



Materiales y métodos

Para la realización de este proyecto, se tomaron como base diferentes normas con el fin de garantizar resultados válidos. Las normas involucradas en esta tesis son:

Ⓢ Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996.

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales.

Ⓢ 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 15 de diciembre de 1973.

Ⓢ Norma Mexicana NMZ-AA-007.

Aguas - Determinación de la temperatura - Método visual con termómetro, publica 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 - Métodos 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, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de febrero de 1982.



© 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.

Las norma más utilizada y en la que se basó principalmente el diseño de la planta es la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales. Debido a que el agua tratada será reutilizada para riego agrícola, los límites máximos permisibles que el efluente debe cumplir son:

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																				
PARAMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS				SUELO					
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)		HUMEDALES NATURALES (B)	
	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	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	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 Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2
Sólidos Suspensos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150
Nitrógeno Total	40	60	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.

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
 (1) Instantáneo
 (2) Muestra Simple Promedio Ponderado
 (3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006

Tabla 12. Límites máximos permisibles de descarga de contaminantes.



LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																				
PARAMETROS (*)	RIOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIO S (B)		Uso en riego agrícola (A)			
(miligramos por litro)	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.
Amónico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.6	0.1	0.1	0.2
Cianuro	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	8.0	4.0	8.0	4.0	8.0	4.0	8.0	4	8.0	4	8.0	4.0	8.0	4.0	8.0	4	8.0	4.0	8.0
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	0.02	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	0.8	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.8	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.8	1	0.2	0.4	8	10	0.2	0.2
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

Tabla 12-1. Límites máximos permisibles de descarga de contaminantes.

Para realizar el muestreo correctamente se utilizó la Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales - Muestreo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980, la cual indica cuantas muestras se deben tomar y con cuanto tiempo entre cada toma, la tabla es la siguiente:

FRECUENCIA DE MUESTREO			
HORAS POR DIA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NUMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO MUESTRAS (H O R A S)	ENTRE TOMA DE SIMPLES
		MINIMO N.E.	MAXIMO N.E.
Menor que 4	minimo 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

Tabla 13. Frecuencia de muestreo.



La elaboración de los anteproyectos y antepresupuestos de las alternativas se realizaron con la utilización de un programa de computadora desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los EUA (Environmental Protection Agency, EPA) y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EUA (U.S. Corps of Engineers). El nombre del programa utilizado es "Computer Assisted Procedure for the Design and Evaluation of Wastewater Treatment Systems", **CAPDET**, version 2.07. Este programa permite adecuar las bases de diseño de cada proceso y los procesos unitarios a las condiciones propias de cada lugar.