

Reutilización de aguas residuales en el TecNM – Tláhuac

Urfile Victoria Peláez Estrada¹; Angelica Cajero Martínez¹; Cecilia Marina Ambriz Zavaleta²,
Juan Miguel Martínez Ayala¹, Raquel Pacheco Hernández¹, Gilberto Hernández Ambris¹,

¹ TecNM/Instituto Tecnológico de Tláhuac, Tláhuac, Ciudad de México.

² TecNM/Instituto Tecnológico de Zacatepec, Cuernavaca, Morelos.

Autor responsable: cecilia.az@zacatepec.tecnm.mx

RESUMEN

El agua es un elemento esencial para todo ser vivo, como parte de su composición, su ecosistema. Con el crecimiento de la población humana en el planeta, y la necesidad de agua para uso doméstico, agrícola e industrial, se requieren grandes cantidades de este líquido vital, aumentando así la contaminación. Por necesidad, los humanos han buscado formas de reutilizar el agua contaminada, intentando eliminar todos los contaminantes a través de procesos físicos, químicos y biológicos. Este trabajo propone un sistema experto basado en lógica difusa para apoyar la toma de decisiones en proyectos de reúso de aguas residuales domésticas tratadas. La herramienta hidroinformática diseñada estima el potencial de reúso de las aguas residuales tratadas con base en factores como el índice de escasez y la eficiencia de DBO5. Este proyecto se llevó a cabo debido a la necesidad de saber si el agua descartada para el lavado de manos en los sanitarios y las dos cafeterías del TecNM - Tláhuac es apta para el riego de jardines y para el reúso de sanitarios. Se tomaron muestras del afluente y efluente de dicha agua para su análisis en el laboratorio de calidad del agua de la Dirección de Riego y Drenaje de la UAAAN, con el fin de determinar la calidad del agua tratada. Se compararon los resultados con la NOM-001-SEMARNAT-1996 y la NOM-003-SEMARNAT-1997, arrojándose que el agua tratada cumple con las dos normas mencionadas, así como con su calidad agronómica. Se realizaron estudios de salinidad, obteniendo agua C3S1.

Palabras clave: Agua tratada, Aguas residuales, Calidad agronómica y humana.

INTRODUCCIÓN

El agua ha sido, desde la creación del mundo, un elemento imprescindible para todos los seres vivos, necesaria para su mantenimiento, para formar parte de su composición o como medio ambiente de múltiples especies. Para los humanos, las necesidades de agua y energía han ido siempre en orden creciente, a medida que se ha desarrollado la civilización y crecido la población en casi todas las aéreas habitadas de la superficie terrestre. Al mismo tiempo, desde el inicio de las actividades humanas, el desarrollo ha obstaculizado cada vez más el uso del agua limpia causando contaminación con residuos. Como consecuencia de todo esto, el ingenio humano ha ideado, a lo largo de la historia, diferentes sistemas de aprovechamiento y tratamiento de las aguas y estudiado tanto en su aspecto de calidad bajo el punto de vista de su uso en alimentación y en aplicaciones agrícolas, (Seoanez, 1999).

A medida que las sociedades se desarrollan enfrentan problemas cada vez más complejos; en ese sentido, surge la necesidad de tomar decisiones de manera informada, basadas en conocimiento, contexto local y consenso social (Akdeniz, 2016). Específicamente en el campo ambiental y de acuerdo con la propuesta de (Murla, 2016) se plantean sistemas de soporte de decisiones ambientales como estrategia para tomar decisiones con un menor grado de incertidumbre. De igual forma, (Almeida, 2013) plantea la necesidad de identificar los factores de riesgo en la seguridad hídrica para desarrollar un sistema de toma de decisiones que propenda por un manejo eficiente del recurso hídrico. Un ejemplo de problemas complejos son los proyectos de reutilización de aguas residuales tratadas porque tienen en cuenta muchas 22 variables que interactúan entre sí, a saber: ambientales, jurídicas, económicas, sociales, políticas, institucionales y culturales (Valencia, 2012).

PARA CONTRARRESTAR EL PROBLEMA DE CONTAMINACIÓN DE ESTE VITAL LÍQUIDO, EL HOMBRE ESTÁ UTILIZANDO PLANTAS TRATADORAS DE AGUAS RESIDUALES (PTAR), LAS CUALES TIENEN EL OBJETIVO DE REDUCIR LOS CONTAMINANTES Y ESTE LÍQUIDO SE REUTILICE EN ACTIVIDADES DE CAMPO, INDUSTRIA Y REINCORPORARLA AL MEDIO AMBIENTE.

LA RESPONSABILIDAD DE MANTENER EL AGUA LIMPIA, CUIDARLA, NO DESPERDICIARLA Y REUTILIZAR EL AGUA RESIDUAL, ES TANTO DE LOS GOBIERNOS COMO DE TODOS LOS CIUDADANOS, SI NO SE COLABORADA, EN UN FUTURO SUFRIREMOS LA ESCASEZ DE ESTE VITAL LÍQUIDO.

POR LO ANTERIOR, EL OBJETIVO DE ESTE TRABAJO ES EL SIGUIENTE:

OBJETIVO

DETERMINAR LA CALIDAD DE AGUA DE LA PTAR, DE LOS POZOS DEL TECNM – TLÁHUAC.

Determinar la calidad del agua de la PTAR, para reúso riego de jardines, así como para sanitarios.

MATERIALES Y MÉTODOS (PARA TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PROYECTOS PRODUCTIVOS O VINCULADOS)

2.1 Zona de estudio

El Instituto Tecnológico de Tláhuac es una Institución de Educación Superior que pertenece a la Secretaría de Educación Pública y al TecNM, ubicado en la Cd. De México.

El presente trabajo de investigación se realizó en mes de febrero de 2024, tomando muestras en la entrada del agua residual y en la salida del agua tratada de la PTAR (Planta Tratadora de Aguas Residuales) en las fosas del tec. Ver fig. 1



Fig. 1. Lugar del experimento TecNM – Tláhuac.

2.2. Selección del Sitio de Muestreo

El primer sitio de muestreo se encuentra en la entrada del agua residual. La toma se realizó antes de que pasaran al clarificador primario y el segundo en la salida del clarificador secundario, como se muestra en la Figura 2.



Fig 2. Localización del Sitio de Muestreo TecNM – Tláhuac

Para la toma de muestra se utilizó un muestreador, se recolectó 4 litros por sitio.

2.3. Material, equipo y reactivos

Se requirió de algunos materiales, así como equipo y reactivos del laboratorio de calidad de Aguas, del Departamento de Riego y Drenaje de la Ciudad de México.

2.4. Materiales

Se utilizó material común de laboratorio, para evaluar nuestras muestras.

2.5. Equipo

Para evaluar conductividad y pH se utilizó un equipo Hanna modelo HI 991300 figura 3.



Fig. 3. Hanna modelo HI 991300

2.6. Reactivos

Se utilizaron reactivos de uso común para análisis de calidad de agua y aguas residuales.

2.7. Parámetros a evaluar en el agua

Posteriormente se trajo al Laboratorio de Calidad de Aguas del Departamento de Riego y Drenaje de la Ciudad de México. para determinar los parámetros físicos: Sólidos Totales, Sólidos Volátiles, Sólidos Disueltos, Sólidos Sedimentarios y Temperatura.

Los parámetros químicos fueron: pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto (OD), DBO y DQO. Y el parámetro biológico que se determinó fue: Coliformes Totales y Fecales.

La Tabla 1 se muestran los parámetros evaluados, así como las normas correspondientes.

Tabla 1. Parámetros a evaluar en el agua residual.

Parámetros	Referencia
Sólidos totales.	NOM – AA – 34 – 1981

Sólidos volátiles.	NOM – AA – 34 – 1981
Sólidos disueltos.	NOM – AA – 20 – 1980
Sólidos sedimentarios.	NOM – AA – 4 – 1977
pH	NOM – AA – 8 – 1980
Temperatura	NOM – AA – 7 – 1980
Conductividad eléctrica	Manual de operación del medidor C.E Hanna 991300N
Oxígeno disuelto.	NOM – AA – 12 – 1980
Coliformes totales y fecales.	NOM - AA – 42 - 1987
DBO	NOM – AA – 28 – 1981
DQO	NOM – AA – 30 – 1981

2.8. Proceso del muestreo

Se realizaron dos tomas de muestras, una en el influente de los pozos de aguas tratadas, y la última en el efluente, cada muestra se envasó en un recipiente de plástico y se colocó en una hielera, para conservar las muestras frías, se tomaron 4 litros de cada muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis físico – químico - biológico del agua de entrada (influyente) no tratada se muestran en el Tabla 2.

Tabla 2. Agua residual de entrada.

Análisis físico – químico y microbiológico del agua de entrada a la PTAR.	
Parámetros	Laboratorio (calidad de agua)
S.S.T	60 mg*L ⁻¹
S.V	15 mg*L ⁻¹
S.F	30 mg*L ⁻¹
Totales	310 mg*L ⁻¹
T. Volátiles	115 mg*L ⁻¹
T. Fijos	65 mg*L ⁻¹

D. Totales	210 mg*L-1
Sedimentables	5 mg*L-1
O. Disuelto	1.5 mg*L-1
Coliformes T.	920 NMP*L-1
Coliformes F.	350 NMP*L-1
DQO	250 mg*L-1
DBO5	103 mg*L-1

En la Figura 4. Nos presenta la hidroclimatología de la alcaldía Tláhuac, la "máxima diaria media" (línea roja continua) muestra la media de la temperatura máxima de un día por cada mes de Tláhuac. Del mismo modo, "mínimo diario media" (línea azul continua) muestra la media de la temperatura mínima. Los días calurosos y noches frías (líneas azules y rojas discontinuas) muestran la media del día más caliente y noche más fría de cada mes en los últimos 30 años. Para la planificación de las vacaciones, usted puede esperar temperaturas medias, y estar preparado para días más cálidos y más fríos. Las velocidades del viento no se visualizan normalmente, pero se pueden ajustar en la parte inferior de la gráfica (Henríquez, 2015)

Precipitaciones mensuales por encima de 150 milímetros son en su mayoría húmedas, por debajo de 30 milímetros en la mayor parte secadas. Nota: Las cantidades de precipitación simulada en las regiones tropicales y terrenos complejos tienden a ser más pequeñas que las mediciones locales. (Henríquez, 2015) El patrón de lluvias está caracterizado por dos períodos de lluvias moderados y un estiaje prolongado. La primera temporada de lluvias comienza en mayo y se extiende hasta julio, los valores medios mensuales de lluvias oscilan entre 195-230 mm. El segundo período de lluvias se presenta de octubre a diciembre, con valores medios mensuales entre 198 y 235 mm.

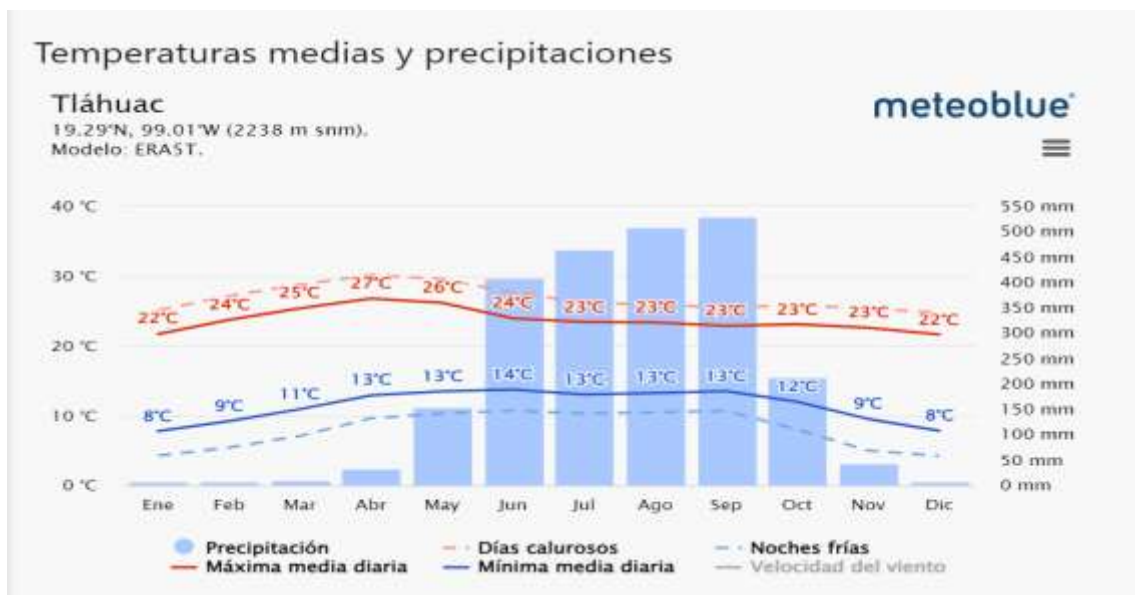


Figura 4. Localización del Sitio de Muestreo TecNM – Tláhuac

Los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del efluente, determinados por el laboratorio de laboratorio de calidad de Aguas, del Departamento de Riego y Drenaje de la Cd. De México. (Tabla 3).

Tabla 3. Categorías de la eficiencia de tratamiento en DBO₅.

Categoría	Rango (%)	Interpretación
Muy buena	> 80	Alta
Buena	60 - 80	Apreciable
Regular	40 - 59	Baja
Mala	20 - 39	Muy baja
Deficiente	< 20	No significativa

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados físicos – químico - biológico del agua del efluente se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Análisis físico – químico y microbiológico del efluente.

Parámetros	Laboratorio (calidad de agua)
S.S.T	10 mg*L-1
S.S.V	2 mg*L-1
S.F	5 mg*L-1
Totales	90 mg*L-1
T. Volátiles	55 mg*L-1
T. Fijos	15 mg*L-1
D. Totales	75 mg*L-1
Sedimentables	0 mg*L-1
O. Disuelto	0.4 mg*L-1
Coliformes T.	144 NMP*L-1
Coliformes F.	22 NMP*L-1
DQO	20 mg*L-1
DBO ₅	18 mg*L-1

De los parámetros analizados entre agua de entrada y de salida se obtuvo la siguiente discusión (Tabla 5)

Tabla 5. Comparación entre los parámetros Físico – Químico – Biológica entre el influente y efluente

Parámetros	Agua no tratada	Agua Tratada	Porcentaje Eliminación Después del Tratamiento
S.S.T.	60 mg*L-1	10 mg*L-1	83.33
S.S.V	15 mg*L-1	2 mg*L-1	86.67
S.F	30 mg*L-1	5 mg*L-1	83.33
Totales	310 mg*L-1	90 mg*L-1	70.97
T. Volátiles	115 mg*L-1	55 mg*L-1	52.17
T. Fijos	65 mg*L-1	15 mg*L-1	76.92

D. Totales	210 mg*L-1	75 mg*L-1	64.29
Sedimentables	5 mg*L-1	0 mg*L-1	100
O. Disuelto	1.5 mg*L-1	0.4 mg*L-1	73.33
Coliformes T.	920 NMP*100ml -1	144 NMP*100ml -1	84.35
Coliformes F.	350 NMP*100ml -1	22 NMP*100ml -1	93.71

De acuerdo a la siguiente tabla 6. podemos decir que el agua tratada aprueba todos los parámetros que se comparan con las dos Normas Oficiales Mexicanas.

Tabla 6. los parámetros que se comparan con las dos Normas Oficiales Mexicanas.

Parámetros	Laboratorio (calidad de agua)	NOM-001- SEMARNAT-1996	NOM-003- SEMARNAT-1997
S.S.T	10 mg*L ⁻¹	150 a 200 mg*L ⁻¹	20 mg*L ⁻¹
S.S.V	2 mg*L ⁻¹	N/A	N/A
S.F	5 mg*L ⁻¹	N/A	N/A
Totales	90 mg*L ⁻¹	N/A	N/A
T. Volátiles	55 mg*L ⁻¹	N/A	N/A
T. Fijos	15 mg*L ⁻¹	N/A	N/A
D. Totales	75 mg*L ⁻¹	N/A	N/A
Sedimentables	0 mg*L ⁻¹	1 a 2 mg*L ⁻¹	N/A
O. Disuelto	0.4 mg*L ⁻¹	N/A	N/A
Coliformes T.	144 NMP*L ⁻¹	N/A	N/A
Coliformes F.	22 NMP*L ⁻¹	N/A	240 NMP*L ⁻¹
DQO	20 mg*L ⁻¹	N/A	N/A
DBO5	18 mg*L ⁻¹	150 a 200 mg*L ⁻¹	20 mg*L ⁻¹

Las Tablas mostradas anteriormente nos muestra los resultados, comparando la muestra del influente y efluente, con los límites permisibles de los parámetros analizados, de acuerdo a las normas NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT- 1997, cabe mencionar que algunos resultados no tienen la comparación con las normas antes mencionadas, porque en dichas normas no aplican (N/A) esos parámetros medidos.

NOM – 001 – SEMARNAT - 1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis y al compararlos con las Normas antes descritas podemos concluir que el agua de salida (agua ya tratada) cumple todos los rangos de los parámetros físico – químico y microbiológico para la NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997.

Al realizar el análisis de calidad agronómica y de consumo humano obtenemos: El agua es aceptable para riego de jardines y para sanitarios, También es recomendable realizar análisis previos del suelo donde se pretenda establecer un jardín para verificar la calidad esta. Establecer plantas de jardines tolerantes a la salinidad debido a que el agua tiene alto contenido de ella.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akdeniz, E., & Bagriyanik, M. (2016). A knowledge based decision support algorithm for power transmission system vulnerability impact reduction. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 78, pp. 436-444. doi: 10.1016/j.ijepes.2015.11.041
- Almeida, G., Vieira, J., Marques, A., Kiperstok, A., & Cardoso, A. (2013). Estimating the potential water reuse based on fuzzy reasoning. *Journal of Environmental Management*, 128, pp. 883-892. doi: 10.1016/j.jenvman.2013.06.048
- Valencia, E., Aragón, R., & Romero, J. (2012). Potencial de reutilización del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Nátaga en cultivo de cacao *Theobroma cacao L.*). *Revista UDCA. Actualidad & Divulgación Científica*, 15, pp. 77-86.
- Bolívar, D. M. 2009. “Apuntes de suelos salinos y sódicos” Depto. De Riego y Drenaje, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.



- Carabias, Julia. 2005. "Agua, Medio Ambiente y Sociedad, Hacia la Gestión Integral de los Recursos Hídricos de México" UNAM, COLMEX, FGRA.
- Comisión Nacional del Agua (CNA) 2003. Estadísticas del agua en México 2002. Secretara del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F.
- Comisión Nacional del Agua (CNA) 2008. Estadísticas del agua en México 2006. Secretara del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F.
- Comisión Nacional del Agua (CNA) 2010. Estadísticas del agua en México 2008. Secretara del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F.
- Comisión Nacional del Agua (CNA) 2014. Estadísticas del agua en México 2013. Secretara del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F.
- Crites y Tchobanoglous. 2000. Sistemas de Manejo de Aguas Residuales para Núcleos Pequeños y Descentralizados, Tomo 1. Editoria McGraw – Hill interamericana, S.A. Santafé de Bogotá, Colombia. Págs. 46 – 48.
- Departamento de Sanidad de Estado de Nueva York. 2007. Manual de Tratamiento de Aguas. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. México D.F.
- Diario Oficial de la Federación. 1980. Norma Oficial Mexicana NOM – AA – 34 – 1981. México D.F.
- Diario Oficial de la Federación. 1980. Norma Oficial Mexicana NOM – AA – 20 – 1980. México D.F.
- Diario Oficial de la Federación. 1977 México D.F. 1980. Norma Oficial Mexicana NOM – AA – 4 –
- Diario Oficial de la Federación. 1980 México D.F. 1980. Norma Oficial Mexicana NOM – AA – 8 –
- Diario Oficial de la Federación. 1980. Norma Oficial Mexicana NOM – AA – 7 – 1980 México D.F.
- Diario Oficial de la Federación. 1980. Norma Oficial Mexicana NOM – AA – 12 – 1980. México D.F.
- Diario Oficial de la Federación. 1980. Norma Oficial NOM - AA – 42 - 1987. México D.F.
- Diario Oficial de la Federación. 1980. Norma Oficial NOM – AA – 28 – 1981. México D.F.
- Diario Oficial de la Federación. 1980. Norma Oficial NOM – AA – 30 – 1981. México D.F.
- Diario Oficial de la Federación. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM – 001 – SEMARNAT – 1996. Límites Máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales. México D.F.
- Diario Oficial de la Federacion. 1998. Norma Oficial Mexicana NOM – 003 – SEMARNAT – 1997. Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público. México D.F
- Metcalf y Eddy. 1996. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertidos y Reutilización. Tomo 1. Editorial Mc Graw – Hill / interamericana. Editores, S.A. de C.V. México.
- Millán, D. 2002. Agua el desafío. Agua 1:4 Monterrey México.



- Reynolds, K. A. 2002. Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica: Identificación del problema. Universidad de Arizona, U.S.A.
- Seoanez, M. 1999. Aguas Residuales: Tratamiento por Humedales Artificiales. Colección Ingeniería del medio ambiente. Ediciones Mundi- Prensa. España.