UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas

FC
Facultad de
Contrucciones

Departamento de Ingeniería Hidráulica

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales en la Unidad Lagunas del Este, Cayo Santa María

Autores: Rosa María Navarrete Cuellar

Tutores: MSc Ing. Mirelys Montesino Herrera

Dr. Ing. Lamberto Álvarez Gil

Santa Clara, Junio 2018

Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual

Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.:+530142281503-1419

Pensamiento

No ames lo que eres, sino lo que puedes llegar a ser.

Miguel de Cervantes

Agradecimiento

A mi familia por estar ahí, en los momentos buenos y malos, cuando más los necesité.

A los amigos que nunca me olvidaron que estuvieron cada instante conmigo, que me apoyaron y me aconsejaron.

A mis tutores Dr. Ing. Lamberto Álvarez Gil y Msc. Ing. Mirelys Montesino Herrera por hacer que este trabajo pareciera más fácil y por brindarme sus conocimientos.

A mis compañeros de aula, por ser tan traviesos, por convertir los momentos malos en buenos, de corazón le doy gracias a Dios por permitirme compartir con ellos experiencias que jamás olvidaré.

A todas las personas que hicieron posible de una manera u otra este logro.

Dedicatoria

A mi mamá que a pesar de las dificultades siempre creyó en mí.

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un estudio sobre la evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales en la Unidad Lagunas del Este, Cayo Santa María teniendo como objetivo caracterizar los problemas en el esquema tecnológico y lesiones existentes en sistema de tratamiento de aguas residuales.

Se realizó el estudio de diferentes bibliografías relacionadas con el tratamiento de aguas residuales a nivel internacional y enfatizando en el utilizado en nuestro país y en el tratamiento de los residuales de la industria del turismo. Mediante el análisis de los proyectos de la planta de tratamiento de residuales Lagunas del Este y visitas desarrolladas a la misma se definen aquellas patologías que se manifiestan en los diferentes órganos de trabajo, que permitan caracterizar las mismas a partir de identificar los daños, averías y las causa. Se pudo valorar el estado tecnológico de la instalación y detectar sus deficiencias funcionales, de esta forma arribar a una propuesta tecnológica que mejore y eleve la eficiencia de la misma.

INDICE

Introducción 1
Capítulo 1: Revisión Bibliográficasobre patologías en sistemas de alcantarillado. . 6
1.1 Sistema de alcantarillado 6
1.2 Objetivos de la operación y mantenimiento 6
1.3 Problemática general, identificación de los defectos y afectaciones en las redesde alcantarillado 7
1.4 Clasificación de las aguas residuales 9
1.5Características, composición y contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual 10
1.6 Residuales líquidos producidos por la actividad del turismo y las tecnologías de tratamiento 13
1.7Generalidades sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales 14
Proceso de lodos activados 15
1.8 Principales patologías que se presentan en las obras hidráulicas yprocedimientos existentes para la evaluación y diagnóstico 20
Capítulo 2: Evaluación y Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales. 24
2.1 Introducción 24
2.2 Características de la Planta de Tratamiento de Residualesde Lagunas del Este 24
Generalidades 24
2.3 Descripción del proceso tecnológico 26
2.4 Modo de operación de los equipos 33
2.4.1 Modo de operación en tratamientoprimario. 34
2.4.2 Modo de operación en tratamiento secundario. (Lodo activado). 35
2.4.3 Modo de operación en tratamiento terciario 37
2.5 Ensayos de laboratorio 39
2.6 Diagnóstico de patologías en la PTR Lagunas del Este. 42
Capítulo 3: Propuestas de soluciones para la mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales 48
3.1 Introducción 48

3.2Ficha técnica de cada objeto de obra 48
3.2 Propuesta de mejora en el sistema de tratamiento. 50
Tanque de homogenización..... 50
Recomendaciones..... 64
Bibliografía 65
ANEXOS 66

Introducción

Las Inversiones en el sector del Turismo, toman en consideración no solo las posibilidades económicas de nuestro país, sino también las necesidades de preservar nuestra riqueza y el entorno natural, demandando sistemas de tratamiento para las solución de las aguas residuales, que a partir de las características naturales y paisajistas del lugar, permitan minimizar cualquier efecto en el impacto ambiental, que generalmente producen los vertimientos de esta agua, en un ecosistema dado. Es por ello que la búsqueda de soluciones sostenibles, para el tratamiento y reúso de las aguas residuales, es imprescindible para la conservación de nuestro medio ambiente.

Es por ello que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado Cayo Santa María tiene un servicio deacuerdo con lo establecido en normas y leyes vigentes en el país de “agua potable y alcantarillado”, está compuesto por las actividades de aducción, tratamiento, almacenamiento, conducción, transporte y distribución de agua potable (en lo que se refiere a acueducto) y las actividades de recolección, transporte y tratamiento de los residuos líquidos (en lo que se refiere a alcantarillado). Vela por las correctas operaciones de puesta en marcha y operación normal de las plantas de tratamiento, con el aporte de la documentación técnica y los procedimientos necesarios, de cada uno de los elementos, que intervienen en el proceso de tratamiento del agua, tales como: equipos mecánicos (tamizado, sistemas de bombeo, soplantes de aire, etc.), sustancias químicas (recepción, manejo y transferencia) y unidades hidráulicas (tratamiento biológico, decantadores, filtros, etc.), para lograr una operación eficiente. Su objetivo esencial, es la implantación de una adecuada disciplina tecnológica, así como el logro de una eficiencia sostenida, en la obtención de un agua tratada, conforme a los requisitos establecidos para su vertimiento.

Este trabajo se desarrollará en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado Cayo Santa María con el apoyo del Departamento de Ingeniería Hidráulica de la Facultad de Construcciones de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.

Situación problémica:

El sistema de alcantarillado de la unidad Lagunas del Este para cumplir con el objetivo de garantizar el adecuado mantenimiento de las aguas servidas y cumplir con los parámetros que estudian las normas en cuanto a la calidad del efluente final antes de verter al medio ambiente. Se requiere conocer del sistema de alcantarillado: registros, colectoresy plantas de tratamiento de residuales con sus distintos órganos de tratamiento y equipos de medición, además de proponer soluciones factibles y mantenimientos sistemáticos para ofrecer un buen funcionamiento del mismo.

Planteamiento del problema:

Conociendo los objetos de obra que componen el sistema de alcantarillado de la unidad Lagunas del Este, Cayo Santa María se demanda caracterizar desde el punto de vista hidráulico y estructural, las lesiones, daños y averías en cada una de las partes delos objetos de obra de dicho sistema.

Campo de investigación:

Sistema de alcantarillado y tratamiento en polos turísticos.

Objeto de estudio:

Sistema de tratamiento de la unidad Lagunas del Este.

Hipótesis:

Si se identifican los posibles problemas en el esquema tecnológico y lesionesque pueden manifestarse en el sistema de tratamiento de aguas residuales de la Unidad Lagunas del Este, Cayo Santa María, mediante su diagnóstico y evaluación, entonces se obtendrá criterios técnicos para las propuestas de soluciones a las afectaciones detectadas a considerar en el mantenimiento y rehabilitación de este sistema.

Objetivo general:

Caracterizarlos problemas en el esquema tecnológico y lesiones existentes en sistema de tratamiento de aguas residuales deLagunas del Este, Cayo Santa María.

Objetivos específicos:

- Realizar el estudio de las fuentes bibliográficas para establecer una actualización sobre las características de los sistemas de alcantarillado en polos turísticos.
- Realizar un análisis de los problemas que afectan el esquema tecnológico del sistema de tratamiento de aguas residuales que permita llegar a dar las recomendaciones para su solución.
- Elaborar uninventario a partir de las diferentes lesiones, averías o daños que pueden presentar los objetos de obra que componen el sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Confeccionar un catálogo donde se incluyan las patologías detectadas a partir de su evaluación, diagnóstico y proponer posibles soluciones para atenuar los daños.

Tareas investigativas:

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos y general nos trazamos las siguientes tareas de investigación:

- Estudio de las fuentes bibliográficas o estado del arte relacionadas con las normas vigentes para el tratamiento de aguas residuales a polos turísticos.
- Evaluación del esquema tecnológico del sistema de tratamiento de aguas residuales para establecer las medidas de mejoras en el proceso de depuración.
- Aplicación de procedimientos para el inventario de lesiones donde se incluye la inspección visual a los diferentes objetos de obra y los tipos de soluciones a emplear para las patologías descritas en esta obra.
- Confección de un catálogo de patologías según su diagnóstico y evaluación dando solución a las mismas.

Novedad científica:

Se realiza la evaluación de un sistema de tratamiento de agua residual de forma integral a partir de considerar las características del proceso tecnológico las patologías que se manifiestan en este tipo de obra, que permiten precisar y establecer soluciones para ser intervenidas ingenierilmente.

Aporte científico:

Se presenta la aplicación de un procedimiento para la confección de un catálogo de patologías y se identifican las acciones para mejorar el proceso tecnológico de sistema de tratamiento de agua residual que se deben tener en cuenta para la reparación y mantenimiento de las mismas.

Valor Metodológico de la investigación:

Se muestra la aplicación práctica de una metodología para realizar el diagnóstico, evaluación e intervención de los objetos de obra un sistema de tratamiento de agua residual, donde se establecen las recomendaciones necesarias para su conservación y mantenimiento.

Valor Práctico Ingenieril de la investigación:

Este trabajo se podrá tomar como un ejemplo de la práctica ingenieril, de cómo dar en la solución de problemas tecnológicos y deterioros presentes en los objetos de obra de un sistema de tratamiento de agua residual y en la enseñanza de la especialidad de Ingeniería Hidráulica.

La estructura y orden del trabajo:

Introducción.

Capítulo 1: Revisión Bibliográfica en la temática de sistemas de alcantarillado.

Capítulo 2: Evaluación y Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Capítulo 3: Propuestas de soluciones para la mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Conclusiones.

Recomendaciones.

Bibliografía.

Anexos

Capítulo 1: Revisión Bibliográficasobre patologías en sistemas de alcantarillado**.**

1.1 Sistema de alcantarillado

Una gran parte del agua usada por la población se convierte en aguas residuales, por lo que es necesaria la existencia de un sistema de alcantarillado sanitario capaz de evacuar y conducir las aguas residuales que se producen, a su destino final.

Los sistemas de alcantarillado están compuestos de forma general por: redes, colectores, subcolectores, estaciones de bombeo, sistemas de tratamiento y estructuras de disposición final.

Para garantizar que estos sistemas funcionen satisfactoriamente, deben ser operados de forma adecuada y brindarles mantenimientos periódicos a todas las estructuras que forman la red.(Álvarez Gil, 1998)(ALMAZÁN GÁRATE, JOSE L 2001)

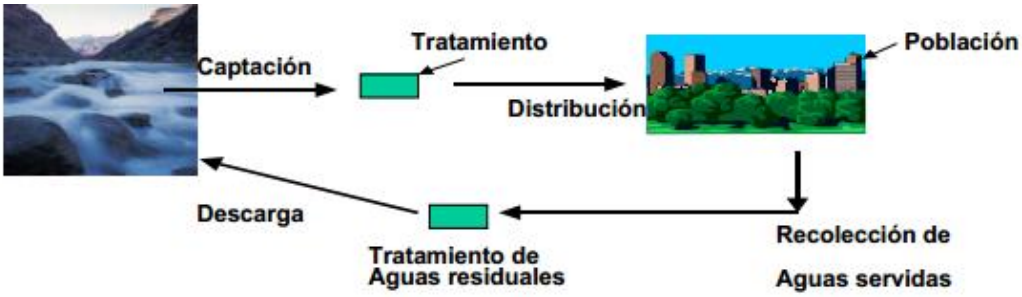


Figura1.Interrelación de la ciudad con los servicios de acueducto y alcantarillado en Colombia. (Referencia bibliográfica)

1.2 Objetivos de la operación y mantenimiento

La operación y mantenimiento tienen los siguientes objetivos:

- Asegurar que todos los elementos del sistema estén en condiciones de funcionar en todo momento, según los requisitos de ejecución.
- Minimizar el impacto del fallo de un elemento del sistema sobre el funcionamiento de las otras partes.
- Garantizar que el mantenimiento del sistema sea seguro, ambientalmente aceptable y económicamente eficiente.

- Se propone una Metodología para la operación y mantenimiento de las redes del alcantarillado, estableciendo los pasos para confeccionar los planes para ello y la secuencia lógica de las actividades que conlleva el mismo, considerando:

- Elaboración del procedimiento de muestreo de residual en el sistema.

-Establecimiento de criterios para diagnosticar el sistema, estructural e hidráulicamente.

- Definición de las acciones de operación y mantenimiento.

Cumpliendo estos elementos, se pretende optimizar elfuncionamiento de las redes existentes, alargar su vida útil y reorientar la política de rehabilitación, contribuyendo a mejorar el servicio y a disminuir las afectaciones al entorno.

O sea, el propósito de las actividades de operación y de mantenimiento, es asegurar que el sistema dealcantarillado funcione cumpliendo los siguientes requisitos específicos(NC 27: 1999: "Vertimiento de aguas residuales a lasaguas terrestres y al alcantarillado". Especificaciones):

- Se mantenga la conducción libre sin desbordamientos.
- Las aguas recibidas deberán estar protegidas de la contaminación dentro de límites requeridos en la NC 27: 1999.
- Las alcantarillas y colectores no pondrán en peligro estructuras adyacentes.
- Lograr la duración de vida del diseño.
- El sistema debe mantenerse impermeable.
- No provocar molestias debidas a malos olores ni toxicidad.
- Disponer de accesos apropiados para el mantenimiento.
- La salud y la seguridad del personal de explotación debe protegerse.

1.3 Problemática general, identificación de los defectos y afectaciones en las redesde alcantarillado

Problemática general

El agua limpia consumida por el hombre en su actividad doméstica, industrial o agrícola es utilizada, aparte de para consumo directo, como medio de limpieza, como elemento del proceso de producción o como vehículo de eliminación de

desechos, sean éstos materiales o en forma de energías caloríficas. Esto hace que tales aguas, una vez usada, se conviertan en aguas residuales, arrastrando un determinado grado de contaminación, lo cual les produce unaalteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

Por otra parte, las aguas que en un episodio de lluvia discurren por una zona urbanizada, sea ésta urbana o industrial, deben ser recogidas por un sistema de drenaje y conducidas a cauce receptor, con el propósito de evitar acumulación a tales zonas y disminuir e incluso eliminar el peligro de inundaciones y el consiguiente perjuicio para personas y bienes materiales.

El uso del ser humano hace del agua constituyente pues un ciclo artificial de captación, tratamiento abastecimiento, uso, depuración y vertido. Por otra parte está el propio ciclo natural del agua (evaporación, condensación, precipitación, escorrentía). (Centro Multidisciplinar de Modelación de Fluidos-Universidad Politécnica de Valencia)

Identificación de los defectos y afectaciones en las redes

Con el fin de realizar una adecuada evaluación de los daños o deficiencias de los tramos, sedebe hacersimultáneamente a la inspección, una calificación de los defectos encontrados, verificando aspectos estructurales e hidráulicos (MARCO, J 2005):

- **Calificación estructural**

Grietas.

Estado de las juntas.

Estado físico de la tubería.

Problemas en los entronques.

- **Calificación hidráulica**

Comportamiento de los sedimentos.

Existencia de raíces.

Presencia de grasas (incrustaciones).

Capacidad de conducción. Conexiones pluviales.

- **Edad de la tubería**

De 0 a 25 años.

De 25 a 50 años.

Más de 50 años.

- **Material**

Barro.

Asbesto-cemento.

Hormigón.

PEAD.

La metodología propone que, durante la inspección del tramo seleccionado se vayan localizando las fallas, a lasquese les asigna un puntaje según la gravedad delproblema. Estas fallas sonclasificadas dependiendo del defecto estructural y (o) hidráulico según corresponda.

La calificación de estos parámetros, de forma conjunta, permite llegar a definir el nivel de prioridad y la acción a llevar a cabo, a partir de los grados 1, 2 ó 3, tanto para el criterio estructural como hidráulico.

1.4 Clasificación de las aguas residuales

Las aguas residuales pueden clasificar en función de su procedencia en: pluviales, domesticas, industriales y agrarias, algunas de sus características se incluyen en la tabla 1. (Catalán, J 1997). (Anexo 1).

Tabla 1.Clasificación de las aguas residuales

Clasificación	**Características**
Pluviales	Escorrentía Drenaje
Domésticas	Aguas negras Aguas procedentes de usos domésticos Aguas de limpieza pública y riego
Industriales	Aguas de refrigeración. Aguas de proceso (lavados, transporte, etc.)
Agrarias	Agrícolas Ganaderas

1.5Características, composición y contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual

Las aguas residuales presentan una grave amenaza para el medio ambienteen general y los seres vivos en particular, por lo que antes de su eliminación overtido es necesaria la depuración. El tipo y grado de tratamiento a emplear estaráen función de la composicióny características del agua residual bruta.

Los parámetros utilizados para caracterizar las aguas residuales se agrupanen físicos, químicos y biológicos como se representa en la tabla 2. Una completa selección de estos parámetros decaracterización indicando su probable procedencia. (MOPT, 1991)

La composición en cuanto a volumen se refleja en la figura 2.

Tabla 2. Características y composición de las aguas residuales urbanas.

Características	Parámetros
Características físicas	Color Olor Sólidos Temperatura Conductividad
Características química	Las características químicas de un agua residualvienen definidas por:-Materia orgánica-Materia inorgánica-Gases
Características biológicas	Los microorganismos másabundantes en el agua residual son bacterias, protozoos, virus y helmintos.

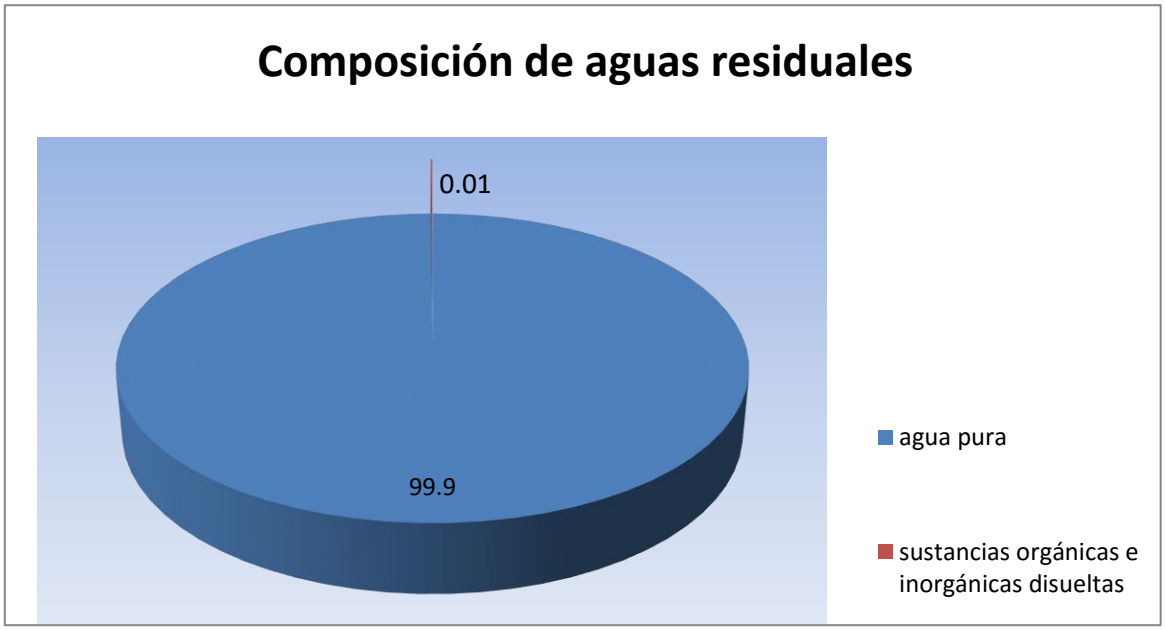


Figura 2. Composición de aguas residuales.

Contaminantes de importancia en el tratamiento del agua residual

El agua residual vertida sobre cualquier fuente de agua natural originará en ella cierto grado de contaminación, por ello debemos controlar los efectos indeseables a fin que el cuerpo receptor no altere sus propiedades, y sus características se vuelvan inaceptables para el uso en el que fue propuesto. En la tabla 3 se muestra en forma muy breve y generalizada la importancia e impacto hacia elmedio ambiente de los diferentes contaminantes.

Tabla 3. Contaminantes de importancia en el agua residual

Contaminante	Fuente	Efectos causados por la descarga del agua
Sustancias que consumen oxígeno(MO*biodegradable)	ARD* y ARI* (proteínas, carbohidratos, grasas, aceites).	Agotamiento del oxígeno, condiciones sépticas.
Sólidos suspendidos	ARD y ARI; erosión del suelo.	Depósito de lodo; desarrollo de condiciones anaeróbicas.
Nitrógeno(nutriente) Fósforo (nutriente)	ARD, ARI y ARA* ARD y ARI; descarga natural.	Crecimiento indeseable de algas y plantas acuáticas.
Microorganismos patógenos	ARD	Comunicación de enfermedades.
Materia tóxica : Metales pesados Compuestos orgánicos tóxicos	ARI ARA y ARI	Deterioro del ecosistema; envenenamiento de los alimentos en caso de acumulación.
MO refractario (Difícil de degradar biológicamente)	ARI (fenoles, surfactantes), ARD (surfactantes) y ARA (pesticidas, nutrientes); Materia resultante del decaimiento de la MO.	Resisten el tratamiento convencional, pero pueden afectar el ecosistema.

Sólidos inorgánicos : disueltos Cloruros Sulfuros pH	Abastecimiento de agua, uso de agua Abastecimiento agua, uso agua, infiltración ARD y ARI ARI	Incremento del contenido de sal.
Olores: H2S	Descomposición de ARD	Molestiapública

*MO; Materia orgánica *ARD: Aguas residuales domésticas *ARI: Aguas residuales industriales; *ARA: Aguas residuales agrícolas. Fuente: (Alaerts 1995).

1.6 Residuales líquidos producidos por la actividad del turismo y las tecnologías de tratamiento

El turismo y las actividades recreativas se han convertido en una de las principales actividades socioeconómicas desde el punto de vista del empleo, de la contribución al Producto Interno Bruto del país, y del crecimiento de la demanda. Estas actividades generan sustanciales ingresos y puestos de trabajo, fomentan el conocimiento de otras culturas y la conservación del patrimonio cultural y natural, así como inversiones en infraestructuras, lo cual produce beneficios, tanto económicos como sociales, (Ambientales).

Sin embargo no todo es positivo, algunas modalidades de turismo como el turismo de sol y playa que es el existen en Cuba y ciertas actividades recreativas pueden dar lugar a la destrucción de hábitats, flora y fauna terrestre y acuática, al deterioro del paisaje, remoción de vegetación de manglares por la apertura de caminos, zonas de tiro bancos de explotación e instalación de campamentos y oficinas dando lugar a la desaparición de grandes áreas costeras y a una encarnecida competencia por recursos y servicios escasos (agua dulce, territorio, energía, tratamiento de aguas residuales, etc.)

Los residuales producidos por la industria del turismo son similares a los residuales domésticos pero estos son más fuertes debido al gran contenido de compuestos físico-químicos, se genera gran cantidad de grasas, sustancias orgánicas e inorgánicas.

La industria del turismo también genera residuales de carácter industrial, no en grandes cantidades ni con el mismo grado de contaminación de las grandes

industrias pero en las instalaciones turísticas existen residuos provenientes de panaderías, dulcerías, áreas de recreación, los cuales utilizan diferentes materias primas que generan un grado mayor de contaminación.

Tecnologías de tratamiento

El cambio más importante que ha ocurrido en los últimos 25 años en la implementación y manejos de sistemasde tratamiento del agua residual, es el desarrollo de nuevas tecnologías y el retorno al uso de tecnologías convencionales, pero empleando equipos modernos. Un buen número de nuevas tecnologías han sido introducidas para los pequeños sistemas de tratamiento, y han hecho posible producir efluentes de la misma calidad o incluso mejor que los producidos por grandes plantas de tratamiento.

Ejemplos importantes incluyen el uso de tamices de disco rotatorio, procesos de lodos activados, sistemas acuáticos de tratamiento, humedales artificiales y reactores anaerobios. (Quiroz Pedraza, Pedro 2007)

1.7 Generalidades sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

Las plantas de tratamiento de aguas residuales es una instalación donde a las aguas residuales se les retiran los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgos a la salud y/o medio ambiente, al disponerla en un cuerpo receptor natural (mares, ríos o lagos) o por su reuso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano.

La depuración de las aguas residuales, también llamadas aguas negras, aporta numerosos beneficios, mejora la salud colectiva evitando enfermedades, conserva el medio ambiente y después de su tratamiento permite la utilización del agua para distintos fines.

Para la proyección de una planta de tratamiento de residuales se toman en cuenta los parámetros de la Norma Cubana 970-5 del 2013 Requisitos de Alcance y Contenido de los Servicios Técnicos para Inversiones de Alcantarillado-Parte 5: Requisitos del Proyecto de Ingeniería de Detalles o Ejecutivo. Según la norma citada se establecen los siguientes parámetros.

-Categoría de la obra y niveles de inundación en correspondencia con su categoría.

-Accesibilidad.

-Caracterización de la fuente a partir de los resultados del análisis físico-químico y bacteriológico obtenido del informe de calidad de las aguas.

-Comentar sobre los parámetros que deben ser ajustados para asegurar las características del agua.

-Tipo de tratamiento a utilizar; (tecnología).

-Tipo de Desinfección. (Cloro gas, Hipoclorito de Sodio o Calcio, otro desinfectante)

-Información específica sobre la composición, funcionamiento y características de los órganos de potabilización.

-Información sobre recolección y disposición de lodos.(Autores, 2013)

Figura 3. Planta de tratamiento de agua residual.

Proceso de lodos activados

Uno de los sistemas de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales más utilizadas a nivel mundial para el tratamiento de residuales domésticos o municipales es el de lodos activados, también es el que se utiliza en nuestro país.

En los procesos de lodos activados, los microorganismos se encuentran mezclados con la materia orgánica que digerirán para reproducirse y sobrevivir. Cuando la masa de microorganismos crece y es mezclada con la agitación introducida al tanque por medios mecánicos o de inyección de aire, ésta tiende a agruparse (floculación) para formar una masa activa de microorganismos

denominada lodo activado; a la mezcla de este lodo con el agua residual se llama licor mezclado. El licor mezclado fluye del tanque de aireación a un clarificador secundario donde el lodo activado sedimenta. Una porción del lodo sedimentado debe ser retornado al tanque de aireación para mantener una apropiada relación sustrato-microorganismo y permitir así una adecuada degradación de la materia orgánica.

Los flóculos de los fangos activados están formados de una materia gelatinosa en la cual viven las bacterias y los protozoos.

La depuración del agua se efectúa de la siguiente manera:

- Absorción de la materia orgánica por los microorganismos:

Las materias orgánicas disueltas son inmediatamente fijadas en la superficie de la molécula o complejo molecular.

Los enzimas extracelulares, sustancias liquidas activas segregadas por la membrana de las células disuelven en el agua las materias sólidas y coloidales, las cuales posteriormente son absorbidas siendo por tanto un fenómeno superficial.

- Combustión aerobia de las materias almacenadas:

La combustión se realiza en el seno de la célula por los enzimas intracelulares y con consumo de oxígeno. Los productos de la oxidación son gas carbónico, amoniaco, agua y diferentes anhídridos en cantidades menos importantes.

Para asegurar la depuración de las aguas residuales por lodos activados, es necesario:

- Poner en contacto el agua a tratar con un medio rico en microorganismos adaptados (lodos activados), esta operación se realiza en lo que denominamos cuba de aeración.
- Disponer de una cantidad suficiente de microorganismos que realice la adsorción y combustión de la materia orgánica.
- Agitar los lodos activados para asegurar el contacto entre los microorganismos y el agua y favorecer las transferencias de materia. Esta agitación se realiza generalmente con los dispositivos de aeración.
- Suministrar el oxígeno necesario para la combustión (dispositivo de aeración).

- Separar el flóculo del agua por decantación.
- Extraer los fangos en exceso producidos.

El proceso ha sido utilizado para el tratamiento de las aguas residuales, tanto industriales como urbanas desde hace aproximadamente un siglo. Es un proceso muy flexible y puede adaptarse a casi cualquier tipo de problema relativo al tratamiento biológico de aguas residuales(Ramalho, 1991).

Una vez completado el proceso biológico, la mezcla de agua y fangos activos pasa a un decantador, donde se produce la sedimentación de estos lodos activos y su separación del agua depurada. Los lodos recogidos en este decantador son recirculados nuevamente al reactor biológico, a la vez que los lodos en exceso son purgados y eliminados del sistema, con el fin de mantener una adecuada concentración de estos lodos activos.(Anexo 2)

Pretratamiento o tratamiento preliminar

Es definido como la eliminación de constituyentes del agua residual que puedan causar problemas o afectaciones a la operación y mantenimiento de las operaciones y procesos de tratamiento posteriores, aumenta la efectividad de los tratamientos primarios, secundarios y terciarios así como, a las instalaciones y sistemas auxiliares, (Teo, 2012).

El tratamiento preliminar permite la eliminación de componentes de gran y mediano volumen como ramas, piedras, animales muertos, plásticos, o bien problemáticos, como arenas, grasas y aceites. El tratamiento se efectúa por medio de cribas o rejillas, desarenadores, flotadores o desgrasadores. En ciertas ocasiones se emplean trituradores para reducir el tamaño de ciertos desechos y reincorporarlos al tratamiento, (Adalberto Noyola, 2013).

Objetivos del pretratamiento:

Con el pretratamiento se pretende separar del agua residual tanto por operaciones físicas como por operaciones mecánicas, la mayor cantidad de materias que por su naturaleza (grasas, aceites) o por su tamaño (ramas, latas, etc.) crearían problemas en los tratamientos posteriores (obstrucción de tuberías y bombas, depósitos de arenas, rotura de equipos).

Las operaciones de pretratamiento son las siguientes: (una estación de tratamiento puede incluir una o varias de estas operaciones, según su importancia y la calidad del agua bruta).

-Desbaste

-Dilaceración

-Desarenado

-Predecantación

-Desaceitado

-Desengrase

-Tamizado.

-Tratamiento de arenas y de desechos.

Tratamiento primario

Aquel en que se elimina una fracción de los sólidos suspendidos de la materia orgánica y se producen efluentes que, generalmente, requieren un tratamiento posterior. Es el nivel de tratamiento que se obtiene en la sedimentación primaria, fosas sépticas y Moura, tanques sépticos, reactores anaeróbicos, lagunas de estabilización anaerobias y tanques Imhoff. (Teo, 2012).

Su importancia radica en eliminar constituyentes de las aguas residuales que puedan alterar el normal funcionamiento de los diferentes procesos y operaciones, disminuyendo los riesgos de problemas en las unidades de tratamiento posteriores. Los tratamientos primarios permiten la reducción de sólidos en suspensión o el acondicionamiento de las aguas para pasar a un tratamiento secundario,(Morató, 1997).

Tratamiento secundario

Son procesos fundamentalmente biológicos orientados a la eliminación de la materia orgánica biodegradable, en forma disuelta o coloidal. En ellos hay una intervención de microorganismos sobre la materia orgánica e inorgánica, en la que toda esta materia se convierte en gases y sólidos sedimentables que pueden ser fácilmente separados en una sedimentación posterior. En el caso del agua residual urbana el principal objetivo es reducir el contenido orgánico y, en algunos casos, los nutrientes, fundamentalmente el nitrógeno y el fósforo.

Este proceso se llama biológico por ser efectuado por los microorganismos vivos presentes en las aguas, consiguiendo disminuir la materia orgánica biodegradable disuelta y muchos de los sólidos en suspensión coloidales no decantables. Entre las distintas operaciones que se incluyen en estos procesos están los lodos activados, lechos bacterianos, biodiscos, lagunas de estabilización, lagunas aireadas, etc. Posteriormente a los tratamientos biológicos debe existir una etapa de separación que posibilite la eliminación de los flóculos biológicos que se hayan producido.

Por otra parte, debemos tener en cuenta que los procesos biológicos pueden realizarse en presencia de oxígeno (vía aerobia), en ausencia de oxígeno (vía anaerobia) o en ambos casos (procesos facultativos). Para las aguas residuales urbanas son más frecuentes los procesos aerobios (oxidación biológica), dentro de los cuales se dan dos variantes; los procesos de cultivo en suspensión y los procesos de cultivo fijo. Los procesos anaerobios se utilizan sobre todo en aguas residual es con alta carga orgánica y en la estabilización de los lodos.

Tratamiento terciario

Un tratamiento terciario es el que tiene por objeto eliminar aquellas sustancias indeseables, presentes en el agua después de un tratamiento de depuración secundario: nutrientes, sólidos en suspensión, patógenos, iones en exceso, tóxicos orgánicos y minerales, etc.

Se emplea por tanto, cuando se han definido objetivos en los cauces receptores que exigen una excelente calidad del agua, para evitar problemas de eutrofización o simplemente para hacer frente a cargas excepcionales tanto en lo que se refiere a su cantidad (vertidos estacionales) como a su tipología (vertidos industriales).

Por otra parte, conviene mencionar que aunque se sigue utilizando el concepto de tratamiento terciario, ya que se concibe como una etapa posterior al secundario, actualmente no tiene sentido ya que a veces se trata de procesos previos al secundario y otras son simplemente modificaciones del

propio proceso biológico, por lo que quizá tendría más sentido hablar de tratamientos complementarios o avanzados.

Los tipos de tratamiento terciario más empleados actualmente son

- Filtración
- Adsorción
- Coagulación-floculación
- Desinfección
- Procesos de membrana
- Intercambio iónico

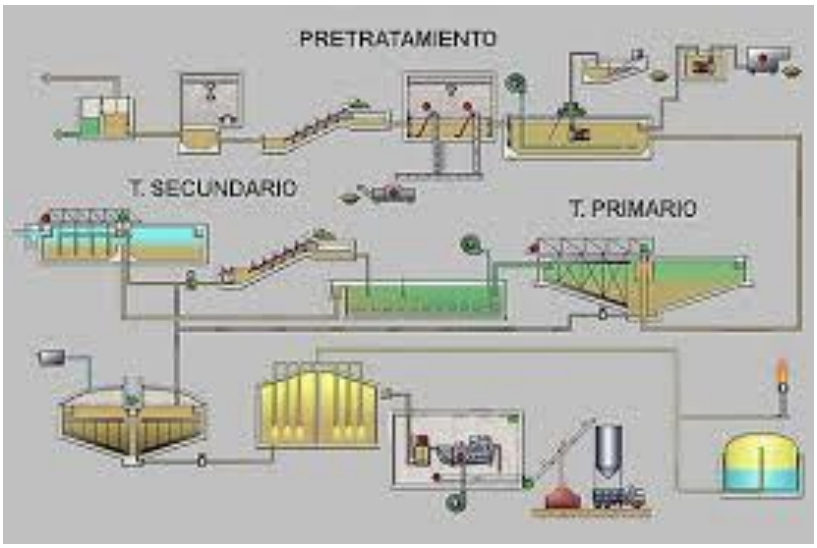


Figura 4. Esquema tecnológico de tratamiento.

1.8 Principales patologías que se presentan en las obras hidráulicas y procedimientos existentes para la evaluación y diagnóstico

Principales patologías que se presentan en las obras hidráulicas

Las obras hidráulicas en general, son obras de alto costo de construcción, debido a las cantidades considerables de movimiento de tierra, grandes volúmenes dehormigón armado y complejidad constructiva, lo que resultaconveniente detectar a tiempo posibles patologías que se puedan presentar, para así evitar posiblesfallas estructurales que puedan ser fatales.

En los distintos elementos que constituyen las plantas de tratamiento se presentan varias patologías, como las del deterioro del hormigón por agentes externos ya sean químicos o físicos, patologías derivadas por la fabricación y ejecución, patologías relacionadas con la influencia del medio ambiente, patologías originada por defectos y deterioro del acero, las cuales ocasionan un deterioro acelerado del hormigón en las plantas potabilizadoras que se manifiestan como la desegregación del hormigón, corrosión del hormigón, las eflorescencias, estalactitas, manchas de óxido, desconchado, fisuración y agrietamiento del hormigón, manchas de humedad, moho, carbonatación del hormigón, corrosión salina, corrosión por lixiviación, a modo de conocimiento general, pues este trabajo tiene como antecedente la investigación realizada por (Álvarez 2010).

Patologías en Plantas de Tratamiento

Figura 4. Fisuras y grietas

Figura 5. Tornillería oxidada

Diagnóstico de patologías en obras

El encuentro con un proceso patológico tiene como objetivo su solución, que implica la reparación de la unidad constructiva dañada para devolverle su misión inicial. Para atacar un problema constructivo, en primer lugar se debe diagnosticar, es decir, conocer su proceso, su origen, sus causas, su evolución, sus síntomas y su estado actual. Este conjunto de aspectos del problema, que pueden agruparse de un modo secuencial, es lo que se denomina proceso patológico, es por ello que en la tabla 4 se resume el análisis por etapas para el diagnóstico de estas patologías, pues este trabajo tiene como antecedentes a la investigación realizada por (Ortíz Pedraza, Hans C 2016).

Tabla 4. Diagnósticode patologías en obras.

Etapas del diagnóstico de patologías	Descripción
Inspección inicial.	Inspeccionar la obra o la parte de ella que será objeto de estudio en aras de trazar las estrategias para realizar el diagnóstico.
Inspección visual. Levantamiento de deterioros.	Detectar las lesiones, identificarlas e independizar las lesiones y procesos patológicos diferentes con el objetivo de seguirlos adecuadamente, sobre todo teniendo en cuenta su posible relación.
Realización de ensayos rápidos o generales.	Se realiza un estudio sobre los ensayos generales a realizar para cada material y como componente de la metodología se ofrece una lista de dichos ensayos con el objetivo de facilitar el trabajo de selección de los mismos.
Recopilación de antecedentes.	Pueden obtenerse planos, fotografías, informes de diagnósticos anteriores, fecha de aparición o periodicidad de algunas lesiones, fecha de construcción.
Confección de fichas y planos	Las fichas y los planos deben recoger toda la información que se haya obtenido en las etapas anteriores y se recomienda que los mismos sean elaborados a escala: 1:100, las plantas y elevaciones, 1:50, los cortes y detalles constructivos.
Pre diagnóstico o establecimiento de las hipótesis de fallo	El pre diagnóstico es un tipo de conclusión a la cual se puede llegar con los datos obtenidos hasta el momento. Es como establecer hipótesis que serán comprobadas en las siguientes etapas o pasos de esta metodología.
Selección de ensayos especiales.	Será muy útil que el personal que realice la selección esté capacitado en cuanto a los ensayos posibles a realizar, así como su aplicación y resultados a obtener.
Diagnóstico.	En esta etapa se debe llegar a conclusiones para la posterior actuación que implique la reparación de la edificación.
Pronóstico.	El equipo de diagnóstico deberá apoyarse en el diagnóstico para prevenir la evolución de los daños y orientar el correcto tratamiento de los mismos en una fase posterior.
Terapia.	La terapia dependerá del conocimiento que se tenga sobre la obra, sus materiales componentes, etc. Puede ser conocida o no en cuyo caso habrá que investigar en aras de garantizar la compatibilidad entre lo que ya existe y la técnica a emplear para su

	reparación.
Ejecución.	Requiere de mano de obra especializada en las labores de conservación y de una programación adecuada del proceso de intervención en la obra para que la acción sobre la misma no resulte perjudicial.
Evaluación.	Se trata de evaluar los resultados finales alcanzados en la intervención realizada. Es necesario prestar especial interés a la compatibilidad entre los materiales originales y los que fueron colocados durante la reparación que se ha llevado a cabo, a la cura de los defectos y sus causas, etc.
Propuesta de mantenimiento.	Toda propuesta de reparación de un proceso patológico y todo proyecto de una obra nueva debe estar acompañada por una propuesta de mantenimiento de la unidad la cual debe comprender todas las acciones destinadas a mantener la integridad de la obra.
Registro de Caso.	Por último, deberá quedar archivado en las entidades correspondientes todo lo concerniente a la intervención que se ha llevado a cabo en la obra con el objetivo de que sirva de base a posible reparaciones posteriores y a la consulta por parte de los profesionales para su utilización en otras obras que presenten daños o situaciones patológicas similares.

Capítulo 2: Evaluación y Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales.

2.1 Introducción

La Planta de Tratamiento de Residuales (PTR) “Lagunas del Este”, brindará servicio a los hoteles e instalaciones de servicio que se construirán en la Unidad Turística de igual nombre en cayo Santa María, Polo Turístico de la Cayería Noreste de Villa Clara; el efluente que sea necesario (residual tratado) se utilizará como agua de reuso para el riego de las áreas verdes de la Unidad Turística (agua de reuso) y el resto de las aguas que no sean utilizadas para este fin serán vertidas en un punto situado en la costa sur del cayo.

2.2 Características de la Planta de Tratamiento de Residualesde Lagunas del Este

Generalidades

La Planta de Tratamiento de Residuales (PTR) Laguna del Este es la encargada de depurar las aguas residuales, producidas por las instalaciones de la unidad turística de igual nombre, con capacidad total de 3 420,90 m^3/d, permite tratar el equivalente a 3 801 habitaciones, además de centros de servicios, etc.

Constituye el eslabón final del sistema de colectores por gravedad, que conduce los residuales desde cada uno de los puntos de entrega de los hoteles, hasta la planta de tratamiento. Tiene entre sus objetivo los siguientes aspectos

1- Depurar la totalidad de los residuales líquidos, que se generen en la unidad turística con los requerimientos de vertido al medio ambiente, establecidos por laLicencia Ambiental**.**
2- Evitar los efectos nocivos, que tienen el vertido de aguas residuales no tratadas, sobre el medio ambiente y la salud humana.
3- Garantizar un efluente líquido con condiciones, que permitan su reuso para el riego de las áreas verdes de las propias instalaciones turísticas.

Microlocalización de la PTR

La ubicación (microlocalización) de esta ampliación se ejecutará en el área aprobada por la Dirección provincial de Planificación Física de Villa Clara (DPPF VC) y que se inscribe en las siguientes coordenadas:

Tabla 5. Ubicación de la PTR		
	Coordenadas	
	X	**Y**
Punto	**(m)**	
1	708 419,43	316 196,14
2	708 541,60	316 151,70
3	708 510,84	316 067,12
4	708 388,67	3161,56

Bases de diseño

Características del residual a tratar

Acorde al Capítulo 4.4 de la norma NC 27-2012 “Vertimiento de aguas residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado”, los residuales líquidos a verter al sistema de alcantarillado, por las instalaciones hoteleras y de servicios, deben cumplir con las concentraciones establecidas, por los siguientes Límites Máximos Permisibles (LMP):

Tabla 6. Características del residual a tratar

LMP según NC 27-2012:	**u.m**	**Magnitud**
DQO	mg/L	< 700
DBO_5	mg/L	< 300
Sólidos Sedimentables	mL/L	< 10
Conductividad eléctrica	µS/cm	< 4 000
Grasas y aceites	mg/L	< 50
Otras características asumidas:	**u.m**	**Magnitud**
Sólidos totales	mg/L	350

NKT	mg/L	45
PT	mg/L	11

Características del agua tratada

El agua tratada deberá cumplir con los parámetros que establece la norma **NC 521-2007** "Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas", cuerpo receptor **Clase "A"**, zonas marinas de conservación ecológica:

Tabla 7. Características del agua tratada

Características del agua tratada:	**u.m**	**Magnitud**
DQO	mg/L	75
DBO_5	mg/L	30
Sólidos en Suspensión	mg/L	30
Sólidos Sedimentables	mL/L	5
NTK.	mg/L	10
PT.	mg/L	5
Grasas y aceites.	mg/L	15
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	200

Disposición final del agua tratada

El agua tratada será utilizada preferentemente en el riego de las áreas verdes de los hoteles y otras instalaciones, por medio de una conductora que saliendo de la PTR entregue mediante ramales a las cisternas de agua de reuso de los Usuarios; por esta misma conductora se evacuará hasta el mar el agua tratada que no sea utilizada para el riego.

2.3 Descripción del proceso tecnológico

Cámara de reja

El agua residual proveniente de la zona turística "Laguna del Este", llega al área de la PTR por gravedadmediante un conducto soterrado ø 500 mm PEAD, con cota de invertida – 0,38m.s.n.m.m.

La primera instalación de la PTR, hacia donde fluye el agua residual crudo, es la cámara de reja, conformada por dos canales longitudinales, previstos con compuertas de (800x800) mm, una normalmente abierta (NA) que da paso al residual hacia la reja mecánica sub-vertical, para la extracción de sólidos gruesos, con abertura de paso de 8 mm e inclinación de 75° y la otra normalmente cerrada

en el canal debypass para caso de rotura de la reja mecánica, donde se montarán una rejilla metálica de extracción manual con abertura de malla de 10 mm.

Los sólidos mayores de 8 mm son retenidos en reja mecánica y elevados por los cepillos raspadores, hasta verterlos en un contenedor sanitario y almacenados temporalmente para ser luego dispuestos, hacia el vertedero de residuos sólidos de la cayería, según lo establecido para estas operaciones, por la NC 133-2002.

El funcionamiento del equipo, se prevé de forma automática por sensores de nivel, según la entrada del líquido residual.

Figura 5 Cámara de rejas

Estación de bombeo principal

El residual proveniente de la cámara de rejas, llega al foso de la estación de bombeo mediante un tubo soterrado ø 500 PEAD. El foso de bombeo con cota de fondo en – 1,05 my dimensiones (1,90 m x 3,90 m), cuenta a la entrada con un deflector de hormigón con abertura para evitar la turbulencia.

El grupo de bombas sumergibles (3+1 reserva) equiposque impulsara el agua hasta el tanque homogenizador. Cada bomba dispone de un sistema de soporte y

montaje por guía de tubos, facilitando su extracción para las labores de mantenimiento.

El funcionamiento de los equipos, se prevén de forma automática por sensores de nivel mínimo y máximo, según la variación del nivel de residual. Estos equipos tendrán arranque en cascada y parada común, para la protección por bajo nivel en el foso. El funcionamiento es con alternancia entre los equipos. El equipo de reserva activa, se pone también en funcionamiento, al rebasarse el nivel máximo por exceso de caudal en punta.

Tanque homogenizador

Depósito único colocado sobre terraza ubicada en la cota +3,25m.s.n.m.m., para la laminación de caudales, conformado por elementos de hormigón fundido "in situ", el cual recepciona el caudal proveniente de la estación de bombeo inicial. En su interior están instalados dos grupos de bombas sumergibles para la laminación de (1+1 de reserva cada grupo), que impulsará el agua hasta las unidades combinadas de pretratamiento.

La regulación del caudal de tratamiento, a un valor constante de 144 m^3/h (40 L/s) y además de forma estable durante las 24 h/d, logra una contribución favorable en los siguientes aspectos:

- Estabilización del proceso biológico y resistencia a las cargas de choque.
- Disminución de la capacidad y potencia nominal requeridos, del equipamiento tecnológico.
- Reducción del consumo energético total.
- Mejor aprovechamiento y reducción de la obra civil (volúmenes) y de sus componentes.

Se encuentran además, en el tanque de homogenización, dos equipos mecánicos sumergidos de aireación, tipo "Venturi-Jet", para evitar la sedimentación de partículas y la propagación de malos olores.

Equipo de aireación sumergido

Se prevé la instalación de un equipo de aireación mecánica sumergido y auto-aspirante, tipo **“Venturi Jet”**, para evitar el asentamiento y la acumulación de partículas, en el fondo del tanque homogenizador, el cual además, facilita la volatilización de algunos de las sustancias y/o soluciones químicas, utilizadas en la limpieza de las instalaciones hoteleras. Dispone de un sistema de soporte y montaje por guía de tubos, facilitando su extracción para las labores de mantenimiento.

El funcionamiento del equipo, se prevé con control automático por temporizador, con protección de parada por nivel mínimo en el tanque.

Pretratamiento

Constituido por dos unidades combinadas mecánicas, colocadas en paralelo, destinadas al tratamiento primario de las aguas crudas, conformadas cada una por un tamizado fino, seguido de un proceso de separación de arenas y grasas por flotación con aire. El líquido efluente se conduce por gravedad, hacia el tanque de anoxia.

Tamiz, desarenador-desgrasador

Ubicado en la losa superior del tanque homogenizador se encuentrael tamiz, desarenador-desgrasador.

El tamiz de tambor rotativo con montaje directo, sobre el desarenador-desgrasador, recibe el residual crudo por bombeo, procedente del tanque homogenizador, separa los sólidos finos mayores de 0,50 mm.Su principio de funcionamiento es el siguiente: después de pasar por la caja de distribución interna, el agua contacta con la parte superior del tambor; luego atraviesa el tamiz por los orificios, mientras los sólidos son retenidos en la superficie y trasladados mediante la rotación del tambor, hasta el raspador de descarga situado en la parte opuesta a la alimentación. En la zona inferior, el agua filtrada al caer, limpia la malla de partículas no eliminadas por el raspador.

Luego con el objetivo de retirar las materias inorgánicas de granulometría superior a 0, 20 mm, así como reducir las concentraciones de grasas presentes en el agua residual; se hace pasar esta por un equipo clasificador de arenas.Dotado de una

instalación para la flotación de las sustancias grasas, compuesto de un soplante de aire y un conducto perforado como difusor de burbujas gruesas. El aire insuflado, facilita a su vez la decantación de la arena la que se extrae por medio de un tornillo sinfín helicoidal y las grasas en flotación son extraídas por arrastre de forma manual.

Los sólidos y grasa separados, caen o son vertidos por el operador en los conductos para ser descargados en los contenedores sanitarios sobre terreno siendo almacenados temporalmente en estos, para ser luego dispuestos, hacia el vertedero de residuos sólidos de la cayería, según lo establecido para estas operaciones, por la **NC 133-2002.**

Figura 6 Tamiz, desarenador-desgrasador.

Tratamiento secundario. Proceso de lodos activos

El proceso de fangos activados está basado en la capacidad que los microorganismos tienen para producir y sostener la biomasa usando materia orgánica con base de carbono como fuente de nutrientes.

Se prevé un esquema de tratamiento, según el circuito LUDZACK-ETTINGER (L-E) modificado, siguiendo un proceso de lodos activos, con Nitrificación-Desnitrificación, consistente en un reactor anóxico que se coloca aguas arriba del aerobio, recibiendo el caudal de agua a tratar y la recirculación de fangos. Este proceso surge debido a que hidráulicamente la recirculación de fangos se limita generalmente, al 100% del caudal medio ya que por encima de este valor, se produce un aumento en la carga de materias en suspensión que recibe el

decantador secundario que puede perturbar la sedimentabilidad; por esto solamente se trataba el 50% de los nitratos. En el circuito L-E modificado se añade una recirculación de licor desde aguas abajo del reactor aerobio hasta la cabeza del reactor anóxico en una relación de hasta el 120 % del caudal medio, aumentando así la masa de nitratos que puede reducirse.

Tanque de anoxia

El tanque es anóxico ya que hay usencia de oxígeno, pero presencia de otros oxidantes (nitratos). En este tanque ocurre la reacción de reducción bioquímica de nitrato a nitrógeno molecular gaseoso (N_2), con un aporte equivalentes de oxígeno, lo realizan bacterias heterótrofas anaerobias facultativas (pseudomonas principalmente); la fuente de carbono de estas bacterias es orgánica.

El residual proveniente del tanque homogenizador se mezcla hidráulicamente en un selector con la recirculación biológica del sedimentador y licor nitrificado del tanque de aireación. El selector funciona con alta carga másica condición que evita el crecimiento de bacterias heterótrofas filamentosas las cuales no tienen capacidad de almacenar sustrato y no pueden asimilar la DBO rápidamente biodegradable, al contrario que las demás heterótrofas, por lo tanto entre las funciones del selector esta seleccionar la microflora y atenuar el Bulking.

Tanques de aireación

El sistema de aireación se subdivide en dos módulos de tratamiento. En este órgano se produce la transformación por vía biológica, de la materia carbonácea y los compuestos nitrogenados presentes en el residual, en forma de materias coloidales y disueltas, hasta niveles que permitan su vertimiento al medio ambiente.

La aireación se necesita con objeto de mantener las condiciones aeróbicas en el depósito, así como para crear una agitación suficiente para mantener los microorganismos en suspensión, además mediante la aireación se satisface la demanda de oxígeno de los microorganismos para la oxidación, síntesis, respiración endógena y nitrificación.

Sistema aireación

Los beneficios del proceso se logran manteniendo una concentración de oxígeno disuelto (OD) en licor mezcla constante y una curva apropiada de oxígeno en la aireación. El uso del control de OD automatizado hace que se obtengan los siguientes beneficios en el proceso:

- Mayor confianza en el proceso
- Mejor sedimentación del fango
- Mejor eficacia de la eliminación del nitrógeno
- Mejor calidad del efluente

Por otra parte, la aireación excesiva puede tener como resultado problemas de sedimentación, rompiendo los flóculos de los fangos activados.

Decantación secundaria

Después del nivel de aireación, la mezcla de microorganismos y agua, llamado fangos activados, se dirige a un tanque de decantación donde el fango se separa del efluente tratado. El volumen del sedimento microbiano es recirculado hacia el tanque de anoxia para mantener en el mismo la concentración necesaria de microorganismos. La masa microbiana sobrante se retira del proceso como fango en exceso.

Tratamiento terciario

Consistente en un proceso de desinfección, con la adición de Hipoclorito de Sodio en mezcladorestático insertado en la tubería de entrada al tanque de contacto, a realizar en un depósito único, ejecutado de hormigón fundido “In situ”, de colocación sobre terraza.

A continuación le sigue un proceso de filtrado rápido, en filtros de antracita-cuarzitaa presión, cilíndrico-verticales y de mando automático, sistema de lavado con agua y aire. El agua de lavado de desecho, se recicla al sistema de tratamiento.

Tratamiento de fangos

Espesador de fangos

Los fangos en exceso extraídos del decantador secundario, son conducidos por bombeo hacia este órgano de tratamiento, con el objeto de reducir los volúmenes de líquido en el mismo, aumentando la concentración del fango a valores de2,50 **%**, facilitando con ello el posterior secado del mismo.

Se ha concebido un único espesador de gravedad, para el tratamiento de los fangos de los dos módulos, en un depósito circular de sección cilindro-cónica y diámetro de 5,75 m, equipado con un raspador de tracción central. El mismo se ejecutará en hormigón armado fundido “in situ”.

El líquido influente incorporado a través de una tubería Ø110 mm de PEAD, se distribuye de forma uniforme en toda el área, a partir de una cámara central de alimentación, provista de un deflector metálico de acero inoxidable. El exceso de efluente líquido, se incorpora por unas canaletas perimetrales, hacia la salida de la unidad. El fondo posee una pendiente coninclinación del 17 % desde las paredes perimetrales hacia el centro del espesador, lo cual favorece la concentración de los fangos sedimentados en un pozo.

Manejo de los fangos

Los fangos del fondo del espesador pasan a los lechos de secados. En este órgano, se espera obtener una concentración de los fangos de hasta un 35%, con lo cual se facilitan las labores para su acarreo y disposición final. Los fangos no requieren del secado al 100%, para realizar su manipulación. Los fangos ya secados, pueden ser utilizados como biofertilizante en la jardinería de los hoteles y de la propia planta de tratamiento o como relleno de capa orgánica en suelos áridos.

2.4 Modo de operación de los equipos

La planta de tratamiento de residuales tiene dos regímenes de trabajo: control principal automáticomediante Autómata (PLC) programable, o mediante temporizadores regulables por el operador, y control manual, mediante botoneras.

Régimen manual: Este régimen permitirá el arranque y parada de los equipos de forma manual desde sus paneles, para realizar pruebas y ajustes de los mismos, así como las pruebas hidráulicas durante la puesta en marcha o ante cualquier avería o desperfecto cuando la planta esté en su operación normal.

Régimen automático: Se quiere que independientemente del régimen de operación manual de todos los equipos de la planta, se realicen las siguientes funciones de forma automática mediante relé y como tercer régimen un autómata programable.

2.4.1 Modo de operación en tratamientoprimario.

Reja mecánica sub-vertical, de limpieza automática.

Su régimen de trabajo es temporizado, y cuenta con parada por nivel mínimo en el canal de entrada mediante detector de nivel mínimo tipo boya.

Estación de bombeo inicial.

Compuesta por tres electrobombas sumergibles en paralelo y el control de las mismas será por flotantes, según niveles de agua (un detector de nivel tipo boya para cada bomba). Arranque escalonado, parada simultánea. Tendrán protección de parada por nivel mínimo. Alternancia en el funcionamiento. Conmutación automática cada 24 h, del orden de arranque de los equipos.

Caudalímetro electromagnético.

Con lectura “in situ”. Lectura adicional en Display de proceso a colocar en el panel de mando de la PTR.

Grupos de bombeo de laminación.

Dos gruposcompuestos cada uno, por dos equipos de bombeo (1+1 reserva instalada) sumergibles en paralelo. Ambos grupos tendrán protección por nivel mínimo mediante un detector tipo boya y arranque por nivel máximo mediante detector tipo boya. Alternancia automática en el funcionamiento cada 24 h.

Caudalímetros(dos unidades).

Versión compacta con lectura “in situ”.

Equipo de aireación sumergible tipo venturi-Jet

Para mezclado y agitación en el tanque homogenizador. **Control temporizado**. Protección de parada por nivel mínimo mediante detector de nivel tipo boya.

Tamizado fino. Desarenador-desgrasador

Tamiz de Tambor Rotativo: Su control está en función de la operación del grupo de bombeo de laminación que le corresponde.

Desarenador otornillo helicoidal: Su régimen de trabajo será de forma manual desde el panel de mando.

Desgrasador (Soplante de aireación): Control temporizado mediante relé de tiempo.

2.4.2 Modo de operación en tratamiento secundario. (Lodo activado).

Equipo de mezclado "Mixer", sumergible (dos unidades)

Control temporizado mediante relé de tiempo para cada equipo.

Soplantes de aireación

Se colocarán tres equipos, dos de trabajo y uno de reserva.

Control principal (automática-1) para el funcionamiento de los equipos será por variador de velocidad, a nivel constante de oxígeno, según señal analógica del sensor de oxígeno. Display de proceso con teclado, a colocar en el panel de mando, para la imposición (fijación) del nivel de oxígeno de trabajo. Funcionamiento del equipo N°1 por variador de velocidad y arranque y parada automático del equipo N°2, a través del contacto electromagnético o de la salida a relé del oxímetro. Frecuencia mínima de trabajo del variador 35 Hz. Alarma en caso de bloqueo del variador. Alternancia en el funcionamiento de los equipos de aireación. Conmutación automática cada 24 h, del orden de arranque de los mismos.

Control secundario (automática-2) de funcionamiento para los equipos, por relé de tiempo.

Cuentacon botonera "**Man-O-Aut.1-Aut.2**" en el Panel de Mando.

Detector de oxígeno u oxímetro

Equipo de medición de oxígeno disuelto, con sonda de inmersión en el tanque de aireación. Incluye transmisor con lectura "in situ". Señal de salida hacia el panel de mando, para comando del soplante de aireación (analógica y a relé). Lectura

adicional en Display de proceso a colocar en el panel de mando. Se necesita protección de sobre tensión para el equipo.

Grupo de bombeo de desnitrificación

Compuesto por tres (3) equipos de bombeo tipo sumergible en paralelo. Control temporizado mediante relé de tiempo para cada equipo.

Puente raspador de tracción periférica

Estos equipos poseen un panel de control auxiliar IP-65 (suministro del fabricante) a bordo del puente el cual se encargará de su mando y control.

Grupo de bombeo de recirculación biológica

Compuesto por dos equipos de bombeo tipo sumergible en paralelo, de montaje horizontal en seco. Control temporizado. Alternancia automática en el funcionamiento cada 24 h. Estos equipos funcionarán cuando estén en reposo las bombas de lodos en exceso y viceversa.

Equipo de bombeo de lodos en exceso

Compuesto por un equipo tipo sumergible de montaje horizontal en seco. Control de arranque y parada por el Nivel de Sólidos Suspendidos (NSS) en el Tanque de Aireación, según señal a relé desde el Turbidímetro. Display de proceso con teclado, a colocar en el panel de mando, para la imposición (fijación) del nivel min-máx de NSS de trabajo. Estos equipos funcionarán cuando estén en reposo las bombas de recirculación biológica y viceversa, con un tiempo de trabajo de 30 min al día.

Sensor de turbiedad o turbidímetro

Equipo de medición de Turbiedad, con sonda de inmersión en el tanque de aireación. Incluye transmisor con lectura “in situ”. Señal de salida hacia el panel de mando, para comando del equipo de bombeo para los lodos en exceso. Lectura adicional en display de proceso a colocar en el panel de mando. Se necesita protección de sobre tensión para los equipos.

Equipo de bombeo de sobrenadantes

Compuesto por un equipo sumergible instalado en registro. Control por flotantes, según niveles de agua. Es decir tendrá un detector de nivel mínimo tipo boya que

detendrá su funcionamiento y otro que la pondrá en funcionamiento cuando el agua llegue a su nivel.

2.4.3 Modo de operación en tratamiento terciario

Batería de filtración rápida a presión

Este equipamiento contará con válvulas de comando neumática. Lavado por agua-aire, de control automático. Cuenta con unpanel auxiliar en el lugar, el cual se alimenta desde el panel de mando central de la PTR con control y fuerza de los siguientes equipos:

Grupo de bombeo para filtración

Compuesto por tres (2+1 reserva instalada) equipos de bombeo horizontal mono-bloque en paralelo, de montaje en bancada común. Tendrá mando automático y control por flotantes, según niveles de agua en tanque de contacto. Protección de parada por nivel mínimo. Es decir tendrá un detector de nivel mínimo tipo boya que detendrá su funcionamiento.

Equipo de bombeo para lavado del filtro

Compuesto por tres (2+1 reserva instalada) equipos de bombeo horizontal mono-bloque en paralelo, de montaje en bancada común. Funcionamiento automático, según presostato diferencial electromagnético que envía señal de atascamiento al panel de mando de los filtros comenzando con las fases del retro lavado. Protección de parada por nivel mínimo, en la cisterna de agua filtrada.

Equipo soplante para lavado

Compuesto por dos equipocentrífugo (1+1 reserva instalada) a canal lateral, de montaje en bancada independiente. Control manual según requerimientos del lavado.

Los equipos de Bombeo para lavado y el Soplante para Lavado, funcionan siempre de forma alterna, al equipo de bombeo para filtración.

La Batería de Filtración, presenta un presostato diferencial electromecánico, que al producirse el atascamiento límite de los filtros, emitirá una señal al panel de mando de los filtros comenzando con las fases del lavado con aire.

Grupo de bombeo de vertimiento final

Compuesto por tres (2+1 reserva instalada) equipos de bombeo horizontal mono-bloque en paralelo, de montaje en bancada común. Control por flotantes, según niveles de agua en depósito de agua filtrada. Protección de parada por nivel mínimo. Es decir tendrá un detector de nivel mínimo tipo boya que detendrá su funcionamiento y otros dos que pondrán en funcionamiento a cada una de las bombas cuando el agua llegue a su nivel de arranque. Alternancia automática en el funcionamiento cada 24 h.

Grupo de bombeo para reuso

Compuesto por tres (2+1 reserva instalada) equipos de bombeo horizontal mono-bloque en paralelo, de montaje en bancada común. Este grupo será gobernado por un Panel de Control Auxiliar IP-65 (suministro del fabricante), que contiene el control de los equipos mediante un variador de velocidad, a presión constante, según señal analógica desde el sensor de presión. Protección de parada por nivel mínimo, en depósito de agua filtrada. Alternancia automática en el funcionamiento cada 24 h. La alimentación eléctrica se tomará desde el panel de mando de la PTR.

Hidropresor para servicio interno

Será una unidad la cual recibirá alimentación desde el panel de mando y control de la PTR con control por presostato.

Grupo de bombeo de enfriamiento de las bombas.

Mando automático con alternación de funcionamiento. Arranque en función de la operación de las bombas de lodo instaladas en seco. Cuenta con un bloqueo por bajo nivel en la cisterna que no permite el arranque de las bombas de lodo, y una señal sonora que indica reponer el nivel de agua desde el acueducto para mantener un volumen que posibilite el funcionamiento de las bombas y el enfriamiento del agua.

2.5 Ensayos de laboratorio

Tabla 8 Muestra de agua de entrada a la planta.

Año / Meses		2017		2018	
		Febrero	Marzo	Enero	
Parámetros	UM	Resultados		Resultados	LMP Instructivo
Conductividad	µs/cm	971	1045	1002	1095
Temperatura	˚C	23,0	24,4	22,3	40
pH	-	7,14	6,92	7,22	5.5-9.0
DQO	mg/l	317	300	436	700
Fosforo Total	mg/l	-	-	2,65	11
Sólidos Suspendidos	mg/l	190	127	172	350

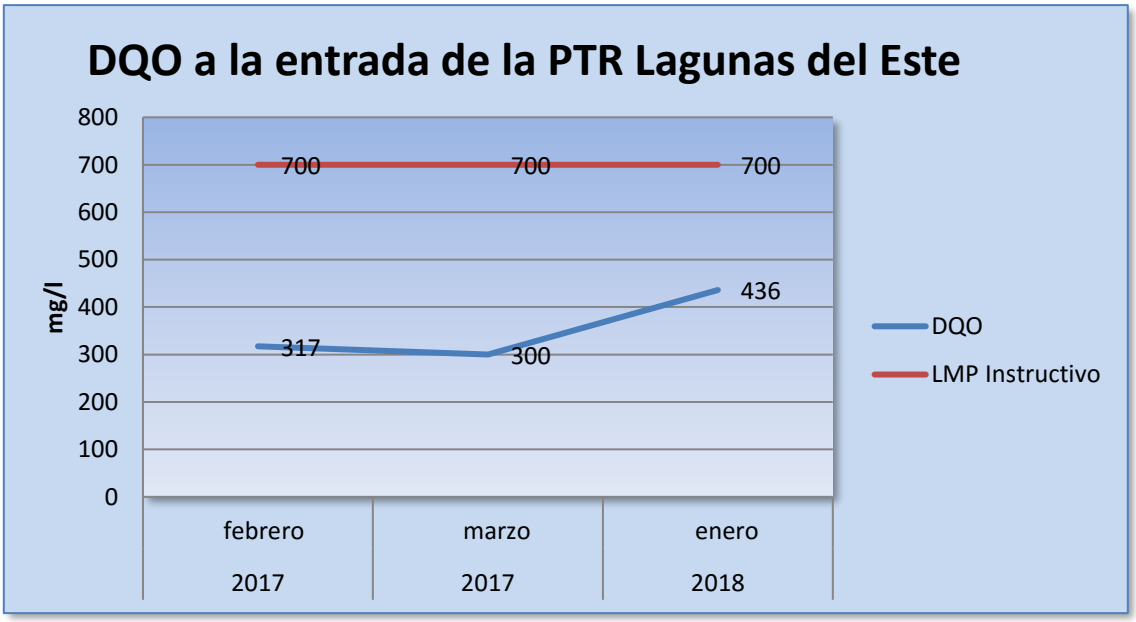


Figura 7. Gráfico del comportamiento de la DQO a la entrada a la planta

Tabla 9. Muestra del agua de reuso, PTR Lagunas del Este

Año / Meses		2017		2018	Normas	
		Febrero	Marzo	Enero		
Parámetros	UM	Resultados		Resultados	LMP NC 521	LMP NC 1048
Conductividad	µs/cm	877	771	-	-	-
Temperatura	˚C	23,1	24,5	40	40	-
pH	-	7,53	8,04	5.5-9.0	5.5-9.0	4.5-8.3
Turbiedad	NTU	13,5	27,7	-	-	5
Sólidos suspendidos	mg/l	29,0	20,0	30	30	Requisito físico
Color	Pt-Co	187	98	-	-	Requisito físico
DQO	mg/l	30,1	10,1	75	75	-
Oxígeno disuelto	mg/l	4,03	-	-	-	4 *
Fósforo Total	mg/l	-	-	5	5	-
Nitrógeno Total	mg/l	-	-	10	10	-

(*) Límite mínimo

Calidad del efluente, febrero de 2017:

El efluente final se encuentra en parámetros según las normas NC 1048: Calidad del agua para preservar el suelo. Especificaciones, se encuentra fuera de parámetros la turbiedad, debido a la rotura prolongada del motor del puente raspador de un sedimentador, lo que influye también en el valor de los sólidos suspendidos, que están en el límite, se afecta además el oxígeno disuelto del reactor correspondiente.

La remoción de la DQO es de 90,5 % para el agua de reuso.

Calidad del efluente, marzo de 2017:

El efluente final se encuentra en parámetros según las normas NC 521: Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones, con respecto a la norma NC 1048.Calidad del agua para preservar el suelo. Especificaciones, se encuentra fuera de parámetros la turbiedad, debido a la rotura prolongada del motor del puente raspador de un sedimentador, lo que influye también en el valor de los sólidos suspendidos, que están en el límite. Se recomienda prestar atención a la recirculación manual, ya que puede alterar los parámetros de la planta

La remoción de la DQO es de 96,6 % para el agua de reuso.

Calidad del efluente, enero de 2018:

El agua de reuso tiene el parámetro turbiedad fuera del rango establecidos según las normas NC 521: Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones y la NC 1048.Calidad del agua para preservar el suelo. Especificaciones, existen problemas con la recirculación, debido a roturas en las mangueras de enfriamiento de las bombas, la dirección de mantenimiento debe priorizar este tema. El hipoclorador sigue con problemas.

La remoción de la DQO es de 95,7% para el agua de reuso.

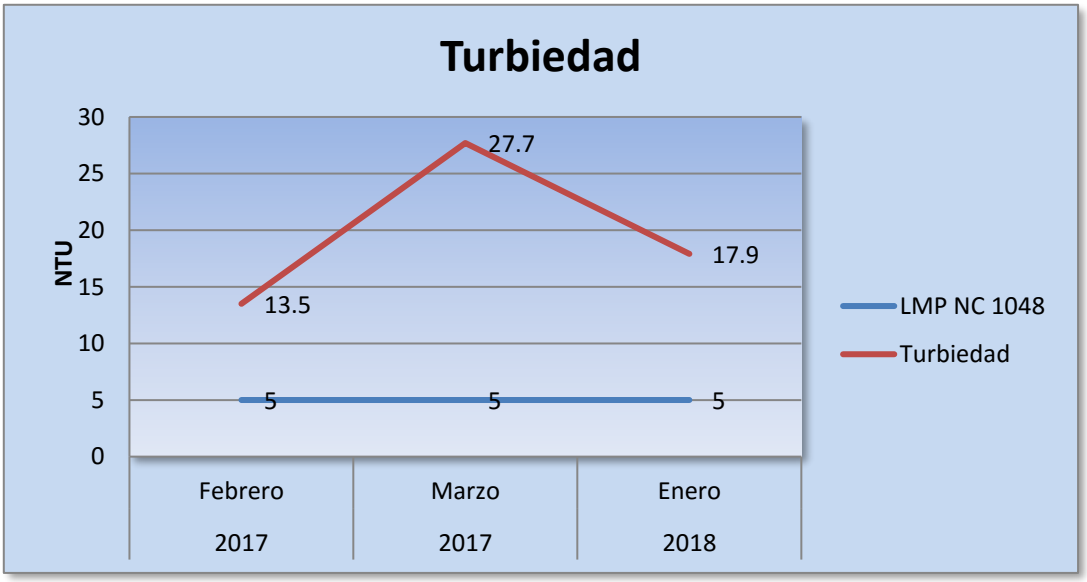


Figura 8. Gráfico de comportamiento de la turbiedad en el reuso

2.6 Diagnóstico de patologías en la PTR Lagunas del Este.

Patología: Filtración en la pared y en pases de tuberías en el tanque de aireación.

Solución: Limpieza de la superficie del muro. Reparación del revestimiento y aplicación de impermeabilizante superficial.

Patología: Filtración en canal y pared del tanque de aireación.

Solución: Limpieza de la superficie del muro. Reparación del revestimiento y aplicación de impermeabilizante superficial.

Patología: Deposito de sal en la pared del tanque de homogenización.

Solución: Limpieza de la superficie del muro. Reparación del revestimiento y aplicación de impermeabilizante superficial.

Patología: Filtración y corrosión de acero. Depósito de oxido en los puntos de fuga del agua.

Solución: Limpieza de la superficie del muro. Reparación del revestimiento y aplicación de impermeabilizante superficial.

Patología: Humedecimiento superficial permanente en la junta, cimentación y muro.

Solución: Limpieza de la superficie del muro. Reparación del revestimiento y aplicación de impermeabilizante superficial.

Patología: Grieta en muro del tanque de anoxia.

Solución: Reconstrucción superficial del muro del tanque.

Patología: Gancho de izaje en pieza de prefabricado

Solución: Cortar para evitar la corrosión del acero en el interior del elemento.

Patología: Medidor de caratula.

Solución: Reponer y protegerlo.

Patología: Grieta en el apoyo de la losa en el tanque homogenizador.

Solución: Reconstrucción superficial de la losa.

Patología: Acero expuesto en el muro del tanque de aireación.

Solución: Repicar el hormigón alrededor del acero y rellenarlo después.

Patología: Caudalímetro en mal estado, deterioradopor el sol.

Solución: Hacer una caja de protección y sustituir el que esta.

Patología: Pases de tubosentre los tanques de homogenización y anoxia.

Solución: Construir barandas a las losas de los pases de tubos.

Patología: Filtración en la tubería de salida del tanque de Anoxia

Solución: Limpieza de la superficie del muro. Reparación del revestimiento y aplicación de impermeabilizante superficial.

Patología: Filtración en la pared y en pases de tuberías en la cisterna de contacto

Solución: Limpieza de la superficie del muro. Reparación del revestimiento y aplicación de impermeabilizante superficial.

Patología: Filtración en la tubería de salida de los filtros

Solución: Fabricación de la pieza de salida del filtro en plástico reforzado en fibra de vidrio y su colocación in situ empleando resina y fibra de vidrio para reforzar la unión.

Capítulo 3: Propuestas de soluciones para la mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales

3.1 Introducción

En el presente capítulo se desarrollan propuestas de soluciones para la mejora del sistema de tratamiento de aguas residualesen los diferentes órganos de tratamiento donde se manifestaron los problemas técnicos y de mal funcionamiento dentro de la planta. La tecnología que se seleccione debe de ser la más apropiada para que solucione la situación polémica y que genere un mejor funcionamiento de la planta, para lograr un residual de vertimiento con la calidad establecida por el proyecto y las normas de control de la calidad del efluente final.

3.2Ficha técnica de cada objeto de obra

Tabla 10 Ficha técnica

Órgano de tratamiento	**Función principal**	**Equipos instalados**	**Estado tecnológico**		
			B	**R**	**M**
Estación de bombeo	Impulsar el agua hasta el tanque homogenizador	Cámara de rejas	**x**		
		Grupo de bombeo inicial	**x**		
Medición de caudales	Medición del gasto instantáneo y totalizador en el día.	Caudalímetro		**x**	
Tanque de homogenizador	Recibirá los residuales crudos, para la homogenización de sus características y la laminación de los caudales.	Dos grupos de bombas sumergibles para la laminación de (1+1 de reserva cada grupo).	**X**		
		Dos equipos mecánicos sumergidos de aireación, tipo			**X**

		“Venturi-Jet”.			
		Dos caudalímetros de laminación.		X	
Pretratamiento	Tratamiento primario de las aguas crudas	Dos tamices de tambor rotativo.	X		
		Dos unidades de Desarenador-Desgrasador.	X		
Tanque de anoxia	Remoción por pre-desnitrificación, del nitrógeno presente en el agua residual.	Un equipo mecánico sumergido de mezclado, tipo “Mixer”.			X
Proceso de lodos activados	Tratamiento de residuales domésticos o municipales	Compresores		x	
Decantación secundaria	Separar el fango del efluente tratado.	Bomba tipo sumergible.		X	
		Puente raspador.		X	
Tratamiento terciario	Desinfección y filtrado rápido.	Una bomba dosificadora de membrana.			X
		Medidor de Caudal.			X
		Mezclador Estático.	X		
		Equipo Soplante para lavado.	X		

		Equipo de bombeo para lavado.	X		
		Filtros rápidos a presión.		X	
		Grupos de bombeo de filtración.	X		
Bombeo para tratamiento final y reúso	Riego de la jardinería.	Dos equipos de bombeo para reúso.	X		
		Medidor de Caudal.		X	
		Grupo de bombeo de vertimiento final.	X		
		Grupo de bombeo servicio interno.	X		
		Bombeo para enfriamiento.	X		
Tratamiento de fangos	Reducir los volúmenes de líquido en el mismo.	Puente raspador	x		

3.2 Propuesta de mejora en el sistema de tratamiento.

Tanque de homogenización

El tanque de homogenización es el elemento que recibe el residual crudo de la estación de bombeo, en esta unidad de pre-tratamiento se desarrolla la agitación mecánica del agua con dos equipos mecánicos sumergidos de aireación, tipo "Venturi-Jet", de esta forma se evita la acumulación de partículas en el fondo del tanque. Luego se conduce por bombeo hacia el próximo órgano de tratamiento.

Para este tanque se propone la sustitución por rotura de un de los equipo mecánico sumergido y auto-aspirante, tipo **"Venturi Jet"** ya que este tiene como objetivo evitar el asentamiento y la acumulación de partículas, en el fondo del tanque homogenizador, el cual además, facilita la volatilización de algunos de las

sustancias y/o soluciones químicas, utilizadas en la limpieza de las instalaciones hoteleras. Al no cumplirse estasfunciones en uno de los equipos mecánicos se originó un pequeño cayo en este órgano de trabajo.

Se seleccionó un aireador tipo ABS aireador venturi jet: Aireador con uno o dos eyectores acoplado a un motor Premium-Efficiency de la gama de bombas XFP y apto para instalación fija o transportable.

Figura 9.ABS aireador venturi jet

Aplicaciones

Efecto combinado de aireación y agitación de aguas residuales. El aireador venturi jet de ABS es igualmente idóneo para la limpieza de tanques de tormentas y para utilizarse en tanques de homogeneización donde la combinación de aireación y agitación ayuda a reducir la septicidad y minimizar los olores.

Características

- Sistema auto-aspirante de instalación fija a través de un tubo guía y un pedestal, o transportable con una base de apoyo al suelo. La opción transportable está especialmente diseñada para trabajos de emergencia o de aireación intermitente ya que además permite variar su posición dentro del depósito.
- Utiliza bombas estándar de la serie XFP equipadas con motor

Premium-Efficiency de régimen continuo, doble junta mecánica y sistemas de vigilancia de la temperatura y la estanqueidad.

- Diseño hidráulico anti-atascos con el impulsor Contrablock Plus.
- Bajo nivel de ruido y generación reducida de aerosoles en comparación con los sistemas que trabajan en superficie.
- Temperatura máxima permitida del líquido en funcionamiento continuo: 40 °C.

Principio de inyección venturi

El aireador venturi jet de ABS está basado en el principio de inyección a través del efecto venturi que produce una mezcla efectiva de aire-agua creando una óptima aireación y suspensión de los sólidos. La velocidad del flujo de agua primario generado por la bomba se acelera al salir a través de una boquilla de menor sección reduciendo lo suficiente la presión interna como para aspirar aire (flujo secundario). Ambos flujos de agua y aire se mezclan completamente en el eyector y lo abandonan como un chorro de agua con burbujas que se incorpora al depósito.

Motor

Motor IE3 Premium-Efficiency, trifásico, con rotor en jaula de ardilla; 400 V; 50 Hz; 4 polos (1450 r.p.m.) y 6 polos (980 r.p.m.).

Tipo de protección IP 68

Aislamiento del estátor: Clase H.

Arranque: 1,3 - 2,9 Kw = directo (DOL).

4,0 - 11,0 Kw = estrella-triángulo (YΔ).

Refrigeración: 100C - 150E auto-refrigeración,

Modelos 150G y 200G con sistema de refrigeración cerrado.

Factor de servicio: 1.3

Tabla 11.Materiales

Materiales

Aireador	**Material**
Eyector	Acero inox. 1.4301 (AISI 304)
Alojamiento cámara venturi	Fundición gris EN-GJL-200
Bomba	**Material**
Alojamiento del motor	Fundición gris EN-GJL-250
Eje del motor	Acero inox. 1.4021 (AISI 420)
Voluta	Fundición gris EN-GJL-250
Impulsor	Fundición gris EN-GJL-250
Placa base	Fundición gris EN-GJL-250
Asa de elevación	Acero inox. 1.4401 (AISI 316)
Tornillería	Acero inox. 1.4401 (AISI 316)

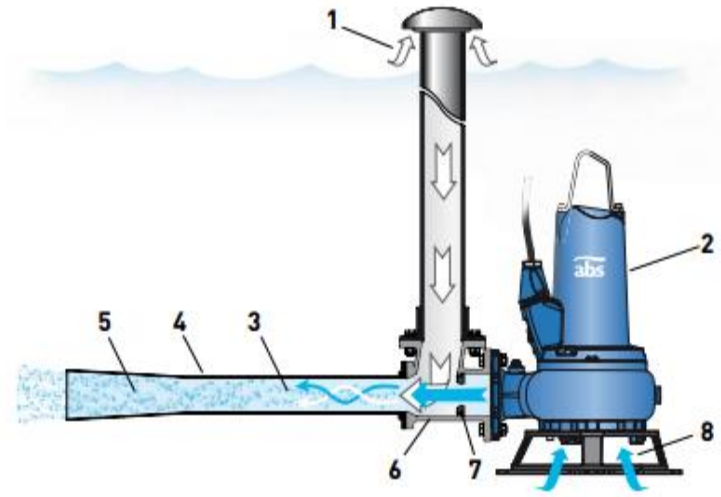


Figura 10.Esquema del venturi

1. Toma de aire
2. Bomba sumergible XFP
3. Zona de mezcla
4. Eyector
5. Flujo mixto
6. Cámara del venturi
7. Entrada boquilla
8. Entrada de líquido

Tabla 12 Accesorios

Accesorios

	Descripción	Tamaño	XFP		Nº artículo
Instalación fija - sumergida con Sistema de acoplamiento auto-mático ABS	**Pedestal (kit)*** fundición gris EN-GJL-250 Codo 90º fundido en una sola pieza (un solo tubo guía) - conexión brida DIN	DN 100 DN 150 DN 200	100C y 100E 150E y 150G 200G		62320652 62320655 DPT91211A
	Pedestal (componentes)* fundición gris EN-GJL-250 recto (un solo tubo guía) - conexión brida DIN	DN 100	100C y 100E	Junta plana Base Soporte Junta goma Pieza guía	14020018 32560611 41420520 43070518 31450510
		DN 200	150E y 150G	Junta plana Base Soporte Junta goma Pieza guía	14020020 32560620 31420535 43070519 31450510
		DN 200	200G		Bajo petición
	Tornillería soporte pedestal versión un solo tubo guía (acero galvanizado)		100C y 100E 150E y 150G 200G		62610633 62610635 62610883
	versión un solo tubo guía (acero inoxidable)		100C y 100E 150E y 150G 200G		62610637 62610639 62610862
	Pernos anclaje base pedestal tubo guía único o doble (acero galvanizado)		100C y 100E 150E y 150G 200G		62610775 62610784 62610785
	Cadena (acero galvanizado) incluye grillete	3 m 4 m 6 m 7 m	100C - 200G		61265065 61265093 61265069 61265096
	Cadena (acero inoxidable) incluye grillete	3 m 4 m 6 m 7 m	100C - 200G		61265081 61265099 61265085 61265102
Transportable	**Base de apoyo al suelo**		100C 100E 150E 150G y 200G		61355016 61355018 61355019 61355025
General	**Protección catádica** (ánodos de zinc)		100C - 200G		13905000

*Raíl guía no incluido

Reposición de caudalímetros.

En la tubería de impulsión del grupo de bombeo principal con diámetro de Dn 250 mm PEAD, está instalado un Caudalímetro Electromagnético Dn 200 mm para la medición del caudal instantáneo y totalizador en el día, conectado en ambos extremos con tubos de acero y ubicado en un registro.

Parámetros	**u.m**	**Cant.**
Diámetro nominal.	mm	200
Caudal mínimo de servicio.	m^3/h	126,00
Caudal máximo de servicio.	m^3/h	378,00
Voltaje de alimentación.	V	230 1F.
Protección.	-	IP-67
Caudalímetro**SIEMENS/modelo SITRANS F M MAG 5000 c/ sensor MAG 5100W**Lectura “in situ”. Lectura adicional en Display de proceso a colocar en panel a distancia. Amplificador para el cable de señal. Aterramiento en el lugar.		

Tabla 13 Parámetros del caudalímetro electromagnético

Para la sustitución de este equipo electromagnético hay que tener en cuenta que coincida el diámetro nominal (DN).

Se propone la construcción de un registro para proteger al caudalímetro del medio al que está expuesto para alargar su vida útil.

Figura 11. Caudalímetro

Tanque de Anoxia

En este órgano de tratamiento están instalados dos mescladorespara evitar la sedimentación de partículas, uno de ellos no funciona por problemas eléctricos, el otro no está al nivel requerido, además ambos tienen problemas con el cable de corriente, se recomienda sustituir los mismos.

Con el funcionamiento de estos equipos se mantiene en mejores condiciones de funcionamiento el tanque de anoxia en cuento a la remoción de sustancias que quedan acumuladas en el fondo del tanque, se desarrolla de forma correcta en el compartimiento de anoxia el proceso de nitrificación-desnitrificación con la mezcla del licor nitrificado proveniente de los reactores biológicos.

Se propone un Agitador sumergible RW 200 y 280compacto para la limpieza de pozos de bombeo, además de una gran variedad de aplicaciones en plantas de tratamiento de aguas residuales y en procesos industriales de agitación.

Figura 12.ABS agitador sumergible RW 200 y 280

Aplicaciones

Los agitadores sumergibles compactos de la serie RW 200 y 280 han sido diseñados para una gran variedad de aplicaciones. Además de su uso en pozos de bombeo (para evitar sedimentos y costras flotantes), estos equipos son también adecuados para aplicaciones de agitación y mezcla en depuradoras de aguas residuales y plantas industriales.

Dependiendo de la intensidad de agitación y de la formación de corriente requerida será necesario instalar uno o varios agitadores. Los RW 200 y 280 son capaces de limpiar depósitos de hasta 5 metros de diámetro.

La óptima dirección de flujo se consigue simplemente ajustando la posición del agitador en horizontal o vertical (± 30°)sobre el acoplamiento del agitador. El ajuste horizontal no es posible en caso de instalación con tubo guía; en cambio, en la instalación suspendida el giro en plano horizontal se consigue por la conexión al tubo con rosca cónica. El suministro estándar incluye el soporte de acoplamiento, placa de ajuste y 10 m de cable con terminaciones libres.

Características

- Fácil instalación.
- Instalación en espacios reducidos.
- Soporte ajustable que permite cambiar la dirección.
- Montaje opcional sobre tubo guía.
- Alojamiento en fundición gris.
- Hélice resistente al desgaste.
- Gran reserva de potencia.
- Anillo deflector de sólidos patentado.
- Motor modular.
- Disponible en versión estándar.

Diseño

- El motor modular encapsulado y estanco con alojamiento en fundición gris, la cámara de aceite y la hélice del equipo forman una unidad de construcción robusta y compacta.
- Motores mono- o trifásicos, 4 polos, 1.450 r.p.m., clase de aislamiento F, clase de protección IP 68.
- Eje del rotor apoyado sobre rodamientos de bolas lubricados de por vida.
- Sellado del eje en tándem con retén y junta mecánica de carburo de silicio como estándar. Opción de doble junta mecánica en Vitón.
- Anillo deflector de sólidos de patente propia que protege lajunta mecánica de los daños producidos por la entrada de materias sólidas o fibrosas.

- Hélice antibloqueo de 2 álabes en fundición gris.
- Sondas térmicas en el estátor que emiten una señal y desconectan el equipo en caso de alcanzarse temperaturas excesivas en el motor.

Dimensiones máximas del depósito

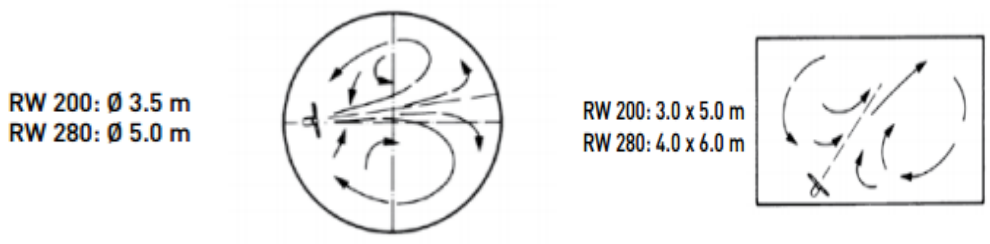


Figura 13. Dimensiones

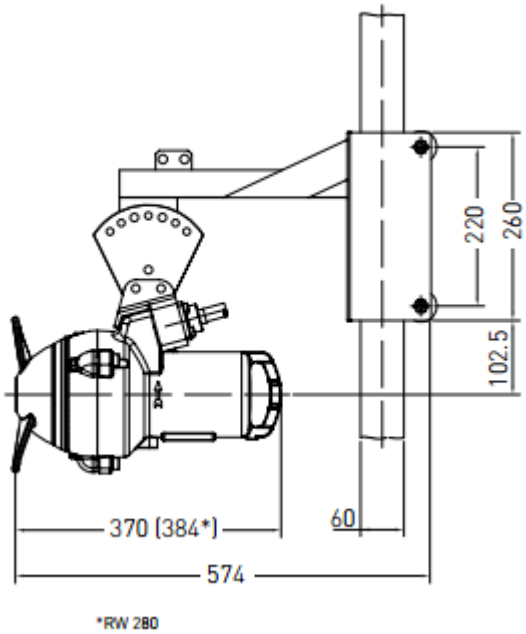
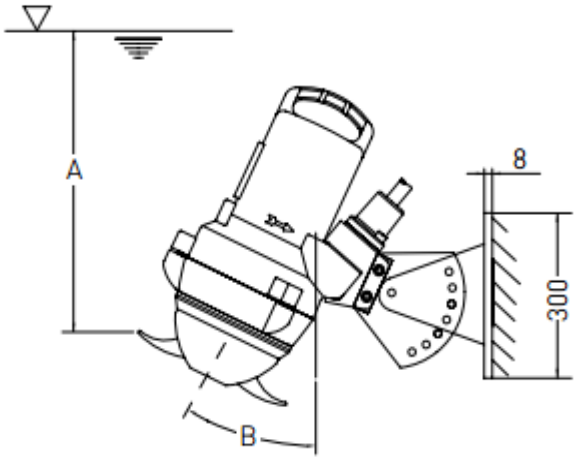
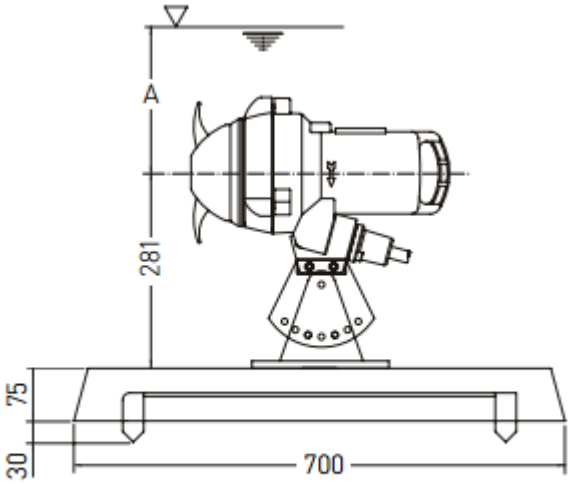


Figura 14. Tubo guíapara fácil instalación y sustitución



A = mín. 500 mm; **B** = máx. 30°

Figura15.Instalación mural



A = mín. 400 mm

Figura 16. Instalación sobre solera en base de hormigón móvil

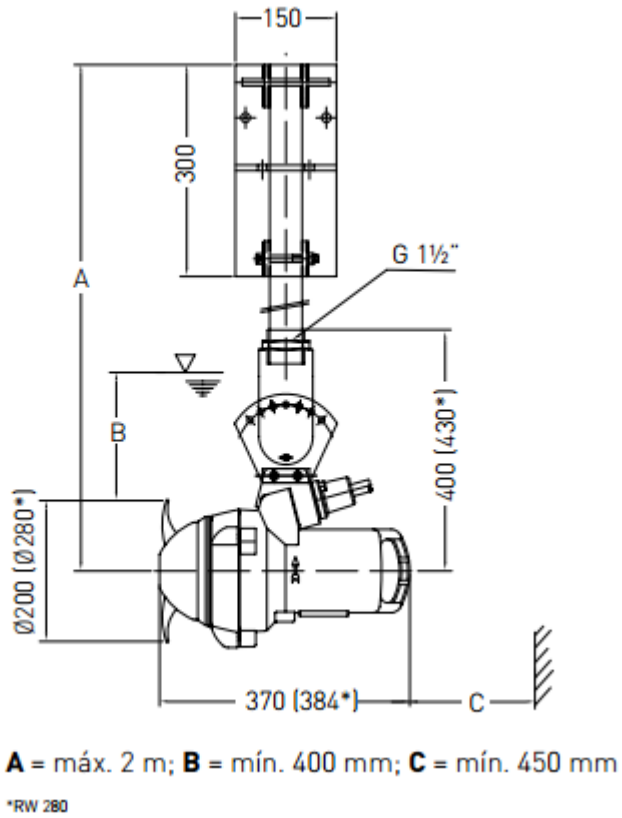


Figura 17.Instalación suspendida

Bombas de recirculación biológica.

Al proyectar esta planta se prevé el diseño deun circuito cerrado de circulación de agua para enfriar las bombas de recirculación biológica y de exceso de lodos que están instaladas en el área comprendida entre los dos sedimentadores. Dicho sistema de enfriamiento utilizará el agua de reúso de la planta y de un grupo de bombeo y una red de tuberías de alimentación y retorno. El bombeo estará provisto de tres bombas de la marca Calpedamodelo CM3/CE-60 que se suministran de las cuales dos estarán en funcionamiento y una de reserva instalada se montarán en el piso de operaciones del tratamiento terciario sobre una pequeña base de hormigón sin refuerzo y se fijarán con expansiones mecánicas. Las bombas tomarán el agua de reuso de la cisterna y al nivel donde serán instaladas mantendrán una carga positiva y succionarán de un colector común de Ø3” de acero, de dicho colector también se acoplará la bomba de servicio interno de la planta que se reubicó en esta posición.

Debido a las características de estas bombas ellas en su composición traen unas mangueras las cuales por la exposición al medio están deterioradas lo que se concibe elreemplazo de estas por otra de igual características o una bomba común.

Figura 18.Bombas de Recirculación

La bomba instalada tendrá un diseño compacto, incorporando, excelente rendimiento hidráulico para elevar grandes caudales a bajas y alturas, gran fiabilidad en su funcionamiento y posibilidad de trabajo continuo y fácil manipulación.

Las bombas se han de proyectar para el bombeo de lodos activados en plantas depuradoras en los procesos de nitrificación y desnitrificación. Se diseñó para un funcionamiento económico y fiable.

Conclusiones

A partir de los análisis realizados en el desarrollo de la presente investigación se pudo arribar a las siguientes conclusiones:

1. Se realizó la revisión y estudio de la documentación general de la temática de tratamiento de residuales y particular de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Lagunas del Este que permitió establecer las bases teóricas de esta investigación.
2. Mediante el estudio de la documentación disponible de la planta en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado Cayo Santa María y de visita a la planta se pudo determinar e identificar la problemática en su esquema tecnológico y en lesiones estructurales en las obras civiles que componen los órganos de tratamiento, evidenciándose en la acumulación de sedimentos y residual en el tanque de homogenización, filtraciones en conductos y en pases de tuberías de forma general.
3. Se realiza un dictamen de los equipos tecnológicos que necesitan estar en buen funcionamiento en cada uno de los órganos de trabajo para que los mismos cumplan su función como por ejemplo la reposición del venturi en el tanque de homogenización, el funcionamiento de los agitadores en el tanque de anoxia y la ventilación en el tanque de aireación y se incluye los parámetros técnicos de estos equipos para su sustitución y adquisición por la empresa.
4. Mediante una inspección visual se pudo determinar las principales lesiones asociadas fundamentalmente a filtraciones por pases de tuberías que se identifican y se proponen soluciones y se incluyen en un catálogo confeccionado para este fin.
5. En una evaluación del muestreo realizado a la planta desde el punto de vista de su principal función de depurar las aguas residuales se tiene que los vertimientos del medio ambiente del efluente final cumple con lo establecido en las normas cubana, no así el agua de reuso donde el parámetro de turbiedad da por encima de lo establecido en la norma

Recomendaciones

1. Sustituir todos los equipos dañados desde el puto de vista tecnológico para que garantice un buen funcionamiento del proceso de depuración de las aguas en la planta.
2. Se propone realizar estudios de eficiencia de funcionamiento de cada órgano de trabajo en cuanto a los parámetros hidráulicos y de tratamiento a la entrada y a la salida de cada órgano.
3. La construcción de una pasarela por alrededor del perímetro de los tanques sedimentadores que facilite su limpieza y operación.

Bibliografía

ADALBERTO NOYOLA, J. M. M.-S. Y. L. P. G. 2013. Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales.

ALMAZÁN GÁRATE, JOSE L 2001.Limpieza, conservación y rehabilitaciónde conducciones de saneamiento .

AMBIENTALES, S. D. L. R. D. A. Hacia un Turismo Sostenible.

AUTORES, C. D. 2007. Norma Cubana 521:2007 Vertimiento De Aguas Residuales a La Zona Costera y Aguas Marinas-Especificaciones.

AUTORES, C. D. 2012. Norma Cubana 27:2012 Vertimiento De Aguas Residuales a Las Aguas Terrestres y Alcantarillado-Especificaciones.

CATALÁN, J 1997.Depuradoras.Bases científicas .

MARCO ,J 2005. Metodología para la toma de desicioines multicriterios en la rehabilitación de redes de saneamiento.

MOPT,1991.Depuracion por lagunaje de aguas residuales. Manual de opreradores.

MORATÓ, G. P. Y. J. 1997. Manual de tecnologías sostenibles en tratamiento de aguas.

QUEIROZ PEDRAZA, P 2007. Planta de tratamiento de aguas residuales para regadíos en la Universidad Nacional, Mallorca, San Marcos.

TEO 2012. Taller Provincial sobre tratamiento de residuales.

ANEXOS

Anexo 1

Aguas residuales

Manejo de las aguas residuales. Marco regulatorio cubano

En el ordenamiento jurídico cubano, las disposiciones que regulan la conservación, protección, mejoramiento y transformación del medio ambiente, así como el uso racional de los recursos naturales, se caracterizan por tener diferentes rangos que van desde leyes hasta normas técnicas.

La **Ley 81 de 1997** "Del medio ambiente", concebida como "Ley marco" responsabiliza al Estado, los ciudadanos y la sociedad en general, con la conservación y protección del medio ambiente, así como la lucha sistemática contra las causas que originan su deterioro y la prevención de los impactos ambientales negativos. Derivado de la misma, se ha desarrollado un sistema regulatorio integrado por diversas disposiciones jurídicas y normas técnicas, algunas de reciente elaboración y otras que existían anteriormente a su promulgación. Las relacionadas con la gestión de aguas son las siguientes:

-**Decreto-Ley No. 138 de 1993**, " De las aguas terrestres" : Impone la obligación de contar con instalaciones destinadas al tratamiento y disposición final de sustancias residuales por parte de quien las genere, así como controlar y garantizar su funcionamiento, a fin de proteger la calidad de las aguas terrestres.

-Decreto-Ley No. 200 de 1999, "De las contravenciones en materia de medio ambiente": Impone sanciones para los casos de las violaciones de las normas vigentes, que en su mayoría, están dirigidas a la protección de los recursos naturales o establecen niveles máximos permisibles de emisiones contaminantes y límites de calidad ambiental en las aguas, el aire o el suelo.

-Decreto-Ley No. 211 de 1996, "Contravenciones para los servicios de acueducto y alcantarillado": Establece multas para el que realice vertimientos no autorizados al alcantarillado público.

-Decreto-Ley No. 199 de 1995,"Contravenciones de las regulaciones para la protección y él unos racional de los recursos hidráulicos": Establece el pago de multas para quien no opere correctamente o no ejecute el mantenimiento

correspondiente de los órganos y sistemas de tratamiento de aguas residuales, así como para quien efectúe vertimientos directos o indirectos que conlleven a la contaminación de las aguas terrestres.

-Decreto-Ley No.212 de 2000, “Gestión de la zona costera”: En su artículo 16 prohíbe el vertimiento a la zona costera de residuales líquidos que no cumplan las normas de vertimiento.

-Resolución No. 23 de 2009, del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente: Pone en vigor el Programa Nacional de Lucha Contra la Contaminación del Medio Ambiente 2009-2015.

-Resolución No. 132 de 2009, del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente: Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.

-Norma cubana NC27:1999: Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones (obligatoria y experimental).

Esta norma establece los límites máximos permisibles que deben tener las aguas residuales vertidas al alcantarillado y a las aguas terrestres en términos de concentración de contaminantes. En el segundo caso, los límites permisibles varían según la categoría del cuerpo receptor.

Se clasifican como cuerpos receptores: *Clase A:* aquellos cuyas aguas se destinan al abastecimiento público y a la elaboración industrial de alimentos, así como los que se localizan en zonas priorizadas desde el punto de vista ecológico. Los cuerpos *Clase B:* son aquellos en que se desarrollan actividades la acuicultura y la recreación en contacto con el agua, así como los utilizados como fuente de abasto para riego agrícola de cultivos que se consumen crudos y uso industrial con requerimientos determinados con respecto a la calidad del agua. También comprende cuerpos localizados en zonas de interés ecológico con menores requerimientos que los contemplados en la *Clase A.* La *Clase C* corresponde a los cuerpos con usos menos exigentes como la navegación, riego de cultivos tolerantes a la salinidad y el exceso de nutrientes y el con sumo industrial poco exigente en relación con la calidad del agua. Esta norma plantea la posibilidad de establecer límites permisibles en términos de carga contaminante en los casos específicos en que resulte conveniente lo cual generalmente no se aplica.

-**Norma cubana NC24:1999** Eliminación de contaminantes en talleres galvanices. Parámetros de vertimiento (obligatoria).

Establece concentraciones máximas admisibles a la entrada de las plantas de tratamiento y para la descarga al medio ambiente, de los contaminantes tóxicos típicos contenidos en los residuales galvanices. Esta norma plantea, entre los requisitos técnicos dirigidos a reducir la concentración de contaminantes en los vertimientos de talleres galvanices, la eliminación de procesos altamente contaminantes mediante su sustitución por procesos de producción más amigable con el medio ambiente, como acción paralela al tratamiento y disposición segura de las aguas residuales generadas en estos talleres; es decir, con ella se reconoce la necesidad de minimizar la generación de esta agua como primera acción de gestión .

-**Norma cubana NC521:2007**: Vertimiento de las aguas residuales la zona costera y aguas marinas. Especificaciones (obligatoria).

Establece los límites máximos permisibles que deben tener las aguas residuales para su descarga a la zona costera y a los cuerpos receptores marinos, en términode concentraciones de contaminantes, según la clasificación de los cuerpos receptores. Estos se clasifican según su uso de la forma siguiente: Clase A (áreas marinas de zonas de conservación ecológico o áreas protegidas); Clase B (áreas marinas dedicadas al baño y donde se realizan actividades recreativas en que las personas entran en contacto con el agua, así como áreas marinas donde hay presencia de arrecifes coralinos); Clase C (áreas marinas donde se desarrolla la pesca); Clase D (áreas marinas cuyas aguas se toman para uso industrial como es la generación de energía); Clase E (áreas marinas en bahías donde se desarrolla la actividad marítimo-portuaria); Clase F (áreas marinas para la navegación y otros usos).

El establecimiento de límites de calidad de las descargas al final del proceso y el uso de tecnologías sobre la base de las normas de vertimiento tienen importantes desventajas. Entre ellas, la posible degradación de las aguas receptoras cuando haya ausencia de objetivos de calidad de estas, los controles innecesariamente

costosos en situaciones donde los riesgos de deterioro de los cuerpos receptores no se prevé que sean altos y la no incentivación a la innovación tecnológica ni a la búsqueda de soluciones más eficientes y efectivas en términos ambientales, económicos y sociales. El déficit de programas de monitoreo en el ámbito nacional constituye una severa limitante para determinar el acatamiento de la normativa vigente y, por lo tanto, para evaluar su efectividad.

Disposición final de aguas residuales a través de emisarios submarinos.

La descarga de aguas residuales domesticas al mar, mediante el empleo de emisarios submarinos es una alternativa posible, comprobada en la práctica, para ciudades, poblados y centros turísticos localizados en zonas costeras. La opción es particularmente atractiva para países en vías de desarrollo, en los cuales los recursos financieros son limitados para asumir los costos de operación y mantenimientos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

La mayoría de las aguas residuales descargadas por emisarios submarinos poseen tratamiento primario, o al menos preliminar. Los militamices se han empleado con éxito como pretratamiento de las aguas residuales que serán dispuestas a través de este sistema. Un emisario submarino bien diseñado, construido y operado puede aprovechar al máximo su capacidad de dilución y asimilación del ambiente marino sin generar impactos ambientales significativos (19). Cuando se hace referencia a este método, no se habla simplemente de un tubo o conducto que vierte aguas residuales en el mar, sino del resultado de una obra ingeniera compleja, en cuyo análisis y factibilidad se debe tomar en cuenta la dimensión ambiental como principal concepto de viabilidad.

Los elementos de mayor importancia en el diseño de un emisario submarino son: la carga hidráulica disponible en el punto de la descarga, la longitud del emisario, la profundidad de la descarga y el diseño y orientación del difusor.

Algunos de los impactos negativos de mayor importancia generados por las descargas de emisarios submarinos son: la afectación a ecosistemas sensibles (arrecifes coralinos, manglares, lechos de vegetación marina), la pérdida de la diversidad biológica en las cercanías del sitio de descarga y la contaminación

directa de áreas de recreación o de cría de mariscos, con el consiguiente riesgo para la salud pública.

Los riesgos de contaminación de un determinado sitio se asocian al transporte de los contaminantes, con énfasis en las bacterias patógenas, sólidos en suspensión, nutrientes, metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos. La dirección pluvial de la corriente, la velocidad y la estratificación en densidad de la columna marina son los factores físicos claves.

Figura 19.Descarga sin efectos negativos

Figura 20.Descarga inaceptable

Figura 21. Descarga posible

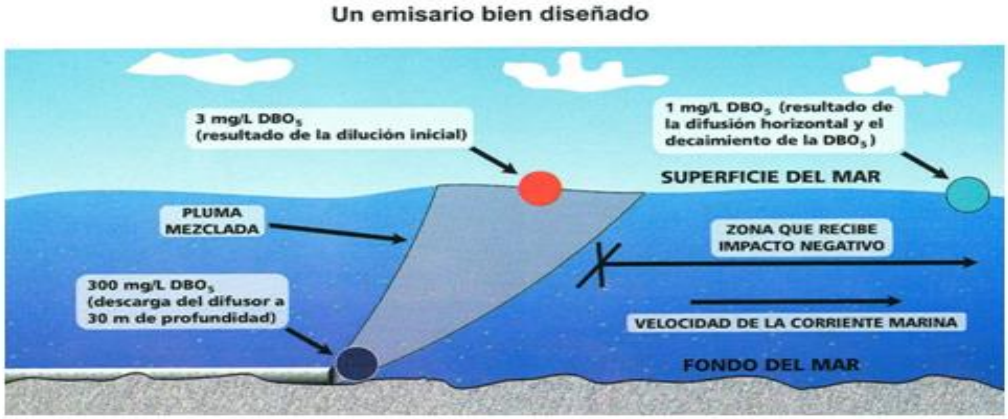


Figura 22. Emisario bien diseñado

Factores que inciden en el funcionamiento de los sistemas de tratamiento y disposición final de aguas residuales.

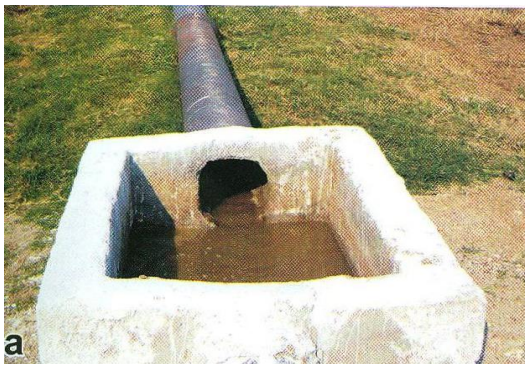
En el funcionamiento de los sistemas de tratamiento y disposición final de aguas residuales inciden múltiples factores, en dependencia de las condiciones de cada país, territorio o localidad. En el caso de los países en desarrollo, son comunes problemas tales como: la inadecuada selección de tecnologías; la deficiente calidad, tanto de los diseños como de los componentes del sistema, como de la ejecución de las obras; sobrecarga o subutilización de la capacidad de los sistemas construido; las prácticas inadecuadas de operación y mantenimiento y el insatisfactorio estado técnico de los sistemas de conducción de afluentes y efluente.

El estado físico de los elementos componentes de los sistemas de tratamiento y disposición final (estructuras, construcciones de hormigón, equipos eléctricos y mecánicos, etc.), así como de los sistemas de conducción de las aguas residuales

(colectores, emisarios, conductos de impulsión, cajas de distribución de flujos, registros o estaciones de bombeo), tiene un incidencia significativa en el logro o en el incumplimiento de los objetivos propuestos al construir una instalación destinada al tratamiento y disposición ambientalmente segura de aguas residuales.

Componentes de los sistemas de conducción de aguas residuales.

Registro **Registro falto de mantenimiento**



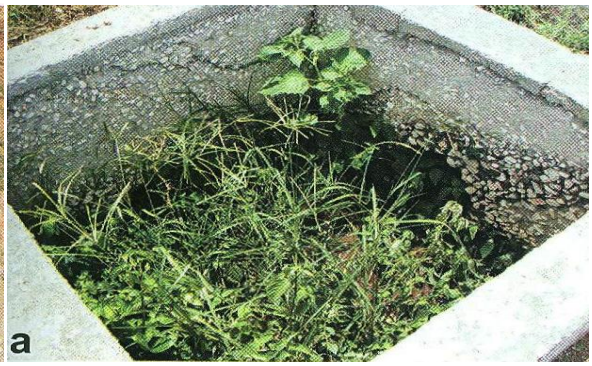


Figura 23.Emisario Figura 24. Emisario falto de mantenimiento

Interrupción del flujo de entrada a un sistema de tratamiento por problemas en las conexiones de los conductos.

Figura 25. Problema de conexión en los conductos.

Por otra parte, cuando los sistemas de trabamiento trabajan con cargas significativas superiores o inferiores a las de diseño, se afectan los tiempos de retención, las eficiencias de eliminación de contaminantes, y, en caso de cargas superiores, la capacidad de acogida o asimilación de los cuerpos receptores de los efluentes.

El establecimiento y cumplimiento de los procedimientos operacionales básicos para cada tipo de sistema de tratamiento y disposición final, teniendo en cuenta su complejidad y requerimiento, es uno de los aspectos de mayor importancia en su funcionamiento. Es imprescindible que el personal a cargo de la operación tenga el conocimiento y entrenamiento mínimo sobre las diferentes operaciones y procesos unitarios que componen el sistema, y que reciba una supervisión periódica de su trabajo, a fin de garantizar el cumplimiento de la disciplina tecnológica y la operación de la instalación con la mayor eficiencia posible. No se concibe un sistema de tratamiento y disposición final de aguas residuales trabajando sin un manual de operación.

Figura 26. Deficiente operación de un sedimentador

La existencia y ejecución de un programa de mantenimiento sistemático, tanto preventivo como correctivo, tiene alta influencia en el estado técnico-constructivo,

y por ende, en el funcionamiento de los sistemas de tratamiento y disposición final de aguas residuales. Las actividades de mantenimiento influyen la extracción no rutinaria de lodos, las reparaciones de equipamiento y estructuras de hormigón, los cambios del medio filtrante de los filtros, la reparación de taludes y dispositivos de entrada y salida de las lagunas y estanques, el cuidado de las edificaciones y áreas verdes, y la reparación y pintura de cercas, entre otras.

Se ha demostrado que la ejecución de recientes inversiones (nuevas construcciones, completamiento o rehabilitaciones de sistemas en explotación) no siempre es garantía de buen desempeño, pues muchos sistemas presentan problemas asociados al uso de tecnología no apropiada, calidad insatisfactoria de las obras terminadas, el deficiente mantenimiento realizado después de la inversión o la operación inadecuada.

Anexo 2

Lodos activados .Operaciones de pretratamiento

Para que un fango pueda ser alimentado a las instalaciones de tratamiento en forma constante y homogénea, es necesario dilacerar, desarenar, mezclar y almacenar el fango.

La mezcla y el almacenamiento pueden ser llevadas a cabo en una unidad única diseñada para cumplir ambas funciones, o de forma separada en otros elementos de la planta de tratamiento.

- **Dilaceración del fango:**

La dilaceración del fango es un proceso en el que los sólidos de gran tamaño contenidos en el fango son corta- dos o desmenuzados en partículas más pequeñas para evitar obturaciones y la formación de madejas en los equipos rotatorios Históricamente los dilaceradores han necesitado de mucho mantenimiento, pero los diseños modernos de baja velocidad han resultado ser más flexibles y ofrecer mayor durabilidad, habiendo mejoras en los diseños de los sellados y los cojinetes, cuchillas de aceros endurecidos sensores de sobrecarga, y mecanismos que invierten el sentido de rotación de las cuchillas

para eliminar obstrucciones o en caso de no ser posible eliminar las obstrucciones, desconectar la unidad.

- **Desarenado del fango:**

En algunas plantas de tratamiento donde no se dispone de de desarenadores antes de los decantadores primarios, o en las que las instalaciones de desarenado no son adecua das para el manejo de los caudales punta y las cargas punta de arena, puede ser necesario desarenar el fango antes de proceder a su tratamiento. En los casos en los que se va a proceder al espesamiento del fango primario, es de buena práctica tener en cuenta la posibilidad del desarenado del mismo. El método más efectivo de eliminar arenas del fango consiste en la aplicación de fuerzas centrífugas a una masa en movimiento para separar la arena del fango. Esto se consigue mediante el uso de desarenadores de ciclón, que son equipos que elementos móviles.

El fango es aplicado tangencialmente a una zona de alimentación cilíndrica, lo cual induce una fuerza centrífuga. Las partículas de arena más pesadas se desplazan hacia la parte exterior del cilindro y se descargan a través de una sección cónica. El fango orgánico se extrae de la unidad a través de una salida diferente.

La eficiencia del desarenador de ciclón depende de la presión y de la concentración de materia orgánica del fango. Para conseguir un desarenado efectivo, el fango debe ser relativamente diluido. Cuanto mayor sea la concentración del fango, menor es el tamaño de las partículas susceptibles de ser eliminadas.

El mezclado de los fangos primarios, secundarios y de los fangos generados en procesos de tratamiento avanzado, puede hacerse de distintas formas, mostradas a continuación:

- **En tanques de decantación primaria**: Los fangos secundarios y terciarios se recirculan a los decantadores primarios para su mezcla y sedimentación.
- **En tuberías:** Para asegurar un mezclado adecuado, teniendo el control en los puntos de generación y de la velocidad del fango para evitar grandes variaciones en la consistencia del mismo.

- **En instalaciones tratamiento de fangos que procuran largos tiempos de detención:** Digestores anaerobios y aerobios de mezcla completa.
- **En un tanque de mezcla independiente**: Este proporciona el mejor método de control de la calidad de los fangos mezclados.

En plantas con capacidad inferior a 3800m³/d, el mezclado se suele realizar en decantadores primarios. La cantidad de lodo producido es variable y depende del proceso de tratamiento y de la concentración de las aguas residuales. En las instalaciones grandes la eficacia óptima se consigue espesando los fangoa en unidades independientes antes de proceder al mezclado, y para asegurar una mezcla adecuada los tanques de mezcla suelen estar equipados con mezcladores mecánicos y deflectores.

Anexo 3:

Actividades de operación de la Planta de Tratamiento de Residuales "Laguna del este"

ACTIVIDADES GENERALES DEL OPERADOR

- Garantizar su presencia en el puesto de trabajo a la hora establecida.
- Realizar revisión completa de la planta al recibir el turno, comprobando estén trabajando todos los procesos de tratamiento, equipos, la existencia de los medios básicos, herramientas y útiles de trabajo.
- Realizar revisión al libro de registro diario de operación, que se encuentre debidamente actualizado registrando los resultados de control de proceso, lecturas de caudalímetro, Consumo de energía eléctrica e incidencias del turno de trabajo.
- Realizar determinaciones de los parámetros de control de procesados dos veces por turno en cada uno de los puntos de recolección de muestras.Realizar el registro de los datos obtenidos de las determinaciones de control de proceso en el libro de registro diario de operación.
- Realizar actividades de operación de la planta según la situación existente.Realizar actividades de mantenimiento generales del equipamiento instalado y mantiene una cuidadosa observación de los equipos.

- Realizar calibraciones de los equipos dosificadores al menos una vez por turno.
- Chequear que no existan escapes de hipoclorito de sodio.
- Informar a la sala de despacho municipal cualquier anomalía que se presente en el turno de trabajo.
- Cumplir con las medidas de protección e higiene del trabajo.
- Mantener una vigilancia constante para observar cambios bruscos en la calidad del agua tratada.
- Controlar que se mantenga la conservación y limpieza de los locales y equipos, así como las áreas verdes de la planta.

OPERACIÓN NORMAL

La planta cuenta con las siguientes operaciones por medio de las cuales logra tratar eficientemente el agua residual proveniente de todos nuestros clientes, las cuales se describen a continuación:

1- Registro de válvula y Caudalímetro.
2- Tamizado-desarenado-desgrasado.
3- Tanque de homogenización.
4- Tanque de anoxia.
5- Reacción biológica (Canal de oxidación.)
6- Sedimentación secundaria.
7- Recirculación y extracción de fango (Pozos de bombeo).
8- Espesamiento de lodos.
9- Secado de lodos.
10- Dosificación de hipoclorito.
11- Cloración y desinfección.
12- Filtración.
13- Vertimiento final.

ACTIVIDADES REQUERIDAS POR OPERACIÓN Y FRECUENCIAS.

1. Registro de válvulas y Caudalímetro.

-Apertura o cierre de la válvula de paso a cada etapa de tratamiento, velando que el caudal sea aproximadamente igual para cada módulo.
Frecuencia: Eventual.

-Lectura del caudalímetro.

Frecuencia: Caudal instantáneo. Constantemente

Total acumulado. Una vez al día

2. Tamizado-desarenado-desgrasado

-Inspección visual del trabajo del soplador, tamiz rotativo y tornillo helicoidal.
Frecuencia: Constantemente

Eliminación de los sólidos del tamiz y del embudo.

Frecuencia: Diario

-Eliminación de las grasas flotantes.
Frecuencia: Constantemente

-Cambio de los depósitos para la extracción de grasas, sólidos gruesos y arenas.
Frecuencia: Cada vez que se llenen

-Revisión y limpiezas de posibles obstrucciones en los equipos y en las embocaduras de las tuberías.
Frecuencia: Constantemente

***3.* Tanques de homogenización.**

-Inspección visual del líquido entrante, de observarse presencia de grasas se debe proceder de inmediato a la extracción de la misma y es un reflejo de que se está realizando las limpiezas necesarias en el órgano de tratamiento anterior.
Frecuencia: Diario

-Revisión del funcionamiento de las bombas.

Frecuencia: Cada 2 horas

-Revisión del funcionamiento de los aireadores.

Frecuencia: Cada 2 horas

-Las válvulas de salida de las bombas deben estar completamente abiertas. En ocasiones previo aviso del jefe de operaciones una de ellas puede salir de circulación según él % de capacidad de la planta.

Frecuencia: Diario

-Extracción de residuos flotantes.

Frecuencia: Diario

4. Tanque de anoxia

-Extracción de residuos flotantes.

Frecuencia: Diario

-Revisión del funcionamiento del mezclador.

Frecuencia: Cada 2 horas

5. Reacción biológica (Canales de oxidación.)

-Revisión y limpieza de posibles obstrucciones y objetos flotantes en los registros de entrada y salida.

Frecuencia: Diario

-Revisar el trabajo de los equipos tecnológicos instalados en el mismo (aireadores, mezcladores y sus mecanismos de izaje, oxímetros).Frecuencia: Diario

-Comprobación de la automatización de los mismos, de encontrar fallas informar inmediatamente y mantener el trabajo de forma semiautomática o manual.

Frecuencia: Diario

-Mantenimiento y limpieza de la sonda de oxígeno.

Frecuencia: 2 veces x turno

-Vigilancia de la concentración de oxígeno disuelto, este debe encontrarse entre 1,5 y 4 mg/l, el valor promedio es 2 mg/l.

Frecuencia: Diario

-Determinación de los sólidos sedimentables en el reactor.

Método: Se toma una muestra del licor mezclado a la salida de los reactores (registros de salida) de 1000 ml de capacidad y se deja sedimentar 45 minutos, al finalizar del tiempo se mide en mililitros el lodo sedimentado, este debe estar entre 250 y 350 ml, este valor da una idea de que las extracciones diarias de fango en el sedimentador se están realizando correctamente, si la lectura se encuentra por debajo hay que disminuir el tiempo de extracción y si se encuentra por encimas viceversa.

Frecuencia: Diario

5. Sedimentación secundaria

-Extracción de residuos gruesos flotantes y enviarlos a los lechos de secado.

Frecuencia: Diario (2 veces x turno)

-Revisión y limpieza de posibles obstrucciones en las embocaduras de las tuberías de entrada, canaleta y vertedores de salida.

Frecuencia: Diario

-Fregado de las paredes y fondo de la canal de salida del agua clarificada.

Frecuencia: Diario

-Manipulación de las válvulas para lograr que el gasto de salida de cada sedimentador sea uniforme no debe trabajar con gastos distintos al no ser que se mande a parar uno completo por limpieza u otras pruebas al sistema.

Frecuencia: Diario

-Para lograr una sedimentación eficiente la altura óptima el almacenamiento del fango debe estar entre 0.3 a0.9 m, este parámetro debe ser calibrado en el terreno por medio de las aperturas de las válvulas de extracción de fango.Frecuencia: Diario

6. Recirculación y extracción de fango (Pozos de bombeo).

-Es de obligatorio cumplimiento purgar aproximadamente 7.25 m^3/día de fango en condiciones normales de operación por cada reactor.

Frecuencia: Diario

-Las bombas de recirculación se mantendrán trabajando de forma automática por regulación de niveles durante 24 horas.

Frecuencia: Permanente.

-Extracción de residuos gruesos flotantes y enviarlos a los lechos de secado.

Frecuencia: Diario

-Las bombas de purga de fango por cada reactor trabajarán una vez en el día pero de carácter obligatorio pueden ser programadas o no cuando los reactores trabajan con su gasto normal la purga debe ser de 7,25 m^3/ d por lo que esta bomba trabajará 45 minutos diario.

Frecuencia: Diario

7. Espesamiento de Lodos.

-Al espesador diariamente se le suministran 7,25 m^3 si se están trabajando los dos canales que necesitan de aproximadamente 26 h para espesarse.

Frecuencia: Diario

-La válvula de Ø 50 se abre para permitir la extracción del agua del fango ya espesado.

Frecuencia: Diario

-Después que el fango ha perdido gran parte de su humedad se procede a la apertura de la válvula Ø 150 mm de salida de lodos, manteniéndola abierta hasta tanto se compruebe que el material extraído es líquido no denso. Observar que el nivel en el Lecho de Secado no sobrepase los 10 cm por debajo del borde libre del mismo.

Frecuencia: Diario

-Cierre de la válvula Ø 150 mm de salida de lodos.

Frecuencia: Diario

8. Secado de lodos (Lechos de secado)

-Los lechos de fangos reciben cada tres o cuatro días un volumen equivalente a 15 cm a partir del extremo inferior del lecho de secado, este debe ser almacenado y secados para luego ser trasladados o depositados fuera de la planta para no interrumpir el proceso de depuración.

Frecuencia: Semanal o una vez seco el lodo descargado

-Eliminación y raspado manual con pala de los fangos secos contenidos en el Lecho y su retirada hacia el lugar de disposición final.

Frecuencia: Semanal o una vez seco el lodo descargado

9. Dosificación de hipoclorito de sodio

-Llenado del tanque.

Frecuencia: Cada 15 días

-Verificar el régimen de bombeo según resultados de los muestreos del cloro libre residual en el efluente final, cuyo contenido debe ser de > 1,0 mg/L.

Frecuencia: Diario

-Verificar el estado de conservación y mantenimiento de los equipos.

Frecuencia: Diario

-Calibración del equipo dosificador

Frecuencia: Mensual

10. Cloración y desinfección

-Extracción de residuos gruesos flotantes, algas, limos, etc.

Frecuencia: Diario

-Revisión y limpieza de posibles obstrucciones en las embocaduras de las tuberías de entrada y vertedor de salida.

Frecuencia: Diario

-Fregado y limpieza de las paredes.

Frecuencia: Diario

-Limpieza del fondo del tanque con la apertura de la válvula de Ø110 mm

Frecuencia: Diario

11. Filtración

-Chequeo del estado del sistema automático para el retrolavado de los filtros.

Frecuencia: Diario

-Control del tiempo de duración de la carrera de filtración y de la frecuencia de ejecución del retrolavado. Proceder a los ajustes necesarios.

Frecuencia: Diario

-Comprobación de la pérdida de arena del lecho filtrante y reposición.

Frecuencia: Quincenal

12. Revisión de la descarga de la tubería de salida del efluente final

-Inspección visual de libre vertimiento del liquido del efluente final, en el foso de impulsión hacia el conducto en la zona donde el mismo descarga.

Frecuencia: Diario

Inspección visual del bombeo del efluente final.

Frecuencia: Diario

-En caso de comprobarse que la tubería se encuentre obstruida, proceder a su limpieza, eliminando la posible tupición.

Frecuencia: Mensual

13. Chequeo de la eficiencia del tratamiento

-Toma de muestra del residual de entrada y salida y su envió para un laboratorio de análisis

Frecuencia: Semestral