

AGUAS RESIDUALES DE EDIFICIOS MULTIFAMILIARES CIUDAD DE LA PAZ. EN EL MARCO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE MEDIDAS AMBIENTALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE EDIFICIOS MULTIFAMILIARES CIUDAD DE LA PAZ

María Nadezda Otero Valle*

RESUMEN

Desde marzo a junio de 2017, se efectuaron prácticas de campo (recolección muestral de aguas residuales de diez edificios multifamiliares de la ciudad) y el posterior análisis de parámetros inorgánicos en el laboratorio de aguas de la Carrera de Construcciones Civiles Facultad de Tecnología – UMSA. Esta actividad ha servido para considerar bajo la perspectiva actual de edificios verdes, la importancia de incluir en las construcciones nuevas y antiguas Depuradoras de Aguas Residuales DAR que además de contribuir con el ahorro en el consumo del recurso agua, permite mejorar el ciclo natural de descontaminación de las aguas receptoras (ríos) retardando así, las descargas contaminantes que llevan las aguas residuales domésticas.

PALABRAS CLAVE: Edificio verdes, depuración de aguas residuales, nitrógeno total y fósforo total en aguas residuales.

ABSTRACT

From March to June 2017, field practices were carried out (sample collection of wastewater from ten multifamily buildings in the city) and the subsequent analysis of inorganic parameters in the water laboratory of the Carrera de Construcciones Civiles Facultad de Tecnología – UMSA. This activity has served to consider, under the current perspective of green buildings, the importance of including in the new and old constructions Wastewater Treatment Plants (WTP) DAR that besides contributing with the saving in the consumption of the water resource, allows to improve the natural cycle of decontamination Of the receiving waters (rivers) thus delaying the discharge of pollutants from domestic wastewater.

KEYWORDS: Green buildings, waste water treatment, total nitrogen and total phosphorus in wastewater.

RESUMO

De março a junho 2017, foram feitas práticas de campo (amostra de recolha de águas residuais dez edifícios multifamiliares na cidade) e posterior análise de parâmetros inorgânicos na água para laboratórios da Carrera de Construcciones Civiles Facultad de Tecnología – UMSA. Esta atividade tem servido para ser considerado sob o ponto de vista atual de edifícios verdes, a importância de incluir nos novos edifícios e velho Depuradoras de Águas Residuais DAR também contribuem para a economia no consumo dos recursos hídricos, melhora ciclo de descontaminação naturais águas receptoras (ríos) retardantes de descargas poluentes, portanto, levar águas residuais domésticas.

PALAVRAS-CHAVE: Construção verde, tratamento de águas residuais, azoto e fósforo total nas águas residuais.

History of the Article: Received 30/06/2017. Style review 18/07/2017. Accepted 24/07/2017.

INTRODUCCIÓN

Es interesante constatar que en la ciudad de La Paz, cada vez es más frecuente la aplicación de criterios ecologistas en el diseño y construcción de nuevos edificios (edificios verdes). Por ejemplo la referencia más antigua corresponde al edificio Crispieri Nardín¹, primera construcción ecológica de La Paz, inaugurada el 10 de julio de 2009, que aparte de otras innovaciones tiene en su sótano una **planta depuradora de aguas residuales** para tratar aguas: grises (lavamanos, lavaplatos, duchas, lavadoras) y negras (inodoros, urinarios), del mismo edificio, y ser reutilizadas mediante un sistema de tuberías instaladas que vuelven a todos los inodoros y urinarios, además del lavado de pisos y riego de los jardines que están en la terraza del edificio. Tratamiento de efluentes continuo que retarda y disminuye la descarga contaminante sobre el río Choqueyapu, permitiendo así, mejorar el ciclo natural de descontaminación de éste.

Ejemplos más recientes, corresponden a: la inauguración del edificio verde CAF-Banco de Desarrollo de América Latina² que recibió la certificación LEED³, ubicado en la avenida Arce, destaca por sus paneles solares que generan energía renovable para el autoconsumo; la innovación en las operaciones y en el mantenimiento; además **de la eficiencia en el consumo de agua**.

La certificación LEED⁴ considera como **edificios verdes** a aquellas construcciones donde el uso racional de los recursos naturales y el cuidado del medio ambiente son

una prioridad. También está la (Torre Montenegro de Calacoto⁵), edificio sostenible reconocido por el World Green Building Council por cumplir la certificación LEED, en relación con el uso eficiente del agua, a través de sistemas de recolección pluvial usados para el riego de sus jardines y ahorradores de grifería-sanitarios.

Si bien estos ejemplos se refieren a edificios comerciales, con el transcurso del tiempo, la problemática de abastecimiento de agua potable y contaminación hídrica en nuestra ciudad, hará más urgente diseñar y construir edificios multifamiliares y comerciales bajo la **perspectiva de edificios verdes**, donde se posean plantas depuradoras de agua para su reutilización y/o sistemas eficientes para el ahorro en el consumo de este recurso.

Al respecto, la comisión conformada por docentes del área hidrosanitaria carrera de Construcciones Civiles y el Decano de la Facultad de Tecnología, en noviembre 2016 (crisis del agua ciudad de La Paz), planteó varios temas para el mejor manejo del recurso agua a nivel de las construcciones nuevas y antiguas. Considerando continuar los lineamientos del proyecto: Medidas ambientales para el tratamiento de aguas residuales de edificios multifamiliares de la ciudad de La Paz (Otero Valle, 2010). A través de prácticas de campo (toma de muestras) y el análisis de parámetros químicos inorgánicos en el laboratorio de aguas carrera de Construcciones Civiles, efectuado por estudiantes del área hidrosanitaria gestión I/2017. Para posteriormente considerar estos resultados en la depuración de las aguas residuales domésticas.

Aporte que hace el área hidrosanitaria para incluir en el proceso enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de Construcciones Civiles, el **criterio integral de edificios verdes**.

¹ blogverdebolivia.blogspot.com/.../el-primer-edificio-ecologico-de-la-paz. Html

² www.paginasiete.bo/.../tiene-primer-edificio-verde-certificado-bolivia-120879.html

³ (Leadership in Energy and Environmental Design - Liderazgo en Diseño Energético y Medioambiental) por parte del (USA Green Building Council – Consejo de la Construcción Verde de los Estados Unidos NA).

⁴ Actualmente existen 119666 proyectos de certificación LEED en el mundo, de los cuales 59.526 están avalados. En Latinoamérica están registrados 1.059 proyectos, de los que 903 están certificados y 365 tienen el Nivel Oro. En este último grupo se incluye el edificio de la oficina de CAF en La Paz.

⁵ www.empresabolivia.com/.../montenegro/...edificio.../Presentacion-Torre- Empresarial-Montenegro.pdf

DESARROLLO

Tomando en cuenta que los instrumentos y reactivos fueron adquiridos con fondos ASDI-SAREC otorgados al proyecto de investigación como uno de los ganadores del concurso al que me presenté en el año 2010: Estudio de medidas ambientales para el tratamiento y reciclado de las aguas residuales de los edificios multifamiliares de la ciudad de La Paz. Actualmente son parte del laboratorio de aguas de la Carrera de Construcciones Civiles y corresponden a un colorímetro DR/890, Ph metro Hanna reactivos DPD para Cloro, y hierro (agua potable), colorímetro DB/890 y reactor DRB 200 para DQO (aguas residuales). Se estableció efectuar prácticas de campo para recolectar muestras de aguas residuales correspondientes a diez edificios ubicados en diferentes zonas de la ciudad de La Paz y analizar algunos parámetros inorgánicos.

Recolección de muestras y análisis químico AR

Los parámetros químicos inorgánicos fueron elegidos por su importancia en la depuración de aguas residuales: Nitritos, Nitratos, Nitrógeno Total, Nitrógeno-Amónico, Fósforo Total, Fósforo Reactivo. La figura 1 muestra la labor de análisis de aguas residuales provenientes de diez edificios de La Paz.



Crédito: M.N. Otero, 2017

Figura 1: Análisis de aguas residuales

El resultado de estos análisis mostró la presencia importante de compuestos nitrogenados y de fósforo⁶, que deben su origen a la degradación bacteriana de la materia orgánica. En las aguas residuales negras⁷ el nitrógeno se presenta en cuatro formas: nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato. Si las aguas son frescas se encuentra en forma de urea y compuestos proteínicos pasando posteriormente a la forma amoniacal que por oxidación

⁶ Los elementos nitrógeno y fósforo son nutrientes o bioestimuladores para el crecimiento de algas y plantas, en la mayoría de los casos, son los principales elementos nutritivos (síntesis de proteínas), en consecuencia determinar y cuantificar su presencia en las aguas, permite evaluar las características del tratamiento que se aplicará a las aguas residuales mediante procesos biológicos. Si el contenido de nitrógeno es insuficiente, será necesario aumentar éste para que el agua residual sea tratable. (Espigares, M., y Pérez, JA., 1985).

⁷ Aguas vertidas hacia los inodoros y mingitorios, que arrastran principalmente materia fecal orgánica y orina humana.

bacteriana en medio aerobio, pasa a las formas de nitritos y nitratos. Altas concentraciones de nitratos, son una señal que el nitrógeno se ha estabilizado frente a la demanda de oxígeno. El **nitrógeno total** es la suma de las cuatro formas indicadas. El otro componente de las aguas residuales negras es el fósforo, elemento esencial para el desarrollo de los microorganismos. Se encuentra en tres formas ortofosfatos, polifosfatos y fósforos orgánicos (fósforo orgánico). El ortofosfato es la forma más fácilmente asimilada por los microorganismos, y un parámetro de control en los procesos biológicos de eliminación de éste. El fósforo orgánico puede ser un constituyente importante en los vertidos industriales y fangos de aguas residuales domésticas. El **fósforo total** es la suma de las tres formas indicadas.

La presencia de nitrógeno y fósforo total en las aguas residuales, actualmente permite conocer y controlar la disponibilidad de estos elementos para mantener la actividad biológica en los procesos de tratamiento de aguas residuales evitando la eutrofización⁸ de fuentes hídricas receptoras y también el taponamiento de los ductos de transporte de las DAR Depuradoras de Aguas Residuales.

Depuradora de Aguas Residuales DAR

En el esquema de una DAR, se tienen dos procesos separativos: uno para el transporte del agua tratada y el otro para almacenar el material sólido (fango o lodo). Ver figura 2.

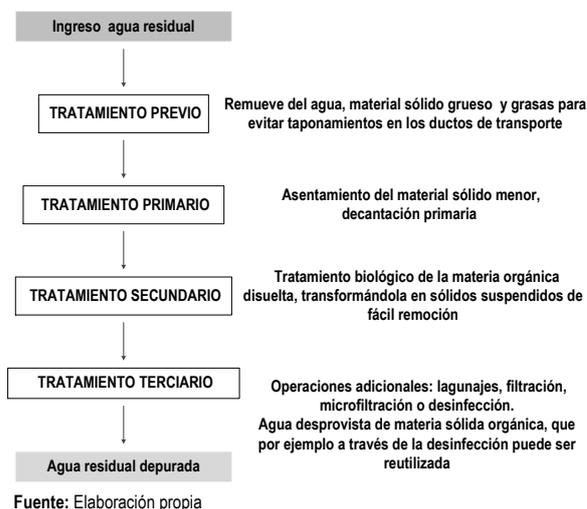


Figura 2: Proceso separativo para el transporte de agua tratada

En el diseño de una DAR, el tratamiento previo y primario por lo general corresponde a la separación de sólidos en suspensión-líquido. A diferencia del tratamiento secundario que implica un **proceso biológico** (conformado por reactor y sedimentador) con diferentes alternativas de operación y de descomposición bacteriana⁹ (digestión) aerobia o anaerobia. La digestión de fangos tiene como objetivo estabilizar el lodo, reduciendo del porcentaje de organismos patógenos y materia orgánica, su principal función es disminuir la Demanda Biológica de Oxígeno DBO¹⁰ afectando la materia orgánica presente en las aguas residuales para que se transforme en compuestos sólidos, fáciles

⁸ Incremento de sustancias nutritivas en aguas receptoras por descargas industriales y domésticas, que provocan un exceso de fitoplancton (algas).

⁹ Descomposición bacteriana aerobia (en presencia de oxígeno), los microorganismos agotan sus reservas nutritivas y empiezan a consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales. Mientras que en la descomposición bacteriana anaerobia, la materia orgánica confinada en un reactor herméticamente cerrado, se convierte en metano (biogás) que puede ser usado como combustible.

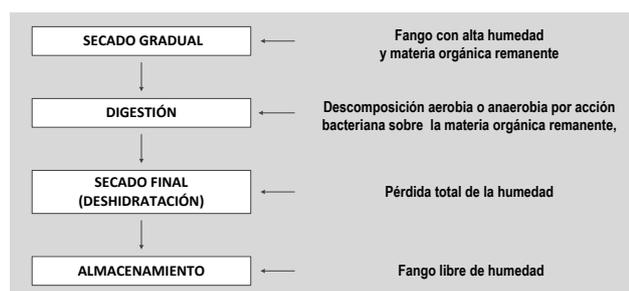
¹⁰ Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua. Prueba que se realiza durante 5 ó 3 días a 20 °C por lo que se expresa como DBO ó DBO₅, respectivamente. Pese al largo tiempo del test y la imposibilidad de diferenciar entre la demanda de oxígeno carbonado y de oxígeno nitrogenado. Es un indicador válido para determinar la cantidad de materia orgánica biodegradable, muy importancia para el tratamiento secundario o (biológico).

de separación por decantación. El tratamiento también influye sobre el nitrógeno y fósforo, frente a un exceso de éstos, el desarrollo indiscriminado de microorganismos consume a tal grado el oxígeno disuelto que perecen en su estadía y fermentan ocasionando una notable disminución de la ya deficiente calidad del agua residual, por lo que en un DAR, el proceso biológico se encarga de disminuir las concentraciones de todas las formas de nitrógeno y fósforo presentes en el agua para evitar la fermentación. Los procesos más utilizados en el reactor biológico son por:

- **Fangos activados:** Mantiene el cultivo biológico formado por varios tipos de microorganismos sumergidos en agua residual, de donde extraen los nutrientes y aumentan en número formando flocúlos fácilmente sedimentables.
- **Camas filtrantes (camas de oxidación):** Son camas filtrantes de góteo, en las que las aguas residuales son rociadas en la superficie de una profunda cama compuesta de coque (carbón), piedra caliza o de plástico. El góteo en la cama es recogido por un sistema de drenaje en la base, que también infiltra aire hacia arriba de la cama, manteniendo un medio aerobio. Las películas biológicas de bacterias, protozoarios y hongos se forman en la superficie del medio nutriéndose de la materia orgánica presente en las aguas residuales.
- **Movil Bed Biological Reactor MBBR** (Reactor biológico de cama móvil): Incorpora medios inertes en vasijas llenas de fangos activos para proveer sitios activos donde se acumulan los cultivos biológicos.

El material sólido separado (fango) de los tratamientos primario y secundario del transporte de agua tratada, aun retiene importantes volúmenes de agua por lo que se requiere reducir esta cantidad de agua a través del secado gradual. Los fangos además retienen materia orgánica que se descompone fácilmente produciendo malos olores. Por lo que después del secado, los fangos se someten a un proceso de **digestión aerobia o anaerobia**,¹¹ seguidamente los fangos se terminan de secar (deshidratación), disminuyendo notablemente el volumen para poder almacenarlos.

El producto seco en su disposición final principalmente tiene usos agrícolas (abono). El esquema del proceso que sigue el fango producido en la DAR se muestra en la figura 3.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3: Proceso que sigue el fango en la DAR

La tabla 1, muestra de manera general las proporciones de reducción en Sólidos Totales en Suspensión SST, DBO₅, Nitrógeno y Fósforo totales más la variación de volumen que se puede lograr en una DAR que procese las aguas residuales de un edificio tipo multifamiliar, después de efectuado el tratamiento secundario o biológico (reactor de fangos activado), a la salida del sedimentador.

Tabla 1

Reducción de proporciones SST, DBO₅, N_{Total}, P_{Total} y V en una DAR que procese aguas residuales de un edificio tipo multifamiliar (24 familias)

Parámetro	Al ingreso del tratamiento secundario (biológico)	A la salida del sedimentador*	Disminución de proporciones agua residual
SST	100%	9%	91%
DBO ₅	100%	7%	93%
N _{Total}	100%	22%	78%
P _{Total}	100%	24%	76%
Volumen agua tratada por día	100%	95%	5%**

* Proporciones que después del tratamiento secundario (desinfección) garantizan la reutilización del agua para usos de limpieza y riego, pero no para uso humano.

** Volumen restante que acompaña al fango y que después de su secado devuelve una importante proporción de agua a la DAR.

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Las prácticas de campo (recolección muestral de aguas residuales de diez edificios multifamiliares de la ciudad) y el posterior análisis de parámetros inorgánicos en el laboratorio de aguas de la Carrera de Construcciones Civiles Facultad de Tecnología. Han servido para considerar bajo la perspectiva actual de edificios verdes, la importancia de incluir en las construcciones nuevas y antiguas Depuradoras de Aguas Residuales DAR que además de contribuir con el ahorro en el consumo del recurso agua, permite mejorar el ciclo natural de descontaminación de las aguas receptoras (ríos) retardando y disminuyendo así, las descargas contaminantes que llevan las aguas residuales domésticas.

BIBLIOGRAFÍA

Delgado, C. E. J., 2011, Taller de capacitación avanzado en análisis de aguas y tratamiento de aguas residuales, Facultad Técnica, Carrera Construcciones Civiles, material capacitación Casa Bernardo. La Paz – Bolivia,

Espigares, G.M., Pérez, L. JA., 1985, Aspectos sanitarios del estudio de las aguas, Universidad de Granada Servicio de Publicaciones, Granada – España,

Otero, V. M. N., 2010, Estudio de medidas ambientales para el tratamiento de aguas residuales en los edificios multifamiliares de la Ciudad de La Paz, Fondos Concursables Gestión 2009, Financiamiento Cooperación Sueca Programa UMSA-ASDI, Facultad Técnica - IIAT, La Paz – Bolivia,

Metcalf & Eddy Incorporated, 1995, Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización, Tercera Edición, Volumen 1 y 2, Editorial Mc Graw Hill, México.

(*), MSc. Ingeniero Civil, Docente Emérita, Carrera de Construcciones Civiles, Facultad de Tecnología – UMSA.

¹¹ Fermentación de la materia orgánica carbonosa, para obtener gas metano (biogás).