



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS
“MIGUEL OTHÓN DE MENDIZÁBAL”**



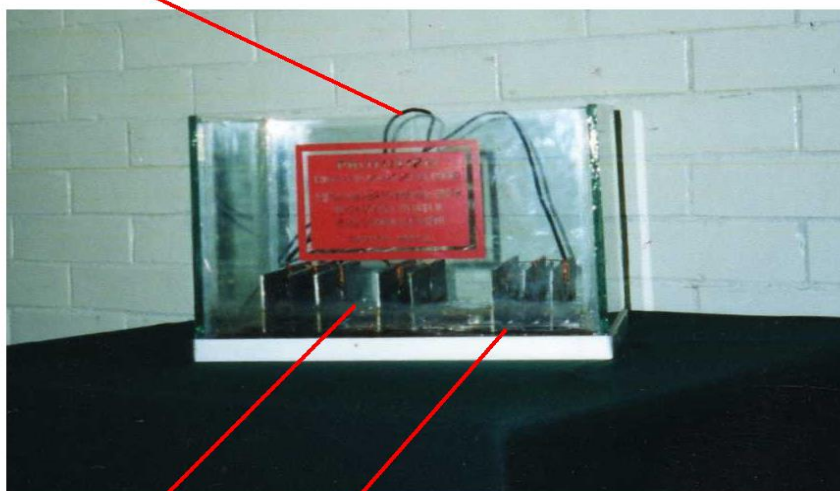
CARRERA: TÉCNICO EN ECOLOGÍA

APUNTES DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE DE:

OPERACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS

PROTOTIPO:

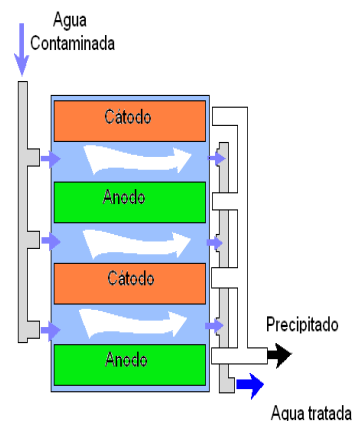
Fuente de Energía



Celdas colocadas
en paralelo

Agua Contaminada

Microplanta Descromadora



Sexto Semestre: Opción Curricular de Titulación

Alumna (o): _____

Profesora: IBQ. Juana María Castro Servín



CONTENIDO

Presentación. -----	6
---------------------	---

COMPETENCIA GENERAL: Supervisa la operatividad de las plantas de tratamiento de aguas Naturales y Residuales aplicando la Normatividad Vigente y selecciona su uso sustentable.

UNIDAD No. 1 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS NATURALES Y RESIDUALES

COMPETENCIA PARTICULAR: Aplica métodos y técnicas en la caracterización de las aguas Naturales y Residuales para su tratamiento con base en la Normatividad Vigente.

RAP 1. Caracteriza las fuentes generadoras de aguas de desecho a partir de su impacto en el ambiente.

Importancia de las plantas de tratamiento. -----	8
Origen de las aguas. -----	8-12
Aspectos Legales y Normativos de las aguas. -----	13-14
Retoma información del curso de Caracterización y Calidad del Agua. ---	14
Primera etapa de proyecto de titulación. -----	15
Prácticas 1 y 2. -----	16

RAP 2. Propone el aprovechamiento productivo de las aguas con base en la clasificación de naturales, residuales domésticas e industriales aplicando la Normatividad Vigente.

Características generales de las aguas. -----	18
Clasificación de las aguas. -----	19-20
Muestreo de las aguas. -----	20-23
Segunda etapa del proyecto de titulación. -----	23
Práctica 3. -----	23

UNIDAD No. 2 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS

COMPETENCIA PARTICULAR: Utiliza tecnologías en el tratamiento de las aguas Naturales, Residuales e Industriales para su aprovechamiento Sustentable con base en la Normatividad Vigente.

RAP 1. Aplica las operaciones unitarias en el tratamiento preliminar, primario, secundario, terciario y terciario avanzado en los diferentes tipos de agua para obtener su aprovechamiento con base en la Normatividad Vigente.



Operaciones unitarias y técnicas de tratamiento preliminar y primario. -	35-41
Características físicas: Color, olor, turbiedad y sólidos. -----	41-47
Características químicas: pH, C.E., SAAM, grasas y aceites, DBOs y DQO. -----	48-58
Características microbiológicas: Cuenta total de poblaciones microbiológicas. -----	58-64
Segunda etapa del proyecto de titulación. -----	65
Prácticas de la 4 a la 10. -----	66-67

RAP 2. Aplica las operaciones unitarias en el tratamiento de los lodos para su aprovechamiento o disposición final con base en la Normatividad Vigente.

Operaciones de tratamiento secundario o biológico. -----	69-75
Etapas de los lodos activados o métodos convencionales. -----	75-76
Disposición de exceso de lodos activados. -----	77-79
Tratamiento de los lodos y disposición en medios productivos. -----	79-83
Tercera etapa del proyecto de titulación. -----	84
Práctica 11. -----	84

UNIDAD No. 3 DISPOSICIÓN FINAL DE LAS AGUAS TRATADAS Y DE LOS LODOS

COMPETENCIA PARTICULAR: Verifica los parámetros y controla los procesos de tratamiento de las aguas y de los lodos para garantizar su eficiencia y aprovechamiento sustentable con base en la Normatividad Vigente.

RAP 1. Selecciona los sistemas de disposición final de las aguas tratadas de acuerdo con su calidad con base en la Normatividad Vigente.

Construcción de un prototipo de planta de tratamiento. -----	96-98
Factores de evaluación. -----	98-105
Visita a una planta de tratamiento de aguas municipales. -----	105-106
Cuarta etapa del proyecto de titulación. -----	106
Práctica 12. -----	106

RAP 2. Selecciona los sistemas de disposición final de los lodos obtenidos de los procesos de tratamiento de acuerdo con su calidad con base en la Normatividad Vigente.

Estabilización de los lodos y procesos de acondicionamiento para su disposición final. -----	108
Utilización de los lodos estabilizados. -----	109-111
Uso normado de las aguas tratadas y de los lodos. -----	111-116
Presentación del proyecto de titulación. -----	116
Práctica 13. -----	116



EVALUACIÓN DEL CURSO

No. DE UNIDAD DIDACTICA	EVIDENCIA INTEGRADORA DE LA COMPETENCIA PARTICULAR (DESEMPEÑO, CONOCIMIENTO, PRODUCTO)	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PORCENTAJE DE ACREDITACIÓN
1	Proyecto de titulación primera etapa. (Ante proyecto)	- Las fuentes generadoras son identificadas. - Los aspectos legales y la Normatividad Vigente son aplicados. - Los materiales, equipos y métodos son utilizados en la clasificación en el muestreo de las aguas naturales, residuales y residuales tratadas.	27%
2	Proyecto de titulación segunda etapa. (Proceso de información del proyecto)	- Utiliza las operaciones unitarias adecuadas en el proceso de tratamiento de las aguas y de los lodos. - Maneja los materiales, equipos y métodos apropiados en los análisis físicos, químicos y biológicos; tratamiento de las aguas y de los lodos activados, mejora las aguas y los lodos para su aprovechamiento sustentable en diversos procesos.	49%
3	Proyecto de titulación tercera y cuarta etapa. (Informe preliminar del proyecto de titulación)	- Involucra conocimientos de infraestructura de una Planta de Tratamiento de Aguas Municipales y los relaciona con el trabajo de su proyecto de titulación. - Realiza visita a la Planta de Tratamiento y confirma sus conocimientos, estructura informe e integra información al proyecto de investigación.	24%
		Involucra conocimientos de	



EVIDENCIA INTEGRADORA DEL CURSO	Proyecto de titulación. (Informe final y presentación del proyecto de titulación)	las tres competencias particulares. • Manejo correcto de las técnicas, equipo e instrumentos de laboratorio. • Muestra un análisis crítico y reflexivo en la integración de los resultados obtenidos en el proyecto. • Obtiene el informe final para obtener su documento que lo acredita como Técnico en Ecología después de realizar los trámites correspondientes.	100%
--	--	---	------



BIBLIOGRAFÍA DE APOYO

- Ariza, H. E. 2000. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. McGraw-Hill Interamericana, S. A. impreso por Quebecor World Bogotá S. A.
- Castro, S. J. M. y Juárez, M. D. 2018. Manual de Laboratorio de la Unidad de Aprendizaje de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas. Publicado en el Repositorio CECyT No. 6.
- Castro, S. J. M., Camacho, M. M. E., Juárez, M. D. y Gonzalez, R. J. Manual de Laboratorio de la Unidad de Aprendizaje de Caracterización y Calidad del Agua. Si publicar.
- Ferrer, P. J. y Seco, T. A. 2008. Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales. 1ª ed. Alfaomega Grupo Editor, México.
- Guerrero, R. T. 1989. Manual de Tratamiento de Aguas. 10ª ed. Editorial Limusa.
- López, A. P. 2002. Abastecimiento de Agua Potable y Disposición y Eliminación de Excretas. Ed. Alfaomega. México.
- Martínez, A. P. F., Bourguett, O. V. J., Donath de la P. E. F. y Cruz, G. F. V. 2007. Gestión y Regulación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento. 1ª ed. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.
- Mondoñedo, Ph. D. J. R., Usami, O. C. R., Kirchner, S. E. R. y López, G. E. 2015. Horticultura. SEP. Editorial Trillas. México, Argentina, España, Colombia, Puerto Rico, Venezuela.
- Paulín, T. N., De la Rosa, P. i., Solís, C. G. y López, G. E. 2014. Riego y Drenaje. SEP. Editorial Trillas. México, Argentina, España, Colombia, Puerto Rico, Venezuela.
- Ramalho, R. S. 1993. Tratamiento de Aguas Residuales. Ed. Reverte, S. A.
- Romero, R. J. A. 2005. Tratamiento de Aguas Residuales por Lagunas de Estabilización. 3ª ed. Alfaomega Grupo Editor, S. A. de C. V.
- Soriano, R. A. 2007. Evacuación de Aguas Residuales en Edificios. Alfaomega Grupo Editor, S. A. México D. F.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- [HTTP://www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx) NOM-033-ECOL-1993 (Norma que establece las condiciones bacteriológicas para el uso de las aguas residuales de origen Urbano o Municipal).
- <http://www.cna.gob.mx> (De la Comisión Nacional del Agua).
- <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/HomRevRed.jsp?CveEntRev=609> (Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sustentable).
- <http://www.pantarewater.com/default.asp?content=3,193,192,0,0,Planta+de+tratamiento+de+lodos+activados,00.html> (Lodos obtenidos de Plantas de Tratamiento).
- <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/mexico/01275e20.pdf> (Caracterización y disposición final de lodos provenientes de las estaciones de depuración de líquidos residuales).
- <http://www.dof.gob.mx> NMX-AA-003-1980 (Muestreo de las Aguas).
- <https://www.youtube.com/watch?v=8LQBGIBL8Y> (Reacciones Químicas).



PRESENTACIÓN

Investigaciones científicas muestran que el agua dulce disponible en el mundo representa aproximadamente el 2.75 % de la cantidad total que forma la hidrosfera, las aguas dulces continentales se encuentran localizadas en los casquetes polares y glaciales o bien en las capas friáticas. El desarrollo de las sociedades humanas prósperas depende de la disponibilidad de agua dulce, el preciado líquido comienza a faltar aún en regiones de grandes ríos y depósitos naturales, sobretodo en aquellos lugares en donde se ha tenido mayor desarrollo industrial y urbano.

En México, específicamente en el Distrito Federal se tienen problemas de agua limpia debido al crecimiento y uso inmoderado de sus habitantes, lo que ocasiona que se realicen infraestructuras costosas para traer el preciado líquido de otros lugares.

Por otro lado, se generan aguas de desecho de muy variada composición que se incorporan a los cuerpos de agua llevando sustancias no biodegradables y elementos metálicos o metaloides presentes en los residuos industriales lo que provoca una contaminación de tipo químico. Las aguas residuales obtenidas en grandes cantidades se empezaron a utilizar a principios del siglo pasado para riego de los cultivos agrícolas en las zonas aledañas a la Ciudad de México y Valle de México, en suelos delgados o deficientes en nutrimento, para aumentar su productividad, sin embargo, se mezclaron otros compuestos tóxicos como sales y metales que representan una cotidiana agresión o efecto que se refleja en la cadena natural del suelo-planta-hombre.

El propósito principal de esta unidad de aprendizaje es preparar al estudiante para que desarrolle competencias en la Supervisión y la Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas Naturales y Residuales aplicando la Legislación y Normatividad Vigente Nacional e Internacional. Es evidente que en nuestro país se incrementa cada vez más la necesidad de preparar profesionales que participen eficientemente tanto en el sector productivo como en las instituciones oficiales en donde apliquen las medidas preventivas y correctivas tendientes a disminuir la contaminación de los cuerpos receptores.

El tratamiento de aguas residuales, para su disposición apropiada, constituye uno de los problemas de salud inherente a la actividad humana diaria. Los procesos de tratamiento suponen inversiones de capital elevado y costoso de operación alto debido a la mezcla de aguas residuales urbanas con industriales, sobre todo en las grandes ciudades. Es por eso que los estudiantes con los conocimientos y habilidades adquiridos podrán proponer prototipos de plantas de tratamiento adecuadas a las características de las diferentes aguas de desecho como medida preventiva y correctiva tendiente a disminuir la contaminación de las aguas.



UNIDAD No. 1

CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS NATURALES Y RESIDUALES

RAP 1. Caracteriza las fuentes generadoras de aguas de desecho a partir de su impacto en el ambiente.

CONTENIDO

- * Importancia de las plantas de tratamiento
- * Origen de las Aguas
- * Aspectos Legales y Normativos de las Aguas
- * Retoma Información del Curso de Caracterización y Calidad del Agua
- * Primera Etapa del Proyecto de Titulación
- * Práctica 1 y 2





Importancia de las plantas de tratamiento

Generalidades

La prevención de la contaminación del agua y del suelo es posible si se definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición de las aguas residuales. De acuerdo con diferentes estudios y caracterizaciones se ha confirmado que la cantidad de contaminantes orgánicos de las aguas crudas vertidas a los ríos, cuencas, mares, entre otros, en exceso de su capacidad de asimilación tiene efecto negativo en las aguas receptoras y éste se verá disminuido en su calidad para uso benéfico del hombre.

El objetivo básico del tratamiento de aguas es el de proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad. El retorno de las aguas residuales tratadas, a nuestros ríos o lagos, nos convierte en usuarios responsables directos de su calidad.

Las aguas residuales obtenidas actualmente ya no presentan características definidas en los componentes de desecho, que les daban el nombre de urbanas e industriales, ya que a medida que crece la población las aguas residuales modifican su composición, siendo esta más compleja aumentado la necesidad de proveer sistemas de tratamiento o renovación que permita eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente.

Origen de las Aguas

Componentes principales de las aguas de acuerdo con su origen.

Aguas Industriales

Pinturas (Pb), croma-doras (Cr^{+6}), principales componentes metales pesados tóxicos.

Aguas Agrícolas

Fertilizantes utilizados en la producción de diferentes especies de plantas que pueden ser cultivos agrícolas, hortalizas, flores, entre otras. Los principales componentes que llevan las aguas de este tipo son: nitrógeno, fósforo y potasio (N, P y K) conocidos como macro nutrientes; elementos secundarios, calcio, magnesio y sodio (Ca, Mg y Na) y microelementos (Fe, Zn, Cu, Mo y Cl), además materia orgánica de arrastre y poblaciones microbiológicas.

Aguas Municipales

Agua de desecho de zonas urbanas o municipales, sus componentes son: grasas, aceites, detergentes, materia orgánica, limpiadores de diferentes tipos y poblaciones biológicas patógenas en grandes cantidades.



Agua cruda para obtener agua Potable

La fuente es el escurrimiento de los volcanes, montañas, presas, cuencas, entre otras, por lo que puede estar compuesta principalmente de sales minerales, sólidos de arrastre y color.

Para tratar las aguas de acuerdo con su origen se requiere de diferentes OPERACIONES UNITARIAS o SISTEMAS DE TRATAMIENTO, el diseño de una planta de tratamiento eficiente y económica requiere un estudio de ingeniería basado en la calidad de la fuente y en la selección apropiada de los procesos y operaciones de tratamiento más adecuadas para producir agua de calidad requerida.

Cuadro 1. Resumen de algunas recomendaciones sobre Operaciones Unitarias o tratamientos que se pueden aplicar en las aguas de acuerdo con su origen.

Aguas Industriales	Aguas Agrícolas	Aguas Municipales	Agua Potable
1. Pretratamiento para eliminar metales tóxicos. 2. Pretratamiento para eliminar exceso de materia orgánica. 3. Pretratamiento para la eliminación de grasas. 4. Tratamiento primario. 5. Tratamiento secundario. 6. Cloración 7. Eliminación de lodos.	1. Tratamiento preliminar. 2. Tratamiento primario. 3. Tratamiento de precipitación para eliminar exceso de nutrientes (nitrógeno y fósforo) 4. Tratamiento secundario. 5. Cloración. 6. Eliminación de lodos.	1. Tratamiento preliminar. 2. Tratamiento primario. 3. Tratamiento secundario (biológico). 4. Cloración (tratamiento terciario) 5. Tratamiento de los lodos. TRATAMIENTO PRELIMINAR a) Rejillas gruesas y finas. b) Desmenuzadores. c) Desarenadores. d) Tanque de preaireación. TRATAMIENTO PRIMARIO a) Tanques Sépticos. b) Tanque de doble acción (IMHOFF). c) Tanque de sedimentación simple o sedimentación primaria. * Físicos y Químicos. TRATAMIENTO SECUNDARIO (MICROBIOLÓGICO) a) Filtros goteadores. b) Tanque de aireación (* Lodos activados tanques de sedimentación secundaria, * aireación por contacto) c) Filtros de arena intermitente. d) Estanque de estabilización. CLORACIÓN a) Desinfección o destrucción de organismos patógenos. b) Prevención de descomposición de las aguas municipales (*controla olor, *protección de las estructuras de la planta). c) Como auxiliar en la operación de la planta (*Sedimentación, *filtros goteadores y *abultamiento de los lodos) TRATAMIENTO DE LOS LODOS 1. Espesamiento. 2. Digestión con o sin aplicación de calor. 3. Secado en lecho de arena. 4. Acondicionamiento con productos químicos. 5. Elutriación. 6. Filtración al vacío. 7. Secado aplicando calor. 8. Incineración. 9. Oxidación húmeda. 10. Flotación con productos químicos y aire. 11. Centrifugación. UTILIZACIÓN DEL AGUA TRATADA: * Riego en cultivos que no tengan contacto con el suelo.	1. Cloración o aplicación de óxido de aluminio. 2. Tratamiento primario (tanque de sedimentación primaria). 3. Cloración. Sistema Cutzamala CONAGUA



Función principal de los sistemas de tratamiento

En la concepción, planeamiento y diseño de un sistema de tratamiento se pueden considerar objetivos diferentes, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos económicos y técnicos, así como los criterios establecidos para descargar de efluentes o eficiencias mínimas y, eventualmente, motivaciones ecológicas. La mejor alternativa de tratamiento se selecciona con base en el estudio individual de cada caso de acuerdo con las eficiencias de remoción requerida y los costos de las posibles soluciones técnicas.

En un desarrollo gradual de sistemas de tratamiento se puede considerar, como objetivos iniciales principales, del tratamiento de aguas residuales, los siguientes: remoción de DBO, remoción de sólidos suspendidos y remoción de patógenos. Posteriormente ha sido común agregar la remoción de nitrógeno y fósforo. También se involucró la remoción de sustancias orgánicas refractarias como los detergentes, fenoles y pesticidas, remoción de trazas de metales pesados y remoción de sustancias inorgánicas disueltas.

Acondicionamiento: se aplica antes de que las aguas residuales sean incorporadas al proceso de tratamiento en plantas convencionales. En general, el pretratamiento tiene como objetivo remover del agua residual aquellos constituyentes que pueden causar dificultades de operación y mantenimiento en los procesos posteriores o que, en algunos casos, son incompatibles de ser tratados juntamente con los demás componentes del agua residual.

Tratamiento preliminar o pretratamiento: su función principal es retirar sólidos gruesos por medio de cribado (grueso y fino), retirar arenas aplicando desarenadores, retirar materia orgánica gruesa por medio de desmenuzadores y por último la aplicación de aireadores que se utilizan para suspender la materia orgánica, así como las grasas y aceites.

Tratamiento primario: se refiere a la remoción parcial de sólidos suspendidos, materia orgánica, mediante sedimentación u otros medios; y constituye un método de preparar el agua para el tratamiento secundario. El tratamiento primario remueve alrededor del 60% de los sólidos suspendidos del agua residual cruda y un 35% de demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Tratamiento secundario: se usa principalmente para remoción de DBO soluble y sólidos suspendidos e incluye, por ello, los procesos biológicos de lodos activados, filtros percoladores, sistemas de lagunas de oxidación y sedimentación.

Tratamiento terciario o cloración: supone, generalmente, la necesidad de remoción de nutrientes para prevenir eutrofización de la fuente receptoras y de poblaciones microbiológicas o de mejorar la calidad de un efluente secundario para adecuar el agua para su reuso.

Tratamiento terciario avanzado: acondicionamiento de un agua residual tratada aplicando otras operaciones unitarias aplicadas al tratamiento anterior los cuales pueden ser osmosis inversa, filtros de carbón, intercambio iónico, adsorción y ozonación para su posible potabilización.

Purificación del Agua para tener la calidad de Potable: la calidad del agua cruda oscila grandemente de una fuente a otra; por ello, el tipo de tratamiento requerido para producirla varía. El diseño de una planta de tratamiento eficiente requiere de estudios de ingeniería basados en la calidad de la fuente y en la selección apropiada de los procesos y operaciones de tratamiento más adecuados para producir agua de calidad recomendable.

En los diagramas de flujo que se presentan, se observa la secuencia de tratamientos y operaciones unitarias aplicadas en dos plantas de tratamiento de aguas residuales.

Fig. 1 Diagrama de Flujo Macro Planta Toluca Oriente.

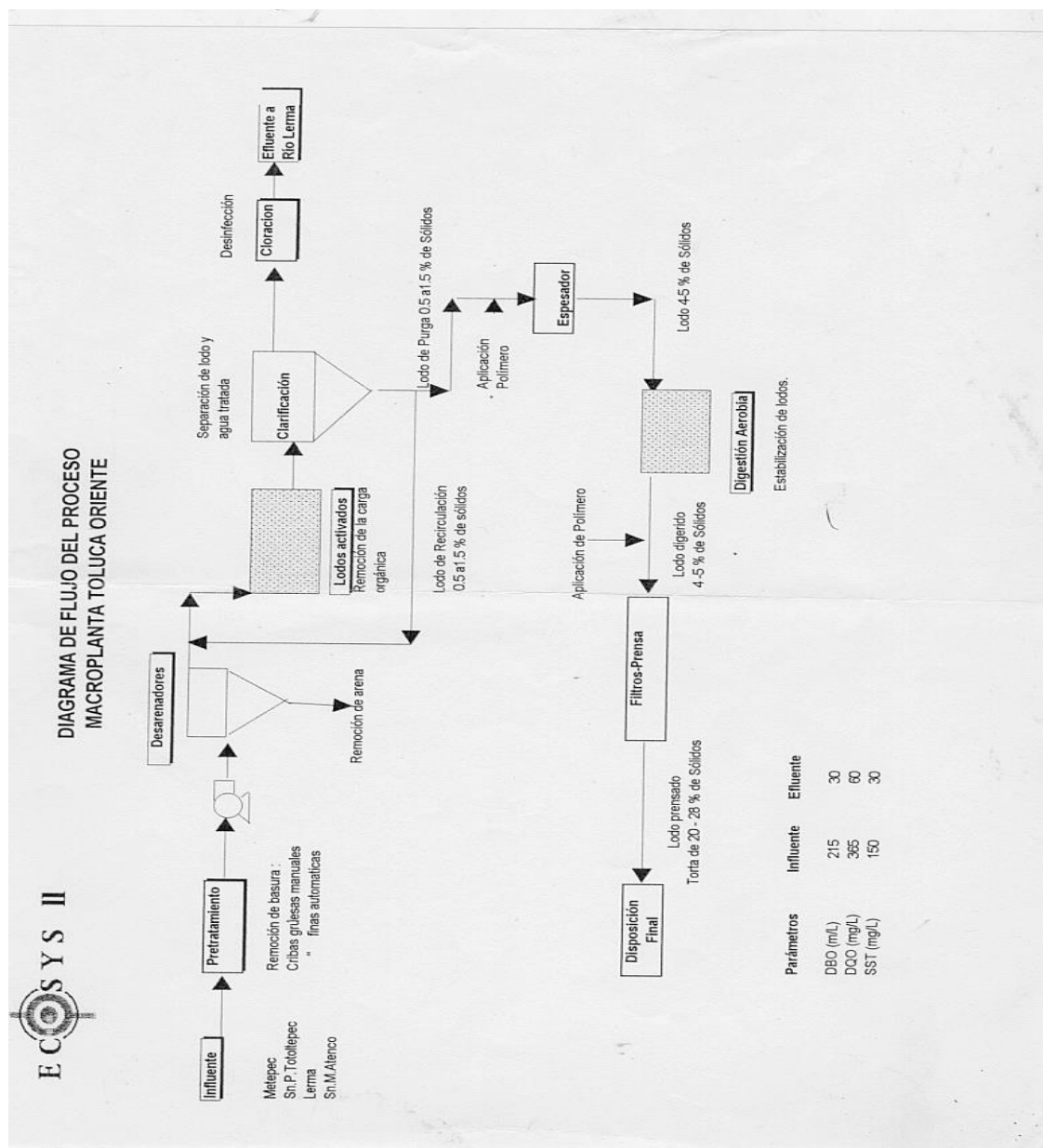
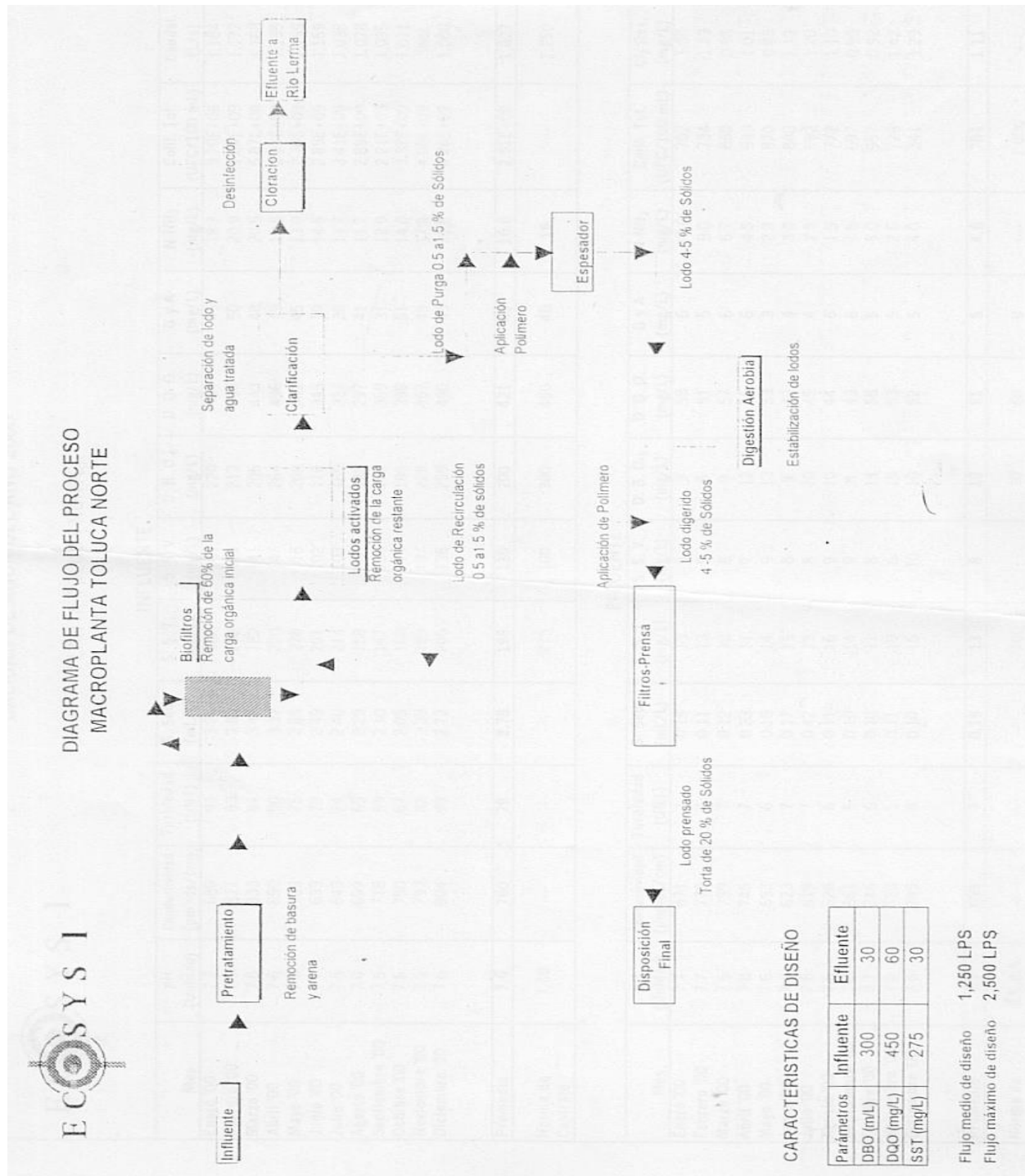


Fig. 2 Diagrama de Flujo Macro Planta Toluca Norte.





Aspectos Legales y Normativos de las Aguas

Legislación del Agua: la gestión jurídica del agua en México tiene como fundamento lo que dicten tres artículos de la Constitución Política (4°, 27 y 115) de la Ley de aguas Nacionales.

El artículo 4° reconoce que toda persona tiene derecho al acceso, la disposición y el saneamiento del agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El estado debe garantizar este derecho de forma equitativa y sustentable, y establecer la participación la Federación, los estados y la ciudadanía para conseguirlo.

El artículo 27 señala que las aguas son propiedad de la Nación y sienta las bases para que el Estado regule su aprovechamiento sostenible, con la participación de la ciudadanía y de los tres niveles de gobierno. Especifica que la explotación, el uso o aprovechamiento de los recursos se realizará mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo, con base en las Leyes.

El artículo 115, por su parte, especifica que los municipios tienen a su cargo los servicios públicos de agua **potable**, drenaje, alcantarillado, **tratamiento y disposición de sus aguas residuales**. <https://agua.org.mx>

Normatividad Vigente Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996: que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y vienes Nacionales. Con base en el acuerdo por el cual se reforma la nomenclatura de las normas oficiales mexicanas expedidas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como la ratificación de las mismas previas a su revisión quinquenal, publicado en el Diario Oficial de la federación el 23 de abril de 2003. <http://www.conagua.gob.mx>

Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996: que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. publicado en el Diario Oficial de la federación el 3 de junio de 1998. <https://estudiosambientales.com.mx>

Aplica a: usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997: que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios públicos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 21 de septiembre de 1998, misma que entro en vigor el día siguiente de su publicación. <https://www.gob.mx>



Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994: Salud Ambiental, agua para uso y consumo humano – límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización. Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimiento, Productos y Servicios; 8° fracción IV y 25 fracción V del Reglamento Interior de la secretaria de Salud. <http://www.salud.gob.mx>

Retoma Información del Curso de Caracterización y Calidad del Agua

La Unidad de Aprendizaje de Caracterización y Calidad del Agua, contiene los procedimientos analíticos para caracterizar las aguas física, química y biológicamente con base en su procedencia, para obtener su calidad o contenido de constituyentes se debe definir un sistema de monitoreo que este aportando resultados de concentraciones tanto en el **Influyente** como en el **Efluente** de las plantas de tratamiento.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales, cruda, industrial, entre otras, tienen controles específicos con base en el flujo de su diseño en la entrada (influyente) y en la salida (efluente), algunas de las características que se analizan en las plantas de tratamiento de aguas residuales, se muestran en los diagramas de flujo de la macro planta de tratamiento de Toluca Oriente y Toluca Norte (Figuras 1 y 2), las cuales muestran que solo pueden ingresar flujos con concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendedos Totales (SST).

Cuadro 2. Características de diseño del Influyente y del Efluente de las plantas de tratamiento Toluca Oriente y Toluca Norte.

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DE PLANTAS					
MACROPLANTA TOLUCA ORIENTE			MACROPLANTA TOLUCA NORTE		
Parámetros	Influyente	Efluente	Parámetros	Influyente	Efluente
DBO (mg/L)	215	30	DBO (mg/L)	300	30
DQO (mg/L)	365	60	DQO (mg/L)	450	60
SST (mg/L)	150	30	SST (mg/L)	275	30
-----	-----		Flujo medio de diseño	1,250 LPS	
-----	-----		Flujo máximo de diseño	2,500 LPS	

En el caso de las plantas antes mencionadas, la disposición final de los efluentes de aguas residuales tratadas se hace, generalmente, por dilución de fuentes receptoras como es el caso del río Lerma donde son vertidos los efluentes de estas plantas de tratamiento.

Cuando se establecen los usos benéficos, para cada recurso hídrico, es posible formular criterios de calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento con base en las características físicas, químicas y biológicas de las aguas y la Normatividad Vigente.



Primera Etapa del Proyecto de Titulación

El diseño o protocolo del proyecto de titulación en su primera etapa, es obtener un anteproyecto en donde un equipo formado por tres alumnos, planteen un problema de tratamiento de aguas residuales dentro de su hogar o en otro sitio.

El anteproyecto debe ser estructurado con los siguientes puntos:

Caratula: a) Escudos y logo de la carrera. b) Nombre de la carrera. c) Nombre de la Unidad de aprendizaje (completo). d) Ante- proyecto. e) Título del trabajo. f) Grupo y Equipo. g) Participantes nombre. h) Coordinador nombre. i) Semestre.

Objetivo: a) Corresponde el objetivo del proyecto propuesto.

Antecedentes: a) El contenido de los antecedentes engloba de lo general a lo particular del trabajo. Máximo una cuartilla.

Fundamentación: Problema a estudiar y resolver.

Metodología: a) Refleja el procedimiento metodológico. b) Menciona las operaciones unitarias que se aplicarán en el trabajo. c) Menciona cuáles serán los cálculos para el diseño del proceso. d) Menciona los análisis que se le realizaran a las aguas por tratar y tratada. e) Presenta el diagrama del proceso.

Estructura el trabajo: Con los puntos anteriores.

Metas: Define hasta donde va a llegar en el semestre en la realización del trabajo.

Impactos: Social, Económico, Ambiental y Político.

Calendario de actividades: Programación de las actividades mensualmente.

Diagrama: Del proceso o prototipo.

Datos generales: a) Programación de las actividades mensualmente. b) Bosquejo del Trabajo por realizar.

Bibliografía: c) La bibliografía es documental y electrónica.

El tiempo para estructurar el anteproyecto y entregarlo para su revisión y retroalimentación es de 15 días hábiles.



Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1. Se tienen programadas dos prácticas.

Práctica No. 1. Funcionamiento del Laboratorio de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas.

Se establece la dinámica de trabajo en el laboratorio, se dan los lineamientos en la estructuración del informe que se entregara en la siguiente sesión, hace anotaciones de medidas de seguridad que se deben de tener en los laboratorios ubicados en las plantas de tratamiento para el control del influente y la calidad del agua del efluente.

Práctica No. 2. Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas.

El objetivo básico del diseño de una planta de tratamiento de agua de cualquier índole es de integrar, los procesos y operaciones de tratamiento para que, cuando sea operada adecuadamente, pueda proveer sin interrupciones el caudal de diseño y satisfacer los requerimientos de calidad del agua.

Se retoma información de teoría, en la infraestructura y el proceso de tratamiento del agua con base en su origen, haciendo énfasis en las operaciones unitarias que se aplicarán.

En el manual de prácticas se encuentran las indicaciones específicas del diseño de la planta de tratamiento.

El manual de prácticas de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas se encuentra publicado en el Repositorio en la página del CECyT No. 6.

Castro, S. J. M. y Juárez, M. D. 2018. Manual de Laboratorio de la Unidad de Aprendizaje de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas. Publicado en el Repositorio CECyT No. 6.



UNIDAD No. 1

CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS NATURALES Y RESIDUALES

RAP 2. Propone el aprovechamiento productivo de las aguas con base en la clasificación de naturales, residuales, domesticas e industriales aplicando la Normatividad Vigente.

CONTENIDO

- * Características Generales de las Aguas
- * Clasificación de las Aguas
- * Muestreo de las Aguas
- * Continuación de la primera Etapa del Proyecto de Titulación.
- * Práctica 3





Características Generales de las Aguas

Las aguas residuales por sus características físicas, químicas, biológicas y toxicológicas, representan una cotidiana agresión a la salud, la vida humana y el medio en general ya que los contaminantes pueden presentarse en forma sólida, líquida y gaseosa.

La expresión de las características de un agua puede hacerse de diferentes maneras, dependiendo del propósito específico de la caracterización. Sin embargo, es conveniente tomar en cuenta que para caracterizar los diferentes tipos de agua se requiere programar la toma de muestras que aseguren la representatividad de estas en sus características físicas, químicas, biológicas y en algunos casos toxicológicas.

Cuadro 3. La composición de las aguas residuales, negras y grises dependerá del origen, sin embargo, de manera general pueden presentar las siguiente características físicas, químicas y biológicas.

FÍSICAS	QUÍMICAS	BIOLÓGICAS
pH Conductividad Eléctrica (CE). Características Organolépticas: Temperatura, Color y Olor. Sólidos: Sólidos sedimentables (SS), Sólidos Totales (ST), Sólidos Disueltos Totales (SDT), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Sólidos Volátiles (SV).	Componentes: CO_3 , HCO_3 , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3 , NH_4 , PO_3 , ácidos, materia orgánica (animal y vegetal), metales tóxicos, jabones, grasas, DBO, DQO, Orgánicos volátiles y metales traza (Cu, Fe, etc.)	Microorganismos: Bacterias aerobias Bacterias anaerobias Bacterias facultativas Bacterias patógenas Hongos y Virus acuáticos

Cuadro 4. Características principales de las aguas de CUENCAS (aguas de escurrimiento)

FÍSICAS	QUÍMICAS	BIOLÓGICAS
MATERIALES: Arenas Arcillas	EN SOLUCION: CO_3 , HCO_3 , Cl , SO_4 , N, materia orgánica (hojarasca y madera), P, sales, minerales (Fe, Cu, Zn, etc.)	MICROORGANISMOS: Bacterias anaeróbicas Bacterias aeróbicas Bacterias facultativas Hongos PLANTAS ACUATICAS: Briofitas. - Musgos Talofitas. Algas ANIMALES ACUÁTICOS: Vertebrados. - Peces y anfibios Anélidos. - Gusanos segmentados



Clasificación de las Aguas

Anteriormente las aguas se clasificaban en **residuales** ya que se identificaba que provenían exclusivamente de mezcla de aguas domésticas e industriales. Las aguas residuales, se pueden generar de diferentes fuentes, ya sea de origen doméstico, urbano, residuos industriales, pecuario, agrícola, ganadero, recreativo, entre otras, dependiendo de la forma como se originan se determinan que características pueden tener estas aguas.

- **Aguas domésticas** caracterizadas por ser residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o industriales.
- **Aguas municipales** pueden ser (domésticas o urbanas), estas son mezclas de materiales orgánicos, inorgánicos, limpieza, minerales, entre otros.
- **Aguas industriales** provienen generalmente de diversas industrias como son: productoras de agroquímicos, cromado, aceiteras, sementeras, cervecera, alimentos, curtidería, cosméticos, petroquímica, entre otras, teniendo una composición difícil de tratar por la cantidad de productos que desechan.

Definición de aguas residuales: Es un líquido de composición variable proveniente de uso municipal, residual, comercial, agrícola, pecuario, forestal o de cualquier otra índole ya sea pública o particular y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.

De acuerdo con las normas antes expuestas **en el tema de aspectos legales y normativos**, las aguas son clasificadas en tres categorías:

- **Aguas residuales de actividades agroindustriales:** alimentos y crianza de animales.
- **Aguas residuales de los servicios:** mantenimiento automotriz, gasolineras, tintorerías, lavanderías, baños públicos, hospitales, hoteles, lavado de fotografía y restaurantes.
- **Aguas residuales industriales:** procesos de extracción, beneficio, transformación o generación de bienes de consumo o de actividades complementarias.

Las siguientes aguas no corresponden a ninguna clasificación debido a que sus características físicas, químicas y microbiológicas son diferentes.

Agua residual tratada

El reciclaje principalmente de aguas residuales domésticas es posible mediante la implementación de tratamientos biológicos y fisicoquímicos que permitan emplear dichas aguas ya tratadas en otros servicios secundarios con base en la **Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios** como en el riego de cultivos o en la evacuación de los sanitarios y mingitorios.

Agua cruda para obtener agua potable

La calidad del agua cruda oscila grandemente de una fuente a otra; por ello, el tipo de tratamiento requerido para producir agua potable también varía. Esto depende de la calidad del agua cruda obtenida que puede ser de escurrimiento cuyo destino es una cuenca, presa, ríos, entre otros, el grado de complejidad del tratamiento es diferente y se basa en la **Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994** Salud Ambiental, agua para uso y consumo humano – límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.

Muestreo de las Aguas

Para evaluar los tipos y cantidades de las sustancias presentes en los diferentes tipos de aguas, se requiere hacer mediciones representativas de su calidad, por lo que se establece un plan de muestreo.

En el diseño de muestreo se deben incluir indicaciones como son: objetivo del muestreo, el número de muestras, los sitios de recolecta, costos, variables que se muestrean, si se trata de monitoreo, si es agua residual, residual tratada, potable, cuenca, ríos, presas, si se trata de muestras simples o compuestas, entre otros, así como se debe especificar que los resultados de los análisis que se obtengan son los programados en el diseño.

La calidad química del agua incluye el análisis de un volumen estándar de agua en una muestra aleatoria y mediciones directas en campo de un elemento determinado en el medio líquido en estos casos, existen instrumentos necesarios que permiten mediciones directas en los sitios de muestreo como son: espectrofotómetros, potenciómetro, puentes de conductividad eléctrica, medidores de oxígeno disuelto, turbidímetro, termómetros digitales y sondas con electrodos con sensores conectados a un monitor generalmente estos se utilizan para determinar parámetros físicos en aguas de lagunas, presas y cuencas, en seguida se presentan algunos de los equipos figuras (3, 4 y 5).



Fig. 3 ANÁLISIS ELECTROQUÍMICO
Medidor Digital de Conductividad Eléctrica y de Sólidos Totales



Fig. 4 MEDIDOR DE OXÍGENO DISUELTO
Este equipo se utiliza para medir Contaminación, aireación y absorción de oxígeno en corrientes de agua



Fig. 5 TURBIDÍMETRO
El turbidímetro portátil permite realizar análisis exactos en una variedad de tipos de muestras lectura directa en (NTU)



Para realizar los muestreos es necesario basarse en la norma mexicana de la secretaria de comercio y Fomento Industrial **NMX-AA-003-1980 Muestreo y Aforo** esta norma establece los lineamientos generales y recomendaciones para muestrear las descargas de aguas residuales provenientes de las industrias, actividades agroindustriales de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal, con el fin de determinar sus características físicas y químicas debiéndose observar las modalidades indicadas en las normas de métodos de prueba correspondientes.

El muestreo es la parte más importante de la caracterización de las aguas, este depende principalmente del objetivo del estudio a realizar, para obtener resultados de calidad se requiere seguir los pasos siguientes o etapas.

- a) **Primera etapa Trabajo de Gabinete:** es necesario estructurar el protocolo o diseño de la toma de las muestras antes de salir a campo a su recolecta, por lo que es conveniente primeramente hacer un recorrido preliminar del sitio; con la información obtenida ubicar el o los sitios de muestreo en un mapa o diagrama, preparar hojas de campo que serán utilizadas en la toma de datos del sitio de muestreo; hojas de toma de datos de parámetros físicos y químicos en el sitio de muestreo, etiquetas que identifiquen las muestras, preparar material y equipo que se utilizará para la colecta de las muestras y toma de parámetros en campo, así como medidas de protección con base en las normas de higiene y seguridad.
- b) **Segunda etapa Trabajo de campo** toma de las muestras en el o los sitios seleccionados con base en la norma de muestreo y aforo (Equipo, material y formatos).
- c) **Tercera etapa Transporte de las muestras al laboratorio** Condiciones de transporte de las muestras con base en la temperatura y equipo que indica la norma de muestreo y aforo (Hielera temperatura a 4°C).
- d) **Cuarta etapa Almacenado** de las muestras condiciones de almacenamiento y tiempo de determinación de las muestras problema con base en la norma de muestreo y aforo (Refrigeración 4°C, tiempo máximo de análisis 72 horas).
- e) **Quinta etapa Análisis en el Laboratorio** los análisis programados en el estudio con base en el objetivo.

En estudios especiales el sistema de muestreo y la toma de las muestras se programan de manera diferente, de acuerdo con el tipo de agua y su aplicación, el tiempo de intervalo entre la toma de la primera muestra y las demás es programado de la siguiente manera, una hora, dos horas, una semana, etcétera, así como la frecuencia.

Si se trata de aguas residuales industriales que contienen metales pesados, se tomara una muestra adicional a la cual el recipiente debe contener un conservador que en este caso puede ser ácido nítrico.



En el caso de que se trate de muestras de agua tomadas en el influente o efluente de una planta de tratamiento, y los análisis sean sólidos totales, sólidos sedimentables y sólidos disueltos, así como DBO y DQO se tomarán aproximadamente 5 litros de la muestra y el tiempo de análisis en el laboratorio es menos de 24 horas.

A menudo una muestra de agua recolectada en un río de forma aleatoria y obtenida en un recipiente de cristal o de plástico limpio es satisfactoria para un análisis preliminar. Una sola muestra puede ser representativa del caudal en el momento de ser tomada. Las muestras obtenidas semanal o mensual en diferentes ríos pueden proporcionar indicadores de la calidad a través del tiempo. Una vez obtenidas puede que sea necesario tratar las muestras aleatorias obtenidas a fin de evitar la degradación de sus componentes con base en las características por obtener.

Características de las muestras de agua recolectadas en el sitio de muestreo

Generalmente las características que se obtiene en el sitio de la toma de las muestras son: color, olor, pH, conductividad eléctrica, temperatura y turbidez, esto dependerá del equipo de campo que se tenga.

Como obtener Muestras Simples o Compuestas

Son aquellas tomadas en el punto de descarga, recopilada en función del flujo de ese momento, refleja cualitativa y cuantitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan las descargas. La toma de cada muestra simple se hace de manera continua, en día normal de operación. El volumen de cada muestra simple para formar la muestra compuesta se determina mediante la siguiente ecuación:

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

Dónde: VMS_i = Volumen de cada una de las muestras simples.

VMC = Volumen de la muestra compuesta necesaria para los análisis de laboratorio en litros.

Q_i = CAUDAL medido en las descargas en el momento de tomar la muestra (V/T)

Q_i = Caudal Inicial

Q_t = Caudal total

El caudal se expresa en L/seg, m³/hr y m³/día

$$Q_t = \sum Q_i \text{ hasta } Q_n \left(\frac{1}{\text{seg}} \right)$$

Para determinar el volumen de cada una de las muestras que intervienen en una muestra compuesta se aplica la ecuación anterior y se explica por medio del siguiente problema.



Problema para obtener el volumen de una muestra simple

Calcular el volumen proporcional de cada una de las muestras simples tomadas en el ciclo de 24 horas, para formar una muestra compuesta de 8 litros con base en los datos señalados en el siguiente cuadro.

Número de muestra	Gasto (L/S)	Cálculo	Volumen (L) de muestras simples
1	325	$1500 \text{ L/S} - 8 \text{ L}$ $325 \text{ L/S} \rightarrow X$	1.7
2	475	$1500 \text{ L/S} - 8 \text{ L}$ $475 \text{ L/S} \rightarrow X$	2.5
3	420	$1500 \text{ L/S} - 8 \text{ L}$ $420 \text{ L/S} \rightarrow X$	2.4
4	280	$1500 \text{ L/S} - 8 \text{ L}$ $280 \text{ L/S} \rightarrow X$	1.4
	1,500 L/S		8 L

La información detallada del muestreo se encuentra en el manual para el Laboratorio de la Unidad de Aprendizaje de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas.

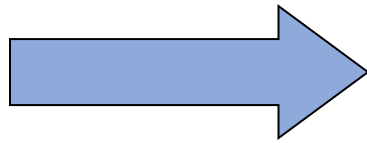
Continuación de la Primera Etapa del Proyecto de Titulación

En esta etapa, el ante proyecto ya fue corregido, cotejado con guía de observación y aceptado para continuar con el proyecto de titulación de la Unidad de Aprendizaje de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas. El profesor estará monitoreando las actividades programadas por los alumnos.

Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2. Se tienen programada una práctica.

Práctica No. 3. Muestreo de agua y toma de datos en el sitio: aforo o caudal, pH, conductividad eléctrica (C. E.), temperatura, color, olor aparente y turbiedad.

El sitio de muestreo programado es en la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas El Rosario, se utiliza equipo portátil en la toma de parámetros en dos sitios el influente (agua que será tratada) y agua del efluente (tratada), en los sitios de muestreo se hacen las siguientes determinaciones: pH, conductividad eléctrica (C.E.), sólidos disueltos totales (SDT), temperatura y salinidad son determinadas con un equipo multiparamétrico y la turbidez con turbidímetro, el color y olor son determinados por observación siendo esta una determinación aparente.



Evidencias de Aprendizaje

Unidad 1



¡Reafirmando Conocimientos!

**Evidencia 1. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1**

Nombre _____ Grupo _____ Calificación _____

INSTRUCCIÓN: relacionar correctamente las columnas

1	()	Son componentes típicos de las aguas residuales municipales.	A	NOM-002-SEMARNAT-1996
2	()	Norma que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	T	Fertilizantes que contienen macro nutrientes, elementos secundarios, microelementos, materia orgánica, meso fauna y microfauna.
3	()	Operaciones unitarias físicas que corresponden al tratamiento preliminar.	X	Volcanes, montañas, presas, cuencas, lagos y ríos.
4	()	El ingreso de un agua residual municipal a una planta de tratamiento se nombra.	S	Influyente.
5	()	Norma que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.	C	Grasas, aceites, materia orgánica, detergentes y poblaciones biológicas patógenas.
6	()	Operaciones unitarias físicas utilizadas en el tratamiento primario.	E	NOM-001-SEMARNAT-1996
7	()	Las fuentes principales del agua cruda que será potabilizada son:	L	Efluente.
8	()	Son algunos componentes de las aguas agrícolas.	N	Filtración, sedimentación y filtración.
9	()	Norma que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios públicos.	Q	Cribas, desarenadores, desmenuzadores y aireadores.
10	()	La salida del agua de la planta de tratamientos se nombra.	V	NOM-003-SEMARNAT-1997

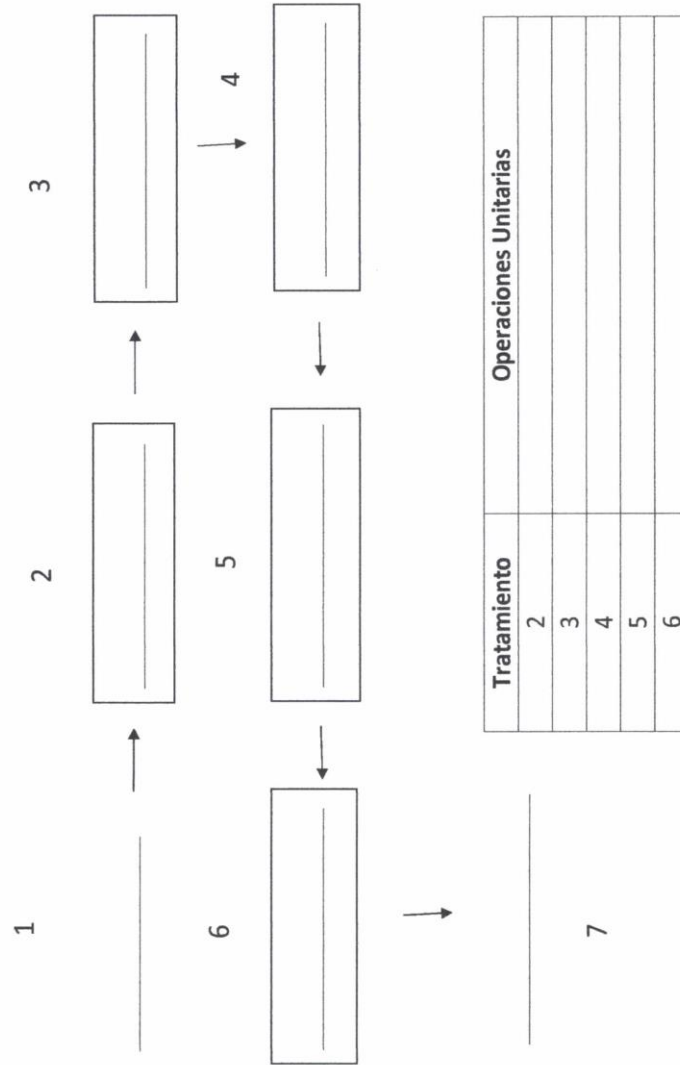
VALOR DEL REACTIVO: UN PUNTO**VALOR DE LA SECCIÓN: DIEZ PUNTOS**



Evidencia 2. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1

PROCESO DE TRATAMIENTO

Instrucciones: En el diagrama de flujo anote la secuencia del proceso de tratamiento de un agua residual municipal y en el cuadro especifique las operaciones unitarias de cada tratamiento.





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR



Evidencia 3A. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1

RUBRICA PARA ELABORAR UN PROYECTO

PUNTOS IMPORTANTES QUE DEBE CONSIDERAR EL PROFESOR PARA ESTRUCTURAR UN PROYECTO

DESEMPEÑO	3	2	1
Pertinencia del proyecto de titulación	El tema (s) está relacionado con las ocho unidades de aprendizaje del sexto semestre.	El tema (s) está relacionado con la mitad de las unidades de aprendizaje del sexto semestre.	El tema (s) está relacionado con una unidad de aprendizaje del sexto semestre.
Diseño de la planeación del proyecto de titulación	Se consideran saberes previos del programa académico en la estructuración del proyecto.	Se consideran saberes previos de algunas unidades de aprendizaje del programa académico en la estructuración del proyecto.	Se consideran saberes previos de una o dos unidades de aprendizaje del programa académico en la estructuración del proyecto.
El título	Es atractivo para otros usuarios y contiene el número adecuado de palabras que lo representan.	Genera interés en algunos usuarios externos y la cantidad de palabras es menor a la normatividad vigente.	Genera poco o ningún interés en la mayoría de los usuarios externos y la cantidad de palabras es solo una.
Aprendizajes previos	Se consideran los aprendizajes previos de las diferentes unidades de aprendizaje (humanísticas, básicas y tecnológicas).	Se consideran aprendizajes previos de algunas unidades de aprendizaje solamente.	Se consideran aprendizajes previos de solo una o dos unidades de aprendizaje.
Estrategias de enseñanza	Las estrategias de enseñanza generan en el docente un conflicto cognitivo y logran un papel de mediador o facilitador contribuyendo en la estructuración del proyecto.	Las estrategias de enseñanza generan conflicto cognitivo en la estructuración del proyecto, aunque el papel del docente se presenta como expositor y directivo.	Las estrategias de enseñanza no generan conflicto cognitivo en la estructuración del proyecto.
Actividades	Se presentan de manera ordenada considerando permanentemente el	Se presenta de manera ordenada considerando en algunos momentos el objetivo del proyecto	Se presenta de manera ordenada considerando el objetivo del proyecto

pag.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

**Evidencia 3B. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1**

	objetivo del proyecto sin perder el interés en el alumno.	sin perder el interés en el alumno.	sin tomar en cuenta el interés en el alumno.
Aprendizaje social	Predomina en las actividades grupos colaborativos.	Considera la integración de equipos de trabajo sin contemplar actividades colaborativas.	No predominan trabajos realizados en equipo.
Impacto	Considera el impacto académico sustentable, social y político en la planeación, desarrollo y evaluación del proyecto	Considera el impacto académico sustentable en los siguientes momentos: la planeación, desarrollo y evaluación del proyecto.	Considera sólo el impacto académico sustentable en al menos uno de los siguientes momentos: la planeación, desarrollo y evaluación del proyecto.
Tiempo y recursos	Se establece un cronograma de actividades y se consideran los recursos necesarios.	Se establecen los recursos necesarios para realizar el proyecto.	Los recursos que se requieren no son disponibles para los alumnos.
Producto	Establece claramente el producto a obtener.	Son confusas las indicaciones que se pretenden realizar para la elaboración del proyecto.	No establece el producto a obtener por los alumnos.
Movilización de saberes	Al concluir el proyecto, provoca la generación de más dudas sobre el tema.	Al concluir el proyecto, provoca la generación de una o dos dudas sobre el tema.	Al concluir el proyecto, no provoca la generación de dudas.
Evaluación	Menciona y expone los instrumentos de evaluación en los productos a obtener.	Sólo menciona los instrumentos de evaluación en los productos a obtener.	No incluye los instrumentos de evaluación en los productos a obtener.
Bibliografía	Contiene fuentes de consulta especializadas y actualizadas.	Contiene fuentes de consulta especializadas pero no actualizadas.	Contiene fuentes de consulta sin referencia bibliográfica.



**Evidencia 1. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2**

Nombre _____ Grupo _____ Calificación _____

INSTRUCCIÓN: relacionar correctamente las columnas

1	()	Norma Oficial Mexicana Salud Ambiental, agua para uso y consumo humano – límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.	Z	Aguas residuales industriales.
2	()	Aguas de mantenimiento automotriz, gasolineras, tintorerías, lavanderías, baños públicos, hospitales, hoteles, lavado de fotografía y restaurantes.	W	NOM-127-SSA1-1994
3	()	Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios.	X	Ácido nítrico como Conservador de la muestra.
4	()	Es un líquido de composición variable proveniente de uso municipal, residual, comercial, agrícola, pecuario, forestal o de cualquier otra índole ya sea pública o particular y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original.	Ñ	Primera etapa del muestreo.
5	()	Para realizar los muestreos es necesario basarse en la norma mexicana establece los lineamientos generales y recomendaciones para muestrear las descargas de aguas residuales provenientes de las industrias, actividades agroindustriales de servicios.	Y	Segunda etapa del muestreo.
6	()	En el caso de que se trate de muestras de agua tomadas en el influente o efluente de una planta de tratamiento, y los análisis sean ST, SS, SD, DBO y DQO la cantidad de muestra por recolectar es:	M	Aguas residuales.
7	()	Se requiere hacer un recorrido preliminar en la toma de la muestra.	K	NMX-AA-003-1980
8	()	Aguas de procesos de extracción, beneficio, transformación o generación de bienes de consumo o de actividades complementarias.	G	NOM-003-SEMARNAT-1997
9	()	Trabajo de campo toma de las muestras en el o los sitios seleccionados con base en la norma de muestreo y aforo	Q	Aguas residuales de servicios.
10	()	En el muestreo cuando se trata de aguas industriales que contienen metales pesados se requiere agregar al envase.	P	La cantidad de muestra que se requiere son cinco litros.

VALOR DEL REACTIVO: UN PUNTO**VALOR DE LA SECCIÓN: DIEZ PUNTOS**

**Evidencia 2. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2**

Nombre _____ Grupo _____ Calificación _____

INSTRUCCIÓN: completé correctamente las siguientes preguntas.

1. Son parámetros que se determinan en el sitio de muestreo. _____
2. Se expresa en L/seg, m³/hr y m³/día. _____
3. Son componentes típicos de las aguas residuales municipales. _____
4. Es la muestra de agua tomada en el punto de descarga, recopilada en función del flujo de ese momento. _____
5. La caracterización de las aguas en cualquier laboratorio se realiza mediante pruebas. _____

VALOR DEL REACTIVO: UN PUNTO**VALOR DE LA SECCIÓN: CINCO PUNTOS****INSTRUCCIÓN:** resuelva correctamente el siguiente problema.

1. Calcular el volumen proporcional de cada una de las muestras simples tomadas en el ciclo de 24 horas, para formar una muestra compuesta de 12 litros con base en los datos señalados en el siguiente cuadro.

Número de muestra	Gasto (L/S)	Cálculo	Volumen (L) de muestras simples
1	400		
2	500		
3	700		
4	600		

VALOR DEL REACTIVO: UN PUNTO**VALOR DE LA SECCIÓN: CINCO PUNTOS**



Evidencia 3. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

UNIDAD DE APRENDIZAJE:

LISTA DE COTEJO PARA EVALUAR ANTE- PROYECTO: poner (N) donde no cumpla y un (S) de aceptado.

No Eq.	INTEGRANTES	1 CARATULA									2 OBJETIVO	3. ANTECEDENTES	4. FUNDAME NTACIÓN	5. METODOLOGIA	6 ESTRUCTU RA DEL TRABAJO.	7. METAS	8. IMPACTO SOCIAL, ECONÓMICO, AMBIENTAL Y POLÍTICO.	9. CALENDARIO DE ACTIVIDADES																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
		a	b	c	d	e	f	a	h	i								2	3	4	5	6			7	8	10. DIAGRAMA			11. BIBLIOGRAFIA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				



UNIDAD No. 2

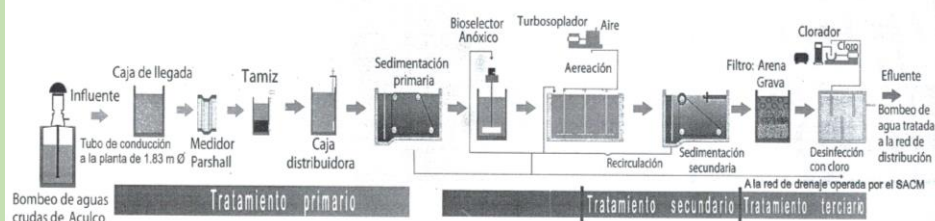
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS

RAP 1. Aplica las operaciones unitarias en el tratamiento preliminar, primario, secundario, terciario y terciario avanzado en los diferentes tipos de agua para obtener su aprovechamiento con base en la Normatividad Vigente.

CONTENIDO

- * Operaciones unitarias y técnicas de tratamiento preliminar y primario
- * Características físicas: color, olor, turbiedad y sólidos
- * Características químicas: pH, C.E., SAAM, grasas y Aceites, DBO_5 y DQO
- * Características microbiológicas: cuenta total de poblaciones microbiológicas
- * Segunda Etapa del Proyecto de Titulación
- * Prácticas 4 a la 10

Planta de tratamiento de aguas residuales Cerro de la Estrella



Diferentes sistemas de tratamiento de las aguas residuales

Se tienen muy diversos sistemas de tratamiento de las aguas residuales, en donde en algunos casos las operaciones unitarias a aplicar son al inicio del proceso de tratamiento (**acondicionamiento del agua residual**), se trata de humedales artificial urbano, son sistemas construidos por el ser humano que constan de tres componentes: plantas, microorganismos y medios de soporte, cuya interacción promueve la remoción de contaminantes por medio de mecanismos físicos, químicos y biológicos, lo que permite el establecimiento de un ecosistema equivalente a un humedal natural; el agua obtenida es caracterizada y si presenta calidad recomendable puede ser aplicada en riego de especies vegetales no comestibles (Figuras 6, 7 y 8). En estos casos el costo de infraestructura es menor que el de una planta de tratamiento convencional.



Fig. 6 Humedal artificial.

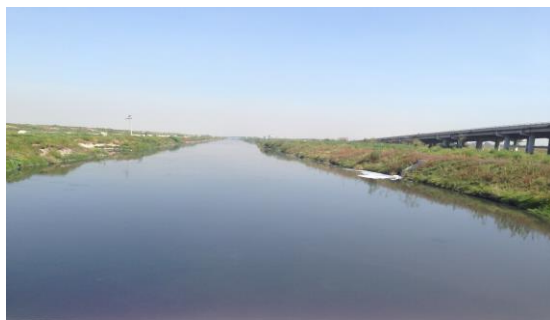


**Fig. 7 Planta utilizada para el tratamiento de las aguas
Indicador de fertilizantes.**



Fig. 8 Agua tratada recomendada para riego.

También se tienen otros procesos como es el tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización (Figuras 9, 10, 11 y 12) este se aplica en espacios abiertos, es un sistema de tratamiento que no requiere un costo elevado de operación y se adecua a comunidades de pocos recursos.



**Fig. 9 Río la Compañía localizado en el
Ex-lago de Texcoco.**



**Fig. 10 Entrada al proceso de tratamiento por
Lagunas de estabilización u oxidación.**



Fig. 11 Lagunas de estabilización.



Fig. 12 Agua tratada utilizada para riego de áreas verdes.

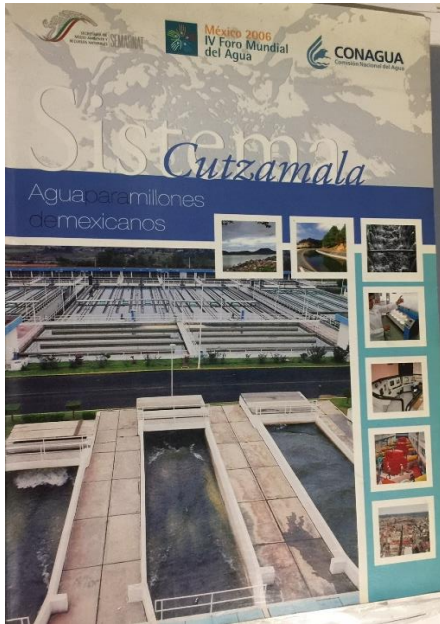


Fig. 13 Planta potabilizadora de agua cruda.

El sistema Cutzamala aprovecha el agua de la cuenca alta del río del cual toma su nombre. Está conformado por las presas Tuxpan y el Bosque, en Michoacán; Colorines, Ixtapan del Oro, Valle de Bravo y Villa Victoria. Las aguas crudas son procesadas agregando reactivos químicos, el proceso de tratamiento es controlado en el laboratorio (efluente), donde se realizan los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos el agua tratada (potabilizada), es bombeada y un 70% se queda en el estado de México y el 30% restante se envía a la Ciudad de México.

Existen diferentes plantas de tratamiento con características específicas en su infraestructura y en el proceso de tratamiento como son: a) Sistema de desalinización para suministro público y uso industrial, este sistema permite desalar aguas superficiales y de desecho con elevada carga orgánica. b) Planta de tratamiento de aguas residuales procedentes de petroquímica, pinturas, industria del papel, cementera, pesticidas, entre otras aguas residuales que generan las diferentes industrias.



Operaciones unitarias y técnicas de tratamiento preliminar y primario

Tratamiento Preliminar o pretratamiento

Consiste en separar de las aguas residuales los materiales que puedan obstruir o dañar las bombas, o interferir con los procesos siguientes del tratamiento.

Los principales objetivos por los que se aplican estos dispositivos para el tratamiento preliminar son: a) Separar o disminuir el tamaño de los sólidos orgánicos grandes que flotan o están suspendidos, generalmente son trozos de madera, telas papel basura en general, junto con materia fecal. b) Separar los sólidos inorgánicos pesados como las arenas, gravas, objetos metálicos, entre otros. c) Separar grasas y aceites que generalmente se encuentran en las aguas municipales.

Operaciones unitarias que se aplican en el tratamiento preliminar

* **Cribado:** operación unitaria que es utilizada para separar sólidos de distintos tamaños, se utilizan barras y rejas de diferentes aberturas (cribado grueso espaciadas desde 2 hasta 15 centímetros y fino las aberturas en este caso son de 3 milímetros o menores).

* **Desmenuzadores:** los molinos, cortadores y trituradoras, son dispositivos que sirven para romper o cortar los sólidos hasta un tamaño que permita que se puedan integrar a las aguas por tratar sin peligro de que se obstruyan las bombas o tuberías, y esto afecte a los tratamientos siguientes. La mayoría de estos aparatos se construyen con hojas dentadas o afiladas que pueden ser fijas o móviles, al reducir los sólidos estos pueden pasar a través de las cribas que pueden tener aberturas de 6 milímetros.

* **Desarenadores:** las aguas contienen, por lo general de sólidos inorgánicos como arenas, cenizas y gravas, su cantidad varía de acuerdo con el tipo de colector. Las arenas pueden dañar las bombas y tanques de sedimentación en la digestión de los lodos, por lo que son eliminados por medio de cámaras desarenadoras. Estas se localizan antes de las bombas o de los desmenuzadores. Se diseñan como grandes canales disminuyendo la velocidad para que se depositen los sólidos pesados el tiempo de retención varia manteniendo en suspensión el material orgánico. En algunos casos se inyecta aire para separar los materiales pesados y la materia orgánica se mantenga flotando.

* **Tanque de preaeración se colocan antes del tratamiento primario:** la finalidad de esta operación es eliminar mayor cantidad de sólidos suspendidos en el tanque de sedimentación, esto se logra introduciendo aire en las aguas residuales durante un periodo de 20 a 30 minutos a la velocidad que se determine.

a) Ayuda a la eliminación de grasas y aceites que arrastran las aguas residuales (negras).



- c) Refrescar las aguas negras sépticas antes de llevarse a cabo el tratamiento.
- d) Disminuir la DBO.

Tratamiento Primario

La función principal del tratamiento es retirar de las aguas residuales los sólidos orgánicos e inorgánicos **sedimentables** por medio de procesos **físicos** los cuales se llevan a cabo al reducir la velocidad del flujo, este llega a reducirse de uno a dos cm/seg. Los tanques de sedimentación en algunos casos sirven para descomponer los sólidos orgánicos lo cual se conoce como **digestión de los lodos**.

Los sedimentadores primarios, remueven entre 50% y 70% de sólidos suspendidos y entre 25% y 40% de DBO, el propósito de esta sección es describir las diferentes clases de sedimentadores usados en el tratamiento primario, considerar su desempeño y revisar algunos parámetros importantes. En grandes plantas de tratamiento la remoción de SST se realiza en tanques de sedimentación circulares o rectangulares, con excepción de plantas que cuentan con tanques Imhoff.

Se tienen diferentes tipos de tanques sedimentadores

Tanque séptico: es el más antiguo, su diseño permite mantener las aguas a una velocidad muy baja, el proceso es anaerobio, el periodo dura de 12 a 24 h, elimina gran cantidad de sólidos sedimentables y gases. La eficiencia no es muy recomendable y solo se recomienda en instalaciones pequeñas casas, escuelas, entre otras.

Tanque de doble acción o IMHOFF: este tiene mayor eficiencia ya que impide que los sólidos que han sido separados se mezclen impidiendo que estos se descompongan en la misma unidad. Proporciona un efluente adaptable y se elimina la digestión anaerobia disminuyendo el periodo de retención en el tanque, algunos pueden ser rectangulares o circulares.

Operación del tanque de IMHOFF: 1) Se deben eliminar diariamente las grasas, aceites y sólidos flotantes del tanque de sedimentación. 2) Separar los lodos semanalmente. 3) Se cambia el sentido del flujo una vez al mes. 4) Se controlan las natas. 5) Se descargan los lodos antes de llegar a 45 cm del compartimento de sedimentación. 6) Prevención de la formación de espuma asociado con la acidez de los lodos la cual puede ser controlado con cal. Adecuado para pequeños municipios aproximadamente de 5,000 habitantes o menos.

Tanques de sedimentación simple

Su función principal consiste en separar los sólidos sedimentables de las aguas residuales, mediante el proceso de sedimentación, estos son retirados constantemente para que no se generen gases.

Los sólidos restantes son acumulados por gravedad en una tolva y posteriormente son bombeados o descargados. A estos tanques por utilizar equipo mecánico para colectar los sólidos en la tolva se les conoce como **tanques de sedimentación simple con limpieza mecánica**.

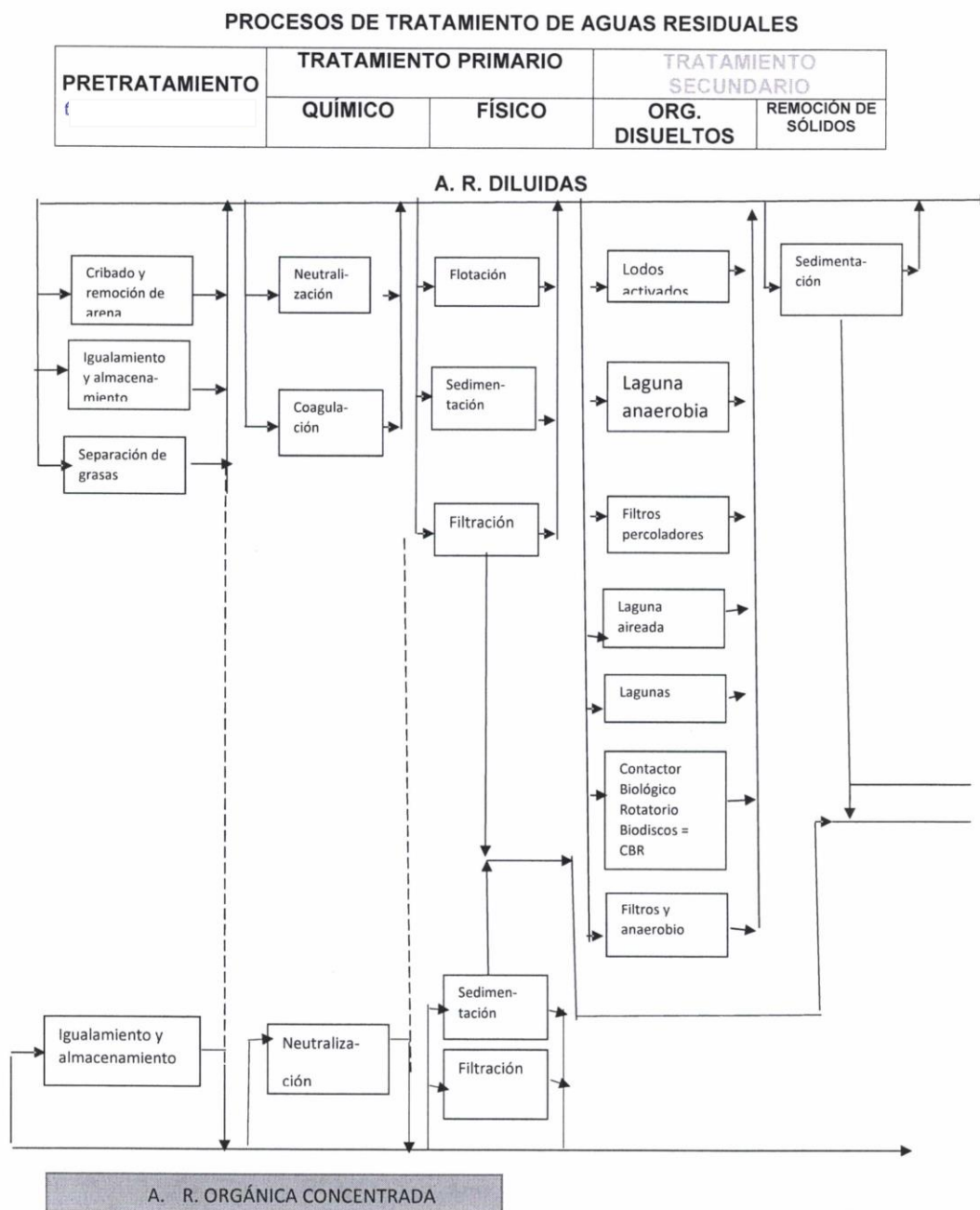


Fig. 14 Operaciones Unitarias físicas y químicas que se aplican en el tratamiento preliminar o pretratamiento y primario

Tipos de tanques de sedimentación primaria

Todos operan con el mismo principio de recolección de los sólidos sedimentables por medio de **rastras** de movimiento lento que los dirigen hacia el sitio de descarga. Los sedimentadores primarios pueden ser rectangulares o circulares y por lo general están diseñados para tener de 1 a 3 h de tiempo de retención en este proceso lo que les permite eliminar de 50% a 70% de sólidos en suspensión, reduciendo el contenido de DBO. La mayoría de los sedimentadores tienen la función de recolectar los lodos y las natas.

En los tanques rectangulares las espumas y los lodos se recolectan por rastras o paletas, las cuales se mueven en la superficie y dirigen a una canaleta las grasas y sólidos flotantes. Los tanques también cuentan con sistema de recolección de lodos.

En el tanque circular las rastras son unidas a los brazos de rotación, lo que permite eliminar las espumas y grasas de la superficie, en este caso los lodos son retirados por medio de un sifón el cual los succiona.



Fig. 15 Tanque de sedimentación primaria de forma circular.

Algunos fabricantes han diseñado equipos que llevan a las aguas residuales de alimentación cerca del fondo del tanque, de donde fluyen hacia arriba y radialmente a través de una capa de lodos, hacia la salida de la periferia. Esto se conoce como **clarificadores de flujo ascendente** y tienen la ventaja de introducir los sólidos por el fondo.

Vertedero de salida: su diseño es variado, se tienen aquellos en donde las aguas residuales sedimentadas salen en forma de película delgada por la superficie del tanque se deben nivelar las descargas en la salida para que sean uniformes.



Para calcular el caudal (agua de salida al siguiente proceso) se aplica la siguiente ecuación en el sitio de muestreo.

$$VMSi = VMC \times (Qi/Qt)$$

Dónde: **VMSi** = Volumen de cada una de las muestras simples.

VMC = Volumen de la muestra compuesta necesaria para los análisis de laboratorio en litros.

Qi = CAUDAL medido en las descargas en el momento de tomar la muestra (V/T)

Qi = Caudal Inicial **Qt** = Caudal total

El caudal se expresa en L/seg, m³/hr y m³/día

$$Q_t = \sum Q_i \text{ hasta } Q_n \left(\frac{1}{\text{seg}} \right)$$

$$Q = V/T \quad Q = \text{caudal} \quad V = \text{volumen del tanque} \quad T = \text{tiempo de retención}$$

Capacidad superficial de sedimentación: esta se expresa en L/m² de superficie del tanque basado en el gasto diario de las aguas residuales por tratar.

Periodo de retención: es el tiempo en horas que se retienen las aguas residuales en el tanque, basándose en el **gasto y en el volumen del tanque**, suponiendo un desplazamiento total y un flujo uniforme a través del compartimento de sedimentación. En la actualidad este factor se ha reemplazado por la carga de los vertederos y la capacidad superficial de sedimentación basándose en el **gasto de diseño**, los **periodos de retención** deben ser **mínimo 2 horas**.

Para calcular el volumen del tanque la ecuación por aplicar es de acuerdo con la forma si es circular o rectangular.

Para un tanque rectangular se aplica la siguiente ecuación:

$$V = L \times A \times P \quad V = \text{volumen del tanque} \quad L = \text{largo del tanque} \quad A = \text{ancho del tanque}$$

P = profundidad del tanque

Para calcular el tiempo de retención de los tanques se aplica la siguiente ecuación:

$$T = V/Q \quad T = \text{tiempo de retención} \quad V = \text{volumen del tanque} \quad Q = \text{caudal}$$



Eficiencia de los tanques de sedimentación simple: como el proceso de sedimentación de los sólidos en los tanques de sedimentación simple, es el mismo que en el compartimento de sedimentación de los tanques de doble acción, debe esperarse que los resultados sean similares. Deben eliminar cerca del 90% a 95% de sólidos sedimentables, o sea un 40% o 60% de los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales. La DBO debe disminuir en un 25% a 35%.

Para calcular la eficiencia del proceso de tratamiento se aplica la siguiente ecuación:

$$\%EF = \frac{DBO_i - DBO_f \times 100}{DBO_i}$$

en donde:

EF = Eficiencia del proceso de tratamiento

DBO_i = Demanda Bioquímica de Oxígeno inicial

DBO_f = Demanda Bioquímica de Oxígeno final

Para aplicar las siguientes ecuaciones se plantean los siguientes problemas:

Problema que indica como calcular el volumen del tanque y el tiempo de retención

Un tanque de sedimentación simple de forma rectangular tiene 38 cm de largo, 11 m de ancho y 8 m de profundidad en el nivel de flujo, el gasto o caudal es de 20,000 m³/24h diarios calcular.

	Ecuación	Cálculos	Resultado
A) Volumen del Tanque	$V = L \times A \times P$	$V = 38m \times 11m \times 8m$	3,344m³
B) Tiempo de Retención en horas	$Tret. = \frac{V(\text{tanque})}{Q(\text{caudal})/24h}$	$Tret. = \frac{3,344m^3 \times 24h}{20,000m^3}$	4h

Nota: el tiempo de retención no debe ser mayor a 3h, en el problema anterior el diseño del tanque se encuentra fuera de norma.



Problema como calcular el porciento de eficiencia en una planta de tratamiento

Calcular el porciento de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de la unidad “El Rosario” si el DBO_5 en el influente (inicial) es de 325 mg/L, mientras que el DBO_5 del efluente (final) es de 40 mg/L.

Ecuación	Cálculos	Resultado
$\%EF = \frac{\text{DBO}_i - \text{DBO}_f \times 100}{\text{DBO}_i}$	$\%EF = \frac{325 - 40 \times 100}{325}$	$\%EF = 87.69$

Definiciones de operaciones unitarias

Flotación: proceso utilizado para separ sólidos de baja densidad o partículas líquidas de la fase acuosa. La separación se lleva a cabo introduciendo o burbujeando un gas en la fase acuosa.

Sedimentación: operación utilizada en el tratamiento de aguas residuales para separar sólidos en suspensión, su principio es la separación por diferencia de peso entre las partículas sólidas y el líquido en donde se encuentran suspendidas.

Cribado: operación utilizada para separar sólidos de distintos tamaños, se utilizan barras y rejillas de diferentes aberturas (cribas)

Filtración: operación aplicada en la separación de sólidos en suspensión utilizando un material filtrante específico para los sólidos que se desean separar (contacto interfacial), ejemplo de materiales utilizados arena, carbón activado, zeolita y también se puede utilizar el propio cribado.

Neutralización: operación cuyo propósito es el acondicionamiento de las aguas residuales para la descarga en los receptores; disposición a la red de alcantarillado municipal, aguas provenientes de industrias y para el tratamiento subsecuente en una planta de tratamiento.

Características físicas: color, olor, turbiedad y sólidos

Generalmente las características físicas de las aguas residuales se encuentran combinadas con algunos componentes químicos o biológicos. Muchas de las determinaciones incluidas como el **color, olor, conductividad eléctrica, temperatura y turbidez**, satisfacen inequívocamente esta categoría, pero no siempre pueden separarse totalmente de la composición química y biológica.



Algunas de las técnicas que se utilizan para la caracterización física, como son las propiedades de agregación de algunos componentes como (Ca y Mg) o la saturación de CaCO_3 , pueden ayudar a este proceso.

Para examinar el aspecto físico general de una muestra de agua conviene recurrir a términos que describan brevemente sus características más apreciables. Estos términos se refieren a la presencia de color, turbidez, sólidos en suspensión, crustáceos, larvas, gusanos, sedimentos, material flotante o partículas similares, **en general todo lo detectable a simple vista, olfato o el gusto como es el caso del agua potable.**

Color y medición en las aguas residuales

El color es una apreciación visual, debido a que en un momento determinado en el agua puede observarse una tonalidad gris, siendo este referido a un color resiente (**agua fresca**), si esa misma agua después de un tiempo es observada el color cambia a una tonalidad (**negra**), en este caso ya se trata de aguas sépticas donde el material orgánico en descomposición ha proporcionado este cambio. El color del agua puede estar condicionado por la presencia de iones metálicos (hierro y manganeso), humus y turbas, de plantón, de restos vegetales y de residuos industriales.

El color de las aguas de escurrimiento: se debe principalmente al material de arrastre y al oxígeno disuelto presente en ellas, obteniéndose el fenómeno de oxidación acompañado de hidratación de los componentes minerales como el hierro, la magnetita (Fe_3O_4) se oxida a hemetita (Fe_2O_3) que al hidratarse produce óxidos férricos de color (rojo-café) como la limonita ($3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).



Fig. 16 Efecto de coloración del agua por oxidación del hierro.

La combinación de anhídridos con carbonatos insolubles de Ca, Mg y Fe, así como HCO_3 relativamente solubles, pueden aportar color en las aguas.

Para medir el color se pueden tener **interferencias** como la **turbidez o el valor del pH** ya que el color depende de estos parámetros, por lo que cuando se reporta el color, también se informa el valor del pH obtenido en la muestra.



Determinación de color en diferentes tipos de agua

El color puede ser determinado en el sitio de muestreo y se **denomina color aparente**, cuando el color es determinado en el laboratorio **se denomina color puro**.

La diferencia en la determinación consiste en la forma de procesar la muestra problema, en el **color puro** el agua es filtrada o centrifugada y el material en suspensión es retirado; en el caso del **Color aparente** el resultado obtenido engloba el color de las sustancias disueltas y el material en suspensión y su determinación es con la muestra problema sin filtrar. Cuando se trata de aguas residuales con exceso de color la determinación debe hacerse de las dos formas.

Se tiene algunos sistemas que pueden disminuir el color de las aguas al utilizar materiales porosos de diferentes composiciones como son: filtros de diatomeas, filtros mili-por, el más económico es preparando una mezcla de carbón activado con el agua problema y posteriormente utilizar papel filtro de 30 mallas.

Métodos más frecuentes para determinar el color:

1. Método del Cobalto-platino de potasio: en el cual se utiliza una serie de estándares de diferente concentración partiendo de una solución patrón de 500 unidades de color, este no es aplicado en aguas con colaciones intensas.

Unidades de color: **500 U = 1 mg/L de platino en forma de iones de cloroplatinato.**

2. Método espectrofotométrico: El color de una muestra filtrada describe la sensación percibida al observarla. La tonalidad **roja, verde, amarilla**, etc., se designa como **longitud de onda dominante**, el **grado de brillantez como luminancia** y la **saturación pálida (color claro), como pureza**. Este método se aplica en la determinación de **color en agua potable** y de **superficie**, y en aguas **residuales**, tanto **domésticas** como **industriales**. La **interferencia** más importante en este caso es la **turbidez de las aguas**.

Determinación de olor en diferentes tipos de agua

El **olor** se define por sí mismo es originado principalmente por compuestos como: H_2S , NH_3 , aminas y otros productos derivados de la degradación de la materia orgánica por actividad de los microorganismos. El olor es un parámetro específico de las aguas residuales, que, aunque no se estipula en la Norma es un indicador que auxilia al análisis de procedencia de las aguas residuales (hidrocarburos, aceites y solventes orgánicos entre otros). **El olor que se determina en campo y en el laboratorio es olor aparente.**



Determinación de turbidez en diferentes tipos de agua

Las aguas residuales son líquidos turbios que contienen materiales sólidos en suspensión, donde flotan cantidades variables de materiales como: trozo de alimento, basura, papel, astillas, material fecal y otros residuos de las actividades cotidianas de los habitantes de una comunidad, además pueden contener otra variedad de compuestos que causan la turbidez como son los jabones, detergentes y agentes emulsificantes.

Definición

Turbidez es el efecto óptico causado por dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través del agua cuando contiene pequeñas partículas en suspensión, sin embargo, **la turbidez no es igual a material en suspensión** ya que este último se elimina por filtración y la turbidez puede estar dada por partículas más pequeñas como las arcillas o sustancias coloidales.

Partículas que aportan turbiedad a las aguas

1) Sustancias en suspensión

- Inorgánicas: limos y arenas
- Orgánicas: material animal o vegetal

2) Sustancias disueltas

- Sales inorgánicas: OH , CO_3 , HCO_3 , SO_4 y Cl
- Sales orgánicas: NO_2 , NO_3 y NH_4
- Gases: CO_2 , O_2 y N_2

3) Impurezas coloidales

- Arcillas, sílice, hidróxidos de Fe y Al productos orgánicos residuales, ácidos húmicos y sustancias colorantes.

4) Bacterias y otros microorganismos

- Animales
- Vegetales
- Hongos y algas, entre otros.

Método Turbidimétrico o Nefelométrico para determinar la turbiedad o turbidez

Se basa en la comparación de intensidad de luz dispersa por la muestra en condiciones definidas, comparada con un patrón (**polímero formacina**). La turbiedad de una concentración específica de formacina la cual se define como el equivalente a **40 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)**.

Preparación de las muestras problema

a) En el caso que la muestra problema presente como resultado menos de 40 UNT la lectura se obtiene de manera directa.



b) En el caso que la muestra problema presente concentración mayor a 40 UNT y no se cuente con estándares de formacina preparados o solución estándar para ser preparados de 100 UNT o de 1000 UNT, se debe diluir la muestra problema con agua destilada, generalmente esto aplica en aguas residuales industriales.

Ejemplo de la preparación de la dilución

1ml problema + 5 ml de agua destilada = 6 ml

6 ml X 85 UNT (valor de turbiedad obtenida en la muestra diluida) = 510 UNT

Determinación de sólidos en diferentes tipos de agua

Los sólidos en las aguas se clasifican con base en su condición física y composición, estos se pueden encontrar en algunos casos disueltos y su cantidad no debe ser mayor a 0.1%, cuando su concentración es mayor para poderlos retirar de las aguas el proceso es muy complicado, como es el caso de aguas con altas concentraciones de sal. Las aguas que contiene mayor cantidad de sólidos flotantes el proceso es más fácil para retirarlos de las mismas.

Clasifican según su condición física y su composición

Sólidos Orgánicos (suspendidos y disueltos)

Origen: animal o vegetal incluyen sus desechos y compuestos orgánicos desechos (C, H y O₂) combinados con N, S, P, proteínas, grasas junto con sus productos de descomposición. (Actividades de microorganismos)

Sólidos inorgánicos (suspendidos y disueltos)

Sustancias inertes que no están sujetas a degradación, se les conoce como minerales y son: arenas, arcillas y sales que producen dureza Ca y Mg

Clasificación de los diferentes solidos del agua

- 1) **Sólidos suspendidos:** Son aquellos perceptibles a la vista, se separan por medio físicos (filtración o sedimentación), se tienen de dos tipos:
 - a) **Sedimentables** se determinan en el **Cono de IMHOFF** y son los obtenidos el **tiempo de una hora de reposo**, se expresa en **ml/L, ppm y mg/L** está constituido por 75% de sólidos orgánicos y 25% de sólidos inorgánicos.
 - b) **Coloidales** (orgánicos e inorgánicos), se define como la cantidad de sólidos suspendidos totales menos sólidos sedimentables.
 - c) **Sólidos disueltos, se pueden tener algunos de tipo coloidal** (40% de orgánicos y 60% de inorgánicos).
- 2) **Sólidos disueltos, se pueden tener algunos de tipo coloidal** (40% de orgánicos y 60% de inorgánicos).



Métodos para la remoción de sólidos y cálculo de estos

Los sólidos pueden afectar negativamente la calidad del agua cuando está a sido tratada, por ejemplo, cuando se tiene una abundante cantidad de sólidos disueltos inducen reacciones fisiológicas desfavorables. Para el agua potable el límite permisible es de 500 mg/L. El análisis de los sólidos es importante en el control de tratamiento biológico y físico de aguas residuales. Los métodos para determinar los sólidos en aguas potables, de superficie y salinas, así como para aguas residuales domésticas e industriales tienen una amplitud de 20,000mg/l.

1) Determinación de sólidos sedimentables (SS), método Volumétrico (cono de Imhoff)

Los resultados se expresan en: ml de sólidos/ litro = ml/L

2) Determinación de sólidos totales (ST), método Gravimétrico.

Se coloca una muestra de agua problema, en una cápsula de porcelana o platino a peso constante en una parrilla de calentamiento hasta sequedad total del líquido, posteriormente se coloca en una estufa a 103-105°C durante 24 h y por último la capsula se coloca en el desecador los sólidos depositados en la capsula pertenecen a los **Sólidos Totales**.

$$ST = \frac{[(B-A)] \times 1000}{V} = \text{g/L}$$

A = Peso de la cápsula a peso constante (g)

B = Peso de la cápsula con sólidos (g)

V = Volumen o Alícuota de la muestra problema (ml)

$$ST = SST + SDT$$

3) Sólidos suspendidos totales (SST) o sólidos no filtrables, método Gravimétrico.

La filtración se hace en un CRISOL GOOCH preparado con un papel filtro y puesto a peso constante. La cantidad de agua problema debe definirse con base en la cantidad de sólidos totales. posteriormente se coloca en una estufa a 103-105°C durante 24 h y por último el crisol se coloca en el desecador los sólidos determinados son los **Sólidos Suspendidos Totales no Filtrables**.

$$SST = \frac{[(B-A)] \times 1000}{V} = \text{g/L}$$

A = Peso del papel y el crisol a peso constante (g)

B = Peso del crisol, papel y sólidos a peso constante (g)

V = Volumen o Alícuota de la muestra problema (ml)

$$SST = ST - SDT$$



4) Determinación de sólidos disueltos totales (SDT), método Gravimétrico

En esta determinación se prepara una muestra de agua problema filtrándola previamente, posteriormente del líquido filtrado se coloca una alícuota en una cápsula de porcelana a peso constante. En una parrilla poner a evaporar o secar la muestra problema. Después poner en una estufa a 103°C a 105°C durante 24 h y por último la capsula se coloca en el desecador los sólidos depositados en la capsula pertenecen a los **Sólidos Disueltos Totales**

$$\text{SDT} = \frac{[(B-A)] \times 1000}{V} = \text{g/L}$$

A = Peso de la cápsula a peso constante (g)
B = Peso de la cápsula con sólidos (g)
V = Volumen o Alícuota de la muestra problema (ml)

$$\text{SDT} = \text{ST} - \text{SST}$$

5) Determinación de sólidos volátiles (SV), método Gravimétrico

Los sólidos volátiles, representan la materia orgánica, a pesar de que parte de la materia orgánica no se incinere y de que algunos compuestos inorgánicos se descompongan a altas temperaturas. De manera que tanto los ST como los SST poseen fracciones de sólidos de sólidos fijos y sólidos volátiles y en forma similar los sólidos disueltos totales SDT también están compuestos de sólidos fijos y sólidos volátiles.

Características Físicas que se emplean en el Influyente y Efluente de plantas de tratamiento para control de sus procesos de tratamiento son: Sólidos Sedimentables (SS) y Sólidos Suspendidos Total (SST).

Problema en donde se calcula la cantidad de sólidos

Calcular los mg/L de **sólidos suspendidos no filtrables** en el influente de la planta de tratamiento de agua residual Toluca Norte con base a los siguientes datos: el peso del crisol con el filtro de fibra de vidrio puesto previamente a peso constante es de 23.3281 g, el peso del crisol con los sólidos de la muestra problema 23.4893 g, el volumen o alícuota utilizado de la muestra problema es de 200 ml.

Formula y Cálculos	Resultado
$\text{SST} = \frac{[(B-A)] \times 1000}{V} = \frac{[(23.4893 \text{ g} - 23.3281 \text{ g})] \times 1000}{200 \text{ ml}} = 0.806 \text{ g/ml} \times 1000$	806 mg/L

NOTA: en el efluente estos deben ser reducidos aproximadamente en un 80% para que los procesos de tratamiento cumplan con la eficiencia de calidad.



Características químicas: pH, C.E., SAAM, Grasas y Aceites, DBO₅ y DQO

Las características que con frecuencia son aplicadas en el proceso de tratamiento de las aguas residuales son:

Determinación de pH

El pH es una característica que algunos escritores en su bibliografía la ubican como característica física por la acción del proceso de como se determina y otros la identifican dentro de las químicas por la reacción que se realiza en la solución. el valor de pH se fundamenta en la existencia de una diferencia de potencial, esta temperatura constante la diferencia es directamente proporcional a la diferencia de pH, este parámetro también se conoce como el número comprendido entre 0 y 14 que indica el grado de acidez o de alcalinidad.

El intervalo adecuado de pH para la existencia de la mayor parte de la vida biológica es relativamente estrecho, en general entre pH 5 y 9. Las aguas residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9 son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos. Si el pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido, el pH de la fuente receptora puede ser alterado; por ello, la mayoría de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser descargados dentro de límites máximos permisibles de pH el cual es expresado como concentración de ion hidronio H_3O^+ o concentración de OH^- .

La determinación de pH es una de las características más importantes a realizar ya que es un **indicador** de los contenidos de compuestos o iones que proporcionan acidez o alcalinidad, esto se puede apreciar desde la determinación del pH en el muestreo, en el influente ingreso a la planta de tratamiento y en el efluente como uno de los controles de la calidad del proceso de tratamiento el pH en ambos casos debe ser ligeramente ácido 6.8 o neutro 7.0

Determinación de Conductividad Eléctrica (C.E.)

La conductividad eléctrica es la expresión numérica de la capacidad de una solución para conducir una corriente electrolítica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura las unidades en las que se expresa son: mS/cm, dS/m y $\mu S/cm$.

El valor de la conductividad es un parámetro regulado por límites máximos permisibles en descargas de aguas residuales al alcantarillado o a cuerpos receptores, también es un parámetro de calidad del agua para usos y actividades agrícolas. La C.E. no debe tener más de 1 mS/cm para que pueda ingresar a la planta (influyente).

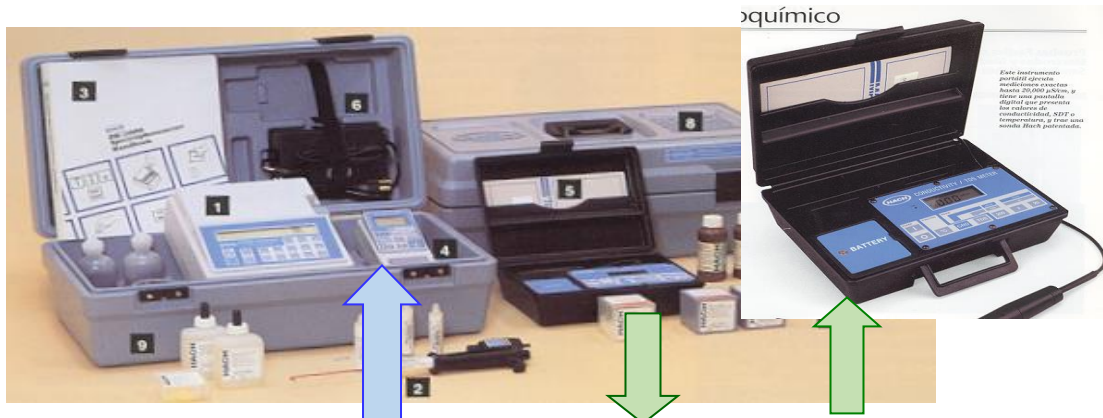


Fig. 17 Medidor de pH

Fig. 18 Puente de Conductividad eléctrica

Determinación de Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)

Los derivados del petróleo están presentes en más productos de los que pensamos habitualmente, de uso tan común como los detergentes. En muchas ocasiones hemos oído algún anuncio en que nos hablan de sustancias tensoactivas, y lo que interpretamos que son buenos para quitar las manchas de la ropa.

Los detergentes SURFACTANTES son compuestos orgánicos que se sintetizan a partir de compuestos químicos del petróleo, actúan como agentes limpiadores al igual que los jabones. Al ser utilizados en el hogar y en la industria, lo que los hace fuertemente contaminantes. Químicamente la mayoría son compuestos de sodio del sulfonato del benceno sustituido, denominado surfactante lineal de alquilo (LAS). Un surfactante combina en una molécula un grupo hidrófobo con uno muy hidrófilo, el hidrófobo es un radical hidrocarburo que contiene de 10 a 20 átomos de carbono. Los grupos hidrófilos son de dos tipos, los que se ionizan y los que no se ionizan en el agua. Los surfactantes iónicos se subdividen en dos categorías los de carga positiva terminan en Na^+ y los de carga negativa terminan en Cl^- .

En aguas domésticas sin tratar el contenido de surfactante se encuentra en un rango de 1 a 20 mg/L y en las aguas tratadas es menor de 0.1mg/L con base en la norma de descargas al alcantarillado y en bienes nacionales.

Los detergentes en las aguas residuales son analizados en los influentes de las plantas de tratamiento, ya que estos ocasionan problemas en las operaciones unitarias de los tratamientos preliminar, primario y biológico.

Las aguas procedentes de cuerpos de agua de cuencas, presas, ríos, entre otros, al ser analizadas si llega a contener detergentes en concentraciones elevadas es indicador de que el agua está contaminada por establecimiento de comunidades irregulares que están descargando estos componentes a estos cuerpos de agua.

Los estudiantes en el proyecto de titulación establecen prototipos en donde su objetivo principal es reducir el detergente del agua obtenida del fregadero o lavabo y proponen su estrategia de reducción.

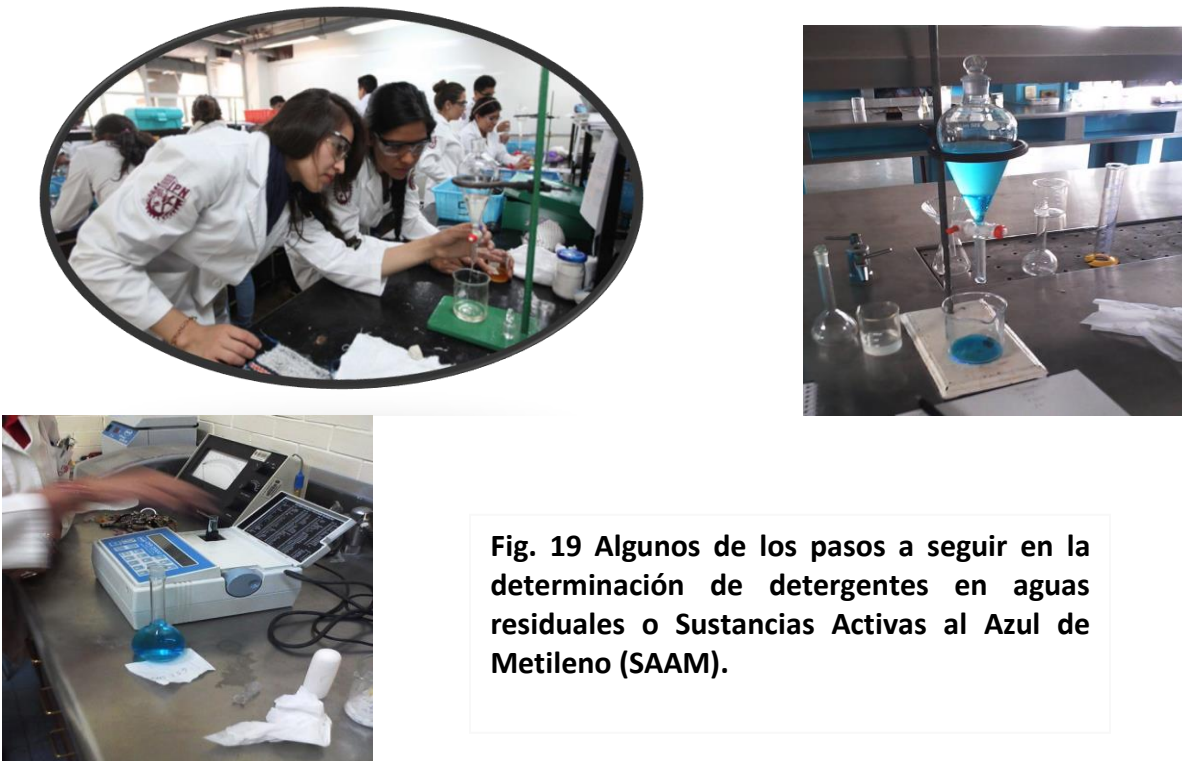


Fig. 19 Algunos de los pasos a seguir en la determinación de detergentes en aguas residuales o Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM).

En la determinación de la concentración de detergente (SAAM) en muestras problema se requiere partir de la preparación de una curva patrón a partir de una solución estándar de **sulfonato de alquil-benceno lineal (LAS)** donde **1 ml = 0.01 mg/SAL (LAS)**.

No.	ml 1.0 ml = 0.01 mg/SAL (LAS)	µg SAL (LAS) por 100 ml de extracto	mg SAL (LAS) por 100 ml de extracto	abs
1	0.00	0.0	0.0	
2	1.00	10	0.01	
3	3.00	30	0.03	
4	5.00	50	0.05	
5	7.00	70	0.07	
6	9.00	90	0.09	
7	12.00	120	0.12	
8	15.00	150	0.15	
9	18.00	180	0.18	
10	20.00	200	0.20	

NOTA: recordar que 1 mg = 1000 µg

Utiliza los datos de absorbancia obtenidos para trazar la curva tipo en mg de SAL de (LAS) e interpola el dato del problema obtenido en (abs), y obtén la concentración la cual se utiliza en la siguiente Ecuación.



$$SAAM = \frac{A}{V} = \frac{mg}{L}$$

En donde:

A = μg de SAL (LAS) en base a la curva de calibración

V = volumen de la muestra (ml)

o bien:

$$SAAM = \frac{W \times 1000}{S} = \frac{mg}{L}$$

En donde:

W son los mg/100 ml de SAL en la muestra calculada a partir de la ecuación de la recta de la curva de calibración, y

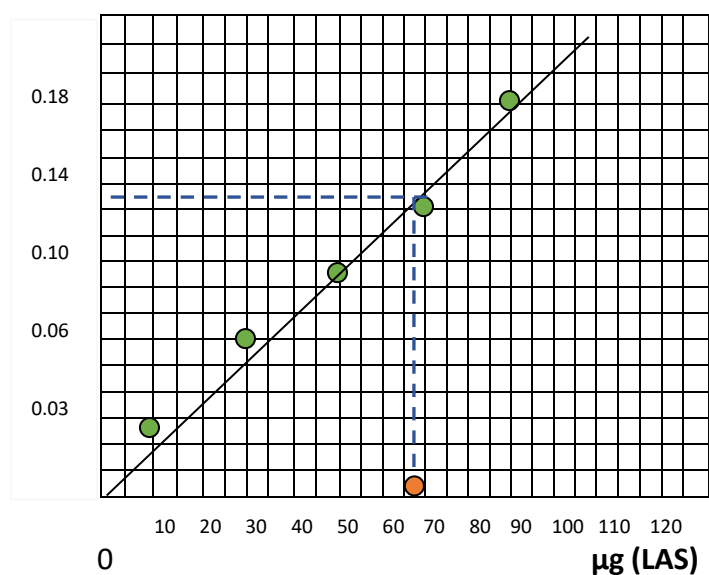
S son los ml de la alícuota de la muestra.

Problema que indica como determinar la cantidad de detergentes en una muestra problema

Calcular los mg/L de detergente de una muestra tomada en el influente de la planta de tratamiento el Rosario con base en los siguientes datos.

a) CURVA ESTANDAR		
ml de (LAS)	μg (LAS)	abs
0.0	0.0	0.000
1.0	10.0	0.033
3.0	30.0	0.060
5.0	50.0	0.100
7.0	70.0	0.140
9.0	90.0	0.180
12.0	120.0	0.200
b) Muestra de agua residual		
abs = 0.130 A = 67.5 μg		
c) Volumen de la muestra		
V = 5 ml		
d) Formula y cálculos		
$SAAM = \frac{A}{V} = \frac{67.5}{5} \mu g$ $13.5 \mu g/ml \times \frac{1000}{1000} = 13.5 \frac{mg}{L}$		
e) Resultado		
SAAM = 13.5 mg/L		

abs



Con base en la norma de agua residual sin tratar la concentración es por debajo del límite máximo permisible ya que su máximo es 20 mg/L.



Determinación de Grasas y Aceites por el método de extracción de Soxhlet

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos formados por C, H, y O presentan baja solubilidad en el agua por lo que tienden a flotar, pueden ser de origen vegetal, animal o mineral son utilizadas en diferentes industrias, pero la principal es en la industria de los alimentos, cosméticos, farmacéutica, química y del petróleo entre otras.

En aguas naturales no se debe de presentar grasas y si se encuentra es porque el agua está contaminada debido a descargas de aguas residuales urbanas o industriales. Las grasas y aceites son solubles en solventes no polares como: hexano, tolueno, xileno, benceno y tetra cloruro de carbono.

Con base en la norma de vertido en el drenaje y tratada el límite máximo permisible diario es 60 mg/L y como límite instantáneo 100 mg/L.

Para ser eliminadas en las aguas que van a hacer tratadas se requiere de un dispositivo de flotación o de aireación como el colocado en el tratamiento preliminar. La presencia de estos componentes en los cuerpos de agua afecta la vida acuática o son tóxicos a ella, por impedir la oxigenación.

En las aguas residual que ingresa a la planta de tratamiento debe ser analizada previamente y para ello se requiere que la muestra se obtenga de la siguiente manera:

- a) Toma de muestra superficial.
- b) Material frasco de vidrio de boca ancha con tapa de metal.
- c) La cantidad de muestra debe ser de 1000 ml.
- d) Tiene que ser una muestra simple.
- e) La muestra debe ser preparada el frasco debe contener 2 ml de H_2SO_4 1:1 el pH debe estar en 2.
- f) debe ser transportada en una hielera a 4°C.
- g) El tiempo de almacenaje máximo 28 días.

La determinación de grasas y aceites se basa en el método gravimétrico de absorción en tierra de diatomeas, las grasas son extraídas en un sistema Soxhlet empleando como disolvente hexano.

Figs. 20 Procedimiento de Determinación de Grasas y Aceites



1. Sistema de filtración

2. Papel filtro transferir muestra a cartucho de celulosa



3. Sistema de extracción Soxhlet

4. Matraz a peso constante con muestra problema



Para obtener los mg/L de grasa y aceite se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Grasas y Aceites (G.A.)} = \frac{(M_2 - M_1)}{V} 1000 = \text{g/L} \times 1000 = \text{mg/L}$$

M_1 = peso del matraz a peso constante vacío.

M_2 = peso del matraz a peso constante con muestra problema.

V = volumen de la muestra.

Problema que demuestra como calcular la cantidad de grasa y aceite en una muestra

Calcular los mg/L de grasa y aceite de una muestra de agua residual que ingresa a una planta de tratamiento en base a los siguientes datos volumen de la muestra 50 ml, peso del matraz vacío 125.347g y matraz con muestra 125.398g.

Formula	Sustitución	Resultado
$\text{G.A.} = \frac{(M_2 - M_1)}{V} 1000$	$\text{G.A.} = \frac{(125.398\text{g} - 125.347\text{g})}{50 \text{ ml}} 1000 = 1.02 \text{ g/L} \times 1000$	1,020 mg/L

NOTA: La cantidad de **G.A.** de la muestra problema rebasa la cantidad máxima permitida por la norma, por lo que se debe diseñar un sistema en el tratamiento preliminar que disminuya la concentración.

Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅ (método biológico)

La determinación de DBO₅, es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días y es una de las determinaciones más importantes para el control de la contaminación del agua, capacidad de purificación de un cuerpo receptor o definir el proceso de tratamiento de una planta en el Efluente ya que es uno de los criterios que se toman en cuenta en el control de calidad del agua tratada.

Los materiales que son oxidados por los microorganismos son: orgánicos carbonados, nitrogenados oxidables como los nitritos y el amoníaco (NO₂ y NH₃), así como otros que son transformados por poblaciones microbiológicas como Nitroso monas y Nitrobacter.

Con base en la norma las características del agua que se requiere para ser potabilizada deben contener de 0.75 a 1.5 ppm o mg/L de materia orgánica y no rebasar más de 5 ppm.

Generalmente las aguas que no son tratadas tienen valores de 100 a 400 ppm o más como las procedentes de procesos agrícolas en las cuales las concentraciones son miles de ppm de DBO

Principio del método

Como ya se mencionó anteriormente la determinación de DBO₅, se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana, el método señala que la materia orgánica debe ser consumida por los microorganismos en un periodo de 5 días a una temperatura de 20°C, para obtener el DBO₅ el proceso indica que se determina en dos etapas midiendo primero el Oxígeno Disuelto Inicial (ODI) y a los 5 días el Oxígeno Disuelto Final (ODF)

El método Yodimétrico o de diluciones puede ser utilizado en muestras con contenido bajo, medios y altos de DBO₅.



Figs. 21 Procedimiento de la Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno

Características de las muestras problema: a) deben contener más de 7 mg/L de DBO₅. b) la muestra debe encontrarse a 4°C y debe ser analizada antes de 24 h. c) la muestra debe ser estabilizada a 20°C. d) el pH de la muestra debe estar en 7 o en un rango 6.5 o 7.7, si no se encuentra en estas condiciones se puede regular con H₂SO₄ 0.1N o NaOH 0.1N, de acuerdo con las condiciones de la muestra.



Para obtener la Demanda Bioquímica de Oxígeno se aplican las siguientes ecuaciones:

Ecuación para calcular el Oxígeno Disuelto Inicial (ODI)

$$\text{ODI} = \frac{\text{ml de tiosulfato (0.025N) (8) (1000)}}{98.7 \text{ ml}}$$

Ecuación para calcular el Oxígeno Disuelto Final (ODF) procedimiento después de 5 días

$$\text{ODF} = \frac{\text{ml de tiosulfato (0.025N) (8) (1000)}}{98.7 \text{ ml}}$$

En donde:

V = gasto de tiosulfato en la muestra problema.

N = normalidad del tiosulfato.

8 = equivalente del oxígeno.

98.7 = alícuota tomada del frasco Winkler en la determinación de ODI y ODF

Ecuación para calcular la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅

$$\text{DBO}_5 = \frac{\text{ODI} - \text{ODF}}{P} = \text{mg/L}$$

En donde:

P = Fracción decimal y se calcula tomando el valor de la dilución colocada en el frasco Winkler de 300 ml.

P = ml de dilución/300 ml del frasco Winkler

Problema para calcular la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅

Calcular los mg/L de DBO₅ de una muestra de agua muestreada en el influente de una planta de tratamiento y preparada con diferentes diluciones.

V _{MUESTRA} (ml) dilución	OD _I (mg/l)	OD _F (mg/l)	OXIGENO CONSUMIDO (mg/l)	FRACCION DECIMAL (ml)	DBO ₅ ((mg/l)
4	9.1	7.1	9.1 – 7.1 = 2 mg/L	4 /300 = 0.013	2/ 0.013 = 153.80 mg/L
5	9.2	4.3	9.2 – 4.3 = 4.9 mg/L	5/300 = 0.016	4.9/0.016 = 306.25 mg/L
8	9.7	6.1	9.7 – 6.1 = 3.6 mg/L	8/300 = 0.026	3.6/0.026 = 138.46 mg/L
PROMEDIO					199.50 mg/L

NOTA: La muestra de agua residual tomada en el influente de la planta de tratamiento se encuentra dentro del rango ya que generalmente su contenido es de 400 mg/L.



Determinación de Demanda Química de Oxígeno DQO (método químico)

Determinación química de Oxígeno (DQO), los componentes orgánicos de los diferentes cuerpos de agua provienen de los desechos domésticos, agrícolas e industriales, así como de componentes biológicos bacterias, virus, algas entre otros. Para determinar el contenido de materia orgánica (M.O), se pueden aplicar los métodos de DQO, DBO o bien determinar directamente en base al carbón orgánico total (COT).

La Demanda Química de Oxígeno (DQO), corresponde al volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra problema por reacción química de oxidación – reducción. Para que no se tenga interferencias por presencia de cloruros en la reacción se agrega sulfato de mercurio, el cual es utilizado también como catalizador. En este caso el DQO es mayor ya que determinar la materia orgánica tanto biodegradable como no biodegradable (método químico) y el DBO es menor por ser un (método biológico) y depende de las poblaciones biológicas que se encuentren. La DQO también es un indicador de calidad del agua en el proceso de sistema de tratamiento de una planta.

Principio del método para determinar DQO

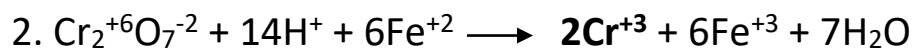
Reacciones Químicas

La materia orgánica se oxida con dicromato de potasio en presencia de mezcla de $\text{Hg}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$



La muestra se refluja durante 2 h

Después de la digestión, el dicromato restante (no reducido), se valora por titulación con sulfato amónico ferroso $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (SAF), utilizando ferroína como indicador.



Se forma un complejo de fenantrolina, siendo una reacción muy rápida y ocurre cuando el dicromato se reduce a Cr^{+3} resultando un exceso de ion ferroso al adicionar el sulfato amónico ferroso (SAF).



Fenantrolina férrica

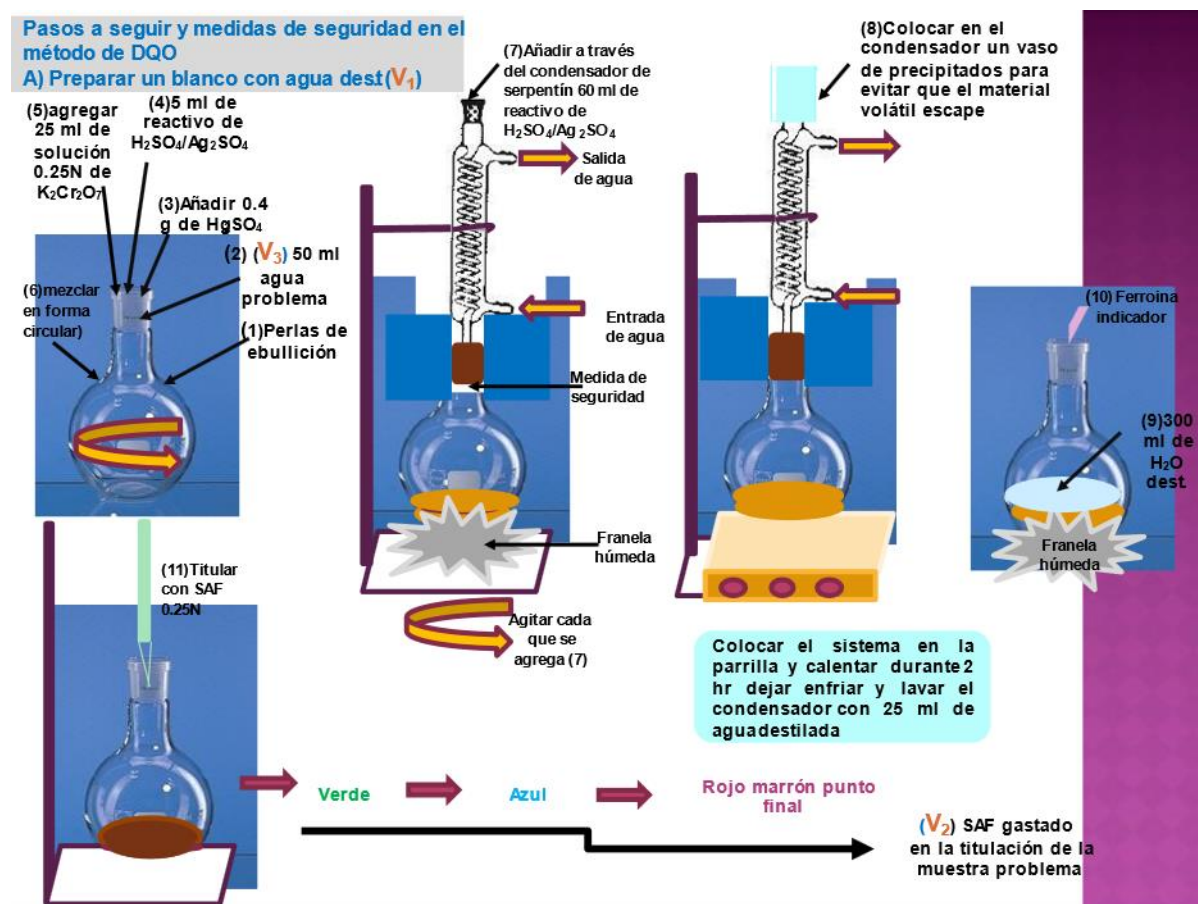
Fenantrolina ferrosa

(Azul verdoso)

(Rojo marrón) punto final de la titulación

Determinación de dicromato consumido, para calcular la materia oxidable en términos de oxígeno equivalente. En el método se debe correr un **blanco** que contenga 50 ml de agua destilada.

Figs. 22 Procedimiento de la Determinación de Demanda Química de Oxígeno



Para obtener la Demanda Química de Oxígeno se aplica la siguiente ecuación:

$$DQO = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 8 \times 1000}{V_3} = \text{mg/L}$$

En donde:

V₁ = ml de SAF gastados en la titulación del blanco.

V₂ = ml gastados en la titulación de la muestra.

V₃ = volumen de la muestra problema en ml.

N = normalidad del SAF, y el 8 es el equivalente de oxígeno.

**Problema para calcular la Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Calcular la demanda química de oxígeno (DQO) de una muestra tomada en el efluente de la planta de tratamiento de aguas municipales “El Rosario” con los siguientes datos $V_{\text{MUESTRA}} = 50$ ml; el gasto del SAF_{BLANCO} = 24.8 ml para la muestra problema el gasto fue de SAF_{PROBLEMA} = 23.2 ml, la normalidad del SAF es de 0.25N.

FORMULA Y CALCULOS	RESULTADO
$DQO = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 8 \times 1000}{V_3} = \frac{(24.8 \text{ ml} - 23.2 \text{ ml}) \times 0.25 \times 8 \times 1000}{50 \text{ ml}} = 64 \text{ mg/L}$	64 mg/L

NOTA: Si el valor obtenido del efluente de la planta de tratamiento Toluca Norte se compara con el valor obtenido en la planta El Rosario esta presenta mayor concentración de DQO, pero la diferencia es que la planta de tratamiento Toluca Norte trata un máximo de 1800 L/seg y la del Rosario 17 L/seg.

Características microbiológicas: cuenta total de poblaciones microbiológicas**Composición Biológica de las Aguas Residuales**

Las aguas contienen incontables organismos vivos como: Bacterias, Protozoarios, Hongos, Virus Acuáticos, Helmintos, Gusanos, Larvas e Insectos.

Las bacterias que intervienen en el proceso de tratamiento y que intervienen en la degradación de la materia orgánica en el agua residual son las **Bacterias Saprofitas**, las cuales pueden degradarla en dos condiciones en presencia de aire (**Aerobias**) o sin aire (**Ana-aerobias**), el nombre que se les da a la adecuación o estabilización de las bacterias en el cambio de condición se conoce como **Bacterias Facultativas**.

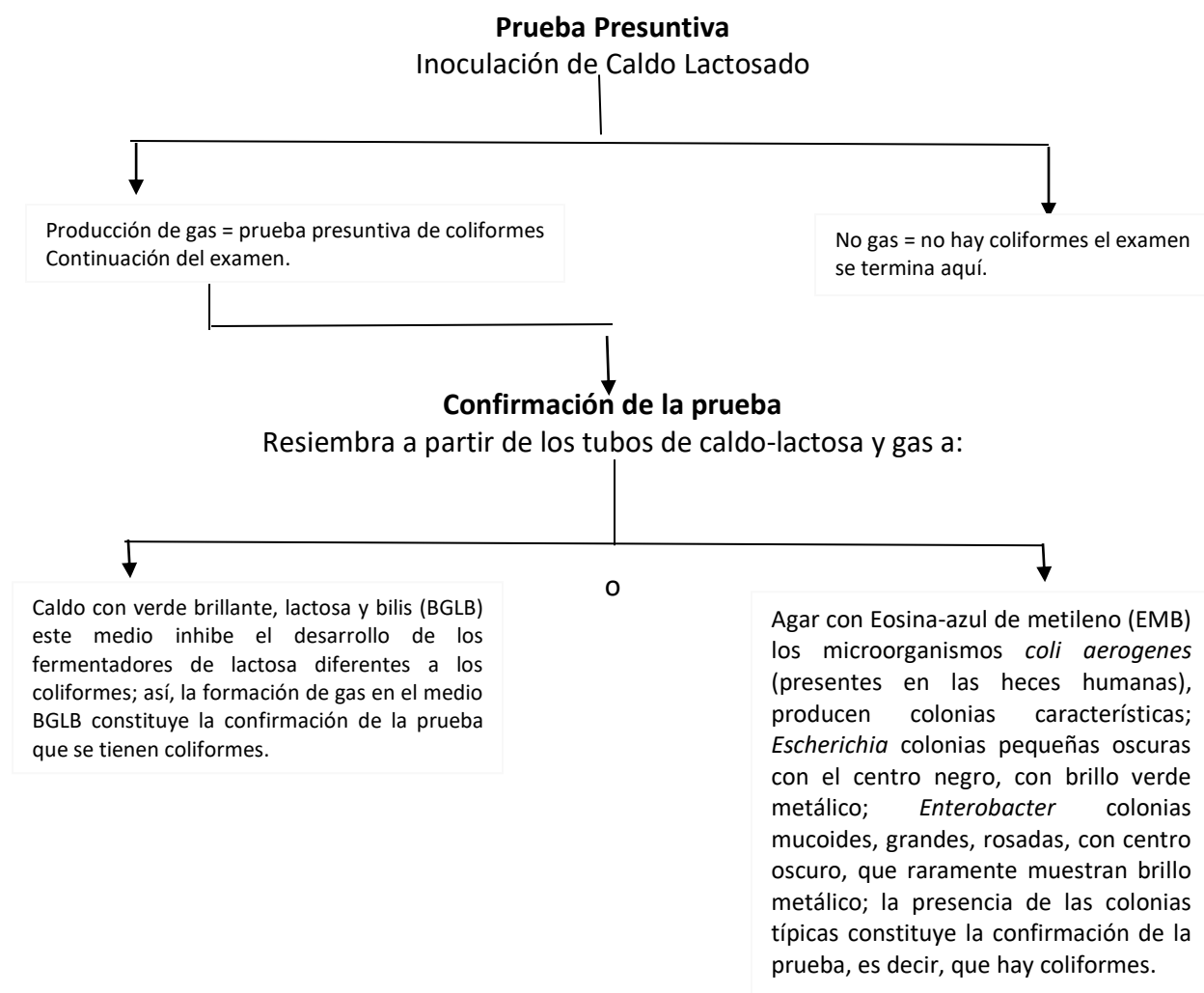
DESARROLLO DE LAS BACTERIAS

Condiciones requeridas	Temperatura	Agentes tóxicos
* Oxígeno * pH * Temperatura * Nutrientes	* De 20 a 40 °C Mesofílicas * De 55 a 60 °C Termofílicas * De 0 a 5 °C Psicofílicas	* Cambios ambientales * Sustancias químicas * Altas concentraciones de sales * Ácidos y álcalis fuertes * Cloro, bromo, yodo, cromo, arsénico, plomo, entre otros



Para determinar los microorganismos coliformes se requiere aplicar el método del Número Más Probable (NMP), el cual se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a 35 °C durante 48 h, utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares. Esta determinación consta de dos fases, la fase presuntiva y la fase confirmativa.

Esquema general de las pruebas de laboratorio para la determinación del grupo coliforme en el agua.



La cuenta estándar en placa con Eosina-azul de metileno se utiliza para determinar la eficiencia de las operaciones unitarias Sedimentación, Filtración y Cloración en las plantas de tratamiento.

Determinación e identificación en el laboratorio

Primera etapa

- a) Preparación de material (lavado)
- b) Preparación de agua destilada para diluciones y preparación de medio **selectivo** para Coliformes fecales **agar eosina azul de metileno**.
- c) Esterilización de material, agua de dilución y medio de crecimiento existen diferentes métodos de esterilización como:
 - Esterilización SECA en ESTUFA (alta temperatura (180°C a 200°C), es para material de cristalería como: pipetas, cajas Petri, tubos de ensaye, entre otros.
 - Esterilización HÚMEDA en AUTOCLAVE (temperatura de 121°C, 15 lb/pulg² durante 15 min), se utiliza para esterilizar medios de crecimiento (líquidos), agua estéril para preparar diluciones.



Fig. 23 Equipo utilizado en la Esterilización Seca



Fig. 24 Equipo utilizado en la Esterilización Húmeda

Preparación de medio de crecimiento para las bacterias

- * Se calcula la cantidad de acuerdo con el número de cajas por inocular.
- * Se utiliza un matraz Erlenmeyer de 125 ml para preparar el medio de crecimiento.
- * Revisar la etiqueta del frasco.
- * Datos obtenidos del frasco de reactivo gramos utilizados para preparar un litro de solución.
 - a) Gramos del medio de crecimiento
 - b) Mililitros de agua destilada

Ejemplo: de cómo preparar los gramos requeridos en 200 ml que serán empleados para cuatro cajas Petri.

$$\begin{array}{rcl} 23.5 \text{ g} & \text{-----} & 1000 \text{ ml} \\ X & \text{-----} & 200 \text{ ml} \end{array} \quad X = 4.7 \text{ g para 200 ml}$$

- c) Calentarle para disolverlo (el calentamiento se hace suavemente)
- d) Esterilizar en autoclave a 121°C, durante 15 min y a 15 lb/ pulg²

Preparación de agua para dilución

- a) Colocar en un frasco de dilución o matraz Erlenmeyer de 125 ml (90 ml de agua destilada).
- b) Preparar 4 tubos con tapón de rosca o 4 tubos de ensayo en los que se colocará tapón de algodón y papel estaño en cualquiera de los dos casos a cada tubo colocarle 9 ml de agua destilada.
- c) Esterilizar en autoclave a 121°C, durante 15 min y a 15 lb/ pulg²

Segunda etapa

a) Preparar área de trabajo (condiciones estériles), aplicando cloro diluido y colocar mechero o trabajar en campana de flujo laminar.

Procedimiento metodológico de la segunda etapa



Figs. 25 Preparar diluciones.



Figs. 26 Disolución del medio de cultivo.



Fig. 27 Inoculación de cajas Petri.



Fig. 28 Adición del medio.

b) Preparar Diluciones con agua problema

- 1) En frasco de dilución con agua estéril con 90 ml agregar 10 ml de agua problema (dilución 1×10^{-1}) - A

2) En el primer tubo con agua estéril de 9 ml agregar 1 ml del frasco de dilución que contiene la muestra problema (dilución 1×10^{-2}) - B

3) Realizar lo mismo con los otros 3 tubos teniendo las diluciones (1×10^{-3} , 1×10^{-4} y 1×10^{-5}) marcar diluciones con letras (A, B, C, D y E).

c) **Disolución del medio de cultivo o medio de crecimiento** de los microorganismos en la autoclave a 121°C , durante 15 min y a 15 lb/ pulg².

d) **Inoculación de cajas Petri** seguir los siguientes pasos: marcar las cajas estériles con las letras D y E, inocular con la muestra problema agregando 1 ml de dilución en la caja correspondiente.

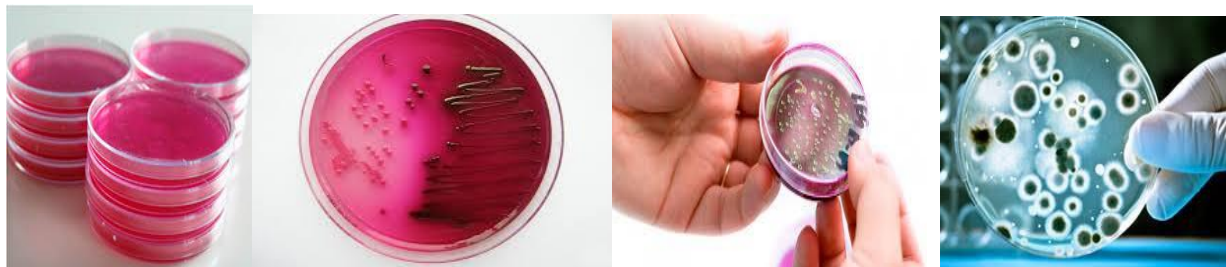
e) **Adición del medio de crecimiento**, en este caso se deben seguir las siguientes indicaciones: el medio de crecimiento debe tener una temperatura que se pueda soportar en el envés de la mano; al ser vaciado en la caja Petri debe quedar 0.5 cm por debajo del borde de esta y todo el proceso debe ser en condiciones estériles o dentro de una campana de flujo laminar.

f) **Incubación** las cajas son colocadas en una estufa de incubación a 38°C durante 72 h como máximo y posteriormente se colocan en el refrigerados para detener el desarrollo de poblaciones microbiológicas.

NOTA: características de las colonias *Escherichia Coli*. Colonias pequeñas oscuras con el centro negro con brillo verde metálico y *Enterobacter* colonias mucoides, grandes, rosadas con centro oscuro.

Tercera etapa

Figs. 29 Procedimiento metodológico: características coloniales



1. Obtener las características coloniales

a) **Color:** rosa, morado y verde metálico.

b) **Forma de crecimiento:** circular, puntiforme, granular, rizoide, irregular y filamentosa.

c) **Elevación:** plana, elevada, convexa, acojinada y umbilical.

d) **Borde:** rizoide, filamentosa, dentada, lobulosa, ondulada y entera.

e) **Superficie:** lisa, granulosa, grumosa, ondulada y filamentosa.

2. Calculo del número de colonias: conteo directo menos de 100 y conteo en cuenta colonias más de 100.

a) Conteo directo

Ejemplo: se toma en cuenta la dilución y la cantidad de colonias que se desarrollaron.

$$\text{dil. } 1 \times 10^{-5} = 0.00001$$

Número de colonias encontradas en la dilución son: **5 colonias**

Relación: 5 col ----- 0.00001 dilución

$$X \text{ ----- } 1 \text{ ml}$$

Resultado: **$X = 5 \times 10^5$ o 500,000 Col/ml**

b) Cuenta colonias

Ejemplo: se toma en cuenta la dilución se cuentan las colonias de un solo cuadro del **Cuenta Colonias**.

$$\text{dil. } 1 \times 10^{-5} = 0.00001$$

En el cuadro se tienen **70 col./12 X 60 cuadros totales = 349.9 col.**

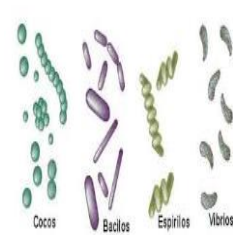
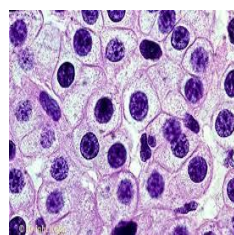
Relación: 349.9 col. ----- 0.00001

$$X \text{ ----- } 1 \text{ ml}$$

Resultado: **$X = 349.9 \times 10^5$ Col./ml o 3.5×10^7 Col./ml**

3. Morfología Colonial Tinción de GRAM (bacterias G+ y G-)

Figs. 30 Procedimiento metodológico de tinción de GRAM



a) Seleccionar la col. y la dilución.

b) Hacer un frotis.

c) Cubrir con Cristal Violeta dejar actuar 2 min y lavar con agua de la llave (colorante primario).

d) Agregar Lugol dejar actuar 1min y lavar con agua de la llave (mordente).

e) Cubrir con Alcohol dejar actuar 15 seg y lavar con agua de la llave (elimina el exceso de colorante del Citoplasma).



f) Cubrir con Safranina dejar actuar 1 min y lavar con agua de la llave (colorante secundario).

g) Dejar secar y

h) Observar al microscopio a Inmersión.

NOTA: la forma de las bacterias observadas en el microscopio.

- Cocos
- Cocobacilos
- Bacilos cortos
- Bacilos largos
- Vibrio
- Espirilos
- Se pueden tener agrupaciones

Tinción Rosa G (-)

Tinción Violeta G (+)

Problema para calcular la eficiencia del proceso de cloración de una planta de tratamiento

Obtener el porcentaje de eficiencia del proceso de cloración de la planta de tratamiento “El Rosario” utilizando los datos siguientes.

Diluciones	No. de colonias del Influyente	No. de colonias del Efluente	No. de col./ml del influente	No. de col./ml del Efluente	%EF
1:10-A	-----	-----	-----	-----	-----
1:100-B	-----	-----	-----	-----	-----
1:1000-C	53	4	5.3×10^5	4×10^4	92.45
1:10000-D	46	3	4.6×10^6	3×10^5	93.47
1:100000-E	30	2	3.0×10^7	2×10^6	93.33

Se aplican las siguientes ecuaciones:

No. Col. --- 0.0001

X ---- 1 ml

$\%EF = \frac{\text{Col./ml Inf.} - \text{Col./ml Efl.}}{\text{Col./ml Inf.}} \times 100$

Col./ml Inf.

NOTA: el %EF en las diferentes diluciones es aceptable ya que esta no debe ser menor del 80% en el efluente de la planta.



Segunda Etapa del Proyecto de Titulación

En la segunda etapa el profesor estará monitoreando las actividades programadas por los alumnos, dando seguimiento a la estructuración de su prototipo el cual se llevará a cabo en el sitio programado por el equipo, así como se establecerá el trabajo programado en el laboratorio para los análisis que definan la calidad del agua por tratar señalados en el ante proyecto.

Se inicia la estructuración del informe final, que será parte indispensable en la titulación cubriendo uno de los puntos establecidos en la **Opción Curricular de Titulación**, el informe debe contener los siguientes puntos:

Caratula: a) Escudos y logo de la carrera. b) Nombre de la carrera. c) Nombre de la Unidad de aprendizaje (completo). d) Informe Final. e) Título del trabajo definitivo. f) Grupo y Equipo. g) Participantes del equipo nombres completos y firma. h) Coordinador nombre y firma. i) Nombre y firma del profesor adjunto. j) Semestre que se cursa.

Índice:

1. Resumen español e inglés (Abstract).
2. Objetivo general.
 - 2.1 Objetivos particulares.
3. Introducción y Antecedentes.
4. Metodología.
 - 4.1 Campo.
 - 4.2 Laboratorio.
 - 4.3 Operaciones unitarias relacionadas.
 - 4.4 Parámetros a considerar (cálculo del Volumen, % de eficiencia, Ley de la conservación de la masa y tiempo de retención).
 - 4.5 Análisis a realizar de acuerdo con el proceso de tratamiento y tipo de agua.
 - 4.6 Preparación del prototipo o diseño del tratamiento y materiales empleados.
5. Resultados de los análisis.
 - 5.1 Cuadros o figuras.
6. Discusión de resultados.
7. Conclusiones.
8. Recomendaciones.
9. Bibliografía.
 - 9.1 Documental.
 - 9.2 Electrónica.



Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1. Se tienen programadas 7 prácticas: 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10. Evaluación de los aprendizajes teórico-práctico

Práctica No. 4 Aplica las Normas vigentes de ensayos físicos de aguas residuales municipales obtenidas de plantas para la Caracterización de los sólidos (sedimentables (SS), totales (ST), **suspendidos totales (SST)** y disueltos totales (SDT), como control básico en el flujo de su diseño en la entrada **Influyente** y en la salida **Efluente**.

NOTA: el procedimiento se explica en el Manual de prácticas de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas.

Castro, S. J. M. y Juárez, M. D. 2018. Manual de Laboratorio de la Unidad de Aprendizaje de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas. Publicado en el Repositorio CECyT No. 6.

Práctica No. 5 Aplica las Normas vigentes de ensayos químicos en las muestras problemas para la determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y verificar la eficiencia de la planta de tratamiento.

NOTA: el procedimiento se explica en el Manual de prácticas de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas.

Castro, S. J. M. y Juárez, M. D. 2018. Manual de Laboratorio de la Unidad de Aprendizaje de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas. Publicado en el Repositorio CECyT No. 6.

Práctica No. 6 Realiza práctica determinación en el Efluente de alcalinidad carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$), Bicarbonatos (HCO_3^-), cloruros (Cl^-) y sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$), en las aguas tratadas como medida de control de la calidad y definir el criterio de su uso.

NOTA: información retomada del manual de prácticas de Caracterización y Calidad del Aire.

Castro, S. J. M. 2018. Manual de Laboratorio de la Unidad de Aprendizaje de Caracterización y Calidad del Aire. Publicado en el Repositorio CECyT No. 6.

Práctica No. 7 Realiza práctica determinación de Cloro Total y Cloro Residual en aguas tratadas, como medida de control de la calidad y definir el criterio de su uso.

NOTA: la determinación es con equipo colorímetro Multi-Parámetro MC 500, método 101 de Kit Líquido. El procedimiento se explica en el Manual de prácticas de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas.

Castro, S. J. M. y Juárez, M. D. 2018. Manual de Laboratorio de la Unidad de Aprendizaje de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas. Publicado en el Repositorio CECyT No. 6.



Práctica No. 8 Determinación de Nitrógeno como exceso de nutriente en las aguas tratadas por el método de Kjeldahl, como medida de control para su almacenaje y uso posterior en actividades complementarias.

NOTA: el procedimiento se explica en el Manual de prácticas de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas.

Castro, S. J. M. y Juárez, M. D. 2018. Manual de Laboratorio de la Unidad de Aprendizaje de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas. Publicado en el Repositorio CECyT No. 6.

Práctica No. 9 Determinación de fósforo como exceso de nutrientes en las aguas tratadas aplicando método Espectrofotométrico.

NOTA: el procedimiento se explica en el Manual de prácticas de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas.

Castro, S. J. M. y Juárez, M. D. 2018. Manual de Laboratorio de la Unidad de Aprendizaje de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas. Publicado en el Repositorio CECyT No. 6.



UNIDAD No. 2

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS

RAP 2. Aplica las operaciones unitarias en el tratamiento de los lodos para su aprovechamiento o disposición final con base en la Normatividad Vigente.

CONTENIDO

- * Operaciones de tratamiento secundario o biológico.
- * Etapas de los lodos activados o métodos convencionales.
- * Disposición de exceso de lodos activados.
- * Tratamiento de los lodos y disposición en medios productivos.
- * Tercera etapa del proyecto de titulación.
- * Práctica 11.



Tratamiento Secundario o Biológico



Operaciones de tratamiento secundario o biológico.

Métodos biológicos de tratamiento de aguas residuales

En el tratamiento biológico el principal objetivo es estabilizar la materia orgánica que contienen las aguas residuales domésticas, así como coagular y remover los sólidos coloidales que no sedimentan. En el caso de que estas aguas residuales se mezclen con provenientes de aguas residuales agrícolas se pueden plantear otros objetivos la remoción de nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo.

En general el tratamiento biológico comprende: 1) la conversión de la materia orgánica y en estado coloidal en diferentes gases y tejidos celulares, 2) la formación de aglomerados biológicos compuestos de materia celular y los coloides orgánicos presentes en las aguas residuales y 3) la subsecuente remoción de los lodos por medio de sedimentación por gravedad. En este tratamiento se inyectan células nuevas y se retiran aquellas que son seniles, obteniendo lodos estabilizados también llamados lodos activados.

Definiciones de tratamientos biológicos más comunes aplicados a las aguas residuales

Procesos aerobios: son aquellos que se llevan a cabo en presencia de oxígeno.

Procesos anaerobios: son aquellos que se llevan a cabo en ausencia de oxígeno.

Proceso facultativo: son aquellos en los cuales los organismos pueden actuar en presencia y ausencia de oxígeno molecular.

Proceso con película de bacterias adheridas: en este caso los microorganismos, que son responsables de la transformación de la materia orgánica o de otros constituyentes de las aguas residuales en gases y tejidos celulares, se encuentran adheridos a un medio inerte como rocas, desechos o cerámica especialmente diseñada y materiales plásticos. Los procesos con película bacteriana adherida se conocen también como procesos de película fija.

Procesos en lagunas: término genérico aplicado a procesos de tratamiento que se llevan a cabo en estanques o lagunas de diferentes formas y profundidades.

Estabilización: proceso biológico por medio del cual se estabiliza la materia orgánica, presente en los lodos producidos en la sedimentación primaria y el tratamiento biológico, generalmente por la conversión en gases y en tejido celular. Dependiendo de si la estabilización se lleva a cabo bajo condiciones aerobias o anaerobias, el proceso se conoce como digestión aerobia o digestión anaerobia.

Sustrato: término utilizado para indicar la materia orgánica o los nutrientes que se transforman durante los tratamientos biológicos, o aquella que puede ser limitante en dichos tratamientos. En este caso es la materia orgánica o DBO que se encuentra en las aguas residuales se considera como el sustrato que se transforma durante el tratamiento biológico.



Proceso de crecimiento en suspensión: en este proceso los microorganismos son los responsables de la conversión de la materia orgánica o de otros constituyentes de las aguas residuales en gases y tejido celular se mantienen suspendidos dentro del líquido.

Principales tratamientos biológicos en aguas residuales

Procesos aerobios

Crecimiento en suspensión: a) Proceso de lodos activados (remoción de DBO), b) Lagunas aireadas (remoción de DBO) y c) Digestión aerobia (estabilización, remoción de la DBO).

Película bacteriana adherida: a) filtros percoladores (remoción de DBO), b) Sistemas biológicos de contacto rotatorios (remoción de DBO) y c) Reactor de lecho empacado (remoción de DBO).

Híbrido (combinación) proceso de crecimiento en suspensión y de película bacteriana adherida: Filtros percoladores/lodos activados que utilizan a los microorganismos para oxidar la materia orgánica, su finalidad es que se obtengan compuestos inorgánicos más estables. Se tienen **filtros de arena** los cuales se aplican en aguas con gran contenido de materia orgánica (alto grado de tratamiento).

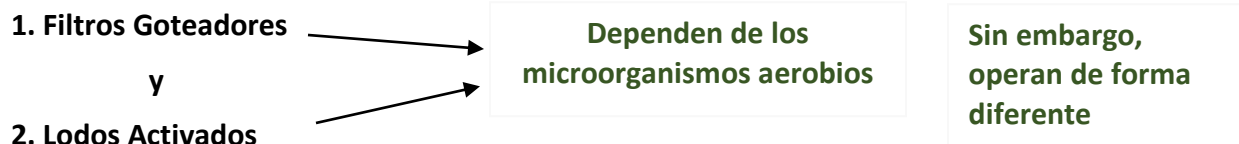
Procesos en lagunas

Lagunas aerobias: Lagunas aerobias (remoción de DBO).

Lagunas facultativas: Lagunas facultativas (remoción de DBO).

Lagunas anaerobias: Lagunas anaerobias (remoción de DBO y estabilización de desechos).

Los métodos básicos utilizados en las plantas de tratamiento secundario de aguas residuales municipales son:



En estos tratamientos se utilizan cultivos biológicos para llevar a cabo una descomposición aerobia u oxidación del material orgánico, en compuestos más estables. El éxito de la operación depende de mantener las condiciones aerobias ambientales para el desarrollo de los microorganismos y el control de la materia orgánica por descomponer, la que debe encontrarse regulada ya que cualquier cambio puede afectar las condiciones de desarrollo y podría disminuir las poblaciones microbiológicas.



EMPAQUES PARA BIOFILTROS Y BIODISCOS

Son tiras especiales de polietileno, para filtros percoladores que actualmente se usan para numerosas plantas de tratamiento de aguas residuales, municipales e industriales.

VENTAJAS:

1. Es más económico que los otros medios y los costos de construcción para las torres son menores.
2. Altas concentraciones de materia orgánica soluble o sólida no tapan el filtro y por lo tanto no necesita el grado de tratamiento preliminar requerido por otros empaques.
3. El diseño vertical reduce la superficie de contacto entre las tiras y elimina superficies horizontales que pueden causar taponamiento.
4. Toda la superficie de la tira tiene contacto con el agua.
5. La excelente transferencia de oxígeno existente en el sistema permite que se traten aguas con alto contenido orgánico.
6. La estructura de soporte ofrece una plataforma excelente para la inspección y el mantenimiento del distribuidor.
7. Es hecho de polietileno de alta calidad y en las tiras no hay uniones con pegamento debido a que todas las uniones son hechas con calor.



EMPAQUES PARA FILTROS PERCOLADORES

Los módulos consisten en tubos de polietileno cilíndricos en forma de redes, resistentes a los rayos ultravioleta y unidos en los extremos por calor para formar bloques de 20" X 20" X 24". Estas estructuras tridimensionales permiten excelente contacto del agua con la superficie del medio y mantiene un buen flujo de aire, mientras que la orientación vertical de los tubos facilita la remoción de biomasa desprendida.

MEDIO DE PROPILENO PARA FILTROS PERCOLADORES

Se usa en la construcción de filtros percoladores nuevos y como sustituto en filtros percoladores con empaque de piedra. Con este filtro **aumenta la eficiencia** en la remoción de DBO en más de 30% comparada con la de piedra. Este sistema se usa en reactores sumergidos aeróbicos y anaeróbicos de flujo ascendente.





Los filtros Goteadores y Rociadores, deberían llamarse “**Lecho de Oxidación**”, ya que corresponden a ciertas unidades con características como: a) resistencia a las cargas violentas, b) los cambios de temperatura afectan a los microorganismos (disminuyendo la población y su actividad), c) ocupan grandes espacios y d) por economía deben ser colocados antes del tanque de sedimentación primaria (equipados con colectores de natas y su función principal de esta operación unitaria es la de sedimentar los sólidos no sedimentables coloidales y disueltos).

Los filtros Goteadores cuando son construidos deben tener tres partes importantes (el lecho o medio filtrante, sistema recolector y distribuidor).

- a) **El lecho o medio filtrante** está formado de **materiales** como: piedras, grava, entre otros, los cuales deben ser homogéneos, duros, limpios e insolubles **con forma cúbica** para impedir que se apelmacen, el tamaño de las mallas por donde pasa el agua es de 12.5 cm. El lecho puede ser rectangular para que las aguas se distribuyan con aspersores fijos o circulares con sistemas de distribución giratorios.
- b) **Sistemas recolectores** tienen dos propósitos: 1) Retirar las aguas negras que pasan a través del filtro y 2) Selecciona la cantidad de aire a través del filtro. El sistema recolector está formado por bloques filtrantes los cuales su composición principal es arcilla vidriada o concreto.
- c) **Distribuidores** el agua se distribuye en la superficie del **lecho** mediante **aspersores** (Fijos o Giratorios).

La carga de los filtros se expresa en función de la Carga Hidráulica y Carga Orgánica.

Carga Hidráulica: Es el número de L/m^3 de aguas negras o residuales que se aplican por m^3 o por hectárea por día ($m^3/Ha/Día$)

Carga orgánica: Es la cantidad de kg de DBO/ m^3 de medio filtrante también se expresa en kg/Ha-m.

Tomando en cuenta la carga hidráulica y el DBO los Filtros Goteadores se clasifican en: 1) De gasto normal y 2) Gran gasto.

Filtros goteadores de gasto normal operan y dosifican intermitentemente: Con cargas hidráulicas de 10,000 a 40,000 $m^3/Ha/Día$, con una carga orgánica de 0.08 a 0.4 kg/m^3 de medio filtrante/Día.

Filtros goteadores de gran gasto operan y dosifican continuamente (se utilizan en aguas industriales), con cargas de 80,000 a 400,000 $m^3/Ha/Día$ y con una carga orgánica de 0.40 a 0.80 kg/m^3 de medio filtrante/Día.



Ecuaciones para calcular la Carga Hidráulica y la Carga Orgánica del medio filtrante Superficie del filtro en (hectáreas)

$$SF = \frac{\pi d^2}{4 \times 10,000} = Ha \quad 1 \quad Ha = 10,000 m$$

$$\text{Carga hidráulica} = \frac{m^3/Día}{SF} = m^3/Ha/Día$$

Kg de DBO que se aplican:

Cantidad de DBO ppm X gasto del Efluente = kg/Día

1 ppm es 1 mg/L y 1 mg es 1000 kg

Volumen de medio filtrante:

$$Vmf = \frac{\pi d^2}{4} \times \text{Espesor} = m^3$$

Carga de DBO:

$$\frac{\text{Los kg de DBO que se aplicaron (kg/Día)}}{Vmf} = \text{kg DBO}/m^3 \text{ de medio filtrante/Día}$$

Las aguas negras se aplican intermitentemente procurando que los periodos de descarga no sean mayores de 5 min de acuerdo con el gasto de aguas negras o residuales que se hayan determinado. Con cargas adecuadas el Filtro Goteador de Gasto Normal debe eliminar de 80 a 85% de DBO.

Planteamiento de un problema para calcular la carga hidráulica y la carga orgánica

Se tiene un filtro de 30 m de diámetro de forma circular y de 1.8 m de espesor, recibe 1,900 m³ diarios de un efluente de un tanque primario, con una DBO = 150 mg/L calcular:

Parámetro	cálculos	Resultados
a) Superficie del filtro (Ha) $SF = \frac{\pi d^2}{4 \times 10,000} = Ha$	$S.F. = \frac{3.1416 \times (30)^2}{40,000}$	SF = 0.0707 Ha
b) Carga hidráulica (m³/Ha/Día) $\text{Carga hidráulica} = \frac{m^3/Día}{SF} = m^3/Ha/Día$	$C.H. = \frac{1,900 m^3}{0.0707}$	C.H. = 26,874.11 m³/Ha/Día



c) Carga orgánica (kg DBO por m³ de medio filtrante) 150 mg/L = 0.1500 kg/m ³	$\text{Kg DBO/Día} = 0.150 \text{ kg/m}^3 \times 1,900 \text{ m}^3$	Kg DBO = 285 kg/Día
Volumen del medio (m³) $V(\text{mf}) = \frac{\pi d^2}{4} \times \text{Espesor}$	$V(\text{mf}) = \frac{3.1416 \times (30)^2 \times 1.8}{4} = 1,272.3$	V(mf) = 1,272.3 m³
Carga de DBO $C \text{ de DBO} = \frac{\text{kg DBO/Día}}{V(\text{mf})}$	$C \text{ de DBO} = \frac{285 \text{ kg/Día}}{1,272.3 \text{ m}^3} = 0.224$	C de DBO = 0.224 kg DBO de medio filtrante/Día

Se tienen diferentes tipos de Filtros que se utilizan dependiendo del tratamiento de las aguas residuales y su composición

Biofiltros (incluye proceso de recirculación a alta velocidad).

Filtros Accelo (recirculación directa al efluente del filtro).

Aerofiltros (aplicación continua de lluvia de aguas residuales)

Operación de los filtros y recomendaciones para un buen funcionamiento:

Los filtros goteadores de gasto normal y gran gasto operan con los mismos principios, por lo que su mantenimiento es similar, los aspersores fijos y giratorios deben inspeccionarse y limpiarse diariamente, como parte del mantenimiento se deben separar los obstruidos o dañados, en la etapa de invierno se debe evitar el congelamiento y cuidar que no se dañe el sistema de distribución por formación de hielo, deben ser lavados los sistemas colectores de los filtros con cierta frecuencia y la superficie debe estar libre de basura.

En el caso que las aguas residuales se mezclen con aguas industriales que contengan desechos tóxicos estos pueden disminuir las poblaciones biológicas por lo que las aguas residuales deben ser previamente analizadas para evitar que las poblaciones disminuyan.

La distribución de las aguas residuales en el lecho de los filtros debe ser uniforme y para que esto se lleve a cabo se tiene que estar ajustando los tornillos tensores ya que estos son modificados por el calor y el frío (en el primero se alargan y en el segundo se ajustan).



Tanque de sedimentación secundaria

En el tratamiento secundario biológico donde se emplean filtros goteadores, estos solo degradan la materia o carga orgánica de las aguas negras o residuales, pero no los eliminan, estos deben ser eliminados estableciendo un sistema de tratamiento como el utilizado en el tratamiento primario, para este propósito se utilizarán tanques de sedimentación secundaria o asentamiento final, el cual debe tener un coeficiente de sedimentación por superficie no mayor a $32.6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{Día}$.

Etapas de los lodos activados o métodos convencionales.

El sistema de lodos activados es un proceso biológico con aireación en un tanque agitador. Este proceso es uno de los métodos más empleados por su facilidad de operación y eficiencia. Consiste en crear las condiciones propicias para el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculos (lodos activados), en un depósito (tanque de aireación o reactor biológico), que es la parte medular en este tipo de proceso. En este tanque se mantiene en suspensión y aireados artificialmente los sólidos que contienen el agua residual, por medio de diferentes sistemas, en este caso por medio de turbinas de aireación mecánica especialmente diseñadas para ello.

El objetivo principal del tratamiento de lodos es estabilizar el excedente y reducir su volumen hasta lograr un material que sea lo suficientemente concentrado e inofensivo, para proceder a su disposición final.

Los Lodos Activados están formados por células también llamadas flóculos, los cuales son de color pardusco que contienen materia orgánica procedente de las aguas residuales, en las cuales se tienen gran cantidad de bacterias y otras formas de vida biológica.

Etapas de los lodos activados

Son cinco las principales y se les da el nombre de métodos convencionales de lodos activados:

Primera Etapa:

Mezclado de los lodos activados con las aguas residuales a tratar.

Los lodos activados recirculados se deben mezclar bien lo cual se lleva a cabo agregando los lodos recirculados a las aguas residuales sedimentadas en el tanque de aireación.

Segunda Etapa:

Aireación y agitado del licor mezclado durante el tiempo que sea necesario.

Esta etapa tiene dos objetivos muy importantes: 1) El mezclado de los lodos recirculado en las aguas residuales y 2) Mantener los lodos en suspensión por la agitación de la mezcla y el suministro de oxígeno que se requiere para el desarrollo de las poblaciones biológicas.



El aire es agregado por:

a) Sistemas de aireación por difusión, el cual se suministra a baja presión de 0.5 a 0.7 kg utilizando sopladores y material poroso en placas o tubos repartiendo el aire formando pequeñas burbujas. Estas placas o tubos están colocados en el tanque de aireación y provocan un movimiento giratorio mezclando las aguas y además también se obtiene como complemento la adsorción del aire atmosférico.

b) Aireación a presión, en este caso se tienen: 1) De paleta (rodillo con paleta o cepillos sumergidos), 2) Con los tubos de tiro vertical en donde las aguas se hacen circular hacia arriba y hacia abajo por medio de un impulso giratorio y 3) Otros aireadores requieren aire y dependen de los siguientes factores: la carga de DBO, la calidad de los lodos activados, la concentración de sólidos y la eficiencia que se desee en el abatimiento de DBO. La cantidad mínima es de 2 ppm de oxígeno disuelto bajo cualquier condición de carga de DBO; para mantener la concentración se hacen pruebas de oxígeno disuelto en varias secciones del tanque.

Una planta de tratamiento de tipo convencional de lodos activados se requiere un tiempo de aireación de 6 a 8 h con aire difundido y de 9 a 12 h con aireación mecánica.

Tercera etapa:

Separación de los lodos activados del licor mezclado.

Se puede disponer de las aguas residuales tratadas en un tanque de aireación, descargándolas en aguas receptoras, hay que separar los lodos activados. Esto se hace por medio de tanques de sedimentación secundaria o final. La relación superficial de sedimentación no debe exceder de 32,500 L/m³/Día. El ciclo de remoción de los lodos en los tanques secundarios tiene mayor importancia, ya que cierta proporción de los lodos debe retirarse continuamente para utilizarlos como lodos recirculados en el tanque de aireación. El exceso de lodos debe eliminarse antes de que pierda su actividad por la muerte de los organismos aerobios por falta de oxígeno en el fondo del tanque.

Cuarta etapa:

Recirculación de la cantidad de lodos activados para mezclarlos con las aguas residuales.

La cantidad de lodos devueltos o recirculados al tanque de aireación puede variar desde 10 hasta 50 % del volumen de las aguas residuales en tratamiento. Para una planta convencional el porcentaje varía normalmente de 10 a 20 %. De esta manera se alcanza una concentración de sólidos en el licor mezclado de 1,000 a 2,500 ppm en las plantas que operan con aire difundido, y de 500 a 1,500 ppm en las que operan con aireación mecánica. La concentración óptima debe determinarse en cada planta por tanteo de acuerdo con la proporción de lodos recirculados. La concentración máxima queda limitada por el suministro de aire y por la carga de las aguas residuales.



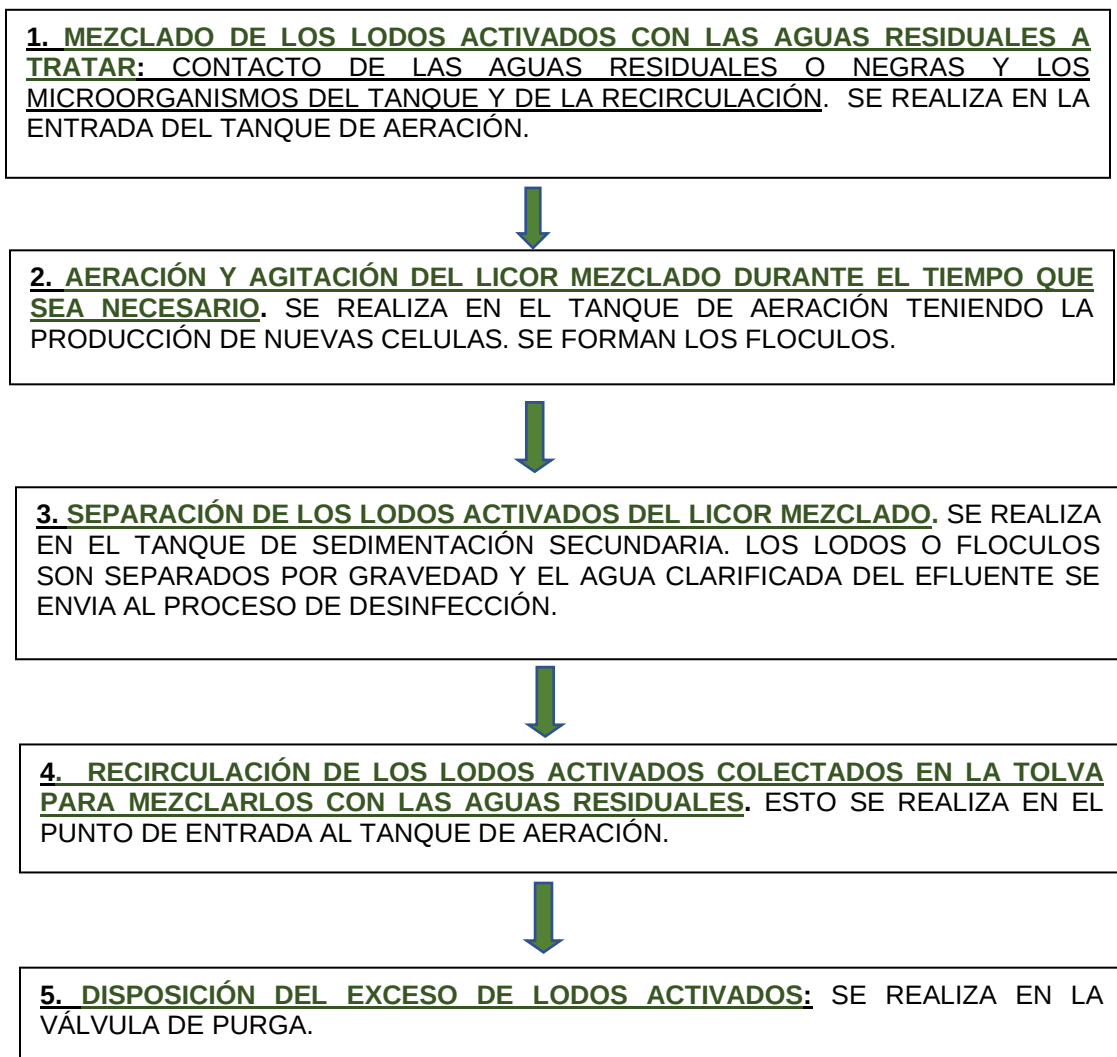
Quinta etapa:

Disposición del exceso de lodos activados.

El exceso final de lodos activados se trata y dispone junto con los lodos de los tanques de sedimentación primaria. Se utilizan diversos métodos en donde se combina el exceso de lodos activados con los provenientes de los dispositivos primarios. Los lodos eliminados son tratados para su disposición final utilizando diferentes métodos.

DIAGRAMA DE LODOS ACTIVADOS (TRATAMIENTO SECUNDARIO)

PROCESO SEMEJANTE AL DE LOS FILTROS (CULTIVO DE MICROORGANISMOS), LA DIFERENCIA RADICA EN QUE LOS MICROORGANISMOS ESTAN EN CONTACTO CON LAS AGUAS RESIDUALES Y EL OXÍGENO DISUELTO POR UN TIEMPO DETERMINADO.





Definiciones importantes para considerar

a) Índice volumétrico de los lodos: es el volumen en (ml) que ocupa un (g) de lodos activados en el licor mezclado una vez que se ha dejado sedimentar durante 30 min para calcular este índice se requiere del procedimiento de muestreo y de las pruebas correspondientes (se debe calcular todos los días, si este va aumentando quiere decir que se van **abultando los lodos**)

b) Edad de los lodos: Es el tiempo medio en días que permanecen sujetos a la aireación una partícula de sólido suspendido en el proceso de tratamiento de las aguas residuales con lodos activados.

Se calcula a partir del peso de los lodos activados en el tanque de aireación y los sólidos suspendidos en las aguas residuales que se encuentran en el tanque.

$$\text{Edad de los lodos} = \frac{V \times A}{Q \times C}$$

V = Volumen del tanque de aireación (m³ o mg)

A = Concentración de los sólidos suspendidos en el tanque de aireación (ppm)

Q = Gasto de aguas negras (m³/Día o mg/Día)

C = Concentración de sólidos suspendidos en las aguas negras que entran al tanque de aireación (ppm) excluyendo los lodos recirculados.

Para la mayoría de las aguas residuales domesticas comunes es generalmente satisfactorio una **Edad de 3 a 4 Días**.

c) Abultamiento de los lodos (Bulking) en el proceso de tratamiento puede ser un problema que hay que corregir.

Resulta de una sobrecarga o de un balance impropio entre las tres variables (carga de DBO, concentración de sólidos suspendidos en el licor mezclado y cantidad de aire que se use en la aireación).

Hay algunas medidas correctivas que pueden tomarse en cuenta y son:

- Agregar cal a los tanques de aireación para elevar el pH sin que exceda de 7.1
- Disminución del contenido de sólidos que se llevan a los tanques de aireación, eliminándolos como si estuvieran en exceso.
- Re - aireación de los lodos activados recirculados antes de que entren a los tanques de aireación.
- Cloración de los lodos activados recirculados (cuidar que los organismos que se encuentran en los lodos mueran).
- Aumentar el volumen de aire y el tiempo de aireación.



d) Espuma miento

Este puede ser un problema que se puede solucionar utilizando **Espumantes**, los cuales son costosos. También se puede utilizar aspersores finos con flujo de agua o puede ser la combinación de los dos (costo elevado).

Composición de los lodos

La composición varía según las características de las aguas residuales de donde hayan sido retirados y depende del proceso de tratamiento por el que fueron obtenidos.

Cuadro 5. Cantidades Nominales y características de los lodos producidos por diferentes procesos de tratamiento.

	Sedimentación simple	Tratamiento de sedimentación secundaria		Tanque séptico de una sola etapa	Sedimento en dos etapas o tanque de digestión
		Filtros goteadores	Lodos activados		
Volumen Normal de Galones De aguas Residuales	2,500	500	13,500	900	500
%H	95	92.5	98	90	85
Sólidos secos lb/millón de Galones	1,080	320	2,250	810	690

Tratamiento de los lodos y disposición en medios productivos

Para el tratamiento y secado de los lodos activados y estabilizados se tienen los siguientes sistemas:

1. **Secado por calor:** operación cuyo objetivo es eliminar el agua por calentamiento se obtiene una reducción hasta 10 % de humedad.
2. **Elutriación:** operación destinada a separar mediante lavado sustancias para tratamientos subsecuentes, reducción de la alcalinidad; el agua elutriante es un producto.



3. **Filtración al vacío:** operaciones cuyo propósito es extraer la humedad de una capa de lodo por succión sobre un filtro de vacío de tambor rotatorio continuo obteniendo una tableta de lodo y agua.

4. **Digestión aerobia o anaerobia:** proceso útil para la descomposición aerobia o anaerobia de los lodos, todos los compuestos orgánicos de naturaleza coloidal se descomponen en compuestos inorgánicos y se desprenden gases.

5. **Incineración combustión en seco:** operación unitaria para el secado de los lodos a altas temperaturas; se utilizan hornos y los productos son cenizas, minerales y gases.

6. **Combustión húmeda:** operación que consiste en la oxidación de los lodos húmedos a temperaturas cercanas a 282°C y presiones de aire de 82 a 122 kg/cm^2 .

7. **Espesamiento:** operación de acondicionamiento de los lodos para mejorar sus características de deshidratación. Se logra por **agitación de 8 a 12 h** o por la **adición de compuestos químicos** como polímeros y cloruro férrico, formando agregados que sedimentan (**método utilizado por diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales**).

8. **Secado en lecho de arena:** operación en la cual el agua de los lodos se filtra a través de filtros lentos de arena teniendo un lodo con un 80 % de agua, siendo un tratamiento no recomendado por obtener un producto parcialmente seco.

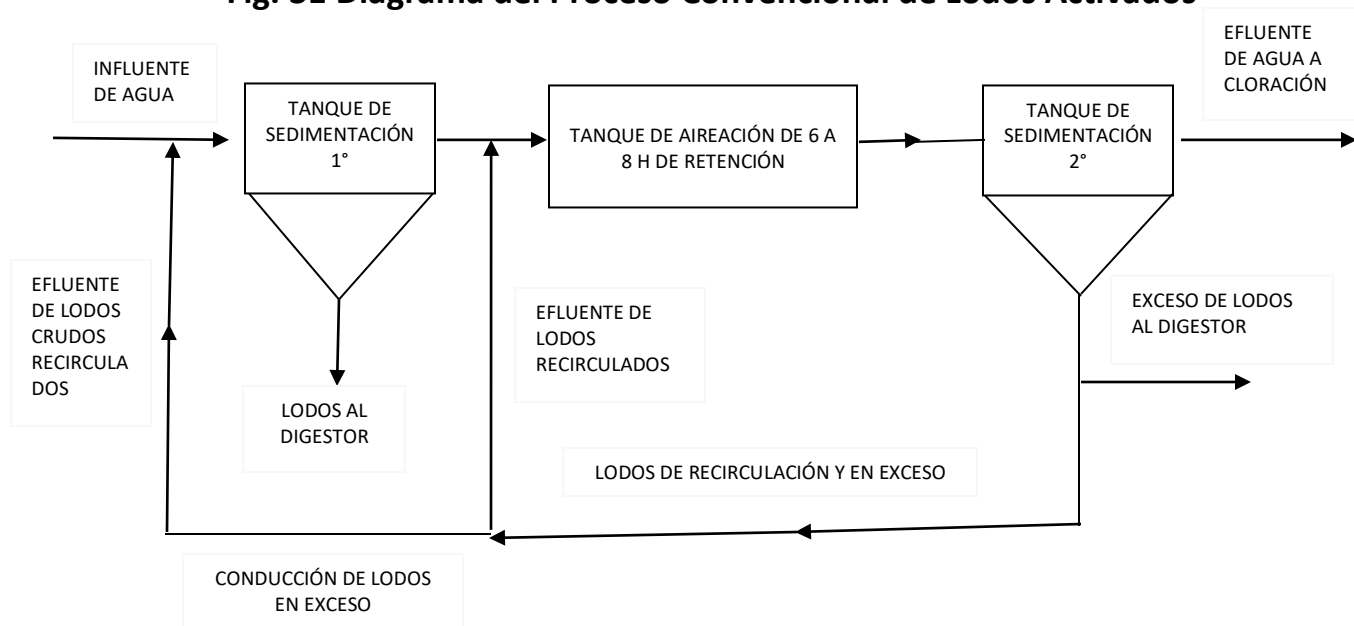
9. **Centrifugación:** operación en la que los lodos se concentran alimentados intermitente o continuamente, para separar los sólidos del **licor del lodo**; obteniéndose dos subproductos (sobrenadantes y sólidos).

Disposición de los lodos

Los lodos se pueden disponer de dos formas líquidos y sólidos, los líquidos o crudos se pueden suministrar al suelo y posteriormente son enterrados y los lodos digeridos o estabilizados son aplicados generalmente en Rellenos Sanitarios.

Los lodos estabilizados también pueden ser suministrados en suelos con falta de nutrientes (fertilizantes) por contener macro nutrientes nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y micronutrientes, en cultivos agrícolas que no tengan contacto con el suelo o pueden ser mezclados con otros residuos orgánicos para mejorar su textura, los lodos son arcillas orgánicas y si son agregados directamente a los suelos pueden afectar su filtración y tender a encharcarse. Se tienen características físicas y químicas de pruebas realizadas a los lodos de la planta de tratamiento de "Toluca Norte", humedad (H) 98 %, densidad (Da) 1.1g/cm^3 , espacio poroso (E.P) 42.1 %, pH 7, conductividad eléctrica (C.E) 1.5 mS/cm , materia orgánica (M.O) 35 %, nitrógeno (N_2T) 4.1 %, relación (C/N) 8.5, fósforo (P) 215.2 ppm, potasio (K) 1.3 meq/100 g y capacidad de intercambio catiónico (C.I.C) 234 meq/100 g .

Fig. 31 Diagrama del Proceso Convencional de Lodos Activados



Figs. 32 Proceso de secado de los lodos por método mecánico.

DIAGRAMA DE TRATAMIENTO SECUNDARIO O BIOLÓGICO MACROPLANTA TOLUCA NORTE

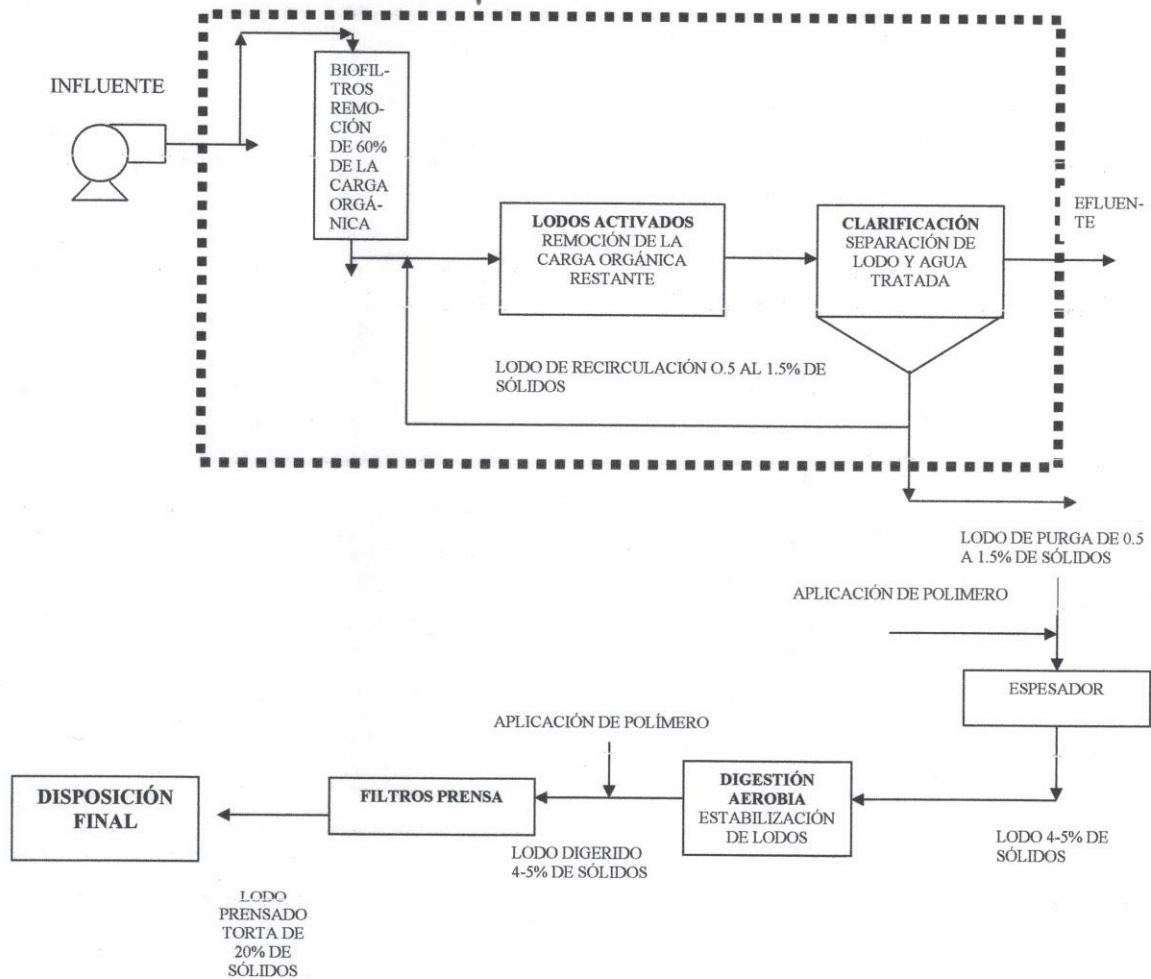


Fig. 33 Métodos básicos utilizados en el tratamiento biológico de aguas municipales Biofiltros y Lodos Activados



Glosario de Operaciones Unitarias Aplicadas en el Tratamiento Secundario o Biológico

- 1. Flotación:** proceso utilizado para separar sólidos de baja densidad o partículas líquidas de la fase acuosa, la separación se lleva a cabo introduciendo o burbujeando un gas en la fase acuosa.
- 2. Sedimentación:** operación unitaria en el tratamiento de aguas residuales para separar sólidos en suspensión, su principio es la separación por diferencia de peso entre las partículas sólidas y el líquido en donde se encuentran suspendidas.
- 3. Aireación:** proceso de transferencia de gases (oxígeno) en el interior de aguas naturales o residuales para la creación o mantenimiento de las condiciones aerobias en el tratamiento biológico o secundario.
- 4. Coagulación:** operación unitaria destinada a remover los sólidos suspendidos que sedimentan muy lentamente (coloides), se adicionan productos químicos para formar agregados o flóculos que sedimentan rápidamente.
- 5. Lodos Activados:** proceso de cultivo suspendido; los compuestos orgánicos biodegradables son transformados en material celular y compuestos orgánicos estabilizados incluyendo los gases.
- 6. Biofiltros:** sistema de biomasa adherida, es un proceso comúnmente empleado para la remoción de sólidos orgánicos biodegradables.
- 7. Filtros de Arena Intermitente:** proceso de remoción de sólidos suspendidos por filtración a través de filtros de arena en el que deben permitirse la aireación para el desarrollo biológico.
- 8. Película Fija:** bio-discos o reactores biológicos rotatorios: remoción de sólidos orgánicos biodegradables; la biopelícula se desarrolla sobre un medio de soporte (discos) parcialmente sumergidos que giran lentamente sobre un eje horizontal dentro de un tanque a través del cual fluyen las aguas por tratar.
- 9. Lagunas de Oxidación:** sistema de cultivo suspendido para la remoción de sólidos orgánicos; este proceso se realiza en dos fases, la primera se obtienen los nutrientes y en la segunda corresponde a la asimilación de estos por organismos fotosintéticos.



Tercera etapa del proyecto de titulación.

En la tercera etapa el profesor monitorea al equipo de alumnos, para que estructuren su prototipo de tratamiento del tema seleccionado, por medio de evidencias (fotos de proceso), donde se denote la problemática ambiental, alternativa de solución, objetivos planteados, metodología seleccionada, operaciones unitarias, diseño, análisis a realizar, entre otros.

En relación al informe final, el profesor monitorea la secuencia de la estructuración del informe con la entrega de los puntos establecidos en la segunda etapa del proyecto de titulación y da indicaciones de que este y la presentación del trabajo final del proyecto forman parte de su evaluación para obtener el título por Opción Curricular, señalando que solo con esto se cubre la acreditación de la asignatura y que se tiene que realizar servicio social para obtener el Título de Técnico en Ecología.

Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2. Se tiene programada la práctica 11. Evaluación de los aprendizajes teórico-práctico

Define la operación unitaria del secado de los lodos viable para ser aplicado en el laboratorio con base en la Normatividad Vigente.

Los lodos obtenidos serán utilizados en mezclas alternativas en la producción de especies vegetales.

Práctica No. 11 Secado por Calor de los Lodos.

NOTA: el procedimiento se explica en el Manual de prácticas de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas.

Castro, S. J. M. y Juárez, M. D. 2018. Manual de Laboratorio de la Unidad de Aprendizaje de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas. Publicado en el Repositorio CECyT No. 6.



Evidencias de Aprendizaje

Unidad 2



¡Reafirmando Conocimientos!

**Evidencia 1. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1**

Nombre _____ Grupo _____ Calificación _____

INSTRUCCIÓN: relacionar correctamente las columnas

1	()	Es el tratamiento que separa de las aguas residuales materiales que pueden obstruir o dañar las bombas o interferir en tratamientos posteriores.	AB	CRIBADO, DESMENUZADO, TANQUES DE PRE-AIREACIÓN
2	()	Es una apreciación visual condicionada por la presencia de iones metálicos, humus y turbas de plantas y residuos industriales.	TE	TURBIDEZ
3	()	Es la expresión numérica de la capacidad de una solución para conducir una corriente eléctrica y se mide en mS/cm o $\mu\text{S/cm}$.	XW	LIMOS, MATERIA ORGÁNICA, ARCILLA Y MICROORGANISMOS
4	()	Se utilizan tanques de sedimentación y se conoce como tratamiento físico.	SM	GRASAS Y ACEITES
5	()	Son sintetizados a partir de compuestos químicos del petróleo y actúan como agentes limpiadores.	CU	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
6	()	Es el efecto óptico causado por dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasa a través del agua cuando contiene pequeñas partículas en suspensión.	EP	TRATAMIENTO PRELIMINAR
7	()	Son compuestos orgánicos formados por C, H, y O presentan baja solubilidad en solventes polares y alta en solventes no polares.	LK	COLOR DE LAS AGUAS
8	()	Operaciones unitarias que se aplican en el tratamiento preliminar.	NG	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO
9	()	Es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días.	QT	DETERGENTES
10	()	Cuales son algunas de las partículas que aportan turbiedad a las aguas residuales.	VF	TRATAMIENTO PRIMARIO
11	()	Las bacterias requieren algunas condiciones para poder desarrollarse que son:	JO	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO
12	()	Son parámetros que se determinan en el sitio de muestreo.	CV	SOLIDOS SEDIMENTABLES (SS)



13	()	Es el volumen de oxígeno requerido para oxidar la fracción orgánica de una muestra de agua residual por reacción química de oxido reducción.	ÑM	BACTERIAS, PROTOZOARIOS, HONGOS, VIRUS ACUATICOS, HELMINTOS, GUSANOS LARVAS E INSECTOS
14	()	Solidos que por su tamaño y peso sedimentan en un periodo de 1 H y se expresan en ml/L.	GH	pH, TEMPERATURA Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
15	()	Las aguas residuales contienen organismos como:	SZ	OXÍGENO, pH, TEMPERATURA Y NUTRIENTES

VALOR DEL REACTIVO: UN PUNTO

VALOR DE LA SECCIÓN: QUINCE PUNTOS

Evidencia 2. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1

INSTRUCCIÓN: resuelve correctamente los siguientes problemas.

1. Calcular el caudal total medido en las descargas de la planta de tratamiento de aguas municipales de Toluca Oriente en el momento de tomar la muestra $Q_t = (V/T)$, con los siguientes datos:

No. de muestra	Aforo (L)	Tiempo (seg)	Formula y calculo	Caudal (Q_t) (L/seg)
1	5	60		
2	5.5	68		
3	5	59		
4	5.7	69		
5	5.8	67		



2. Un tanque de sedimentación simple de forma rectangular tiene 70 m de largo, 20 m de ancho y 8 m de profundidad en el nivel de flujo, el gasto o caudal es de $18,000 \text{ m}^3/24 \text{ h}$ Diarios calcular.

	Ecuación	Cálculos	Resultado
A) Volumen del Tanque			
B) Tiempo de Retención en horas			

Nota: comparar el resultado con la norma.

3. Calcular el porcentaje de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de la unidad “El Rosario” si el DBO_5 en el influente (inicial) es de 35 mg/L , mientras que el DBO_5 del efluente (final) es de 8 mg/L .

Ecuación	Cálculos	Resultado

4. Calcular los mg/L de (DBO_5) en una muestra de agua residual tomada del influente de una planta de tratamiento de aguas municipales, los datos se muestran en el siguiente cuadro:

V_{MUESTRA} (ml)	OD_i (mg/L)	OD_f (mg/L)	OXIGENO CONSUMIDO (mg/L)	FRACCION DECIMAL	DBO_5 (mg/L)
2	9.1	7.1			
5	9.2	4.3			
8	9.7	3.1			
PROMEDIO					



5. Calcular la demanda química de oxígeno (DQO) de una muestra tomada en el efluente de la planta de tratamiento de aguas municipales “El Rosario” los datos son los siguientes, $V_{\text{MUESTRA}} = 50 \text{ ml}$; el gasto del SAF 0.25N para el blanco fue de 24.8 ml, mientras que para la muestra problema fue de 23.2 ml de SAF 0.25N.

FORMULA Y CALCULOS	RESULTADO

6. Calcular los mg/L de sólidos suspendidos (no filtrables) de una muestra de agua residual con base a los datos siguientes: peso del crisol con el papel filtro puesto previamente a peso constante = 23.328 g peso del crisol con el filtro más el residuo = 23.486 g y el volumen de la muestra fue de 250 ml.

FORMULA	CALCULOS	RESULTADO

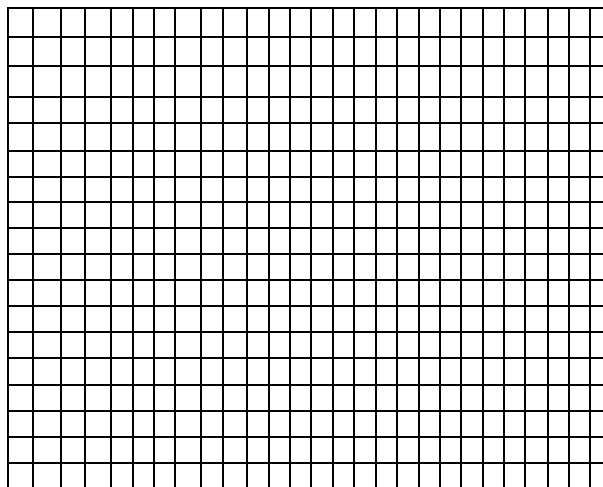
7. Calcular los mg/L de grasas y aceites de una muestra de agua residual en base a los siguientes datos: Volumen de la muestra 30 ml, peso del matraz sin muestra 125.312 g y con la muestra 125.325 g.

FORMULA	SUSTITUCIÓN	RESULTADO



8. Calcular los mg/L de detergentes de una muestra de agua residual en base a los siguientes datos.

CURVA ESTANDAR		
VOL. DEL PATRON (ml)	LAS μg	ABS
0.0	0.0	0.000
1.0	10.0	0.033
3.0	30.0	0.060
5.0	50.0	0.100
7.0	70.0	0.140
9.0	90.0	0.180
a) Muestra de agua residual		
ABS = 0.130		
b) Volumen de la muestra		
V = 5 ml		
c) Formula y cálculos		
d) Resultado		



9. Para la determinación del número de COLONIAS/ml de una muestra de agua residual se hicieron diluciones de: 1:10, 1:100, 1:1000, 1:10000 y 1:100000 (frasco o matraz de dilución y tubos A, B, C, D y E respectivamente) se tomó 1.0 ml del tubo "C" y se sembró en el medio de cultivo, en el cual se desarrollaron 27 colonias ¿Calcular el número de colonias por mililitro de la muestra analizada?

FORMULA	SUBSTITUCIÓN	RESULTADO

Obtener el porcentaje de eficiencia en las diluciones D y E del proceso de cloración de la planta de tratamiento "El Rosario" utilizando los datos siguientes.

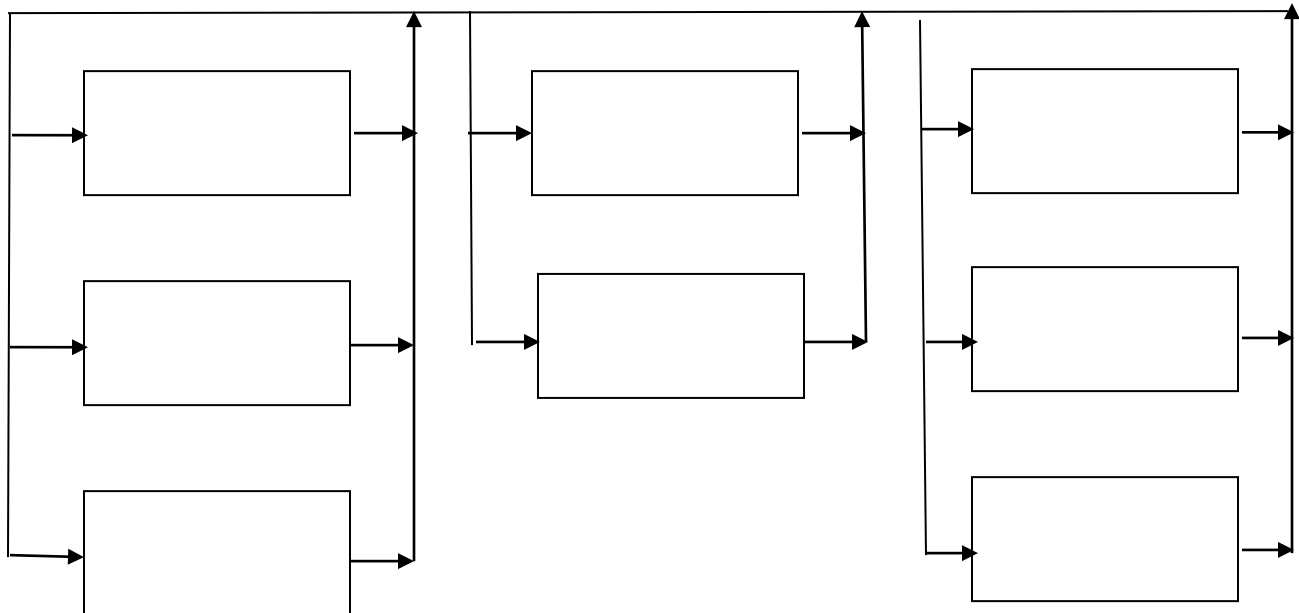
Diluciones	No. de colonias del Influyente	No. de colonias del Efluente	No. col./ml del influente	No. col./ml del Efluente	%EF
1:10000-D	26	3			
1:100000-E	20	2			

**Evidencia 3. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1**

En el diagrama siguiente llenar los espacios con los procesos de tratamiento que se pueden llevar a cabo en el tratamiento preliminar y primario.

Pretratamiento	Primario	
	Químicos	Físicos

A. R. Diluidas



Con base en la infraestructura de la planta de tratamiento cuales son los más utilizados del tratamiento preliminar y primario.

En el tratamiento preliminar: _____

En el tratamiento primario: _____

**Evidencia 1. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2**

Nombre _____ Grupo _____ Calificación _____

INSTRUCCIÓN: completé correctamente las siguientes preguntas.

1. Es aquel que se lleva a cabo en presencia de oxígeno. _____
2. Es aquel en donde las poblaciones biológicas actúan en presencia y ausencia de oxígeno molecular. _____
3. Los métodos de tratamiento secundario o biológico más utilizados en las plantas de tratamiento convencionales son: _____
4. Se utilizan después del tratamiento secundario para eliminar material en suspensión. _____

VALOR DEL REACTIVO: UN PUNTO**VALOR DE LA SECCIÓN: CUATRO PUNTOS****Evidencia 2. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2**

Nombre _____ Grupo _____ Calificación _____

INSTRUCCIÓN: relacionar correctamente las columnas

1	()	Son lodos de color café y con olor a tierra.	AB	ABULTAMIENTO DE LOS LODOS O BULKING
2	()	La carga hidráulica se expresa en los filtros goteadores en:	TE	DIFUSIÓN
3	()	Los lodos que van desde el tanque de sedimentación secundaria al punto de alimentación del tanque de aireación.	XW	kg de DBO/ m ³ de medio filtrante/DÍA
4	()	Resulta de una sobrecarga o de un balance impropio entre la carga de DBO, concentración de sólidos suspendidos en el licor mezclado y cantidad de aire que se utiliza en la aeración.	SM	BIOFILTROS



5	()	Operación de proceso de los lodos activados para estabilizarlos y ponerlos disponibles para ser utilizados en relleno sanitario.	AB	PROCESO ANAEROBIO
6	()	Es el método de inyección de oxígeno en el proceso de lodos activados.	TE	LODOS ACTIVADOS
7	()	La carga orgánica se expresa en:	XW	LODOS RECIRCULADOS
8	()	El proceso de tratamiento de las aguas negras de cultivo suspendido corresponde a los:	SM	FILTROS DE ARENA
9	()	Operación de tratamiento secundario en donde los filtros se encuentran sumergidos en el agua.	CU	m ³ /DE AGUA RESIDUAL/HA-DÍA
10	()	Se utilizan principalmente en alto grado de tratamiento de las aguas negras cuando contienen materia orgánica.	VV	SECADO POR CALOR

VALOR DEL REACTIVO: UN PUNTO

VALOR DE LA SECCIÓN: DIEZ PUNTOS

Evidencia 3. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2

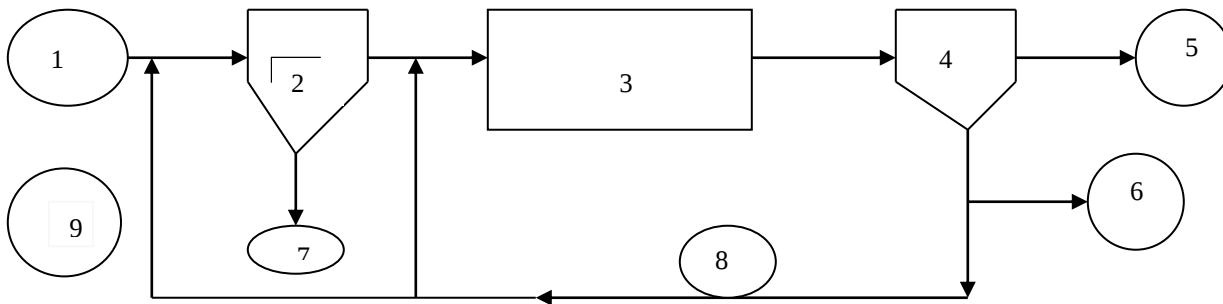
INSTRUCCIÓN: resuelve correctamente el siguiente problema.

Un filtro percolador de 20 m de diámetro y de 1.2 m de espesor, recibe 1,600 m³/día de un efluente de un tanque primario, con un DBO = 120 mg/L calcular:

PARÁMETRO	CALCULOS	RESULTADOS
A) SUPERFICIE DEL FILTRO (Ha)		
B) CARGA HIDRÁULICA EN (m ³ /Ha/DÍA)		
C) CARGA ORGÁNICA (kg DBO/m ³ DE MEDIO FILTRANTE)	Kg DBO/DÍA	
	V medio filtrante (m ³)	
	CARGA DE DBO	

**Evidencia 4. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2**

INSTRUCCIÓN: anote en el paréntesis de la izquierda el número que corresponda a la cuestión dada.

PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

- () Efluente de agua a cloración
- () Efluente de lodos crudos recirculados
- () Tanque de sedimentación 1°
- () Efluente de lodos recirculados
- () Tanque de aireación
- () Lodos al digestor
- () Influyente de agua
- () Exceso de lodos al digestor
- () Tanque de sedimentación 2°
- () Lodos de recirculación y en exceso



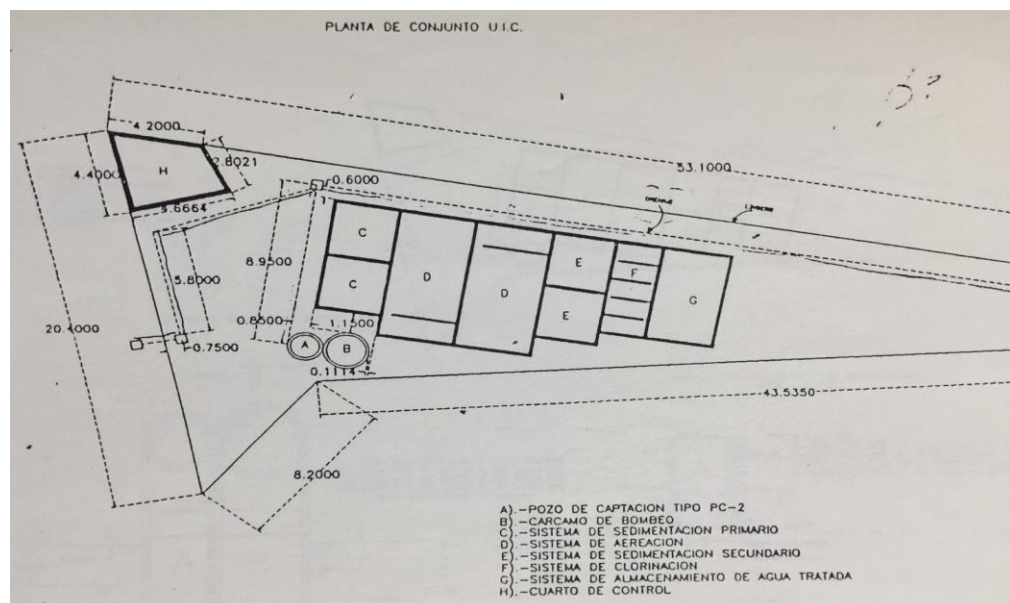
UNIDAD No. 3

DISPOSICIÓN FINAL DE LAS AGUAS TRATADAS Y DE LOS LODOS

RAP 1. Selecciona los sistemas de disposición final de las aguas tratadas de acuerdo con su calidad con base en la Normatividad Vigente.

CONTENIDO

- * Construcción de un prototipo de planta de tratamiento
- * Factores de evaluación
- * Visita a una planta de tratamiento de aguas ----- municipales.
- * Cuarta Etapa del Proyecto de Titulación
- * Práctica 12

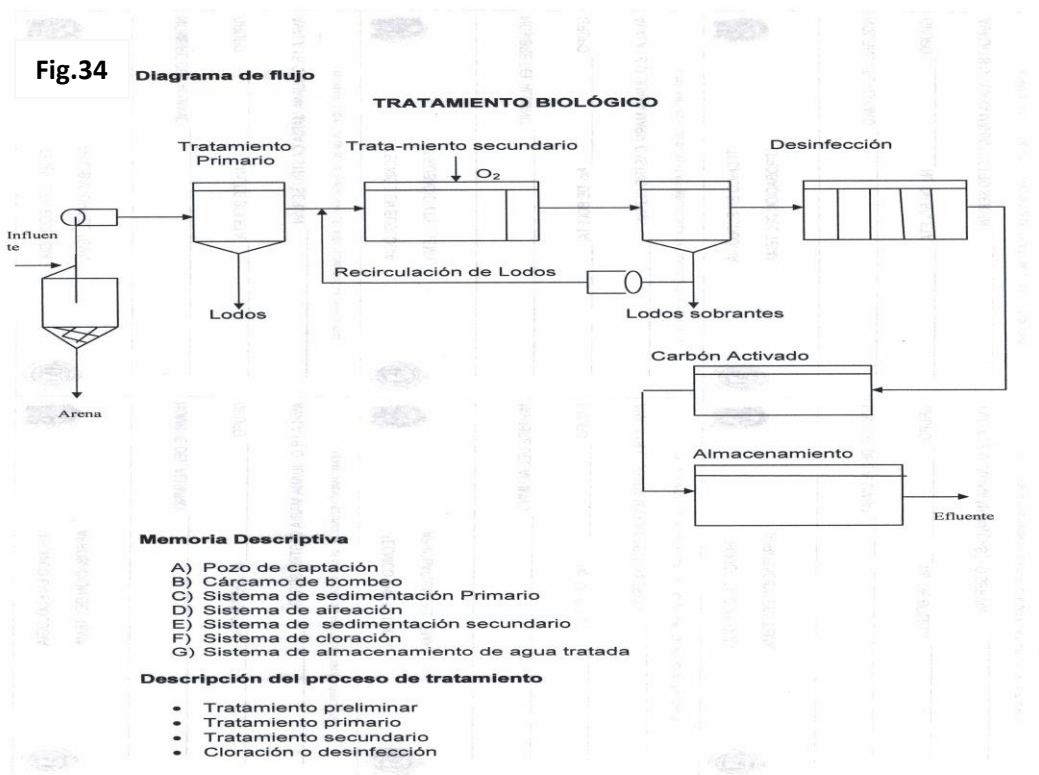


Construcción de un prototipo de planta de tratamiento y Factores de Evaluación

El caudal y la concentración de constituyentes son muy importantes en el diseño y operación de las unidades de tratamiento, como se menciona en la Unidad 1, se tienen diferentes plantas de tratamiento las que tratan aguas residuales urbanas o municipales, las que tratan aguas residuales industriales y plantas potabilizadoras de agua; para el diseño de cada una de ellas se requieren diferentes criterios de construcción y diferentes operaciones unitarias.

Se mencionan los aplicados en la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas, establecida en una comunidad en donde se aplicaron los siguientes datos en el diseño de su construcción: gasto diario o caudal 4.4 L/seg, carga orgánica 72 kg/Día, número de personas por servir 5000 personas, superficie de la obra 170 m², tipo de construcción concreto y la ubicación de donde sería construida.

El tratamiento que se llevará a cabo es biológico aerobio y las operaciones unitarias que se utilizarán en el proceso son: cribado fino y grueso, tanques de sedimentación primaria, tanques de aireación en el tratamiento secundario o biológico, sedimentador secundario y sistema de cloración; el agua tratada será almacenada y será utilizada en el riego de áreas verdes.





Caudal de diseño

Parte importante para la elección de una planta de tratamiento es el caudal de diseño ya que este se basa en consideraciones de tipo hidráulico y del proceso. Las unidades de proceso y los conductos para el tratamiento del agua residual se deben dimensionar en forma tal que permitan soportar los caudales pico que llegarán a la planta de tratamiento.

Gran parte de las unidades de tratamiento se diseñan con base en el tiempo de retención o la carga superficial (caudal por unidad de área superficial), para lograr la tasa deseada de remoción de DBO y SST. En vista de que el desempeño de esta unidad de tratamiento puede verse afectado en forma significativa, como consecuencia de variaciones en el caudal o en la carga máxima de contaminantes en el influente, se deben considerar los caudales máximos y mínimos en el diseño.

En conclusión, los **Factores de Evaluación** para la elección y selección de operaciones y procesos en el diseño de una planta de tratamiento de agua son las siguientes:

1. **Aplicabilidad del proceso:** se evalúa con base a experiencias previas. Registro de operaciones a escala real, datos publicados y estudios de plantas piloto.
2. **Caudal de operación:** los procesos deben estar preparados para soportar el caudal esperado de operación.
3. **Variaciones de caudal:** se debe tomar en cuenta si el diseño será para operar intervalos amplios de caudal o si será caudal constante. Si se presentasen variaciones de caudal se requieren de tanques para homogenizar el caudal del efluente.
4. **Características del agua residual cruda:** las características del agua residual cruda a tratar afectan directamente los parámetros y requisitos operacionales.
5. **Condiciones climáticas:** la temperatura afecta la velocidad de reacción de los procesos químicos y biológicos. Las temperaturas medias aceleran la generación de olores y limitan la dispersión de estos a la atmósfera.
6. **Cinética de reacción y elección del reactor:** el tamaño del reactor depende de la cinética de reacción predominante.
7. **Desempeño del sistema:** se mide en términos de la calidad del efluente. Deben considerarse las normas vigentes de cada país.
8. **Procesamiento de lodos:** esta elección va de la mano con la elección del sistema de tratamiento del agua residual utilizada.
9. **Restricciones ambientales:** existencia de vientos (dirección predominante), proximidad en zonas residenciales, tráfico y ruido.
10. **Condiciones de operación y mantenimiento:** dependerá de ¿Qué condiciones de mantenimiento se requiere? ¿Qué capacitación especializada requiera el personal? ¿Qué nivel de entrenamiento se requiere para ese personal? ¿Qué grado de complejidad tiene el proceso? ¿Qué posibilidades existen de ampliaciones futuras para la planta?



11. **Disponibilidad de terreno:** ¿Hay espacio suficiente? ¿Hay espacio para futuras ampliaciones? ¿Cuánto terreno se requiere para zonas de amortiguación visual? ¿Y aspectos paisajistas limitantes del proyecto?

Factores que se consideran cuando se trata de una planta potabilizadora

En este caso la infraestructura debe tener sistemas adicionales como es el **tratamiento terciario avanzado**, el cual tiene una serie de procesos destinados a conseguir una calidad del efluente superior a la del tratamiento secundario convencional.

Para realizar este proceso se tienen las siguientes operaciones unitarias de tratamiento:

1. Separación de Sólidos en Suspensión

Se lleva a cabo en aguas residuales procedentes de tratamiento primario y secundario, en donde no se eliminó totalmente el DBO del efluente, y para este sistema se puede disponer de los siguientes procesos, para la eliminación de estos sólidos en suspensión.

- a) **Micro tamizado:** Se construyen sobre tambores rotatorios y se elimina de 70 a 90 % de sólidos suspendidos.
- b) **Filtración:** El anterior sistema se combina con la filtración y se puede obtener eliminación de sólidos del 99%. Los materiales de relleno de los filtros más empleados son: arena, antracita y tierra de diatomeas.
- c) **Coagulación:** Se lleva acabo utilizando sulfato de alúmina, polielectrolitos, cal y otros reactivos químicos.

2. Adsorción en Carbón Activado (separación de compuestos orgánicos)

Adsorción es la concentración de un soluto en la superficie de un sólido, a este fenómeno se le denomina **Adsorción** física o de **Van Der Waals**, en donde el **sólido** (carbón activado), se denomina **Adsorbente** y el **soluto** a adsorber se denomina **Adsorbato**. La capacidad de adsorción es función de la superficie total del adsorbente, ya que cuando mayor sea esta superficie se dispone de mayor número de fuerzas residuales no equilibradas para la adsorción. **Los carbones activados como adsorbentes (granulo o polvo)**, se aplican principalmente en la eliminación de olores, sabores que producen los contaminantes en las aguas (en el futuro este método será el más utilizado). Lo más importante de la aplicación de este proceso es que el porcentaje de eliminación dependen fundamentalmente del tiempo de contacto entre el agua residual y el carbón activado.



3. Intercambio Iónico (desmineralización de las aguas)

Las **zeolitas naturales** son cambiadores de iones (intercambio bajo) y las **zeolitas sintéticas** de estireno y di vinil benceno (DVB), son polímeros insolubles a los que se añaden grupos básicos o ácidos mediante reacciones químicas. El número total de grupos funcionales por unidad de peso o unidad de volumen de resina determina la capacidad de intercambio, mientras que el grupo funcional determina la selectividad iónica y la posición del equilibrio de intercambio. La operación de las columnas de intercambio iónico en serie y en programas de regeneración, siguen los mismos principios descritos en la sección de las columnas de carbón activado.

Mecanismos básicos del intercambio iónico (catiónico y aniónico)

Intercambio catiónico: Separación de cationes de una solución, intercambiándolos por iones sodio (ciclo del sodio) o hidrógeno (ciclo del hidrógeno).

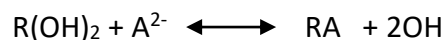


R = Resina y M = Catión (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , entre otros), los iones quedan retenidos sobre la resina y se produce un efluente ablandado con sales de sodio.

Ecuación del hidrógeno: se produce en la reacción ácido cuando se trata del hidrógeno. Cuando la capacidad de intercambio de la resina se agota, esta debe regenerarse (antes la columna se lava para eliminar los sólidos). La regeneración se hace pasando en la columna (salmuera NaCl para el ciclo del sodio) o solución ácida ácido sulfúrico o clorhídrico para el (ciclo del hidrógeno), ácidos fuertes o débiles.

Las concentraciones típicas del regenerante son del 2 al 5% en peso con caudales de 40 a 80 L/min(m²), el residuo regenerante está formado por sales catiónicas. Esta corriente residual supone del 10 al 15% del volumen de efluente tratado antes de la ruptura. A continuación de la regeneración el lecho intercambiador se lava con agua para separar el regenerante residual.

Intercambio aniónico: Las resinas Intercambiadoras aniónicas separan aniones de una solución intercambiándolas por iones oxhidrilo.



en donde A^{2-} = anión

Se forman aniones tales como: SO_4^{2-} , CrO_4^{2-} son eliminados de la solución. La regeneración se hace después de la ruptura, normalmente precedida por lavado a contracorriente para eliminar los depósitos de sólidos. Los regenerantes normalmente usados son NaOH y amonio.



Normalmente los intercambiadores **Catiónicos y Aniónicos** son emplazados en **serie**, mediante una elección adecuada de los intercambiadores de iones, pueden resolverse todos los problemas de naturaleza inorgánica en las aguas residuales. Los intercambiadores aniónicos son bases fuertes o débiles, se pueden separar por medio de intercambio catiónico elementos como: Cu^{2+} , Zn^{2+} y Ni^{2+} . El método de intercambio iónico se utiliza principalmente en la descontaminación de aguas que provienen de **acabados metálicos de Cromado**.

4. Osmosis Inversa y Electrodiálisis

Osmosis y presión osmótica, en este caso se relaciona la presión con la temperatura y la concentración del soluto. El equipo está formado por una bolsa hecha de una membrana semipermeable (membranas sintéticas de acetato de celulosa), dentro de la bolsa se coloca una solución diluida de sacarosa al 0.001M.

El paso de los iones a través de la membrana se acelera por la aplicación de una tensión constante a lo largo de una serie de membranas permeables las cuales van a contener un **Cátodo y un Ánodo** los que están colocados en los extremos de la celda, de tal manera que la membrana catiónica se encuentre cercana al cátodo y la membrana aniónica cercana al ánodo.

El agua residual cruda se alimenta continuamente en los compartimentos de concentración y el agua tratada se extrae continuamente. Para un funcionamiento adecuado de la celda de **electrodiálisis**, la materia en suspensión, y los iones orgánicos de gran tamaño y coloidales deben retirarse ya que pueden provocar que esta se ensucie y puede tenerse un aumento de la resistencia eléctrica total y por lo tanto la capacidad des mineralizadora del equipo disminuye ya que según la Ley de Faraday hay migración de un equivalente-gramo de una especie iónica por amperio por segundo aplicado.

El ensuciamiento de las membranas es el mayor problema para superar en el funcionamiento económico de la **electrodiálisis**. El ensuciamiento disminuye mediante: a) Adición de coagulantes, filtración a través de microfiltros y/o la adsorción en columnas de carbón activado (el costo de este tratamiento puede ser antieconómico), b) Se puede parar la planta constantemente para limpiarla y c) La inversión frecuente de la corriente tiende a minimizar los efectos del ensuciamiento.

5. Procesos de Oxidación Química (Cloración y Ozonación)

Cloración de las Aguas

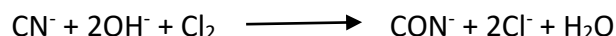
Utilización y objetivos de la cloración: Se utiliza en el tratamiento de aguas industriales y urbanas. Algunos efluentes industriales que normalmente se cloran antes de su descarga a las aguas receptoras son los procedentes de las plantas de azúcar de caña, azúcar de remolacha, de centrales lecheras, de las fábricas de pasta y papel, plantas textiles, de las de curtido, de las petroquímicas, farmacéuticas y de las de acabado superficial de metales (cromado, electrodeposición, entre otras).



Los objetivos de la cloración se resumen como sigue:

1. **Desinfección:** Fundamentalmente el cloro es un desinfectante debido a su fuerte capacidad de oxidación, por lo que destruye o inhibe el crecimiento de bacterias y algas.
2. **Reducción de DBO:** El cloro reduce el DBO por oxidación de los compuestos orgánicos presentes en las aguas.
3. **Eliminación o reducción de colores y olores:** Las sustancias que producen color y olor en las aguas se oxidan mediante la adición de cloro principalmente en tratamiento industrial (azúcar, conservas, centrales lecheras, pasta y papel, textil, entre otros).
4. **Oxidación de los iones metálicos:** Los iones metálicos que se encuentran en el agua en forma reducida se oxidan por el cloro (ejemplo el ferroso a férrico y manganeso a mangánico)
5. **Oxidación de los cianuros a productos inocuos:** Empleo de cloro en la destrucción de cianuros, esto se lleva a cabo en un medio alcalino con valores de pH superiores a 8.5, la oxidación tiene lugar en dos etapas.

Primera etapa



Segunda etapa



En la práctica se emplea un gran exceso de cloro del orden de 7.5 ppm de cloro por cada parte de CN^- .

Reacciones del cloro en el agua

Cuando se añade como gas o bien como solución, el cloro reacciona para formar ácido hipocloroso (HOCl), que posteriormente se disocia de acuerdo con las siguientes reacciones:



Como el HOCl es un ácido débil, una parte importante del cloro residual está formado por HOCl sin disociar el cual en presencia de amoníaco forma mono-cloramina (NH_2Cl), di-cloramina (NHCl_2) y tricloruro de nitrógeno (NCl_3), las proporciones relativas de estos compuestos dependen del pH y de la concentración de amoníaco presente, estos compuestos son los responsables de olores y sabores desagradables en el agua.

La cantidad de cloro añadido se lleva a cabo en cuatro etapas, las cuales se realizan y muestran la relación entre cloro añadido y cloro residual, en la primera etapa se oxidan compuestos que reaccionan rápidamente como (hierro +2 y manganeso).

Cloro como desinfectante

Las dosis típicas de cloro requeridas para desinfección se presentan en el siguiente cuadro.

EFLUENTE	INTERVALO DE DOSIFICACIÓN mg/L
1. Aguas residuales sin tratar (pre-cloración)	6 – 25
2. Sedimentación primaria.	5 – 20
3. Planta de precipitación química.	2 – 6
4. Filtros percoladores.	3 – 15
5. Lodo activado.	2 – 8
6. Filtro múltiple seguido de planta de lodos activados.	1 – 5

La efectividad del cloro para matar las bacterias viene dada por la ley de Chick que se escribe en forma diferencial.

$$dN/dt = -kN$$

de donde

N = Es el recuento de bacterias

t = Tiempo

dN/dt = La velocidad de eliminación de bacterias.

k = Constante de velocidad de eliminación.

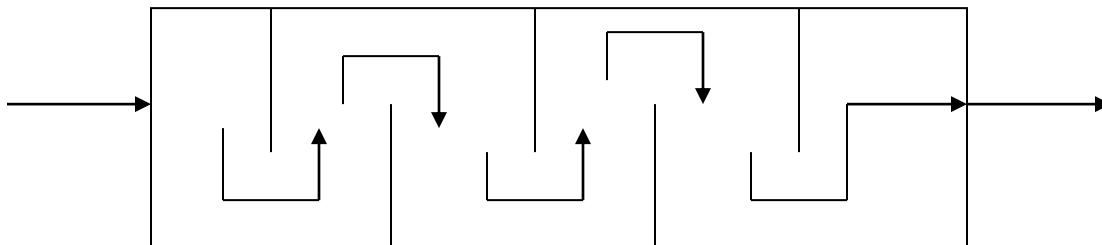


Fig. 35 Reactor continuo para desinfección por cloro



La ley de Chick es una representación idealizada ya que normalmente se puede presentar variaciones en la resistencia de las células, disminución de la concentración de cloro. La velocidad de eliminación algunas veces aumenta o disminuye con el tiempo, por lo que se puede presentar una segunda derivada.

Economía de la cloración de las aguas

Aunque el empleo de la cloración está muy extendido, se debe tomar en cuenta que el cloro es un producto químico relativamente caro. Si la economía tiene importancia en una aplicación, deben evaluarse otros métodos como los óxidos de cloro (Cl_2O , Cl_2O_5 , Cl_2O_7).

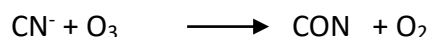
Ozonación de las Aguas

La oxidación química con ozono es un método efectivo para tratar las aguas basándose en los siguientes factores:

1. El ozono reacciona fácilmente con los productos orgánicos no saturados presentes en las aguas.
2. La tendencia a la formación de espuma en las aguas se reduce después del tratamiento con ozono.
3. La ruptura de los anillos y la oxidación parcial de los productos aromáticos deja a las aguas más susceptibles de tratamiento biológico convencional.
4. El ozono presente en el efluente se convierte rápidamente a oxígeno una vez que ha servido a sus fines. Este oxígeno es benéfico para las corrientes receptoras y ayuda a mantener la vida acuática.

El ozono puede sustituir al cloro en el tratamiento de las aguas que contienen cianuro. La oxidación tiene lugar en dos etapas.

Primera etapa



Segunda etapa



6. Método de Eliminación de Nutrientes (compuestos de fósforo y nitrógeno)

Es una operación importante, debido a que estos productos juegan un papel crítico en la **Eutroficación**, se ha acentuado el interés en la eliminación de fósforo por dos razones: 1) El fósforo es el nutriente más crítico, y 2) Los procesos de eliminación de nitrógeno son menos eficientes y más caros. La mayoría de los procesos de tratamiento para la eliminación de nutrientes están proyectados para eliminar fósforo exclusivamente.



Procesos de Eliminación de Fósforo

1. Precipitación química: Los agentes más empleados en la eliminación de fósforo son hierro III como (FeCl_3), calcio como cal, aluminio (como alumbre $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ y combinaciones de hierro con cal). El mecanismo de eliminación del fósforo es principalmente **precipitación** en la forma de fosfatos de: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, FePO_4 y AlPO_4 . La adsorción juega un papel importante en la eliminación de algunos fosfatos que se adsorben sobre el floculo precipitante. Sobre la utilización de los diferentes agentes de precipitación se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones.

El cloruro férrico en dosis de 10 mg/L es el agente de precipitación, que proporciona rendimientos aproximados de 90 %.

La cal es menos eficaz y se utiliza en dosis de 500 a 700 mg/L dando rendimientos aproximados de 50 % a valores de pH alcalinos. Uno de los inconvenientes de utilizar cal es la gran cantidad de lodo producido y la forma de cómo eliminarlo.

2. Proceso de lodos activados: Puede eliminar fósforo y nitrógeno ya que las células biológicas contienen aproximadamente el 2 % de fósforo y el 12 % de nitrógeno en peso. La eliminación dependerá de la edad del lodo. Aproximadamente 1.0 mg/L de fósforo es eliminado por cada 100 mg/L de DBO soluble. Los términos “asimilación en exceso” y “separación incrementada de fósforo” son utilizados para describir este proceso.

3. Balsas de estabilización: Eliminan elevadas cantidades de nitrógeno, siempre que las condiciones de luz y temperatura sean favorables al crecimiento de las algas. Durante el verano se pueden separar aproximadamente 80 %, en invierno este rendimiento desciende a 20 % o menos.

4. Osmosis inversa: Esta es demasiado costosa para uso generalizado.

5. Electrodialisis: Lo mismo que la anterior.

Como **nota** importante la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas del “Cerro de la Estrella”, tiene una micro planta de tratamiento terciario avanzado y para reafirmar la calidad del agua potable esta se prueba con una especie viva llamada “Carpa Arcoíris” que detecta la calidad de su potabilización.

Glosario de Operaciones Unitarias Aplicadas en el Tratamiento Terciario Avanzado

Desinfección

Proceso de eliminación o destrucción de los microorganismos patógenos de las aguas naturales y residuales, uno de los desinfectantes más utilizados es el cloro debido a su fuerte capacidad de oxidación de la luz (UV).

**Intercambio Iónico**

Proceso en el que los iones que se mantienen unidos por fuerzas electrostáticas pueden ser intercambiados por algunos iones de especies diferentes generando otros compuestos.

Neutralización

Operación unitaria cuyo propósito es el acondicionamiento de las aguas residuales para la descarga en los cuerpos receptores; disposición a la red de alcantarillado municipal, aguas provenientes de industrias y para el tratamiento subsecuente biológico.

Precipitación

Operación unitaria destinada a remover los sólidos disueltos de las aguas residuales añadiendo productos químicos para la formación de precipitados por sedimentación.

Adsorción

Operación o proceso útil para la remoción de iones y moléculas del agua residual, utilizando un adsorbente en el que por las fuerzas interfaciales se depositan en el mismo (carbón activado granulado).

Osmosis Inversa

Operación o proceso útil para la desmineralización de aguas naturales y residuales; se emplean membranas semipermeables de acetato de celulosa.

Ozonación

Proceso de oxidación química útil en el tratamiento de las aguas residuales ya que reduce la formación de espuma y actúa transformando a los cianuros en productos inocuos.

Visita a una planta de tratamiento de aguas municipales

Se programa el protocolo de la visita y se toman en cuenta los siguientes puntos:

Visita Escolar programada oficial (obtener permiso de padre o tutor).

I. Itinerario: a) salida de la Unidad Académica (hora), b) Llegada a la planta de tratamiento y c) Tiempo máximo de recorrido (generalmente son 3 h) y d) Comida (llevar lonch).

II. Recorrido (actividades e indicaciones) anotar los aspectos más importantes del recorrido:

a) Antes de entrar se debe de observar las instalaciones de la planta de tratamiento que se visita, b) Se debe aprender a escuchar y a respetar a las personas que nos atienden, c) Platica introductoria, d) Sistema de tratamiento del agua (tratamiento convencional de aguas residuales urbanas o lagunas facultativas) y e) Uso del agua tratada y de lodos activados.



III. Trabajo Académico en equipo contestar las siguientes preguntas: 1) De donde llega el agua residual que se trata. 2) ¿Cuál es la capacidad de tratamiento de la planta? 3) En que consisten los sistemas de tratamiento del agua y el tiempo de retención del proceso. 4) El proceso de secado de los lodos y su disposición final. 5) Cada cuando se monitorea la calidad del agua tratada en el laboratorio y en donde es suministrada o utilizada. 6) Con que norma se realiza el muestreo del agua. 7) Que análisis se determinan en el agua que va a ser tratada y 8) El laboratorio está acreditado.

IV. Elaborar un informe del recorrido y adicionar las preguntas del punto III.

Cuarta Etapa del Proyecto de Titulación

En la cuarta etapa el profesor utiliza lista de cotejo y revisa **“El Informe Técnico para Acreditar la Unidad de Aprendizaje de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas”**, en los puntos establecidos en la segunda etapa del proyecto de titulación y se da por concluido el trabajo completo y se hace la aclaración que con el informe se tiene que estructurar una presentación en PowerPoint o un Cartel, los cuales también serán revisados con lista de cotejo, todo lo anterior solo es para acreditar la unidad de aprendizaje y se confirma que solo realizando servicio social se adquiere el título de Técnico en Ecología por la Opción Curricular.

Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1. Se tiene programada la práctica 12. Evaluación de los aprendizajes teórico-práctico

Con la información obtenida en el contenido anterior, se estructuran los antecedentes de la práctica, utilizando los datos de la bitácora obtiene diagrama de flujo de los sistemas de tratamiento observados en la visita a la planta de tratamiento.

Práctica No. 12 Visita a una planta de tratamiento de aguas municipales.

NOTA: el procedimiento se explica en el Manual de prácticas de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas.

Castro, S. J. M. y Juárez, M. D. 2018. Manual de Laboratorio de la Unidad de Aprendizaje de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas. Publicado en el Repositorio CECyT No. 6.



UNIDAD No. 3

DISPOSICIÓN FINAL DE LAS AGUAS TRATADAS Y DE LOS LODOS

RAP 2. Selecciona los sistemas de disposición final de los lodos obtenidos de los procesos de tratamiento de acuerdo con su calidad con base en la Normatividad Vigente.

CONTENIDO

- * Estabilización de los lodos y proceso de acondicionamiento para su disposición final
- * Utilización de los lodos estabilizados
- * Uso normado de las aguas tratadas y de los lodos
- * Presentación del Proyecto de Titulación
- * Práctica 13



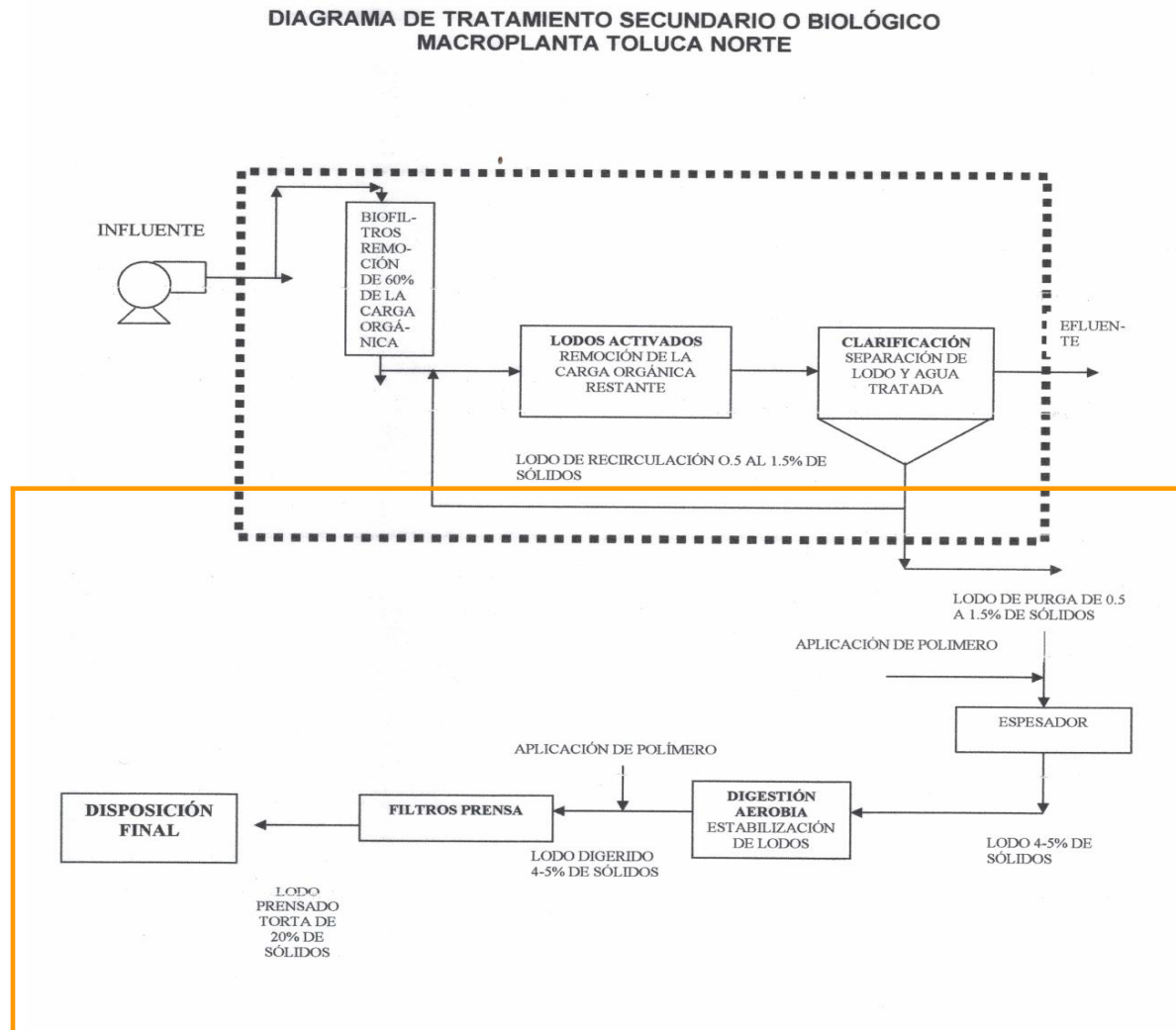
Agua tratada por lagunas de oxidación
Planta de tratamiento del Ex - Lago de Texcoco.

Lodos estabilizados de la Planta
de Tratamiento de Toluca Norte



Estabilización de los lodos y proceso de acondicionamiento para su disposición final

Fig. 36 Estabilización de los lodos





Utilización de los lodos estabilizados

Tratamiento, Análisis y Utilización como Fertilizante

Los lodos obtenidos de la planta de tratamiento de aguas residuales son una mezcla de agua y sólidos por su origen reciben el nombre exceso de lodos activados o lodos químicos, por su estado o tratamiento recibido pueden denominarse crudos o frescos.

Dentro de las características importantes de los lodos se encuentran la cantidad esperada, el contenido de nutrientes y de sustancias químicas y el contenido de metales pesados. Las características de los lodos varían con el tipo de operación o proceso de las aguas residuales que los producen, así como con la concentración de agua residual.

La cantidad de lodo varía de acuerdo con el tipo de sistema de tratamiento proceso u operación: a) sedimentación primaria los obtenidos de este proceso son relativamente diluidos, con una concentración de sólidos del 5 %, b) lodos activados, c) filtros percoladores, d) lagunas aireadas y e) filtración.

Los lodos de la planta “Toluca Norte”, se obtienen con un 10 % de humedad, parte de estos son utilizados en rellenos sanitarios por ser un componente químico mineralizados que forman una arcilla orgánica difícil de filtrarse; otra parte se agrega directamente en campos de cultivo por su gran contenido de componentes químicos nutritivos para las plantas. En estudios realizados no es recomendable suministrarlos en estas condiciones ya que por ser un material arcilloso puede hacer un cambio de uso de suelo provocando un suelo compactado y tendiente a encharcarse; aparte se debe definir en qué cultivos se suministra ya que su procedencia son aguas residuales y éstas contienen gran cantidad de microorganismos patógenos.

Composición de los lodos

Los lodos generalmente se componen de sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), nitrógeno (N), fósforo como (P_2O_5), potasio como (K_2O), pH, minerales como hierro (Fe), cobre (Cu), entre otros y en algunos casos metales pesados como cromo (Cr), plomo (Pb), mercurio (Hg), entre otro sobre todo si son aguas residuales provenientes de industrias.

Tratamiento de los lodos

El lodo proveniente de la sedimentación y de los procesos de tratamiento biológico debe estabilizarse o tratarse antes de disponer de él o reutilizarlo. La necesidad de la estabilización o del tratamiento depende del tipo de disposición o de reutilización y de las molestias potenciales debidas a los olores en el lugar.



Los lodos se tratan para facilitar su disposición: 1) Disminución del volumen del material que va a ser manejado eliminación de parte o toda la porción líquida. 2) Descomponer la materia orgánica muy putrescible a compuestos orgánicos a inorgánicos relativamente estables o inertes. 3) Eliminar los olores desagradables. 4) Reducir el contenido de microorganismos patógenos. La forma de tratamiento incluye: a) la reducción biológica de los sólidos volátiles biodegradables, b) la oxidación química de los sólidos volátiles, c) la adición de sustancias químicas para volver el lodo no biodegradable y d) calentamiento para desinfectar o esterilizar el lodo. Los métodos más comunes de tratamiento de lodos para instalaciones pequeñas de aguas residuales son la digestión aerobia y las lagunas de lodos. La digestión anaerobia, la oxidación química y la estabilización con cal son los métodos menos utilizados.

Los lodos pueden ser almacenados en depósitos municipales durante muchos años siempre y cuando sean estabilizados, el almacenamiento a largo plazo es efectivo ya que se reduce el nivel de cantidad de bacterias y virus como la concentración de sólidos volátiles y de nitrógeno.

El método que se aplica en este experimento será el de compostaje (**información obtenida de la Unidad de Aprendizaje de Manejo de Desechos Sólidos**) y secado con calor (medio de desinfección), ya que estos lodos van a servir para la fabricación de fertilizantes o como medio de crecimiento para la producción de plantas.

Para realizar el muestreo de los lodos se (**toma información de la Unidad de Aprendizaje de Caracterización y Calidad del Suelo**). Se obtienen varias muestras representativas del residuo lodo y se colocan en bolsas de plástico perfectamente etiquetadas y se transportan al laboratorio, en el laboratorio se forma una composta con las muestras recolectadas y el material se seca por calor preparándolo para su **caracterización física y química**.

Características físicas: contenido de humedad (H en %), tamaño de partículas (T.P en %), densidad aparente (Da en g/ml) y espacio poroso (E.P en %).

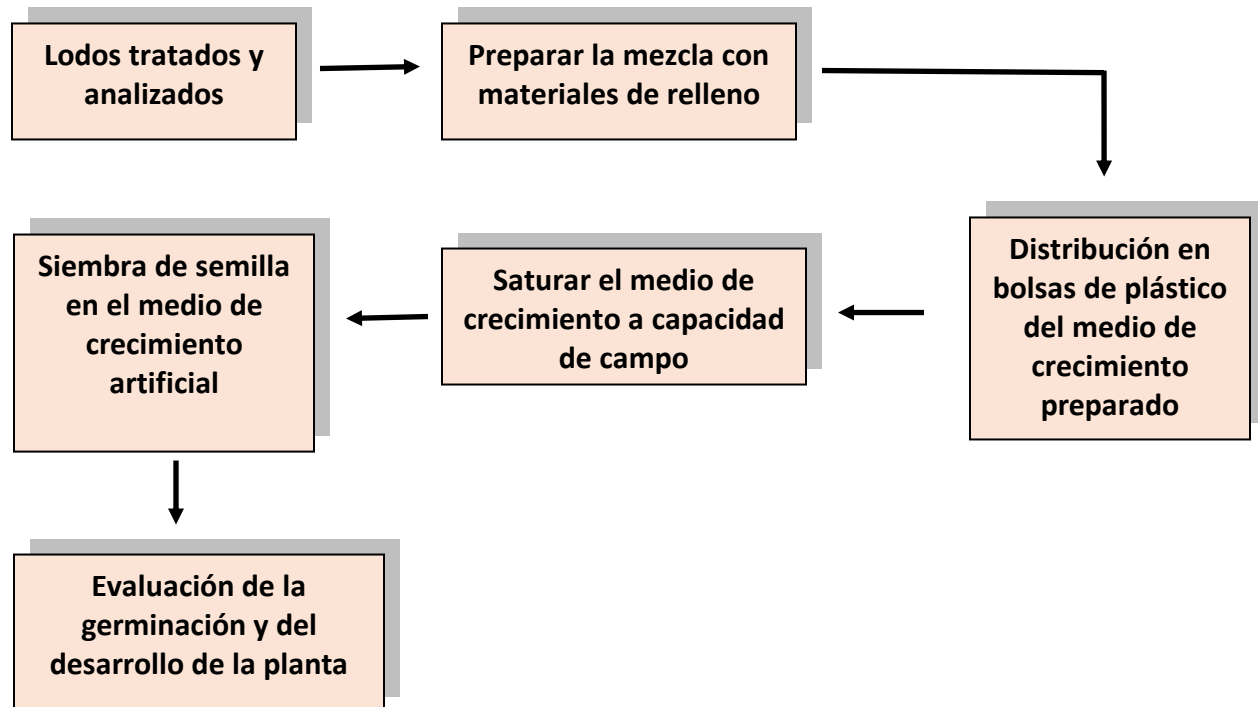
Características químicas: pH, conductividad eléctrica (C.E en mS/cm), materia orgánica (M.O en %), nitrógeno total (N_T en %), fósforo, potasio, sodio, entre otros.

Determinación de microelementos: cobre, zinc, hierro, manganeso, magnesio y boro.

Determinación de metales pesados: cromo, plomo y cobalto.

Como ya se comentó anteriormente, los lodos procedentes de plantas de tratamientos son materiales muy pesados por la cantidad de minerales que contienen, por lo que es conveniente que se formen mezclas con otros materiales más ligeros, para obtener un sustrato que sea manejado fácilmente y en el cual se pueda establecer plantas con base en el material obtenido. En la preparación de la mezcla se debe retomar información de la **Unidad de Aprendizaje de Manejo de Desechos Sólidos**.

Fig. 37 Diagrama de flujo para preparar medios de crecimiento utilizando los lodos preparados en la producción plantas



Uso normado de las aguas tratadas y de los lodos

Los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales generalmente son utilizados para riego, o como en el caso de las plantas de tratamiento de Toluca Norte y Oriente el agua es vertida en el río Lerma para diluir los contaminantes que esta tiene por descargas de aguas residuales de asentamientos irregulares en la margen del río.

Alternativas para la disposición y utilización de aguas tratadas

Se tienen diferentes alternativas para la utilización del agua tratada, esto dependerá del tipo de suelo con base en sus características físicas ya que se tienen suelos con alta permeabilidad o baja permeabilidad y en algunos casos suelos poco profundos. Las alternativas para la reutilización de efluentes de plantas de tratamiento es la evaluación preliminar del terreno en donde se suministrarán, el proceso se inicia con un análisis completo de las características del suelo, que incluyen permeabilidad, profundidad, textura, estructura y tamaño de poro. La naturaleza del perfil del suelo y de su permeabilidad de las aguas subterráneas, la pendiente del terreno, el paisaje y vegetación existente y las características de drenaje superficial (**toma información de la Unidad de Aprendizaje de Caracterización y Calidad del Suelo**).



Una vez que la información pertinente se ha recolectado, la **entidad ambiental local** debe ser contactada para determinar los requerimientos normativos vigentes y los análisis requeridos para su aplicación.

Controles de riesgo de un agua tratada

Las aguas tratadas deben ser evaluadas para determinar sus constituyentes y así evitar efectos particulares adversos en donde sean almacenadas o suministradas sobre todo cuando se trata de aguas residuales municipales e industriales por lo que se deben aplicar con ciertas restricciones.

En el caso de un agua residual tratada debe cumplir con los siguientes criterios e índices para determinar su calidad si se quiere utilizase para riego.

La calidad del agua de riego es un término que se utiliza para indicar la conveniencia o limitante del empleo del agua confines de riego. Se toman las características químicas, así como la tolerancia de la vegetación a la salinidad, las propiedades del suelo, las condiciones de manejo suelo-agua y las condiciones climáticas.

Se tiene tres criterios o índices

1. **Contenido de sales solubles:** a) conductividad eléctrica (C.E), b) salinidad efectiva (S.E), c) salinidad potencial (S.P).
2. **Efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo:** a) Relación de absorción de sodio (R.A.S). b) Carbonato de sodio residual (C.S.R) y c) Porcentaje de sodio posible (P.S.P).
3. **Contenido de elementos tóxicos para las plantas:** Contenido de boro y Contenido de cloruros.

Calidad del agua de riego: con base en los criterios anteriores se puede considerar **no recomendable, condicionada o de buena calidad**.

Las muestras obtenidas en el efluente de las plantas de tratamiento deben ser recolectadas siguiendo los pasos que se indican en el manual de practicas **de la Unidad de Aprendizaje de Caracterización y Calidad del Agua y con base en la norma correspondiente de agua residual tratada**.

El personal de laboratorio debe solicitar la siguiente información: nombre del colector de la muestra o muestras de agua, ubicación o sitio de la colecta, en este caso debe ser el efluente o salida de la planta de tratamiento y el uso que se pretende dar al agua por analizar.

CUADRO DE PROPIEDADES QUÍMICAS DE UNA MUESTRA DE AGUA	
SITIO	HIDRANTE
pH	8.0
C.E. mS/cm	1.8
DUREZA TEMPORAL/CaCO ₃ (meq/l)	0.0
DUREZA PERMANENTE/CaCO ₃ (meq/l)	—
DUREZA TOTAL/CaCO ₃ (meq/l)	0.4
ALCALINIDAD TOTAL (meq/l)	17.1
CALCIO (Ca ⁺⁺) meq/l	5.0
MAGNESIO (Mg ⁺⁺) meq/l	2.0
SODIO (Na ⁺) meq/l	2.4
TOTAL DE CATIONES (meq/l)	9.4
CARBONATOS (CO ₃ ²⁻) meq/l	0.0
BICARBONATOS (HCO ₃ ⁻) meq/l	7.4
CLORUROS (Cl ⁻) meq/l	5.5
SULFATOS (SO ₄ ²⁻) meq/l	1.4
TOTAL DE ANIONES (meq/l)	14.3
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (ppm)	895

CRITERIOS E INDICES PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS CON FINES DE RIEGO	
SALINIDAD EFECTIVA (SE) meq/l	6.7
SALINIDAD POTENCIAL (SP) meq/l	6.3
RELACION DE ABSORCIÓN DE SODIO (RAS) meq/l	9.7
CARBONATOS Y SODIO RESIDUAL (CSR) meq/l	0.0
PORCIENTO DE SODIO POSIBLE (PSP) meq/l	33.5
CLORO (Cl) meq/l	5.5

Fig. 38 Ejemplo de la caracterización química de una muestra de agua que se utilizara para riego en la producción de especies vegetales.

Fig. 39 Interpretación de resultados de características químicas de la muestra de agua analizada aplicando los criterios que la definen para su uso en riego con base en las propiedades del suelo donde será suministrada.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para interpretar la calidad del agua que se utilizará con fines de riego, es necesario hacer algunas consideraciones. La calidad de agua de riego es un término que se utiliza para indicar la conveniencia o limitación del empleo del agua, con fines de riego de cultivos, para cuya determinación generalmente se toman como base las características químicas del agua; así como la tolerancia de los cultivos a las sales, las propiedades del suelo, las condiciones de manejo de suelos y aguas y las condiciones climatológicas.

En general existen tres criterios principales para juzgar la conveniencia o limitación del empleo del agua con fines de riego. Estos criterios son: el contenido de sales solubles, el efecto probable del sodio sobre las características físicas de los suelos y el contenido de elementos tóxicos para las plantas. Para cada uno de estos criterios se tienen diferentes índices cuantitativos.

1. Contenido de sales solubles: a) Conductividad eléctrica (C. E.); b) Salinidad efectiva (SE) y c) Salinidad potencial (SP)
2. Efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo: a) Relación de adsorción de sodio (RAS); b) Carbonato de sodio residual (CSR) y c) Porcentaje de sodio posible (PSP)
3. Contenido de elementos tóxicos para las plantas: a) Contenido de boro (B) y b) Contenido de cloruros (Cl)

De acuerdo a los criterios e índices antes mencionados, la calidad de la muestra de agua problema, se tiene dentro de los valores de CONDICIONADA en (SP) por encontrarse entre 3-15 meq/l, BUENA por tener menos del 50 % de (PSP) y en el caso de cloruros es RECOMENDABLE ya que el valor es 0.5 decimas mayor que el indicado por la norma de calidad de aguas que serán utilizadas para riego. Los valores encontrados en (RAS, CSR y SE) la ubican en una agua CONDICIONADA a ser aplicada en suelos con pH ligeramente ácidos.



En el caso que el agua para riego provenga de aguas residuales sin tratar se recomienda aplicar el tratamiento preliminar y filtros intermitentes y con recirculación los cuales son económicos, también se recomienda un sistema convencional de campo de infiltración por gravedad, entre otros, la experiencia de estudios realizados con aguas residuales sin tratar señala que no es conveniente aplicarlas ya que son nocivas para las plantas o para quien las consume.

Se recomienda leer los artículos siguientes:

Vázquez, A. A., Justin, C. L., Siebe, G. C. y Alcántara, G. G. y De la Isla de B. M. de L. 2001. Cadmio, níquel y plomo en el agua residual, suelo y cultivos en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. Agro-ciencia. (35): 267-274.

Mascareño, C. F. y R. Guajardo, V. 1997. Estudio preliminar sobre contaminación de los suelos y de la producción agrícola en el distrito de riego 03 por el uso de aguas negras de la Ciudad de México. Agro-ciencia (27): 95-119.

Uso normado de los lodos

En el diagrama de la (Fig. 37) se preparó el medio de crecimiento utilizando los lodos, en donde se señala la secuencia del procesamiento del lodo para la producción de plantas, el producto obtenido debe ser probado estableciendo un experimento o ensayo con el material obtenido.

Pasos para seguir en la prueba de la aplicación del lodo tratado y estabilizado

1. Obtener las características físicas y químicas del lodo, material utilizado en la mezcla (composta o material de relleno) y suelo donde se agregará.

Cuadro 6. Características físicas de los materiales sometidos a prueba

Sustrato	H %	E.P %	Da g/c.c	Tamaño de Partículas				
				4.76	2.0	1.0	0.5	Base
Lodo de planta de tratamiento	98	42.1	1.1	0.0	6.2	30.6	40.2	9.2
Composta estiércol de vaca	90	53.1	0.61	40.5	35.8	48.0	34.2	11.0
Suelo de monte	21	77.5	0.50	15.7	51.0	20.6	5.3	7.4

NOTA: retomar la información de la **Unidad de Aprendizaje de Manejo de Desechos Sólidos y para obtener las Características Químicas** retomar la información de la **Unidad de Aprendizaje de Caracterización y Calidad del Suelo.**

**Cuadro 7.** Características químicas de los materiales sometidos a prueba

Sustrato	pH 1:5.0	C.E. mS/cm	M.O. %	N _T	P X 10 ⁻⁴ (%)	K	C.I.C. meq/100 g	C/N
Lodo de planta de tratamiento	7.00	1.50	35.00	4.10	215.20	0.051	234.00	8.50
Composta estiércol de vaca	9.80	3.00	31.30	1.43	72.20	0.086	124.00	12.70
Suelo de monte	6.50	0.40	13.80	0.60	10.70	0.035	64.00	14.30

NOTA: Datos obtenidos del artículo publicado en el ejemplar 17 de Julio-diciembre en la Revista Electrónica Humanidades, Tecnología y Ciencia, del Instituto Politécnico Nacional.

Cuadro 8. Ejemplo de características físicas y químicas de las mezclas preparadas con los lodos para la producción de especies forestales.

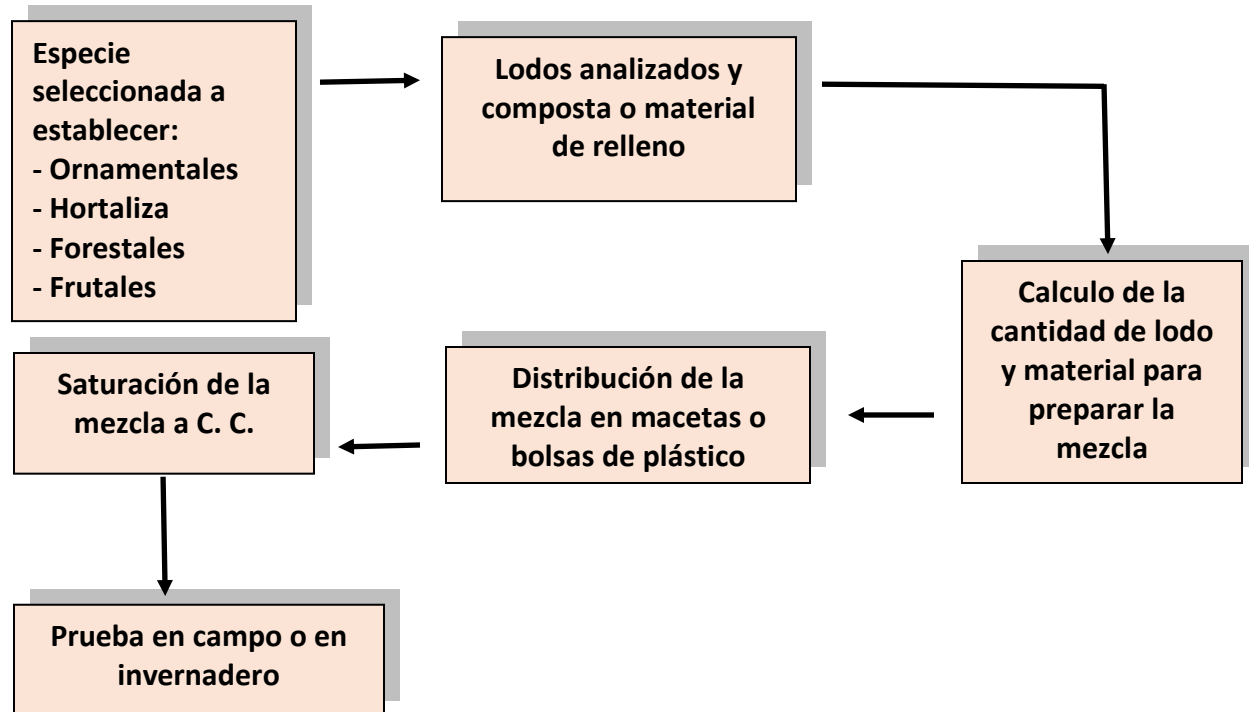
M	H. Ret.	E.P %	Da g/c.c.	Tamaño de partículas en % Número de malla en (mm)					pH H ₂ O 1:5.0	M.O %	N.T	C/N	P ppm	K	C.I.C meq/100g
				4.76	2.0	1.0	0.5	Base							
1	25.1	65.1	0.5	6.1	24.9	27.9	25.2	15.8	5.9	73.6	2.4	17.8	12	20	76
2	24.9	70.6	0.5	6.0	37.5	23.0	23.3	9.7	6.5	36.3	1.5	14.1	8	20	84
3	35.1	69.2	0.4	7.5	27.1	24.9	29.6	10.7	6.2	116	2.3	29.4	16	5	62
4	34.0	64.2	0.5	6.0	26.8	28.6	23.9	14.7	6.1	51.0	2.5	11.8	16	70	96
5	25.5	69.2	0.4	25.1	24.4	27.7	19.0	3.7	6.3	97.2	2.7	20.8	32	25	72
6	31.6	88.3	0.3	17.9	25.9	27.4	21.9	4.7	6.4	24.2	1.8	7.8	8	105	1.2
7	22.2	91.3	0.2	44.5	10.0	14.1	26.1	5.2	7.3	36.1	1.4	14.9	6	35	46

M = mezclas preparadas con los diferentes materiales y material de relleno.

Claves de los residuos y materiales de relleno: **estiércol (E)**, **lodo (L)**, **tezontle (T)** y **vermiculita (V)**, **suelo (S)**.

- 1) 40%E-30%L-20%T-10%V
- 2) 30%L-30%S-20%T-20%V
- 3) 40%E-10%L-20%S-20%T-10%V
- 4) 50%L-20%E-30%V
- 5) 60%E-20%L-10%S-10%T
- 6) 40%E-40%L-10%S-10%T
- 7) 40%L-30%S-20%V

2. Diagrama para utilizar el lodo analizado y la composta o material de relleno en la preparación de la mezcla.



NOTA: retomar la información de la **Unidades de Aprendizaje de Manejo de Desechos Sólidos** para la información del diseño experimental de Bloques al Azar para preparar las mezclas y definir las condiciones en las que se desarrollan las especies forestales.

Presentación del Proyecto de Titulación

El profesor da la indicación que con el “**Informe Técnico**”, se debe preparar una presentación en PowerPoint o un Cartel, los cuales para su aceptación serán revisados con lista de cotejo, con el informe y la presentación, así como con las evaluaciones parciales de 8 en cada una de ellas se acredita la unidad de aprendizaje y se recomienda hacer el servicio social para obtener el título de **Técnico en Ecología por Opción Curricular**.

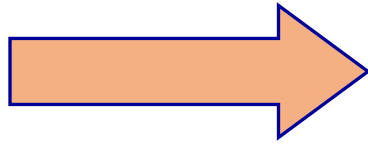
Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1. Se tiene programada la práctica 13. Evaluación de los aprendizajes teórico-práctico

Con la información obtenida en el contenido de “**Uso normado de las Aguas y de los Lodos**”, se estructuran los antecedentes de la práctica.

Práctica No. 13 Uso normado de las aguas tratadas y de los lodos activados.

NOTA: el procedimiento se explica en el Manual de prácticas de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas.

Castro, S. J. M. y Juárez, M. D. 2018. Manual de Laboratorio de la Unidad de Aprendizaje de Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas. Publicado en el Repositorio CECyT No. 6.



Evidencias de Aprendizaje

Unidad 3



¡Reafirmando Conocimientos!



Evidencia 1. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1

INDICACIONES: Buscar información y construye un diagrama de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales obtenidas de una Petroquímica con las siguientes descripciones del proceso.

Pretratamiento: destilación, incineración y balsas de retención.

Tratamientos intermedios: oxidación y neutralización.

Tratamiento primario: flotación, sedimentación y decantación, así como balsas y coagulación.

Tratamiento secundario: 1) parte con incineración y 2) lodos activados, filtros percoladores y lagunas aerobias.

Tratamiento terciario: balsas de retención, carbón activado, extracción, cloración y por último zonación.

Efluente: será vertido a un río, que características físicas y químicas se realizaran al agua del efluente de la planta para que no provoque condiciones adversas al mezclarse con el agua del río.

Evidencia 2. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1

Guía de estudio – Evaluación continua

ISTRUCCIONES: Desarrollar los siguientes puntos en equipo o de forma individual.

I. **Tratamiento terciario:** definición.

II. **Métodos utilizados para la remoción de los sólidos suspendidos.**

1. Filtración: filtros de arena lentos.

2. Coagulación: etapas de la coagulación, sustancias o compuestos químicos utilizados en el proceso de coagulación.

III. **Adsorción con carbón activado.**

1. Definición de adsorción.

2. El carbón activado como adsorbente: preparación, reactivación, isoterma de adsorción e isoterma de Langmuir.

3. Funcionamiento de la adsorción (resumen).

**IV. Intercambio iónico.**

1. Definición, resinas de intercambio iónico, tipos de resinas de intercambio iónico (como se cargan y como se regeneran), mecanismos de intercambio iónico entre los cationes y los aniones con la resina; se puede presentar utilizando el esquema de la información.

2. Parámetros de diseño de las columnas de intercambio iónico.

V. Procesos de oxidación química (cloración y o zonación).

1. Lista de los efluentes industriales que son sometidos al proceso de cloración antes de su descarga a los cuerpos receptores.

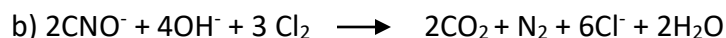
2. Cuantos objetivos son los que se persiguen con la cloración.

3. Lista de formas químicas bajo las cuales se puede utilizar el cloro.

4. El gas cloro: escribe las reacciones del cloro en el agua.

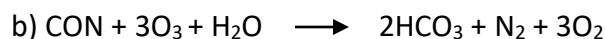
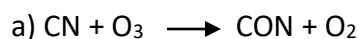
5. Elaborar un resumen del gas cloro y su uso como desinfectante, tomar como ejemplo el proceso de cloración de cualquier planta de tratamiento.

6. Empleo del cloro en la destrucción de cianuros, describe cada una de las siguientes reacciones.

**VI. O - zonación de las aguas.**

1: Fundamentación.

2. describe cada una de las siguientes reacciones (descripción de los cianuros presentes en las aguas residuales).

**VII. Describir el proceso de precipitación química para la eliminación de fósforo.**

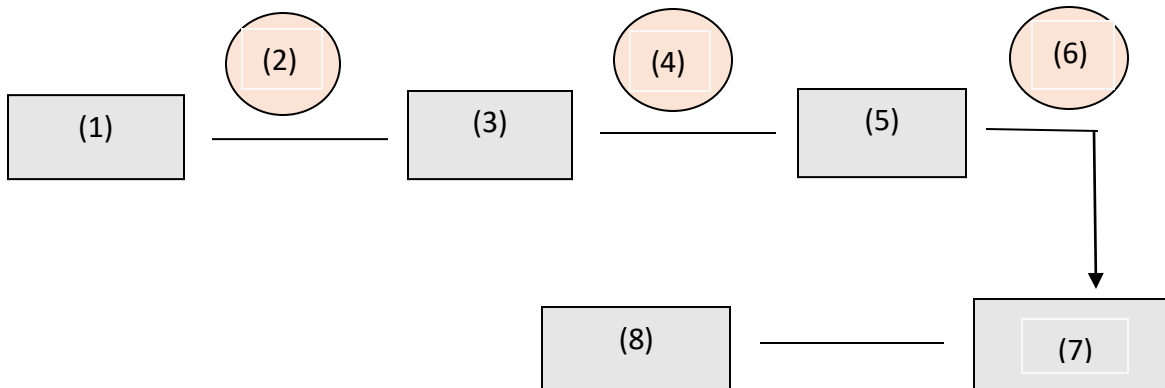
NOTA: cuestionario proporcionado por la profesora Margarita Guijosa Telles.

Evidencia 3. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 1

INSTRUCCIÓN: por medio de imágenes estructura la secuencia del prototipo del proyecto de titulación que trabajaron en equipo durante el semestre.

**Evidencia 1. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2**

INSTRUCCIÓN: anota en el paréntesis de la izquierda el número que corresponda a la cuestión dada de estabilización de los lodos.



- () Lodo sólido.
- () Segunda aplicación de polímero.
- () Digestor aerobio.
- () Lodos de purga del sedimentador secundario.
- () Disposición final de los lodos.
- () Espesador.
- () Primera aplicación de polímero.
- () Filtros prensa.

Evidencia 2. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2

INSTRUCCIÓN: complete correctamente los siguientes párrafos escribiendo en la línea la(s) palabra(s) correspondiente(s).

1. Los lodos desinfectados y con-posteados pueden ser utilizados como: _____
o _____ con material de relleno para la _____ de plantas.
2. Generalmente los lodos están compuestos por: _____, _____,
_____, _____ y _____.



3. Las características físicas principales de los lodos son: _____, _____, _____ y _____.

4. Los metales pesados que con frecuencia se analizan en los lodos por ser altamente tóxicos son: _____, _____ y _____.

Evidencia 3. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2

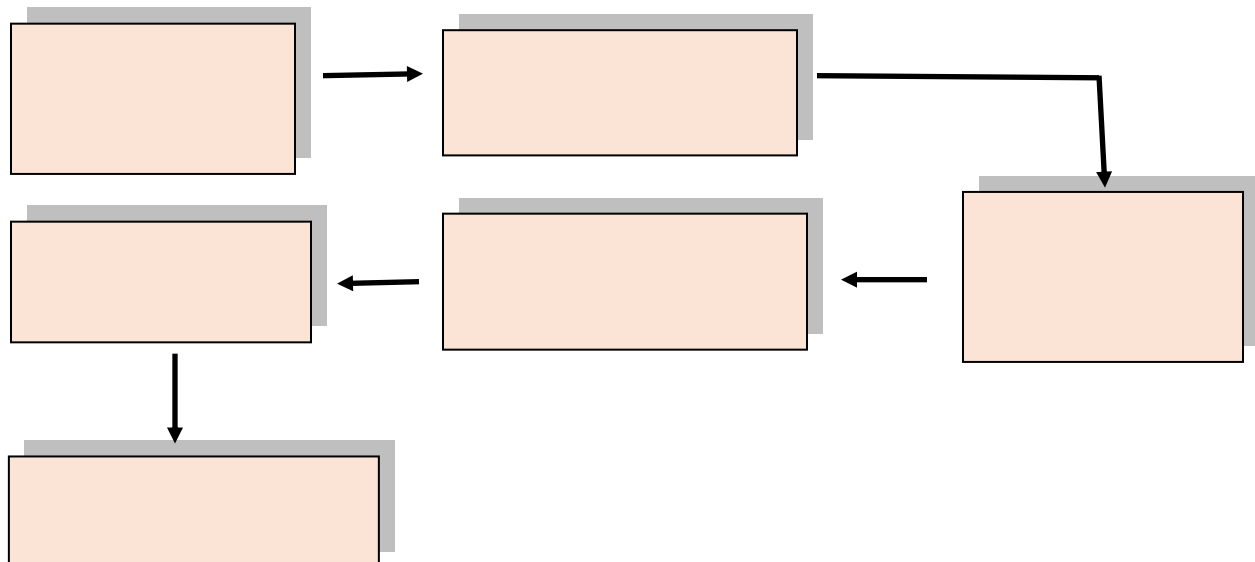
INSTRUCCIÓN: diseñar un diagrama de flujo de los pasos a seguir para determinar la calidad del agua obtenida del efluente de la planta de tratamiento “Toluca Norte”, la cual será utilizada para riego de hortalizas.

Se debe considerar los siguientes factores de cambio:

- a) Evaluación del terreno donde será suministrada (tipo de suelo).
- b) Tipo de planta (hortaliza).
- c) Calidad del agua obtenida de la planta de tratamiento.

Evidencia 4. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2

INSTRUCCIÓN: define los pasos a seguir en el tratamiento del lodo obtenido de la planta “Toluca Oriente”, para formar una mezcla alternativa en la producción de cactáceas utilizando como material de relleno cascajo de construcción retoma información de las **Unidades de Aprendizaje de Caracterización y Calidad del Suelo y Manejo de Desechos Sólidos**.





Evidencia 5. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

CRITERIOS A EVALUAR: Conceptuales, Procedimentales y Actitudinales (Aporta puntos de vista con apertura y considera los de otras personas de manera reflexiva).

FORMATO DE EVALUACIÓN DE UNA EXPOSICIÓN

INSTRUCCIONES: A continuación se presenta una serie de afirmaciones y escala de calificación. Por lo que el Cero corresponde al menor valor y, el 1 el más alto. Así mismo, se pueden ampliar los comentarios en la sección correspondiente.

EQ.	NO. DE CUENTA	NOMBRE	GRUPAL				INDIVIDUAL				PUN- TOS TOTAL ES ACU- MULAD OS (10)	
			Desarrollo del contenido o exposición		Material Didáctico		Organización del Equipo		Presentación Individual			
			Existe seriedad y formalidad en la estructuración de la información	Cumple con el contenido de RAP	Existe coherencia en la información que se muestra	Maneja conceptos vistos en clase, así como la normatividad vigente	Consulta o la bibliografía propia del tema	El equipo comienza a tiempo	Existe orden en su intervención	Ubica correctamente la secuencia del contenido del material didáctico o hace uso de él		No lee o utiliza como apoyo tarjetas
			(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	
1												
2												





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR



COMENTARIOS DEL PROFESOR PARA RETROALIMENTACIÓN:

1. Una vez que ha observado la presentación, considera que algunos de los contenidos no fueron suficientes y se debe profundizar más:

(SI) (NO) ¿Cuál o Cuáles?

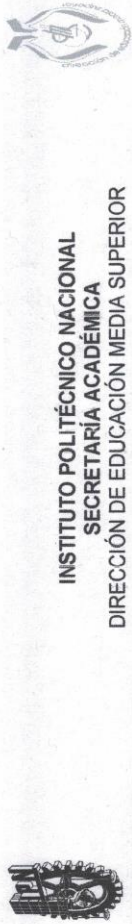
1.2 Por qué:

1.3 Detectar y anotar las posibles mejoras:





Evidencia 6. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

UNIDAD DE APRENDIZAJE:

FORMATO PARA EVALUAR CARTELES NOTA: 5 significa excelente/totalmente (EVAL. +); 4 significa bien/en buena parte; 3 regular/parcialmente; 2 mal/poco; 1 muy mal/casi no (EVAL. -)

No. Eq.	INTEGRANTES	CRITERIOS										No. 10
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9		
		1 2 3 4 5 1 2 3 4 5 1 2 3 4 5 1 2 3 4 5 1 2 3 4 5 1 2 3 4 5										
1.	PRESENTACIÓN, LEGIBILIDAD Y LIMPIEZA DEL TRABAJO.	2. REDACCIÓN Y USO CORRECTO DEL LENGUAJE.	3. ORTOGRAFÍA	4. CLARIDAD EN LA EXPOSICIÓN DEL MENSAJE	5. ORIGINALIDAD E IMPACTO (EL CARTEL LLAMA LA ATENCIÓN ESPONTANEAMENTE)	6. PROPUESTA NOVEDOSA Y CREATIVA EN LA COMPOSICIÓN DEL CARTEL (DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS, FORMACIÓN DE TEXTOS, ETC.)	7. PROPUESTA INNOVADORA EN LA IMAGEN DEL CARTEL (BUEN MANEJO DE LA TÉCNICA)	8. VERACIDAD CIENTÍFICA DE LA INFORMACIÓN TÉCNICA PRESENTADA	9. CONOCIMIENTO Y SUSTENTO DE LOS CONCEPTOS INVOLUCRADOS EN EL TRABAJO.	10. FUNDAMENTACIÓN LÓGICA DEL MENSAJE Y RECOMENDACIONES DE MEJORAMIENTO PRESENTADAS.		

COORDINADORA:

NOMBRE

FIRMA



Evidencia 7. Resultado de Aprendizaje Propuesto (RAP) 2



Ejemplo de carteles presentados en diferentes eventos por alumnos de sexto semestre de la Carrera de Técnico en Ecología.

