



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES NÚMERO UNO DE TLALNEPANTLA DE BAZ A
ALUMNOS DE EDUCACIÓN BÁSICA

Seminario de Titulación
TÓPICOS SELECTOS EN BIOLOGÍA

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGO

PRESENTA

ALVARO ISRRAEL ROMO SALINAS

DIRECTOR DE TESIS: M. EN C. MARÍA EUGENIA ISABEL HERES Y PULIDO



LOS REYES, IZTACALA

ABRIL, 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Resumen.....	5
Introducción.....	5
Objetivos.....	7
Método.....	19
Resultados y Análisis.....	20
Conclusiones.....	24
Referencias.....	25
Anexos.....	26

DEDICATORIAS

A DIOS

Gracias por darme la vida, el valor y la fortaleza de salir adelante cada día, para llegar a lograr mis sueños y poderlos compartir con mis padres, mis hijas, mi esposa y mis hermanos.

A MI ELENITA

Amor, gracias por estar conmigo, apoyándome, aprendiendo juntos, por ayudarme y enseñarme. Por ser mi amiga y por creer siempre en mí, alcanzar esta meta es gracias a ti por ser paciente y permitirme desarrollarme. Ahora estás conmigo toda mi vida y le doy gracias a Dios que así sea. Te amo.

A FRIDA Y ESTEFANÍA

Bebés, hemos logrado una meta juntos, porque ustedes son mi razón de ser, por ustedes he salido adelante y porque quiero que se sientan orgullosas de mí. Son lo mejor que me ha pasado en mi vida. Me han enseñado que lo sencillo de la vida es lo más importante para poder disfrutarla. Bebés, las amo y las quiero mucho.

A MI MAMI

Mami, gracias por estar a mi lado siempre, enseñándome a salir adelante, por cuidarme y apoyarme en todas las etapas de la vida, por demostrarme tu amor, tu fortaleza, tu bondad, tu nobleza y tu sabiduría del cómo ves la vida, gracias a ti he sabido ser papá y ser un hombre. Mami, te amo.

A HÉCTOR

Héctor, gracias por enseñarme y educarme, por ser responsable y honesto, por ser un ejemplo de valores. Por apoyarme, escucharme y ayudarme a superarme demostrándome siempre que no estoy solo, que cuento contigo. Te quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Estudios Superiores IZTACALA de la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme formado a lo largo de mi carrera, por darme la oportunidad de ser un profesionalista y así permitirme ser digno y orgulloso hijo de este campus.

A la M. en C. María Eugenia Isabel Heres y Pulido, por su paciencia, comprensión y apoyo, para que este trabajo pudiera llegar a concluir, en base a sus comentarios y consejos. Muchas gracias.

A María del Carmen Pérez Peña Zamora, por su apoyo y orientación para agilizar los tramites de titulación. Muchas gracias.

RESUMEN

El agua durante su ciclo circula de la Tierra a la atmósfera y viceversa, regenerándose continuamente. Los seres vivos participamos en el ciclo ya que transpiramos y respiramos, regresándola a la atmósfera en forma de vapor. Aunque en México los recursos hidrológicos son muy abundantes, existen zonas donde su escasez se ha convertido en un grave problema, además de que generalmente es contaminada. Esto se debe principalmente a las actividades industriales, agrícolas, ganaderas y domésticas; y podemos clasificar los contaminantes en físicos, químicos y biológicos. Ante esta problemática las industrias, municipios, estados y el Gobierno Federal deben poseer Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para tratar las aguas residuales y regresar el líquido a los cuerpos de agua con la calidad mínima que estipulan las normas oficiales mexicanas (NOMs). Por eso el Municipio de Tlalnepantla de Baz construyó la Planta de Tratamiento Numero Uno, para producir 100 litros por segundo (Lps), con un diseño hidráulico que maneja 134 Lps y que cuenta con el sistema SBR (Reactor Biológico Secuencial) para tratar el agua proveniente del drenaje municipal de Tlalnepantla de Baz, para el saneamiento del Río de los Remedios y para su comercialización. Además, tiene interés en fomentar la educación ambiental, en los visitantes a las instalaciones del PTAR, respecto al cuidado del agua. Para lograr lo anterior y retroalimentar esta actividad se diseñó un instrumento que permitiera evaluar los conocimientos anteriores y posteriores a la visita, así como algunas actitudes y percepciones de los alumnos de la Secundaria Ellen Key, ante el recurso agua. Se concluye que las actividades de educación ambiental deben adecuarse al nivel educativo, que las preguntas cerradas deben aumentarse y que las preguntas abiertas indican de mejor manera los conocimientos, opiniones y sensaciones de los alumnos con respecto al recurso agua.

INTRODUCCIÓN

Crisis del recurso agua

La crisis ambiental causada por el desperdicio y la contaminación del agua lleva a pensar en la inexistencia de una conciencia de la importancia que tiene el agua para la vida, lo que conlleva a proponer estrategias educativas que ayuden a crear dicha conciencia (CAM, 2003). Ésta sólo se logra con la formación de personas que se interesen por el bienestar de todos y que sean capaces de trabajar en procesos que estén en pro de buenos modelos de desarrollo en su contexto personal y social (Aguilar, 2009).

Ante esta situación, en México es indispensable la elaboración de proyectos e instrumentos que ayuden a la evaluación de acciones de Educación Ambiental que apoyen la educación formal e informal, en general. Sobre esta necesidad es que hace esta propuesta cuyo objetivo es retroalimentar las acciones que se realizan para las visitas escolares en la PTAR. Durante estas visitas se expone la problemática y las soluciones sobre el uso adecuado del agua, con actividades muy simples, pero de gran valor social, que buscan aportar contenidos y la creación de una conciencia individual, para que el agua no sea ese líquido abundante al cual estamos acostumbrados, sino, que los visitantes conozcan y comprendan que es un recurso limitado el cual debemos apreciar y conservar.

Educación ambiental

Desde hace décadas el desarrollo industrial ha originado problemas al ambiente por la gran cantidad de desechos que estas industrias originan, además que si éstas crecen se consume más agua, se gasta más energía y se generan más desechos. Es por eso que desde los años 70 se utilizaba el término de educación ambiental y posteriormente se realizaron conferencias como la de Estocolmo 1972, la cual originó una educación ambiental dirigida a adolescentes y adultos enfocada en la protección y mejoramiento del medio. En Belgrado (1975) se recomendó la enseñanza de conocimientos, valores y actitudes en el cuidado del medio ambiente y en Tbilisi (1977) se planteó que la educación ambiental se incorporara en los sistemas de educación básica formal, promoviendo la participación de soluciones ambientales. En Río de Janeiro (1992) se reorienta la educación al desarrollo sostenible con los objetivos de la toma de conciencia y capacitación para tratar los problemas y causas que originan el deterioro ambiental. En Guadalajara (1992) se concluyó que la educación ambiental es eminentemente política y esencial para una sociedad sustentable fomentando la participación social y comunitaria que garantice una calidad de vida (Orozco, 2008).

Como se ha descrito, el concepto de educación ambiental ha sido modificado de acuerdo a las necesidades del ser humano, hasta el punto de reutilizar los recursos naturales contaminados para ocuparlos nuevamente y no agotar los existentes (Uriarte, 2006) por tal motivo es muy importante que en el uso del recurso agua apliquemos las tres R: Reducir, Reutilizar y Reciclar lo cual es uno de los objetivos de la construcción, uso y mantenimiento de las plantas tratadoras de agua en todo el planeta.

Reuso del agua

El reuso del agua en la agricultura es una práctica conocida en el país, sin embargo el reuso en la industria, servicios municipales, usos secundarios y recarga de acuíferos entre otros, sólo se practica en una proporción reducida. Ante la eminente escasez del recurso en algunas zonas del país, el reuso del agua debe ser una alternativa de abastecimiento. Para el reuso de aguas residuales tratadas se requiere una demanda de éstas, su disponibilidad y los usuarios potenciales, así como la capacidad de tratar el agua para obtener la calidad requerida para diferentes usos. El reuso actual y potencial se presenta principalmente en la industria (agua para enfriamiento de calderas, industrias papelera y vidriera, entre otras); en la agricultura y en los fraccionamientos que contemplan dentro de sus instalaciones grandes áreas verdes como los campos de golf y lagos recreativos; en menor proporción en el lavado de carros, en instituciones educativas y en las gubernamentales como en los municipios (riego de camellones y parques) entre otros. Existe aceptación por estos usuarios hacia el uso del agua tratada, incentivado por la economía que esto significa.

Agua y ambiente

El agua durante su ciclo circula de la Tierra a la atmósfera y nuevamente a la Tierra, regenerándose continuamente. Los cambios químicos que sufre el agua son la evaporación, la condensación y la precipitación. Lo primero que ocurre en este ciclo es que la energía solar cambia el agua a vapor, que al enfriarse se condensa; una vez sucedido esto la nube de lluvia regresa el agua en estado líquido, ésta se filtra a los mantos freáticos o se dirige hacia los cuerpos de agua. Los seres vivos participamos en el ciclo ya que transpiramos y respiramos así mismo la reincorporamos a la atmósfera en forma de vapor (Orozco, 2008).

El agua es un recurso muy importante del cual se dispone en el planeta 97% como agua salada, 3% como agua dulce y de ésta el 75 % está en los casquetes polares, 21 % está en el subsuelo y sólo 1% está disponible en la superficie (Frers, 2008; CONAGUA, 2009).

Aunque aparentemente en México los recursos hidrológicos son muy abundantes, existen zonas donde su escasez se ha convertido en un grave problema ya que no existe una distribución uniforme; además que es susceptible de contaminación por la gran cantidad de desechos que se depositan en ella alterando su calidad. (Orozco, 2008). La contaminación del agua se debe principalmente a las actividades industriales, agrícolas, ganaderas y domésticas cuyos residuos son vertidos al agua lo que la hace inadecuada para el consumo de los seres vivos.

Podemos clasificar los contaminantes en físicos, químicos y biológicos (Becerril, 2009). Los físicos ocurren cuando se vierte agua con altas temperaturas provocando choque térmico; los químicos se producen cuando se desechan sustancias tóxicas como metales pesados, ácidos, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas y los biológicos cuando hay un crecimiento incontrolado de agentes patógenos, principalmente bacterias y protozoarios, que originan enfermedades importantes como el cólera, amebiasis y tifoidea, entre otras (Frers, 2008). De tal forma, todas las industrias, municipios, estados y el Gobierno Federal deben poseer Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), las cuales tratan las aguas residuales para regresarlas a los cuerpos naturales o artificiales con una calidad mínima descrita en las normas oficiales mexicanas (NOMs).

Planta de tratamiento de aguas residuales

Por tal motivo el Municipio de Tlalnepantla de Baz construyó la Planta de Tratamiento Numero Uno (PTAR), la cual cuenta con el sistema SBR (Reactor Biológico Secuencial) y tiene como objetivo tratar el agua proveniente del drenaje municipal de Tlalnepantla de Baz, el saneamiento del Río de los Remedios y su comercialización.

Descripción de proceso SBR

Se consideró la construcción de una planta para producir 100 litros por segundo (Lps) (flujo promedio) y con un diseño hidráulico para manejar 134 litros por segundo (Lps). A continuación se presenta el diagrama del flujo del agua, así como la descripción de la operación y el mantenimiento de la PTAR de acuerdo con el manual de operación y mantenimiento de la misma (MOM, 2005; OMM; 2005).

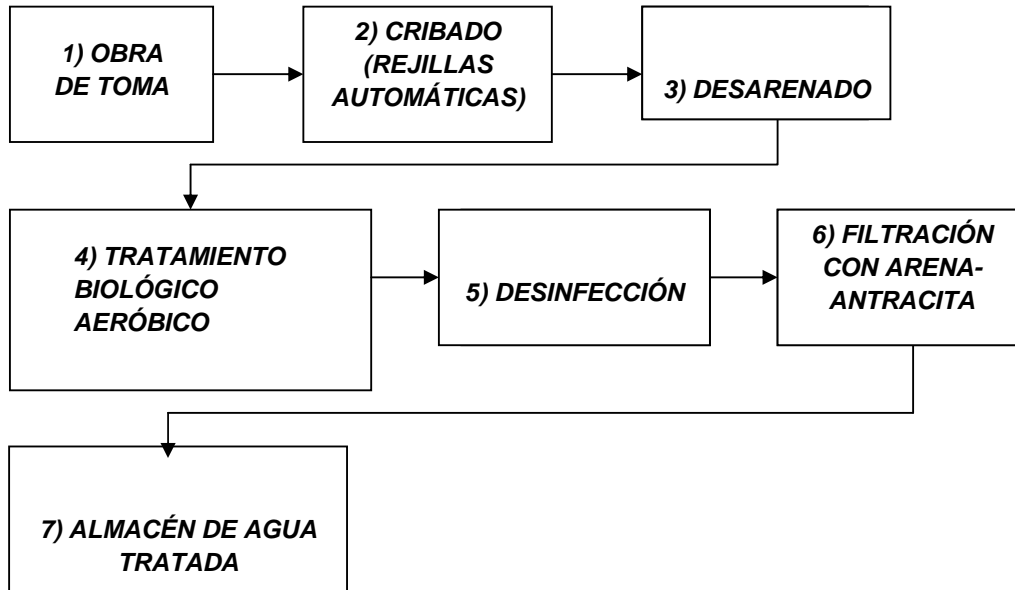


Fig. 1.- Diagrama del proceso de tratamiento del agua.

Manejo del agua

a) Obra de toma

El efluente proveniente del bombeo de la ciudad de México es conducido por gravedad hacia el cárcamo de bombeo El Rosario II, el agua se bombea desde el cárcamo El Rosario II, mediante las bombas de trasvase, hacia la planta de 100 Lps.

b) Cribado (rejillas automáticas)

Previo a su descarga en el cárcamo de bombeo, el agua residual fluirá a través del canal de rejillas hacia dos rejillas verticales autolimpiantes, trabajando en paralelo.

La función de estas rejillas es de remover sólidos como medida de protección para los equipos de bombeo y para la operación efectiva de la planta.

La rejilla automática está compuesta de barras con una separación entre éstas de 10 mm., cuenta con un brazo mecánico con rastras que se mueve continuamente de abajo hacia arriba y viceversa para separar la basura del agua.

c) Desarenado

Se tienen dos líneas de conducción del agua residual desde la obra de toma hasta la PTAR, que permiten manejar un flujo hidráulico de 134 Lps. Tiene instalado dos cabezales, para un flujo máximo hidráulico de 134 Lps.



Figura 1.-Desarenador donde se retiene la grava y la arena por gravedad.

A la llegada a la PTAR, las líneas de conducción se integran a un cabezal de distribución que alimenta a los desarenadores (Figura 1), para cada módulo de tratamiento, cada desarenador tiene una capacidad media de operación de 50 Lps y puede manejar un flujo pico de 134 Lps. El objetivo de esta etapa consiste en la relación de arenas presentes en el influente.

En la línea de descarga de arenas del hidrociclón, se tiene una válvula de operación manual que el operador abrirá para descargar la arena acumulada hacia el Clasificador de Arenas. En el Clasificador de Arenas, el tornillo transporta la arena ascendente mientras que se adiciona agua de servicios para realizar un último lavado. La arena limpia es descargada mediante un chute en la parte superior del clasificador hacia el contenedor de arenas. El agua sin arena proveniente de los desarenadores se envía al tratamiento biológico mediante un cabezal de alimentación.

d) Tratamiento Biológico Aeróbico con remoción de nutrientes mediante la tecnología SBR

En esta etapa del proceso de tratamiento se remueve la materia orgánica y se evalúa la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos suspendidos totales (SST) y se reduce la concentración de nitrógeno y fósforo presentes en el agua cruda, mediante un proceso biológico de oxidación y conversión de los compuestos orgánicos en CO_2 y H_2O , mediante aireación extendida. Este proceso se efectúa por medio de microorganismos que al degradar la materia orgánica se reproducen y generan una

mayor cantidad de lodo (biomasa). Los lodos deben ser removidos periódicamente para mantener un equilibrio entre la población de microorganismos y el flujo de nutrientes hacia el reactor, los cuales son transportados en la alimentación del agua cruda.

El reactor biológico secuencial incorpora la igualación, aireación y clarificación en un solo tanque (Figura 2). Debido a este principio de operación, se cuenta con dos reactores biológicos para cada sistema de tratamiento, operándose de forma alternada para mantener un flujo continuo de alimentación al proceso.

El agua proveniente de los desarenadores y el agua recuperada del proceso se alimentan a los reactores biológicos en forma alternada, de acuerdo a la secuencia de operación del sistema SBR.

Llenado con mezclado:

Con ésta se inicia el ciclo de operación del SBR, durante este periodo el contenido del reactor es completamente mezclado por el mezclador superficial, el cual es capaz de mantener en suspensión los sólidos biológicos, la duración de esta fase es de 56 minutos.

Llenado con reacción:

Es la segunda fase de operación, durante la cual se presenta un incremento de nivel de agua en el reactor hasta el nivel de operación (6.7 metros, establecido de acuerdo al flujo diario) y se inicia la etapa aeróbica del proceso, la duración de esta fase es de 104 minutos.

Durante esta fase se mantiene la alimentación de agua residual al reactor biológico, con mezclado, y se comienza el suministro de oxígeno al reactor; por lo cual se arranca el soplador de aire para el reactor biológico y se abre la válvula de alimentación de aire.

Reacción:

En esta fase se suspende la alimentación del agua residual al reactor, mientras se mantienen el mezclado y la aireación, al igual que en la fase anterior, la operación del soplador es controlada con un variador de velocidad, la duración de esta fase es de 40 minutos.



Figura 2.-Reactor biológico, aquí es donde se desarrolla la fase de desnitrificación, nitrificación y remoción de materia orgánica.

Remoción del fósforo:

El proceso de tratamiento biológico aeróbico con operación secuencial intermitente provee una eficiente forma de reducción biológica del fósforo. El principio básico en la alimentación biológica de fósforo en un sistema SBR es exponer las bacterias en forma alternada a condiciones aerobias y a casi anaerobias.

La solución de sulfato aluminio al 43% se adiciona al final de la etapa de reacción de cada ciclo (durante los últimos 10 minutos), debido a que en este momento los microorganismos ya asimilaron el fósforo del influente y el exceso se elimina junto con la biomasa en el efluente durante la etapa de purga de lodos.

Sedimentación:

La fase de sedimentación representa la fase de total quietud en el reactor ya que se suspenden la aireación y el mezclado y no se permite la entrada de agua cruda con el fin de permitir la sedimentación de los lodos biológicos. El mezclador del reactor debe estar apagado y las válvulas y decantador cerrados; y el nivel de agua en el reactor debe permanecer constante. El soplador permanecerá encendido para el reactor que no se encuentra en la etapa de sedimentación, pero la válvula de entrada de aire al reactor en sedimentación deberá estar cerrada, la duración de esta fase es de 60 minutos.

Decantación:

Después de la fase de sedimentación se procede a desalojar el efluente tratado en el reactor biológico y el nivel de líquido se reduce de 6.7 m. a 5.1 m mediante el decantador, lo que equivale a extraer el volumen de agua alimentado durante el ciclo. Durante esta fase el mezclador sigue apagado y las válvulas de efluente y de aire cerradas. El agua decantada descarga en el Tanque de post-igualación, la duración de esta fase es de 60 minutos.

Purga de lodos:

En esta fase se lleva a cabo la extracción de sólidos (lodo biológico) del reactor, con el fin de mantener una concentración adecuada de sólidos suspendidos en el mezclado. La extracción se realiza mediante bombeo.



Figura 3.- Tanque de almacenamiento de lodos provenientes de los reactores biológicos.

Las bombas de lodo biológico del reactor descargan hacia el Tanque de Lodos (Figura 3), la concentración del lodo biológico del SBR es del 1%.

e) Desinfección

El agua decantada del proceso biológico descarga en el Tanque de Post-igualación (Figura 4), en donde se lleva a cabo el proceso de desinfección del efluente, para enviarlo a los Filtros de Arena. El proceso de desinfección consiste en la eliminación de coliformes que pudieran estar presentes en el agua. El tiempo de residencia mínimo requerido en el tanque

para lograr la desinfección del efluente es de 20 minutos, en el Tanque de Post-igualación el tiempo de contacto es de 2 horas.

La desinfección se realiza mediante la adición de una solución de hipoclorito de sodio al 13.0% durante toda la etapa de decantación del Reactor biológico (aprox. 1 hora por ciclo por reactor). Al iniciar la etapa de decantación, se envía una señal a las bombas dosificadoras para su arranque.

Debido a que la desinfección se realiza antes de la etapa de filtración del efluente secundario para evitar el crecimiento de algas o bacterias en el medio filtrante, se tiene una segunda medición de cloro libre residual en el cabezal de salida de los filtros de arena.



Figura 4.- Tanque secundario donde se realiza la desinfección del agua tratada con hipoclorito de sodio al 13%.

f) Filtración de Arena – Antracita

Con el objeto de remover los sólidos suspendidos totales se considera una etapa de filtración con arena antracita. El efluente proveniente de los Tanques de Post-igualación llega mediante bombeo a un cabezal para distribuirse en módulos de filtración de arena por gravedad.

En la primera etapa de la PTAR, sólo operan dos Filtros de Arena (Figura 5), con capacidad cada uno de producir 100 Lps durante el periodo de retrolavado del otro filtro.

Las camas de filtración consisten de tres capas: la superior, que es una capa de hidroantracita, es la primera capa por la que fluye el agua (flujo descendente por gravedad) y donde se retienen las partículas mayores. La capa siguiente es una capa de arena con un

tamaño de partícula tal que se logran retener en la parte superior de ella partículas suspendidas finas. En esta composición, la hidroantracita funciona como una filtración profunda, mientras que en la capa de arena tiene una función de filtración de superficie. La tercera etapa es una capa de granate, cuya función principal es la de servir de soporte de las primeras dos capas y como protección de las boquillas de la parte inferior del filtro para evitar que se tapen.



Figura 5.- Filtros arena, el cual retiene sólidos en suspensión.

Durante el proceso de filtración se mantiene siempre abierta la válvula automática de alimentación en cada filtro, mientras que las válvulas de aire y las de entrada de agua de retrolavado permanecen cerradas y la unidad se mantiene a un nivel de operación entre L1 y H1; controlándose dicho nivel por medio de la válvula de control de flujo ubicada en la tubería de salida del filtrado hacia el Tanque de Agua Filtrada. Esta válvula es controlada por el indicador-controlador de nivel ubicado en el filtro, en el cual se establece previamente el nivel de inicio de operación L1 deseado en el filtro de arena. En operación normal la válvula abrirá más en cuanto tienda a subir el nivel del agua en el filtro, por lo que la regulación y producción de flujo de agua filtrada es proporcional al aumento de nivel.

Cuando la caída de presión a través de la unidad de filtración hace que el nivel de agua se incremente y la válvula de control abre al 100% sin poder controlar el rango de nivel especificado, se da inicio automáticamente a la secuencia de retrolavado. La secuencia de retrolavado también es programada mediante tiempo para que se lleve a cabo una vez al día. De esta forma, si la caída de presión en el filtro no es significativa, se asegura una limpieza diaria del medio filtrante que favorece la calidad del agua filtrada.

El agua que entra al filtro por el fondo derrama por un vertedero del filtro en la parte superior y será enviada por gravedad al Tanque de Agua recuperada correspondiente. Cuando termina la primera etapa de retrolavado entonces se separa el filtro para la segunda etapa abriéndose completamente la válvula de agua filtrada para vaciar el agua del filtro hasta recuperar el nivel L1, esto tiene una duración de 2 minutos aproximadamente.

Cuando se logra lo anterior entonces se cierra la válvula automática de salida de agua filtrada y se abre al mismo tiempo la válvula automática de alimentación de aire, arrancándose de forma automática el Soplador de aire para filtros de arena. El Soplador se activa durante un tiempo de operación de aproximadamente 3 minutos.

g) Almacén de Agua Tratada (vertido del efluente)

El agua filtrada proveniente de los Filtros de Arena descarga por gravedad en el Tanque de Agua Filtrada desde donde se envía al Tanque de Regularización ubicado a una distancia aproximada de 3870 m de la PTAR.

El Tanque de Agua Filtrada está diseñado para un tiempo de retención de una hora a caudal medio de producción de la planta, más la capacidad requerida para el suministro de agua a los diferentes servicios de la planta.

Se tienen tres bombas, dos en operación y una como relevo, para el envío de 100 Lps.

El cabezal de descarga de las Bombas de Agua Filtrada se tiene un medidor de flujo para totalizar y registrar la producción de agua enviada al Tanque de Regularización (Figura 6), en éste se tiene instalado un analizador de pH para verificar el pH del agua filtrada.

A la descarga de las bombas de agua filtrada se cuenta con una línea de derivación hacia el Cárcamo INDECO, la cual se usa sólo si la calidad del agua filtrada no cumple con las especificaciones requeridas del efluente.



Figura 6.- Tanque de almacenamiento de agua residual tratada.

MANEJO DE LODOS

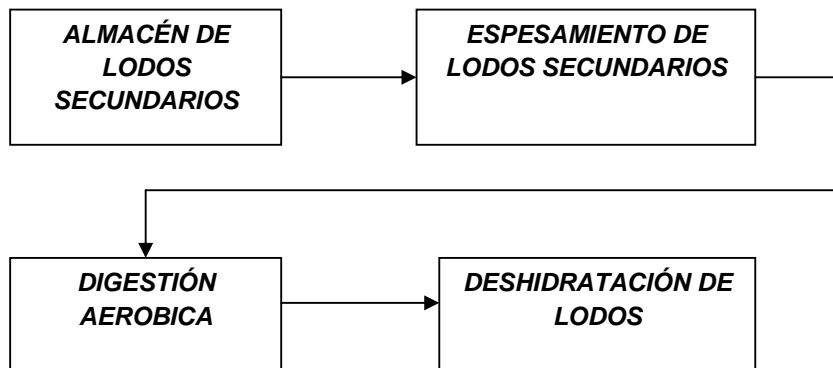


Fig. 2.- Diagrama de proceso de tratamiento de lodos.

a) Almacén de lodos secundarios:

El lodo proveniente de los Reactores Biológicos es descargado al Tanque de Lodos mediante bombas, a un flujo de 24.1 Lps al 1%. Estos tanques amortiguan las descargas intermitentes del SBR para suministrar un flujo continuo de alimentación al proceso de espesamiento. También tienen capacidad de almacenar el lodo biológico para permitir que espesadores operen solo 12 horas por día.

El contenido del tanque de lodos se airea mediante difusores tubulares de burbuja gruesa, recibiendo aire de los sopladores, uno en operación y el otro como relevo. El tanque tiene una capacidad de operación de 123 m³, y cuenta con un controlador de nivel para la operación de las bombas de lodos para envío al espesador. Se tiene una bomba en operación y una como relevo.

b) Espesamiento de lodos secundarios:

El lodo biológico es bombeado a los espesadores de lodo (Figura 7), mediante las bombas de cavidad progresiva a un flujo de 4.5 Lps al 1% de concentración de sólidos. El objetivo de este proceso es incrementar la concentración del lodo biológico al 4% para reducir el volumen de lodo que se envía a digestión.

Se tienen dos espesadores, uno en operación y el otro como relevo. Aunque el proceso de espesamiento puede llegar a ser continuo, el equipo está diseñado para espesar la producción diaria de lodo en 12 horas.



Figura 7.- Espesador de lodos, aquí se concentra el lodo y se elimina el agua por filtración.

El lodo espesado es descargado directamente a la succión de la bomba de lodo espesado, para su envío al proceso de digestión de lodos. El agua recuperada del espesador de lodos para cada línea de tratamiento, descarga por gravedad en el Tanque de Agua recuperada.

c) Digestión Aeróbica

El lodo espesado al 4% se envía al proceso de digestión aeróbica, que se lleva a cabo en los digestores de lodos, los dos en operación.

El objetivo de este proceso es producir un lodo estable, adecuado para su deshidratación y disposición final (Figura 8). El tiempo de residencia de los lodos en los digestores es de 18 días, para obtener una destrucción del 40% de los sólidos suspendidos volátiles, tanto la alimentación como la purga del lodo de los digestores es intermitente.

El aire para el proceso de digestión aeróbica es suministrado de forma continua por los separadores de aire para digestor, uno en operación y el otro como relevo.

El lodo digerido a una concentración de 3.15% es descargado de los digestores mediante las bombas de lodo digerido, para enviarse al proceso de deshidratación mediante filtro banda, su arranque y paro está en función del tiempo de operación del filtro banda.

d) Deshidratación de lodos:

Antes de alimentar el lodo digerido al 3.15% al Filtro Banda, éste se acondiciona con una solución del polímero diluido al 0.2%, dosificado por la bomba. El acondicionamiento se lleva a cabo en el mezclador estático.

■ Durante la operación del Filtro Banda se suministra agua para el lavado de las bandas, mediante las espreas del sistema de lavado. El flujo de agua se ajusta manualmente en campo.

La carga de sólidos para el diseño del Filtro Banda es de 139.2 Kg. de lodo seco por hora por metro de ancho de banda. El equipo de deshidratación considerado permite alcanzar una sequedad del 20%, con una eficiencia de retención de sólidos del 98%.

El lodo deshidratado cae en un contenedor para su disposición final. Para almacenamiento, evacuación y transporte de los lodos se cuenta con dos contenedores de 10m³. El agua recuperada del filtro banda descarga al Tanque de Agua Recuperada para reintegrarse al proceso de tratamiento.



Figura 8.- Filtro banda, donde a través de una acción mecánica se deshidrata al lodo.

MÉTODO

Para lograr los objetivos se diseñó un instrumento que permitiera evaluar los conocimientos anteriores y posteriores, así como algunas actitudes en los visitantes de la Escuela Ellen Key del nivel medio escolarizado y retroalimentar las estrategias que se usan en el PTAR cotidianamente.

Registro en la caseta de vigilancia de los alumnos de la escuela visitante; recepción, breve explicación de seguridad, recomendaciones personales y grupales para evitar algún accidente (Anexo 1).

Aplicación de un cuestionario de evaluación con 15 ítems acerca de conocimientos y actitudes relacionados con el uso y tratamiento del agua y dos preguntas abiertas sobre preferencia o rechazo, antes y después del recorrido (Anexo 2). Las respuestas abiertas se agruparon por su relación con los cinco sentidos, con emociones, conocimientos o expresiones que denotaban conciencia ambiental y las respuestas cerradas se analizaron con la prueba t de Student para muestras pareadas.

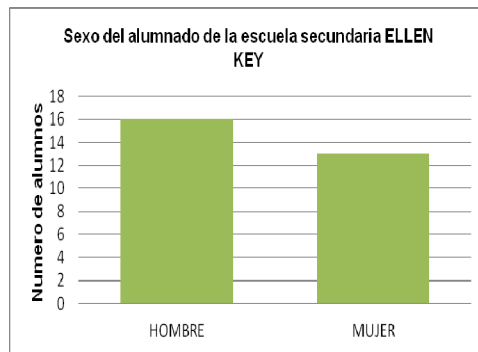
Exhibición en la sala de audiovisual de un video introductorio acerca de la función, la importancia y el costo de inversión de la planta (Anexo 3).

Recorrido en la planta, dándoles la explicación del funcionamiento de la PTAR resaltando la importancia, el cuidado y el reuso del agua residual tratada (Anexo 1).

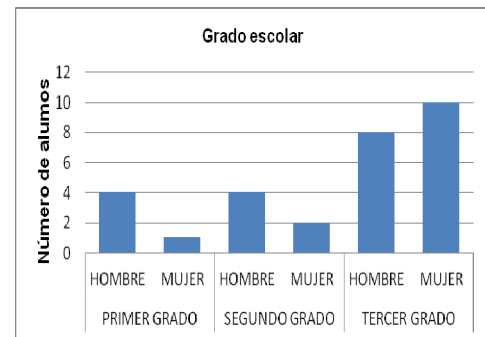
Entrega de un díptico (Anexo 4) con información sobre calidad del agua, tipos de uso del agua tratada por la PTAR y comentarios sobre los cuidados que pueden realizar para usar adecuadamente el agua.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

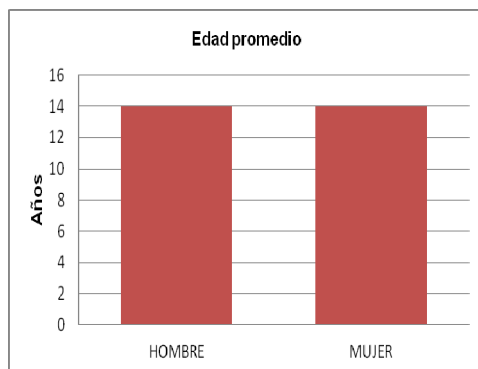
El cuestionario se aplicó a 29 alumnos, de los cuales 16 eran hombres y 13 mujeres, todos ellos de distintos grados (Gráfica 1). Del primer grado eran 4 hombres y 1 mujer, en el segundo grado eran 4 hombres y 2 mujeres y el tercer grado 8 hombres y 10 mujeres (Gráfica 2) El promedio de edad de ambos sexos fue de 14 años (Gráfica 3).



Gráfica 1. Sexo y número de alumnos de los distintos Grados de secundaria.



Gráfica 2. Número de alumnos y sexo por grado escolar.



Gráfica 3. Edad promedio de los alumnos visitantes

Preguntas abiertas

Los resultados a las preguntas ¿Qué es lo que más te gusta del agua? y ¿Qué es lo que menos te gusta del agua?, antes y después de la visita a la PTAR mostraron que el sentido del gusto fue el preferido y las respuestas más abundantes fueron las relacionadas con la conciencia ambiental (Gráficas 4, 5, 6, 7 y 8). En cuanto a este rubro hay que señalar algunos comentarios importantes relacionados con la primera pregunta.

En lo general lo que más les gustó del agua fue:

- a) Que se relaciona con la vida
- b) Que se puede tomar.

Lo que menos les gustó del agua:

- a) Que esté sucia
- b) Que esté escaseando
- c) Que se contamina
- d) Que ahoga a la gente

Análisis del discurso

El análisis del discurso de los alumnos, plasmado en las preguntas abiertas, fue hecho considerando el género (hombre o mujer), las menciones que denotaban actitudes proambientales y el reconocimiento de la problemática, así como la inclusión de los sentidos en sus opiniones.

Qué es lo que más te gusta del agua?

En los cuestionarios previos para la pregunta “lo que más me gusta” sólo tres mujeres expresaron su interés por el cuidado del agua o tuvieron actitudes proambientales (Gráfica 4); la evaluación posterior mantuvo respuestas similares, aunque un alumno sí reconoció un problema relacionado con el agua (Gráfica 5).

¿Qué es lo que menos te gusta del agua?,

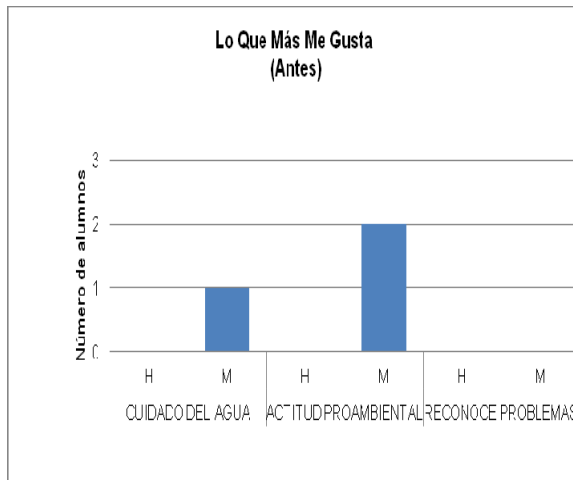
Para la pregunta “lo que menos me gusta” respondieron previamente 18 alumnos y ambos géneros participaron (Gráfica 6). En la evaluación posterior también se expresaron ambos géneros pero el número de alumnos aumentó a 21 (Gráfica 7). La mayoría reconoció diferentes problemas relacionados con el agua lejanos a su percepción por medio de los sentidos..

De lo anterior se desprende que para estos alumnos hay más hechos relacionados con el agua que les disgustan y una minoría que les gustan.

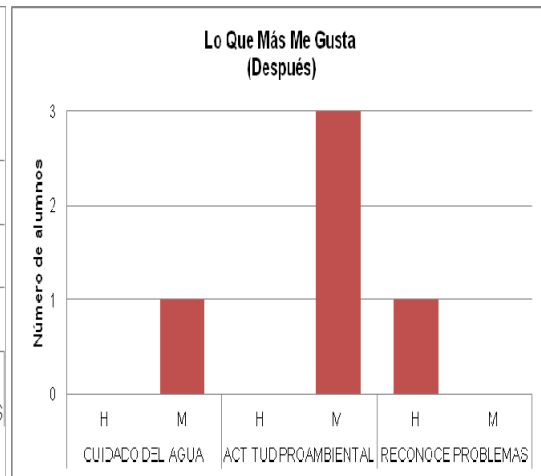
Relación de los sentidos con el agua

En la evaluación previa el sentido que fue más relacionado positivamente con el agua (18 alumnos) fue el gusto (“quita la sed”, “es refrescante”) y en cuanto a los usos (siete alumnos) el nado fue el más frecuente (tres alumnos) (Gráfica 8). Sólo dos personas relacionaron su rechazo con el uso de la vista y cuatro con el del gusto (Gráfica 9).

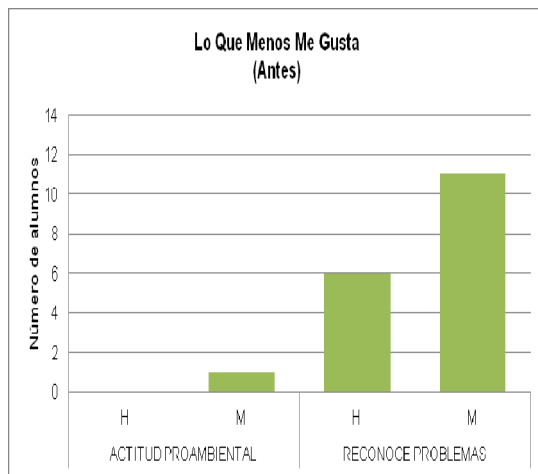
En la evaluación posterior nueve alumnos expresaron su agrado por los usos del agua (funciones, vida) y solo uno a través de la vista (Gráfica 10). Únicamente dos alumnos relacionaron su rechazo por la vista (“su color cuando está sucia”, “su color cuando está turbia”) y por el gusto (“su olor cuando está sucia”) (Gráfica 11). Cabe señalar que después de las actividades sólo dos alumnos expresaron su gusto o rechazo en relación con los sentidos. Esto se explica porque mantuvieron su rechazo fuera de su percepción sensorial (Gráfica 7) y en relación con los otros, alguien ajeno a ellos.



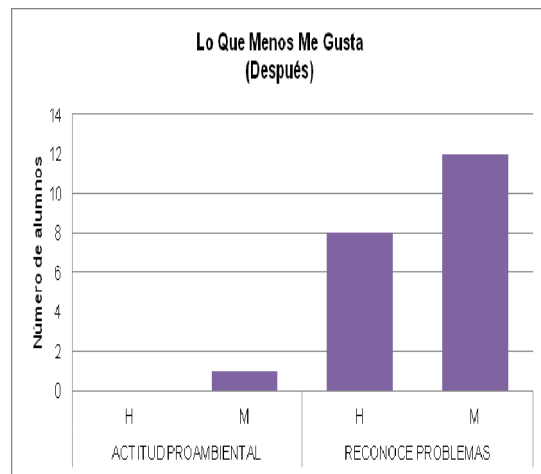
Gráfica 4. Antes de las actividades sólo una alumna mostró interés por el cuidado del agua y dos expresaron actitudes proambientales, los hombres no lo expresaron.



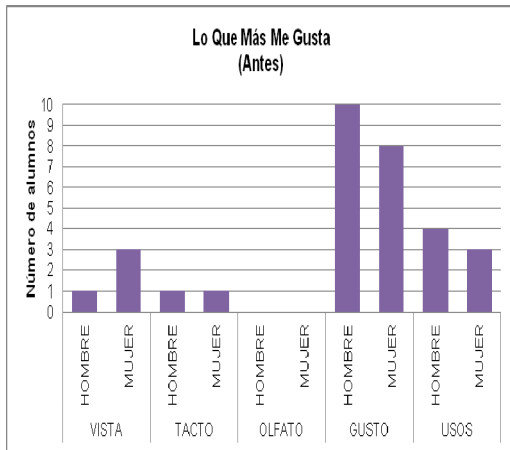
Gráfica 5. Después de las actividades sólo aumentó una alumna en las actitudes proambientales y un alumno reconoció los problemas del agua.



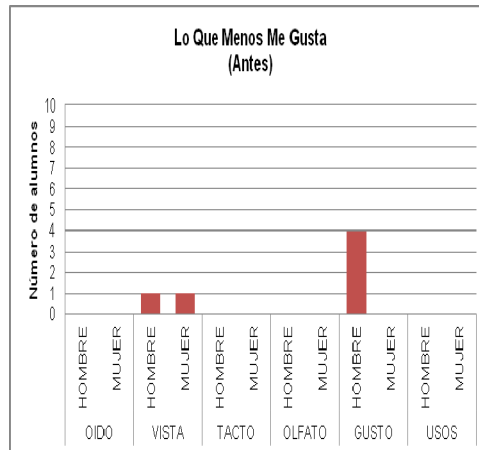
Gráfica 6. Antes de las actividades, los alumnos reconocieron problemas que no les gustaban, pero sólo una mujer mostró una actitud proambiental



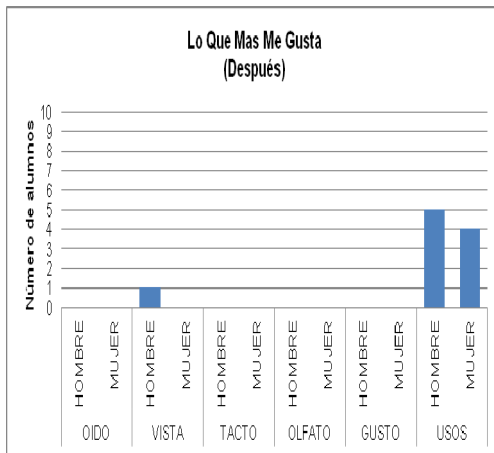
Gráfica 7. La tendencia hacia lo que menos les gusta a los alumnos se mantuvo al final de las actividades, con un ligero incremento en el reconocimiento de los problemas



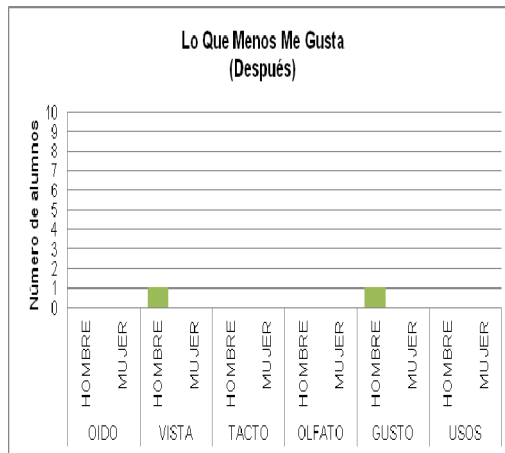
Gráfica 8. Antes de las actividades los alumnos expresaron que lo que más les gusta del agua se relaciona con el sentido del gusto y con los usos de la misma.



Gráfica 9. Antes de las actividades lo que menos les agradaba del agua a cinco alumnos era percibido por el gusto y la vista. Sólo una alumna manifestó su desagrado por la vista.



Gráfica 10. Después de las actividades lo que más les gusta del agua se relacionó con sus usos, especialmente el nado. Dejaron de expresar su agrado por los sentidos excepto un alumno a través de la vista.



Gráfica 11. Después de las actividades, sólo dos alumnos expresaron lo que menos les gustaba por medio de la vista y el gusto.

Preguntas cerradas

Las preguntas cerradas evaluadas mediante la escala de Likert se agruparon en contenidos erróneos (Grupo 1), contenidos correctos (Grupo 2) y en opiniones o actitudes (Grupo 3), dándoles una numeración a los tipos de respuestas (muy en desacuerdo, valor 1; en desacuerdo, valor 2; me es indiferente, valor 3; de acuerdo, valor 4, muy de acuerdo, valor 5). Con estos valores se realizó la prueba *t* de Student para medias de dos muestras emparejadas (antes y después de la visita). La media del Grupo 1 fue 2.52, y la posterior de 2.56, por lo tanto no se encontró diferencia significativa en esta condición (Tabla 1, Anexo 5). Esto indica que las actividades y la información no fueron suficientes para que los alumnos corrigieran los contenidos erróneos.

Los resultados del Grupo 2 que evaluaban los contenidos correctos, dieron una media de 3.53 y posteriormente de 3.80, por lo que tampoco se encontró diferencia significativa (Tabla 2, Anexo 6). Cabe señalar que al menos los contenidos correctos no fueron desvirtuados, y seguramente, que algunos de los contenidos comunicados en la visita ya eran conocidos por los alumnos.

Los resultados del Grupo 3 indicaban que la conciencia cívica hacia el agua era deficiente ya que parecía que desconocían la importancia que conlleva el cuidado del agua y su tratamiento; lo anterior por los valores para la media de 2.34 antes y 2.39 después de la visita, y tampoco se encontró diferencia significativa en esta condición (Tabla 3, Anexo 7). Al comparar estas respuestas con las de las preguntas abiertas, donde manifestaron desagrado por la contaminación del agua, el gusto por el agua limpia y transparente, así como conocimientos previos, cabe preguntarse si los alumnos son capaces de relacionar su conducta personal con la posibilidad de disminuir lo que más les desagrada: la contaminación y la escasez del agua.

Dado que el propósito de esta actividad fue diseñar y aplicar un instrumento de evaluación para retroalimentar el proceso de educación ambiental en la PTAR, se propone el rediseño continuo del instrumento, con otro tipo de enunciados, así como un mayor número de ítems y de respuestas abiertas y diseñado de acuerdo con el nivel escolar que la visite. La retroalimentación a través de la evaluación de las actividades en el PTAR permitirá enriquecerlas y mejorar la educación ambiental en esta instalación.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos con las preguntas abiertas se concluye que la actividad constituyó una experiencia de educación ambiental que debe mejorarse a través del análisis de diversos instrumentos, del enriquecimiento de los contenidos vertidos en la visita y de otras actividades que pudieran reforzar la conciencia cívica.

Se obtuvieron mejores resultados con las preguntas abiertas, los cuales se vieron reflejados en sus respuestas (actitudes proambientales y reconocimiento de la problemática del agua), en contraparte no se encontró diferencia alguna en las preguntas cerradas.

Es importante considerar la necesidad de utilizar nuevas herramientas y diseñar actividades que además de ser atractivas para el alumno, favorezcan su aprendizaje, que le permitan integrar y aplicar sus conocimientos como parte de su formación para que los pongan en práctica en su vida diaria.

REFERENCIAS

AGUILAR Ibarra, Alonso "*Gestión de la calidad del agua subterránea con la participación de usuarios*". Revista Digital Universitaria [en línea]. 10 de agosto de 2009, Vol. 10, No. 8 [Consultada: 23 de marzo de 2010]. Disponible en Internet: <<http://www.revista.unam.mx/vol.10/num8/art48/int48.htm>>
ISSN: 1607-6079.

BECERRIL, Bravo José Elías "*Contaminantes emergentes en el agua*". Revista Digital Universitaria [en línea]. 10 de agosto de 2009, Vol. 10, No. 8 [Consultada: 23 de marzo de 2010]. Disponible en Internet: <<http://www.revista.unam.mx/vol.10/num8/art54/int54.htm>>
ISSN: 1607-6079.

CAM (Caja de Ahorros del Mediterráneo). "*Agua y educación ambiental: nuevas propuestas para la acción*". [en línea]. Congreso de Alicante 26 - 29 de noviembre del 2003. [Consultada: 23 de marzo de 2010]. Disponible en Internet: <http://www.aguacam.com/materiales/pdf/congresoaguaedu/libro_congreso.pdf>

FRERS Cristian. "*Problemas de contaminación en el agua*" Ecoportal.net [en línea] 07 de septiembre 2008 Consultada: 10 de marzo 2010] Disponible en Internet: http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=7765:problemas-de-contaminacion-en-el-agua&catid=107&Itemid=104

MOM (Manual de operación y mantenimiento). Vol. II, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Tlalnepantla de Baz, Estado de México,

OMM (Operation and maintenance manual) Aqua-Aerobic Systems, Inc. January 20 2005.

OROZCO Montúa Carlos Alberto. "*Educagua*" [en línea] 4 de mayo 2008 [Consultada: 10 de marzo 2010] Disponible en Internet: <http://www.galeon.com/aguafuentevida/index.html>

ANEXO 1. Guía para la visita a la Planta de Tratamiento De Aguas Residuales (PTAR).

Bienvenidos a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Número Uno de Tlalnepantla de Baz, comentaremos algunos aspectos de seguridad básicos antes de empezar el recorrido: se les recomienda no aventarse, seguir los señalamientos de seguridad, así como las rutas de evacuación en caso de emergencia, no ingerir alimentos, ni bebidas, no tomar fotos, ni video dentro de las instalaciones, gracias.

Recordemos que el acuífero del Valle de México se encuentra sobreexplotado, generando hundimientos del subsuelo. Los niveles de extracción son cada vez mayores, el agua que se extrae cada vez es de menor calidad y se requiere traer más agua de otras cuencas hidrológicas, con altísimos costos. Tlalnepantla es el Municipio más importante del Estado de México y uno de los más desarrollados de la República Mexicana; tiene 14 zonas industriales y aproximadamente 2,200 empresas, por lo que es el más industrializado del país. Con el objeto de fortalecer la economía industrial y ciudadana, ayudar en la conservación del acuífero del Valle de México y obtener mejores oportunidades de disponibilidad de Agua Potable, el Ayuntamiento de Tlalnepantla y el Organismo de Agua, puso en operación la Planta de Tratamiento en mayo del 2006, con el objeto de reusar y suministrar agua residual tratada.

La **PLANTA DE TRATAMIENTO** se construyó con una capacidad neta de tratamiento de 100 lps., lo cual significa 8,640 m³ por día.

El proceso de tratar el agua residual se lleva a cabo de la siguiente manera: El agua que es desechada de las unidades habitacionales que rodean la Planta de Tratamiento, se recolecta a través del sistema de alcantarillado y se conduce por gravedad hacia un tanque denominado **CÁRCAMO DE BOMBEO**, en donde se da el primer paso que es el **PRETRATAMIENTO**. Éste consiste en que el agua residual llega a una estación de bombeo y se hace pasar por una rejilla de barras que retiene la basura de gran tamaño como botellas, pedazos de madera, piedras, etc. Después el agua se pasa por un segundo sistema de rejillas finas, que retienen la basura de menor tamaño y posteriormente es enviada a la Planta de Tratamiento.

Al llegar a la PTAR pasa por dos **DESARENADORES** que como su nombre lo indica sirven para retirar las arenas y enviarla a dos grandes tanques llamados **REACTORES BIOLÓGICOS**, en donde se inicia el **TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL**.

En estos **REACTORES BIOLÓGICOS**, se controla el crecimiento de bacterias filamentosas, que nos ayudan a limpiar el agua sucia. Estos microorganismos son seres vivos microscópicos, que al igual que los seres humanos, requieren de aire y alimento para vivir, por lo que por medio de **SOPLADORES** se les suministra el oxígeno y al recibir el agua residual la usan como fuente de alimento, ya que contiene compuestos como el fósforo, nitrógeno, grasas y aceites, carbonatos, azúcares, carbohidratos y proteínas, por que todos estos elementos que generamos y desechamos, cuando nos bañamos, nos lavamos los dientes, lavamos la ropa, los trastes, el carro y en general cuando aseamos la casa, son destruidos por las bacterias aerobias.

En los reactores se **mezclan** los contaminantes con los microorganismos y mediante un tratamiento biológico, los compuestos orgánicos se transforman en dióxido de carbono (CO₂) que es un gas y en agua libre de contaminantes.

El siguiente paso es la **SEDIMENTACIÓN** y consiste en dejar a los microorganismos en reposo para que se acumulen en el fondo del tanque y el agua limpia en la parte superior, con este proceso se nota claramente que los sólidos más densos llamados lodos, se asientan en el fondo y los materiales más livianos, llamados nata, flotan en la superficie, por lo que el agua clarificada queda en medio y se procede al siguiente paso que es la **DECANTACIÓN**.

Este paso se realiza a través de un **DECANTADOR**, que es un equipo de extracción con el que se lleva el agua limpia al siguiente tanque.

Para continuar con el proceso, se avanza al siguiente paso que es la **DESINFECCIÓN** que consiste en la eliminación de alguna bacteria que haya quedado y que pueda provocar infecciones estomacales, la **DESINFECCIÓN** se realiza adicionando al agua limpia, una solución de hipoclorito de sodio.

Terminada la **DESINFECCIÓN**, continuamos con la **FILTRACIÓN**, la cual consiste en pasar el agua a través de un filtro de arena-antracita y sílica, con el cual se retienen los sólidos en suspensión que son los que provocan que el agua se vea turbia.

Una vez que el agua ya ha sido filtrada, se descarga por gravedad al **TANQUE DE ALMACENAMIENTO, LISTA PARA SU REUSO**.

El Agua Residual Tratada que se obtiene de la PTAR, es de muy alta calidad, y para tener la certeza que se está cumpliendo con la calidad ofrecida se cuenta con un Laboratorio que trabaja bajo estrictas normas y técnicas oficiales el cual monitorea diario el agua tratada que enviamos a nuestros clientes.

Para cumplir con todo el proceso es imprescindible que todo el equipo esté en óptimas condiciones, por lo que debe realizarse un continuo mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de todos los equipos.

Es importante señalar que el manejo y descarga de aguas residuales cumple con las Normas Oficiales, que señala la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), asimismo se cumple con la normatividad señalada por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

El vertimiento de aguas sin previo tratamiento al Río de los Remedios, provocan contaminación a los mantos freáticos, poniendo en riesgo la salud de la población cercana, por lo que **UNA PARTE IMPORTANTÍSIMA DE SU REUSO**, es llevar el agua residual tratada al Río de los Remedios, para su **SANEAMIENTO**, trayendo con esto grandes **BENEFICIOS AMBIENTALES**, que aunque son tal vez intangibles y difíciles de valorar, impactan enormemente en el mejoramiento de la calidad de vida, contribuyendo a la eliminación de plagas de insectos y roedores, malos olores, focos de infección y permitiendo el desarrollo de flora y fauna benéfica.

La PTAR está diseñada con tecnología de punta y está totalmente automatizada, por lo que para su óptima operación requiere de muy poco personal, sin embargo debe ser altamente calificado y verdaderamente comprometido con su trabajo, por que las fallas de operación repercuten severamente en pérdidas de flujo, de calidad o económicas.

NOTA: AL LEER FAVOR DE ENFATIZAR LAS PALABRAS REALZADAS Y/O ESCRITAS EN MAYÚSCULAS.

¿Qué hacer para ahorrar agua?

Lo más importante es hacer uso racional en nuestros hogares, escuela y ciudades.

Revisar que no existan fugas en los grifos y tuberías, en caso de haberlas hay que reparar el daño.

Reducir el uso del agua al bañarse y cepillarse los dientes. En el primer caso cerrar la llave del agua mientras nos jabonamos, en el segundo caso cerrar la llave del agua mientras nos cepillamos.

Instalar grifos ahorradores de agua.

En el fregadero, cerrar la llave del agua mientras jabonamos los platos.

En un recipiente grande, captar aguas lluvias de los techos. Esta agua servirá posteriormente para regar las plantas o para alguna otra actividad que requiera agua en nuestro hogar.

El agua con jabón resultante del lavado de ropa puede acumularse en un recipiente grande y posteriormente usarse para un quehacer de la casa como lavar el patio.

No usar el agua para limpiar la calle, preferiblemente utilizar la escoba.

Usar detergentes biodegradables lo más posible. Recordemos que los detergentes disminuyen la tensión superficial del agua, por lo que tienen un efecto desoxigenador y contribuyen a la eutrofización debido a sus fosfatos que actúan como agentes reforzantes.

ANEXO 2. Cuestionario aplicado a los alumnos de educación básica antes y después de la visita.

GRACIAS POR VISITARNOS. QUEREMOS MEJORAR, ASÍ QUE POR FAVOR CONTESTA ESTAS PREGUNTAS:

NOMBRE _____
 ESCUELA _____ TURNO _____
 GRADO ESCOLAR _____
 EDAD _____ SEXO _____

¿Qué es lo que más te gusta del agua? _____

¿Qué es lo que menos te gusta del agua? _____

SEÑALA CON UNA PALOMITA LA OPCIÓN QUE REPRESENTA TU OPINIÓN:

CONCEPTO	MUY EN DESACUERDO(1)	EN DESACUERDO(2)	ME ES INDEFERENTE(3)	DE ACUERDO(4)	MUY DE ACUERDO(5)
1. La contaminación del agua se debe a un proceso natural y no hay forma de evitarlo					
2. El olor y la transparencia del agua son indicadores de que el agua es 100% potable					
3. El objetivo de una planta tratadora de agua es limpiar el agua completamente					
4. Como los demás no cuidan el agua es inútil que yo lo haga					
5. Un litro de aceite (de cocina o de motor) vertido en el drenaje contamina 10,000 litros de agua					
6. El agua tratada siempre tiene mal olor y apariencia					
7. En México cuidamos nuestros recursos porque estamos bien informados de cómo hacerlo					
8. El tiempo que me tardo en la regadera es un hábito que no voy a cambiar					
9. Las plantas de tratamiento de agua están sucias y no es cierto que limpian completamente el agua					
10. El agua puede contener bacterias del cólera y <i>Salmonella</i> , así como cisticercos					
11. El agua se genera de forma natural por lo tanto siempre habrá agua disponible para nosotros					
12. El agua que sale de cualquier planta tratadora se puede usar para riego, procesos industriales y en el hogar					
13. El gobierno debería quitarles el agua a los que no la pagan					
14. El agua residual tratada nunca debería beberse					
15. Para ahorrar agua cierro la llave cuando me lavo los dientes o cuando enjabono los trastes en la cocina					

Anexo 3. Video de la planta de tratamiento de aguas residuales el cual se le proyecta a los alumnos de educación básica y media.



ANEXO 4. Díptico de la PTAR donde se muestra la calidad y usos del agua tratada.

PTAR UNO
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
TLALNEPANTLA DE BAZ

ALTA CALIDAD EN AGUA RESIDUAL TRATADA

Usos DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

- ALIMENTACIÓN DE CALDERAS
- RIEGO DE PARQUES Y JARDINES
- TORRES DE ENFRIAMIENTO
- AGUA CONTRA INCENDIO
- LAVADO DE AUTOS Y SANITARIOS
- PROCESOS INDUSTRIALES
- PROCESOS EN CARTÓN Y PAPEL
- SIDERÚRGICA

CALIDAD DEL AGUA EN POZO

PARÁMETRO	UNIDAD	CALIDAD
pH	UPH	5.6
DUREZA TOTAL	mg/lit	356
CLORUROS	mg/lit	153
FIERRO	mg/lit	0.38
MANGANESO	mg/lit	0.99

Comprometidos con la preservación de los recursos NO RENOVABLES, OPDM ofrece una atractiva alternativa de reuso con el abastecimiento de agua residual tratada, misma que representa substanciales ahorros comparado con fuentes de abastecimiento de agua subterránea y agua potable.

ALTA CALIDAD EN AGUA RESIDUAL TRATADA

PARÁMETRO	UNIDAD	CALIDAD
pH	UPH	6.5 - 7.5
DUREZA TOTAL	mg/lit	128.5 - 160.88
CLORUROS	mg/lit	57 - 79
DBO TOTAL	mg/lit	5 - 15
SÍLICE TOTAL	mg/lit	51.7 - 65.9
P - TOTAL	mg/lit	2 - 6
N - TOTAL	mg/lit	5.2 - 12.8
SULFATOS	mg/lit	88.4 - 167.05
GRASAS Y ACEITES	mg/lit	6 - 13.8
FIERRO	mg/lit	0.1 - 0.35
MANGANESO	mg/lit	0.02 - 0.03

La Planta cuenta con un volúmen de producción diario de 8,640 metros cúbicos de Agua Residual Tratada.

ANEXO 5. Análisis estadístico de las respuestas cerradas con contenido erróneo (Grupo 1). Resultados de la prueba *t* de Student para medias de dos muestras emparejadas.

Tabla 1. Prueba <i>t</i> para medias de dos muestras emparejadas de contenido erróneo		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	2,524137931	2,565517241
Varianza	1,834482759	1,775191571
Observaciones	145	145
Coefficiente de correlación de Pearson	0,238668261	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	144	
Estadístico <i>t</i>	-0,300564087	
P(T<=t) una cola	0,382090212	
Valor crítico de <i>t</i> (una cola)	1,655504178	
P(T<=t) dos colas	0,764180423	
Valor crítico de <i>t</i> (dos colas)	1,976575034	

ANEXO 6. Análisis estadístico de las respuestas cerradas con contenido correcto (Grupo 2). Resultados de la prueba *t* de Student para medias de dos muestras emparejadas.

Tabla 2. Prueba <i>t</i> para medias de dos muestras emparejadas para contenido correcto		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	3,537931034	3,806896552
Varianza	1,875287356	1,337452107
Observaciones	145	145
Coefficiente de correlación de Pearson	0,333528239	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	144	
Estadístico <i>t</i>	-2,20558508	
P(T<=t) una cola	0,014499224	
Valor crítico de <i>t</i> (una cola)	1,655504178	
P(T<=t) dos colas	0,028998447	
Valor crítico de <i>t</i> (dos colas)	1,976575034	

ANEXO 7. Análisis estadístico de las respuestas cerradas sobre opiniones o actitudes (Grupo 3). Resultados de la prueba *t* de Student para medias de dos muestras emparejadas.

Tabla 3. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas para opinion o actitud		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	2,344827586	2,390804598
Varianza	1,902967121	2,008286554
Observaciones	87	87
Coefficiente de correlación de Pearson	0,566703576	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	86	
Estadístico t	-0,329341807	
P(T<=t) una cola	0,371349053	
Valor crítico de t (una cola)	1,66276545	
P(T<=t) dos colas	0,742698106	
Valor crítico de t (dos colas)	1,987934166	