
COAHUILA	13	912.50	7	675.00
COLIMA	23	487.00	16	304.20
CHIAPAS	6	108.72	0	0.00
CHIHUAHUA	18	1404.00	18	642.20
DISTRITO FEDERAL	24	5978.00	22	3379.00
DURANGO	43	2704.40	39	2047.00
GUANAJUATO	9	1665.00	2	790.00
GUERRERO	13	1829.00	13	1443.00
HIDALGO	5	148.36	1	14.88
JALISCO	69	3222.98	51	1726.01
ESTADO DE MEX.	17	2580.00	17	1225.00
MICHOACAN	13	1224.00	10	531.00
MORELOS	30	1314.90	20	810.00
NAYARIT	48	1806.80	32	986.70
NUEVO LEON	28	8821.00	27	6002.00
OAXACA	22	755.74	17	313.10
PUEBLA	11	339.40	8	173.90
QUERETARO	13	834.20	12	298.20
QUINTANA ROO	14	1188.00	12	790.91
SAN LUIS POTOSI	12	423.00	4	265.00
SINALOA	15	1031.00	10	1030.00
SONORA	64	2394.70	46	1432.70
TABASCO	23	1068.20	19	843.50
TAMAULIPAS	14	2148.00	11	1719.10
TLAXCALA	33	878.80	23	679.22
VERACRUZ	61	3331.00	43	1694.00
YUCATAN	8	29.3	8	14.50
ZACATECAS	26	247.00	10	164.00
NACIONAL	808	54983.76	615	35340.63

FUENTE: GERENCIA DE SANEAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA C.N.A.

CUADRO 1,5 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES MUNICIPALES EN CONSTRUCCION Y PROYECTO, ENERO 1998.

ESTADO	PLANTAS TOTAL	GASTO TOTAL (LPS)	PLANTAS EN CONSTRUCCION	GASTO DE DISEÑO (LPS)	PLANTAS EN PROYECTO	GASTO DE DISEÑO (LPS)
AGUASCALIENTES	SD					
BAJA CALIFORNIA	4	3820.00	2	1440.00	2	2380.00
BAJA CALIFORNIA SUR	2	52.00	0.00	0.00	2	52.00
CAMPECHE	SD					
COAHUILA	13	4370.00	0.00	0.00	13	4370.00
COLIMA	2	1050.00	1	300.00	1	750.00
CHIAPAS	42	2098.07	6	178.80	36	1919.27
CHIHUAHUA	42	9509.00	17	139.00	25	9370.00
DISTRITO FEDERAL	5	35875.00	4	875.00	1	35000.00
DURANGO	25	639.60	14	74.60	11	565.00
GUANAJUATO	12	5705.00	1	70.00	11	5635.00
GUERRERO	3	31.00	2	228.00	1	84.00
HIDALGO	SD					
JALISCO	49	2957.00	0.00	0.00	4	2957.00
ESTADO DE MEXICO	17	955.00	6	458.00	11	497.00
MICHOACAN	16	1970.00	4	851.00	12	1119.00
MORELOS	8	405.00	1	75.00	7	330.00
NAYARIT	20	337.44	7	60.60	13	276.84
NUEVO LEON	19	505.00	0.00	0.00	19	505.00
OAXACA	18	952.50	8	72.60	10	879.90
PUEBLA	24	4043.60	4	192.00	20	3851.60
QUERETARO	19	914.00	18	828.00	1	86.00
QUINTANA ROO	SD					
SAN LUIS POTASI	9	1884.30	1	10.00	8	1874.30
SINALOA	9	6699.00	0.00	0.00	9	6699.00
SONORA	3	4000.00	0.00	0.00	3	4000.00
TABASCO	SD					
TAMAULIPAS	8	3519.24	2	27.00	6	3492.24
TLAXCALA	6	52.09	1	3.74	5	48.35
VERACRUZ	17	3653.00	6	2235.00	11	1418.00
YUCATAN	SD					
ZACATECAS	15	449.00	0.00	0.00	15	449.00
NACIONAL	362	96726.84	105	8118.34	257	88608.50

FUENTE: GERENCIA DE SANEAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA C.N.A.

CUADRO 1.6 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES CONSTRUIDAS, POR PROCESO, ENERO 1998.

ESTADO	AE	DB	PB	LA	LB	LE	LM	LP	PE	RA	TI	TP	TS	TV	ZO	ZZ	AN	TOTAL
AGUASCALIENTES			1	2		83			8									94
BAJA CALIFORNIA			2	1	1	5									1			10
BAJA CALIFORNIA SUR				7		9	1					1						18
CAMPECHE				7								3					1	11
COAHUILA			2	5		4					1	1						13
COLIMA		1		2		20												23
CHIAPAS						5							1					6
CHIHUAHUA		1		4		12									1			18
DISTRITO FEDERAL	1		2	20													1	24
DURANGO				1	1	41												43
GUANAJUATO				1	1	3					3				1			9
GUERRERO				12								1						13
HIDALGO				1		2		1			1							5
JALISCO			2	11	2	34			1	7	1	2			9			69
ESTADO DE MEXICO			1	1		15												17
MICHOACAN		1			1	6				1	3				1			13
MORELOS		3	5	3		2				4	8					2	3	30
NAYARIT			4	11		19							14					48
NUEVO LEON	3			6	3	12				1	2						1	28
OAXACA		1	1	10		5		3			2							22
PUEBLA			2			6						2		1				11
QUERETARO	1		3	1					3		1	1			1		2	13
QUINTANA ROO				12		1									1			14
SAN LUIS POTOSI				9		3												12
SINALOA				2		12						1						15
SONORA						61					2	1						64
TABASCO			1	4		7					10				1			23
TAMAULIPAS	1		1		1	6					3				2			14
TLAXCALA			1		4	27				1								33
VERACRUZ			3	22		10			1	2	16	3	1				3	61
YUCATAN			1	2													5	8
ZACATECAS		2	0	17		6									1			26
NACIONAL	6	9	32	174	14	416	1	4	12	10	59	15	18	1	19	3	15	808

FUENTE: GERENCIA DE SANEAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA, C.N.A.
 No incluye plantas en proyecto.

AE = AERACION EXTENDIDA
 DB = DISCO BIOLOGICO
 PB = FILTROS BIOLOGICOS
 LA = LODOS ACTIVADOS
 LB = LAGUNAS AERADAS
 LE = LAGUNAS DE ESTABILIZACION
 LM = LEMNA
 LP = LAGUNAS-PANTANO
 PE = PURIFICADOR ENZIMATICO

RA = RAFA
 TI = TANQUE IMHOFF
 TP = TRATAMIENTO PRIMARIO
 TS = TRATAMIENTO SECUNDARIO
 TV = TRATAMIENTO PRIMARIO AVANZADO
 ZO = ZANJA DE OXIDACION
 ZZ = DESCONOCIDO
 AN = TRATAMIENTO ANAEROBIO

Salud Pública.

Las descargas municipales e industriales tienen consecuencias severas sobre la salud pública y la reducción de la productividad laboral en el país. Dadas las condiciones de deterioro en la calidad del agua, un gran volumen requiere tratamientos extensivos para habilitarse como agua potable. La contaminación por materia fecal que se mide mediante los Niveles Máximos Permisibles de organismos y coliformes, que se establecen en las Normas Oficiales Mexicanas, es la principal causa de la incidencia de enfermedades del aparato gastrointestinal en una tercera parte de los estados. El cólera emergió nuevamente en México durante 1991 abarcando 17 estados al principio y 25 estados mas en los años posteriores, debemos tomar en cuenta que si no se hace un tratamiento adecuado de las aguas residuales, esto podría desencadenar nuevamente un problema de salud en la República Mexicana. La elevada concentración de coliformes fecales en algunos embalses los inutiliza para usos recreativos.

Mercado de Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas.

Con el propósito de estimar el volumen de aguas residuales generadas por las actividades urbanas, debe considerarse que de una población total de 95 millones de habitantes, el 17% carece del servicio de agua potable y el 33% de alcantarillado, localizándose los mayores rezagos en el medio rural, donde el 48% no cuenta con el servicio de agua potable y el 79% con alcantarillado.

Debemos recordar también que el volumen de aguas residuales de origen urbano es de $231\text{m}^3/\text{s}$, de los que $174\text{m}^3/\text{s}$ se canalizan en drenajes. Es indispensable avanzar tanto en el equipamiento para el manejo y suministro de aguas, como en el servicio de tratamiento de aguas residuales, ya que únicamente se tiene capacidad para tratar $54\text{m}^3/\text{s}$, de estos solo reciben tratamiento adecuado $35\text{m}^3/\text{s}$.

La magnitud de la contaminación presente en las aguas residuales urbanas es del orden de 1.8 millones de toneladas de DBO: de estas existe capacidad para remover 0.42 millones de toneladas, sin embargo únicamente 0.30 millones de toneladas de DBO son tratadas adecuadamente antes de ser descargadas al medio natural. Es importante resaltar el hecho de que las cifras expresadas incluyen las descargas de las industrias que están instaladas en zonas urbana, y que no se pueden desagregar de las cargas domésticas.

Se estima que para el año 2020, bajo el escenario descrito en las proyecciones de demanda, y considerando las tendencias actuales de consumo por sector, la demanda de agua potable para uso urbano será de $381\text{m}^3/\text{s}$. Este sector generará $286\text{m}^3/\text{s}$, considerando que la

Aportación de aguas residuales es 0.75 de la dotación de agua para todas las poblaciones del país, con una DBO de 2.36 millones de toneladas. La infraestructura necesaria adicional para el tratamiento de estas aguas residuales requerirá una inversión aproximada de 2.78 mil millones de dólares, más un gasto operacional estimado de 2.13 mil millones de dólares anuales suponiendo un tratamiento secundario con lodos activados y cloración.

Situación Actual y Proyección del Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas.

	Descargas de aguas residuales actuales	Capacidad de tratamiento actual	Descargas de aguas residuales al 2020	Necesidad de tratamiento al 2020	Costo total de inversión acumulada al 2020	Costo operativo anual al 2020
DBO millones de ton/año	1.8	0.42	2.36	1.94		
m ³ /s	231	54	304	250		
Inversión en millones de dólares					2,780	2,130

Mercado de Tratamiento de Aguas Residuales de Origen Industrial.

Cabe señalar que no se cuenta con el inventario total de descargas industriales debido a que la Comisión Nacional del Agua sólo registra el volumen y características de descarga hacia los cuerpos de agua federales.

Las industrias que están instaladas en zonas urbanas se abastecen de la red municipal y sus aguas residuales son vertidas al drenaje, correspondiendo a los organismos municipales operadores llevar la contabilidad correspondiente. Por ello, como se señaló, estas cifras quedan incluidas en los datos de consumo y descarga de agua para uso urbano.

Se estima que el volumen de agua suministrado a la industria fuera de zonas urbanas, es de 78.7m³/s. este volumen corresponde a 1,387 empresas consideradas como las mas importantes por su nivel de consumo y descarga de agua residual. Actualmente, el volumen de descargas generadas por el uso industrial no urbano es de aproximadamente 64.5 m³/s, con 1.6 millones de

toneladas de DBO al año. El caudal de aguas residuales tratado actualmente es de 5.3 m³/s con una remoción de 0.12 millones de toneladas de DBO.

La demanda de agua para uso industrial en el año 2020, será de aproximadamente 85 m³/s, generando una descarga de aguas residuales de 76 m³/s y 1.88 millones de toneladas de DBO al año. La infraestructura requerirá una inversión aproximada de 1.7 mil millones de dólares, con un costo promedio de operación anual estimado de 1.06 mil millones de dólares.

Sumando lo correspondiente a las aguas de origen urbano e industrial, sin incluir aguas residuales provenientes de la agricultura, para el año 2020 se tendrán necesidades de tratamiento del orden de 331 m³/s, un monto requerido de inversiones del orden de los 4,350 millones de dólares y un gasto total de operación anual aproximado de 3,190 millones de dólares. Dada la magnitud de las cifras se tendrá que recurrir casi de manera forzosa a la participación de la iniciativa privada en la construcción y los servicios de operación y administración para el tratamiento de aguas residuales en México.

Instituciones en México, Consecuencias y Necesidades.

En materia de agua, en México prevalece un modelo protagonizado por una autoridad gubernamental centralizada y propietaria sobre los derechos del agua, que asigna concesiones y permisos de uso y que además ha poseído amplios poderes para determinar condiciones de acceso y utilización. En este modelo, en general, han predominado criterios políticos sobre consideraciones económicas y ambientales en el manejo de los sistemas hidráulicos.

Es notoria la ausencia de intercambio económico (transferencia de derechos o concesiones), por lo que las autoridades determinan unilateralmente el uso del agua. Tradicionalmente, ya que no han estado investidos de derechos de propiedad, los nuevos usuarios, no han tenido que compensar a los usuarios originales por reasignar el agua, lo que ha implicado efectos sobre la distribución del ingreso. Destaca también una tradición de subsidio en el uso del agua y en los servicios, así como la cultura paternalista del no pago; los problemas de escasez han sido afrontados con nuevos suministros, sin consideraciones de eficiencia y sustentabilidad. Todas estas circunstancias institucionales se reflejan en cuatro aspectos muy importantes relacionados con su manejo: escasez y asignación ineficiente, financiamiento insuficiente a obras de infraestructura, impactos ambientales y sobreexplotación y agotamiento.

Escasez.

Un número creciente de regiones en México experimentan problemas de escasez de agua, lo cual se complicará con el crecimiento demográfico y conforme mejoren los niveles de vida de la población. No es que el país en su conjunto experimente un problema de escasez absoluta, sino que existen grandes disparidades de la oferta y desequilibrios regionales importantes de demanda con respecto a los recursos disponibles. Para resolver estos problemas es indispensable que se rompa el aislamiento económico y sectorial de los usuarios del agua, y que tanto industriales como agricultores, al igual que las ciudades, se integren en un esfuerzo coordinado de cambio institucional, que tienen que ser promovidos por el estado.

El desarrollo industrial, sobre todo en determinadas regiones, puede estar en riesgo por una disponibilidad insuficiente de recursos hídricos, lo mismo puede decirse del futuro de la agricultura en áreas críticas, y de la integridad de muchos ecosistemas costeros, fluviales y lacustres, los cuales han visto bloqueado el suministro de agua o reciben crecientes impactos por la contaminación. Es posible afirmar incluso, que el agua puede convertirse en un factor limitante para el desarrollo sustentable de muchas regiones del país.

La demanda de agua se refiere a una amplia gama de usos de carácter vital como el consumo humano, la preparación de alimentos, la higiene familiar, producción industrial, irrigación, actividades pesqueras de agua dulce, acuacultura, recreación, transporte, generación de electricidad, actividades recreativas y , mantenimiento de servicios ambientales en ecosistemas costeros, fluviales y lacustres. En general, puede decirse que son cuatro grandes usos que compiten intensamente por el agua disponible:

- Necesidades humanas directas (uso urbano)
- Agricultura
- Industria
- Ecosistemas

Financiamiento Insuficiente a Infraestructura.

Como la propiedad del agua es del estado no hay incentivos suficientes para financiar las obras de infraestructura que garanticen un uso óptimo y su distribución eficiente.

Los costos de financiamiento de la infraestructura hidráulica que lleva a cabo el estado no se recuperan, aunque se intentara, debido a que la productividad, está por debajo del mínimo indispensable para ello.

En los sectores urbanos e industrial destaca un tratamiento de aguas residuales muy limitado, que coexiste con una elevada capacidad ociosa, dados los altos costos de operación.

Sobreexplotación.

En materia de aguas subterráneas la sobreexplotación de los mantos es un problema muy grave y ampliamente extendido en México. Hay una gran dificultad de determinar desde la administración pública, los volúmenes de extracción eficientes y apropiados para cada usuario, además de que es muy complejo e incluso imposible verificar que la extracción corresponda al volumen asignado; siempre hay incentivos para exceder las cuotas. Y algo peor: los derechos aplicables no se cobran en su mayor parte, dando por resultado que algo muy escaso y valioso para la sociedad (como es el agua) sea casi gratuito para los individuos que la explotan. La sobreexplotación es tan grave que ha llegado al grado de que los acuíferos se contaminan con sales tóxicas del subsuelo, como es el caso del arsénico en la comarca lagunera.

En aproximadamente 115 acuíferos el bombeo excede la recarga natural anual, lo que provoca que los niveles en los pozos de extracción estén disminuyendo más de dos metros por año. La sobreexplotación ha ocasionado que más de 80 acuíferos del norte, noreste y la cuenca del Río Lerma y Balsas, presenten intrusión salina y daños prácticamente irreversibles como hundimientos de tierra y presencia de arsénico por bombeo a gran profundidad, además de costos de extracción inaceptables. En el valle de México, la sobreexplotación de los mantos acuíferos es la culpable del hundimiento del centro del distrito federal y de grietas que afectan obras hidráulicas y edificios.

2. MARCO LEGAL.

2.1 Evolución Legislativa de el Agua en México.

Para entender los problemas del agua en México es necesario hacer un repaso de las leyes y organismos públicos responsables de su administración. Ellos han constituido la estructura que explica inercias persistentes en materia de subsidios, iniquidad e ineficiencia en el uso del líquido, limitaciones a los derechos de propiedad, restricciones a la participación de la iniciativa privada, fuertes impactos ambientales y déficit de infraestructura.

Con el antecedente de las leyes coloniales (ley de Indias) que establecían una naturaleza común al agua bajo el dominio originario de la corona española, no fue sino hasta la constitución federal de 1857 cuando se otorgaron facultades, en este caso al congreso, para determinar cuales aguas se encuentran bajo jurisdicción federal y para promulgar leyes relacionadas con su uso (reformas de 1908), algo que se refrenda en la Constitución de 1917 en su artículo 73.

Sin embargo, el constituyente de 1917 va más allá, al asentar en el Artículo 27, que la propiedad de tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originalmente a la nación, la cual transmite el dominio a los particulares para constituir la propiedad privada. El párrafo cinco de dicho artículo asigna a la nación la propiedad de prácticamente todas las aguas superficiales y subterráneas, con el carácter de dominio directo inalienable e imprescindible. Su uso por parte de particulares se hace posible sólo a través de concesiones otorgadas por el ejecutivo federal de acuerdo con las condiciones establecidas en las leyes. En este régimen exclusivo de concesiones queda implícito el dominio del estado. En cierta forma aquí se conserva una dimensión del derecho colonial: la nación sustituye a la corona española como titular original de esos derechos, y el estado, como representante de la nación, es quien los ejerce.

Sobre esta base jurídica, el sistema institucional mexicano responsable del manejo del agua en la era posrevolucionaria se funda con la Comisión nacional de Irrigación y la Ley de irrigación en 1926. Posteriormente, el agua pasó a ser jurisdicción de la Secretaría de Recursos Hídricos en 1946, década en la cual se crearon comisiones de cuencas de ríos, con la intención de formalizar expectativas de desarrollo regional; asimismo se lanzaron ambiciosos proyectos hidráulicos, sobre todo en el noroeste del país. En 1972 se publicó la Ley Federal de Aguas, la cual unificó gran diversidad de leyes y reglamentos en materia de agua bajo una filosofía intervencionista y tutelar del estado, algo muy en boga en aquellos años.

En 1989 se creó la Comisión Nacional de Aguas como órgano desconcentrado de la SAHR a quién se le adjudicaron todas las responsabilidades en materia de agua de la secretaría. Entre las funciones destacables de la CNA se encuentran:

- Definir las políticas hidráulicas del país y formular, actualizar y verificar la ejecución del Programa nacional hidráulico.
- Definir y poner en práctica mecanismos financieros para apoyar el desarrollo hidráulico y el suministro de servicios de agua.
- Planear, diseñar y construir las obras hidráulicas efectuadas por el gobierno federal.
- Asignar agua a los usuarios y otorgar los permisos y licencias correspondientes.

2.2 Ley de Aguas Nacionales.

En 1993 se promulgó la nueva Ley de Aguas Nacionales que plantea cambios importantes en relación a la legislación de 1972, con su mayor sentido de modernización. Se prevé la forma en que la inversión privada pueda participar en la construcción y operación de la infraestructura hidráulica. Se establece también la obligación de todos los usuarios al pago de derechos para uso de aguas nacionales, incluyendo derechos de descargas de aguas residuales para evitar la contaminación de ríos y mantos acuíferos. Estas disposiciones se definen en la Ley Federal de Derechos.

La nueva ley también redistribuye facultades en lo relacionado con la calidad del agua, lo cual se expresa en la Ley orgánica de la Administración Pública Federal. Gracias a la creación de la secretaría de medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), dentro de la cual queda la CNA como órgano desconcentrado, todas las facultades federales se incorporan a esta nueva secretaría. Cabe resaltar que la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), agencia gubernamental a cargo de la vigilancia del cumplimiento de las regulaciones ambientales, carece de facultades en la materia, lo cual plantea serios problemas que limitan la eficacia de la política ambiental.

Se mantienen en esta nueva ley los principios constitucionales de que el uso o aprovechamiento de aguas nacionales puede hacerse sólo a través de concesión. En este tema se incorporan algunos elementos innovadores como la creación del Registro Público de Derechos de Agua, donde deben registrarse los títulos y permisos de concesión y asignación así como las operaciones de transferencia, y, se expiden certificados, lo que en esencia tiende a establecer una mayor certeza jurídica en este campo y a apoyar un posible mercado de agua.

A continuación se mencionan los Artículos de la Ley de Aguas Nacionales que se consideran indispensables para este trabajo.

- Artículo 20. La explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales por parte de personas físicas o morales se realizará mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo Federal a través de la CNA de acuerdo con las reglas y condiciones que establece esta ley y su reglamento.

La explotación, uso a aprovechamiento de aguas nacionales por dependencias y organismos descentralizados de la administración pública federal, estatal o municipal, se podrá realizar mediante asignación otorgada por la CNA.

La asignación de agua a que se refiere el párrafo anterior se regirá por las mismas disposiciones que se aplican a las concesiones, y el asignatario se considerará concesionario para efectos de la presente ley.

- Artículo 24. El término de la concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales no será menor de cinco años, ni mayor de cincuenta años.
- Artículo 30. La "Comisión" llevará el registro Público de Derechos de Agua, en el que deberán inscribirse los títulos de concesión, de asignación y los permisos a que se refiere la presente ley, así como las prórogas de las mismas, su suspensión, terminación y los actos y contratos relativos a la transmisión total o parcial de los títulos, así como los cambios que se efectúen en sus características o titularidad, se inscribirán a petición la parte interesada, por orden de presentación y cuando se satisfagan los requisitos que establezca el reglamento de la presente ley.
- Artículo 45. Es competencia de las autoridades municipales, con el concurso de los gobiernos de los estados en los términos de la ley, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales que se les hubieran asignado, incluyendo las residuales, desde el punto de su extracción o de su entrega por parte de la "Comisión" hasta el sitio de su descarga a cuerpos receptores que sean bienes nacionales. La explotación, uso o aprovechamiento se podrá efectuar por dichas autoridades a través de sus identidades paraestatales o de concesionarios en los términos de la ley.

En el caso del párrafo anterior, en el rehuso de aguas residuales, se deberán respetar los

derechos que sobre las mismas estén inscritos en el Registro Público de derechos del Agua.

- Artículo 47. La "Comisión" promoverá el aprovechamiento de aguas residuales de los sistemas de agua potable y alcantarillado, que se podrán realizar por los municipios, los organismos operadores o por terceros.

- Artículo 97. Los usuarios de las aguas nacionales podrán realizar, por si o por terceros, cualesquiera obra de infraestructura hidráulica que se requieran para su explotación, uso o aprovechamiento.

La administración y operación de estas obras serán responsabilidad de los usuarios o de las asociaciones que fomen al efecto, independientemente de la explotación, uso o aprovechamiento que se efectúe de las aguas nacionales.

- Artículo 99. La "Comisión" proporcionará a solicitud de los inversionistas, concesionarios o asignatarios, los apoyos y la asistencia técnica para la adecuada construcción, operación conservación, mejoramiento y modernización de las obras hidráulicas y los servicios para su operación.

- Artículo 102. Se considera de interés público la promoción y fomento de la participación de los particulares en el financiamiento, construcción y operación de infraestructura hidráulica federal, así como en la participación de los servicios respectivos.

Para tal efecto, la "Comisión" podrá:

- I. Celebrar con particulares contratos de obra pública y servicios con la modalidad de inversión recuperable, para la construcción, equipamiento y operación de infraestructura hidráulica federal, pudiendo quedar a cargo de una empresa la responsabilidad integral de la obra y su operación, en los términos del reglamento;
- II. Otorgar concesión total o parcial para operar, conservar, mantener, rehabilitar y ampliar la infraestructura hidráulica construida por el Gobierno Federal y la prestación de los servicios respectivos, y
- III. Otorgar concesión total o parcial para construir, equipar y operar la infraestructura hidráulica federal y prestar el servicio respectivo.

- Artículo 103. Las concesiones a que se refiere la fracción III del artículo anterior, se sujetarán a lo dispuesto en el presente capítulo y al reglamento.

La "Comisión" fijará las bases mínimas para la participación en el concurso para obtener las concesiones a las que se refiere este capítulo, en los términos de esta ley y su reglamento. La selección entre las empresas participantes en el concurso se hará en base a las tarifas mínimas que

responda a los criterios de seriedad, confiabilidad y calidad establecidos en las bases que para cada paso expida la "Comisión".

- Artículo 105. La "Comisión", en los términos del Reglamento, podrá autorizar que el concesionario otorgue en garantía los derechos de los bienes concesionados a que se refiere el presente capítulo, y precisará en este caso los términos y modalidades respectivas.

Las garantías se otorgarán por un término que en ningún caso comprenderá la última décima parte del total del tiempo por el que se haya otorgado la concesión.

- Artículo 107. La concesión sólo terminará por:

I. Vencimiento del plazo establecido en el título o renuncia del titular.

II. Revocación por incumplimiento de los siguientes casos:

- a) No ejecutar las obras objeto de la concesión en los términos y condiciones que señale la ley y su reglamento;
- b) Dejar de pagar las contribuciones o aprovechamiento que establezca la legislación fiscal por el uso o aprovechamiento de la infraestructura y demás bienes o servicios concesionados;
- c) Transmitir los derechos del título u otorgar en garantía los bienes concesionados, sin contar con la autorización de la "Comisión".
- d) Prestar en forma deficiente o irregular el servicio, o la construcción, operación, conservación o mantenimiento, o su suspensión definitiva, por causas imputables al concesionario, cuando con ello se pueda causar o se causen perjuicios a los usuarios o a terceros;

III. Rescate de la concesión por causa de utilidad pública o interés público mediante pago de la indemnización respectiva, fijada por peritos en los términos del reglamento, garantizando en todo caso que la misma sea equivalente por lo menos a la recuperación pendiente de la inversión efectuada y la utilidad razonable convenida en los términos de la concesión.

- Artículo 108. La recuperación parcial o total de la inversión privada o social se podrá efectuar mediante el suministro de agua para usos múltiples, incluyendo la venta de energía eléctrica.

Las obras públicas de infraestructura hidráulica o los bienes necesarios para su construcción u operación se podrán destinar a fideicomisos, establecidos en instituciones de crédito, para qué, a través de las operaciones sobre el uso o aprovechamiento de dichas obras, se facilite la recuperación de la inversión efectuada. Una vez cumplido el objeto del fideicomiso deberán revertir al Gobierno federal, en caso contrario, se procederá a su desincorporación en los términos de la ley aplicable en la materia.

- Artículo 110. La operación, conservación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica se efectuarán con cargo a los usuarios de los servicios respectivos. Las cuotas se determinarán con

base en los costos de los servicios, previa la valuación de dichos costos en los términos de la eficiencia económica; igualmente se tomarán en consideración criterios de eficiencia económica y saneamiento financiero de la entidad o unidad prestadora del servicio.

3. ESTUDIO DE MERCADO.

3.1 Perfil de el Estado de Querétaro.

Querétaro, ubicado en el cruce de caminos que comunican al sur con el norte y el occidente del país, es un estado que ha cambiado rápidamente en las últimas décadas. Su intenso crecimiento demográfico, aunado a la expansión de algunos sectores económicos, hacen de la entidad un lugar con grandes oportunidades de progreso, a la vez que enfrenta retos importantes en materia de dotación de servicios básicos, seguridad pública, deterioro ambiental, disponibilidad de agua y ordenamiento urbano, entre otros.

Los procesos sociales, económicos y políticos, así como la acción gubernamental, difícilmente son comprensibles sin un conocimiento del fenómeno demográfico. Querétaro se caracteriza por una intensa dinámica de su población, tal como se puede apreciar en su volumen, la estructura por edad y sexo y la forma en que está distribuida. La dinámica poblacional determina la dimensión y complejidad de los retos en materia económica y de bienestar social.

De acuerdo a proyecciones de población, para el año 2005 Querétaro contará con 1,690,000 habitantes aproximadamente, 440,000 más que en 1995 y la población urbana será equivalente al 69%, concentrándose en los municipios principales. En estas proyecciones cabe destacar un aspecto de gran impacto: la población económicamente activa registrará un incremento sustancial al alcanzar casi 1,100,000 personas. Esto significa un aumento en la demanda de empleo.

El perfil demográfico del estado representa un gran reto para la acción gubernamental en el sentido de la creciente demanda de servicios básicos, aunado al rezago existente. Asimismo, el desequilibrio en el desarrollo de las regiones, impone la necesidad de establecer proyectos que impulsen el fortalecimiento de los municipios que tradicionalmente expulsan a sus habitantes por la carencia de oportunidades educativas, de empleo y de bienestar.

base en los costos de los servicios, previa la valuación de dichos costos en los términos de la eficiencia económica; igualmente se tomarán en consideración criterios de eficiencia económica y saneamiento financiero de la entidad o unidad prestadora del servicio.

3. ESTUDIO DE MERCADO.

3.1 Perfil de el Estado de Querétaro.

Querétaro, ubicado en el cruce de caminos que comunican al sur con el norte y el occidente del país, es un estado que ha cambiado rápidamente en las últimas décadas. Su intenso crecimiento demográfico, aunado a la expansión de algunos sectores económicos, hacen de la entidad un lugar con grandes oportunidades de progreso, a la vez que enfrenta retos importantes en materia de dotación de servicios básicos, seguridad pública, deterioro ambiental, disponibilidad de agua y ordenamiento urbano, entre otros.

Los procesos sociales, económicos y políticos, así como la acción gubernamental, difícilmente son comprensibles sin un conocimiento del fenómeno demográfico. Querétaro se caracteriza por una intensa dinámica de su población, tal como se puede apreciar en su volumen, la estructura por edad y sexo y la forma en que está distribuida. La dinámica poblacional determina la dimensión y complejidad de los retos en materia económica y de bienestar social.

De acuerdo a proyecciones de población, para el año 2005 Querétaro contará con 1,690,000 habitantes aproximadamente, 440,000 más que en 1995 y la población urbana será equivalente al 69%, concentrándose en los municipios principales. En estas proyecciones cabe destacar un aspecto de gran impacto: la población económicamente activa registrará un incremento sustancial al alcanzar casi 1,100,000 personas. Esto significa un aumento en la demanda de empleo.

El perfil demográfico del estado representa un gran reto para la acción gubernamental en el sentido de la creciente demanda de servicios básicos, aunado al rezago existente. Asimismo, el desequilibrio en el desarrollo de las regiones, impone la necesidad de establecer proyectos que impulsen el fortalecimiento de los municipios que tradicionalmente expulsan a sus habitantes por la carencia de oportunidades educativas, de empleo y de bienestar.

Aún cuando se han realizado importantes avances en materia de atención al rezago, el reto que permanece es todavía muy grande. En este sentido, los temas relacionados con el bienestar social tales como la educación, salud, deporte, cultura, el cuidado del ambiente y los servicios básicos, son aspectos que deben mejorar a fin de incrementar la calidad de vida.

La transformación económica y social del estado en las últimas décadas ha traído consigo grandes beneficios, pero también repercusiones importantes en aspectos de seguridad pública y calidad del medio ambiente. El crecimiento de las ciudades, el fenómeno de conurbación, la ubicación geográfica de Querétaro, aunados a los efectos de las crisis económicas, han desencadenado nuevas formas de comportamiento social más complejas propias de las grandes urbes.

El Campo.

El reto del campo, hoy en día, es alcanzar niveles de rentabilidad que permitan a los productores desarrollar sus comunidades, aprovechar y cuidar los recursos naturales, incorporar conocimientos y medios técnicos que faciliten sus actividades; todo ello, sin perder sus tradiciones y valores, el arraigo y orgullo de su gente.

La política estatal para el campo está orientada a incrementar el ingreso neto de los productores. Para ello, se articularán congruentemente los programas para aumentar la productividad y beneficio de las actividades agrícolas y ganaderas, a fin de lograr mayor competitividad en los mercados.

Las actividades agrícolas, pecuarias y forestales requieren de redes comerciales sanas y eficientes que vayan desde el mercado regional hasta el internacional, lo que exige un eficiente sistema de información de precios y mercados. Se promoverán nuevas tecnologías, acordes con las potencialidades regionales y las necesidades del mercado. Se impulsará la investigación, la capacitación y la difusión técnica para mejorar la producción regional, incentivando la inversión privada en la creación y transferencia de nuevas tecnologías.

AGUA

La ubicación de Querétaro con sus dos regiones hidrológicas, la Lerma Santiago y la Alta del río Pánuco, y con su parteaguas continental, la hacen una región de escasa disponibilidad del vital líquido.

El desarrollo sustentable requiere del uso eficiente del recurso, por ello se impulsarán programas para fortalecer la recuperación de caudales, la retención de agua y conservación de acuíferos, la dotación del servicio a quienes los necesitan y el saneamiento de aguas residuales. Asimismo, se privilegiará la atención a problemas de carácter regional, al manejo integral de subcuencas, a la tecnología alternativa para uso del agua, así como la implementación de programas de vinculación con otras dependencias para la integración de soluciones en aspectos como riego agrícola y desarrollo industrial.

Por ello, la política estatal sobre agua está orientada a aumentar la captación del líquido y la conservación de los mantos acuíferos, ampliar su distribución, eficientar su uso, mejorar el servicio, incorporar el saneamiento en todo el proceso; esto se realizará bajo los criterios de desarrollo sustentable y participación social.

"Saneamiento"

Promover y coordinar, con la participación de la sociedad, los municipios y las dependencias federales, la construcción de la infraestructura necesaria para el saneamiento del agua en todas las cabeceras municipales. Se establecerá un programa conjunto para los próximos años, integrando recursos de los tres órdenes de gobierno y la iniciativa privada.

"Uso Eficiente del Agua"

Establecer los mecanismos legales, técnicos, educativos y de difusión para promover el uso eficiente del agua, logrando el ordenamiento y la regulación de los aprovechamientos superficiales y subterráneos para los usos agrícola, urbano e industrial, entre otros, a fin de arraigar entre la población del estado la cultura del agua.

3.2 Perfil de la Ciudad de Querétaro.

Ubicación Geográfica.

Coordenadas geográficas extremas.

Al norte 20° 55', al sur 20° 30' de latitud norte; al oeste 100° 17' y al oeste 100° 36' de longitud oeste.

Colindancias

El municipio de Querétaro colinda al norte con el estado de Guanajuato; al este con el municipio de el Marqués; al sur con los municipios de Huimalpan, Corregidora y el estado de Guanajuato, al oeste con el estado de Guanajuato.

Clima:

El clima esta definido como subtropical de altura; lluvias durante el verano y temperatura media anual de 18 grados centígrados.

Resumen de la Información Demográfica, Geográfica, Turística, Económica y Social del Municipio de Querétaro en el Estado del mismo nombre.

Superficie Km ²	759.9
%Territorial del Estado	6.5%
Localidades con mas de 1000 habitantes	24
Población Total 1990	456,458
Población Total 1995	559,222
Hombres	272,512
Mujeres	286,710
Tasa de Crecimiento Poblacional Promedio Anual 90-95	3.66%
Población Total 1999/ estimación Conapo	622,315
Población 15-64 años	344,938
% Población de 15 a 64 años	61.69
Número de Viviendas Particulares Habitadas	119,840
Promedio de ocupantes por vivienda	4.7
% Viviendas con Disponibilidad de Agua	97.74
% Viviendas con Disponibilidad de Drenaje	91.94
Unidades Económicas Industria Manufacturera	1,537
Unidades Económicas Comercio y Servicios	9,128
Establecimientos Comerciales y de Servicios	22,688

MUNICIPIO DE QUERETARO

Secretaría de Economía y Finanzas

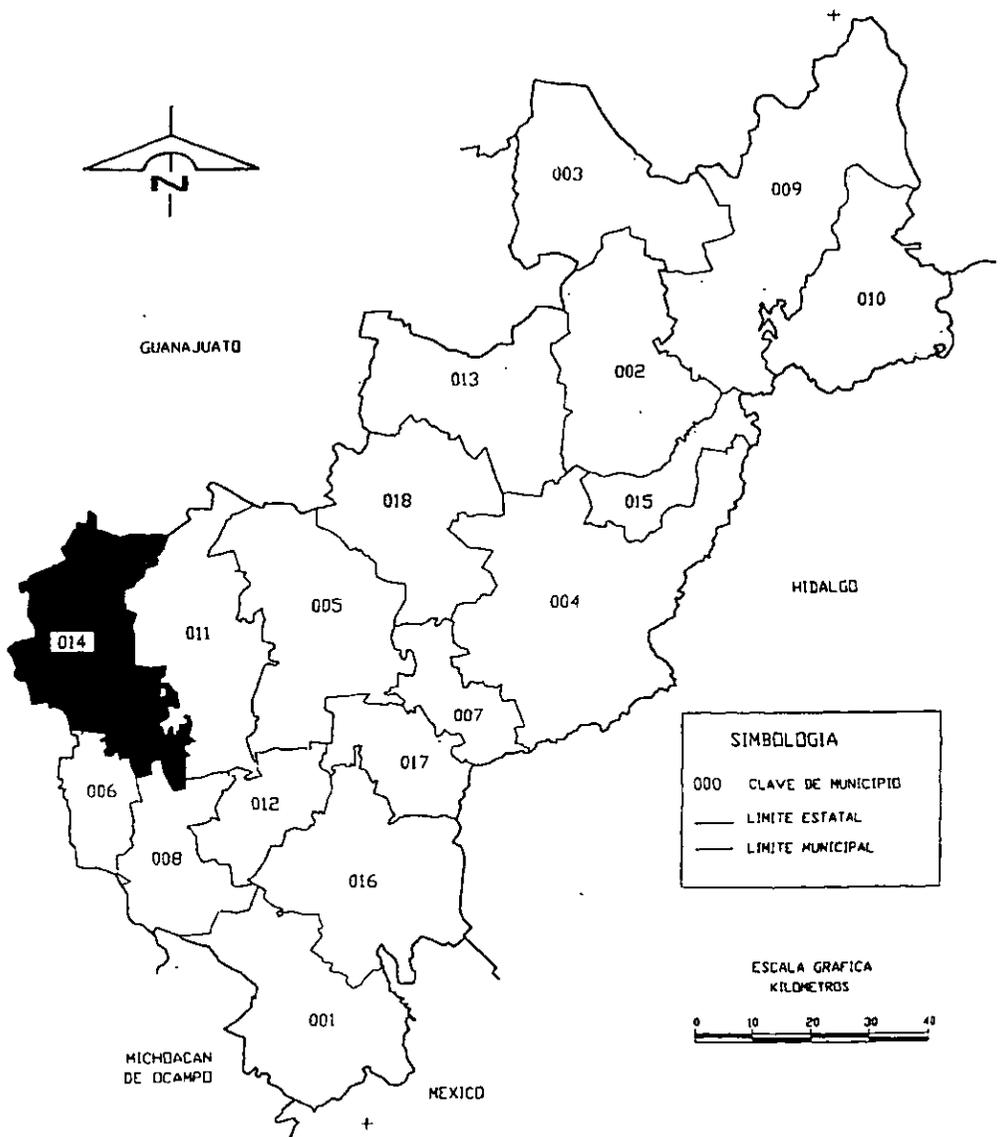
Balance General al 30 de septiembre de 1999

Estado de Ingresos y Egresos

del 1º. de septiembre al 30 de septiembre de 1999

Caja y Bancos	12,116,713.51	Impuestos	7,062,939.26
Inversiones	56,764,996.70	Derechos	1,511,832.45
Deudores Diversos	16,627,100.51	Productos	1,311,008.50
Otros Activos	238,079.07	Aprovechamiento	1,383,603.81
Total de Activo Circulante	85,764,907.79	Participaciones	26,535,717.94
		Obras	0.0
Bienes Muebles	113,686,238.57	Obras por Cooperación	45,760.77
Bienes Inmuebles	419,462,505.48	Participación R/XXXIII	11,974,492.60
Total de Activos Fijos	531,148,744.05	Total de Ingresos	49,825,355.33
Documentos por Pagar	0.0	Servicios Personales	7,195,967.12
Proveedores	0.0	Servicios Generales	1,641,371.14
Acreedores Diversos	399,837.08	Materiales y suministros	693,744.61
Fondos Varios	1,786,655.81	Gasto Administrativo	9,531,082.87
Acreedores Fiscales	219,806.70	Maquinaria Mobiliario y Equipo	682,550.92
Total de Pasivo Circulante	2,406,299.59	Adquisiciones de inmuebles	0.0
		Obra y servicio Público	30,363,696.91
Doctos. Por Pagar a Largo Plazo	0.0	Transferencias	2,474,225.69
Total de Pasivo Fijo	0.0	Gasto Social	33,520,473.52
Total de Pasivo	2,406,299.59	Deuda Pública	0.0
		Asignación Global Suplem.	498,713.32
		Total de Egresos	43,550,269.71
		Diferencias	6,275,085.62





3.3 Estudio de Mercado

Demanda:

3.3.1 Sociedad

Como hemos visto anteriormente, el problema de las aguas residuales en México es de consideración, y se requieren de grandes inversiones para solucionarlo. Es importante señalar que la Ciudad de Querétaro es una ciudad muy dinámica en el país y como tal tiene una responsabilidad mayor en su contribución a la solución de estos problemas, por lo que la sociedad de Querétaro debe hacer un esfuerzo para conservar su medio ambiente y beneficiar así a todo el país, por eso el compromiso de los habitantes de esta ciudad en cuanto al tratamiento de sus aguas residuales, por lo que en nuestro estudio de mercado consideramos a toda la sociedad de la Ciudad de Querétaro como potenciales demandantes en función de su beneficio, teniendo así una ciudad más limpia y próspera.

3.3.2 Agricultura y Vegetación

CONCEPTO	NOMBRE LOCAL	UTILIDAD
AGRICULTURA 48.12% de la superficie municipal	Maíz, sorgo, cebada, alfalfa	Comestible y Forraje
Pastizal 5.32% de la superficie municipal	Zacate, garañona, zacatón, navajita velluda	Forraje
Bosque 3.96% de la superficie municipal	Encino Prieto	Leña
Matorral 35.52% de la superficie municipal	Nopal y garambullo	Forraje y Comestible

Superficie Cosechada en el año Agrícola por Disponibilidad de Agua Según Tipo de Cultivo y Principales Cultivos

3.3.3 Áreas Verdes de la Ciudad de Querétaro

La ciudad de Querétaro, cuenta con 11 hectáreas de áreas verdes, estas representan el pulmón de la ciudad y requieren de grandes cantidades de agua, que puede ser tratada; para brindar belleza y espacios de recreación a todos los queretanos.

3.3.4 Río Querétaro

Este río como la mayoría de los ríos en el país, no se ha salvado de la contaminación debido a las descargas directas por parte del municipio y presenta altos índices de contaminación.

3.3.5 Altitud.

La Ciudad de Querétaro se encuentra a 1820 metros sobre el nivel del mar (msnm) lo que es una altitud muy considerable y si tomamos en cuenta que la mayoría de las cuencas hidrológicas de este país se encuentran por debajo de la cota 500 (msnm) nos damos cuenta de que la Ciudad de Querétaro no cuenta con grandes recursos hidráulicos

Oferta:

Considerando que el clima de la Ciudad de Querétaro tiene una temperatura promedio de 18°C esto lo ubica en el rango de clima templado de acuerdo a los rangos establecidos por la CNA.

Dotación de agua potable (l/hab/día) según el clima:

Número de Habitantes	Cálido	Templado	Frío
2,500 a 15,000	150	125	100
15,000 a 30,000	200	150	125
30,000 a 70,000	250	200	175
70,000 a 150,000	300	250	200
Mayor a 150,000	350	300	250

- Gasto (Q) de la Ciudad de Querétaro en l/s

Según el censo de población de la Conapo (Consejo Nacional de Población) en la Ciudad de Querétaro habitaban 622,315 habitantes hasta 1999.

Dotación para la Ciudad de Querétaro en 1999:

Dotación 300 litros/habitante/día

1 día = 86,400 segundos

$300 \text{ litros/día} [1 \text{ día}/86400 \text{ segundos}] = 0.003472 \text{ litros/habitante/segundos}$

Determinando ahora la Dotación para la Ciudad de Querétaro.

$(0.003472 \text{ litros/habitante/segundos}) * (622,315 \text{ habitantes}) = 2,160.8 \text{ litros/segundo}$

Finalmente:

Dotación para la Ciudad de Querétaro = $2.161 \text{ m}^3/\text{s}$

4. PROYECTO, CONSTRUCCION Y OPERACIÓN.

4.1 Descripción

En este trabajo, se analizarán diversos aspectos de una Planta de Tratamiento de aguas Residuales. Esta será una planta de todos activados convencional, la cual será suficiente para cumplir con los límites permisibles máximos de las normas oficiales mexicanas.

Esta planta consiste en un pretratamiento o tratamiento preliminar, tratamiento primario y un tratamiento secundario.

Tratamiento preliminar:

Remoción del material grueso mediante su cribado o desmenuzado, así como arenas, grasas o ambas.

Tratamiento primario:

Permite remover, mediante sedimentación, sólidos orgánicos al 70% e inorgánicos al 30%; comprende también la remoción de natas o grasas flotantes y la espumación, cuando es necesario.

Tratamiento secundario.

Se refiere al tratamiento biológico, en el cual la materia la materia orgánica al servir de alimento a una masa biológica, se convierte en materia removible por sedimentación secundaria.

Se demostrará además por medio de un estudio económico y un análisis financiero que este es un proyecto viable y que de llevarse a cabo, será un buen negocio para sus inversionistas y sus acreedores.

4.2 Tamaño y Localización

Esta será una planta de tamaño medio, con capacidad de tratamiento de 500 l/s, el tamaño del terreno es de dos hectáreas, lo cual nos da el espacio suficiente para la operación de la planta.

Como mencionamos anteriormente, la dotación para la Ciudad de Querétaro es de 2.161 m³/s, sin embargo la aportación de aguas residuales de la ciudad, de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas, se define como 0.75 de la dotación, lo que arroja una aportación de 1.620 m³/s por parte de la Ciudad de Querétaro.

Este trabajo de tesis, no busca solucionar completamente el problema de las aguas residuales de esta ciudad, ya que para poder tratar los 1.620 m³/s que aporta la Ciudad de Querétaro, se necesitaría de una inversión muy fuerte y bajo las condiciones económicas que vive el país en la actualidad, resulta sumamente difícil. Mas adelante y bajo nuevas condiciones económicas y nuevos inversionistas, se podrá solucionar completamente el problema de las aguas residuales en la Ciudad de Querétaro.

La planta estará localizada en las afueras del Municipio de Querétaro aproximadamente a cinco kilómetros del aeropuerto de Querétaro, aprovechando así el camino de acceso a este sistema de transporte.

4.3 Posibles Problemas a causa de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y sus Soluciones.

Lo que determina la ubicación de un planta de tratamiento de aguas residuales son los vientos dominantes, ya que los malos olores no pueden llegar a la ciudad, por que si este fuera el caso, la planta sería cerrada definitivamente. Los vientos dominantes en la Ciudad de Querétaro, soplan en dirección sur oeste a noreste, si se analiza la ubicación de la planta, se verá que los vientos dominantes ayudarán a llevar los malos olores fuera de la ciudad, en lugar de llevarlos a ella. Se plantarán aproximadamente 500 árboles en las afueras de la planta, que serán donados por el municipio de Querétaro para dispersar aún mas los malos olores.

4.4 Mecánica de Suelos.

En el estudio, se analizará a grandes rasgos la mecánica de suelos general de la Ciudad de Querétaro en el trazo A-A que es donde se ubicará la planta de este trabajo, y tiene las siguientes características.

4.4.1 Geología.

Fisiografía.

El valle en que se asienta la ciudad pertenece a la Provincia Fisiográfica de las Fosas Tectónicas, definida como sigue:

Esta zona se caracteriza por la presencia de derrames basálticos, volcanes y lagos cuya morfología sugiere la idea de estar situados en fosas tectónicas. Las riolitas, andesitas y traquitas cubiertas por basalto, forman las montañas; mientras que los valles en un principio fueron cuencas lacustres profundas que se rellenaron de material fluvial derivado de las montañas y cenizas volcánicas más recientes.

Geología Superficial.

En el sitio predominan los suelos de origen aluvial, depósitos recientes del río Querétaro, rodeados por tobas y rocas extrusivas basálticas. Cabe mencionar que en la zona urbana existen tres afloramientos de basalto.

Los depósitos aluviales son suelos finos característicos de ríos muy antiguos y con cauce perfectamente definido, los cuales en temporadas de avenidas se desbordan formando llanuras de inundación.

Orografía.

De acuerdo con la topografía de la Ciudad esta ofrece una orografía semimontañosa identificándose una zona plana que forman las cuencas lacustres que están en la parte oeste de la ciudad, donde se asienta la zona industrial y parte de la zona urbana, el resto de esta se ubica en la parte montañosa.

Hidrografía.

Esta constituida por el río Querétaro, el cual forma parte de la cuenca del río Lerma; el río Querétaro drena el valle hacia el Poniente y desemboca en el río Apaseo en Guanajuato.

Sismicidad.

La ciudad se ubica en una zona penesísmica (sismos poco frecuentes) con coeficientes "C" comprendidos entre 0.04 y 0.1.

4.4.2 Zonificación.

La información con que se contó para realizar este trabajo consta de 9 sondeos mixtos, 27 sondeos alterados y 70 pozos a cielo abierto distribuidos en 19 sitios diferentes.

Con base en los resultados de los sondeos y las cartas geológicas y topográficas del lugar, la ciudad se ha dividido arbitrariamente en dos zonas:

- a) Zonas altas cuya altitud es superior a la cota 1,820, y se caracterizan por la presencia de limos, arenas y tobas superficiales.
- b) Zonas bajas, corresponden a terrenos situados por debajo de la elevación 1,820 y que están constituidos básicamente por suelos arcillosos expansivos que van desde la superficie del terreno a profundidades comprendidas entre 0.5 y 6 metros.

4.4.3 Estratigrafía y Propiedades de los Depósitos del Subsuelo.

Con objeto de facilitar la visualización de la estratigrafía del subsuelo, se han dibujado en la figura 14.2 dos cortes, tomando como base la ubicación de los sitios estudiados: el corte A-A en dirección NE-SW y el corte B-B con dirección N-S.

A continuación se analizará solamente el corte A-A que es el que nos interesa para este trabajo.

El corte estatigráfico A-A se determinó con la información de los sondeos S-1, S-4, S-5 y S-10 está localizado en el sentido longitudinal del valle. Por su parte, el corte B-B corresponde a los datos obtenidos en los sondeos S-9, S-8, S-7, S-6, S-5; se sitúa en sentido transversal al drenaje natural del valle.

La estratigrafía en dirección del corte A-A y direcciones paralelas a éste es muy uniforme, dado que pertenece a las zonas de depósitos lacustres constituidos básicamente por los siguientes estratos.

Desde la superficie del terreno hasta profundidades comprendidas entre 1.5 y 5.2 metros, se encuentra un estrato de arcilla negra o café grisácea, de consistencia media, firme y dura, fuertemente preconsolidada, que en algunos sitios tiene poca arena fina.

El contenido de agua en este estrato es muy uniforme en todos los sitios estudiados y oscila entre 25 y 38%.

El límite líquido varía entre 60 y 90%, su índice plástico entre 27 y 60%.

Su peso volumétrico es alto comparado con el que en forma común presentan las arcillas, oscila entre 1,600 y 1,700 kg/m³; la resistencia al corte de este estrato, determinada en pruebas de compresión axial no confinada y torcómetro, tiene valores comprendidos entre 0.6 y 1.2 kg/cm².

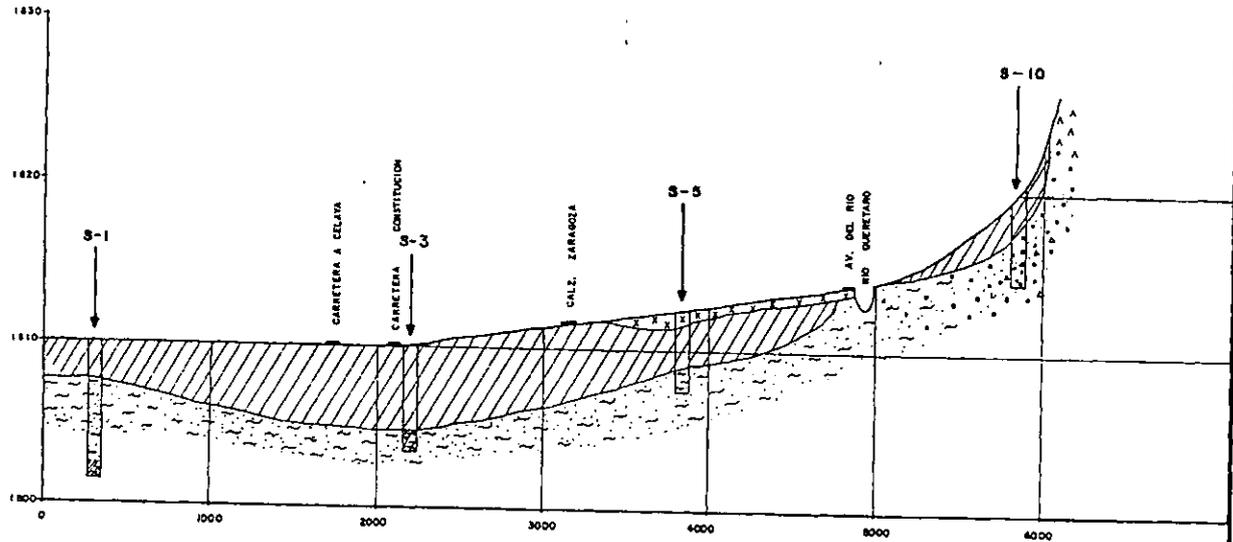
En todos los sitios estudiados este estrato se encuentra parcialmente saturado y es muy susceptible de experimentar cambios de volumen al aumentar el grado de saturación.

El estrato descrito descansa sobre un suelo limo - arenoso de consistencia firme a muy firme, cuyo espesor no está definido. En algunos sitios, subyaciendo al estrato de limo se encontraron gravas con arena; el contenido de agua de este estrato es uniforme con respecto a la arcilla suprayacente.

Su peso volumétrico es de $1,700 \text{ kg/m}^3$; al efectuar las pruebas de compresión triaxial, se obtuvieron valores de C y ϕ comprendidos entre 0.4 y 1.0 kg/cm^2 y entre 23 y 35° respectivamente.

Cabe mencionar que la profundidad máxima explorada, dentro de la información con la que se contó para realizar este trabajo fue de 25 metros; tanto el estrato de arcilla como el limo - arenoso, son competentes para la cimentación, desde el punto de vista de resistencia al corte y de compresibilidad.

C O R T E A - A
N E - S W



SIMBOLOGIA

-  Relleno
-  Arcilla
-  Limo
-  Arena
-  Grava
-  Toba

Esc. V 1: 200
H 1: 20,000

VIII REUNION NACIONAL DE
MECANICA DE SUELOS

INGENIERIA DE CIMENTACIONES
EN LA CIUDAD DE QUERETARO

NOVIEMBRE DE 1976 | Fig 14.3

4.5 Ingeniería Básica

4.5.1 Estudios Previos

Temperatura Media Mensual

(Grados Centígrados)

ESTACION Y CONCEPTO	PERIODO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Querétaro	1995	15.1	16.1	18.1	20.2	22.4	20.8	19.8	19.6	18.7	17.6	17.3	14.7
Promedio	1921-1995	15.1	16.4	19.0	21.0	22.5	21.8	20.6	20.6	19.9	18.8	17.0	15.5
Año mas frío	1921	13.4	14.4	17.7	19.5	20.2	19.9	18.8	19.0	18.7	16.3	16.2	14.9
Año mas caluroso	1941	16.3	18.4	20.4	21.5	22.2	22.7	21.5	20.9	20.5	18.6	17.2	16.2

Precipitación:

Precipitación Total Anual

(Milímetros)

ESTACION	PERIODO	PRECIPITACION PROMEDIO	PRECIPITACION DEL AÑO MAS SECO	PRECIPITACION DEL AÑO MAS LLUVIOSO
Querétaro	1921-1995	549.3	274.1	999.2

Precipitación Total Mensual

(Milímetros)

ESTACION Y CONCEPTO	PERIODO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Querétaro	1995	5.9	1.3	0.0	10.2	115	108.3	26.0	164.8	108	25.7	13.0	32.3
Promedio	1921-1995	11.3	4.6	6.7	17.5	36.1	104.1	129	92.5	88.3	39.0	10.9	9.1
Año mas frío	1979	0.0	21.9	19.8	8.2	6.1	34.0	87.2	27.3	39.9	0.0	1.7	28.0
Año mas caluroso	1933	9.7	3.6	6.5	15.8	4.0	21.0	401	250.6	269	18.0	0.0	0.0

4.5.2 Dotación y Aportación.

Cálculo poblacional de acuerdo a la tasa de crecimiento promedio anual y cálculo de gastos teóricos medios, máximo instantáneo, mínimo y máximo extraordinario por año.

Dotación de la Ciudad de Querétaro= 2,161 l/s

Aportación de Aguas Residuales de la Ciudad de Querétaro:

$A = \text{Dotación} * 0.75$

$A = 1,620.75 \text{ l/s}$

Tasa de crecimiento anual 3.5%

Cálculo del Qmed, Qmin, Qmáx instantáneo, Qmáx ext:

$Q_{med} = P * A / 86400$

P=Población

$Q_{min} = .5Q_{medio}$

A=Aportación

$Q_{máximo \text{ instantáneo}} = 2.17 * Q_{medio}$ (coeficiente de Harmon)
para poblaciones mayores de 63,454 habitantes (según Normas C.N.A.)

$Q_{máximo \text{ ext}} = 1.5 Q_{máximo \text{ instantáneo}}$.

APORTACIÓN	AÑO	POBLACIÓN	Q MEDIO	Q MIN	Q MAX INST	Q MAX EXT.
(l/s)		No.habitantes	l/s	l/s	l/s	l/s
1620.75	1999	622,315	1,620.61	810.31	3,516.73	5,275.09
	2000	644,096	1,677.33	838.67	3,639.81	5,459.72
	2001	666,839	1,736.04	868.02	3,767.21	5,650.81
	2002	689,972	1,796.80	898.40	3,899.06	5,848.59
	2003	714,121	1,859.69	929.84	4,035.53	6,053.29
	2004	739,115	1,924.78	962.39	4,176.77	6,265.15
	2005	764,984	1,992.15	996.07	4,322.96	6,484.43
	2006	791,758	2,061.87	1,030.94	4,474.26	6,711.39
	2007	819,470	2,134.04	1,067.02	4,630.86	6,946.29
	2008	848,151	2,208.73	1,104.36	4,792.94	7,189.41
	2009	877,837	2,286.03	1,143.02	4,960.69	7,441.04
	2010	908,561	2,366.04	1,183.02	5,134.32	7,701.47
	2011	940,361	2,448.86	1,224.43	5,314.02	7,971.03
	2012	973,273	2,534.57	1,267.28	5,500.01	8,250.01
	2013	1,007,338	2,623.28	1,311.64	5,692.51	8,538.76
	2014	1,042,595	2,715.09	1,357.55	5,891.75	8,837.62
	2015	1,079,086	2,810.12	1,405.06	6,097.96	9,146.94
	2016	1,116,854	2,908.47	1,454.24	6,311.39	9,467.08
	2017	1,155,943	3,010.27	1,505.13	6,532.28	9,798.43
	2018	1,196,401	3,115.63	1,557.81	6,760.91	10,141.37
	2019	1,238,275	3,224.68	1,612.34	6,997.55	10,496.32
	2020	1,281,615	3,337.54	1,668.77	7,242.46	10,863.69

4.5.3 Descripción del Tren de Tratamiento.

Las aguas residuales que serán tratadas en la planta de tratamiento de el Municipio de Querétaro llegarán a esta por medio de un canal de llamada que se va a construir en obra.

La primera unidad en el pretratamiento es el canal de rejas cuyo principal objetivo es retener los sólidos gruesos que se encuentran en las aguas residuales.

Posteriormente pasan a un canal desarenador el cual tiene la función de eliminar todas las arenas que contenga el agua residual por medio de la acción de la gravedad, y posteriormente a un vertedor proporcional, con el cual se podrán regular las velocidades y los gastos.

A continuación se conduce el efluente a un canal Parshal, que es un dispositivo aforador y posteriormente se conduce al cárcamo de bombeo. Este último se encarga de bombear el agua residual.

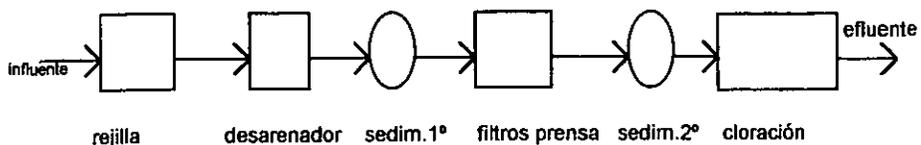
Después de esto el efluente es conducido entonces hasta el tratamiento primario, comprendido por un sedimentador primario, que tiene como función la de eliminar elementos que contiene el agua residual por medio del proceso físico de sedimentación después pasa por dos tanques de aireación, mediante unos equipos de aireación extendida, sumergidos en ambos tanques.

El tratamiento secundario se realiza mediante dos tanques de espesamiento de lodos, para pasar a los filtros de prensa o percoladores, en donde se deshidratan hasta su disposición final.

A continuación pasará por el sedimentador secundario que como el sedimentador primario tiene la función de eliminar elementos que contiene el agua residual por medio del proceso físico de sedimentación, ambos con mecanismos sedimentadores a base de estructura de acero al carbón.

Finalmente el agua pasa al tratamiento avanzado de desinfección mediante un tanque de contacto de cloro, en donde se añade una mezcla de agua y cloro en gas, para pasar después al medidor de agua de tratada, con el cual será medida para cobro.

Esquema de tren de tratamiento.



4.5.4 Pretratamiento

- Canal de Llamada.

El canal de llamada es un canal rectangular de concreto armado el cual tiene la función de conducir el agua residual del influente de la planta al pretratamiento o tratamiento preliminar compuesto inicialmente por el canal de rejillas.

- Rejilla.

El canal de cribado es el primer paso en el tratamiento preliminar del agua, consiste en estructuras con aberturas de tamaño uniforme, que sirven para retener los sólidos gruesos que se encuentran en las aguas residuales, como pueden ser llantas, envases grandes de plástico, ropa, troncos, etc.

- Canal Desarenador

Los desarenadores son tanques de flujo continuo, incluidos como elementos de tratamiento preliminar para separar partículas de densidad marcadamente superior a la del agua y que por su naturaleza interfieren en la operación y mantenimiento de las unidades subsiguientes del tratamiento.

La ventaja que se presenta al tener este canal precedentemente al cárcamo de bombeo es que tendremos un tren de tratamiento mas eficiente dado que las arenas, elementos muy abrasivos no van a estar en contacto con los dispositivos internos que componen a las bombas, evitando entonces problemas de mantenimiento y descompostura de éstas.

- Canal Parshal

El canal Parshal es un canal que tiene unas características geométricas muy particulares. Inicialmente tiene un ancho uniforme y luego tiene una contracción relativamente brusca. En esa contracción hay cambio de pendiente en el fondo lo que propicia la formación de un tirante crítico. En relación a ese tirante crítico podemos aforar el gasto que pasa por el canal, y en general por toda nuestra planta.

Existen diversas razones por las cuales es conveniente medir la variación del caudal en una planta de tratamiento de aguas residuales. La medición de los caudales permite:

- a) Conocer la variación de los gastos en forma horaria, diaria, mensual y anual.
- b) Permite cuantificar los volúmenes de agua tratada para realizar los cobros correspondientes al servicio, en el caso de concesiones gubernamentales.

- Sistema de Bombeo

El sistema de bombeo para conducción del agua al sedimentador primario es esencialmente un sistema cerrado en donde el agua que llega al cárcamo por el canal parshal, es enviada a su destino final. Este cárcamo tiene la característica de tener una carga de bombeo al menos igual a la necesaria para llevar el agua hasta el sedimentador primario.

4.5.5 Tratamiento Primario de la Planta.

- Sedimentador Primario

Es una operación unitaria basada en el fenómeno físico de la gravedad. En un medio líquido, los sólidos que se precipitan al fondo del cuerpo que contiene a ese líquido se dice que se sedimentan atraídos por la fuerza de gravedad.

- Tanque de Aireación

La función de estos tanques es la de transmitir oxígeno al licor mezclado a una tasa equivalente al pico de requerimiento de oxígeno, expresado como la masa de oxígeno transferida como unidad de volumen por unidad de tiempo.

4.5.6 Tratamiento Secundario de la Planta

- Espesamiento Lodos Activados

Es el proceso de tratamiento biológico a nivel secundario, que se lleva a cabo después de salir del tanque de aireado, en el cual existe una mezcla de aguas residuales, microorganismos y materia orgánica, la cual es biodegradada aerobicamente por dichos microorganismos que toman de ella los nutrientes para su metabolismo, llevándose a cabo de esta manera la degradación y estabilización de la materia orgánica que es parte fundamental del tratamiento de las aguas residuales.

- Sedimentador Secundario

Es la operación unitaria que tiene por objetivo separar los sólidos suspendidos que se encuentran en el flujo que proviene del reactor.

En este tanque se sedimentan los sólidos lográndose la clarificación del agua, por ello también recibe el nombre de clarificador.

- **Tanque de Contacto de Cloro**

El cloro tiene como objetivo el reducir a parámetros aceptables, la cantidad de microorganismos que contiene el agua tratada y con esto poder cumplir con las normas exigidas.

4.5.7 Calidad del Agua.

Considerando que este trabajo busca darle el mayor aprovechamiento una vez tratadas a las aguas residuales provenientes del Municipio de Querétaro es conveniente integrar a este trabajo, los parámetros que demandan las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en cuanto a la calidad del agua.

Objeto. Estas normas oficiales mexicanas establecen los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de diversos usos, en este caso usos urbanos.

4.6 Construcción.

Después de recibir la aprobación del diseño de una planta de tratamiento se puede comenzar la etapa de construcción, la cual se debe de planear para evitar retrasos y asegurar la calidad especificada. En la planeación se deben de establecer los objetivos por alcanzar (rendimientos, presupuestos asignados etc.), los procedimientos, el programa de actividades y las normas o reglamentos por seguir.

Etapas para la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

1. Deshierbe y limpieza del terreno
2. Despalme de la capa superficial del suelo
3. Trazo y nivelación del terreno
4. Montaje de instalaciones provisionales (almacén, suministros de servicios y accesos)
5. Cimentación.
 - a) Excavación
 - b) Plantilla de concreto
 - c) Acarreos
 - d) Relleno y compactación
 - e) Colocación de instalaciones subterráneas
6. Construcción de estructuras del proceso de tratamiento (Tanques y depósitos)
7. Montaje de equipos e instrumentos
8. Construcción de instalaciones auxiliares:
 - a) Laboratorios
 - b) Oficinas administrativas
 - c) Edificios de servicio como: subestación eléctrica, almacenes, etc.
9. Instalación de servicios públicos
 - a) Electricidad
 - b) Agua
 - c) Drenaje
 - d) Teléfono
10. Construcciones para controlar el acceso.
 - a) Caseta de control
 - b) Cerca perimetral

c) Cerca de entrada

11. Acabados

12. Preparación de los documentos definitivos de construcción

(Continuamente se realizan durante la construcción)

Los métodos y el orden seleccionados para llevar a cabo la construcción afectan en forma notable el comportamiento de las estructuras del sistema de tratamiento por lo que, los procedimientos y secuencias de ejecución deben ser especificados claramente. Una adecuada planeación y comunicación entre diseñadores y constructores favorece el resultado final, reduciendo al mínimo las situaciones imprevistas que pueden perjudicar la operación de la planta de tratamiento.

4.7 Operación.

El control del proceso de lodos activados convencional es importante para mantener altos niveles de tratamiento actuando bajo un buen rango en cuanto a condiciones de operación. Los principales factores que tenemos que tomar en cuenta para la operación de la planta son los siguientes:

1. Mantener los niveles de oxígeno disuelto en los tanques de aireación

El parámetro más utilizado en el control de la operación de una planta de lodos activados es la relación comida/microorganismos y el tiempo de residencia en los tanques de aireación. El licor mixto de concentración de sólidos suspendidos también se toma como un parámetro.

2. Regular la cantidad de lodos de recirculación

El propósito de la recirculación de los lodos es la de mantener una concentración suficiente de lodos activados en el tanque de aireación para que el grado de tratamiento requerido se pueda obtener en los intervalos de tiempo deseados.

3. Controlar la disposición final de los lodos

El exceso de lodos activados producidos cada día debe de ser sacado de la planta para mantener estable la relación comida/microorganismos y así el buen funcionamiento de la planta. Los lodos que pasan del espesador a los filtros prensa serán transportados en camiones para su disposición final en un terreno protegido por las autoridades de la ciudad de Querétaro.

A continuación se mencionarán algunos problemas de operación en las plantas de tratamiento de aguas residuales de lodos activados y sus soluciones.

El problema mas común que se encuentra en la operación de una planta de lodos activados son los lodos descompuestos, elevación de los lodos y lodos espumosos.

Lodos descompuestos.- son lodos que tienen características de sedimentación pobres y son de pobre compactación. Dos casos principales de lodos descompuestos han sido identificados. Uno es causado por el crecimiento de filamentos orgánicos debido a condiciones adversas. Esta es la causa mas común de lodos descompuestos. La otra es causada por agua deficiente, en la cual las bacterias que componen la masa se expanden por la adición de agua y se extienden hasta perder su densidad y no se sedimentarán. Las causas de lodos descompuestos mas comunes son las características físicas y químicas del agua residual, las limitaciones de diseño de la planta y la operación misma de la planta. Las características de las aguas residuales que pueden crear este tipo de problemas, son la temperatura, pH, contenidos de nutrientes y la naturaleza de los residuos en las aguas.

Para solucionar este problema, se recomienda revisar lo siguiente:

Características del agua, contenido de oxígeno disuelto, recirculación de lodos, operación del clarificador.

Elevación de los lodos.- Ocasionalmente los lodos con buenas características de sedimentación, se les observara flotar después de un corto período de tiempo. La causa de este fenómeno es la falta de nitrificación, en donde los nitratos y los nitritos de las aguas residuales se convierten en gas nitrógeno. Si suficiente gas es formado la masa de lodos se vuelve boyante y flota hacia la superficie.

El problema se puede solucionar de la siguiente manera:

Reducir el tiempo de retención en el clarificador, disminuir la presión de aire en los tanques de aireación y si es posible aumentar la velocidad con la que se recolectan los lodos de los sedimentadores

Lodos espumosos.- Una espuma café y viscosa que cubre las palanganas de aireación y el clarificador ha dado muchos problemas en las plantas de lodos activados. La espuma esta asociada al lento crecimiento de organismos filamentosos. Algunas de las causas de este problema pueden ser: Baja relación de comida/microorganismos en los tanques de aireación y acumulación de sólidos suspendidos debido a una insuficiencia en la producción de lodos.

La posible solución de este problema es añadir cloro en los lodos de recirculación y atacar con cloro en forma de spray directamente la espuma.

5. EVALUACION ECONOMICA

5.1 Criterio de Evaluación

Es importante mencionar que el estado de Querétaro se comprometió a comprar los 500 l/s que salen de esta planta, siempre y cuando se cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas vistas anteriormente y el estado de Querétaro es responsable de su uso una vez salida el agua de la planta.

En esta parte haremos un análisis económico que pretende determinar cual es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto y cuál será el costo total de la operación de la planta.

1) Costos de Producción:

a) Materias primas. Son los materiales que de hecho entran y forman parte del producto terminado. Estos costos incluyen fletes de compra, de almacenamiento y de manejo.

- Gas Cloro. Se utilizará para la cloración del agua en su última etapa.

Cantidad. Seis tanques con 500 litros de capacidad por tanque.

Costo. \$10,000 al mes por los seis. **120,000 al año**

b) Mano de obra directa. Es la que se utiliza para transformar la materia prima en producto terminado. Se puede identificar en virtud de que su monto varía casi proporcionalmente con el número de unidades producidas

- Número de empleados en la planta y su trabajo.

	Número de Plazas por día		Sueldo Mensual	Sueldo Anual	
	1 Turno	3 Turnos		1 Turno	3 Turnos
Jefe de Planta	1		10,000.00	120,000.00	
Jefe de Operaciones	1		4,500.00	54,000.00	
Jefe de Mantenimiento	1		4,500.00	54,000.00	
Oficial Operador		8	2,400.00		230,400.00
Oficial mantenimiento		6	2,400.00		172,800.00
Laboratorista	4		3,000.00	144,000.00	
Total				372,000.00	403,200.00
Costo de mano de obra directa				775,200	

c) Mano de obra indirecta. Es la necesaria en el departamento de producción, pero que no interviene directamente en la transformación de las materias primas.

- Empleados administrativos

Concepto	Sueldo Mensual	Sueldo Anual
1 Contador	4,000.00	48,000.00
1 Secretaria	1,800.00	21,600.00
1 Chofer	1,500.00	18,000.00

Costos administrativos anuales 87,600

d) Costo de los Insumos

- Electricidad \$315,000 al mes **3,780,000 al año**

e) Costo de mantenimiento. Es un servicio que se contabiliza por separado, en virtud de las características especiales que puede presentar. Se puede dar mantenimiento preventivo y correctivo al equipo y a la planta. El costo de los materiales y la mano de obra que se requieran, se cargan directamente a mantenimiento, pues pueden variar mucho en ambos casos. Para este trabajo, consideraremos un porcentaje del 2% del costo de adquisición de los equipos.

Concepto	Costo del equipo	Costo anual de mantenimiento
Subestación eléctrica y talleres	12,268,105	245,362
Compuertas	4,805,848	96,117
Rejillas	2,268,985	45,380
Mec. Desarenador Desgrasador	3,515,857	70,317
Equipo sumergible de aireación	17,511,742	350,235
Mec. sedimentador	10,822,110	216,442
Mec. de espesor de lodos	3,011,391	60,228
Filtros prensa	16,267,434	325,349
Toiva de lodos	3,955,354	79,107
Equipo de cloración	3,671,012	73,420
Equipo de bombeo	1,867,547	37,351
Obras exteriores	271,704	5,434
Total		1,604,742

f) Cargos de depreciación. Son costos virtuales, esto es, se tratan y tienen el efecto de un costo sin serlo. Para el caso de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, no se utiliza el método convencional de depreciación, se hará como se muestra a continuación.

Obra Civil

Camino de acceso	642,585
Tanques de aireación	15,350,788
Tanques de sedimentador	10,799,763
Tanque de contacto de cloro	1,570,835
Canal de pretratamiento	1,166,880
Sala de cloración y almacenamiento	1,056,991
Espesamiento de lodos	1,744,448
Caseta de deshidratación de lodos	1,259,600
Edificio de operaciones y edificio central	1,037,494
Interconexiones, Conducciones de lodos	17,427,470
Canal Parshal pretratada	271,704
Canal Parshal tratada	271,704
Obras exteriores	8,861,106

Total Obra Civil

61,461,369

Equipo

Subestación eléctrica y talleres	12,268,106
Compuertas	4,805,848
Rejillas	2,268,985
Mec. Desarenador Desgrasador	3,515,857
Equipo sumergible de aireación	17,511,742
Mec. Sedimentador	10,822,110
Mec. de espesor de lodos	3,011,391
Filtros prensa	16,267,434
Tolva de lodos	3,955,354
Equipo de cloración	3,671,012
Equipo de Bombeo	1,867,547

Total de Equipos

79,965,385

Suma Total a Depreciar

141,426,754

Depreciación = Costo Planta / Tiempo de concesión

Depreciación anual **7,071,338**

g) Seguro de la Planta. Lo calculamos como el 1% de la inversión fija total.

141,426,754 * 0.01 = 1,412,267

PROPUESTA DEL COSTO DE PRODUCCIÓN (para los primeros 5 años)

Concepto	Periodo anual					
	0	1	2	3	4	5
Vol. de prod (lps)	500	500	500	500	500	500
Materia Prima	120,000	132,000	145,200	159,720	175,692	193,281
Electricidad	3,780,000	4,158,000	4,573,800	5,031,180	5,534,298	6,087,728
Mano de Obra	775,200	852,720	937,992	1,031,791	1,134,970	1,248,467
Costos Directos	4,675,200	5,142,720	5,656,992	6,222,691	6,844,960	7,529,466
Depreciación	7,071,338	7,778,472	8,556,319	9,411,951	10,353,146	11,388,461
Mantenimiento	1,604,742	1,765,216	1,941,738	2,135,912	2,349,503	2,584,453
Seguro	1,412,267	1,553,494	1,708,843	1,879,727	2,067,700	2,274,470
Mano de Obra ind.	87,600	96,360	105,996	116,596	128,255	141,081
Costos Indirectos	10,175,947	11,193,542	12,312,896	13,544,185	14,898,604	16,388,464
Costos de Producción	14,851,147	16,336,262	17,969,888	19,766,877	21,743,564	23,917,921

Para los cálculos anteriores se considero un 10% de inflación anual para cada uno de los 5 años.

2) Inversión Inicial Fija y Diferida

- **Activo fijo o tangible**

Para este trabajo consideraremos como activo fijo los equipos, la obra civil y el mobiliario, cabe mencionar que el terreno donde se localiza la planta, pertenece al municipio de Querétaro y tiene un costo de 5,000,000 de pesos, por lo tanto no lo consideramos como activo.

Obra Civil

Camino de acceso	642,585
Tanques de aireación	15,350,788
Tanques de sedimentador	10,799,763
Tanque de contacto de cloro	1,570,835
Canal de pretratamiento	1,166,880
Sala de cloración y almacenamiento	1,056,991
Espesamiento de lodos	1,744,448
Caseta de deshidratación de lodos	1,259,600
Edificio de operacines y edificio central	1,037,494
Interconexiones, Conducciones de lodos	17,427,470
Canal Parshal pretratada	271,704
Canal Parshal tratada	271,704
Obras exteriores	8,861,106
Total Obra Civil	61,461,369

Equipo	
Subestación eléctrica y talleres	12,268,106
Compuertas	4,805,848
Rejillas	2,268,985
Mec. Desarenador Desgrasador	3,515,857
Equipo sumergible de aireación	17,511,742
Mec. sedimentador	10,822,110
Mecs de espesor de lodos	3,011,391
Filtros prensa	16,267,434
Tolva de lodos	3,955,354
Equipo de cloración	3,671,012
Equipo de bombeo	1,867,547
Total de Equipos	79,965,385

Mobiliario	
Muebles y computadoras	100,000
Total del Mobiliario	100,000

Vehículos de Transporte	
1 camioneta	180,000
Total de Vehículos de Transporte	180,000

Total de Activo Fijo 141,706,754

- **Activo intangible**

Para este trabajo, consideraremos como activos intangibles del proyecto:

Planeación. 0.5% del total de los activo fijos

Ingeniería del Proyecto 1.5% de los activos fijos

Supervisión de la Construcción 5% de los activos fijos

Administración del Proyecto 0.5% de los activos fijos

Imprevistos 10% de los activos fijos

Planeación	708,534
Ingeniería del Proyecto	2,125,601
Supervisión de la Construcción	7,085,338
Administración del Proyecto	708,534
Imprevistos	14,170,675

Total activos Intangibles 24,798,682

Total de la inversión fija del Proyecto 166,505,436

3) Capital de trabajo

Para este trabajo, consideraremos el capital de trabajo desde el punto de vista contable, como la diferencia entre el activo circulante y el pasivo circulante. Desde el punto de vista práctico esta representado por el capital adicional, distinto de la inversión en activo fijo con que hay que contar para que empiece a funcionar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Municipio de Querétaro. La planta debe financiar la primera producción antes de recibir ingresos; entonces debe comprarse la materia prima, pagar mano de obra, otorgar crédito a 30 días en las primeras ventas y contar con cierta cantidad de efectivo para sufragar los gastos diarios de la empresa. Todo esto constituirá el activo circulante. Tomaremos en cuenta, que también podemos conseguir préstamos a corto plazo y algunos servicios de proveedores, y a esto le llamaremos pasivo circulante.

Para el activo circulante, consideraremos los siguientes conceptos:

Caja y bancos 30 días del costo de producción

Materias primas 30 días del costo de las materias primas

Para el pasivo circulante, consideraremos los siguientes conceptos:

Cuentas por pagar y otros 40 días del costo de las materias primas

Presupuesto del capital de trabajo inicial.

Concepto	
Activo Circulante	1,282,596
Caja y bancos	1,272,596
Materias primas	10,000
Pasivo Circulante	13,300
Cuentas por pagar y otros	13,300
Capital de trabajo	1,269,596

... ..

4) Determinación del costo de capital

El costo del capital del proyecto sin considerar su financiamiento se obtendrá de la siguiente manera:

Si tomamos en cuenta que para este trabajo, consideramos una tasa anual de inflación del 10% durante la concesión del proyecto, podemos suponer que los Certificados de la Tesorería (CETES) tendrán un comportamiento de cinco puntos arriba de la inflación (promedio histórico). Si tomamos en cuenta que los inversionistas se basan en el comportamiento de los CETES para determinar cual es el premio que se les debe de dar para que inviertan su dinero, en este proyecto se les ofrecerá cuatro puntos base por encima de los CETES como premio para atraer su inversión y que sea rentable para ellos.

Consideraremos un valor de tasa de 19 puntos porcentuales, esto quiere decir que los inversionistas tendrán un premio de 9 puntos por encima de la inflación, como premio a su inversión.

Determinaremos a continuación el presupuesto de ingreso de ventas para nuestra planta, para poder determinar después nuestro estado de resultados.

De acuerdo a los datos facilitados por la empresa Ingenieros Civiles Asociados (ICA) . La tarifa por metro cúbico para una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con las características que se presentan en este trabajo es la siguiente:

Servicio	Tarifa
Lodos Activados. Convencional (Incluye filtros percoladores)	2.70\$/m ³

Presupuesto de ingreso de ventas para los primeros 6 años.

Año	Pronóstico de ventas m ³ /s	Precio de venta \$/m ³	Ingresos por ventas (\$)
1	0.5	1.35	42,573,600
2	0.5	1.53	48,235,889
3	0.5	1.73	54,651,262
4	0.5	1.96	61,919,880
5	0.5	2.22	70,155,224
6	0.5	2.52	79,485,869

Para los cálculos anteriores se considero un 10% de inflación anual para cada uno de los 6 años y 3% de incrementos anuales en el precio de el m³/s de agua según los precios históricos de la empresa ICA.

5) Financiamiento de la Empresa.

Una empresa esta financiada cuando ha pedido capital en préstamo para cubrir cualesquiera de sus necesidades económicas. Para el caso de este proyecto se solicitó un crédito bancario por el 60% de la inversión fija del proyecto. Recordando que este proyecto es una obra de carácter social, se recurrió a una institución financiera que otorga créditos para obras de este tipo con tasas de interés denominadas blandas en este caso la institución es Banobras y la tasa de interés es la Tasa Interna Interbancaria de Equilibrio (TIIE) en este caso la tasa blanda es TIIE+2.

Para este trabajo de tesis se considera una TIIE anual de 17% con lo que la tasa bancaria es de 19% anual.

El crédito concedido por Banobras es de 9 años con un año de gracia en el primer año del crédito.

Considerando que la inversión fija de proyecto es de 166,505,436 pesos, el 60% de esta cantidad es 99,903,261 pesos

Tabla de Pago de la Deuda

Pago de cantidades iguales al final de cada uno de los nueve años. Para hacer este cálculo primero es necesario determinar el monto de la cantidad igual que se pagará cada año.

Para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$A = P[i(1+i)^n]/(1+i)^n - 1]$$

A= anualidad que se paga al final de cada año

P= monto de la cantidad del crédito

i= tasa de interés (TIIE)

n= número de años

$$A=25,264,042$$

El interés a pagar al final del primer año sería:

$$\text{Interés} = 99,903,261 \cdot 0.19$$

Interés = 18,981,619

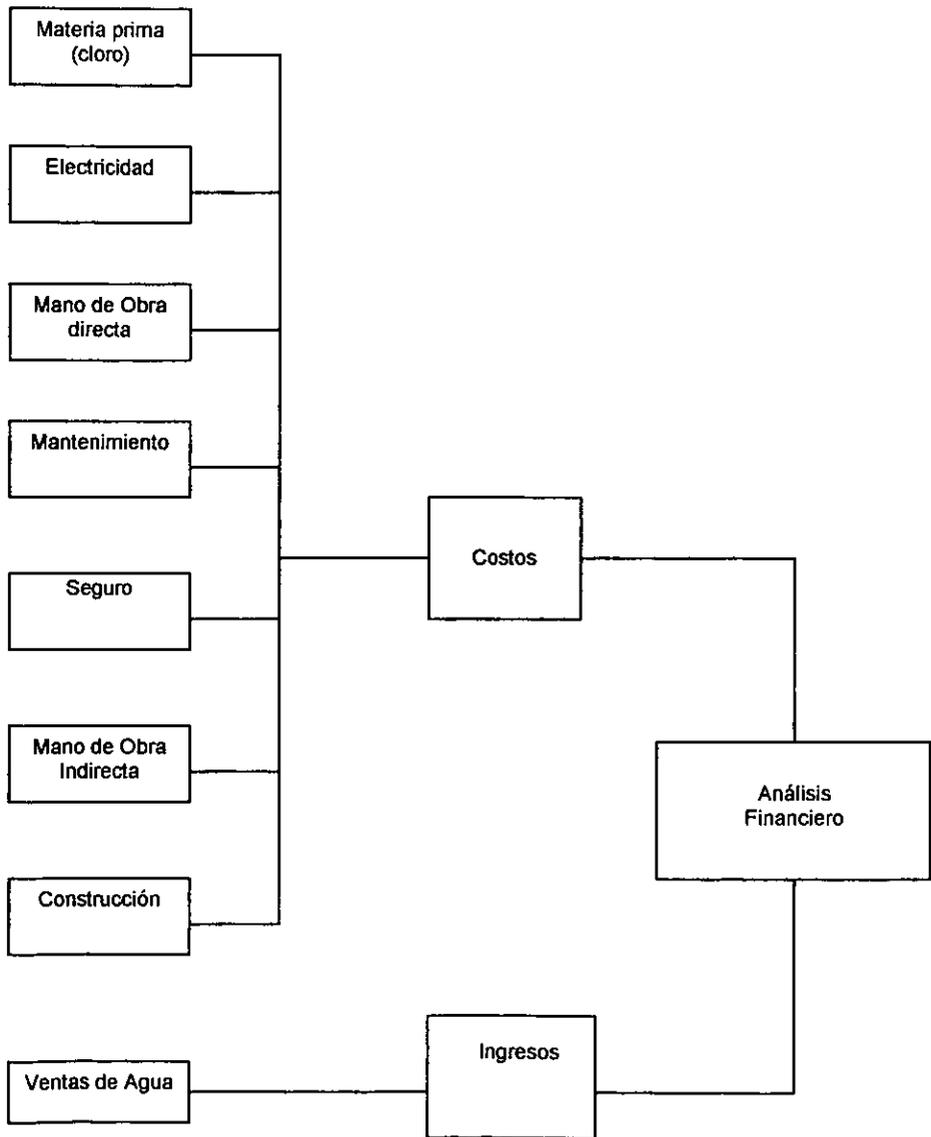
Periodo	Interés	Pago fin año	Pago a principal	Deuda después de pago
0	18,981,820			99,903,261
1	18,981,620	25,264,042	6,282,423	93,620,839
2	17,787,959	25,264,042	7,476,083	86,144,756
3	16,367,504	25,264,042	8,896,539	77,248,217
4	14,677,161	25,264,042	10,586,881	66,661,336
5	12,665,654	25,264,042	12,598,388	54,062,948
6	10,271,960	25,264,042	14,992,082	39,070,866
7	7,423,464	25,264,042	17,840,578	21,230,288
8	4,033,755	25,264,042	21,230,288	(0)

6) Estado de Resultados

La finalidad del análisis del estado de resultados o de pérdidas y ganancias es calcular la utilidad neta y los flujos netos de efectivo del proyecto, que son, en forma general, el beneficio real de la operación de la planta y los impuestos que deba pagar.

Concepto	Periodo				
	1	2	3	4	5
Ventas (lps)	500	500	500	500	500
Ingresos por ventas	42,573,600	48,235,889	54,651,262	61,919,880	70,155,224
Costos de producción	14,851,147	18,336,262	17,969,888	19,766,877	21,743,564
Utilidad marginal	26,237,336	30,266,001	34,884,385	40,176,316	46,237,303
Costos financieros	18,981,620	17,787,959	16,367,504	14,677,161	12,665,654
Utilidad bruta	7,255,719	12,478,042	18,516,882	25,499,154	33,571,649
I.S.R 35%	2,539,502	4,367,315	6,480,909	8,924,704	11,750,077
P.T.U 10%	253,950	279,345	307,280	338,008	371,808
Utilidad neta	4,462,267	7,831,382	11,728,693	16,236,443	21,449,764
Depreciación	7,071,338	7,778,472	8,556,319	9,411,951	10,353,146
Pago de Principal	6,282,423	7,476,083	8,896,539	10,586,881	12,598,388
Flujo de efectivo	5,251,182	8,133,771	11,388,474	15,061,512	19,204,521

Resumen de costos e ingresos.



Sensibilidad del Proyecto.

La sensibilidad de un proyecto, nos indica, cuales son los factores que pueden poner en riesgo la factibilidad económica de un proyecto y que estos no estén en manos de la empresa para su solución.

Para este trabajo, analizaremos los factores que pueden perjudicar a este proyecto, y que son independientes de la inversión privada.

Electricidad. Como pudimos observar anteriormente, los costos de electricidad para el buen funcionamiento de esta planta son extremadamente altos \$3,780,000 al año, por lo que cualquier incremento por parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en los precios de la electricidad, por encima de la inflación pronosticada (10% anual) sería de graves consecuencias para el proyecto.

Entrega del Influyente. En caso de que la Ciudad de Querétaro, tenga problemas en la red de alcantarillado y no pueda hacer llegar el agua residual a la planta de tratamiento (500 l/s), esta se vería en serios problemas, ya que dejaría de trabajar a toda su capacidad, o dejaría de trabajar completamente, teniendo graves repercusiones económicas.

Precio de venta del agua tratada. En caso de que la CNA, considere que las actuales tarifas son muy altas y decida fijar nuevas tarifas, esto comprometería la viabilidad económica de la planta y tener graves consecuencias para los inversionistas, e incluso el cierre de la misma.

5.2 Análisis Financiero

5.2.1 Tasa Interna de Retorno

Se le llama Tasa Interna de Retorno (TIR) porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad. Es decir, se trata de la tasa de rendimiento generada en su totalidad en el interior de la empresa por medio de la reinversión.

También la TIR es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los futuros flujos netos de efectivo de un proyecto de inversión con el flujo de salida de efectivo inicial del proyecto.

Para este trabajo se hace la consideración de que la inversión que se toma en cuenta para calcular la TIR en el inicio del proyecto, es decir el año cero, es la inversión total de proyecto, sumándole a esta el costo de financiamiento para el primer año.

En este trabajo se hizo la consideración de que la planta tendrá un valor de rescate del 30% de su costo total inicial, al final de la concesión (20 años) por un total de 336,049,593.

Es importante señalar que la TIR determina, que tan atractivo es el proyecto para los inversionistas y así determinar si invierten su dinero. Tomando en cuenta que para este trabajo de tesis se pronosticó una inflación anual del 10%, es de suma importancia que los rendimientos de los inversionistas sean atractivos por encima de esta tasa, en este caso después de analizar nuestros flujos de efectivo a 20 años, encontramos que la TIR es del 20%, lo que significa un rendimiento neto del 10% por encima de la inflación para nuestros inversionistas y esto hace que el proyecto sea sumamente atractivo.

En caso de que la TIR fuera menor al 19% que es lo que se le ofreció en un principio a los inversionistas, tendríamos que aceptar, que definitivamente nuestra planta no es negocio y por lo tanto esta no sería viable y no se podría contar con el apoyo de inversión privada.

Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ventas (lps)		500	500	500	500	500			
Ingresos por ventas		42,573,600	48,235,889	54,651,262	61,919,880	70,155,224	79,485,869	90,057,489	102,035,
Costos de producción		14,851,147	16,336,262	17,969,668	19,766,877	21,743,564	23,917,921	26,309,713	28,940,
Utilidad marginal		26,237,338	30,266,001	34,884,385	40,176,316	48,237,303	53,176,156	61,116,805	70,200,
Costos financieros	18,981,620	18,981,620	17,787,959	16,367,504	14,677,161	12,665,654	10,271,960	7,423,464	4,033,
Utilidad bruta		7,255,719	12,478,042	18,516,882	25,499,154	33,571,649	42,904,196	53,693,341	66,166,
I.S.R 35%		2,539,502	4,367,315	6,480,909	8,924,704	11,750,077	15,016,469	18,792,669	23,158,
P.T.U 10%		253,950	279,345	307,280	338,008	371,808	408,969	449,888	494,
Utilidad neta		4,462,267	7,831,382	11,728,693	16,236,443	21,449,764	27,478,738	34,450,783	42,513,
Depreciación		7,071,338	7,778,472	8,556,319	9,411,951	10,353,146	11,388,461	12,527,307	13,780,
Pago de Principal		6,282,423	7,476,053	8,896,539	10,586,881	12,598,388	14,992,082	17,840,578	21,230,
Flujo de efectivo	(185,487,055)	5,251,182	8,133,771	11,388,474	15,061,512	19,204,521	23,875,116	29,137,512	35,063,

Concepto	9	10	11	12	13	14	15	16
Ventas (lps)								
Ingresos por ventas	115,605,808	130,981,381	148,401,904	168,139,358	190,501,892	215,838,644	244,545,184	277,069,693
Costos de producción	31,834,753	35,018,228	38,520,051	42,372,056	46,609,261	51,270,187	56,397,206	62,036,927
Utilidad marginal	80,587,580	92,461,330	106,029,849	121,530,096	139,231,705	159,441,438	182,508,257	208,829,074
Costos financieros								
Utilidad bruta	80,587,580	92,461,330	106,029,849	121,530,096	139,231,705	159,441,438	182,508,257	208,829,074
I.S.R 35%	28,205,653	32,361,468	37,110,447	42,535,534	48,731,097	55,804,503	63,877,890	73,090,176
P.T.U 10%	544,365	598,801	658,681	724,549	797,004	876,705	964,375	1,060,813
Utilidad neta	51,837,563	59,501,063	68,260,720	78,270,013	89,703,604	102,760,230	117,665,992	134,678,085
Depreciación	15,158,041	16,673,845	18,341,230	20,175,353	22,192,888	24,412,177	26,853,394	29,538,734
Pago de Principal								
Flujo de efectivo	66,995,604	76,174,909	86,601,950	98,445,366	111,896,492	127,172,406	144,519,386	164,216,819

Concepto	17	18	19	20	valor de rescate
Ventas (lps)					
Ingresos por ventas	313,919,962	355,671,317	402,975,602	456,571,357	
Costos de producción	68,240,619	75,064,681	82,571,149	90,828,264	
Utilidad marginal	238,855,281	273,100,168	312,147,338	456,571,357	
Costos financieros					
Utilidad bruta	238,855,281	273,100,168	312,147,338	456,571,357	
I.S.R 35%	83,569,348	95,585,059	109,251,568	159,799,975	
P.T.U 10%	1,166,894	1,283,583	1,411,942	1,553,136	
Utilidad neta	154,089,038	176,231,526	201,483,828	295,218,246	
Depreciación	32,492,607	35,741,868	39,316,055	43,247,660	
Pago de Principal					
Flujo de efectivo	188,581,646	211,973,393	240,769,882	338,465,906	336,049,593

TIR

20%

5.2.2 Valor Presente Neto (VPN)

El VPN es un método que nos da un enfoque del flujo de efectivo descontado a la elaboración del presupuesto de capital. El VPN de una propuesta de inversión es el valor presente de los flujos netos de efectivo de la propuesta menos el flujo de salida de efectivo inicial de la propuesta.

Para poder determinar si el proyecto es viable mediante el criterio del VPN, tendríamos que aceptar lo siguiente. Si la suma de los flujos de efectivo descontados es cero o más, se acepta la propuesta; de lo contrario se rechaza.

En el caso de este trabajo de tesis, tenemos que cumplir con las expectativas de los inversionistas, como se había analizado previamente, a los inversionistas se le ha prometido una tasa real por encima de la inflación de 10% en los 20 años que dura la concesión. El rendimiento que se les propuso a los inversionistas es de 9 puntos porcentuales por encima de la inflación por lo que nuestra tasa descontada debe de ser del 19% y obtener un VPN mayor o igual a cero.

Como se verá a continuación en nuestro estudio de VPN, a una tasa descontada del 19%, en un período de 20 años, veremos que el resultado que arroja este estudio es positivo, con lo que se garantiza que el proyecto es viable y tendrá beneficios económicos para los inversionistas.

En caso de que el VPN sea negativo, esto querrá decir que el proyecto definitivamente no es rentable, y tendrá que llevarse a cabo por el gobierno federal.

Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ventas (Ips)		500	500	500	500	500			
Ingresos por ventas		42,573,600	48,235,889	54,651,262	61,919,880	70,155,224	79,485,899	90,057,489	102,035,135
Costos de producción		14,851,147	16,338,262	17,989,888	19,766,877	21,743,564	23,917,921	26,309,713	28,940,684
Utilidad marginal		26,237,338	30,266,001	34,884,385	40,176,316	46,237,303	53,176,156	61,116,805	70,200,363
Costos financieros	18,981,620	18,981,620	17,787,959	16,387,504	14,877,161	12,655,654	10,271,960	7,423,484	4,033,755
Utilidad bruta		7,255,719	12,478,042	18,516,882	25,499,154	33,571,649	42,904,196	53,693,341	66,166,628
I.S.R 35%		2,539,502	4,387,315	6,480,909	8,924,704	11,750,077	15,016,469	18,792,669	23,158,320
P.T.U 10%		253,950	279,345	307,280	338,008	371,808	408,989	449,888	494,877
Utilidad neta		4,462,267	7,831,382	11,728,693	16,236,443	21,449,764	27,478,738	34,450,783	42,513,431
Depreciación		7,071,338	7,778,472	8,556,319	9,411,951	10,353,146	11,388,481	12,527,307	13,780,037
Pago de Principal		6,282,423	7,476,083	8,896,539	10,586,881	12,596,388	14,992,082	17,840,578	21,230,288
Flujo de efectivo	(185,487,056)	5,251,182	8,133,771	11,388,474	15,061,512	19,204,521	23,875,116	29,137,512	35,063,181

Concepto	9	10	11	12	13	14	15	16
Ventas (lps)								
Ingresos por ventas	115,605,808	130,981,381	148,401,904	168,139,358	190,501,892	215,838,644	244,545,184	277,069,663
Costos de producción	31,834,753	35,018,228	38,520,051	42,372,056	46,609,261	51,270,187	56,397,206	62,036,927
Utilidad marginal	80,587,580	92,461,330	106,029,849	121,530,096	139,231,705	159,441,438	182,508,257	208,829,074
Costos financieros								
Utilidad bruta	80,587,580	92,461,330	106,029,849	121,530,096	139,231,705	159,441,438	182,508,257	208,829,074
I.S.R 35%	28,205,653	32,361,466	37,110,447	42,535,534	48,731,097	55,804,503	63,877,890	73,090,176
P.T.U 10%	544,365	598,801	658,681	724,549	797,004	876,705	964,375	1,060,813
Utilidad neta	51,837,563	59,501,063	68,260,720	78,270,013	89,703,604	102,760,230	117,665,992	134,678,085
Depreciación	15,158,041	16,673,845	18,341,230	20,175,353	22,192,888	24,412,177	26,853,394	29,538,734
Pago de Principal								
Flujo de efectivo	66,995,604	76,174,909	86,601,950	98,445,366	111,896,492	127,172,406	144,519,386	164,216,819

Concepto	17	18	19	20	
Ventas (lps)					
Ingresos por ventas	313,919,962	355,671,317	402,975,602	456,571,357	
Costos de producción	68,240,619	75,064,681	82,571,149	90,828,284	
Utilidad marginal	238,855,281	273,100,168	312,147,338	456,571,357	
Costos financieros					
Utilidad bruta	238,855,281	273,100,168	312,147,338	456,571,357	
i.S.R 35%	83,599,348	95,585,059	109,251,568	159,799,975	
P.T.U 10%	1,166,894	1,283,583	1,411,942	1,553,136	
Utilidad neta	154,089,038	176,231,526	201,483,828	295,218,246	
Depreciación	32,492,607	35,741,868	39,316,055	43,247,660	
Pago de Principal					
Flujo de efectivo	186,581,646	211,973,393	240,799,882	338,465,906	336,049,593

VPN 19% 13,123,405

5.3 Fuentes de Financiamiento

Como ya se ha mencionado anteriormente, la banca de desarrollo, apoyará este proyecto, por tratarse de un proyecto de carácter social. Por otro lado es importante mencionar, que los inversionistas privados, financiarán los costos financieros del primer año, por un monto de 18,981,620 de pesos, ya que en este año, el proyecto no tendrá ingresos por tratarse de el año en que esta en construcción. Es importante mencionar nuevamente que el terreno, donde se localizará la planta ha sido donado por el Municipio, por lo que no repercute en gastos para los inversionistas ni acreedores.

6. Conclusiones

La situación geográfica de la República Mexicana y el desarrollo histórico del país, han hecho que las regiones más industrializadas del país, se encuentren en lugares donde un recurso vital como es el agua, sea difícil de obtener.

Cada vez son más grandes las necesidades de agua en ciudades importantes, que están situadas por encima de los 500 metros sobre el nivel del mar y que contribuyen de manera importante a la economía generando exportaciones y dando empleo.

La pobre cultura en lo que se refiere al cuidado del agua en México, ha hecho que este recurso se desperdicie y derroche, creando así graves problemas para todo el país.

También ha representado un grave problema, las lagunas en las leyes mexicanas, que durante mucho tiempo hicieron muy difícil la participación de la iniciativa privada en el tratamiento de aguas residuales.

La necesidad de agua es indispensable para el crecimiento y desarrollo, pero esto no quiere decir que el agua deba de ser usada y arrojado a nuestros ríos y costas sin antes haber sido tratadas, ya que el impacto ecológico, representa daños irreparables para nuestros ecosistemas y repercutiendo directamente en la sociedad causando enfermedades que pueden causar la muerte como el cólera.

Afortunadamente en la actualidad se cuenta con la tecnología suficiente para poder tratar el agua a gran escala. Aquí es donde la Ingeniería Civil juega un papel muy importante, solucionando los problemas de agua que existen en el país. Parte de la solución del problema del agua en México, es su tratamiento adecuado por medio de plantas de tratamiento de aguas residuales, que le devuelven al agua parte de sus características antes de ser utilizada, y la hacen productiva nuevamente para distintos usos de suma importancia, como puede ser la agricultura.

Desgraciadamente son tan grandes las necesidades en el tratamiento de aguas residuales que el gobierno de la República, no tiene la capacidad suficiente para enfrentar este reto solo, por lo que se hace indispensable la participación de la iniciativa privada para ayudar a resolver este problema.

El agua se puede convertir en un negocio muy atractivo, ya que sus usos son infinitos y la demanda de esta crece tan rápidamente que puede sobrepasar la oferta. Las grandes industrias de mexicanas y las empresas transnacionales, no se pueden dar el lujo de restringir sus necesidades de agua, por lo que estarían dispuestas a pagar por esta. El país tampoco se puede dar el lujo, de que la agricultura y la ganadería se vean afectadas por falta de agua por lo que se verán obligados a pagar por esta.

Es indispensable, que las ciudades mas dinámicas de la República, participen con la iniciativa privada en la construcción de plantas de tratamiento y así se beneficien de la ingeniería y de la tecnología que existen en la actualidad y contribuyan al saneamiento de ríos y costas en el país, así como a la recarga de mantos acuíferos.

Como pudimos ver en este trabajo de tesis este sería el caso de la ciudad de Querétaro, una de las ciudades con mas crecimiento demográfico en el país y con crecimiento económico sostenido.

En este trabajo de tesis vimos como trabajando en conjunto la ciudad de Querétaro y la iniciativa privada pueden solucionar los graves problemas de agua a los que se enfrenta esta ciudad con la construcción de una planta de tamaño medio que cumplirá con las normas federales de calidad del agua y con el compromiso por parte del gobierno de el estado de Querétaro para hacer llegar el agua residual a la planta y también su compromiso para comprarla ya limpia.

Este trabajo de tesis también demostró, la viabilidad económica en un proyecto de esta magnitud, dejando en claro que con una buena planeación y estudio de mercado, las posibilidades de tener éxito en estos proyectos que son vitales para el desarrollo del país.

Es importante señalar que una clara evaluación económica para todo tipo de proyectos es fundamental, ya que de esta depende la participación de la iniciativa privada, haciendo posible la construcción de estas grandes obras tan benéficas para el país.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

BIBLIOGRAFÍA.

- CAMARA MEXICANA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. Eficiencia y uso sustentable del agua en México. Participación del sector privado, cmic.
- LEY DE AGUAS NACIONALES. Ediciones Delma, cuarta edición
- CUADERNO ESTADISTICO MUNICIPAL. Estado de Querétaro
Edición 1997
- BACA, URBINA Gabriel
Evaluación de Proyectos.
Edición 3
ed. Macgraw Hill México D.F 1999
- METCALF & EDDY
Wastewater Engineering.
Edición 3
ed. Macgraw Hill New York 1991

ANEXO 1

**SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE,
RECURSOS NATURALES Y PESCA.**

**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.**

JULIA CARABIAS LILLO, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 32 bis fracciones I, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 85, 86 fracciones I, III y VII, 92 fracciones II y IV y 119 de la Ley de Aguas Nacionales; 5o. fracciones VIII y XV, 8o. fracciones II y VII, 36, 37, 117, 118 fracción II, 119 fracción I inciso a), 123, 171 y 173 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 38 fracción II, 40 fracción X, 41 45, 46 fracción II, y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, he tenido a bien expedir la siguiente **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; y**

CONSIDERANDO

Que en cumplimiento a lo dispuesto en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Proyecto de 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, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 24 de junio de 1996, a fin de que los interesados en un plazo de 90 días naturales presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en Av. Revolución 1425, mezanine planta alta, Colonia Tlacopac, Código Postal 01040, de esta ciudad.

Que durante el plazo a que se refiere el considerando anterior y de conformidad con lo

dispuesto en el artículo 45 del Ordenamiento Legal citado, estuvieron a disposición del público los documentos a que se refiere dicho precepto.

Que de acuerdo con lo que disponen las fracciones II y III del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los comentarios presentados por los interesados fueron analizados en el seno del citado Comité, realizándose las modificaciones procedentes a dicha Norma; las respuestas a los comentarios de referencia fueron publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el 24 de diciembre de 1996.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 30 de octubre de 1996, aprobó la 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, por lo que he tenido a bien expedir la siguiente

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.

ÍNDICE

1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias

- 3 Definiciones
- 4 Especificaciones
- 5 Métodos de prueba
- 6 Verificación
- 7 Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales
- 8 Bibliografía
- 9 Observancia de esta Norma
- 10. Transitorio
- 11. Anexo I

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma Oficial Mexicana no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes separados de aguas pluviales.

2. REFERENCIAS

Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales - Muestreo, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 25 de marzo de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-004 Aguas - Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales - Método del cono Imhoff, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 13 de septiembre de 1977.

Norma Mexicana NMX-AA-005 Aguas - Determinación de grasas y aceites - Método de extracción soxhlet, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 8 de agosto de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-006 Aguas - Determinación de materia flotante - Método visual con malla específica, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 5 de diciembre de 1973.

Norma Mexicana NMX-AA-007 Aguas- Determinación de la temperatura - Método visual con termómetro, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 23 de julio de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-008 Aguas - Determinación de pH -Método potenciométrico, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 25 de marzo de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-026 Aguas - Determinación de nitrógeno total - Método Kjeldahl, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 27 de octubre de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-028 Aguas - Determinación de demanda bioquímica de oxígeno- Método de incubación por diluciones, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 6 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-029 Aguas - Determinación de fósforo total - Métodos espectrofotométricos, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 21 de octubre de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-034 Aguas - Determinación de sólidos en agua - Método gravimétrico, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 3 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-042 Aguas - Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales - Método de tubos múltiples de fermentación, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de junio de 1987.

Norma Mexicana NMX-AA-046 Aguas - Determinación de arsénico en agua-Método espectrofotométrico, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 21 de abril de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-051 Aguas - Determinación de metales - Método espectrofotométrico de absorción atómica, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de febrero de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-057 Aguas - Determinación de plomo - Método de la ditizona, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 29 de septiembre de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-058 Aguas - Determinación de cianuros - Método colorimétrico y titulométrico, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de diciembre de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-060 Aguas - Determinación de cadmio - Método de la

ditizona, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 26 de abril de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-064 Aguas - Determinación de mercurio - Método de la ditizona, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 3 de marzo de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-066 Aguas - Determinación de cobre - Método de la neocuproína, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 16 de noviembre de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-078 Aguas - Determinación de zinc - Métodos colorimétricos de la ditizona I, la ditizona II y espectrofotometría de absorción atómica, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 12 de julio de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-079 Aguas Residuales- Determinación de nitrógeno de nitratos (Brucina), publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de abril de 1986.

Norma Mexicana NMX-AA-099 - Determinación de nitrógeno de nitritos- Agua potable, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 11 de febrero de 1987.

3. DEFINICIONES

3.1 Aguas costeras

Son las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fija el derecho internacional; así como las aguas marinas interiores, las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar.

3.2 Aguas nacionales

Las aguas propiedad de la Nación, en los términos del párrafo quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

3.3 Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

3.4 Aguas pluviales

Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.

3.5 Bienes nacionales

Son los bienes cuya administración está a cargo de la Comisión Nacional del Agua en términos del artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales.

3.6 Carga contaminante

Cantidad de un contaminante expresada en unidades de masa por unidad de tiempo, aportada en una descarga de aguas residuales.

3.7 Condiciones particulares de descarga

El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por la Comisión Nacional del Agua para el responsable o grupo de responsables de la descarga o para un cuerpo

receptor específico, con el fin de preservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

3.8 Contaminantes básicos

Son aquellos compuestos y parámetros que se presentan en las descargas de aguas residuales y que pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl, de nitritos y de nitratos, expresadas como mg/litro de nitrógeno), fósforo total, temperatura y pH.

3.9 Contaminantes patógenos y parasitarios

Son aquellos microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los coliformes fecales y los huevos de helminto.

3.10 Cuerpo receptor

Son las corrientes, depósitos naturales de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos.

3.11 Descarga

Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

3.12 Embalse artificial

Vaso de formación artificial que se origina por la construcción de un bordo o cortina y que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

3.13 Embalse natural

Vaso de formación natural que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

3.14 Estuario

Es el tramo del curso de agua bajo la influencia de las mareas que se extiende desde la línea de costa hasta el punto donde la concentración de cloruros en el agua es de 250 mg/l.

3.15 Humedales naturales

Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites

los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas donde el suelo es predominantemente hidrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos originadas por la descarga natural de acuíferos.

3.16 Límite máximo permisible

Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales.

3.17 Metales pesados y cianuros

Son aquellos que, en concentraciones por encima de determinados límites, pueden producir efectos negativos en la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc y cianuros.

3.18 Muestra compuesta

La que resulta de mezclar el número de muestras simples, según lo indicado en la Tabla 1. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

T A B L A 1

FRECUENCIA DE MUESTREO			
HORAS POR DÍA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NÚMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MÍNIMO N.E.	MÁXIMO N.E.
Menor que 4	mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

N.E. = No especificado.

3.19 Muestra simple.- La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento del muestreo.

El volumen de cada muestra simple necesario para formar la muestra compuesta se determina mediante la siguiente ecuación:

$$VMS_i = VMC \times (Q_i / Q_t)$$

Donde:

VMS_i = volumen de cada una de las muestras simples "i", litros.

VMC = volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos, litros.

Q_i = caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.

$$Q_t = \sum Q_i \text{ hasta } Q_n, \text{ litros por segundo}$$

3.20 Parámetro

Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.

3.21 Promedio diario (P.D.)

Es el valor que resulta del análisis de una muestra compuesta. En el caso del parámetro grasas y aceites, es el promedio ponderado en función del caudal, y la media geométrica para los coliformes fecales, de los valores que resulten del análisis de cada una de las muestras simples tomadas para formar la muestra compuesta. Las unidades de pH no deberán estar fuera del rango permisible, en ninguna de las muestras simples.

3.22 Promedio mensual (P.M.)

Es el valor que resulte de calcular el promedio ponderado en función del caudal, de los valores que resulten del análisis de al menos dos muestras compuestas (Promedio diario).

3.23 Riego no restringido

La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas en forma ilimitada como forrajes, granos, frutas, legumbres y verduras.

3.24 Riego restringido

La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, excepto legumbres y verduras que se consumen crudas.

3.25 Río

Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar.

3.26 Suelo

Cuerpo receptor de descargas de aguas residuales que se utiliza para actividades agrícolas.

3.27 Tratamiento convencional

Son los procesos de tratamiento mediante los cuales se remueven o estabilizan los contaminantes básicos presentes en las aguas residuales.

3.28 Uso en riego agrícola

La utilización del agua destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.

3.29 Uso público urbano

La utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización.

4. ESPECIFICACIONES

4.1 La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.

4.2 Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.

4.3 Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego no restringido, y de cinco huevos por litro para riego restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta Norma.

T A B L A 2

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																						
PARÁMETROS	RÍOS								EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		EMBALSES NATURALES	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Zonas de protección, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)		EMBALSES NATURALES (C)			
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.		
Temperatura (°C) (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	60	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40		
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25		
Materia Firmeza (3)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50		
	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500		
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
Sólidos Suspendedos (ppm)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2		
Sólidos Suspendedos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125		
Cloruro Boro y otros Disueltos	150	200	75	150	10	80	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150		
Nitrogeno Total	40	40	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.		
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.		

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-008.

P.D. = Promedio Diario P.M. = Promedio Mensual.

N.A. = No es aplicable

(A), (B) y (C) Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos

TABLA 3

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CADMIUM

PARAMETROS (*)	RÍOS																AGUAS COSTERAS				ELUJO		MAREJALES NATURALES (B)	
	Una en negro agrícola (A)				Una pública urbano (B)				Público				Una en negro agrícola (B)				Una pública urbano (B)		Una en negro agrícola (B)					
	P.M.		P.D.		P.M.		P.D.		P.M.		P.D.		P.M.		P.D.		P.M.		P.D.					
Arsenio	0.05	0.05	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2				
Cadmio	0.01	0.01	0.1	0.2	0	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.25	0.1	0.1	0.2				
Cromo	10	10	10	20	10	20	20	30	10	20	10	20	20	30	10	20	20	10	10	10	20			
Cobalto	10	10	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20				
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0				
Mercurio	0.01	0.01	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.005	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01				
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4				
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4				
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20				

(*) Medidos de manera total.
 P.D. = Promedio Diario P.M. = Promedio Mensual N.A. = No es aplicable
 (A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

4.4. Al responsable de la descarga de aguas residuales que antes de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana se le hayan fijado condiciones particulares de descarga, podrá optar por cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma, previo aviso a la Comisión Nacional del Agua.

4.5. Los responsables de las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales deben cumplir con la presente Norma Oficial Mexicana de acuerdo con lo siguiente:

a) Las descargas municipales tendrán como plazo límite las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 4. El cumplimiento es gradual y progresivo, conforme a los rangos de población. El número de habitantes

corresponde al determinado en el XI Censo Nacional de Población y Vivienda, correspondiente a 1990, publicado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

b) Las descargas no municipales tendrán como plazo límite hasta las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5. El cumplimiento es gradual y progresivo, dependiendo de la mayor carga contaminante, expresada como demanda bioquímica de oxígeno₅ (DBO₅) o sólidos suspendidos totales (SST), según las cargas del agua residual, manifestadas en la solicitud de permiso de descarga, presentada a la Comisión Nacional del Agua.

T A B L A 4

DESCARGAS MUNICIPALES	
FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE:	RANGO DE POBLACIÓN
1 de enero de 2000	mayor de 50,000 habitantes
1 de enero de 2005	de 20,001 a 50,000 habitantes
1 de enero de 2010	de 2,501 a 20,000 habitantes

T A B L A 5

DESCARGAS NO MUNICIPALES		
FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE:	CARGA CONTAMINANTE	
	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO₅ t/d (toneladas/día)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)
1 de enero de 2000	mayor de 3.0	mayor de 3.0
1 de enero de 2005	de 1.2 a 3.0	de 1.2 a 3.0
1 de enero de 2010	menor de 1.2	menor de 1.2

4.6 Las fechas de cumplimiento establecidas en las Tablas 4 y 5 de esta Norma Oficial Mexicana podrán ser adelantadas por la Comisión Nacional del Agua para un cuerpo receptor en específico, siempre y cuando exista el estudio correspondiente que valide tal modificación.

4.7. Los responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, cuya concentración de contaminantes en cualquiera de los parámetros básicos, metales pesados y cianuros, que rebasen los límites máximos permisibles señalados en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana, multiplicados por cinco, para cuerpos receptores tipo B (ríos, uso público urbano), quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad del agua de sus descargas a la Comisión

Nacional del Agua, en un plazo no mayor de 180 días naturales, a partir de la publicación de esta Norma en el Diario Oficial de la Federación.

Los demás responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, que rebasen 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 6 y 7.

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.

T A B L A 6

DESCARGAS MUNICIPALES	
RANGO DE POBLACIÓN	FECHA LÍMITE 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

T A B L A 7

CARGA CONTAMINANTE DE LAS DESCARGAS NO MUNICIPALES	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO ₅ Y/O SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)	FECHA LÍMITE 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

4.8 El responsable de la descarga queda obligado a realizar el monitoreo de las descargas de aguas residuales para determinar el promedio diario y mensual. La periodicidad de análisis y reportes se indican en la Tabla 8 para descargas de tipo municipal y en la Tabla 9 para descargas no

municipales. En situaciones que justifiquen un mayor control, como protección de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, emergencias hidroecológicas o procesos productivos fuera de control, la Comisión Nacional del Agua podrá modificar la periodicidad de análisis y reportes. Los

registros del monitoreo deberán mantenerse posteriores a su realización. para su consulta por un periodo de tres años

T A B L A 8

RANGO DE POBLACIÓN	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS	FRECUENCIA DE REPORTE
mayor de 50,000 habitantes	MENSUAL	TRIMESTRAL
de 20,001 a 50,000 habitantes	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
de 2,501 a 20,000 habitantes	SEMESTRAL	ANUAL

T A B L A 9

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO ₅ t/d (toneladas/día)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS	FRECUENCIA DE REPORTE
mayor de 3.0	mayor de 3.0	MENSUAL	TRIMESTRAL
de 1.2 a 3.0	de 1.2 a 3.0	TRIMESTRAL	SEMESTRAL
menor de 1.2	menor de 1.2	SEMESTRAL	ANUAL

4.9 El responsable de la descarga estará exento de realizar el análisis de alguno o varios de los parámetros que se señalan en la presente Norma Oficial Mexicana, cuando demuestre que, por las características del

proceso productivo o el uso que le dé al agua, no genera o concentra los contaminantes a

exentar, manifestándolo ante la Comisión Nacional del Agua, por escrito y bajo protesta de decir verdad. La autoridad podrá verificar

la veracidad de lo manifestado por el usuario. En caso de falsedad el responsable quedará sujeto a lo dispuesto en los ordenamientos legales aplicables.

4.10 En el caso de que el agua de abastecimiento registre alguna concentración promedio mensual de los parámetros referidos en los puntos 4.1, 4.2 y 4.3 de la presente Norma Oficial Mexicana, la suma de esta concentración al límite máximo permisible promedio mensual, es el valor que el responsable de la descarga está obligado a cumplir, siempre y cuando lo notifique por escrito a la Comisión Nacional del Agua.

4.11 Cuando se presenten aguas pluviales en los sistemas de drenaje y alcantarillado combinado, el responsable de la descarga tiene la obligación de operar su planta de tratamiento y cumplir con los límites máximos permisibles de esta Norma Oficial Mexicana, o en su caso con sus condiciones particulares de descarga, y podrá a través de una obra de desvío derivar el caudal excedente. El responsable de la descarga tiene la obligación de reportar a la Comisión Nacional del Agua el caudal derivado.

4.12 El responsable de la descarga de aguas residuales que, como consecuencia de implementar un programa de uso eficiente y/o reciclaje del agua en sus procesos productivos, concentre los contaminantes en su descarga, y en consecuencia rebase los límites máximos permisibles establecidos en la presente Norma, deberá solicitar ante la Comisión Nacional del Agua se analice su caso particular, a fin de que ésta le fije condiciones particulares de descarga.

5. MÉTODOS DE PRUEBA

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, se deberán aplicar los métodos de prueba indicados en el punto 2

de esta Norma Oficial Mexicana. El responsable de la descarga podrá solicitar a la Comisión Nacional del Agua, la aprobación de métodos de prueba alternos. En caso de aprobarse, dichos métodos podrán ser autorizados a otros responsables de descarga en situaciones similares.

Para la determinación de huevos de helminto se deberán aplicar las técnicas de análisis y muestreo que se presentan en el Anexo 1 de esta Norma Oficial Mexicana.

6. VERIFICACIÓN

La Comisión Nacional del Agua llevará a cabo muestreos y análisis de las descargas de aguas residuales, de manera periódica o aleatoria, con objeto de verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos para los parámetros señalados en la presente Norma Oficial Mexicana.

7. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

7.1 No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 8.1** APHA, AWWA, WPCF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and

- Wastewater. USA. (Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales. 19ª Edición. E.U.A.).
- 8.2** Code of Federal Regulations. Title 40. Parts 100 to 149; 400 to 424; and 425 to 629. Protection of Environment 1992. USA. (Código de Normas Federales. Título 40. Partes 100 a 149; 400 a 424; y 425 a 629. Protección al Ambiente. E.U.A.)
- 8.3** Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, 1988. Gordon M. Fair, John Ch. Geyer, Limusa, México.
- 8.4** Industrial Water Pollution Control, 1989. 2nd Edition. USA. (Control de la contaminación industrial del agua Eckenfelder W.W. Jr. 2ª Edición Mcgraw-Hill International Editions. E.U.A.)
- 8.5** Manual de Agua para Usos Industriales, 1988. Sheppard T. Powell. Ediciones Ciencia y Técnica, S.A. 1ª edición. Volúmenes 1 al 4. México.
- 8.6** Manual de Agua, 1989. Frank N. Kemmer, John McCallion Ed. Mcgraw-Hill. Volúmenes 1 al 3. México.
- 8.7** U.S.E.P.A. Development Document for Effluent Limitation Guidelines And New Source Performance Standard For The 1974 (Documento de Desarrollo de La U.S.E.P.A. para guías de límites de efluentes y
- estándares de evaluación de nuevas fuentes para 1974).
- 8.8** Water Treatment Chemicals. An Industrial Guide, 1991. (Tratamiento químico del agua. Una guía industrial) Flick, Ernest W. Noyes Publications. E.U.A.
- 8.9** Water Treatment Handbook, 1991. (Manual de tratamiento de agua. Degremont 6ª Edición Vol. I y II. E.U.A.)
- 8.10** Wastewater Engineering Treatment. Disposal, Reuse, 1991. 3rd Edition. USA. (Ingeniería en el tratamiento de aguas residuales. Disposición y reuso. Metcalf And Eddy. Mcgraw-Hill International Editions. 3ª Edición. E.U.A.)
- 8.11** Estudio de Factibilidad del Saneamiento del Valle de México. Informe Final. Dic. 1995. Comisión Nacional del Agua, Departamento del Distrito Federal, Estado de Hidalgo y Estado de México.
- 8.12** Guía Para el Manejo, Tratamiento y Disposición de Lodos Residuales de Plantas de Tratamiento Municipales. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana e Industrial. México, 1994.
- 8.13** Sistemas Alternativos de Tratamiento de Aguas Residuales y Lodos Producidos. Comisión Nacional del

- Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana e Industrial. México, 1994.
- 8.14 Impact of Wastewater Reuse on Groundwater In The Mezquital Valley, Hidalgo State, Mexico. Overseas Development Administration. Phase 1, Report - February 1995.
- 8.15 Evaluación de la Toxicidad de Descargas Municipales. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Noviembre de 1993.
- 8.16 Tratabilidad del Agua Residual Mediante el Proceso Primario Avanzado. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1994-1995.
- 8.17 Estudio de la Desinfección del Efluente Primario Avanzado. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1994-1995.
- 8.18 Formación y Migración de Compuestos Organoclorados a través de Columnas Empaquetadas con Suelo de la Zona de Tula-Mezquital-Actopan. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995-1996.
- 8.19 Estudio de Calidad y Suministro del Agua para Consumo Doméstico del Valle del Mezquital. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995-1996.
- 8.20 Estudio de Impacto Ambiental Asociado al Proyecto de Saneamiento del Valle de México. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995-1996.
- 8.21 Proyecto de Normatividad Integral para Mejorar la Calidad del Agua en México. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995-1996.
- 8.22 Estudio de Disponibilidad de Agua en México en Función del Uso, Calidad y Cantidad. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995.
- 8.23 Cost - Effective Water Pollution Control in The Northern Border Of Mexico. Institute For Applied Environmental Economics (Tme), 1995.
- 8.24 XI Censo General de Población y Vivienda. INEGI / CONAPO 1990
- 8.25 Normas Oficiales Mexicanas para descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores: NOM-001-ECOL/1993 a NOM-033-ECOL/1993, publicadas en el **Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993**; NOM-063-ECOL/1994 a NOM-065-ECOL/1994 publicadas en el **Diario Oficial de la Federación el 5 de enero de 1995**; NOM-066-ECOL/1994 a NOM-068-ECOL-1994, publicadas en el **Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1995**; NOM-069- ECOL/1994 y NOM-070-ECOL /1994, publicadas en el **Diario Oficial de la Federación el 9 de enero de 1995**; y NOM-071-ECOL-1994 a NOM-073-ECOL-1994,

publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el 11 de enero de 1995.

- 8.26 Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. SEMARNAP. Instituto de Ecología. México, D.F.
- 8.27 Catálogo Oficial de Plaguicidas Control Intersectorial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. SARH, SEDESOL, SSA y SECOFI. México, D.F. 1994.
- 8.28 Indicadores Socioeconómicos e Índice de Marginación Municipal 1990. CONAPO/CNA.
- 8.29 Bases para el Manejo Integral de la Cantidad y Calidad del Agua en México. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995.
- 8.30 Manejando las Aguas Residuales en Zonas Urbanas Costeras. Reporte 1993. EUA. Comité Sobre el Manejo de las Aguas Residuales en Zonas Urbanas Costeras. Consejo de Ciencia y Tecnología sobre Agua. Comisión de Sistemas Técnicos e Ingeniería. Consejo Nacional de Investigación.
- 8.31 NMX-AA-087-1995-SCFI. Análisis de Agua.- Evaluación de Toxicidad Aguda con *Daphnia magna* Straus (Crustacea-Cladocera).- Método de Prueba).
- 8.32 NMX-AA-110-1995-SCFI. Análisis de Agua.- Evaluación de Toxicidad Aguda con *Artemia franciscana* Kellogs (Crustacea-Anostraca).- Método de Prueba.
- 8.33 NMX-AA-112-1995-SCFI. Análisis de Agua y Sedimento.- Evaluación de Toxicidad aguda con *Photobacterium phosphoreum*.- Método de Prueba.

9. OBSERVANCIA DE ESTA NORMA

9.1 La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, por conducto de la Comisión Nacional del Agua, y a la Secretaría de Marina en el ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

9.2 La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

9.3 Se abrogan las normas oficiales mexicanas que a continuación se indican:

Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las centrales termoeléctricas convencionales.

Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria productora de azúcar de caña.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de refinación de petróleo y petroquímica.

Norma Oficial Mexicana NOM-004-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de fertilizantes excepto la que produzca ácido fosfórico como producto intermedio.

Norma Oficial Mexicana NOM-005-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de productos plásticos y polímeros sintéticos.

Norma Oficial Mexicana NOM-006-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de harinas.

Norma Oficial Mexicana NOM-007-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la cerveza y de la malta.

Norma Oficial Mexicana NOM-008-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de asbestos de construcción.

Norma Oficial Mexicana NOM-009-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados.

Norma Oficial Mexicana NOM-010-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias de manufactura de vidrio plano y de fibra de vidrio.

Norma Oficial Mexicana NOM-011-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de productos de vidrio prensado y soplado.

Norma Oficial Mexicana NOM-012-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria hulera.

Norma Oficial Mexicana NOM-013-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria del hierro y del acero.

Norma Oficial Mexicana NOM-014-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria textil.

Norma Oficial Mexicana NOM-015-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la celulosa y el papel.

Norma Oficial Mexicana NOM-016-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de bebidas gaseosas.

Norma Oficial Mexicana NOM-017-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de acabados metálicos.

Norma Oficial Mexicana NOM-018-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de laminación, extrusión y estiraje de cobre y sus aleaciones.

Norma Oficial Mexicana NOM-019-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las

descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de impregnación de productos de aserradero.

Norma Oficial Mexicana NOM-020-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de asbestos textiles, materiales de fricción y selladores.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria del curtido y acabado en pieles.

Norma Oficial Mexicana NOM-022-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de matanza de animales y empaçado de cárnicos.

Norma Oficial Mexicana NOM-023-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de envasado de conservas alimenticias.

Norma Oficial Mexicana NOM-024-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de celulosa virgen.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos

receptores, provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de fibra celulósica reciclada.

Norma Oficial Mexicana NOM-026-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de restaurantes o de hoteles.

Norma Oficial Mexicana NOM-027-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria del beneficio del café.

Norma Oficial Mexicana NOM-028-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de preparación y envasado de conservas de pescados y mariscos y de la industria de producción de harina y aceite de pescado.

Norma Oficial Mexicana NOM-029-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de hospitales.

Norma Oficial Mexicana NOM-030-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de jabones y detergentes.

Norma Oficial Mexicana NOM-032-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola.

Norma Oficial Mexicana NOM-033-ECOL-1993, que establece las condiciones bacteriológicas para el uso de las aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de éstas con la de los cuerpos de agua, en el riego de hortalizas y productos hortofrutícolas. Publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el 18 de octubre de 1993.

La nomenclatura de las Normas Oficiales Mexicanas antes citadas está en términos del Acuerdo por el que se reforma la nomenclatura de 58 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Protección Ambiental, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 29 de noviembre de 1994.

Asimismo se abrogan las siguientes normas oficiales mexicanas:

Norma Oficial Mexicana NOM-063-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria vinícola.

Norma Oficial Mexicana NOM-064-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la destilería.

Norma Oficial Mexicana NOM-065-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias de pigmentos y colorantes. Publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el 5 de enero de 1995.

Norma Oficial Mexicana NOM-066-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la galvanoplastia.

Norma Oficial Mexicana NOM-067-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal.

Norma Oficial Mexicana NOM-068-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de aceites y grasas comestibles de origen animal y vegetal, publicadas en el **Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1995.**

Norma Oficial Mexicana NOM-069-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de componentes eléctricos y electrónicos.

Norma Oficial Mexicana NOM-070-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de preparación, conservación y envasado de frutas, verduras y legumbres en fresco y/o congelados, publicadas en el **Diario Oficial de la Federación el 9 de enero de 1995.**

Norma Oficial Mexicana NOM-071-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de productos químicos inorgánicos.

Norma Oficial Mexicana NOM-072-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias de fertilizantes fosfatados, fosfatos, polifosfatos, ácido fosfórico, productos químicos inorgánicos fosfatados, exceptuando a los fabricantes de ácido fosfórico por el proceso de vía húmeda.

Norma Oficial Mexicana NOM-073-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias farmacéutica y farmoquímica, publicadas en el **Diario Oficial de la Federación el 11 de enero de 1995.**

TRANSITORIO

ÚNICO. A partir de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, el responsable de la descarga de aguas residuales:

- 1) Que cuente con planta de tratamiento de aguas residuales, está obligado a operar y mantener dicha infraestructura de saneamiento, cuando su descarga no cumpla con los límites máximos permisibles de esta Norma.

Puede optar por cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, o los establecidos en sus condiciones particulares de descarga, previa notificación a la Comisión Nacional del Agua.

En el caso de que la calidad de la descarga que se obtenga con dicha infraestructura no cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, debe presentar a la Comisión Nacional del Agua, en los plazos establecidos en las Tablas 6 y 7, su programa de acciones u obras a realizar para cumplir en las fechas establecidas en las Tablas 4 y 5, según le corresponda.

Los que no cumplan, quedarán sujetos a lo dispuesto en la Ley Federal de Derechos.

En el caso de que el responsable de la descarga opte por cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana y que descargue una mejor calidad de agua residual que la establecida en esta Norma, puede gozar de los beneficios e incentivos que para tal efecto establece la Ley Federal de Derechos.

- 2) Que se hubiere acogido a los Decretos Presidenciales que otorgan facilidades administrativas y fiscales a los usuarios de Aguas Nacionales y sus Bienes Públicos inherentes, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 11 de octubre de 1995, en la materia, quedará sujeto a lo dispuesto en los mismos y en lo conducente a la Ley Federal de Derechos.
- 3) No debe descargar concentraciones de contaminantes mayores a las que

descargó durante los últimos tres años o menos, si empezó a descargar posteriormente, de acuerdo con sus registros y/o con los informes presentados ante la Comisión Nacional del Agua en ese período si su descarga tiene concentraciones mayores a las establecidas como límite máximo permisible en esta Norma. Los responsables que no cumplan con esta especificación, quedarán sujetos a lo dispuesto en la Ley Federal de Derechos.

- 4) Que establezca una nueva instalación industrial, posterior a la publicación de esta Norma Oficial Mexicana en el Diario Oficial de la Federación, no podrá acogerse a las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5 de esta Norma y debe cumplir con los límites máximos permisibles para su descarga, 180 días calendario después de iniciar la operación del proceso generador, debiendo notificar a la Comisión Nacional del Agua dicha fecha.
- 5) Que incremente su capacidad o amplíe sus instalaciones productivas, posterior a la publicación de esta Norma Oficial Mexicana en el Diario Oficial de la Federación, éstas nuevas descargas no podrán acogerse a las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5 de esta Norma y debe cumplir con los límites máximos permisibles para éstas, 180 días calendario después de iniciar la operación del proceso generador, debiendo notificar a la Comisión Nacional del Agua dicha fecha.
- 6) Que no se encuentre en alguno de los supuestos anteriores, deberá cumplir

con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, sujeto a lo dispuesto en la Ley Federal de Derechos, en lo conducente.

México., Distrito Federal, a los once días del mes de diciembre de mil novecientos noventa y seis. La Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Julia Carabias Lillo.- Rúbrica.

ANEXO 1

TÉCNICA PARA LA DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE HUEVOS DE HELMINTO

1. OBJETIVO

Determinar y cuantificar huevos de helminto en lodos, afluentes y efluentes tratados.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Es aplicable para la cuantificación de huevos de helminto en muestras de lodos, afluentes y efluentes de plantas de tratamiento.

3. DEFINICIONES

3.1 Helminto: término designado a un amplio grupo de organismos que incluye a todos los gusanos parásitos (de humanos, animales y vegetales) y de vida libre, con formas y tamaños variados.

3.2 Platyhelminetos: gusano dorsoventralmente aplanado, algunos de interés médico son: *Taenia solium*, *Hymenolepis nana* e *H. diminuta*, entre otros.

3.3 Nematelmintos: gusanos de cuerpo alargado y forma cilíndrica. Algunas especies enteroparásitas de humanos y animales son: *Ascaris lumbricoides*, *Toxocara canis*, *Enterobius vermicularis* y *Trichuris trichiura*, entre otros.

3.4 Método difásico: técnica de concentración que utiliza la combinación de dos reactivos no miscibles y donde las partículas (huevos, detritus), se orientan en función de su balance hidrofílico-lipofílico.

3.5 Método de flotación: técnica de concentración donde las partículas de interés permanecen en la superficie de soluciones cuya densidad es mayor. Por ejemplo la densidad de huevos de helminto se encuentra entre 1.05 a 1.18, mientras que los líquidos de flotación se sitúan entre 1.1 a 1.4.

4. FUNDAMENTO

Utiliza la combinación de los principios del método difásico y del método de flotación, obteniendo un rendimiento de un 90%, a partir

de muestras artificiales contaminadas con huevos de helminto de *Ascaris*.

5. EQUIPO

Centrifuga: Con intervalos de operación de 1000 a 2500 revoluciones por minuto
Periodos de operación de 1 a 3 minutos
Temperatura de operación 20 a 28 °C

Bomba de vacío: Adaptada para control de velocidad de succión
1/3 hp

Microscopio óptico: Con iluminación Köheler
Aumentos de 10 a 100X; Platina móvil;
Sistema de microfotografía

Agitador de tubos: Automático
Adaptable con control de velocidad

Parrilla eléctrica: Con agitación

Hidrómetro: Con intervalo de medición de 1.1 a 1.4 g/cm³

Temperatura de operación: 0 a 4 °C

6. REACTIVOS

- Sulfato de zinc heptahidratado
- Acido sulfúrico
- Eter etílico
- Etanol
- Agua destilada
- Formaldehido

6.1 Solución de sulfato de zinc, gravedad específica de 1.3

- Fórmula
 - Sulfato de zinc 800 g
 - Agua destilada 1,000 ml
- Preparación**

Disolver 800 g de sulfato de zinc en 1,000 ml de agua destilada y agitar en la parrilla eléctrica hasta homogeneizar, medir la densidad con hidrómetro. Para lograr la densidad deseada agregar reactivo o agua según sea el caso.

6.2 Solución de alcohol-ácido

- Fórmula
- Acido sulfúrico 0.1 N 650 ml
- Etanol 350 ml

Preparación

Homogeneizar 650 ml del ácido sulfúrico al 0.1 N, con 350 ml del etanol para obtener un litro de la solución alcohol-ácida. Almacenarla en recipiente hermético.

7. MATERIAL

- Garrafones de 8 litros
- Tamiz de 160 µm (micras) de poro
- Probetas graduadas (1 litro y 50 ml)
- Gradillas para tubos de centrifuga de 50 ml
- Pipetas de 10 ml de plástico
- Aplicadores de madera
- Recipientes de plástico de 2 litros

- Guantes de plástico
- Vasos de precipitado de 1 litro
- Bulbo de goma
 - Magneto
 - Cámara de conteo Doncaster
 - Celda Sedgwick-Rafter
- alícuotas que se consideren adecuadas.

10. PRECAUCIONES

1. Durante el procesado de la muestra, el analista debe utilizar guantes de plástico para evitar riesgo de infección.
2. Lavar y desinfectar el área de trabajo, así como el material utilizado por el analista.

8. CONDICIONES DE LA MUESTRA

1. Se transportarán al laboratorio en hieleras con bolsas refrigerantes o bolsas de hielo.
2. Los tiempos de conservación en refrigeración y transporte deben reducirse al mínimo
3. Si no es posible refrigerar la muestra líquida, debe fijarse con 10 ml de formaldehído al 4% o procesarse dentro de las 48 horas de su toma.
4. Una muestra sólida debe refrigerarse y procesarse en el menor tiempo posible.

9. INTERFERENCIAS

La sobreposición de estructuras y/o del detritus no eliminado en el sedimento, puede dificultar su lectura, en especial cuando se trata de muestras de lodo. En tal caso, es importante dividir el volumen en

11. PROCEDIMIENTO

- 1 Muestreo
 - a) Preparar recipientes de 8 litros, desinfectándolos con cloro, enjuagándolos con agua potable a chorro y con agua destilada.
 - b) Tomar 5 litros de la muestra (ya sea del afluente o efluente).
 - c) En el caso de que la muestra se trate de lodo, preparar en las mismas condiciones recipientes de plástico de 1 litro con boca ancha.
 - d) Tomar X gramos de materia fresca (húmeda) que corresponda a 10 g de materia seca.
2. Concentrado y centrifugado de la muestra

- a) La muestra se deja sedimentar durante 3 horas o toda la noche.
- b) El sobrenadante se aspira por vacío sin agitar el sedimento.
- c) Filtrar el sedimento sobre un tamiz de 160 μm (micras), enjuagando también el recipiente donde se encontraba originalmente la muestra y lavar enseguida con 5 litros de agua (potable o destilada).
- d) Recibir el filtrado en los mismos recipientes de 8 litros.
- e) En caso de tratarse de lodos, la muestra se filtrará y enjuagará en las mismas condiciones iniciando a partir del inciso c.
- f) Dejar sedimentar durante 3 horas o toda la noche.
- g) Aspirar el sobrenadante al máximo y depositar el sedimento en una botella de centrifuga de 250 ml, incluyendo de 2 a 3 enjuagues del recipiente de 8 litros.
- h) Centrifugar a 400 g por 3 minutos (1,400 - 2,000 rpm por 3 minutos, según la centrifuga).
- i) Decantar el sobrenadante por vacío (asegurarse de que exista la pastilla) y resuspender la pastilla en 150 ml de ZnSO_4 con una densidad de 1.3.
- j) Homogeneizar la pastilla con el agitador automático, o aplicador de madera.
- k) Centrifugar a 400 g por 3 minutos (1,400 - 2,000 rpm por 3 minutos).
- l) Recuperar el sobrenadante vertiéndolo en un frasco de 2 litros y diluir cuando menos en un litro de agua destilada.
- m) Dejar sedimentar 3 horas o toda la noche.
- n) Aspirar al máximo el sobrenadante por vacío y resuspender el sedimento agitando, verter el líquido resultante en 2 tubos de centrifuga de 50 ml y lavar de 2 a 3 veces con agua destilada el recipiente de 2 litros.
- ñ) Centrifugar a 480 g por 3 minutos (2,000 - 2,500 rpm por 3 minutos, según la centrifuga).
- o) Reagrupar las pastillas en un tubo de 50 ml y centrifugar a 480 g por minutos (2,000 - 2,500 rpm por 3 minutos).
- p) Resuspender la pastilla en 15 ml de solución de alcohol-ácido (H_2SO_4 0.1 N) + $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ a 33-35% y adicionar 10 ml de éter etílico.
- q) Agitar suavemente y abrir de vez en cuando los tubos para dejar escapar el gas (considerar que el éter es sumamente inflamable y tóxico).
- r) Centrifugar a 660 g por 3 minutos (2,500 - 3,000 rpm por 3 minutos, según la centrifuga).

- s) Aspirar al máximo el sobrenadante para dejar menos de 1 ml de líquido, homogeneizar la pastilla y proceder a cuantificar.
3. Identificación y cuantificación de la muestra
- a) Distribuir todo el sedimento en una celda de Sedgwick-Rafter o bien en una cámara de conteo de Doncaster.
- b) Realizar un barrido total al microscopio.

12. CÁLCULOS

- 1 Para determinar los rpm de la centrífuga utilizada, la fórmula es:

$$rpm = \sqrt{\frac{K \cdot g}{r}}$$

de modificador no especificado.

Donde:

- g:** fuerza relativa de centrifugación
K: constante cuyo valor es 89,456
r: radio de la centrífuga (spindle to the centre of the bracker) en cm

La fórmula para calcular g es:

$$g = \frac{r (rpm)^2}{K}$$

de modificador no especificado.

2. Para expresar los resultados en número de huevecillos por litro es importante tomar en cuenta el volumen y tipo de la muestra analizada.

13. FORMATO

No aplica.

14. BIBLIOGRAFÍA

1. APHA, AWWA, WPCF, 1992 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed., Washington.
2. CETESB, São Paulo, 1989 Helmintos e Protozoários Patogênicos Contagem de Ovos e Cistos em Amostras Ambientais.
3. Schwartzbrod, J., 1996 Traitement des Eaux Usees de Mexico en Vue d'une Reutilisation a des Fins Agricoles. Reunión de Expertos para el Análisis del Proyecto de Saneamiento del Valle de México. Instituto de Ingeniería UNAM, 86 p.

**SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS
NATURALES Y PESCA**

**NORMA OFICIAL MEXICANA
NOM-002-ECOL-1996**

**NORMA OFICIAL MEXICANA 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).**

JULIA CARABIAS LILLO, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 32 Bis fracciones I, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracción V, 6o, 7o. 8o. fracciones II, VII y XII, 36, 37, 37 Bis, 117, 118 fracción II, 119, 119 Bis, 121, 122, 123, 171 y 173 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 45, 46 y 47 fracciones III y IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, he tenido a bien expedir la siguiente Norma Oficial Mexicana 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; y

C O N S I D E R A N D O

Que con fecha 18 de octubre de

1993, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-031-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal. De conformidad con el Acuerdo mediante el cual se modifica la nomenclatura de 58 normas oficiales mexicanas en materia de protección ambiental publicado en el referido órgano informativo el 29 de noviembre de 1994, se cambió la nomenclatura de la norma en cuestión, quedando como norma oficial mexicana NOM-031-ECOL-1993.

Que durante la aplicación de la referida norma se detectaron algunos problemas de carácter técnico, por lo que se tuvo la necesidad de llevar a cabo un análisis de la misma por parte del Instituto Nacional de Ecología en

coordinación con la Comisión Nacional del Agua, autoridades locales y con los diversos sectores involucrados en su cumplimiento, llegándose a la conclusión de que era necesario reformular la norma en comento procediéndose a elaborar una nueva norma oficial mexicana que la sustituyera, tomando en consideración puntos de vista socio-económicos, la infraestructura existente de los sistemas de alcantarillado, la determinación de parámetros prioritarios, el tamaño de poblaciones y la compatibilidad con otras normas en la materia, y que las disposiciones establecidas sean operativas y su cumplimiento sea gradual y progresivo.

Que en cumplimiento a lo dispuesto en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas

de alcantarillado, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el 9 de enero de 1997, a fin de que los interesados en un plazo de 90 días naturales presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en avenida Revolución 1425, mezanine planta alta, colonia Tlacopac, Delegación Álvaro Obregón, código postal 01040, de esta ciudad.

Que durante el plazo a que se refiere el considerando anterior y de conformidad con lo dispuesto en el artículo 45 del ordenamiento legal citado, estuvieron a disposición del público los documentos a que se refiere dicho precepto.

Que de acuerdo con lo que disponen las fracciones II y III del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los comentarios presentados por los interesados fueron analizados en el seno del

citado Comité, realizándose las modificaciones procedentes a dicha Norma; las respuestas a los comentarios de referencia fueron publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el 3 de abril de 1998.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 9 de diciembre de 1997, aprobó la Norma Oficial Mexicana 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, por lo que he tenido a bien expedir la siguiente

NORMA OFICIAL MEXICANA 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.

Í N D I C E

1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias
3. Definiciones
4. Especificaciones
5. Métodos de prueba
6. Grado de concordancia con normas internacionales
7. Bibliografía
8. Observancia de esta norma
9. Transitorios
1. **OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta norma no se aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.

2. REFERENCIAS

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.

Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales - Muestreo, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 25 de marzo de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-004 Aguas - Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales - Método del cono Imhoff, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 15 de septiembre de 1977.

Norma Mexicana NMX-AA-005 Aguas - Determinación de grasas y aceites - Método de extracción soxhlet, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 8 de agosto de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-006 Aguas - Determinación de materia flotante - Método visual con malla específica, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 5 de diciembre

de 1973.

Norma Mexicana NMX-AA-007
Aguas- Determinación de la
temperatura - Método visual con
termómetro, publicada en el
Diario Oficial de la Federación
el 23 de julio de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-008
Aguas - Determinación de pH -
Método potenciométrico,
publicada en el **Diario Oficial de
la Federación** el 27 de octubre
de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-044
Aguas - Análisis de agua-
Determinación de Cromo
Hexavalente-Método
colorimétrico, publicada en el
Diario Oficial de la Federación el 6
de enero de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-046
Aguas - Determinación de
arsénico en agua- publicada en el
Diario Oficial de la Federación el

21 de abril de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-051
Aguas - Determinación de
metales - Método
espectrofotométrico de
absorción atómica, publicada en
el Diario Oficial de la Federación
el 22 de febrero de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-057
Aguas - Determinación de plomo
- Método colorimétrico de la
ditizona, publicada en el Diario
Oficial de la Federación el 29 de
septiembre de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-058
Aguas - Determinación de
cianuros - Método colorimétrico
y titulométrico, publicada en el
Diario Oficial de la Federación el
14 de diciembre de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-060
Aguas - Determinación de
cadmio - Método de la ditizona,
publicada en el Diario Oficial de

la Federación el 26 de abril de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-064
Aguas – Determinación de mercurio - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de marzo de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-066
Aguas – Determinación de cobre- Método de la neocuproína, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de marzo de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-076
Aguas – Determinación de níquel, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 4 de mayo de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-078
Aguas – Determinación de zinc, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de diciembre de 1982.

3. DEFINICIONES

3.1 Aguas pluviales

Aquellas que provienen de las lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y el granizo.

3.2 Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

3.3 Aguas residuales de proceso

Las resultantes de la producción de un bien o servicio comercializable.

3.4 Aguas residuales domésticas

Las provenientes del uso particular de las personas y del hogar.

3.5 Autoridad competente

Los Gobiernos de los Estados, del Distrito Federal, y de los Municipios, por sí o a través de sus organismos públicos que administren el agua.

3.6 Condiciones particulares para descargas al alcantarillado urbano o municipal

El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus límites máximos permisibles en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, establecidos por la autoridad competente, previo estudio técnico correspondiente, con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas.

3.7 Contaminantes

Son aquellos parámetros o compuestos que, en determinadas concentraciones, pueden producir efectos negativos en la salud humana y en el medio ambiente, dañar la infraestructura hidráulica o inhibir los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

3.8 Descarga

Acción de verter aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

3.9 Instantáneo

Es el valor que resulta del análisis de laboratorio a una muestra de agua residual tomada de manera aleatoria o al azar en la descarga.

3.10 Límite máximo permisible

Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales.

3.11 Muestra compuesta

La que resulta de mezclar el número de muestras simples, según lo indicado en la especificación 4.10 de esta Norma Oficial Mexicana.

3.12 Muestra simple

La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, el volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento del muestreo.

3.13 Parámetro

Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.

3.14 Promedio diario (P.D)

Es el valor que resulta del análisis de una muestra compuesta, tomada en un día representativo del proceso generador de la descarga.

3.15 Promedio mensual (P.M.)

Es el valor que resulte de calcular el promedio ponderado en función del caudal de los valores que resulten del análisis de laboratorio practicados al menos a dos muestras compuestas, tomadas en días representativos de la descarga en un período de un mes.

3.16 Punto de descarga

Es el sitio seleccionado para la toma de muestras, en el que se

garantiza que fluye la totalidad de las aguas residuales de la descarga.

3.17 Sistema de alcantarillado urbano o municipal

Es el conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de un servicio público de alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiendo como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales.

4. ESPECIFICACIONES

4.1 Los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, no deben ser superiores a los indicados en la Tabla 1. Para las grasas y aceites es el promedio ponderado en función del caudal, resultante de los análisis practicados a cada una de las muestras simples.

Tabla 1

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES			
PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique otra)	Promedio Mensual	Promedio Diario	Instantáneo

Grasas y Aceites	50	75	100
Sólidos Sedimentables (mililitros por litro)	5	7.5	10
Arsénico total	0.5	0.75	1
Cadmio total	0.5	0.75	1
Cianuro total	1	1.5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0.5	0.75	1
Mercurio total	0.01	0.015	0.02
Níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1.5	2
Zinc total	6	9	12

4.2 Los límites máximos permisibles establecidos en la columna instantáneo, son únicamente valores de referencia, en el caso de que el valor de cualquier análisis exceda el instantáneo, el responsable de la descarga queda obligado a presentar a la autoridad competente en el tiempo y forma que establezcan los ordenamientos legales locales, los promedios diario y mensual, así como los resultados de laboratorio de los análisis que los respaldan.

4.3 El rango permisible de pH (potencial hidrógeno) en las descargas de aguas residuales es

de 10 (diez) y 5.5 (cinco punto cinco) unidades, determinado para cada una de las muestras simples. Las unidades de pH no deberán estar fuera del intervalo permisible, en ninguna de las muestras simples.

4.4 El límite máximo permisible de la temperatura es de 40 °C. (cuarenta Grados Celsius), medida en forma instantánea a cada una de las muestras simples. Se permitirá descargar con temperaturas mayores, siempre y cuando se demuestre a la autoridad competente por medio de un estudio sustentado, que no dañe al sistema del mismo.

4.5. La materia flotante debe estar ausente en las descargas de aguas residuales, de acuerdo al método de prueba establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-006, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

4.6. Los límites máximos permisibles para los parámetros demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales, que debe cumplir el responsable de la descarga a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, son los establecidos en la Tabla 2 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 referida en el punto 2 de esta norma, o a las condiciones particulares de descarga que corresponde cumplir a la descarga municipal.

4.7. El responsable de la descarga de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal que no dé cumplimiento a lo establecido en el punto 4.6, podrá optar por remover la demanda bioquímica de oxígeno y sólidos

suspendidos totales, mediante el tratamiento conjunto de las aguas residuales en la planta municipal, para lo cual deberá de:

- a) Presentar a la autoridad competente un estudio de viabilidad que asegure que no se generará un perjuicio al sistema de alcantarillado urbano o municipal.
- b) Sufragar los costos de inversión, cuando así se requiera, así como los de operación y mantenimiento que le correspondan de acuerdo con su caudal y carga contaminante de conformidad con los ordenamientos jurídicos locales aplicables.

4.8. No se deben descargar o depositar en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, materiales o residuos considerados peligrosos, conforme a la regulación vigente en la materia.

4.9 La autoridad competente podrá fijar condiciones particulares de descarga a los responsables de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado, de manera individual o colectiva, que establezcan lo siguiente:

- c)** Nuevos límites máximos permisibles de descarga de contaminantes.
- d)** Límites máximos permisibles para parámetros adicionales no contemplados en esta Norma.

Dicha acción deberá estar

justificada por medio de un estudio técnicamente sustentado presentado por la autoridad competente o por los responsables de la descarga.

4.10 Los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal a que se refiere esta norma, se obtendrán de análisis de muestras compuestas, que resulten de la mezcla de las muestras simples, tomadas éstas en volúmenes proporcionales al caudal medido en el sitio y en el momento del muestreo, de acuerdo con la Tabla 2.

Tabla 2
FRECUENCIA DE MUESTREO

HORAS POR DÍA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NÚMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO MÁXIMO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MÍNIMO	MÁXIMO

Menor que 4	Mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples debe ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$VMSi = VMC \times \frac{Qi}{Qt}$$

Donde:

VMSi = volumen de cada una de las muestras simples "i", litros.

VMC = volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos, litros.

Qi = caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.

Qt = $\sum Qi$ hasta Qn, litros por segundo

En el caso de que en el período de operación del proceso o realización de la actividad generadora de la descarga, ésta no se presente en forma continua, el responsable de dicha descarga deberá presentar a consideración de la autoridad competente la información en la que se describa su régimen de operación y el programa de muestreo para la medición de los contaminantes.

4.11 Los responsables de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal deben cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma, en las fechas establecidas

en la Tabla 3. De esta manera, el cumplimiento es gradual y progresivo, conforme al rango de población, tomando como referencia el XI Censo General de Población y Vivienda, 1990.

Tabla 3

FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE:	RANGO DE POBLACIÓN
1° de enero de 1999	mayor de 50,000 habitantes
1° de enero de 2004	de 20,001 a 50,000 habitantes
1° de enero de 2009	de 2,501 a 20,000 habitantes

4.12 Las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 3 de esta Norma, para el o los responsables de descargas individuales o colectivas, pueden ser modificadas por la autoridad competente, cuando:

a) El sistema de alcantarillado urbano o municipal cuente con una o varias plantas de tratamiento en operación y la o las descargas causen efectos nocivos a la misma, el responsable de la descarga queda obligado a

presentar a la autoridad competente en un plazo no mayor de 180 (ciento ochenta) días a partir de la fecha de publicación de esta norma, un programa de acciones en el cual se establezca en tiempo y forma el cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana

b) La autoridad competente, previo a la publicación de esta norma, haya suscrito formalmente compromisos financieros y contractuales

para construir y operar la o las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales

c) La Comisión Nacional del Agua oficialmente establezca emergencias hidroecológicas o prioridades en materia de saneamiento, y en consecuencia se modifique la fecha de cumplimiento establecida en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, referida en el punto 2 de esta norma, para su descarga correspondiente.

d) Exista previo a la publicación de esta norma, reglamentación estatal o municipal que establezca fechas de cumplimiento para los responsables de las descargas a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

4.13 Cuando la autoridad competente determine

modificar las fechas de cumplimiento, deberá notificarlo a los responsables de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, conforme a los procedimientos legales locales correspondientes.

4.14 Los responsables de las descargas tienen la obligación de realizar los análisis técnicos de las descargas de aguas residuales, con la finalidad de determinar el promedio diario o el promedio mensual, analizando los parámetros señalados en la Tabla 1 de la presente Norma Oficial Mexicana. Asimismo, deben conservar sus registros de análisis técnicos por lo menos durante tres años posteriores a la toma de muestras.

4.15 El responsable de la descarga podrá quedar exento de realizar el análisis de alguno o varios de los parámetros que se señalan en esta Norma, cuando demuestre a la autoridad competente que, por las características del proceso

productivo, actividades que desarrolla o el uso que le dé al agua, no genera o concentra los contaminantes a exentar, manifestándolo ante la autoridad competente, por escrito y bajo protesta de decir verdad. La autoridad competente podrá verificar la veracidad de lo manifestado por el responsable. En caso de falsedad, el responsable quedará sujeto a lo dispuesto en los ordenamientos legales locales aplicables.

4.16 El responsable de la descarga, en los términos que lo establezca la legislación local, queda obligado a informar a la autoridad competente, de cualquier cambio en sus procesos productivos o actividades, cuando con ello modifique la calidad o el volumen del agua residual que le fueron autorizados en el permiso de descarga correspondiente.

4.17 El responsable de la descarga de aguas residuales que, como consecuencia de implantar o haber implantado un programa de uso eficiente y/o reciclaje del agua en sus

procesos productivos, concentre los contaminantes en su descarga, y en consecuencia rebase los límites máximos permisibles establecidos en la presente Norma, deberá solicitar ante la autoridad competente se analice su caso particular, a fin de que ésta le fije condiciones particulares de descarga

4.18 En el caso de que el agua de abastecimiento registre alguna concentración promedio diario o mensual de los parámetros referidos en el punto 4.1 de esta Norma, la suma de esta concentración al límite máximo permisible correspondiente, es el valor que el responsable de la descarga está obligado a cumplir, siempre y cuando lo demuestre y notifique por escrito a la autoridad competente.

5. MÉTODOS DE PRUEBA

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, se pueden aplicar los métodos de prueba referidos en las normas

mexicanas señaladas en el punto 2 de esta Norma. El responsable de la descarga puede solicitar a la autoridad competente, la aprobación de métodos alternos. En caso de aprobarse, dichos métodos quedarán autorizados para otros responsables de descarga en situaciones similares

6. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.

No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1 APHA, AWWA, WPCF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. USA. (Métodos normalizados para el análisis del agua y

aguas residuales. 19ª Edición. E.U.A.).

7.2 Code of Federal Regulations. Title 40. Parts 100 to 149; 400 to 424; and 425 to 629. Protection of Environment 1992 . USA. (Código de Normas Federales. Título 40. Partes 100 a 149; 400 a 424; y 425 a 629. Protección al Ambiente 1993. E.U.A.)

7.3 Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, 1988. Gordon M. Fair, John Ch. Geyer, Limusa, México.

7.4 Industrial Water Pollution Control, 1989. 2nd Edition. USA. (Control de la contaminación industrial del agua Eckenfelder W.W. Jr. 2ª Edition Mcgraw-Hill International Editions. E.U.A.)

7.5 Manual de Agua para Usos Industriales, 1988. Sheppard T. Powell. Ediciones Ciencia y Técnica, S.A. 1ª edición. Volúmenes 1 al 4. México.

- 7.6** Manual de Agua, 1989. Frank N. Kemmer, John McCallion Ed. Mcgraw-Hill. Volúmenes 1 al 3. México.
- 7.7** U.S.E.P.A. Development Document for Effluent Limitation Guidelines And New Source Performance Standard For The 1974 (Documento de Desarrollo de La U.S.E.P.A. para guías de límites de efluentes y estándares de evaluación de nuevas fuentes para 1974).
- 7.8** Water Treatment Chemicals. An Industrial Guide, 1991. (Tratamiento químico del agua. Una guía industrial) Flick, Ernest W. Noyes Publications. E.U.A.
- 7.9** Water Treatment Handbook, 1991. (Manual de tratamiento de agua. Degremont 6ª Edición Vol. I Y II. E.U.A.)
- 7.10** Wastewater Engineering Treatment. Disposal, Reuse, 1991. 3ª Edition. USA. (Ingeniería en el tratamiento de aguas residuales. Disposición y reuso. Metcalf And Eddy. Mcgraw-Hill International Editions. 3ª Edición. E.U.A.)
- 7.11** Estudio de Factibilidad del Saneamiento del Valle de México. Informe Final. Dic. 1995. Comisión Nacional del Agua, Departamento del Distrito Federal, Estado de Hidalgo y Estado de México.
- 7.12** Guía Para el Manejo, Tratamiento y Disposición de Lodos Residuales de Plantas de Tratamiento Municipales. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana e Industrial. México, 1994.
- 7.13** Sistemas Alternativos de Tratamiento de Aguas Residuales y Lodos Producidos. Comisión

Nacional del Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana e Industrial. México, 1994.

7.14 Impact of Wastewater Reuse on Groundwater In The Mezquital Valley, Hidalgo State, Mexico. Overseas Development Administration. Phase 1, Report - February 1995. (Impacto del reuso de las aguas residuales en aguas subterráneas, en el Valle del Mezquital, Estado de Hidalgo, México. Administración para el Desarrollo Exterior. Fase 1, Informe Febrero 1995).

7.15 Evaluación de la Toxicidad de Descargas Municipales. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Noviembre de 1993.

7.16 Proyecto de Normatividad Integral para Mejorar la Calidad del Agua en México. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995-1996.

7.17 Estudio de Disponibilidad de Agua en México en Función del Uso, Calidad y Cantidad. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995.

7.18 Cost - Effective Water Pollution Control in The Northern Border Of Mexico. Institute For Applied Environmental Economics (Tme), 1995. (Costo-efectividad del Control de la Contaminación del Agua en la Frontera Norte de México. Instituto de la Economía Ambiental Aplicada-1995).

7.19 XI Censo General de Población y Vivienda. INEGI / CONAPO 1990

7.20 Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. SEDUE. México, D.F. 1989.

7.21 Catálogo Oficial de Plaguicidas Control Intersectorial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias

Tóxicas. SARH, SEDESOL, SSA y SECOFI. México, D.F. 1994.

7.22 Indicadores

Socioeconómicos e Índice de Marginación Municipal 1990. CONAPO/CNA

7.23 Bases para el Manejo Integral de la Cantidad y Calidad del Agua en México. Instituto de Ingeniería, UNAM. 1995.

7.24 Administración de las Aguas Residuales en Zonas Urbanas Costeras. Reporte 1993. EUA. Comité Sobre el Manejo de las Aguas Residuales en Zonas Urbanas Costeras. Consejo de Ciencia y Tecnología sobre Agua. Comisión de Sistemas Técnicos e Ingeniería. Consejo Nacional de Investigación.

7.25 NMX - AA - 087 - 1995 - SCFI. Análisis de Agua.- Evaluación de Toxicidad Aguda con *Daphnia Magna* Straus (Crustacea-

Cladocera).- Método de Prueba).

7.26 NMX - AA - 110 - 1995 - SCFI. Análisis de Agua.- Evaluación de Toxicidad aguda con *Artemia Franciscana* Kellogs (Crustacea-Anostraca).- Método de Prueba.

7.27 NMX - AA - 112 - 1995 - SCFI. Análisis de Agua y Sedimento.- Evaluación de Toxicidad aguda con *Photobacterium Phosphoreum*.- Método de Prueba.

7.28 Operation of Wastewater Treatment Plants.-Manual of Practice No. 11.-Second Printing 1985. Water Pollution Control Federation. Washington, D.C. (Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.- Manual de Prácticas No. 11.- Segunda Edición 1985). Federación del Control de la Contaminación del Agua).

8. OBSERVANCIA DE ESTA NORMA

8.1. La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a los Gobiernos Estatales, Municipales y del Distrito Federal, en el ámbito de sus respectivas competencias, cuyo personal realizará los trabajos de verificación, inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

8.2. La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

La presente Norma Oficial Mexicana abroga a su similar NOM-CCA-031-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de

servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993.

T R A N S I T O R I O S

PRIMERO.- A partir de la fecha de entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996, el responsable de la descarga a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal que cuente con planta de tratamiento de aguas residuales está obligado a operar y mantener dicha infraestructura de saneamiento, cuando su descarga no cumpla con los límites máximos permisibles de esta Norma.

En el caso de que la calidad de la descarga que se obtenga con dicha infraestructura no cumpla con los límites máximos permisibles de esta norma, el responsable de la descarga debe presentar a la autoridad competente su programa de

acciones u obras a realizar para cumplir en las fechas establecidas en el punto 4.11 de esta Norma, según le corresponda.

SEGUNDO.- Las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 3 de esta Norma Oficial Mexicana, no serán aplicables, cuando se trate de instalaciones nuevas o de incrementos en la capacidad o ampliación de las instalaciones existentes en fecha posterior a la entrada en vigor del presente instrumento, el responsable de la descarga deberá cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana, en un período no mayor de 180 (ciento ochenta) días naturales posteriores al inicio de la actividad u operación del proceso generador, debiendo notificar a la autoridad competente dicha fecha.

TERCERO.- En tanto se alcanzan las fechas de cumplimiento establecidos en la Tabla 3 y en el caso de que las descargas a los

sistemas de alcantarillado urbano o municipal contengan concentraciones de contaminantes superiores a los límites máximos permisibles establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana, el responsable de la descarga no podrá descargar concentraciones de contaminantes mayores a las que descargó durante los últimos tres años, de acuerdo con sus registros y los informes presentados ante la autoridad competente.

México., Distrito Federal, a los
seis días del mes de abril de mil
novecientos noventa y ocho.

**LA SECRETARIA DE MEDIO
AMBIENTE, RECURSOS
NATURALES Y PESCA**

JULIA CARABIAS LILLO

**06 DE ABRIL DE 1998
13:05 HORAS**

**SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS
NATURALES Y PESCA**

NORMA OFICIAL MEXICANA

NOM-003-ECOL-1997

**QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS
QUE SE REUSEN EN SERVICIOS AL PÚBLICO.**

(Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de septiembre de 1998)

**NORMA OFICIAL MEXICANA
NOM-003-ECOL-1997, QUE
ESTABLECE LOS LÍMITES
MÁXIMOS PERMISIBLES DE
CONTAMINANTES PARA LAS
AGUAS RESIDUALES TRATADAS
QUE SE REUSEN EN SERVICIOS
AL PÚBLICO.**

JULIA CARABIAS LILLO,
Secretaría de Medio Ambiente,
Recursos Naturales y Pesca,
con fundamento en lo
dispuesto en los artículos 32
Bis fracciones I, IV y V de la Ley
Orgánica de la Administración
Pública Federal; 5° fracciones V
y XI, 6o, 36, 37, 37 Bis, 117, 118
fracción I, 119, 121, 126, 171 y
173 la Ley General del
Equilibrio Ecológico y la
Protección al Ambiente; 118
fracción III y 122 de la Ley
General de Salud; 38 fracción II,
40 fracción X, 41, 45, 46 y 47
fracciones III y IV de la Ley
Federal sobre Metrología y
Normalización, y

C O N S I D E R A N D O
Que en cumplimiento a lo

dispuesto en la fracción I del
artículo 47 de la Ley Federal
sobre Metrología y
Normalización, el Proyecto de
Norma Oficial Mexicana NOM-
003-ECOL-1997, Que establece los
límites máximos permisibles de
contaminantes para las aguas
residuales tratadas que se
reusen en servicios al público, se
publicó en el **Diario Oficial de
la Federación** el 14 de enero de
1998, a fin de que los
interesados en un plazo de 60
días naturales presentaran sus
comentarios al Comité
Consultivo Nacional de
Normalización para la
Protección Ambiental, sito en
avenida Revolución 1425,
Mezaninne planta alta, colonia
Tlacopac, Delegación Álvaro
Obregón, código postal 01040,
de esta ciudad.

Que durante el plazo a que se
refiere el considerando anterior
y de conformidad con lo
dispuesto en el artículo 45 del
ordenamiento legal citado,
estuvieron a disposición del
público los documentos a que
se refiere dicho precepto.

Que de acuerdo con lo que
disponen las fracciones II y III del

artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los comentarios presentados por los interesados fueron analizados en el seno del citado Comité, realizándose las modificaciones procedentes a dicha Norma; las respuestas a los comentarios de referencia fueron publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de agosto de 1998.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 22 de abril de 1998, aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público, por lo que he tenido a bien expedir la siguiente

**NORMA OFICIAL MEXICANA
NOM-003-ECOL-1997, QUE
ESTABLECE LOS LÍMITES**

MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS QUE SE REUSEN EN SERVICIOS AL PÚBLICO.

Í N D I C E

1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias
3. Definiciones
4. Especificaciones
5. Muestreo
6. Métodos de prueba
7. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales y con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración.
8. Bibliografía
9. Observancia de esta Norma

de la Federación el 25 de marzo de 1980.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reuso.

En el caso de que el servicio al público se realice por terceros, éstos serán responsables del cumplimiento de la presente Norma, desde la producción del agua tratada hasta su reuso o entrega, incluyendo la conducción o transporte de la misma.

2. REFERENCIAS

Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales-Muestreo, publicada en el **Diario Oficial**

Norma Mexicana NMX-AA-005 Aguas-Determinación de grasas y aceites-Método de extracción solhlet, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 8 de agosto de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-006 Aguas-Determinación de materia flotante-Método visual con malla específica, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 5 de diciembre de 1973.

Norma Mexicana NMX-AA-028 Aguas-Determinación de demanda bioquímica de oxígeno.- Método de incubación por diluciones, publicada en **Diario Oficial de la Federación** el 6 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-034 Aguas-Determinación de sólidos en agua.- Método gravimétrico, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 3 de julio de 1981.

el 30 de abril de 1997.

Norma Mexicana NMX-AA-42 Aguas -Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales. - Método de tubos múltiples de fermentación, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de junio de 1987.

Norma Mexicana NMX-AA-102-1987 Calidad del Agua-Detección y enumeración de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* presuntiva.-Método de filtración en membrana, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 28 de agosto de 1987.

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 y su aclaración, publicada en el citado Órgano Informativo

3. DEFINICIONES

3.1 Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

3.2 Aguas crudas

Son las aguas residuales sin tratamiento.

3.3 Aguas residuales tratadas

Son aquéllas que mediante procesos individuales o combinados de tipo físicos, químicos, biológicos u otros, se han adecuado para hacerlas aptas para su reuso en servicios

al público.

3.4 Contaminantes básicos

Son aquellos compuestos o parámetros que pueden ser removidos o estabilizados mediante procesos convencionales. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, demanda bioquímica de oxígenos y sólidos suspendidos totales.

3.5 Contaminantes patógenos y parasitarios

Son los microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los coliformes fecales medidos como NMP o UFC/100 ml (número más probable o unidades formadoras de colonias por

cada 100 mililitros) y los huevos de helminto medidos como h/l (huevos por litro).

3.6 Entidad pública.

Los Gobiernos de los Estados, del Distrito Federal, y de los Municipios, por sí o a través de sus organismos públicos que administren el agua.

3.7 Lago artificial recreativo

Es el vaso de formación artificial alimentado con aguas residuales tratadas con acceso al público para paseos en lancha, prácticas de remo y canotaje donde el usuario tenga contacto directo con el agua.

3.8 Lago artificial no recreativo

Es el vaso de formación artificial alimentado con aguas residuales tratadas que sirve únicamente de ornato, como lagos en campos de golf y parques a los que no tiene acceso el público.

3.9 Límite máximo permisible

Valor o rango asignado a un parámetro, que no debe ser excedido por el responsable del suministro de agua residual tratada.

3.10 Promedio mensual (P.M.)

Es el valor que resulta del promedio de los resultados de los análisis practicados a por lo menos dos muestras simples en un mes.

Para los coliformes fecales es la media geométrica; y para los huevos de helminto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales, metales pesados y cianuros y grasas y aceites, es la media aritmética.

3.11 Reuso en servicios al público con contacto directo

Es el que se destina a actividades donde el público usuario esté expuesto

directamente o en contacto físico. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana se consideran los siguientes reusos: llenado de lagos y canales artificiales recreativos con paseos en lancha, remo, canotaje y esquí; fuentes de ornato, lavado de vehículos, riego de parques y jardines.

3.12 Reuso en servicios al público con contacto indirecto u ocasional

Es el que se destina a actividades donde el público en general esté expuesto indirectamente o en contacto físico incidental y que su acceso es restringido, ya sea por barreras físicas o personal de vigilancia. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana se consideran los siguientes reusos: riego de jardines y camellones en autopistas; camellones en avenidas; fuentes de ornato, campos de golf, abastecimiento de hidrantes de sistemas contra incendio, lagos artificiales no

recreativos, barreras hidráulicas de seguridad y panteones.

4. ESPECIFICACIONES

4.1 Los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas son los establecidos en la Tabla 1 de esta Norma Oficial Mexicana.

T A B L A 1
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES

TIPO DE REUSO	PROMEDIO MENSUAL				
	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Huevos de Helminto (h/l)	Grasas y Aceites mg/l	DBO ₅ mg/l	SST mg/l
SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	≤ 1	15	20	20
SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL	1,000	≤ 5	15	30	30

4.2 La materia flotante debe estar ausente en el agua residual tratada, de acuerdo al método de prueba establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-006, referida en el punto 2 de

esta Norma Oficial Mexicana.

4.3 El agua residual tratada reusada en servicios al público no deberá contener

concentraciones de metales pesados y cianuros mayores a los límites máximos permisibles establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con uso en riego agrícola de la Tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, referida en el punto 2 de esta Norma.

4.4 Las entidades públicas responsables del tratamiento de las aguas residuales que reusen en servicios al público, tienen la obligación de realizar el monitoreo de las aguas tratadas en los términos de la presente Norma Oficial Mexicana y de conservar al menos durante los últimos tres años los registros de la información resultante del muestreo y análisis, al momento en que la información sea requerida por la autoridad competente.

5. MUESTREO

Los responsables del tratamiento y reuso de las aguas residuales tratadas, tienen la obligación de realizar los muestreos como se establece en la Norma Mexicana NMX-AA-003, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana. La periodicidad y número de muestras será:

5.1 Para los coliformes fecales, materia flotante, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales y grasa y aceites, al menos 4 (cuatro) muestras simples tomadas en días representativos mensualmente.

5.2 Para los huevos de helminto, al menos 2 (dos) muestras compuestas tomadas en días representativos mensualmente.

5.3 Para los metales pesados y cianuros, al menos 2 (dos) muestras simples tomadas

en días representativos
anualmente.

6. MÉTODOS DE PRUEBA

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, se deben aplicar los métodos de prueba indicados en las Normas Mexicanas a que se refiere el punto 2 de esta Norma. Para coliformes fecales, el responsable del tratamiento y reuso del agua residual, podrá realizar los análisis de laboratorio de acuerdo con la NMX-AA-102-1987, siempre y cuando demuestre a la autoridad competente que los resultados de las pruebas guardan una estrecha correlación o son equivalentes a los obtenidos mediante el método de tubos múltiples que se establece en la NMX-AA-42-1987. El responsable del tratamiento y reuso del agua residual puede solicitar a la

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, la aprobación de métodos de prueba alternos. En caso de aprobarse, éstos pueden ser aplicados por otros responsables en situaciones similares. Para la determinación de huevos de helminto se deben aplicar las técnicas de análisis que se señalan en el anexo 1 de esta Norma.

7. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y LINEAMIENTOS INTERNACIONALES Y CON LAS NORMAS MEXICANAS TOMADAS COMO BASE PARA SU ELABORACIÓN

7.1 No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y

científicos reconocidos internacionalmente; tampoco existen normas mexicanas que hayan servido de base para su elaboración.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 8.1** APHA, AWWA, WPCF, 1994. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 19th Edition. U.S.A. (Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales 19a. Edición. E.U.A.)
- 8.2** Code of Federal Regulations 40. Protection of Environmental 1992. (Código de Normas Federales 40. Protección al Ambiente) E.U.A.
- 8.3** Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, 1988. Gordon M. Fair, John Ch. Gery, Limusa, México.
- 8.4** Manual de agua, 1989. Frank N. Kemmer, John McCallion Ed. McGraw-Hill. Volúmenes 1 al 3. México.
- 8.5** Development Document for Effluent Limitation Guidelines and New Source Performance Standard for the 1974. (Documento de desarrollo de la U.S.E.P.A. para guías de límites de efluentes y estándares de evaluación de nuevas fuentes para 1974).
- 8.6** Water Treatment Handbook, 1991. Degremont 6th Edition Vol. I y II. U.S.A. (Manual de tratamiento de agua 1991) 6a. Edición Vol. I y II. E.U.A.
- 8.7** Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse, 1991. 3rd. Edition. U.S.A. (Ingeniería en el tratamiento de aguas residuales. Disposición y

reuso) Metcalf and Eddy. McGraw-Hill International Editions. 3a. Edición. E.U.A.

8.8 Municipal Wastewater Reuse-Selected Readings on Water Reuse - United States Environmental Protection Agency - EPA 430/09-91-022 September, 1991. (Reuso de aguas residuales municipales-lecturas selectivas sobre el reuso del agua-Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América- EPA 430/09-91-022 septiembre 1991).

9. OBSERVANCIA DE ESTA NORMA

9.1 La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través de la Comisión Nacional del Agua, y a la Secretaría de Salud, en el

ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General de Salud y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

9.2 La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**. Las plantas de tratamiento de aguas residuales referidas en esta Norma que antes de su entrada en vigor ya estuvieran en servicio y que no cumplan con los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en ella, tendrán un plazo de un año para cumplir con los lineamientos establecidos en la presente Norma.

México, Distrito Federal, a los diecisiete días del mes de julio de mil novecientos noventa y ocho.

**LA SECRETARIA DE MEDIO
AMBIENTE RECURSOS
NATURALES Y PESCA.**

JULIA CARABIAS LILO

A N E X O 1

TÉCNICA PARA LA DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE HUEVOS DE HELMINTO

1. OBJETIVO

Determinar y cuantificar huevos de helminto en lodos, afluentes y efluentes tratados.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Es aplicable para la cuantificación de huevos de helminto en muestras de lodos, afluentes y efluentes de plantas de tratamiento.

3. DEFINICIONES

3.1 Helminto: término designado a un amplio grupo de organismos que incluye a todos los gusanos parásitos (de humanos, animales y vegetales) y

de vida libre, con formas y tamaños variados.

3.2 Platyhelminetos: gusano dorsoventralmente aplanado, algunos de interés médico son: *Taenia solium*, *Hymenolepis nana* e *Il. diminuta*, entre otros.

3.3 Nematelminetos: gusanos de cuerpo alargado y forma cilíndrica. Algunas especies enteroparásitas de humanos y animales son: *Ascaris lumbricoides*, *Toxocara canis*, *Enterobius vermicularis* y *Trichuris trichiura*, entre otros.

3.4 Método difásico: técnica de concentración que utiliza la combinación de dos reactivos no miscibles y donde las partículas (huevos, detritus), se orientan en función de su balance hidrofílico-lipofílico.

3.5 Método de flotación: técnica de concentración donde las partículas de interés permanecen en la superficie de

soluciones cuya densidad es mayor. Por ejemplo la densidad de huevos de helminto se encuentra entre 1.05 a 1.18, mientras que los líquidos de flotación se sitúan entre 1.1 a 1.4.

4. FUNDAMENTO

Utiliza la combinación de los principios del método difásico y del método de flotación, obteniendo un rendimiento de un 90%, a partir de muestras artificiales contaminadas con huevos de helminto de Ascaris.

5. EQUIPO

Centrífuga: Con intervalos de operación de 1000 a 2500 revoluciones por minuto

Períodos de operación de 1 a 3 minutos

Temperatura de operación 20 a 28 °C

Bomba de vacío: Adaptada para

control de velocidad de succión
1/3 hp

Microscopio óptico: Con iluminación Köhler
Aumentos de 10 a 100X; Platina móvil; Sistema de microfotografía

Agitador de tubos: Automático
Adaptable con control de velocidad

Parrilla eléctrica: Con agitación

Hidrómetro: Con intervalo de medición de 1.1 a 1.4 g/cm³

Temperatura de operación: 0 a 4 °C

*

6. REACTIVOS

- Sulfato de zinc heptahidratado
- Acido sulfúrico
- Eter etílico
- Etanol
- Agua destilada
- Formaldehído

6.1 Solución de sulfato de zinc, gravedad

específica de 1.3

- Fórmula
- Sulfato de zinc 800 g
- Agua destilada 1,000 ml

PREPARACIÓN

Disolver 800 g de sulfato de zinc en 1,000 ml de agua destilada y agitar en la parrilla eléctrica hasta homogeneizar, medir la densidad con hidrómetro. Para lograr la densidad deseada agregar reactivo o agua según sea el caso.

6.2 Solución de alcohol-ácido

- Fórmula
- Acido sulfúrico 0.1 N 650 ml
- Etanol 350 ml

PREPARACIÓN

Homogeneizar 650 ml del ácido sulfúrico al 0.1 N, con 350 ml del etanol para obtener un litro de

la solución alcohol-ácida. Almacenarla en recipiente hermético.

7. MATERIAL

- Garrafones de 8 litros
- Tamiz de 160 mm (micras) de poro
- Probetas graduadas (1 litro y 50 ml)
- Gradillas para tubos de centrífuga de 50 ml
- Pipetas de 10 ml de plástico
- Aplicadores de madera
- Recipientes de plástico de 2 litros
- Guantes de plástico
- Vasos de precipitado de 1 litro
- Bulbo de goma
- Magneto
- Cámara de conteo Doncaster
- Celda Sedgwich-Rafter

8. CONDICIONES DE LA

MUESTRA

- 1** Se transportarán al laboratorio en hieleras con bolsas refrigerantes o bolsas de hielo.
- 2** Los tiempos de conservación en refrigeración y transporte deben reducirse al mínimo
- 3** Si no es posible refrigerar la muestra líquida, debe fijarse con 10 ml de formaldehído al 4% o procesarse dentro de las 48 horas de su toma.
- 4** Una muestra sólida debe refrigerarse y procesarse en el menor tiempo posible.

9. INTERFERENCIAS

La sobreposición de estructuras y/o del detritus

no eliminado en el sedimento, puede dificultar su lectura, en especial cuando se trata de muestras de lodo. En tal caso, es importante dividir el volumen en alícuotas que se consideren adecuadas.

10. PRECAUCIONES

- 1** Durante el procesado de la muestra, el analista debe utilizar guantes de plástico para evitar riesgo de infección.
- 2** Lavar y desinfectar el área de trabajo, así como el material utilizado por el analista.

11. PROCEDIMIENTO

- 1** Muestreo
 - a)** Preparar recipientes de 8 litros, desinfectándolos con cloro, enjuagándolos

con agua potable a chorro y con agua destilada.

- b)** Tomar 5 litros de la muestra (ya sea del afluente o efluente).
- c)** En el caso de que la muestra se trate de lodo, preparar en las mismas condiciones recipientes de plástico de 1 litro con boca ancha.
- d)** Tomar X gramos de materia fresca (húmeda) que corresponda a 10 g de materia seca.

2 Concentrado y centrifugado de la muestra

- a)** La muestra se deja sedimentar durante 3 horas o toda la noche.
- b)** El sobrenadante se aspira por vacío sin agitar el sedimento.
- c)** Filtrar el sedimento sobre un tamiz de 160 μ m (micras), enjuagando

también el recipiente donde se encontraba originalmente la muestra y lavar enseguida con 5 litros de agua (potable o destilada).

- d)** Recibir el filtrado en los mismos recipientes de 8 litros.
- e)** En caso de tratarse de lodos, la muestra se filtrará y enjuagará en las mismas condiciones iniciando a partir del inciso c.
- f)** Dejar sedimentar durante 3 horas o toda la noche.
- g)** Aspirar el sobrenadante al máximo y depositar el sedimento en una botella de centrífuga de 250 ml, incluyendo de 2 a 3 enjuagues del recipiente de 8 litros.
- h)** Centrifugar a 400 g por 3 minutos (1,400 - 2,000 rpm por 3 minutos, según la centrífuga).

- i)** Decantar el sobrenadante por vacío (asegurarse de que exista la pastilla) y resuspender la pastilla en 150 ml de $ZnSO_4$ con una densidad de 1.3.
- j)** Homogeneizar la pastilla con el agitador automático, o aplicador de madera.
- k)** Centrifugar a 400 g por 3 minutos (1,400 - 2,000 rpm por 3 minutos).
- l)** Recuperar el sobrenadante virtiéndolo en un frasco de 2 litros y diluir cuando menos en un litro de agua destilada.
- m)** Dejar sedimentar 3 horas o toda la noche.
- n)** Aspirar al máximo el sobrenadante por vacío y resuspender el sedimento agitando, vertir el líquido resultante en 2 tubos de centrifuga de 50 ml y lavar de 2 a 3 veces con agua destilada el recipiente de 2 litros.
- o)** Centrifugar a 480 g por 3 minutos (2,000 - 2,500 rpm por 3 minutos, según la centrifuga).
- p)** Reagrupar las pastillas en un tubo de 50 ml y centrifugar a 480 g por minutos (2,000 - 2,500 rpm por 3 minutos).
- q)** Resuspender la pastilla en 15 ml de solución de alcohol-ácido (H_2SO_4 0.1 N) + C_2H_5OH a 33-35% y adicionar 10 ml de éter etílico.
- r)** Agitar suavemente y abrir de vez en cuando los tubos para dejar escapar el gas (considerar que el éter es sumamente inflamable y tóxico).
- s)** Centrifugar a 660 g por 3 minutos (2,500 - 3,000 rpm por 3 minutos, según la centrifuga).
- t)** Aspirar al máximo el

sobrenadante para dejar menos de 1 ml de líquido, homogeneizar la pastilla y proceder a cuantificar.

3 Identificación y Cuantificación de la Muestra

a) Distribuir todo el sedimento en una celda de Sedgwich-Rafter o bien en una cámara de conteo de Doncaster.

b) Realizar un barrido total al microscopio.

g: fuerza relativa de centrifugación

K: constante cuyo valor es 89,456

r: radio de la centrífuga (spindle to the centre of the bracker) en cm

La fórmula para calcular g es:

$$g = \frac{r (rpm)^2}{K}$$

12. CÁLCULOS

1 Para determinar los rpm de la centrífuga utilizada, la fórmula es:

$$rpm \sqrt{\frac{Kg}{r}}$$

2 Para expresar los resultados en número de huevecillos por litro es importante tomar en cuenta el volumen y tipo de la muestra analizada.

13. FORMATO

No aplica.

Donde:

14. BIBLIOGRAFÍA

- 1** APHA, AWWA, WPCF, 1992 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed., Washington. (Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales, 19^a. Edición E.U.A.)
- 2** CETESB, São Paulo, 1989 Helmintos e Protozoários Patogénicos Contagem de Ovos e Cistos en Amostras Ambientais.
- 3** Schwartzbrod, J., 1996 Traitement des Eaux Usees de Mexico en Vue d'une Reutilisation a des Fins Agricoles. Reunión de Expertos para el Análisis del Proyecto de Saneamiento del Valle de México. Instituto de Ingeniería UNAM, 86 p.

ANEXO 2

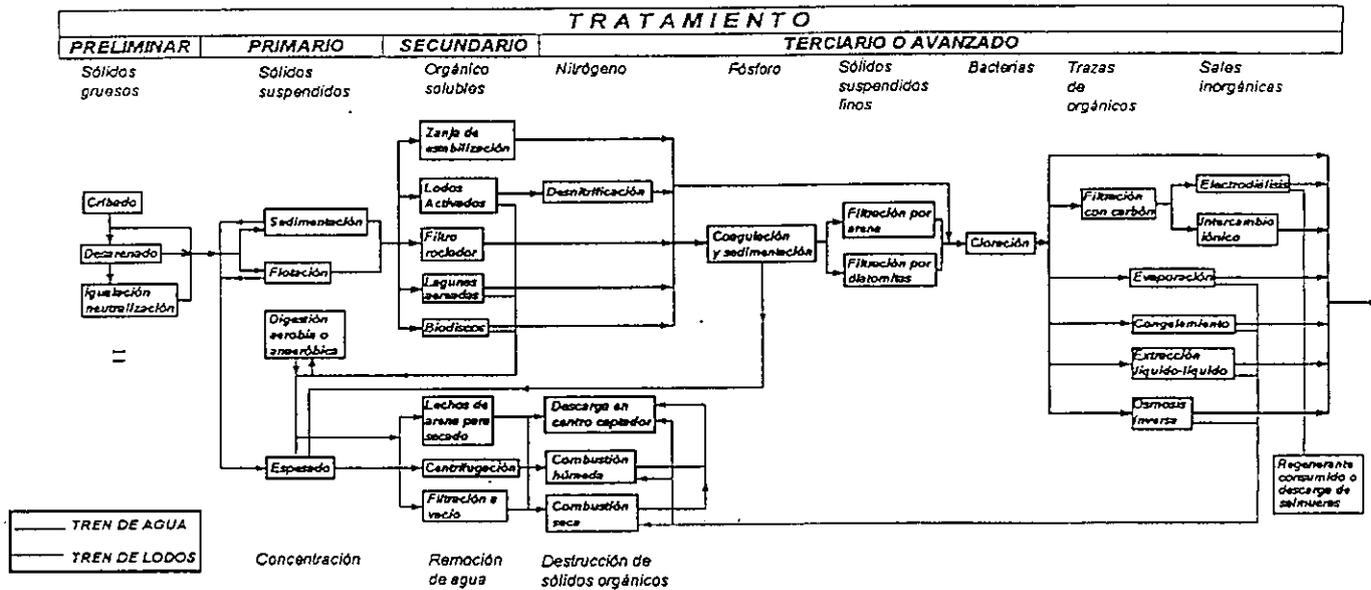


FIG. 6.1 Alternativas de operaciones unitarias para tratamiento de aguas residuales