INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
San José, Costa Rica
Apartado 1097-1200. Teléfono 2242-5000. gemora@aya.go.cr

MEMORANDO

PARA: Oscar Izquierdo Sandi
Cooperación y Asuntos Internacionales

FECHA: 18 de octubre de 2019

DE: German Gustavo Mora Rodríguez
UEN Investigación y Desarrollo

No. UEN-ID-2019-00836

Carlos Andrés Esquivel Vindas
UEN Programación y Control

ASUNTO: Remisión Informe de Intercambio Técnico con CENTA

De acuerdo con el intercambio técnico realizado por los suscritos con funcionarios de CENTA en el marco de la conceptualización e implementación de CIFTES, nos permitimos remitir el Informe respectivo.

C: Florentino Fernández Venegas, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
Francisco Brenes Maltés, UEN Programación y Control
UEN Investigación

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
DIRECC. DE COOPERACIÓN Y ASUNTOS INTERNACIONALES
- CAI -
* 18 OCT 2019 *
13:15
Recibido por:

INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

Informe técnico

Intercambio técnico con el CENTA

CÓDIGO: GTE-106 / DIN-32

CONSECUTIVO DEL DOCUMENTO: **Propuesta de intercambio 07-08-19**

VERSIÓN 01.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
+506 2242-5000 * www.aya.go.cr
Pavas, San José, Costa Rica

PÁGINA DE APROBACIONES

Elaborado, Revisado y Aprobado por:

German Gustavo Mora Rodríguez

Carlos Andrés Esquivel Vindas

RESUMEN EJECUTIVO

Según solicitud de la Presidencia Ejecutiva, se realizó una misión a la Fundación CENTA de Carrión de los Céspedes, en la provincia de Sevilla, España, con la intención de que este centro experimental sirviera de referencia para la labor que actualmente posee el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados de recrear, diseñar y en un futuro próximo gestionar las distintas actividades que brindará el CIFTES en Costa Rica (Centro de Investigación y Formación en Tecnologías de Saneamiento).

Dicha misión fue realizada por ingenieros del AyA que laboran relacionados directamente con las áreas de diseño en saneamiento e investigación y desarrollo de tecnologías con el objetivo de aprender sobre la composición estructural del centro al que se hace referencia, las posibles configuraciones y combinaciones entre módulos de tratamiento, además del organigrama y del modelo de gestión que aplican para su operación y la generación de nuevos proyectos.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 6

2. Objetivos 7

2.1. Objetivo General 7

2.2. Objetivos específicos 7

3. Desarrollo del informe 11

3.1. Antecedentes 11

3.2. Justificación 12

3.3. Agenda de la actividad 13

3.4. Resultados de la visita de acuerdo con objetivos planteados 14

4. CONCLUSIONES 37

5. RECOMENDACIONES GENERALES 41

6. ANEXOS Revisión de parámetros y dimensionamiento 42

1. INTRODUCCIÓN

Considerando la importancia que para el AyA representa la investigación y desarrollo a nivel país para el sector de agua potable y saneamiento, el AyA ha venido gestando una serie de iniciativas en miras a fortalecer no sólo la cobertura de agua potable para la población costarricense, sino también retomando de forma decisiva el abordaje del saneamiento en el país.

Para esto ha fijado entre muchas iniciativas, creación de políticas de estado, planes de inversión ambiciosos, normas, entre otros, que permitan disminuir las brechas a nivel de prestación de los servicios del país. Entre otras razones, producto del deterioro de algunos sistemas, o en otros casos, por la falta de desarrollo de infraestructura sostenible a nivel de país en el tema de saneamiento.

En los últimos años, de forma propositiva y con el fin de retomar el rumbo institucional, el AyA, ha logrado aumentar la propuesta país a nivel de saneamiento, en la cual, incluye entre otros desarrollos, algunas ciudades intermedias y costeras, con lo cual se pretende extender las posibilidades de la recolección masiva, tratamiento y adecuada disposición de las aguas residuales del país.

Dentro de esta propuesta se encuentra el Alcantarillado Sanitario de la Ciudad de Palmares de Alajuela el cual contempla: la red de recolección de aguas residuales, una planta de tratamiento de aguas residuales y el CIFTES (Centro de Investigación y Formación en Tecnologías de Saneamiento). Este último fruto de la visión de las autoridades institucionales, para repuntar la investigación y el desarrollo en materia de saneamiento, con lo cual no solo se equilibra la propuesta de infraestructura, sino además, generamos a nivel institucional un espacio de crecimiento en las diferentes opciones de investigación en saneamiento, considerando las condiciones nacionales, lo cual pretende ser un centro de impulso para soluciones de los sistemas actuales de tratamiento y más importante aún, promover diferentes abordajes del tema, para el resto del país.

En el marco de este interés institucional, la Presidencia Ejecutiva, promovió la visita del Ing. Carlos Esquivel Vindas, ingeniero diseñador de la propuesta de alcantarillado y del centro de investigación, así como del Ing. German Mora Rodríguez, Director de la UEN de Investigación y Desarrollo del AyA, la cual albergaría la propuesta del CIFTES, administrándola e impulsando con ello la investigación a escala apropiada de las diferentes tecnologías de tratamiento, de acuerdo a la propuesta conceptual que se tiene, la cual fue elaborada por la Fundación CENTA.

Por tal motivo, se desarrolló la visita de los ingenieros citados, suscritos de este informe, los cuales visitaron de acuerdo a los objetivos fijados en el presente informe, las instalaciones del CENTA en Sevilla, España, en los días del 28 de setiembre del 2019 al 05 de octubre del mismo año.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Establecer intercambio técnico con el CENTA, con el fin de permitir fortalecer aspectos asociados a la propuesta de diseño final y generación de especificaciones técnicas para la Construcción del Alcantarillado Sanitario de la Ciudad de Palmares de Alajuela y del CIFTES (Centro de Investigación y Formación en Tecnologías de Saneamiento), así como afinar aspectos asociados al futuro funcionamiento, puesta en marcha y operación del CIFTES.

2.2. Objetivos específicos

A nivel de aspectos asociados al diseño final, a continuación, se enlistan los siguientes objetivos específicos:

1. Recibir capacitación en diseño sobre las tecnologías de tratamiento más recientes y las tradicionales que mejor se adapten a climatología del tipo tropical, además de las ya propuestas en el anteproyecto mencionado.

2. Como beneficio de la capacitación y actualización mencionada en el punto anterior, plantear con mejor criterio las tecnologías a desarrollar, partiendo además de las ya propuestas en el diseño preliminar realizado por CENTA en el año 2016, considerando nuevas técnicas que hayan surgido desde su propuesta y que se ajusten de una mejor manera a las condiciones climatológicos y de demandas de nuestro país.

3. Obtener criterios más apropiados para dimensionar las diferentes áreas que contemplará el Centro en cuanto a servicios, laboratorios, capacitación, áreas comunes y área de tratamiento, de acuerdo con la capacidad a instalar en cada uno de estos componentes y considerando una posible correlación del funcionamiento actual del CENTA.

4. Estudiar de forma minuciosa las interconexiones que existen entre los distintos módulos de tratamiento en el CENTA, las cuales permiten redireccionar el caudal influente en uno u otro sentido. Con ello hacer la relación de la propuesta mejorada en el tema de posibles interconexiones.

5. Aprender sobre los procesos de separación de caudales en la entrada del área de tratamiento para realizar análisis de aguas residuales en paralelo o de manera individual.

6. Identificar los sistemas de emergencia con que debe de contar un centro de investigación en caso de corte del flujo eléctrico, o con la ocurrencia de algún siniestro que pueda comprometer la operación normal de los sistemas o incluso la salud pública de los operarios o de las personas a sus alrededores.

7. Investigar sobre las metodologías de "transformación" de la infraestructura civil para la adaptación de las distintas técnicas de tratamiento que se deseen implementar en el Centro de Investigación.

8. Aprender sobre los procesos de investigación aplicados en un centro de investigación como lo es el CENTA, para poder recrear de la mejor manera su funcionalidad en la forma de operar, en el futuro CIFTES.

9. Observar la aplicación e importancia de la utilización de tecnologías de monitoreo en tiempo real de los parámetros relevantes en cada uno de los módulos de tratamiento que se vayan a implementar con la construcción del CIFTES. El contar con información actualizada y verídica en tiempo real permite realizar los ajustes necesarios en experimentos durante los procesos de investigación.

10. Visualizar la interconexión conceptual tanto de la infraestructura física de las plantas de tratamiento de aguas residuales a pequeña escala con la implementación de equipos de control y medición remotos. Lo anterior con el objetivo de realizar esta implementación e instrumentación en el futuro CIFTES.

11. Conocer a detalle el funcionamiento del centro a partir de la derivación del sistema de saneamiento existente y su relación operativa en el tiempo.

A nivel de aspectos relacionados con el ámbito de funcionamiento y operativo, se trazaron los siguientes objetivos específicos:

12. Conocer la metodología de cómo el define portafolio de proyectos de investigación y cómo lidian con la priorización

13. Conocer y documentar a detalle el flujo de operación del Centro de Investigación en el ámbito administrativo, operativo y técnico.

14. Conocer y documentar la metodología para la selección de los casos de estudio, que permite convertirlo en un caso de negocio o de investigación.

15. Conocer la evolución de la historia de planta: evolución de la incorporación de los elementos de esta.

16. Conocer y documentar cómo se define el prototipo y nivel de escala de una tecnología, para luego escalarlo a una realidad natural según la problemática real a resolver.

17. Conocer sobre el esquema de financiamiento que utilizan y si de alguna forma se apalancan en algún sentido con apoyo del cliente que permita el análisis de nuevas tecnologías.

18. Conocer el detalle del peso normativo qué le da la investidura y credibilidad al CENTA.

19. Conocer y documentar ¿cuál es la configuración básica de tecnología que usa el CENTA y cómo juegan con la flexibilidad de introducir otras tecnologías y cómo se adapta al cambio?

20. Conocer y documentar ¿cómo es el proceso de formación (capacitación) y su nivel de detalle (planes, competencias y demás) y cómo lo combinan con el ejercicio práctico en planta?

21. Conocer las tecnologías desarrolladas por CENTA directamente, en donde han hecho integraciones prácticas pero escalables con oferta o propuesta clara y sostenible.

22. Conocer el cómo disponen todos los prototipos y plantas o tecnologías escaladas, esto es si los usan permanentemente o los disponen o trasladan a algún sistema o emplazamiento.

23. Conocer en detalle y recibir capacitación al respecto o material asociado que permita conocer acerca de alguna tecnología para lidiar con contaminantes emergentes y/o persistentes.

24. Conocer en cuanto al funcionamiento del laboratorio, la propuesta básica pero necesaria de equipamiento para el laboratorio del centro.

3. Desarrollo del informe

3.1. Antecedentes

Como parte de la propuesta institucional para el diseño final del proyecto "Construcción Alcantarillado A) y considerando además que de este último componente del proyecto, existe un prediseño contratado por la UEN Recolección y Tratamiento de Sistemas Periféricos en el año 2016, donde se adjudicó a la Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA) bajo la Contratación N° 2016LA-00017-PRI: "Servicios de consultoría para la conceptualización y el diseño preliminar del Centro de Investigación y Formación en Tecnologías de Saneamiento (CIFTES)", realizado por el doctor en ingeniería sanitaria el ingeniero Juan José Salas Rodríguez, Director del CENTA, se requiere ahondar en conocimientos adicionales que permitan concretar en mejor forma la propuesta.

Entre los entregables de la contratación mencionada a la que se hace referencia están:

- Los planos preliminares (esquemas de flujo) del centro de investigación que incluye los módulos de tratamiento seleccionados para su implementación,
- Documento de Anteproyecto constructivo que resume la memoria de diseño sanitario de las pequeñas plantas y la conceptualización y dimensionamiento de la infraestructura complementaria,

Estos elementos son la base para iniciar con el proceso de diseño final del CIFTES propiamente.

3.2. Justificación

Existe un grado de complejidad, inherente a la naturaleza del CIFTES, en lo que se refiere al planteamiento, distribución y contenido de todos los elementos que conforman el sistema, y de las interconexiones entre cada uno de los módulos de tratamiento, las cuales a su vez conllevan una serie de accesorios especiales, controles y una logística de operación específica para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de forma integral. Además de esto, con el objeto de promover la investigación de diversos sistemas de tratamiento, estos módulos individuales a su vez deben de ser capaces de poder transformarse en otra tipología de estructura con cambios sencillos internos como lo puede ser el cambio en los materiales de soporte o la ubicación del ingreso del influente de aguas residuales, con lo cual la observación de un laboratorio e infraestructura semejante a la del CENTA puede representar un valor agregado a las acciones en el proceso de diseño final del CIFTES, así como su futuro funcionamiento.

Dado lo anterior y motivado por la Presidencia Ejecutiva del AyA, en cuanto a la importancia de concretar acciones complementarias para la realización del diseño final, así como del funcionamiento de la operación del CIFTES, se consideró muy importante el intercambio de los dos profesionales suscritos.

3.3. Agenda de la actividad

Los ingenieros Esquivel y Mora, se ajustaron a la siguiente agenda, la cual fue establecida en coordinación con el CENTA y de acuerdo con el apoyo de la Dirección de Cooperación y Asuntos Internacionales de AyA:

- *Sábado 28 de setiembre – Viaje desde Costa Rica.*
- *Domingo* 29 de setiembre – Llegada a Sevilla, España.
- *Lunes y Martes 30 de setiembre-01 de octubre*– Capacitación teórica y práctica en relación con nuevas tecnologías de tratamiento y del funcionamiento del centro en los ámbitos operativos y técnicos. Visita y recorrido exhaustivo en el CENTA de cada una de las tecnologías extensivas e intensivas del centro, aspectos asociados en los objetivos en cuanto a labores de diseño, aspectos de las conexiones de las tuberías, laboratorio, área de capacitación, áreas comunes y de tratamiento, equipamiento, con el fin de nutrir acerca del funcionamiento operativo, espacial y práctico del CENTA.
- *Miércoles y Jueves 02-03 de octubre*– A partir de la capacitación y revisión de la configuración detallada del CENTA, se realizó un análisis a fondo de la propuesta actual de tecnologías e infraestructura propuesta para el CIFTES, con lo cual se vieron aspectos de dimensionamiento, cálculos y detalles constructivos y operativos de funcionamiento.
- *Viernes 04 de octubre* – Transferencia sobre aspectos mencionados asociados al flujo actual de los productos que maneja el CENTA en su portafolio de proyectos, metodología de casos de negocio, priorización de proyectos, de investigación financiada y de la propia, financiamiento del centro como tal, esquema de proyectos que utilizan, detalles acerca de la articulación con la academia y el sector privado, normativa, manejo de prototipos, manejo de incorporación de nuevas tecnologías, gestión del proceso de formación, manejo de escalabilidad.
- *Sábado 05 de octubre* – Salida de Sevilla
- *Sábado* 05 de octubre– Llegada a Costa Rica

el más fino a la entrada, es por esta razón que se suelen colocar después de alguna otra tecnología que elimine materia mediante tratamiento primario (ejemplo: filtro de flujo vertical o en mucha mayor medida el tanque

al UASB y de este último salen los lodos al Lecho de Secado. en cual recoge lixiviados que van al Reactor UASB.

Cuarta línea de investigación (Línea de lagunaje aireado): Es de tipo extensivo. Inicia con una Laguna Aireada de Mezcla Completa (LAMC). De ahí va a Laguna de Sedimentación y sale al efluente. Los lodos van a un LSDL, del cual surgen lixiviados que son bombeados a la LAMC.

Quinta línea de investigación (Línea de Aireación Extendida): Esta línea es propuesta y sustituye la inicial de Tratamiento Primario Avanzado. Es de tipo intensivo y se alimenta de la CRC. Inicia con un Reactor Biológico, el cual tiene una cámara de coagulación, una cámara de floculación y un clarificador lamelar.

En general es necesario iniciar con las líneas propuestas llenando al menos 5 líneas de investigación y dejando previstas otras 5 cámaras y sus respectivas salidas de tubería y previstas eléctricas en las parcelas visualizadas, así como en la de reuso en cuanto a lo intensivo, nutriéndose este campo desde la cámara repartidora de caudales, existen al menos 7 tecnologías distintas las cuales se pueden citar como: Aireaciones extendidas (normal y eliminación de nitrógeno, y otra con eliminación de nitrógeno y fósforo), filtro percolador, contactor biológico rotativo (CBR), Sistema de membranas barra biofiltro (Israelita). En cuanto a evolución de humedal clásico se está emigrando hacia el humedal electrogénico, el cual requiere un medio específico de rellenos que sea conductor.

Observaciones relacionadas con este objetivo:

1. Los sistemas lagunares requieren la mitad del área para tratamiento en latitudes como las nuestras.

2. Se dan los parámetros y criterios de diseño de los sistemas lagunares en cuanto a la composición de los materiales de soporte, espesores de capas, tipos de materiales, flujo de operación, comportamiento.

3. Desde la cámara repartidora de caudales (CRC), ubicada posterior al tratamiento primario; salen líneas de colector (incluir caudalímetros siempre) que alimentan las tecnologías extensivas y las intensivas. En el caso de las primeras van a un TI y luego cada salida bombeada va a una de las extensivas (HAFH, HAFV, HAFS). En cuanto a las intensivas sale línea con válvula y caudalímetro en la CRC y se deriva en al menos en CENTA en parcelas en donde se ubican diferentes tecnologías en CENTA (al menos 7 tecnologías). Cada parcela puede albergar varias tecnologías, pero cada una de ellas debe de tener dispuesto una válvula de entrada con un caudalímetro y una alimentación eléctrica para los equipos que se puedan establecer.

Objetivo específico 2.

Se realiza un análisis de todas y cada una de las tecnologías incluidas en la propuesta para el CIFTES del año 2017 y se aprueba su selección, incluso con la salvedad que en el momento de realización de la consultoría la planta de tratamiento propuesta para tratar las aguas residuales de Palmares consistía en una planta de lagunas aireadas, para lo cual se tendría una planta piloto a pequeña escala de la misma, sin embargo, actualmente aunque la tecnología propuesta para la PTAR es de reactor UASB con Filtro percolador, esta tecnología también se encontraba en la propuesta para el CIFTES con lo cual se puede mantener el monitoreo para funcionamiento y el mejoramiento en el tratamiento con las plantas pilota de investigación a considerar en el diseño y construcción del laboratorio.

Según la experiencia de Juan José Salas con el CENTA, se tiene conocimiento general que:

1. Humedales de flujo vertical funcionan.
2. Humedales de flujo horizontal se atascan mucho se deben probar.
3. Lagunaje de alta carga (tiempo de retención aproximadamente 3 días en comparación con 30 días de lagunas facultativas normales.

Mediante una revisión de cada una de las tecnologías planteadas, se elimina una de estas de acuerdo con el horizonte que tiene el AyA a futuro con la propuesta de tecnologías de saneamiento (la cual consiste en el tratamiento primario avanzado), mientras que se incluye otra tecnología que se considera podría tener un gran uso en las futuras plantas de tratamiento de aguas residuales por plantear y construir en AyA y la cual corresponde con lagunas de aireación extendida.

Objetivo específico 3.

Se identificaron los siguientes espacios en el CENTA: administrativo (encargados de proyectos, director, investigadores), laboratorio (profesional y técnicos), bodega. Se determinaron las áreas de ocupación para cada uno de los espacios requeridos obteniéndose lo siguiente:

1. Edificio administrativo y de capacitación 848 m2 (en dos plantas).
2. Laboratorio 274 m^2 en una planta.
3. Bodega 382 m^2 en una planta.

Es importante recalcar la importancia de poseer una bodega en donde se pueda almacenar material de soporte u otros componentes de las tecnologías que ya fueron probadas o que están por instalarse. En la misma se puede implementar un mecanismo para la toma de muestras según se la propuesta expuesta durante la visita (es un pendiente que tiene el CENTA actualmente).

En el caso del CENTA actualmente cuenta con el siguiente personal: 20 personas en total (2 en laboratorio, 2 operarios y el resto técnico).

Para el CIFTES la cantidad de personal requerido está definido en los documentos que forman parte de los entregables de la contratación realizada a en el pasado por AyA y en donde nace la propuesta de pre-dimensionamiento de este Centro de investigación, en donde se propone un total de 16 técnicos y 2 operarios.

El área ocupada por las plantas piloto a implementar depende del tipo de tecnología a instalar y del caudal de tratamiento a considerar en cada una de estas. En este último punto ya existe una propuesta previa de la distribución de caudal que se dejará para cada una de las líneas propuestas, así como el total de agua residual que se derivará del colector a la entrada de la PTAR de Palmares.

Observaciones relacionadas con este objetivo:

1. Se extrae la información de las áreas comunes, operativas y de investigación de las fotos aéreas del sitio las cuales se corroboran con el personal del Centro.

2. Como se pudo observar durante la visita, la cantidad de personal es algo que puede ir variando con el tiempo mediante la incorporación de más líneas de negocio o investigación, esto dentro de una estructura proyectada en donde existen personal a cargo de uno o varios proyectos, por lo que el requerimiento de

personal podría fijarse por la cantidad de proyectos activos que existan en el CIFTES.

Objetivo específico 4.

De las estructuras existentes en el CENTA se pudo obtener información valiosa en cuanto a las interconexiones que existen entre los distintos módulos de tratamiento, así como de la valvulería y equipos que se recomienda implementar durante el diseño del laboratorio. A continuación, se describen los principales puntos observados:

En la cámara de repartición de caudal se deben de colocar medidores de caudal electromagnéticos (para cada tecnología o parcela a desarrollar), y estas salidas deberán plantearse con un codo superficial saliendo sobre el espejo de agua para mantenerlas siempre en carga (tubería llena).

Después del pretratamiento se recomienda la construcción de un tanque Imhoff para realizar separación de lodos, este permite efectuar decantación de lodos, impedir el ingreso de flotantes a los módulos de experimentación y generar la digestión de los lodos en los alrededores. Este tanque permite controlar la producción de lodos, los cuales quedan en el fondo del tanque y su nivel se debe de mantener por debajo de los 30 cm del tanque Imhoff para evitar la intromisión de los mismos en los caudales de tratamiento.

Todo el caudal de los sistemas lagunares se concentran en una arqueta la cual tiene salida del sistema al efluente o que permite la introducción del caudal al sistema por rebombeo.

Es recomendable siempre considerar el diseño de 10 líneas de investigación y dejar previstas 5 para las ya existentes y 5 para las futuras, tanto de alimentación (influentes), conexión eléctrica y salidas (efluentes) y las conexiones eléctricas en todas las estructuras que lo requieran.

Objetivo específico 5.

De forma complementaria con el objetivo anterior y de acuerdo específicamente con la separación de caudales a la entrada de los módulos de tratamiento se pudo notar que:

1. La separación de caudales se realiza en la cámara repartidora, todas deben de tener un caudalímetro para controlar la entrada al sistema.

2. Para los sistemas en serie se deberá de facilitar un by pass para proar distintas configuraciones de repartición y además se deberán proveer los sistemas de bombeo que permitan realizar recirculación.

3. Queda claro en la explicación y la propuesta la cual se trabajó de acuerdo con la experiencia, y en los caudales mínimos, al piloto adecuado más pequeño.

Objetivo específico 6.

Respecto a los sistemas de emergencia:

En este sentido, sólo se deberá implementar lo necesario, ya que la protección requerida es básica y no tiene que abarcar indispensablemente a todos los equipos, sino aquellos informáticos y de laboratorio que sea necesario mantener.

Además, al encontrarse el CIFTES junto a la PTAR de Palmares, la cual contará con un sistema de emergencia para corto en el fluido eléctrico, el laboratorio se podrá "proteger" en caso de requerir mantener el funcionamiento de los equipos que sean necesarios para no perder información, mediante una extensión de la cobertura del sistema de seguridad. Sin embargo, estos temas se deber pan revisar propiamente con el área de diseño electromecánico.

Objetivo específico 7.

El Centro de investigación a construir deberá ser versátil ante la prueba de diferentes materiales o sistemas de depuración, los cuales deberán de ser capaces de recrearse en el mismo centro piloto mediante modificaciones de configuración, o la implementación de nuevos tratamientos en las áreas destinadas para tal fin (ampliación de la planta); con respecto a este punto se pudo observar lo siguiente:

1. Los sistemas humedales se pueden transformar realizando cambio de materiales de soporte (tamaños, granulometría), configuración de tuberías de distribución de caudales, intención del flujo para generar sistemas horizontales, verticales superficiales o mixtos, cambiando el tipo de plantas (acuáticas o superficiales).

2. Sobre la marcha y con base en la experiencia de investigación que se vaya desarrollando, se deben hacer modificaciones de la configuración, en términos del funcionamiento a ese momento y de la incorporación de nuevas tecnologías, principalmente intensivas. De ahí la importancia de dejar previsto los predios de investigación y las previstas de alimentación de aguas residuales y eléctricas que se deban de dejar construidas.

Objetivo específico 8.

Acerca de los procesos de investigación aplicados en el CENTA, los cuales deben ser considerados en el CIFTES:

1. En el CENTA cuentan con una cartera de proyectos que se divide en investigación propia e investigación fomentada por terceros (vendedores, desarrolladores, universidades y en conjunto con otros centros de investigación). Los proyectos se asignan a alguno de los encargados de proyectos cuando estos van ingresando.

2. El CENTA ha sobrevivido por la mística de sus colaboradores, los cuales han sido bastante esforzados en buscar financiación de proyectos a nivel interno y externo de España, con lo cual se ha dinamizado mucho su accionar, permitiendo desarrollar competitividad en la región Europea, para implementar líneas de investigación novedosa y actual.

3. La inclusión o consideración del rol de las empresas privadas como parte de las

de verdadero interés país.

las aguas residuales de Palmares y el cual se efectuará en la PTAR. Por lo tanto, esta planta piloto servirá para mejorar la operación de la planta de tratamiento a construir en Palmares, ya que representará en gran medida a la misma (el esquema a estudiar será: Reactor UASB + Filtro percolador + sedimentador secundario + lechos de secado).

13. La línea de tratamiento de filtro percolador de alta tasa servirá en la actualidad para solventar problemas que se puedan presentar durante la futura operación de la PTAR, con posibilidad de plantear mejoras en el tratamiento y permitiendo la capacitación de los operarios de la planta.

14. La estructura del reactor biológico UASB deberá tener varias boquillas a distinta altura para le evaluación del nivel de lodos, y controlar el momento de descarga a los lechos de secado de lodos una vez que estos se encuentren ya estabilizados.

15. Los lodos se recirculan de forma posterior al paso del influente por los sedimentadores secundarios nuevamente hacia el reactor UASB.

16. La entrada al reactor se ha de dar por la parte inferior del depósito colocando una campana posterior a la entrada de tal manera que permite redirigir lo que es la fase liquida la cual asciende sobre el nivel de lodos.

17. Para el relleno del filtro percolador en estos sistemas se utiliza un material inerte (generalmente plástico que posea una gran área superficial para proveer superficies para el crecimiento de bacterias y el impedimento de atascamientos).

18. De la arqueta de llegada de las líneas de tratamiento deberán salir dos líneas: la primera para la devuelta a la cámara de homogeneización a la entrada de la PTAR (para los efluentes que no cumplan con los parámetros requeridos para su descarga) y la segunda para transportar el agua a los campos de reutilización a plantear en la zona oeste de la finca.

Referentes al laboratorio a implantar en el Centro de Investigación

19. El laboratorio del CIFTES es prioridad para el Centro de Investigación, pero debe de incluir a su vez a la PTAR. Sin embargo, el funcionamiento de este no debe sacrificar la investigación.

20. A nivel operativo en el CIFTES y de acuerdo con el modelo de operación observado en el CENTA, se recomienda muestrear semanalmente en: todos los puntos intermedios entre sistemas y en la arqueta de salida que va a cuerpo de agua receptor o a PTAR.

21. El dimensionamiento de los módulos de tratamientos deberá considerar además los anchos estructurales y operativos necesarios que brinda el diseño final.

22. La cámara de distribución de caudales del CENTA cuenta con las siguientes salidas: 3 salidas de reserva para la implementación de nuevas tecnologías, 1 salida para las parcelas de nuevas tecnologías, 2 salidas para las lagunas anaerobias, 1 salida para OMS, 1 salida para el tanque Imhoff, 1 salida para la laguna de microalgas, 1 salida para la cámara de bombeo. De estas las últimas 4 salidas de la cámara pasan al área intensiva de la planta.

23. Es importante recalcar que se deberá de colocar un caudalímetro en cada una de las salidas de la cámara de distribución para controlar el caudal de ingreso a cada una de las líneas de tratamiento, así como en las bifurcaciones que pudiera haber y en las tuberías de recirculación.

Referente a la estación meteorológica

24. Es altamente importante incluir una estación meteorológica que incluya al menos equipo para medición de pluviometría, evaporación, temperatura, velocidad y dirección del viento, horas de sol y radiación solar incidente, con lo cual se enriquece y da aporte a la investigación.

5. RECOMENDACIONES GENERALES

Se deberá echar a andar la PTAR y el CIFTES antes de generar investigación adicional a la propuesta sugerida mediante la consultoría. Además, se deberá tomar en cuenta el cambio sugerido de una de las líneas de investigación con respecto a la propuesta de distribución original, la cual va más acorde con los objetivos de implementación de tratamiento de aguas residuales por parte del AyA a corto, mediano y largo plazo.

El CIFTES debe de fomentar la conexión permanente con la red de centros de investigación de su tipo los cuales se localizan en España, Uruguay, El Salvador y otros.

Se propone el reúso del agua tratada desde la arqueta de salida de la planta para fomentar la plantación de cultivos, la reinserción del recurso al acuífero, para investigación conjunta o para el planteamiento de proyectos académicos y/o otros institucionales que fomenten su análisis. Para ello, es importante que el diseño considere la salida de los efluentes de las líneas en una misma cámara, que puede estar dividida a efectos de que pueda salir efluente diferenciado para la zona de reúso de aguas residuales, en la cual debe de incluirse una línea de impulsión a una cámara de entrada para reusó que permita dinamizar las líneas finales de tratamiento y con ello el aprovechamiento final del ciclo del agua.

Para el estudio de nuevas tecnologías propuestas propias del CENTA o de interés de empresas privadas comercializadoras o desarrolladoras, el Centro de investigación les provee el agua residual, la energía y el efluente. Complementariamente la empresa interesada deberá de suministrar los equipos (los cuales pueden recibirse a modo de donación si la empresa así lo planteara) y los caudalímetros para instrumentalizar los pilotos.

6. ANEXOS Revisión de parámetros y dimensionamiento

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Visita técnica a CENTA
02 de set - 04 de oct 2019

Descripción y caracterización de las líneas de investigación propuestas para el CIFTES según visita realizada

#	Línea de Investigación	Infraestructura	Caudal (m^3/d)	Población (hab)	Parámetros de entrada: DBO_5 (mg O_2/L)	DQO (mg O_2/L)	SST (mg/L)	Nitratos (mg N/L)	CF (UFC/100 mL)	Dimensiones del sistema: Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad/Altura (m)	Área (m2)	Volumen (m3)	Dimensiones totales: Largo (m)	Ancho (m)	Diámetro (m)	Profundidad/Altura (m)	Área (m2)	Volumen (m3)	Observaciones
1	De la línea de humedales: FS, 2 *HAFV, 1 *HFH, *HAFS-HA, *HS. Análisis de muestreo: uno semanal en cada entrada salida. 5 muestreos al mes por semana	FS	20	100	300	500	220			11.7	3.9	1.1	45.6	54.8	11.7	3.9		1.5	45.6	68.4	
		HAFV	20	100	210	350	110			10.3	10.3	1	106.1	136.1	11.3	11.3		1.5	127.7	191.5	
		HAFV	20	100	210	350	110			10.3	10.3	1	106.1	136.1	11.3	11.3		1.5	127.7	191.5	
		HAFH	20	100	45	100	25	20		15.8	7.9	0.55	124.8	68.7	16.8	8.9		1.05	149.5	157.0	Se integra la altura del agua con la de salida en la arqueta
		HAFS	20	100	90	75	15		10000									1.2	600	720.0	
		HASL													3.7	4.2			15.5	0.0	Ambos lechos se deben de pegar en la pared interna
		HASL													3.7	4.2			15.5	0.0	Ambos lechos se deben de pegar en la pared interna
2	De filtros percoladores de baja tasa: *HAFT, FS, CS, LSD. Basico de muestreo: uno semanal en cada entrada salida. 5 muestreos al mes por semana	-	20	100	300	500	220			8.1	1.9						4.5		14	31.2	Área en planta, pero se reduce en altura por sedimentación
		HFT	20	100	210	350	110										3.3	3.5	9.5	29.9	Puede ir colocado elevado. No se requiere excavar. Agregar área canal de salida
		FS	20	100													3.4	2.5	13	38	Entronco corregir val. De excavación por cota. Considerar el área de arqueta de extracción de lodos
		DFE	20	100													3.6	2.5	10.2	29.4	
		LSD													3.2	2.7			8.6	8.6	Ambos lechos se deben de pegar en la pared interna
		LSD													3.2	2.7			8.6	8.6	Ambos lechos se deben de pegar en la pared interna
3	De filtros percoladores de alta tasa: UASB, FAT, CS, LSD. Basico de muestreo: uno semanal en cada entrada salida. 5 muestreos al mes por semana	UASB	160	800	300	500	220								4.1	4		3.2	32.8	52.8	
		FAT	160	800	120	200	99								3.2	4.5		8.0	36.2		Puede ir colocado elevado. No se requiere excavar. Agregar área canal de salida
		CS													3.9	2.5		11.9	29.8		Puede ir colocado elevado. No se requiere excavar. Agregar área canal de salida
		LSD													6.9	6.4			44.2	44.2	Ambos lechos se deben de pegar en la pared interna
		LSD													6.9	6.4			44.2	44.2	Ambos lechos se deben de pegar en la pared interna
4	De laguna anaerobia: LAVC, LSed, LSed. Basico de muestreo: uno semanal en cada entrada salida. 4 muestreos al mes por semana	LAVC	200	1000						14.3	14.3										Sin entronco
		LSed	200	1000						13.5	13.5						1.1		182.3		
		LSD								9.5	9								93.0	93.0	Ambos lechos se deben de pegar en la pared interna
		A																			Ver salto a de tamaño similar
5	De la línea de aireación extendida: RBA, CS, LSed, IRRADIANCIA DE DIFUSIÓN AMIENTO Y A DE SUPERFICIE EN EL INTERCAMBIO	RBA																			Revisión de parámetros y dimensionamiento
		CS																			Revisión de parámetros y dimensionamiento
		LSD																			Revisión de parámetros y dimensionamiento

Simbología:
FS: Fosa Séptica
HAFV: Humedal Artificial de Flujo Vertical
HAFV: Humedal Artificial de Flujo Vertical
HAFS: Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial
HFH: Humedal Artificial de Flujo Horizontal
T: Tanque Imhoff
FAFT: Filtro Percolador de Alta Tasa
CS: Clarificador Secundario
DFE: Digestor de Flujo Ascendente de Manto de Lodos
LSD: Lecho de Secado de Lodos
UASB: Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente
FAFT: Filtro Percolador de Alta Tasa
LAVC: Laguna Anaerobia de Mezcla Completa
LSed: Laguna de Sedimentación
LF: Laguna de Facultativa
RBA: Reactor Biológico