

Universidad de Matanzas “Sede “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de construcciones



Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Civil

Requerimientos constructivos y cálculo de factibilidad económica en el diseño de una Planta de Tratamiento de Residuales

Caso: Estudio de Oportunidad PTR Calle K

Autor: Madelén Gómez Pérez

Tutor: MSc Ing. Javier Romero

Matanzas, 2020

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Por medio de la presente declare que Madelén Gómez Pérez soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas a darle el uso que estime más conveniente.

Nota de Aceptación

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

Agradecimientos

A mi padre y mis hijos por su apoyo incondicional y sacrificio, mi familia por su colaboración, a mi tutor por su ayuda y comprensión, a todas las personas y amigos que creyeron en mí, sin ellos no hubiera sido posible éste trabajo.

MUCHAS GRACIAS

RESUMEN

La calidad del agua es un factor que limita la disponibilidad del recurso hídrico y restringe su uso. El aumento en la demanda de agua tiene como consecuencia un crecimiento en el volumen de los residuos líquidos, cuya descarga, sin una apropiada recolección, evacuación y tratamiento, perjudica la calidad de las aguas y contribuye con los problemas de disponibilidad del recurso hídrico.

Las inversiones en el sector del turismo toman en consideración no solo las posibilidades económicas del país, sino también las necesidades de preservar la riqueza y entorno natural, demandando sistemas de tratamiento para la 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 estas aguas, 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 del medio ambiente.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, y para dar respuesta a los residuales líquidos generados por el desarrollo turístico de los hoteles ubicados desde el Hotel Bella Costa hasta el Hotel Riu Las Morlas, se propone la planta que debe garantizar una calidad de agua de salida que permita su uso como agua de reúso para el riego de áreas verdes y/o su vertimiento al medio sin producir afectaciones.

En este proyecto se detallan los requerimientos constructivos, y factibilidad económica de obra que compone dicha planta.

Palabras claves: depuración, Demanda Biologica de Oxigeno, Planta Tratamiento de Residuales, recurso hídrico, sedimentador, lechos de secado.

ABSTRACT

Water quality is a factor that limits the availability of the water resource and restricts its use. The increase in the demand for water results in a growth in the volume of liquid waste, the discharge of which, without proper collection, evacuation and treatment, damages the quality of the water and contributes to the problems of availability of the water resource.

Investments in the tourism sector take into account not only the economic possibilities of our country, but also the needs to preserve our wealth and natural environment, demanding treatment systems for the solution of wastewater, which based on natural characteristics and landscapers of the place, allow to minimize any effect on the environmental impact, that generally produces the pouring of these waters, in a given ecosystem. That is why the search for sustainable solutions, for the treatment and reuse of wastewater, is essential for the conservation of our environment.

Taking this background into account, and to respond to the liquid residuals generated by the tourist development of the hotels located from the Hotel Bella Costa to the Hotel Riu Las Morlas, the plant is proposed that must guarantee a quality of outlet water that allows its use as reuse water for the irrigation of green areas and / or its discharge into the environment without causing damage.

This project details the construction requirements and economic feasibility of the work that makes up this plant.

KEY WORDS: purification, BOD, WWTP, water resource, settler, drying beds

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	7
Capítulo 1 Estudio del Arte y de la Práctica de la factibilidad de los Sistemas de Alcantarillado de Agua	14
1.1 Generalidades.....	14
1.2 Marco Conceptual.....	19
1.3 Factibilidad de las inversiones.....	21
Capítulo 2 Propuesta de la Tecnología para diseño de una planta de tratamiento y su factibilidad económica.....	24
2.1 Esquema tecnologico previsto.....	24
2.2 Características del residual a tratar.....	25
2.3 Volúmenes de agua residual a tratar.....	26
2.4 Descripción de los organos de tratamiento.....	26
2.5 Metodología de Cálculo de la PTR.....	39
2.6 Factibilidad de estudios de oportunidad.....	42
Capítulo 3 Aplicación del diseño en el estudio de la factibilidad en la planta de tratamiento de residuales en calle K.....	48
3.1 Generalidades.....	48
3.2 Estructura de la planta de tratamiento de Residuales.....	51
3.3 Línea de base ambiental.....	61
3.4 Evaluación económica.....	63
Conclusiones	69
Recomendaciones	72
Referencias Bibliográficas.....	73
Anexos.....	76

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los compuestos más abundantes de la naturaleza y cubre aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie de la tierra. Sin embargo, en contra de lo que pudiera parecer, diversos factores limitan la disponibilidad de agua para uso humano.

En la actualidad, más de 2600 millones de personas no tienen acceso a saneamiento básico en el mundo, la eliminación de aguas residuales no tratadas produce impactos ambientales negativos en los cursos de agua receptores, en función de la concentración de contaminantes que dichas aguas contengan.

La disposición de los líquidos residuales (sin tratamiento) o pre tratados (rejillas y desarenador) constituye una alternativa comúnmente empleada en el pasado, e incluso aún hoy día todavía existen zonas que mantienen esta práctica.

La carencia de una formación académica en las universidades de Latinoamérica que enfatice en la enseñanza de soluciones económicas, efectivas, constituye un obstáculo para remediar estas graves deficiencias; las tecnologías convencionales enseñadas por los docentes resultan, en más de la mitad de los casos, inapropiadas y además, inalcanzables, dadas las limitaciones financieras, técnicas y administrativas de los países pobres donde el déficit de estos servicios básicos es crítico y las necesidades en saneamiento crecen a un ritmo mucho mayor que sus recursos económicos.

En Colombia con el advenimiento de nuevas tecnologías, sustancias químicas y productos, se han incrementado ostensiblemente el aporte y el nivel contaminante de los vertidos líquidos, la mayoría sin ningún tipo de tratamiento, a los ecosistemas acuáticos, únicamente el 9% de las aguas residuales que se generan en el país, son tratadas y que, adicionalmente, se tiene un déficit de cerca de 900 depuradoras.

En Cuba con la aprobación de la Ley del Agua en el 2018 que entre sus principios rige el reconocimiento del uso al agua potable y el saneamiento como derecho esencial, se han

incrementado los estudios y construcción de plantas de tratamientos de residuales para mitigar las graves amenazas para la calidad de vida de sus habitantes.

Una planta de tratamiento es un sistema que reproduce los mecanismos de depuración que tienen lugar naturalmente en el suelo y las aguas. En las plantas de tratamiento se optimizan los procesos físicos y bioquímicos, así como los costos que ello implica, haciendo un uso intensivo del área y procurando conseguir la mayor eficiencia posible, a la vez que se respetan las restricciones o exigencias de la normativa con el objeto de proteger el cuerpo receptor (ecosistema) y no afectar los usos que el hombre realiza del mismo.

En la actualidad las inversiones que se realizan para la mejora de la calidad de vida de la población no cuenta con elementos valorativos que muestren el beneficio no solo social a obtener, pese a existir elementos para su cálculo.

Por esta razón, siempre ha sido en el país de gran importancia para la salud, el bienestar de la población, el desarrollo del mismo y la mitigación de los impactos ambientales negativos, por lo que se requiere tratar las aguas, cambiar los métodos de evaluación de las inversiones que se habían estado empleando, siendo un aspecto fundamental del cual depende la recuperación de la inversión o negocio y su rentabilidad; por lo cual, si no es posible cuantificarlo, no se podrá justificar la inversión y lo más importante, conocer su efecto en la economía.

En el Decreto 327/2014 del Reglamento del Proceso Inversionista se define en el **ARTÍCULO 108.-** La fase de pre-inversión constituye el inicio del proceso inversionista y se corresponde con el proceso de identificación del asunto que motiva la inversión; formulación de la inversión y la proyección de su posterior explotación, generación de alternativas y su selección, mediante un proceso de evaluación. Las decisiones tomadas en esta fase, una vez comenzada la ejecución, tienen generalmente un carácter irreversible.

Siendo necesario antes de iniciar con detalles el estudio y análisis comparativo de las ventajas y desventajas que tendrá determinado proyecto de inversión, realizar un estudio

de oportunidades de la misma, el cual consiste en una breve investigación sobre el marco de factores que afectan el proyecto, así como de los aspectos legales. El estudio se lleva a cabo con el objetivo de contar con información sobre el proyecto a realizar, mostrando las alternativas que se tienen y las condiciones que rodean el proyecto desde su concepción hasta la puesta en marcha de las capacidades de producción y servicios a través de estudio de factibilidad técnico-económico donde se resume los principales aspectos técnicos, económicos, financieros y ambientales que caracterizan la inversión propuesta y que fundamentan la necesidad y viabilidad de su ejecución.

Es importante contemplar que debe estar estudiado a profundidad los ingresos conociéndose en detalle su magnitud y destino, considerando que los ahorros que genera una inversión pueden considerarse como Ingresos para recuperar la misma. En la actualidad las inversiones que se realizan para la mejora de la calidad de vida de la población no cuenta con elementos valorativos que muestren el beneficio económico a obtener, pese a existir elementos para su cálculo y solo se refleja el beneficio social previsto.

Igualmente las inversiones en el sector del turismo toman en consideración no solo las posibilidades económicas de nuestro país, sino también los sistemas de tratamiento para la 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 estas aguas, 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 del medio ambiente.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, y para dar respuesta a los residuales líquidos generados por el desarrollo turístico de los hoteles ubicados desde el Hotel Bella Costa hasta el Hotel Riu Las Morlas, la planta de tratamiento de residuales debe garantizar una calidad de agua de salida que permita su uso como agua de reúso para el riego de áreas verdes y/o su vertimiento al medio sin producir afectaciones requiriéndose recibir un volumen de residuales equivalente a 2079 habitaciones.

En este trabajo se detallan a nivel de esquema y con uso de hoja excel los requerimientos de diseño constructivos, de los objetos de obra que componen dicha planta, así como la valoración de la factibilidad de la ejecución de esta inversión.

Problema de investigación existente.

En la península de Hicacos no se cuenta con una planta de tratamiento de agua residual que de tratamiento a los mismos al 100 % de todos los hoteles, ocasionando impactos negativos sobre el medio ambiente, problemas de salud.

La falta de tratamiento contribuye a la proliferación de moscas y mosquitos causantes de enfermedades transmisibles como el dengue y enfermedades gastrointestinales que pueden afectar a la comunidad, lo que conlleva a dar solución a la siguiente pregunta ¿Cómo implementar un tratamiento que garantice una remoción de contaminación por la descarga de esta agua residual a las fuentes hídricas en la Bahía de Cárdenas y se pueda medir su impacto económico y social?

Por lo que se plantea como **situación problemática** la aplicación de mejora de la calidad de vida de la población y el cálculo valorativos del impacto económico a obtener.

Dado las condiciones anteriores se plantea como **problema científico** la ausencia de una guía de trabajo para obtener los impactos económicos y sociales en los estudios de factibilidad de diseño de una planta de tratamiento de residuales.

De acuerdo al problema científico se deriva la siguiente:

Hipótesis:

Si se diseña un modelo para el cálculo de oportunidades del diseño de planta de tratamiento de residuales se lograría obtener los beneficios de prefactibilidad e impacto económico en la construcción de ésta.

De la hipótesis se derivan las siguientes variables:

Variables independientes:

- Impacto medioambiental del entorno.
- Mejoramiento del diseño de oportunidades utilizado y su cálculo de beneficios.

Variables dependientes:

- Consideraciones, aspectos y parámetros a tener en cuenta en el modelo de cálculo del diseño de una planta de tratamiento de residuales y los beneficios de prefactibilidad e impacto económico.

Objetivos General

Proponer el diseño de las oportunidades de un proyecto de planta de tratamiento de aguas residuales para mejorar el vertimiento de residuales en las fuentes hídricas en la Bahía de Cárdenas.

Objetivos Específicos

- Generar los diseños básicos de una planta de tratamiento de agua residual, para la remoción del 80% de carga de la demanda biológica de oxígeno y sólidos suspendidos totales.
- Obtener la valoración económica de la factibilidad de la planta de tratamiento de agua residual.

Campo de acción

Implementar el diseño de oportunidades de un proyecto de planta de residuales que garantice la eliminación de la contaminación en las aguas con impacto económico.

La tesis estará estructurada en introducción, para un mejor resultado, el desarrollo de este trabajo se ha dividido en tres grandes capítulos.

Capítulo 1 **Estudio del Arte y de la Práctica de la factibilidad de los Sistemas de Alcantarillado.** Desarrolla todo el marco teórico asociado con la investigación, su valoración de la factibilidad y aplicación en Cuba y mundialmente y la influencia de la factibilidad de las inversiones se exponen además criterios aportados por la autora en el trabajo.

Capítulo 2 **Propuesta de la Tecnología para diseño de una planta de tratamiento y su factibilidad económica** Explica la investigación metodológica desarrollada acorde a la norma NC 27-2012 “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado”, para el diseño de la planta de tratamiento de los residuales líquidos, mediante un estudio de oportunidad con el objetivo de contar con información sobre el proyecto a realizar, mostrando las alternativas que se tienen y las condiciones que rodean el proyecto e introduce los elementos valorativos que muestren el beneficio social a obtener y su impacto económico y social.

Capítulo 3 **Aplicación del diseño en el estudio de la factibilidad de la planta de tratamiento de residuales de Calle K** Muestra la caracterización del sistema de tratamiento de residuales, por partes componentes del sistema definiendo las acciones y evaluando las inversiones a partir del esquema tecnológico propuesto, para la distribución de los objetos de obra se consideró la influencia de los vientos predominantes, teniendo en cuenta que la planta está en la cercanía de un hotel.

Para ello se utilizaron técnicas como observación directa de los efectos actuales del vertimiento de residuales, la obtención de información preliminar, de acuerdo al Plan de Desarrollo Municipal, y el análisis físico – químico de los vertimientos que se producen en las estaciones de bombeo de residuales. En un libro EXCEL se realiza la simulación mediante el software WaterCad y se calcula el volumen y las dimensiones óptimas para los diferentes usuarios basados en las Normas de consumo y coeficientes de irregularidad establecidos según NC 973:2013 y los costos óptimos para su realización, operación y mantenimiento y PRECONS II en la evaluación económica que se realizan para la mejora de la calidad de vida de la población que son muy útiles para el desarrollo de la investigación, pues bajo las condiciones actuales que vive el país, con el

reordenamiento de la economía nacional, y la crisis económica internacional, toma gran importancia.

Finalmente un cuerpo de conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación realizada así como la bibliografía consultada y un grupo de anexos de necesaria inclusión como complemento de los resultados expuestos.

CAPÍTULO 1: “ESTUDIO DEL ARTE Y DE LA PRÁCTICA DE LA FACTIBILIDAD DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO DE AGUA”

1.1 Generalidades

Las aguas residuales y su tratamiento son un tema de gran importancia, ya que el agua no es abundante en todas las partes del planeta y hoy en día debido al cambio desmedido de la temperatura ha provocado sequías y racionamiento de agua que han afectado a toda población en los últimos años. Por eso se requiere cuidar el agua e insistir en aplicar un correcto tratamiento de aguas para así contribuir con el cuidado de la misma.

Basado en la ley del agua aprobada en el 2018 y referente a que compete al saneamiento y específicamente al tratamiento de aguas residuales, estipulándose que el agua residual debe devolverse al medio ambiente en condiciones tales que no la deteriore.

Por lo anteriormente planteado, es necesario que existan todos los servicios básicos indispensables.

Al implementar este tratamiento se obtendrá reducción del nivel de contaminación del cuerpo receptor, aumento de los niveles de oxígeno disuelto, de flora y fauna característica, reducirá la vulnerabilidad a las enfermedades infecciosas, mejorará la calidad de vida de los habitantes al igual que la imagen urbana y esto ayudará al desarrollo integral de la ciudad.

Por ende, es criterio de la diplomante que se hace necesario realizar una propuesta de diseño hidráulico de tratamiento de las aguas residuales en su etapa de estudio de oportunidades en la zona de la Península de Hicacos que beneficiará a futuras generaciones.

Una planta de tratamiento es un sistema que reproduce los mecanismos de depuración que tienen lugar naturalmente en el suelo y las aguas. En las plantas de tratamiento se optimizan los procesos físicos, bioquímicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano y toda aquella sustancia o componente que pueda producir daños al medio ambiente y riesgos para la salud humana; así como los costos que ello implica, haciendo un uso intensivo del área y procurando conseguir la mayor eficiencia posible, a la vez que se respetan las restricciones o exigencias de la normativa con el objeto de proteger el

cuerpo receptor (ecosistema) y no afectar los usos que el hombre realiza del mismo. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) químicos convenientes para su disposición o reúso.

Es de gran importancia para la salud, el bienestar de la población, el desarrollo del país, y la mitigación de los impactos ambientales negativos tratar las mismas.



Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías – y eventualmente bombas – a una planta de tratamiento. Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetos a regulaciones y estándares locales, estatales (regulaciones y controles). A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

Se sabe que las aguas residuales albergan microorganismos que causan enfermedades (patógenos), incluyendo virus, protozoos y bacterias. Los organismos patogénicos pueden originarse en los individuos infectados o en animales domésticos o salvajes, de los cuales pueden o no presentar señales de enfermedad. La diarrea y la gastroenteritis se encuentran entre las principales causas de muerte en el mundo y en la región

latinoamericana. El agua no segura para beber y la contaminación a través de los desechos inadecuados de aguas negras son responsables por la gran mayoría de estas muertes. Este es un problema que está directamente relacionado con la presencia de enfermedades infecciosas tales como el cólera, hepatitis, disentería, gastroenteritis y muchas otras.

De acuerdo al Banco Mundial, más de 300 millones de habitantes de ciudades en Latinoamérica producen 225,000 toneladas de residuos sólidos cada día. Sin embargo, menos del 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades reciben tratamiento. Con la ausencia de tratamiento, las aguas negras son por lo general vertidas en aguas superficiales, creando un riesgo obvio para la salud humana, la ecología y los animales. En Latinoamérica, muchas corrientes son receptoras de descargas directas de residuos domésticos e industriales. La contaminación del suelo ocurre tanto en áreas urbanas como rurales.

El tratamiento de aguas residuales es necesario para la prevención de la contaminación ambiental y del agua potable, al igual que para la protección de la salud pública. Mientras que cada región tiene sus propias necesidades correspondientes a métodos de tratamiento particulares, cierto número de opciones tradicionales y modernas de tratamiento se encuentran disponibles al diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales. Es necesario hacer una evaluación del nivel óptimo de tratamiento requerido, al igual que una evaluación práctica de cuales métodos de tratamiento están dentro del presupuesto. En aquellas áreas donde no es factible construir plantas convencionales de tratamiento de aguas residuales podrían emplearse muchas otras opciones naturales de tratamiento. El manejo efectivo de éstas debe dar como resultados un efluente ya sea reciclado o reusable o uno que pueda ser descargado de manera segura en el medio ambiente.

El tratamiento de aguas en Colombia se ha convertido en uno de los problemas ambientales más críticos y crecientes. La descarga de aguas residuales domésticas y los vertimientos agropecuarios están contaminando los ríos, las aguas subterráneas, los humedales y las represas de agua, causando un grave daño al medio ambiente y a la salud humana". (Cárdenas, 2015).



Actualmente, se ha logrado en los sistemas de tratamiento implantados en la Comunidad Valenciana una la depuración de aguas residuales urbanas, comprendiendo distintos caudales de diseño y depuración, distinta carga contaminante entrante, así como distintas fases de tratamiento o tipos de tratamiento y/o diferente capacidad de reutilización del efluente producido.

A partir de este análisis, se establece el estado de la depuración en función de distintas variables como, principalmente, el tipo de tratamiento, el tamaño de la instalación, el coste económico, el caudal de diseño y caudal depurado, la carga contaminante o la calidad del agua producida.(INTERNET).

Igualmente desde 2017, la empresa pública Acosol S.A. gestiona los servicios del Ciclo Integral del Agua y, en lo referente al saneamiento, recoge el agua residual de las redes municipales, conduciendo estas aguas hasta las distintas plantas de tratamiento de Agua Residual,de las 7 PTR que operan, 4 de ellas disponen sistemas de tratamiento por lodos activados y estabilización mediante digestión anaerobia y 1 mediante biofiltración y digestión anaerobia de los lodos, lo que hace un total de 5 de 7 con instalaciones de digestión anaerobia de lodos. (Lorenzo Rivas,2012)

La meta del tratamiento de aguas residuales nunca ha sido producir un producto estéril, sin especies microbianas, sino reducir el nivel de microorganismos dañinos a niveles más seguros de exposición, donde el agua es comúnmente reciclada para el riego o usos industriales.

Los pasos básicos para el tratamiento de aguas residuales incluyen:

1. Pretratamiento—remoción física de objetos grandes.
2. Deposición primaria—sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos.
3. Tratamiento secundario—digestión biológica usando lodos activados o filtros de goteo que fomentan el crecimiento de microorganismos.
4. Tratamiento terciario—tratamiento químico (por ejemplo, precipitación, desinfección). También puede utilizarse para realzar los pasos del tratamiento primario.

El presente proyecto tiene como propósito realizar el diseño hidráulico de la planta de tratamiento de aguas residuales a partir de la necesidad de eliminar toda aquella sustancia o componente que pueda producir daños al medio ambiente y riesgos para la salud humana. (Cárdenas, 2015)

1.1.1 Etapas del tratamiento en una planta de tratamiento de residuales

1.1.1.1 Tratamiento preliminar. Los tratamientos preliminares habitualmente son físicos e implican la reducción de sólidos en suspensión y el acondicionamiento de las aguas residuales para los posteriores procesos de tratabilidad. Los tratamientos preliminares fundamentales en un sistema de tratamiento de aguas residuales, son:

1.1.1.2 Cribado. El cribado es la operación utilizada para separar el material grueso del agua, mediante el paso de ella por una criba o rejilla. El sistema de rejilla es el sistema más utilizado para remover el material contaminante grueso como basuras, de acuerdo con el método de limpieza, las rejillas son de limpieza manual o mecánica. (Romero, 2014)

1.1.1.3 Desarenador. Esta estructura tiene como objetivo eliminar mediante la sedimentación las arenas, gravas, barro, las partículas más o menos finas de origen inorgánico de manera que la arena retenida no arrastre materias contaminadas, presentes en el agua captada, con el fin de evitar que se produzcan sedimentaciones en los canales y

conductos, para proteger las partes móviles de los equipos contra la abrasión y evitar sobrecarga de sólidos en las unidades de tratamiento biológico.

1.2 MARCO CONCEPTUAL

1.2.1 Afluente: “El concepto de afluente es habitual en la hidrología en referencia al cuerpo de agua cuya desembocadura no se produce en el mar, sino que lo hace en un río superior o de mayor importancia. El afluente o tributario se une al efluente en el sitio o zona conocida como confluencia.” (Lorenzo Rivas, 2012)

1.2.2 Aireación: “La aireación es el proceso mediante el cual el agua se pone en contacto íntimo con el aire para modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella, su función principal en el tratamiento de agua residuales es proporcionar oxígeno y mezcla en los procesos de tratamiento biológico aerobio.” (Romero, 2014)

1.2.3 Saneamiento básico. Es el mejoramiento y la preservación de las condiciones sanitarias óptimas de Fuentes y sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano. Disposición sanitaria de excrementos. Manejo sanitario de los residuos sólidos, conocidos como basura. (Romero, 2014)

1.2.4 Aguas residuales. Son los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios). Las aguas residuales se clasifican Como:

- Aguas Residuales Domésticos. Residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento.
- Aguas Residuales Industriales. Las Aguas Residuales provenientes de las descargas de Industrias. Las Aguas Residuales también se definen por su contenido de contaminantes que esta porta.
- Aguas negras .Las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.
- Aguas grises a las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y

coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros.

1.2.5 Coliformes. Bacteria principal del grupo, la *Escherichia coli*, descubierta por el bacteriólogo alemán Theodor von Escherich en 1860. Los coliformes tienen características bioquímicas e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. (Lorenzo Rivas, 2012)

1.2.6 D.B.O. (demanda biológica de oxígeno) de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias, hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg / l. Cuando se necesita comprobar el estado o la calidad del agua, la demanda biológica de oxígeno es un parámetro fundamental para esta medición. Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla degradarla. (Hernandez Muñoz, 2016)

1.2.7 D.Q.O. “La Demanda Química de Oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo”. (Rodriguez, 2016)

1.2.8 Lodos activados. “En este tratamiento las aguas a tratar se introducen en un reactor donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión. En el reactor se produce la transformación de los nutrientes en tejido celular y diversos gases. La demanda de oxígeno se atiende mediante difusores o aireadores mecánicos. Las bacterias constituyen el grupo más importante de microorganismos en el proceso de lodos activados, siendo muy comunes la de los géneros *Alcaligenes flavobacterium*, *bacillus* y *pseudonomas*, otros microorganismos presentados son los hongos.”

1.2.9 Densidad de Población: “Número de personas que habitan dentro de un área bruta o neta determinada.” (Lorenzo Rivas, 2012)

1.2.10 Desaneradores: “Cámara diseñada para permitir la separación gravitacional de solidos minerales (arena)”. (Lorenzo Rivas, 2012)

1.2.11 Eficiencia del Tratamiento: “Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el efluente, para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico, normalmente se expresa en porcentaje.” (Romero, 2014)

1.2.12 Emisario Final: “Colectores cerrados que llevan parte o la totalidad de las aguas lluvias, sanitarias o combinadas de una localidad hasta el sitio de vertimiento o a las plantas de tratamiento de aguas residuales.” (Lorenzo Rivas, 2012)

1.2.13 Población Servida: “Número de habitantes que son servidos por un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales”. (Lorenzo Rivas, 2012)

1.2.14 Resolución No.421/2012 MFP. Aprueba las tarifas en pesos cubanos (CUP) y pesos convertibles (CUC), para el cobro de los servicios de provisión, abasto de agua, y servicios de saneamientos, que prestan las entidades del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos al sector no residencial.

1.2.15 NC 1238/2018 Especificaciones para el diseño y construcción de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial. Esta Norma Cubana tiene por objeto brindar las especificaciones técnicas para proyectar y construir tanto total como parcialmente, sistemas de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial incluyendo las tuberías de Polietileno.

1.3 Factibilidad de las inversiones

La Fase de Preinversión constituye el inicio del proceso inversionista y se corresponde con el proceso de identificación del asunto que motiva la inversión; formulación de la inversión y la proyección de su posterior explotación, generación de alternativas y su selección, mediante un proceso de evaluación. (Hidalgo L, Méndez E. 2019)

Las normas del proceso inversionista tienen como objetivo contribuir a la eficiencia, racionalidad e integralidad a través de los principios de considerar la preparación, planificación, contratación, ejecución y control de las inversiones como un sistema desde su concepción hasta la puesta en marcha de las capacidades de producción y servicios a través de estudio de factibilidad técnico-económico donde se resume los principales

aspectos técnicos, económicos, financieros y ambientales que caracterizan la inversión propuesta y que fundamentan la necesidad y viabilidad de su ejecución.

Toda evaluación requiere de los siguientes elementos fundamentales:

- Costo de Inversión
- Ingresos por Venta y por otros conceptos
- Costos de Operación
- Fuentes de Financiamiento
- Ingresos o Beneficios

Por esta razón reviste gran importancia la preparación de los terrenos en los cuales se hará la inversión y/o las obras inducidas directas, construcción y montaje de dicha inversión y el funcionamiento de la misma, ya que esto conlleva a un gasto de equipos, instalaciones y otros factores que pueden llevar consigo grandes gastos y afectaciones en áreas urbanas densamente pobladas creando inconvenientes en la inversión.

Conclusiones parciales del capítulo

1. Basado en la Ley del agua aprobada en el 2018 relacionado con el saneamiento y específicamente al tratamiento de aguas residuales, se estipula que el agua residual debe devolverse al medio ambiente en condiciones tales que no la deteriore.
2. Las aguas residuales y su tratamiento son un tema de gran importancia, hoy en día debido al cambio desmedido de la temperatura ha provocado sequías y racionamiento de agua que han afectado a toda población en los últimos años. Por eso se requiere cuidar el agua e insistir en aplicar un correcto tratamiento de aguas para así contribuir con el cuidado de la misma.
3. De acuerdo al Banco Mundial, más de 300 millones de habitantes de ciudades en Latinoamérica producen 225,000 toneladas de residuos sólidos cada día. Sin embargo, menos del 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades reciben tratamiento
4. Una planta de tratamiento es un sistema que reproduce los mecanismos de depuración que tienen lugar naturalmente en el suelo y las aguas, con la construcción se obtendrá una reducción del nivel de contaminación del cuerpo receptor, reducirá la vulnerabilidad a las enfermedades infecciosas, mejorará la calidad de vida de los habitantes al igual que la imagen urbana lo que ayudará al desarrollo integral de la ciudad.
5. El presente proyecto tiene como propósito realizar el diseño hidráulico de la planta de tratamiento de aguas residuales a partir de la necesidad de eliminar toda aquella sustancia o componente que pueda producir daños al medio ambiente y riesgos para la salud humana

CAPÍTULO 2: “PROPUESTA DE LA TECNOLOGÍA PARA DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO Y SU FACTIBILIDAD ECONÓMICA”.

Las inversiones en el sector del turismo toman en consideración no solo las posibilidades económicas del país, sino también las necesidades de preservar nuestra riqueza y entorno natural, demandando sistemas de tratamiento para la 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 estas aguas, 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 del medio ambiente. (Pérez Lantigua L. , 2016)

En los antecedentes de la implementación del Decreto Ley 327/14 del reglamento del Proceso Inversionista se define como deficiencias la falta de calidad y rigor en la elaboración de los estudios de factibilidad e insuficiente capacidad profesional para elaborarla, la preinversión o estudio de oportunidades es el eslabon más débil del proceso así como la inexistencia de una herramienta que permita gestionar el proceso inversionista en esta etapa.

2.1 Esquema tecnológico previsto:

Se prevé el siguiente esquema tecnológico, basado en los siguientes procesos generales de tratamiento:

- Pretratamiento: Sistema combinado compacto con tamizado, desarenado y desengrasado y un tanque homogeneizador.
- Tratamiento Secundario: (proceso de lodos activados con nitrificación-desnitrificación) tanque de anoxia; tanque de aireación y decantador circular.
- Tratamiento terciario: Filtración y desinfección.
- Tratamiento de lodos: Espesador y lechos de secado.

2.2 Características del residual a tratar.

Acorde a 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):

2.2.1 Características del residual a tratar.

Tabla 2.1 según NC 27-2012

<i>LMP según NC 27-2012:</i>	<i>u.m</i>	<i>Magnitud</i>
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 suspendidos totales	mg/L	250
N _{KT}		60
P _T		15

2.2.2. 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 “C”, zonas marinas donde se desarrolla la pesca y reproducción:

Tabla 2.2 Características del agua tratada.

<i>Características del agua tratada:</i>	<i>u.m</i>	<i>Magnitud</i>
DQO	mg/L	75
DBO ₅	mg/L	30
Sólidos en Suspensión	mg/L	30

Sólidos Sedimentables	mL/L	5
N _{TK} .	mg/L	20
P _T .	mg/L	7
Grasas y aceites.	mg/L	15
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	200

2.3. Volúmenes de agua residual a tratar.

Para el cálculo de los volúmenes de agua residual a tratar se considera un aporte sanitario (APSA) del 90,0 %,

Los caudales de diseño de la planta son los siguientes:

- Caudal diseño para tratamiento biológico: 25,00 L/s= 2160,00 m³/d.
- Caudal máximo horario entrada de la PTR≈ 41,40 L/s, gasto para el cual debe estar diseñado la estación de bombeo de entrada y el pretratamiento.

Se considerará como dotación o índice de consumo 1,00 m³/habitación/d. En el caso que los usuarios (hoteles) puedan disminuir el consumo, la PTR podría tratar un mayor número de habitaciones, pero esto se determinará cuando todos los usuarios y la planta estén estabilizados en su funcionamiento.

2.4. Descripción de los órganos de tratamiento.

2.4.1. Pretratamiento

El pretratamiento estará constituido por una unidad combinada compacta fabricada en acero inoxidable, para la eliminación de sólidos, grasas y arena, con una eficiencia esperada de 90%; colocada sobre la losa de cubierta del tanque homogenizador. Se prevé una conexión de bypass directo al tanque homogenizador a la entrada de la unidad combinada en caso de rotura.

Tabla 2.3. Características del Sistema combinado de pretratamiento.

<i>Características:</i>	<i>u.m</i>	<i>Cantidad</i>
Caudal máximo	L/s	45,00
Conexiones entrada y salida	mm	200
Tamiz paso de malla	mm	3
Sinfín inclinado extracción y compactador de sólidos potencia estimada	kW	1,10
Desarenador: transportador sinfín horizontal y extracción sinfín inclinado potencia estimada		0,92
Desengrasador con rasqueta potencia estimada		0,18
Sistema de aireación por difusores y soplante; potencia estimada		0,55

2.4.2. Tanque homogenizador

Depósito para la laminación de caudales, conformado por elementos de hormigón fundido “in situ”, recepciona el caudal proveniente de la unidad de pretratamiento. Cuenta con un volumen útil de 291,60 m³ además de utilizar un volumen adicional de 81,00 m³. El volumen útil absorbe las variaciones del caudal; mientras que el adicional se requiere para mantener un nivel mínimo para la aireación en el tanque, que evite la proliferación de olores desagradables.

La regulación del caudal de tratamiento, a un valor promedio de 90 m³/h (25 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.
- Diminución 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.

Para la aireación y mezcla del residual evitando la sedimentación de partículas se instalará un aireador sumergido con auto aspiración de aire, tipo Venturi-Jet. Se prevé la instalación en seco de este equipo y funciona de forma temporizada, controlado por sensores de nivel mínimo y máximo. Tiene un inconveniente y es el riesgo de atascamiento funcionando con agua bruta, por lo que se debe prestar atención cuando el sistema combinado de pretratamiento no esté funcionando y el residual entre directamente al tanque. Se prevé la operación de mando automático de los equipos.

2.4.3 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, 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.

2.4.3.1. Tanque de anoxia.

El tanque es anóxico ya que hay ausencia 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 Demanda Biológica de Oxígeno (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.

Para el volumen del tanque se consideró una desnitrificación rápida consiste en utilizar toda la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) rápidamente degradable y no prolongar más la anoxia, con objeto de conseguir la mejor relación eficacia-volumen de anoxia; (Hernández Muñoz 2016) con 1 hora de anoxia se consigue una reducción apreciable de nitrato del 35 % al 45 %. El volumen del tanque, conformado en hormigón armado fundido “in situ”, será de 318 m³, siendo un 23 % del volumen del tanque de aireación.

2.4.3.2 Tanque de aireación

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.

El tanque de aireación conformado en hormigón fundido “In situ”, presenta cuatro compartimientos de aireación que disponen de un sistema de parrillas con difusores de burbuja fina fijadas al fondo de los compartimientos y tres equipos soplantes de émbolos rotativos (2+1) que operan mediante un sistema automático de regulación de caudal, que

a partir de una sonda medidora de oxígeno disuelto regula la cantidad de oxígeno necesario para un rendimiento máximo del sistema.

Los cálculos de la demanda de oxígeno, para la transformación por vía biológica de la materia carbonácea, fueron estimados a partir de las ecuaciones desarrolladas por Eckenfelder, basadas en que el oxígeno requerido, es el necesario para síntesis y para que se realicen las reacciones de oxidación, o de respiración endógena de la masa celular.

La recirculación interna prevista del licor nitrificado, en una relación de hasta el 140 % del caudal promedio, proveniente del tanque de aireación hasta el tanque de anoxia, se realizará mediante un grupo de bombeo (1+1 reserva) de montaje horizontal en seco y carga de succión positiva, que tomará de cada compartimiento.(Rodríguez Lastre F, Rodríguez Carmona L, 2016)

En la concepción de este sistema, tenemos como ventajas las siguientes:

1. El proceso de lodos activos, con nitrificación-desnitrificación en etapas separadas, es de alta estabilidad y confiabilidad de funcionamiento, resistente a las cargas de choque orgánicas, además de ser reducidos sus requerimientos de explotación.
2. Los fangos con un tiempo de residencia superior a 10 días, salen estabilizados del reactor, por lo cual no requieren de un proceso de digestión adicional. Sus volúmenes son relativamente reducidos.
3. Se prevé el empleo de compartimientos de aireación, con parrillas de aireación fijadas al fondo, lo cual permite el mantenimiento o recambio de los difusores, con solo realizar el vaciado de un compartimiento manteniendo los demás en funcionamiento sin la consiguiente paralización de la planta.
4. El control automático de los equipos soplantes de aireación, mediante la señal del sensor de oxígeno disuelto, contribuye a estabilizar el proceso de lodos activos y a humanizar la forma operacional de la misma.
5. La toma de succión del grupo de bombeo de recirculación del licor nitrificado, directamente del tanque de aireación, evita una sobrecarga excesiva de sólidos a los

decantadores, así como la flotación de fangos en los mismos, debido a una desnitrificación incontrolada.

Tabla 2.4 Características del proceso de lodos activados:

<i>Características</i>	<i>u.m</i>	<i>Cantidad</i>
Capacidad de tratamiento.	m ³ /d	2 160,00
Masa de la DBO ₅ del agua a tratar.	kg/d	562,00
Masa de la DBO ₅ del agua tratada.	kg/d	57,00
Masa de la DBO ₅ a remover.	kg/d	505,00
Eficiencia exigida de remoción DBO ₅ .	%	90,00
Masa del N _{KT} del agua a tratar.	kg/d	113,00
Masa del N _{KT} del agua tratada.	kg/d	38,00
Masa del N _{KT} a remover.	kg/d	75,00
Eficiencia exigida de remoción N _{KT} .	%	67,00
Longitud del tanque de aireación	m	15,50
Ancho del tanque de aireación	m	20,00
Profundidad del líquido en los compartimientos.	m	4,60
Volumen del tanque de aireación	m	1 426,00
Volumen útil total, disponible para el proceso de lodos activados	m ³	1 744,00
Carga másica de operación (F/M)	kg DBO ₅ /kg SSLM.d	0,105
Carga volumétrica	kg DBO ₅ /m ³ .d	0,32
Concentración de sólidos en el tanque.	g SSLM/m ³	3 065
Tiempo de retención hidráulico, TRH.	h	19,38
Edad del fango.	d	14,81
Masa de fangos en exceso.	kg SST/d	361,01
Volumen estimado de fangos en exceso, concentración del 1,2 %.	m ³ /h	25,50
	L/s	7,08

<i>Características</i>	<i>u.m</i>	<i>Cantidad</i>
Coeficiente estimado de transferencia de oxígeno, Kt.	-	0,48
Requerimientos de oxígeno (promedio) en condición estándar de operación, incluyendo la nitrificación.	kg O ₂ /h	81,30
Requerimientos de oxígeno (en punta) en condición estándar de operación, incluyendo la nitrificación.	kg O ₂ /h	113,49
Caudal (en punta) requerido de aire.	Nm ³ /h	1 475,00
Caudal (promedio) requerido de aire.		1 056,00

2.4.3.3. Sistema aireación.

Los beneficios del proceso se logran manteniendo una concentración oxígeno disuelto (OD), disuelto 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.

Donde no existe control de aireación automatizado ni adecuada concentración de OD en la aireación, aparecen los siguientes problemas:

- Aumento del volumen del fango en la decantación secundaria.
- Inhibición de la actividad biológica.

- Cultivo de bacterias filamentosas.

Por otra parte, la aireación excesiva puede tener como resultado problemas de sedimentación, rompiendo los flóculos del fango activado.

El consumo de energía en la aireación normalmente asciende a un 50% o 60 % del total de la demanda de energía y a un 30% de los costes operativos en las plantas de fangos activados. Debido a lo elevado de dichas cifras, se puede lograr enormes ahorros mediante pequeñas mejoras en el sistema de control. En general, automatizar el control de OD puede reducir de un 25% a un 40% los costos de energía, pero son posibles cifras de hasta un 50%.

Equipos Soplantes: Están compuestos por dos equipos de trabajo y uno de reserva activa y su control automático de funcionamiento, se prevé de realizar como sigue:

- Control principal de funcionamiento para los equipos, por variador de velocidad, a nivel constante de oxígeno, según señal analógica del equipo sensor de oxígeno. Display de proceso con teclado, a colocar en un panel de mando auxiliar, para la imposición (fijación) del nivel de oxígeno de trabajo. Funcionamiento del equipo N°1 por variador de velocidad y arranque/parada automático de los equipos N°2 y 3, a través del contacto electromagnético. Alarma en caso de bloqueo del variador. Alternancia en el funcionamiento. Conmutación automática cada 24 h, del orden de arranque de los equipos.
- Control secundario opcional de funcionamiento para los equipos, por temporizador.

2.4.4. 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.

Decantador circular es de flujo radial, con 16,00 m de diámetro conformado en hormigón armado fundido “in situ” y equipado con un puente raspador de tracción periférica.

El líquido proveniente del tanque de aireación entra al sedimentador mediante una tubería Dn 250 mm PEAD por una columna central y un deflector metálico lo distribuye de forma proporcional en toda el área siguiendo un flujo radial y ascendente.

El líquido sedimentado, se incorpora por unas canaletas perimetrales, hacia el tratamiento terciario. Las canaletas perimetrales con vertedores metálicos de perfil triangular “Thompson” y deflectores, ambos de acero inoxidable, a fin de lograr la mayor eficiencia en la separación de sólidos. Debido a que con frecuencia el operador debe limpiar la canal de salida por la formación de algas, y evitando que estas pasen al tratamiento terciario afectando la filtración, se prevé para este proceso una tubería de salida con válvula de cierre Dn 250 mm hacia un registro de alcantarillado que va al vertimiento final.

Las espumas y flotantes se conducen por raspado superficial, hacia una caja recolectora, donde se evacúan hacia un registro de acumulación, para ser bombeadas hacia el espesador de fangos.

El fondo posee una inclinación del 10 %, desde las paredes perimetrales hacia el centro del decantador, lo cual favorece la concentración por raspado, de los lodos sedimentados en un pozo central.

Los equipos de bombeo (1+1 reserva), desde el cual se realiza la recirculación biológica, prevista hasta el 100 %, se prevé con control automático por temporizador, comprobando mediante análisis del Cono de INHOFF, que el índice de MOHLMANN o de concentración de SSLM, el cual determina la adecuada decantación de los sólidos, se encuentre entre los valores recomendados de 50 mL/g a 100 mL/g

Los fangos en exceso del decantador son conducidos mediante un (1) equipo de bombeo, hacia el espesador de fangos. El funcionamiento del equipo, se prevé con control semiautomático de arranque/parada, por el Nivel de Sólidos Suspendidos (SSLM) en el tanque de aireación, según señal a relé desde un equipo sensor turbidímetro, colocado en

el mismo display de proceso con teclado, a colocar en el panel de mando, para la imposición (fijación) del nivel min-máx de SSLM de trabajo.

En la concepción de este sistema, tenemos como ventajas las siguientes:

1. El funcionamiento del equipo de bombeo de fangos en exceso, con control automático según el nivel de sólidos suspendidos (SSLM), en el tanque de aireación; permite optimizar el control del proceso de lodos activados, a través de la concentración de los mismos, así como de la edad de los fangos, los cuales establecen la capacidad depuradora del sistema. Se puede lograr hasta un 75 % de control del sistema, el cual está sujeto a fluctuaciones de parámetros no controlables, como carga orgánica, nutrientes, temperatura, inhibidores, pH, etc.
2. El control automático del nivel de sólidos suspendidos (SSLM), en el tanque de aireación, permite a su vez, un ahorro considerable en el consumo energético del sistema, ya que las fluctuaciones de la concentración de los mismos, provocan un sobre consumo en los equipos de aireación, al aumentar los requerimientos de oxígeno del sistema.

Los sobrenadantes del decantador, se evacúan hacia un registro de acumulación, para ser conducidos mediante un (1) equipo de bombeo, hacia el espesador de fangos. El funcionamiento del equipo, se prevé con control automático de arranque/parada, por sensores de nivel.

2.4.5. Tratamiento Terciario.

2.4.5.1. Proceso de Filtración.

El líquido efluente de la decantación secundaria, será sometido a un proceso de filtración a presión. La filtración tiene como objetivo la reducción de los sólidos en suspensión, así como la del fosforo total; que permitan al residual tratado cumplir con la normativa de vertimiento, Norma Cubana NC 27: 2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado-especificaciones, además de ser utilizado para el riego de áreas verdes y de jardinería en las parcelas turísticas.

El sistema de filtración estará compuesto por dos filtro fabricado en acero al carbono, con la aplicación de pintura epóxica como protección contra la corrosión, caudal total de filtrado 25,00 L/s (90,00 m³/h); velocidad de filtración $\leq 20,00$ m/h y medio filtrante multiestratos de antracita-cuarcita para la remoción de la turbiedad. La operación será automática con válvulas de cierre neumáticas. Se incluye un medidor caudal para el ajuste del caudal de las bombas de filtrado. El filtro contará además con un presostato diferencial electromecánico, que censará su atascamiento límite, emitiendo una señal a relé al panel de mando del mismo.

El sistema de lavado será por agua y aire y los parámetros de trabajo será definido por el suministrador. El agua de lavado será vertida al alcantarillado que conduce hacia la estación de bombeo Calle K existente.

Se ha previsto una bomba con tanque hidroneumático, para el suministro de agua para labores de limpieza dentro de la planta, utilizando para ello el agua almacenada en la cisterna para riego.

La cisterna de agua filtrada y el depósito de agua a filtrar, cuentan con un rebozo hacia el alcantarillado que conduce al punto de vertimiento final.

Tabla 5. Características del depósito de agua sin filtrar.

<i>Características</i>	<i>u.m</i>	<i>Cantidad</i>
Cantidad de unidades	u	1
Caudal de salida.	m ³ /h	90,0
Longitud	m	3,00

El agua tratada será utilizada en el riego de las áreas verdes de las instalaciones turísticas, por lo cual el Inversionista debe contratar el proyecto de la red de reuso, y hasta que este no se realice no se podrá definir los parámetros de funcionamiento de dicho sistema de bombeo, solo se representará en los planos requeridos.

2.4.5.2. Proceso de Desinfección.

La desinfección del efluente líquido de la decantación secundaria, se hace necesario para cumplimentar con los parámetros de vertimiento máximos permisibles, de microorganismos patógenos, exigidos para la protección del medio ambiente y la salud humana. El punto de aplicación será luego de la filtración, en la tubería de entrada de la cisterna.

En este caso el agente químico empleado para la desinfección es el hipoclorito sódico (sin dilución), con concentración comercial de cloro activo $\text{Cl}_2 > 80 \text{ g/L}$ (mínima), en dosis promedio de 5 mg/L a 6 mg/L (estimada). Se ha previsto el empleo de una bomba dosificadoras de membrana, de accionamiento por electro magneto de $5,0 \text{ L/h}$, con montaje sobre depósito. Se contará con dos depósitos dosificación-almacenaje de 1000 L de capacidad, realizados en material plástico compatible (polietileno). Puesto que la solución de cloro se ve afectada por la exposición a altas temperaturas y a la luz solar se recomienda almacenar en recintos frescos y en un periodo no mayor de 20 a 30 días.

El control del equipo, será con regulación manual. Las dosis deberán ser ajustadas mediante pruebas de laboratorio para lograr el número final de bacterias coliformes establecidos en la Norma Cubana NC 27: 2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado-especificaciones. Tabla 3.7

La precloración del agua (con hipoclorito de sodio) es un método recomendado para mejorar la calidad del agua filtrada ya que la materia orgánica retenida por los minerales filtrantes favorece el crecimiento de algas y por tanto la compactación del lecho, reduciendo la eficiencia del contralavado. Por tanto estará en consideración del operador realizar una desinfección opcional a la entrada del filtro y en caso de no funcionar el sistema de filtrado se debe hacer La operación del dosificador será por control manual desde el panel central (funcionamiento en régimen permanente).

2.4.6. Tratamiento de fangos

2.4.6.1. 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 de **2,50 %**, facilitando con ello el posterior secado del mismo.

El espesador será un depósito circular de sección cilindro-cónica y diámetro de 4,50 m, realizado en hormigón armado fundido “in situ”. Dispone equipado con un puente raspador de tracción central, con rasquetas de fondo móviles y un dispositivo agitador suave, por medio de una reja de varillas o barras verticales en su interior, el cual con su lento movimiento de rotación, facilita el proceso de espesado de fangos y separación del agua y las burbujas de gas, aumentando la eficiencia de espesamiento en un 15% a 20 %. Ambos aditamentos, se conforman con acero inoxidable.

El líquido influente es incorporado a través de una tubería Dn75 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 efluente líquido, se incorpora por unas canaletas perimetrales, hacia la salida de la unidad. El fondo posee una pendiente con inclinación del 18% desde las paredes perimetrales hacia el centro del espesador, lo cual favorece la concentración de los fangos sedimentados en un pozo.

La extracción de los fangos se realiza por carga hidráulica a través de una tubería Dn 160 mm PEAD, hacia los lechos de secado. El efluente líquido se conduce hacia el alcantarillado para ser incorporado al proceso.

2.4.6.2 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 manejo y disposición final. Los fangos no requieren del secado al 100%, para realizar su manejo. Los fangos ya secados, pueden ser utilizados como

biocarbono en la jardinería de los hoteles o como relleno de capa orgánica en suelos áridos.

2.5 Metodología de Cálculo de la PTR

2.5.1 Recolección de información. Se inicia la investigación con la obtención de información preliminar, de acuerdo al Plan de Desarrollo Municipal, y el análisis físico – químico de los vertimientos que se producen en las estaciones de bombeo de residuales.

2.5.2 Análisis de datos. Conocida la información preliminar, el análisis de datos se inicia con el análisis de los antecedentes y justificación. Se continua, con una caracterización general del municipio, luego una descripción muy general de la zona de estudio, y con el análisis físico químicos obtenidos de calidad del agua esperados posteriormente, se describen aspectos de la estructura de tratamiento a diseñar y luego se exponen las consideraciones teóricas de algunos autores.

2.5.3 Diseño hidráulico de la planta. A partir de la información existente se puede conocer la población a servir, los aportes de agua residual y cargas más representativas, que, para este estudio, se tomaron como esenciales los parámetros de reducción Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).

Para el diseño se empleó la metodología del reglamento de la comisión reguladora de saneamiento y agua potable RAS 2000 , donde se aplicaran los dos tipos de tratamientos que son tratamiento primario (asentamiento de sólidos) y tratamiento secundario (tratamiento biológico de sólidos flotantes y sedimentables) y finalmente aplicación de lecho de lodos, donde la selección para cada etapa de tratamiento depende de las necesidades, características de la zona y costos óptimos para su realización, operación y mantenimiento. Una vez desarrollado el tipo de tratamiento a implementar se procede a la realización de los cálculos pertinentes, los planos de diseño hidráulico de los componentes de la planta de tratamiento.

Este Libro de Cálculo calcula el volumen y las dimensiones óptimas para los tanques de homogeneización de las plantas de tratamiento de residuales u obras similares. Está preparado para el cálculo de diferentes usuarios: poblaciones, grandes industrias, hoteles,

etc. Los cálculos se basan en las Normas de consumo y coeficientes de irregularidad establecidos según NC 973:2013; además los otros grandes usuarios se pueden calcular según la población equivalente. En las hojas de datos solo se permite introducir los valores que están en caracteres rojos, y si alguno difiere de los valores comunes, se indica que se revise el dato en cuestión.

En cada Hoja de Cálculo se presentan recomendaciones para cada datos a introducir, a continuación se detalla aquellos que pueden brindar confusión

Datos consumos y caudales

. Para el caso de unidades turísticas (hoteles) para el dato N° 9 se proponen dos valores diferentes:

- **1,30** según la Regulación Sistemas Exteriores Abastecimiento y Evacuación Albañales de los Polos Turísticos del INRH del año 1999
- **1,47** es un valor tomado de las lecturas diarias efectuadas en la planta de tratamiento de residuales Punta Hicacos de Varadero.

El Proyectista debe elegir indistintamente entre uno u otro valor, pero el Diplomante recomienda el último ya que está basado en lecturas efectuadas en una unidad turística existente.

Para el cálculo se considera dos modulaciones de entrada del residual al tanque:

- Modulación simplificada (S), el cual es utilizado cuando no se conoce la distribución de los consumos de agua a lo largo del día, y que consiste en considerar que el volumen máximo diario se entregará en el tiempo que resulte para el caudal máximo horario.
- Modulación horaria (H), donde se utiliza la distribución de las entradas de albañales a la planta de Punta Hicacos.

Es importante introducir el caudal de salida del tanque, el cual debe ser igual al de la planta de tratamiento y nunca menor que el gasto medio, ni superior al caudal máximo diario. Como resultado se muestra el grafico de modulación de los caudales de entrada, según sea el método seleccionado.

Para el cálculo del tanque homogeneización es importante seleccionar el tipo de tanques a considerar:

- Prefabricados metálicos (M): Utilizando celdas metálicas prefabricadas de 1,22 x 1,22 m; sobre la base de un proyecto sudafricano y que pueden ser cuadrados o rectangulares, son ampliamente utilizados en Angola y Namibia.
- Hormigón armado prefabricado (H): Utilizando paneles de hormigón típicos de 4,95 m de altura por 3,00 m de ancho; proyecto típico cubano, también pueden ser construidos cuadrados o rectangulares.
- Otros (O): Aquellos que no estén comprendidos en los dos anteriores pudiendo ser de hormigón "in situ" o deslizante, circulares, de bloques, fibra de vidrio, etc.

En el cálculo del bordo libre del tanque, el cual no debe ser inferior a 60 cm.

Si se deseara construir el tanque en varios módulos o tanque más pequeños, el número de los mismos se fijará previamente.

Para el cálculo, a esta instancia de proyecto, el costo total aproximado de construcción del depósito se basa en proyectos ejecutados anteriormente, aunque pueden ser cambiados o actualizados:

- Para tanques prefabricados metálicos apoyados: 870,00 Pesos/m³.
- Para depósitos prefabricados de hormigón apoyados y cuadrados o rectangulares: 1 020,00 Pesos/m³.
- Para otros tipos de tanques no existen índices, por lo tanto el Proyectista debe calcular el valor, aunque podría considerar 850,00 Pesos/m³.

En la elaboración de los resultados y datos a introducir para la simulación mediante el software WaterCad, se tuvo en cuenta:

- . Para facilitar la simulación solo se considerará un módulo, por ello en los datos se presenta el valor del área total, y como demanda base de la entrada el caudal máximo horario.
- . Teniendo en cuenta que el día de máximo consumo solo debe producirse una vez en el año, se propone hacer la simulación para 72 h (tres días), donde en el primer y tercer día se producirán caudales de entrada promedios, en cambio para el segundo día se considera el caudal máximo diario.

- . Las bombas a colocar en el tanque deben calcularse para que entreguen el caudal deseado en el nivel mínimo, por ello debe ser con motores de velocidad variable controlados por el gasto.

2.6 Factibilidad de estudios de oportunidad

Antes de iniciar con detalles el estudio y análisis comparativo de las ventajas y desventajas que tendrá determinado proyecto de inversión, es necesario realizar un estudio de oportunidad, el cual consiste en una breve investigación sobre el marco de factores que afectan el proyecto, así como de los aspectos legales. El estudio se lleva a cabo con el objetivo de contar con información sobre el proyecto a realizar, mostrando las alternativas que se tienen y las condiciones que rodean el proyecto.

En la actualidad las inversiones que se realizan para la mejora de la calidad de vida de la población no cuenta con elementos valorativos que muestren el beneficio social a obtener, pese a existir elementos para su cálculo siendo necesario, elaborar una propuesta que permita dentro del INRH la realización de cálculos de los beneficios tanto propios como sociales

En los estudios de oportunidades de la inversión se hace necesario realizar un estudio de prefactibilidad que tenga en cuenta el cálculo del capital de trabajo, reflejándose en los flujos el inicial y las variaciones en los años posteriores, incluyendo el valor remanente al año siguiente al período analizado. Se debe desglosar el costo de inversión atendiendo a las tasas de depreciación que se empleen y los gastos previos que se amortizan, según lo establecido en la legislación tributaria.

Los cambios ocurridos en el país aconsejan cambiar los métodos de evaluación de las inversiones que se habían estado empleando, siendo un aspecto fundamental del cual depende la recuperación de la inversión o negocio y su rentabilidad; por lo cual, si no es posible cuantificarlo, no se puede justificar la inversión y lo más importante, conocer su efecto en la economía.

Es importante contemplar que debe estar estudiado a profundidad los ingresos conociéndose en detalle su magnitud y destino, considerando que los ahorros que genera

una inversión pueden considerarse como Ingresos para recuperar la misma. En la actualidad las inversiones que se realizan para la mejora de la calidad de vida de la población no cuenta con elementos valorativos que muestren el beneficio social a obtener, pese a existir elementos para su cálculo.

No obstante en cualquier inversión se debe tener en cuenta el Impuesto Sobre las Ventas o Servicios establecido en la Ley Tributaria, así como la contribución Territorial al Desarrollo Local que se forman por un % de las Ventas o Ingresos de las empresas. Aspecto fundamental del cual depende la recuperación de la inversión o negocio y su rentabilidad; por lo cual, si no es posible cuantificarlo, no se podrá justificar la inversión y lo más importante, conocer su efecto en la economía.

2.6.1 Fundamento del Cálculo

2.6.1.1 Cálculos de los Beneficios

Para la valoración económica se considera:

1. la aplicación de la resolución 287/2015 del MEP referido a los índices de consumo de agua para la producción y los servicios,
2. la resolución 421/2012 del MFP para la implementación de las nuevas tarifas del agua en el sector estatal
3. la resolución 47/2000 de la tarifa a la población.
4. Las indicaciones del Decreto Ley 327 para los estudios de factibilidad.

En el cálculo de los beneficios se tendrá en cuenta que:

1. Los beneficios anuales del acueducto se obtienen multiplicando el valor medio de m³ del agua de acuerdo al tamaño de la población por el volumen total del agua suministrada por el agua contabilizada. Menos lo que se cobraba antes de la rehabilitación y el metrado.
2. Los gastos anuales del acueducto se obtienen multiplicando el costo de producción de un metro cubico de agua incluido el costo de mantenimiento que le corresponde.

3. Los beneficios anuales del alcantarillado se obtienen de multiplicar la población beneficiada por la tarifa mensual por los 12 meses del año
4. Los gastos anuales del alcantarillado se obtienen multiplicando el costo de operación y mantenimiento que genera cada individuo beneficiado mensualmente por los 12 meses del año.

Para el cálculo del beneficio social se considera:

1. Beneficios por la recuperación del nivel de salud de la población. Se obtiene multiplicando el número de pobladores por el riesgo medio de acuerdo a su nivel de saneamiento y por el coste medios de los servicios médicos más el coste medio de la trasportación
2. Beneficios por recuperación del tiempo perdido Beneficios por recuperación del tiempo perdido Se obtiene multiplicando el número de pobladores por el porcentaje con vínculo laboral por el riesgo medio de acuerdo a su nivel de saneamiento y por el salario medio diario de la población por los días medios perdidos.

Para el cálculo se consideraran los datos aportados por la Dirección Provincial Planificación Física para 2019 donde el salario medio mensual es \$787.00, medio diario es de \$26,90, se valora que el 67,5% de la población tiene vínculo laboral y los días perdidos como promedio son 1.93. El coste de los servicios médicos se valora en \$12.83 y el coste de trasportación en \$1.89.

2.6.1.2 Tarifas existentes en la actualidad para el cálculo de los beneficios:

En la actualidad se dispone de tarifas vigentes debidamente aprobadas por el MFP para el siguiente grupo de actividades:

Suministro de Agua al sector estatal: 1,55 \$/m³.

Servicio de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales:

- Para el Sector Hotelero: 20% de la tarifa de agua (0,31 \$/m³).
- Para el resto del Sector Estatal: 30% de la tarifa de agua (0,46 \$/m³).

□ Para el Sector Residencial: 0,30 \$/persona mensualmente.

El precio del agua de reuso es 0.25 \$ x m³

Se considera una tasa de rentabilidad de la inversión del 10%, considerando los beneficios y gastos calculados que permite determinar el valor anual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TRI) para esta inversión.

Conclusiones del Capítulo

1. Las inversiones en el sector del turismo toman en consideración las necesidades de preservar nuestra riqueza y entorno natural, demandando sistemas de tratamiento para la solución de las aguas residuales, que permitan minimizar cualquier efecto en el impacto ambiental, que generalmente producen los vertimientos de estas aguas, en un ecosistema dado.
2. Acorde a 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, para esto se prevé un esquema de tratamiento, siguiendo un proceso de lodos activos, con nitrificación-desnitrificación, consistente en un reactor anóxico que se coloca aguas arriba del aerobio.
3. Los cambios ocurridos en el país aconsejan cambiar los métodos de evaluación de las inversiones que se habían estado empleando, siendo un aspecto fundamental del cual depende la recuperación de la inversión o negocio y su rentabilidad; por lo cual, si no es posible cuantificarlo, no se puede justificar la inversión y lo más importante, conocer su efecto en la economía.
4. Se establece una metodología de Cálculo de la PTR en la etapa de estudio de oportunidades teniendo como premisa que en los antecedentes de la implementación del Decreto Ley 327/18 se define como deficiencias la falta de calidad y rigor en la elaboración de los estudios de factibilidad e insuficiente capacidad profesional para elaborarla, la preinversión o estudio de oportunidades es el eslabon más débil del proceso asi como la inexistencia de una herramienta que permita gestionar el proceso inversionista en esta etapa.
5. En la actualidad las inversiones que se realizan para la mejora de la calidad de vida de la población dentro del INRH no cuenta con elementos valorativos

que muestren el beneficio económico a obtener. Es importante contemplar que debe estar estudiado a profundidad los ingresos conociéndose en detalle su magnitud y destino, considerando que los ahorros que genera una inversión pueden considerarse como Ingresos para recuperar la misma.

6. En los estudios de oportunidad, prefactibilidad y de factibilidad técnico-económica, se realizan los mismos cálculos para la determinación de los indicadores económico-financieros, solo que se diferencian en su grado de precisión, en dependencia de la documentación técnica por los cuales se elaboran.

CAPÍTULO 3: APLICACIÓN DEL DISEÑO EN EL ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUALES DE CALLE K.

3.1 Generalidades

Teniendo en cuenta estos antecedentes, y para dar respuesta a los residuales líquidos generados por el desarrollo turístico de los hoteles ubicados desde el Hotel Bella Costa hasta el Hotel Riu Las Morlas, la planta debe garantizar una calidad de agua de salida que permita su uso como agua de reúso para el riego de áreas verdes y/o su vertimiento al medio sin producir afectaciones. La planta ha sido diseñada para recibir un volumen de residuales equivalente a 2079 habitaciones.

El área para la planta se encuentra en Calle K y 1ra Avenida en la cercanía de la estación de bombeo de igual nombre.

El residual de los hoteles de la zona de Calle K es conducido por dos colectores: el llamado Colector Norte y el Colector o Ramal Este hacia la estación de bombeo de Calle K que envía el residual a través del Colector Sur a su disposición final, al sistema de lagunas de Siguapa, en la bahía de Cárdenas, lo cual hace imposible el reúso por su ubicación y características.

Los hoteles comprendidos en este tratamiento son ubicados desde el Hotel Bella Costa hasta el Hotel Riu las Morlas. La planta debe garantizar una calidad de agua de salida que permita su reúso para el riego de áreas verdes y/o su vertimiento al medio sin producir afectaciones.

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado Aguas Varadero (EAA. AV) como entidad Inversionista, teniendo en consideración la experiencia y resultados en la explotación de la PTR Punta Hicacos, decide implantar un módulo de tratamiento con un caudal de 25,00 L/s (2160,00 m³/d).

El diseño de la PTR Calle K, se basa en un proceso de lodos activados con nitrificación-desnitrificación para lo que se debe incluir un tanque de anoxia, que tiene como ventajas: bajo índice de fango, mejora la sedimentación ya que dificulta el crecimiento de las

bacterias filamentosas y evita la desnitrificación incontrolada en el sedimentador; favorece la asimilación del fósforo en los fangos activados y disminuye su concentración en el agua tratada; además con la desnitrificación se recupera una parte del oxígeno consumido por la nitrificación.

La composición física y química del agua residual a tratar, se asume como de concentración fuerte, conforme a lo establecido en el Capítulo N° 4.4 de la norma cubana NC 27-2012 “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado”. Al considerar los valores permisibles por la NC 521-2007 “Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas”, cuerpo receptor Clase “C”, zonas marinas donde se desarrolla la pesca y reproducción; se requiere una planta de tratamiento con una eficiencia no menor del 90 % en la remoción de la materia orgánica.

El agua tratada que no se utilice para el riego será vertida en la bahía de Cárdenas mediante el colector existente, para ello el Inversionista determinará el punto de vertimiento, al cual será necesario realizarle un levantamiento topográfico.

Aportes sanitarios (APSA) 90 %.

N°	Usuario	Volumen promedio residual (m ³ /d)	Caudal		
			promedio	máximo diario	máximo horario
				(L/s)	
1	Rú Las Morlas	133,20	1,54	2,00	2,95
2	Villa Cuba	328,50	3,80	4,94	7,27
3	Sol Club Sirena-Coral	600,30	6,95	9,03	13,28
4	Breezes Varadero	243,00	2,81	3,66	5,37
5	Tuxpan	209,70	2,43	3,16	4,64
6	Bella Costa	356,40	4,13	5,36	7,88
Total		1 871,10	21,66	28,15	41,39

Fuente autor

3.1.1 Microlocalización.

La obra se encuentra ubicada en la península de Varadero; en Calle K y 1ra Avenida específicamente entre los siguientes puntos de coordenadas:

<i>Coordenadas de microlocalización</i>		
<i>Puntos</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
	<i>(m)</i>	
A	476173.91	370130.52
B	476221.15	370154.55
C	476257.43	370083.25
D	476210.19	370059.22

3.1.2 Condiciones naturales y geológicas.

El área se caracteriza por una zona llana con cotas que oscilan entre 1,90 m y 1,24 m, la vegetación original solo cubre una parte del área, dicha vegetación es típica de zonas donde las rocas adquieren una dureza medio-baja, aunque en algunas partes se observan rocas de alta resistencia como son las calizas y conglomerado de calizas y areniscas pero con espesores que no permiten el desarrollo del carso.

En el área no fueron detectadas cavernas de importancia lo cual es un buen indicio no obstante debe ser recomendable detallar los estudios en las zonas donde se ubiquen las principales cimentaciones.

3.1.3 Esquema tecnológico previsto:

Se prevé el siguiente esquema tecnológico, basado en los siguientes procesos generales de tratamiento:

- Pretratamiento: Sistema combinado compacto con tamizado, desarenado y desengrasado y un tanque homogenizador.
- Tratamiento Secundario: (proceso de lodos activados con nitrificación-desnitrificación) tanque de anoxia; tanque de aireación y decantador circular.

- Tratamiento terciario: Filtración y desinfección.
- Tratamiento de lodos: Espesador y lechos de secado.

3.1.4 Bases de diseño.

Teniendo en cuenta lo explicado en la introducción y considerando la tabla anterior los caudales de diseño de la planta son los siguientes:

- Caudal diseño para tratamiento biológico: 25,00 L/s= 2160,00 m³/d.
- Caudal máximo horario entrada de la PTR≈ 41,40 L/s, gasto para el cual debe estar diseñado la estación de bombeo de entrada y el pretratamiento.

La estación de bombeo de aguas residuales de Calle K según datos entregados por la inversión cuenta con dos bombas de trabajo de 150 L/s y carga 11,60 m cada una, por lo que no cumple con el caudal máximo horario necesario de entrada a la PTR, además que las nuevas condiciones de trabajo afectarían sus parámetros de diseños, se recomienda por tanto realizar una reproyección.

Se considerará como dotación o índice de consumo 1,00 m³/habitación/d. En el caso que los usuarios (hoteles) puedan disminuir el consumo, la PTR podría tratar un mayor número de habitaciones, pero esto se determinará cuando todos los usuarios y la planta estén estabilizados en su funcionamiento.

3.2 Estructura de la planta de tratamiento de Residuales

3.2.1 Tanque de Aeración.

Estará formado por una estructura de hormigón armado de 22 m de largo y de 16,30 m de ancho con una altura de 5,70 m. Estará dividido en cuatro celdas o módulos independientes para el tratamiento, separados por muros verticales de hormigón armado, con un espesor de 40 cm y resistencia de $f_{ck}= 30$ MPa; construidos en dos secciones, entre las que se dejarán juntas de goma para evitar filtraciones. Ver tabla 3.1.

La losa de fondo será de 40 cm de espesor y $f_{ck}= 30$ MPa, continua, con juntas de construcción para su fundición en bloques, colocándose en ellas juntas de goma para eliminar las filtraciones. En esta losa se dejarán aceros salientes para el anclaje de los muros o paredes verticales.

Encima de las paredes se construirán pasillos o pasarelas, de hormigón armado fundidas "in situ", para el acceso durante la operación y el mantenimiento de la planta, para el acceso hasta el nivel superior del tanque se construirá una escalera de hormigón armado en dos tramos y $f_{ck}= 30$ MPa. .

3.2.2 Decantador Circular

Este órgano de tratamiento será un tanque circular de 3,50 m de altura y un diámetro interior de 16 m. Las paredes serán de 30 cm de espesor, de hormigón armado y $f_{ck}= 30$ MPa. La losa de fondo de espesor variable, con un primer tramo bajo los muros de 30 cm y 15 cm en el resto de la losa, la misma tiene una pendiente del 10% hacia el centro del tanque, terminando en un cono concentrador de lodos, de hormigón armado y $f_{ck}= 30$ MPa. Toda la estructura descansará sobre la excavación a la que previamente se le ha fundido un sello de hormigón simple para la nivelación y protección de los aceros.

Se debe tener presente que antes de fundir la losa de fondo se debe colocar el tubo de entrada de PEAD de 250 mm de diámetro, con diafragma, para evitar las filtraciones por la unión entre el tubo y la losa de hormigón, además con una camisa de hormigón para su protección. Con el objetivo de eliminar filtraciones por las juntas entre los bloques de fundición se colocarán juntas de goma que serán vulcanizadas en los empalmes.

Este tanque tendrá en el centro una columna circular de hormigón armado de $f_{ck}= 30$ MPa y 80 cm de diámetro, para el soporte y colocación del puente raspador circular móvil, para el barrido de lodos sedimentados y sobrenadantes. Para garantizar el acceso a la parte superior del decantador se construirá una escalera de hormigón armado fundida "in situ" de dos tramos y $f_{ck}= 30$ MPa; en el muro se dejará el acero de espera para el amarre de la misma. Contara con un puente raspador que garantizara la eficiencia de esta obra. Tabla 3.2

3.2.3: Espesor de Lodos.

Este objeto será un depósito circular de 4,40 m de altura sobre el terreno y un diámetro interior de 4.50 m. La losa de fondo tendrá forma de embudo, con una pendiente de 18% hacia el centro, donde tendrá una estructura o registro circular, construido completamente de hormigón armado y $f_{ck}= 30$ MPa, cuya función es la recolección y extracción de lodo, el cual tendrá un diámetro exterior de 2 m y una altura de 1,13 m.

Posteriormente la losa de fondo estará formada por una losa de hormigón armado de $f_{ck}= 30$ MPa, cónica, de 30 cm de espesor, que estará unida mediante fundición continua con la estructura anterior. Debe destacarse que antes de hormigonarse la losa de fondo deberá colocarse la tubería de extracción de lodo con su protección de hormigón y $f_{ck}= 10$ MPa. En la losa se dejarán aceros salientes para la fundición de las paredes del tanque.

Las paredes tendrán un espesor de 30 cm y una altura de 4.10 m con $f_{ck}= 30$ MPa. Encima de las paredes se construirá un pasillo o pasarela central con $f_{ck}= 30$ MPa; para el acceso durante la operación y el mantenimiento de la planta y para el acceso hasta el nivel del tanque (cota 6,40 m) se construirá una escalera de hormigón armado, de dos tramos. Los parámetros del puente raspador se definen en la tabla 3.3

3.2.4: Lecho de Secado.

Los lechos de secado (tabla 3.4) están formados por una losa de fondo de hormigón armado "in situ" de resistencia $f_{ck}= 30$ MPa, asentada en la cota 2,50 m, con espesor variable y pendiente igual a 6 % hacia el centro de cada lecho. Los muros son de bloques de hormigón de 20 cm de espesor y tienen una altura de 43 cm. Estos muros están coronados por una viga cerramento de 20 cm x 12 cm de hormigón armado con $f_{ck}= 30$ MPa.

La pendiente de la losa de fondo se inclina hacia un canal central que está formada por una losa de fondo de 15 cm de espesor de hormigón monolítico, asentada sobre la cota 1,75 m, y muros de bloques de 20 cm de espesor y 58 cm de altura. Este canal central tendrá colocado a todo lo largo de la misma un dren de bloques de hormigón de 15 cm de espesor, por fuera estará relleno con una capa de 30 cm de espesor de grava gruesa, 10

cm de grava media, 10 cm de grava fina y finalmente una capa de ladrillos de 6 cm de espesor, colocados a citara con las juntas descubiertas. Para acceder al interior de los lechos se construirán rampas de hormigón monolítico con pendiente de 25% respectivamente.

Adosados a los lechos y comunicándose mediante una tubería de PEAD de 160 mm de diámetro con el canal central, se construirán registros de profundidad variable con una losa de fondo de 0,15 m de espesor, de hormigón monolítico y $f_{ck}= 30$ MPa, muros de bloques de 20 cm de espesor, coronados por una viga cerramento igual al resto del lecho.

3.2.5: Tanque de Anoxia.

Este objeto tendrá 8,80 m de largo por 9,80 m de ancho y una altura de 5,30 m. Estará constituido por una losa de fondo de hormigón armado con $f_{ck}= 30$ MPa, de 20 cm de espesor, con engrosamientos de 45 cm debajo de los muros y las columnas. Los muros o paredes serán de hormigón armado y $f_{ck}= 30$ MPa, construidos en dos secciones, un primer tramo de 2,60 m de altura y 40 cm de espesor, un segundo tramo de 2,70 m de altura y 30 cm de espesor. Los diferentes tramos de muro así como la losa de fondo, constituyen bloques de hormigonado que tendrán entre sí juntas de goma para evitar filtraciones.

En la parte superior del tanque se construirán dos viga de cierre de hormigón armado de 45 cm de peralte y 30 cm con resistencia de $f_{ck}= 30$ MPa. Estas vigas permitirán cerrar estructuralmente el cuerpo del tanque.

Para el acceso a la parte superior del tanque se construirá una escalera de hormigón armado en dos tramos y resistencia $f_{ck}= 30$ MPa. Para la explotación y el mantenimiento del tanque se construirá una pasarela de hormigón de 1 m de ancho y 15 cm de espesor, fundida "in situ", las características del deposito de anoxia se detallan 3.5

3.2.6: Tanque Homogenizador.

Este objeto tendrá 9,80 m de largo por 9,80 m de ancho y una altura de 5,30 m. Estará constituido por una losa de fondo de hormigón armado con $f_{ck}= 30$ MPa, de 20 cm con

engrosamientos de 45 cm debajo de los muros y las columnas. Los muros o paredes serán de hormigón armado y $f_{ck}= 30$ MPa, construidos en dos secciones, un primer tramo de 2,60 m de altura y 40 cm de espesor, un segundo tramo de 2,70 m de altura y 30 cm de espesor. Los diferentes tramos de muro así como la losa de fondo, constituyen bloques de hormigonado que tendrán entre sí juntas de goma para evitar filtraciones.

En la parte superior del tanque se construirán vigas de cierre de hormigón armado $f_{ck}= 30$ MPa, de 45 cm de peralte y 30 cm de ancho, estas vigas apoyarán sobre cuatro columnas de hormigón armado $f_{ck}= 30$ MPa, de 30 cm por 30 cm y una altura de 4,85 m. Estas vigas permitirán cerrar estructuralmente el cuerpo del tanque y servirán de apoyo a las losas prefabricadas para los equipos del pretratamiento, las mismas estarán separadas entre sí a 3,70 m. Este depósito tendrá los pases de tubería a través de los muros. tabla 3.6 Para el acceso a la parte superior del tanque se construirá una escalera de hormigón armado $F_{ck}= 30$ MPa, de dos tramos. Para la explotación e instalación de los equipos del pretratamiento se construirán 3 losas prefabricadas de hormigón armado de 15 cm de espesor.

3.2.7: Tratamiento Terciario

El tratamiento terciario estará formado por una losa rectangular de hormigón armado $f_{ck}= 30$ MPa, con dimensiones en planta de 16,60 m x 7,60 m y 30 cm de espesor, sobre la que se construirá una cisterna de 16,60 m de largo x 7,60 m de ancho y una altura total de 5.05 m. Adosado a la misma se encontrarán dos depósitos, el registro de entrada a los filtros y el registro de salida de agua tratada, el primero con estructura similar a la cisterna, con losa y muros de hormigón armado de 30 cm de espesor y $f_{ck}= 30$ MPa y el segundo con losa de fondo de hormigón armado de 15 cm de espesor y muros de bloques macizados, con un cerramiento de 20 cm x 20 cm de hormigón armado y $f_{ck}= 30$ MPa.

Adosada a estos depósitos se construirá una losa de hormigón armado con $f_{ck}= 30$ MPa, 18.40 m de largo x 5.50 m de ancho y 20 cm de espesor para el apoyo de los filtros y demás equipamiento; la misma tendrá un canal de drenaje de 5.70 m de largo, 40 cm de ancho y 45 cm de profundidad, formado por una losa de fondo de hormigón armado de 15 cm de espesor como fondo y muros de bloques de hormigón de 15 cm de espesor.

Para el acceso a la parte superior de la cisterna se construirá un escalera de hormigón armado con $f_{ck} = 30$ MPa, de dos tramos, las características de las barandas así como las fijaciones de estas con la estructura se observan en el proyecto mecánico. Ver tabla 3.8.

Se incluye el proceso de filtración y desinfección, en el primero se garantiza la reducción de los sólidos en suspensión, así como la del fosforo total; que permitan al residual tratado cumplir con la normativa de vertimiento, Norma Cubana NC 27: 2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado-especificaciones, además de ser utilizado para el riego de áreas verdes y de jardinería en las parcelas turísticas. El agua de lavado será vertida al alcantarillado que conduce hacia la estación de bombeo Calle K existente. La cisterna de agua filtrada y el depósito de agua a filtrar, cuentan con un reboso hacia el alcantarillado que conduce al punto de vertimiento final. Las dosis deberán ser ajustadas mediante pruebas de laboratorio para lograr el número final de bacterias coliformes establecidos en la Norma Cubana NC 27: 2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado-especificaciones.

3.2.8: Registros

Para la conducción de los residuales dentro de la PTR hacia los diferentes tratamientos, se construirán 13 registros de alcantarillado, de dos tipos: el tipo I será circular de 1,60 m de diámetro exterior, con una losa de fondo de hormigón monolítico de 20 cm de espesor y $f_{ck} = 30$ MPa, con muros de bloques de 15 cm macizados y coronados con un cerramiento de 15 cm x 15 cm y $f_{ck} = 30$ MPa; los mismos tendrán una losa de cubierta de hormigón armado de 12 cm de espesor y $f_{ck} = 30$ MPa, tendrá embebido en dicha losa una tapa de hierro fundido tipo HoFo 600 mm de diámetro, de este tipo se construirán 3 registros.

El registro tipo II es cuadrado y tiene dimensiones en planta de 1,60 m x 1,60 m y profundidad variable; La estructura estará formada por una losa de fondo de hormigón armado $f_{ck} = 30$ MPa y 20 cm de espesor, los muros serán de bloques de 20 cm de espesor, y estarán coronados por una viga cerramiento de hormigón armado de $f_{ck} = 30$ MPa y sección de 20 cm x 20 cm. En la parte superior y como tapa será una losa de

hormigón armado de $f_{ck} = 30$ MPa, prefabricada, de 15 cm y tendrán empotradas en la misma una tapa de hierro fundido HoFo 600 mm de diámetro.

Se debe destacar que todos los registros de alcantarillado tendrán terminación interior con salpicado, resano, repello fino y estuco con algún material cementicio.

3.2.9: Edificio Socio administrativo

La cimentación de este objeto de obra será mixta, se construirán cimientos aislados para el apoyo de las columnas del portal, en el resto del edificio la cimentación será corrida. En la cimentación corrida la viga zapata será de hormigón armado y será de 30 cm x 30 cm y de 30 cm de 2 m alto x 15 cm de ancho en la zona debajo de la meseta.

Los cimientos aislados serán de hormigón armado y tendrán un plato de 60 cm x 60 cm y un espesor de 15 cm, el pedestal será la misma columna circular de hormigón armado de 20 cm de diámetro. Para el cerramiento se utilizarán bloques zuncho de hormigón de 15 cm de espesor con una armadura interior de dos aceros unidos por un cerco y rellenos con hormigón.

En las paredes de las mochetas triangulares se construirá una especie de viga de sección variable mezclando el cerramiento anteriormente descrito con pared de bloques y hormigón armado. La cubierta será de losas spiroll LH-15-59 que serán impermeabilizadas con manta asfáltica bicapas con protección mineral.

3.2.10 Resultado del diseño

Tabla 3.1. Parámetros de los Equipos Soplantes de aireación.

<i>Parámetros</i>	<i>u.m</i>	<i>Cantidad</i>
Soplante	u	2+1
Caudal máximo	Nm ³ /h	740
Caudal promedio	Nm ³ /h	530
Presión requerida de impulsión determinada por el suministrador	kPa	-
Potencia P2.	kW	18,50
Voltaje de alimentación	V	380 3F.

Tabla 3.2. Parámetros del puente raspador:

<i>Parámetros</i>	<i>u.m</i>	<i>Cantidad</i>
Diámetro del Decantador radial.	m	16,00
Longitud total de pasarela.	m	9,60
Velocidad de traslación.	m/min.	1,00 a 2,00
Peso total estimado.	kg	3 500
Potencia estimada P2	kW	0,75
Voltaje de alimentación.	V	380
Protección.	-	IP-55
Nivel sonoro.	dB	< 80

Tabla 3.3. Parámetros del puente raspador del espesador de lodo.

<i>Parámetros</i>	<i>u.m</i>	<i>Cantidad</i>
Diámetro del Espesador.	m	4,50
Velocidad estimada de rotación.	min ⁻¹	3 a 5
Potencia estimada.	kW	0,50
Voltaje de alimentación.	V	380
Protección.		IP-55

Tabla 3.4. Parámetros de los lechos de secado

<i>Parámetros</i>	<i>u.m.</i>	<i>Cantidad.</i>
Cantidad de unidades.	u	4,00
Área de una celda.	m ²	60,00
Área de secado total.	m ²	240,00
Volumen de fangos espesados a secar.	m ³ /año	5520,83
Volumen estimado de fangos deshidratados al 35 %.	m ³ /año	1932,29
Carga de lodos sobre el lecho.	m ³ /m ² . año	23,00

Tabla 3.5. Características del depósito de anoxia.

<i>Características</i>	<i>u.m</i>	<i>Cantidad</i>
Longitud.	m	9,00
Ancho.		8,00
Altura de la columna de agua.		4,60
Ancho del selector		1,45
Volumen útil total.	m ³	320,00
Caudal recibido de la recirculación biológica (100 %).	L/s	25,00
Caudal recibido de recirculación, para la desnitrificación (140 %).		35,00
Tiempo de retención hidráulico, TRH.	h	1,0
Eficiencia estimada en la desnitrificación	%	70,60
Volumen del primer compartimiento de mezclado “Selector”.	m ³	48
Tiempo de retención hidráulico en el “Selector”.	min.	9,41

Tabla 3.6 Características del tanque homogenizador.

<i>Características:</i>	<i>u.m</i>	<i>Cantidad</i>
Longitud interior.	m	9,00
Ancho interior.	m	9,00
Altura máxima de agua.	m	4,60
Profundidad útil.	m	3,60
Volumen útil.	m ³	291,60
Volumen total.	m ³	372,60
Voltaje de alimentación	V	380
Conexión de entrada, DN ₁	mm	150
Conexión de salida, DN ₂		150

Tabla 3.7. Características del proceso de lodos activados:

Características	u.m	Cantidad
Capacidad de tratamiento.	m ³ /d	2 160,00
Masa de la DBO ₅ del agua a tratar.	kg/d	562,00
Masa de la DBO ₅ del agua tratada.	kg/d	57,00
Masa de la DBO ₅ a remover.	kg/d	505,00
Eficiencia exigida de remoción DBO ₅ .	%	90,00
Masa del N _{KT} del agua a tratar.	kg/d	113,00
Masa del N _{KT} del agua tratada.	kg/d	38,00
Masa del N _{KT} a remover.	kg/d	75,00
Eficiencia exigida de remoción N _{KT} .	%	67,00
Longitud del tanque de aireación	m	15,50
Ancho del tanque de aireación	m	20,00
Profundidad del líquido en los compartimientos.	m	4,60
Volumen del tanque de aireación	m	1 426,00
Volumen útil total, disponible para el proceso de lodos activados	m ³	1 744,00
Carga másica de operación (F/M)	kg DBO ₅ /kg SSLM.d	0,105
Carga volumétrica	kg DBO ₅ /m ³ .d	0,32
Concentración de sólidos en el tanque.	g SSLM/m ³	3 065
Tiempo de retención hidráulico, TRH.	h	19,38
Edad del fango.	d	14,81
Masa de fangos en exceso.	kg SST/d	361,01
Volumen estimado de fangos en exceso, concentración del 1,2 %.	m ³ /h	25,50
	L/s	7,08
Coeficiente estimado de transferencia de oxígeno, Kt.	-	0,48
Requerimientos de oxígeno (promedio) en	kg O ₂ /h	81,30

<i>Características</i>	<i>u.m</i>	<i>Cantidad</i>
condición estándar de operación, incluyendo la nitrificación.		
Requerimientos de oxígeno (en punta) en condición estándar de operación, incluyendo la nitrificación.	kg O ₂ /h	113,49
Caudal (en punta) requerido de aire.	Nm ³ /h	1 475,00
Caudal (promedio) requerido de aire.		1 056,00

Tabla 3.8. Características de la cisterna de agua filtrada.

<i>Características</i>	<i>u.m</i>	<i>Cantidad</i>
Cantidad de unidades	u	1
Caudal promedio entrada.	m ³ /h	108,0
Longitud	m	7,00
Ancho	m	16,00
Altura de agua	m	4,00
Altura útil	m	3,60
Volumen útil	m ³	403,20
Volumen total	m ³	448,00

3.3. Línea de base ambiental.

La obra como planta de tratamiento de aguas residuales, surge por la necesidad de preservar la riqueza y entorno natural, dándole solución a los residuales de seis hoteles, evitando que sean vertidos al medio sin la calidad establecida por la norma, y aprovechándolo en el reuso para el riego de las áreas verdes.

3.3.1. Análisis de localización

Existen las condiciones adecuadas para la ubicación de la planta de tratamiento ya que el área prevista se encuentra a un lado de la estación de bombeo donde se incorporan los residuales y presenta una topografía adecuada, sin necesidad de grandes volúmenes de excavación y ausencia de flora y fauna (especies) que se vea afectada directamente por el

proyecto. Para la distribución de los objeto de obra se considerara la influencia de los vientos predominantes, teniendo en cuenta que la planta está en la cercanía de un hotel.

3.3.2. Identificación de impactos que se prevén ocasionar.

Los impactos ambientales y las acciones que los provocan, pueden ser entre otros, los siguientes:

Etapas de construcción de la planta

- Desbroce y eliminación de la capa vegetal.
- Excavaciones, rellenos y rehíncos de zanjas.
- Construcción y mejoramiento de caminos.
- Trabajos para nivelación parcelaria.
- Acarreo del material sobrante y su disposición final.
- Suelos y sustratos: Compactación de los suelos.
- Atmósfera: Emanación de gases de combustión y de polvos.
- Vegetación: Eliminación de la vegetación, en los lugares de construcción.
- Paisajes: Cambios en el paisaje, por la construcción de diferentes objetos de obra.
- Hombre: Incomodidad ambiental localizada en el área, producto de la emanación de malos olores y de ruidos de los equipos.

3.3.3 Medidas de prevención y mitigación para los impactos ambientales.

- Para las emanaciones de polvo a la atmósfera, se recomienda el rociado con pipas, cuando las mismas sean de magnitudes tales, que así lo requieran.
- Cubrimiento de las cargas de los camiones, para transporte de materiales de aprovisionamiento o evacuación, así como prescindir de movimientos de tierra innecesarios.
- Evitar el ruido excesivo de los equipos.
- Evitar el desbroce innecesario de la vegetación; proceder a la siembra de césped y arborización en la medida de las posibilidades.

- La capa vegetal debe proponerse y ejecutarse su acumulación, en un lugar aparte, para poder utilizarse o reponerse, una vez terminada la obra, en la jardinería de la planta y recubrimiento de taludes.
- Trabajar en horarios diurnos, para disminuir las molestias auditivas.
- Realizar trabajos de mejoramiento, que incluyan la limpieza de los desechos de la construcción.
- Evitar la creación de vertederos clandestinos, estimulados por la posible acumulación de desechos de la construcción.
- Luego de concluida la obra a realizar, debe quedar restituido el relieve con las características aproximadas a su estado inicial, al menos respetando la dirección de las líneas de flujo de las aguas superficiales, evitando la creación de montículos de tierra no acordes al relieve original.
- Evitar la contaminación de las aguas superficiales, producto de la construcción, ya sea por sedimentos acarreados hasta las corrientes superficiales, vertimiento de productos líquidos en el área, etc.
- Es importante que el vertimiento de las grasas e hidrocarburos, sea en la Base de Apoyo para los equipos y no en la obra como tal, evitando la contaminación de las aguas superficiales o las zonas de pozos de abasto.

3.4 Evaluación Económica

3.4.1 Demanda de los Hoteles a regar con agua de reuso.

<i>Volumen de cisterna reuso</i>	<i>Área de riego (ha)</i>	<i>Demanda según NC 775- 13: 2012 1,5 L/m²/d</i>
Arenas blancas	3	45
Solyamar	7	105
Internacional	2,3	34,5
Riu Las Morlas	1	15
Villa Cuba	7,1	106,5
Sol Club Sirenas-Coral	13,3	199,5
Breezes Varadero	10	150

Tuxpan	1,5	22,5
Bella Costa	1,5	22,5
Total	46,7	700,5

Se contempla los siguientes beneficios por concepto de la venta del efluente liquido obtenido, no obstante existe una reserva de ingresos potenciales por la posibles comercialización delos efluentes solidos de los lechos de secado en la jardinería estimados en \$1520.00 USD y \$14100.00 anuales.

3.4.2 Calculo de los ingresos

Volumen de cisterna reuso	Área de riego (ha)	Demanda mensual según NC 775-13: 2012 1,5 L/m ² /d	Ingresos mensuales (CUC)			
			agua de acueducto (\$1,3/m ³)	agua tratada (\$0,25/m ³)	Total mensual	Total Anual
Arenas blancas	3	1350	1755,00	337,50	2092,50	43942,50
Solymar	7	3150	4095,00	787,50	4882,50	102532,50
Internacional	2,3	1035	1345,50	258,75	1604,25	33689,25
Riu Las Morlas	1	450	585,00	112,50	697,50	14647,50
Villa Cuba	7,1	3195	4153,50	798,75	4952,25	103997,25
Sol Club Sirenas-Coral	13,3	5985	7780,50	1496,25	9276,75	194811,75
Breezes Varadero	10	4500	5850,00	1125,00	6975,00	146475,00
Tuxpan	1,5	675	877,50	168,75	1046,25	21971,25
Bella Costa	1,5	675	877,50	168,75	1046,25	21971,25

Total	46,7	21015	27319,50	5253,75	32573,25	684038,25
--------------	------	-------	----------	---------	----------	-----------

En el beneficio se incluye el agua de acueducto dejada de bombear para riego pues este ahorro permite utilizar un volumen de agua que se revierten en el aumento del servicio a nuevas instalaciones hoteleras y otros servicios de abasto, por lo que no deja de ser una fuente de ingreso a la Empresa de Acueducto y alcantarillado Aguas Varadero, además permite un ahorro hidráulico ya que no es necesario incrementar la extracción de nuevos volúmenes de agua y es necesario incrementar nuevas fuentes de abasto. Se incluye beneficios por la recuperación del nivel de salud de la población considerando los 290 personal de apoyo por el riesgo medio de acuerdo a su nivel de saneamiento y por el coste medios de los servicios médicos más el coste medio de la trasportación, considerando los datos aportados por la Direccion Provincila Planificacion Fisica para 2019 donde el salario medio mensual es \$787.00, medio diario es de \$26,90 y los días perdidos como promedio son 1.93 . El coste de los servicios médicos se valora en \$12.83 y el coste de trasportación en \$1.89.

3.3.2 Análisis de la rentabilidad de la inversión

Se considera una tasa de rentabilidad de la inversión del 10%, considerando los beneficios y gastos calculados permite determinar el valor anual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TRI) para esta inversión.

<i>Período flujo de fondos (MP)</i>				<i>Valor presente del neto</i>	<i>Acumulado</i>
<i>n</i>	<i>Beneficios</i>	<i>Gastos</i>	<i>Neto</i>		
0	0,00	4946,00	-4946,00	-4946,00	-4946,00
1	684,00	34,20	649,80	590,73	-4355,27

2	684,00	34,20	649,80	537,02	-3818,25
3	684,00	34,20	649,80	488,20	-3330,04
4	684,00	34,20	649,80	443,82	-2886,22
5	684,00	34,20	649,80	403,47	-2482,75
6	684,00	34,20	649,80	366,80	-2115,95
7	684,00	34,20	649,80	333,45	-1782,50
8	684,00	34,20	649,80	303,14	-1479,36
9	684,00	34,20	649,80	275,58	-1203,79
10	684,00	34,20	649,80	250,53	-953,26
11	684,00	34,20	649,80	227,75	-725,51
12	684,00	34,20	649,80	207,05	-518,46
13	684,00	34,20	649,80	188,22	-330,24
14	684,00	34,20	649,80	171,11	-159,13
15	684,00	34,20	649,80	155,56	-3,57
16	684,00	34,20	649,80	141,42	137,85
17	684,00	34,20	649,80	128,56	266,41
18	684,00	34,20	649,80	116,87	383,28
19	684,00	34,20	649,80	106,25	489,53
20	684,00	34,20	649,80	96,59	586,11
TIR		0.12			
VAN (MP)		586.11			

Si se concluye que la obra es rentable, recuperándose en 15 años, se obtiene una tasa interna de retorno en 0.12.

En este cálculo no está analizado la aplicación de la Resolución 15/2016 del MTSS que asciende a 2000 MP lo que implicara que el periodo de recuperación de la inversión sea de 21 años.

No obstante desde el primer año ya se comienzan a ver los impactos fundamentalmente ambientales ya que el residual tratado deberá cumplir con los requisitos establecidos en la

norma NC 521-2007, cuerpo receptor Clase “C”, estableciéndose la DBO₅ del agua tratada en 30 mg/L, además se contara con 7668,65 m³ al año por concepto de agua de acueducto dejada de bombear para riego , este ahorro permite utilizar un volumen de agua que se revierten en el aumento del servicio a nuevas instalaciones hoteleras y otros servicios de abasto.

Otros beneficios están dados como obras inducidas de la explotación de sistemas de saneamientos ya que la construcción de la PTR trae consigo la ventaja de evitar impulsar el residual a una distancia de 10 km (desde calle K hasta siguapa) pasando por zonas pobladas de Varadero y hoteles a lo largo de la autopista sur ,evitándose el rebombero de 2 veces más , con el consiguiente gasto energético que implica este bombeo.

Esta PTR evita la inversión de la ampliación de la tubería de impulsión desde calle 36 hasta calle 13 por insuficiencia de su capacidad, evitándose una inversión ascendente a 1115.58 MP de ellos 494.19 MCUC. De considerarse la no ejecución de esta inversión como beneficio el valor anual neto asciende a 9604.1 MP y la inversión se recupera en 3 años.

CONCLUSIONES PARCIALES DEL CAPÍTULO

1. En la península de Hicacos no se cuenta con una planta de tratamiento de agua residual que de tratamiento a los mismos al 100 % de todos los hoteles, ocasionando impactos negativos sobre el medio ambiente, problemas de salud.
2. El diseño propuesto permite dar respuesta a la demanda de tratamiento del hotel los seis hoteles previstos, y prestar servicios para riego con agua de reuso a tres hoteles más.
3. Los equipos tecnológicos a proponer serán suministrados por firmas de reconocido prestigio y confiabilidad; dichos equipos han sido probados en otras instalaciones en funcionamiento. Se garantiza al mismo tiempo, fiabilidad y durabilidad en la explotación del sistema, garantizada por los equipos de reserva y los materiales empleados resistentes al medio agresivo.
4. Se garantiza, que el residual crudo deberá presentar valores de carga orgánica, acordes a lo establecido en el Capítulo 4.4 de la norma NC 27-2012 con DBO_5 inferior a 300 mg/L. El tratamiento seleccionado a utilizar es del tipo biológico de lodos activados.
5. La construcción de la PTR trae consigo la ventaja de evitar impulsar el residual a una distancia de 10 km (desde calle K hasta Siguapa) pasando por zonas pobladas de Varadero y hoteles a lo largo de la autopista sur evitándose el rebombeo de 2 veces más , con el consiguiente gasto energético que implica este bombeo.
6. Esta PTR evita la inversión de la ampliación de la tubería de impulsión desde calle 36 hasta calle 13 por insuficiencia de su capacidad, evitándose una inversión ascendente a 1115.58 MP de ellos 494.19 MCUC. La PTR purificará el agua residual haciéndola reutilizable sin perjuicio para los suelos, beneficiando los cultivos. Si se concluye que la obra es rentable, recuperándose en 15 años, se obtiene una tasa interna de retorno en 0.12.

CONCLUSIONES

1. Basado en la Ley del agua aprobada en el 2018 relacionado con el saneamiento y específicamente al tratamiento de aguas residuales, se estipula que el agua residual debe devolverse al medio ambiente en condiciones tales que no la deteriore. Las aguas residuales y su tratamiento son un tema de gran importancia, hoy en día debido al cambio desmedido de la temperatura ha provocado sequías y racionamiento de agua que han afectado a toda población en los últimos años. Por eso se requiere cuidar el agua e insistir en aplicar un correcto tratamiento de aguas para así contribuir con el cuidado de la misma.
2. En este trabajo se detallan a nivel de esquema y con uso de hoja excel los requerimientos de diseño constructivos, de los objetos de obra que componen dicha planta, así como la valoración de la factibilidad de la ejecución de esta inversión que permita implementar un tratamiento que garantice una remoción de contaminación por la descarga de esta agua residual a las fuentes hídricas en la Bahía de Cárdenas y se pueda medir su impacto económico y social. El diseño propuesto permite dar respuesta a la demanda de tratamiento del hotel los seis hoteles previstos, y prestar servicios para riego con agua de reuso a tres hoteles más.
3. Se ha respuesta al problema científico planteado proponiéndose una guía de trabajo para obtener los impactos económicos y sociales en los estudios de factibilidad de diseño de una planta de tratamiento de residuales obteniéndose los beneficios de prefactibilidad e impacto económico en la construcción de esta.
4. Una planta de tratamiento es un sistema que reproduce los mecanismos de depuración que tienen lugar naturalmente en el suelo y las aguas, con la construcción se obtendrá una reducción del nivel de contaminación del cuerpo receptor, reducirá la vulnerabilidad a las enfermedades infecciosas, mejorará la calidad de vida de los habitantes al igual que la imagen urbana lo que ayudará al desarrollo integral de la ciudad.

5. .La construcción de la PTR trae consigo la ventaja de evitar impulsar el residual a una distancia de 10 km (desde calle K hasta siguapa) pasando por zonas pobladas de Varadero y hoteles a lo largo de la autopista sur evitándose el rebombeo de 2 veces más , con el consiguiente gasto energético que implica este bombeo. Se garantiza, que el residual crudo deberá presentar valores de carga orgánica, acordes a lo establecido en el Capítulo 4.4 de la norma NC 27-2012 con DBO₅ inferior a 300 mg/L. El tratamiento seleccionado a utilizar es del tipo biológico de lodos activados
6. Las inversiones en el sector del turismo toman en consideración las necesidades de preservar nuestra riqueza y entorno natural, demandando sistemas de tratamiento para la solución de las aguas residuales, que permitan minimizar cualquier efecto en el impacto ambiental, que generalmente producen los vertimientos de estas aguas, en un ecosistema dado.
7. Acorde a 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, para esto se prevé un esquema de tratamiento, siguiendo un proceso de lodos activos, con nitrificación-desnitrificación, consistente en un reactor anóxico que se coloca aguas arriba del aerobio.
8. Los cambios ocurridos en el país aconsejan cambiar los métodos de evaluación de las inversiones que se habían estado empleando, siendo un aspecto fundamental del cual depende la recuperación de la inversión o negocio y su rentabilidad; por lo cual, si no es posible cuantificarlo, no se puede justificar la inversión y lo más importante, conocer su efecto en la economía.
9. Se establece una metodología de Cálculo de la PTR en la etapa de estudio de oportunidades teniendo como premisa que en los antecedentes de la implementación del Decreto Ley 327/18 se define como deficiencias la falta de calidad y rigor en la elaboración de los estudios de factibilidad e insuficiente capacidad profesional para elaborarla, los estudios de oportunidades son el eslabon

más débil del proceso así como la inexistencia de una herramienta que permita gestionar el proceso inversionista en esta etapa.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar el diseño propuesto en el cálculo de los estudios de oportunidades de las inversiones dentro del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos permitiendo conocer el beneficio económico social.
2. Divulgar los resultados de esta investigación con los trabajadores pertinentes, garantizando minimizar la debilidad existente en la etapa de oportunidades del proceso inversionista.
3. Extender el estudio al resto de las áreas y procesos del proceso inversionista que no fueron estudiados a profundidad en la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cardenas M. Los sistemas de tratamiento de residuales líquidos y su impacto en el saneamiento ambiental. XII Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica. Habana .2015

Decreto 327/2014. Gaceta oficial 5 extraordinaria. Consejo de Ministro. 2015

Hernández Muñoz A. Depuración de Aguas Residuales. Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 5ª ed., 2016.

Hidalgo L., Mendez E. Estudio de Prefactibilidad Técnico Económica para la construcción del Centro de Distribución de agua Potable en la Península de Hicacos. CONAS. Matanzas. 2019

<http://www.depuradoras> de aguas. es. consulta 6 de febrero 2020

Lorenzo Rivas E. Tratamiento de aguas residuales. Colombia. 2012

Marcos Von. Lodos Activados, principios del tratamiento biológico de aguas residuales. San Juan de Pasto : Universidad de Nariño, 2014.

NC 23:99 Franjas Forestales de las zonas de Protección a Embalses y Cauces Pluviales

NC 7:2002. Barras de Acero para Refuerzo de Hormigón. Especificaciones.

NC 207:2003. Requisitos Generales para el Diseño y Construcción de Estructuras de Hormigón.

NC 250:2005. Requisitos de durabilidad para el diseño de edificaciones y obras civiles de hormigón estructural.

NC 521:2007 Vertimiento de Aguas residuales a la Zona Costera y aguas Marinas- Especificaciones

NC 27:2012 Vertimiento de Aguas Residuales a las aguas Terrestre y Alcantarillado-Especificaciones.

NC 973:2013 Determinación de la demanda de agua potable en poblaciones urbanas.

NC 1238//2018 Especificaciones para diseño y construcción de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial urbano.

Perez Lantigua L. Estudio del Desarrollo Hidráulico en la Península de Hicacos 2016-2030. Expo Cubagua.2017

Procedimiento para la especialidad de Estructura: 206-PRO-01 Rev. 3

Resolución 421/2012 Ministerio Finanzas y Precios. Tarifas en pesos cubanos para el cobro de los servicios de provisión, abasto de agua y servicio sanitarios. Habana 2012

Resolución 287/2015. Indices de consumo de agua. Gaceta oficial 16 extraordinaria. 2016

Romero, Rojas Jairo Alberto. Purificación del agua. Bogotá: Escuela Colombiana de ingeniería, 2006.

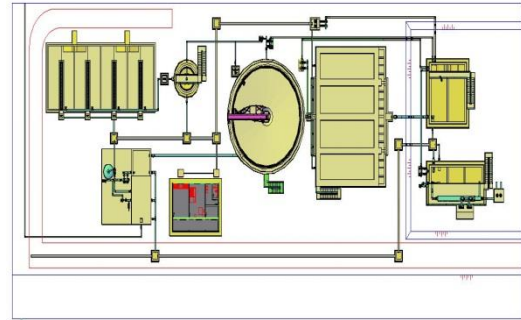
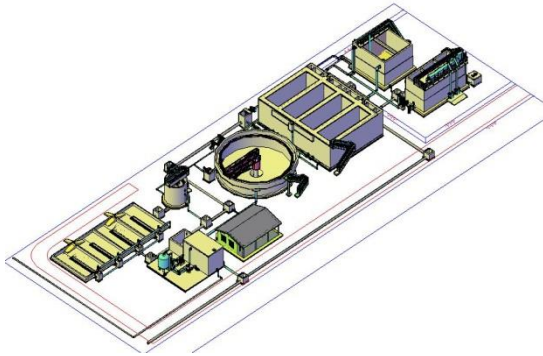
Romero, Rojas Jairo Alberto..Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería, Sperrling.2014.

Rodriguez V.Sistema de Tratamiento de aguas residuales .Experiencia en CORASON. VI Seminario de Uso Integral del Agua .Republica Dominicana.2017.

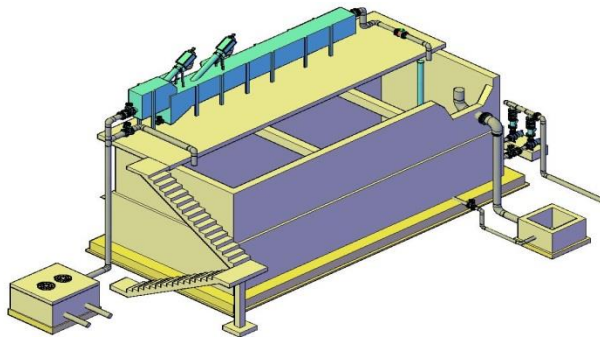
Rodriguez de Lastre F., Rodriguez Carmona L. Cálculo de planta de tratamiento de Residuales .Villa Clara .Cuba. 2016

ANEXOS

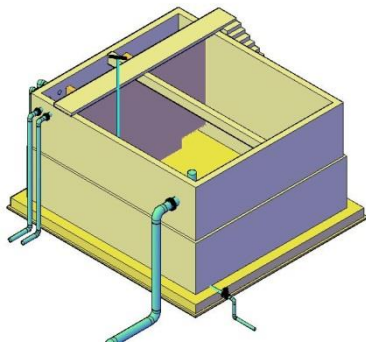
PLANTA GENERAL



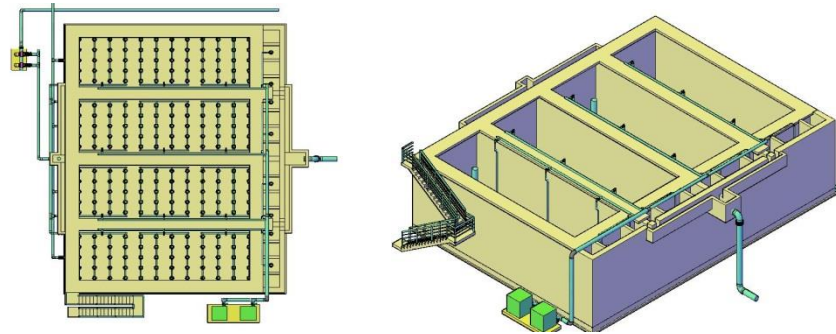
TANQUE HOMOGENIZADOR



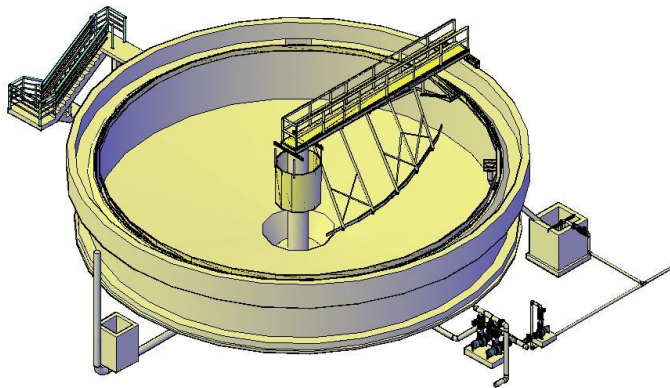
ANOXIA



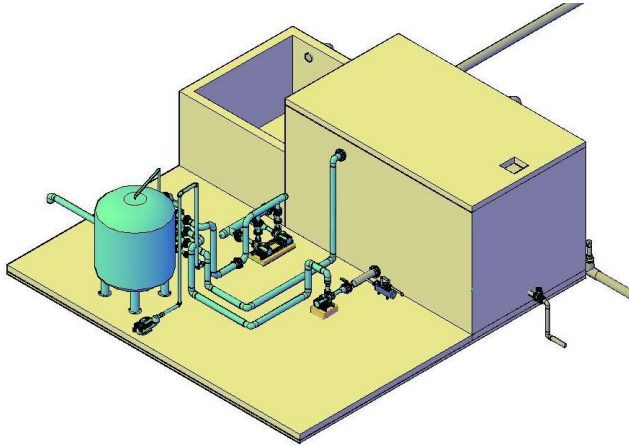
AERACION



SEDIMENTADOR



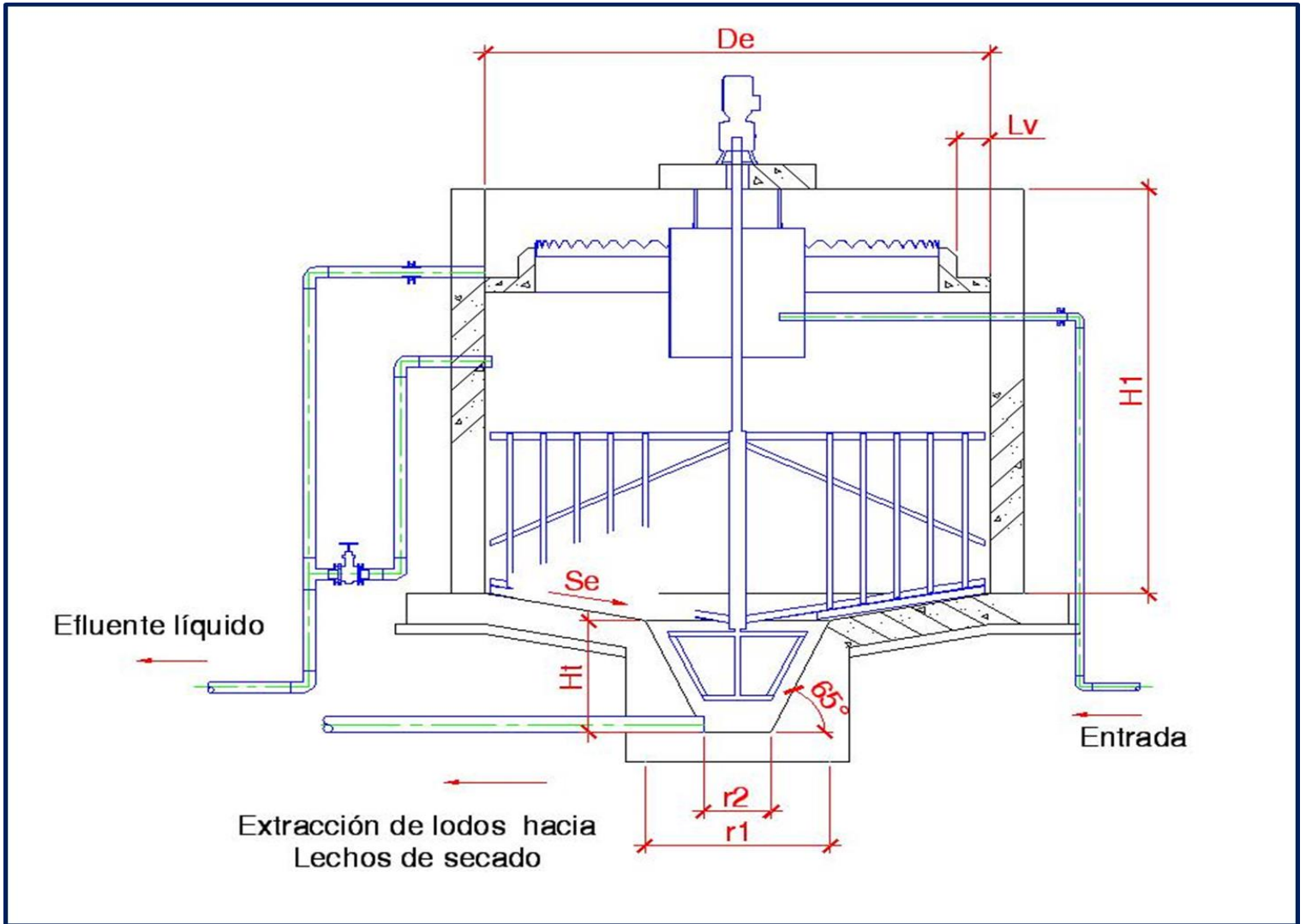
TRATAMIENTO TERCARIO



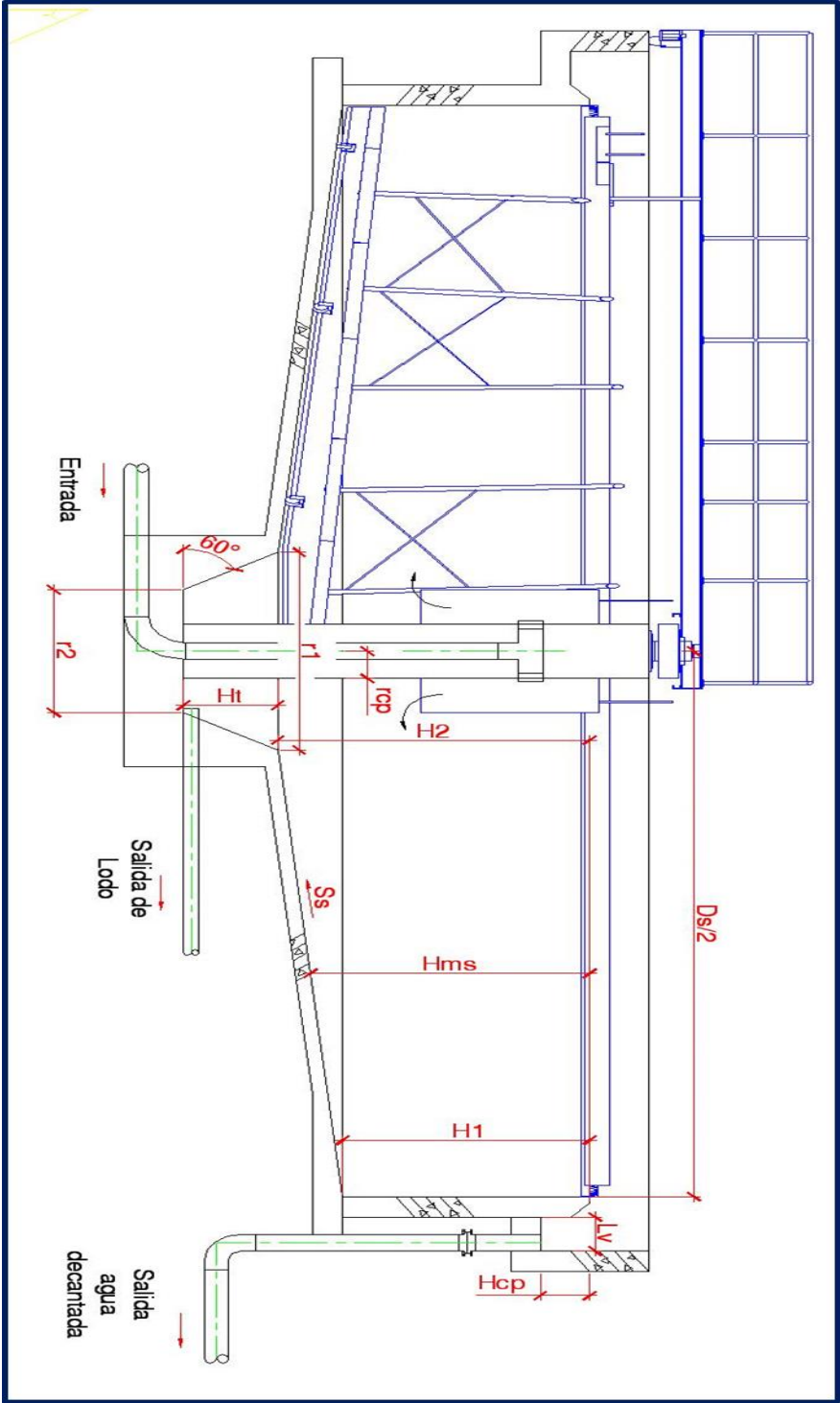
PTR COSTA DEL SOL, MALAGA



Figura-1: Vista general de la EDAR Abanilla y de la balsa de acumulación de agua tratada para riego (derecha)



Diseño de espesador de lodos. Fuente autor



Dimensionamiento de sedimentador. Fuente autor