

*Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Química y Farmacia
Departamento de Ingeniería Química*



*Tesis presentada en opción al Grado de Master en Ciencias
en Ingeniería en Saneamiento Ambiental.*

*“Propuesta de Solución para la Evacuación, Tratamiento y
Disposición Final de las Aguas Residuales de una Zona
Urbana de la Ciudad de Cienfuegos”.*

Autor: Lic. Ayelin Portell González

*Tutores: Dr. Ing. Mario Muro Morales
Dr. Ing. Jesús E. Castellanos Estupiñán*

*Santa Clara, 2004
“Año del 45 Aniversario del Triunfo de la Revolución”*

“La vida nació en el mar y no debe morir allí”.

Anónimo

“La naturaleza inspira, consuela, fortalece y prepara al hombre y el hombre no se halla completo, ni se eleva a si mismo, ni ve los invisible, sino en su intima relación con la naturaleza”.

José Martí

“... El desarrollo actual perspectivo de esta provincia sólo podrá medirse en la medida que seamos capaces de mantener limpia las aguas de la Bahía. . .”

Fidel Castro Ruz

A mi Esposo

Deseo expresar mis sinceros agradecimientos a las personas que me han estimulado a lo largo de estos años a continuar superándome, en especial mis seres más queridos. A todos mi gratitud.

Mi reconocimiento de gratitud al colectivo de Profesores que con amor y entrega han impartido esta Maestría; así como al maravilloso grupo de estudiantes con el cual he compartido.

Agradecimientos a mis tutores Dr. Ing. Mario Muro Morales y Dr. Ing. Jesús E. Castellanos Estupiñán por su ayuda incondicional.

Agradezco el apoyo y facilidades a mí brindadas por el colectivo de Especialistas y Directivos de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cienfuegos.

Unas palabras de especial gratitud a mi compañero MSc. Ing. Omar Gutiérrez Benítez por su valioso e incondicional apoyo.

RESUMEN.

En este trabajo se realizó una gestión de saneamiento en una zona urbana de la ciudad de Cienfuegos. El objetivo de este estudio consistió en proponer un sistema apropiado de evacuación, tratamiento y disposición para las aguas residuales urbanas que logre mitigar sus efectos ambientales negativos sobre el ecosistema de la Bahía de Cienfuegos. En este contexto se elaboró y validó un procedimiento metodológico para el desarrollo de la gestión de saneamiento para la Empresa de Acueducto Alcantarillado de Cienfuegos, que permitió estudiar la problemática ambiental existente y proponer una alternativa de solución apropiada para la evacuación, tratamiento y disposición final de estas aguas residuales.

Se concluye que el sistema de saneamiento existente no es apropiado, estimándose que la carga contaminante dispuesta actualmente a la Bahía de Cienfuegos representa un 5.07 % del total de carga orgánica dispuesta a este ecosistema, impactando sobre las condiciones higiénicas sanitarias de los lugares de baño en el litoral y de la calidad del cuerpo de agua de esta bahía. Se propone como alternativa de solución un sistema alcantarillado, que tribute el residual evacuado hacia un sistema de evacuación existente para realizar un tratamiento conjunto en lagunas de estabilización en paralelo, selección que se sustenta en sus ventajas sociales, técnicas, ambientales, económicas y financieras, que con una operación y mantenimiento adecuados permitirá tratar de forma sanitaria y ambientalmente segura volúmenes considerables de las aguas albañales, incluidas la de las zona objeto de estudio, se propone la reutilización del efluente con fines de riego una vez que cumple los requerimientos establecidos para ello, lo que contribuirá a lograr un uso más racional del recurso agua.

ABSTRACT.

In this work was carried out a sanitation management in an urban area of the city of Cienfuegos. The objective of this study consented in proposing an appropriate system of evacuation, treatment and disposition for the urban residual waters that it is able to mitigate its effects environmental negatives on the ecosystem of the Bay of Cienfuegos. In this context it was elaborated and it validated a methodological procedure for the development of the sanitation management for the Company of Aqueduct Sewer system of Cienfuegos that allowed to study the existent environmental problem and to propose an alternative of appropriate solution for the evacuation, treatment and final disposition of these waste waters.

It is concludes that the system of existent sanitation is not appropriate, being considered that the polluting load prepared at the moment to the Bay of Cienfuegos represents 5.07 % of the total of organic load willing to this ecosystem, impacting on the sanitary hygienic conditions of the bathroom places in the coast and of the quality of the body of water of this bay. It is intends as solution alternative a system sewer system that pays the residual one evacuated toward a system of existent evacuation to carry out a combined treatment in stabilization lagoons in parallel, selection that is sustained in their social, technical, environmental, economic and financial advantages that with an operation and adapted maintenance will allow to be in way sanitary and environmentally sure considerable volumes of the waters sewers, included that of the area study object, intends the reuse of the effluents with watering ends once it completes the established requirements for it, what will contribute to achieve a more rational use of the resource water.

INDICE.

TABLA DE CONTENIDO	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPITULO No.1: ANALISIS BIBLIOGRAFICO	4
1.1 LA GESTION AMBIENTAL Y TECNOLOGICA COMO PARTE INTEGRAL DEL SISTEMA DE GESTION GLOBAL DE UNA ORGANIZACION	4
1.1.1 EL ANALISIS COMPLEJO DE PROCESOS: UNA HERRAMIENTA PARA LA GESTION AMBIENTAL Y TECNOLOGICA	5
1.1.2 GESTION EN LOS SISTEMAS DE EVACUACION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES	7
1.2 LA LEGISLACION Y ESTANDARES AMBIENTALES DE CUBA RELACIONADOS CON LAS AGUAS Y LOS ECOSISTEMAS ACUATICOS	8
1.3 COMPOSICION Y CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS	12
1.4 DEPURACION DE AGUA RESIDUALES	16
1.5 REUTILIZACION DE AGUA RESIDUAL	20
1.6 SELECCION Y JUSTIFICACION DE LA MEJOR OPCION DE TRATAMIENTO Y REUSO	23
1.7 ANALISIS COSTO-BENEFICIO	23
1.8 CONCLUSIONES PARCIALES	26
CAPITULO No. 2: GESTION EN EL SISTEMA DE EVACUACION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CIENFUEGOS	27
2.1 PROCEDIMIENTO PARA LA GESTION AGUAS DE SANEAMIENTO PARA LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (EAA) DE CIENFUEGOS	27
2.2 ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA Y CARACTERIZACION DEL OBJETO DE ESTUDIO.	29
2.2.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL IDENTIFICADA: ANTECEDENTES	29
2.2.2 DEFINICION Y CARACTERIZACION GENERAL DEL OBJETO DE ESTUDIO	31
2.2.2.1 DEFINICION DEL OBJETO DE ESTUDIO	31
2.2.2.2 CARACTERIZACION GENERAL DEL OBJETO DE ESTUDIO	32
2.3 CARACTERIZACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL ESTADO DEL SANEAMIENTO E IMPLICACIONES AMBIENTALES Y SOCIOECONOMICAS	40
2.3.1 COBERTURA Y CONDICIONES DE SANEAMIENTO	40
2.3.2 ESTIMADO DE CARGA CONTAMINANTE GENERADA Y DISPUESTA	41
2.3.3 ESTUDIO DE LAS CONDICIONES HIGIENICO SANITARIAS DE LOS LUGARES DE BAÑO EN EL LITORAL DE LA BAHIA DE CIENFUEGOS	44
2.3.4 ESTUDIO DE LOS INDICES DE CALIDAD DEL CUERPO DE AGUA LA BAHIA DE CIENFUEGOS EN LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO	46
2.4 CONCLUSIONES PARCIALES	48
CAPITULO No. 3: PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE	49

EVACUACION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CIENFUEGOS	
3.1 INFORMACION BASICA REQUERIDA PARA EL DISEÑO Y SELECCION DE ALTERNATIVAS DE EVACUACION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES	49
3.1.1 PERIODO DE DISEÑO	49
3.1.2 PROYECCIONES DE POBLACION FUTURA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	50
3.1.3 ESTIMACION DE LOS GASTOS DE AGUAS RESIDUALES	51
3.1.4 CARACTERIZACION DE LOS AFLUENTES	52
3.1.5 CARACTERISTICAS DEL MEDIO NATURAL	53
3.1.6 ESTANDARES AMBIENTALES Y REQUERIMIENTOS DE LOS EFLUENTES	53
3.1.7 POSIBILIDADES DE REUTILIZACION	54
3.2 ALTERNATIVAS PARA LA EVACUACION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES	54
3.2.1 ALTERNATIVAS PARA LA EVACUACION DE LAS AGUAS RESIDUALES	54
3.2.2 ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL	57
3.3 ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS	63
3.3.1 ESTIMACION DE LOS BENEFICIOS	63
3.3.2 ANALISIS DE RENTABILIDAD DE LA INVERSION	66
3.4 SELECCION DE ALTERNATIVAS	68
3.5 CONCLUSIONES PARCIALES	72
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFIA	75
ANEXOS	81

INTRODUCCION.

En la medida en que crece la preocupación por mantener y mejorar la calidad del medio ambiente y proteger la salud humana, las organizaciones de todo tipo están volviendo cada vez más su atención hacia los impactos potenciales de sus actividades, productos y servicios, estando cada vez más preocupadas por lograr y demostrar un sólido desempeño ambiental, controlando estos impactos sobre el medio ambiente, teniendo en cuenta su política y objetivos ambientales. El logro de este desempeño ambiental requiere de un compromiso de la organización, para un enfoque sistemático y un mejoramiento continuo de su Sistema de Gestión Ambiental, a la vez que lo realizan en el contexto de una legislación cada vez más estricta del desarrollo de políticas económicas y otras medidas para alentar la protección ambiental. En este sentido las organizaciones en cumplimiento de sus deberes, atribuciones y funciones específicas relativas a la protección del medio ambiente, deben incorporar y evaluar los requerimientos de la protección del medio ambiente en sus políticas, planes y programas de desarrollo, ejecutando proyectos con vista a garantizar la sostenibilidad de su gestión y contribuir al desarrollo de la vida en un medio ambiente adecuado.

Dentro de los impactos potenciales de sus actividades, productos y servicios, la contaminación tiene una significación especial, especificándose en la Estrategia Ambiental Nacional trazada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en relación con la caracterización de los principales problemas ambientales “La contaminación de las aguas interiores y marinas como una de las problemática que se ha ido agravando durante los últimos años”; en lo que ha incidido, de manera especial, el estado deficiente de las redes de alcantarillado; el estado crítico de las plantas de tratamiento; el inoperante funcionamiento depurador de un elevado por ciento de las lagunas de estabilización debido a la falta de mantenimiento; el agravado déficit de cobertura de tratamiento de residuales en el país y los serios problemas en la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento y el decrecimiento del aprovechamiento y reuso de los residuales.

En el Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo, en relación con prevención, reducción y control de la degradación del medio marino por actividades terrestre, se enuncian que se debe incluir el análisis y evaluación sobre el tratamiento, manejo, reuso y

disposición final de las aguas residuales en los nuevos planes de desarrollo costero, incluidos los relativos a asentamientos humanos, lo que contribuiría a lograr un uso más racional del agua, continuar extendiendo el aprovechamiento económico de los residuales con incidencia en el medio costero, como vía para reducir la contaminación del medio marino proveniente de fuentes terrestres, promover y controlar la aplicación de medidas internas para la disminución de los volúmenes y carga de los efluentes asociados al medio costero, como forma de contribuir al mantenimiento de los niveles de calidad del ambiente marino y la calidad de sus usos prioritarios, así como el mantenimiento de la calidad del agua, según criterio de uso y aplicar enfoques racionales para la gestión en lo que respecta al ordenamiento de las aguas residuales y desechos, con el objetivo de prevenir, controlar y reducir la contaminación y degradación del ambiente costero.

La trascendencia de acciones de este tipo se acrecienta cuando la dimensión ambiental trasciende sus límites y alcanza además una dimensión social, repercutiendo en la calidad de vida de la población, medida a través de indicadores de salud humana. En este ámbito la Empresa de Acueducto y Alcantarillado (EAA) de Cienfuegos necesita desarrollar e implementar procedimientos para la gestión de saneamiento, dirigidos a mitigar esta problemática.

El **objeto de estudio** lo constituye una zona urbana de la ciudad de Cienfuegos, que abarca los repartos Los Amarillos, Punta Gorda, Bonevald, Playa Alegre y Las Minas.

El **problema principal** consiste en la alta carga contaminante de las aguas residuales vertidas a la Bahía de Cienfuegos procedente del sistema de saneamiento actual de esta zona urbana, y que provoca efectos ambientales, sociales y económicos de consideración en este ecosistema.

La **hipótesis** que se plantea es que puede lograrse un sistema de saneamiento apropiado para las aguas residuales urbanas de esta zona, con una mitigación de sus efectos ambientales negativos sobre el ecosistema de la Bahía de Cienfuegos.

Para validar la hipótesis se plantea como **objetivo general**, proponer un sistema apropiado de evacuación, tratamiento y disposición para las aguas residuales urbanas para esta zona que logre mitigar sus efectos ambientales negativos sobre el ecosistema de la Bahía de Cienfuegos.

Este objetivo general se complementará a través de los siguientes **objetivos específicos**:

1. Proponer un procedimiento metodológico para el desarrollo de la gestión en sistemas de saneamiento de las aguas residuales urbanas para la Empresa de Acueducto Alcantarillado de Cienfuegos.
2. Estudiar la problemática ambiental existente en la zona objeto de estudio, valorando si el sistema de saneamiento existente es apropiado.
3. Proponer alternativas de solución para la evacuación, tratamiento y disposición final de las aguas residuales de la zona objeto de estudio.

Para dar cumplimiento a estos objetivos se desarrollarán las siguientes **tareas**:

1. Realizar el análisis bibliográfico sobre el estado del arte.
2. Elaborar un procedimiento metodológico para el desarrollo de la gestión en sistemas de saneamiento de las aguas residuales urbanas para la Empresa de Acueducto Alcantarillado de Cienfuegos.
3. Realizar el estudio del perfil del objeto de estudio, caracterizando la situación presente relativa al saneamiento.
4. Realizar el estudio de factibilidad social, técnica, ambiental, económica y financiera de las propuestas de alternativas de sistemas para la evacuación, tratamiento y disposición final de las aguas residuales de la zona objeto de estudio.

CAPITULO No. 1: ANALISIS BIBLIOGRAFICO.

1.1 LA GESTION AMBIENTAL Y TECNOLOGICA COMO PARTE INTEGRAL DEL SISTEMA DE GESTION GLOBAL DE UNA ORGANIZACION.

El desempeño ambiental de una organización es de creciente importancia para las partes interesadas internas y externas. El logro razonable de este desempeño ambiental requiere de un compromiso de la organización, con un enfoque sistemático y un mejoramiento continuo de su Sistema de Gestión Ambiental (SGA). El tema de la Gestión Ambiental ha sido trabajado por múltiples autores e instituciones ambientales en la literatura (Sánchez y Col., 1982; PNUMA/CPAL, 1990; Brañes, 1991) en la cual definen la Gestión Ambiental desde sus propias perspectivas. En el ámbito de Cuba el término más aceptado es definido en la Ley 81 del Medio Ambiente (ANPP, 1997), donde se define como: “El conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera. La gestión ambiental aplica la política ambiental establecida mediante un enfoque multidisciplinario, teniendo en cuenta el acervo cultural, la experiencia nacional acumulada y la participación ciudadana”

El Sistema de Gestión Ambiental es parte del sistema de gestión general que incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implantar, realizar, revisar y mantener la política ambiental (ONN (a), 1998; ONN (b), 1998).

Por otra parte en los sistemas globales de gestión de las organizaciones actuales la Innovación Tecnológica y la actividad de Gestión Tecnológica deben estar presentes como un elemento básico, en el diseño de la estrategia y en las acciones que posibiliten la adquisición e incorporación de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos a la actividad productiva de la organización, con el objetivo de mantener e incrementar sus niveles de competitividad y eficiencia (CECM, 1999). La Gestión Tecnológica representa hoy un factor clave en los procesos de técnica de búsqueda, generación, conservación, protección y generalización del nuevo conocimiento dentro de las organizaciones. La misma consiste en

el uso de técnicas gerenciales con la finalidad de que la variable tecnológica sea utilizada al máximo de su potencialidad como apoyo a los objetivos de la empresa, es la utilización del conocimiento gerencial para planear, estructurar, dirigir y evaluar la incorporación de tecnología. Coadyuvar entonces a la incorporación de las variables tecnológicas a fin de incrementar su eficiencia, constituye el objetivo central de la Gestión Tecnológica en Cuba para próximos años (Faloh, 1997; Bosch y Col., 2000).

1.1.1 EL ANALISIS COMPLEJO DE PROCESOS: UNA HERRAMIENTA PARA LA GESTION AMBIENTAL Y TECNOLOGICA.

El desarrollo de estos sistemas de gestión involucra la evaluación de las diferentes alternativas propuestas, cada una de ellas en forma independiente o la totalidad de alternativas en conjunto (Weitzenfeld, 1996). El planteamiento, análisis y la selección de las alternativas requieren de un enfoque sistémico y prospectivo.

El enfoque sistémico permite estudiar, mediante métodos de conocimiento científico el objetivo como un sistema; es decir, en todas sus posibles aristas y complejidad de situaciones, sistemas, subsistemas, entorno interno y externo, etc. El mismo comprende el esbozo y análisis de un cierto número de futuros posibles y no pretende reducir a unas pocas alternativas la ilimitada variedad de futuros posibles, sino esclarecer y explicitar los peligros y oportunidades que se perfilan a largo plazo. Refiriéndose que la prospectiva tecnológica es el proceso que permite la determinación de la posible evolución futura de las dimensiones tecnológicas de un material, producto, proceso, equipo o servicio específico, constituyendo los escenarios una de las técnicas principales en los análisis prospectivo (CITMA, 1996).

El término prospectiva expresa la idea de búsqueda de posibilidades, exploración de nuevos campos, localización de recursos y determinación de debilidades, que tienen que descansar en un análisis multilateral y pormenorizado de los factores y cambios tecnológicos que pudieran tener lugar en una empresa. En estos términos entonces no es posible realizar un estudio de prospectiva tecnológica sin considerar los modernos métodos de Análisis Complejo de Procesos. El cual se apoya en los métodos particulares de otras ciencias y en la teoría general de los sistemas y se refiere a la aplicación de métodos científicos de

reconocimiento, definición de problemas y al desarrollo de procedimientos para su solución (Himmelblau y Bischoff, 1976).

El Análisis Multilateral (Complejo) de Procesos ha aparecido en los últimos años en el ámbito científico internacional como una alternativa metodológica que abre nuevos caminos en la intensificación de los procesos, constituyendo sus resultados una base científica y económicamente fundamentada en los estudios sobre aprovechamiento de los fondos básicos, los recursos materiales y energéticos, así como la calidad de los productos y la contaminación ambiental, la modernización, ampliación y reconstrucción de las instalaciones investigadas y los cambios organizativos en la producción, con vista a su explotación y perfeccionamiento más racional, entre otros (González y Stuart, 1991). Consiste en un amplio análisis científico técnico y técnico económico de la situación existente o concebida, en lo referente a las posibilidades de realización óptima de los objetivos previstos, por ello constituye un elemento importante para tomar decisiones más científicas y responsables.

La utilización del Análisis Complejo de Procesos como un importante método científico para la elaboración de estrategias y la ejecución de tareas de intensificación partiendo de la caracterización del proceso estudiado, de los materiales utilizados y de la situación real de los equipos; ha encontrando expresiones cualitativas y cuantitativas de las reservas del proceso, por lo que la complejidad del análisis incluye un dominio completo del proceso estudiado y la incertidumbre de la evolución de su entorno y de su propio desarrollo. Además permite descubrir las partes débiles en el sistema estudiado y el planteamiento de medidas para su eliminación parcial o completa, lo que aumenta su efectividad; permitiendo un mejor aprovechamiento de las materias primas, la energía y los medios de trabajo, así como un aumento de los grados de eficiencia de la fuerza de trabajo y una reducción del impacto ambiental de dichos procesos. González (1991) plantea una estrategia general con un diagrama heurístico incluido para la aplicación del Análisis Complejo de Procesos en las condiciones de Cuba, que incluye además una secuencia de trabajos científicos para la eliminación de los puntos débiles y los pasos a seguir en su preparación y ejecución.

1.1.2 GESTION EN LOS SISTEMAS DE EVACUACION TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES.

El ciclo hidrológico, ofrece a la tierra unos recursos aproximadamente constantes, que parecen ser suficientes para satisfacer las necesidades racionales de la humanidad, pero no lo son cuando se advierte que su capacidad aprovechable se ve disminuida como resultado de las diversas actividades humanas que alteran su integridad.

De aquí la importancia que tiene el aprovechamiento integral de las aguas y la preservación de su calidad. Para ello es extraordinariamente importante una buena gestión de los recursos hídricos, la cual debe estar perfectamente planificada de acuerdo con los recursos hídricos y la situación económica del país (Catalán, 1990; INRH-MINSAP-MINED, 1995; INRH-MINSAP-MINED, 1997).

La gestión aplicada a los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición de residuales líquidos esta dada por la acción y efecto de administrar un conjunto de procedimientos para mejorar la calidad del servicio, procurando mayor eficiencia con menores costos, a la vez que se protege el medio ambiente. Su función no se puede limitar a la satisfacción de una demanda dada, en la practica moderna se busca que en el logro de ese objetivo se tenga en cuenta la actualización y modernización de toda la actividad relacionada con este servicio (Armando y Col., 2001).

Las acciones que por su estructura se consideran más importantes para implantar un método de gestión eficaz son:

- Sistema de información.
- Proyección de sistemas apropiados.
- Optimización de explotación del sistema existente.
- Rehabilitación de los sistemas.
- Fiabilidad y seguridad.
- Mantenimiento preventivo.
- Automatización de redes.

Los objetivos generales que se persiguen en la optimización de la gestión son minimizar los impactos ambientales e incrementar la seguridad en el servicio. Generalmente las

deficiencias que frecuentemente se presentan en los sistemas de alcantarillado, se deben en última instancia a:

- Deficiencias al elaborar el proyecto.
- Errores durante la construcción.
- Deficiencias organizativas para la gestión.
- Insuficiente perspectiva al decidir el financiamiento.
- Existencia de un sistema ya obsoleto por haber alcanzado él límite de su vida útil.

Ramos y Col (1994) proponen un conjunto de directrices, para la gestión de los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición de las aguas residuales urbana, como: conocer exactamente el problema de gestión del agua residual urbana (cantidades de residuos vertidos, composición y variaciones en el tiempo), analizar la posibilidad de gestión mediante cualquiera de los métodos aplicables de saneamiento de aguas residuales, así como de aprovechamiento o reutilización de las mismas, teniendo especial atención en los métodos naturales, determinar cual método disponible es el más adecuado y evaluar, tanto técnica como económicamente, la viabilidad de la solución considerada como la más idónea.

1.2 LA LEGISLACION Y ESTANDARES AMBIENTALES DE CUBA RELACIONADOS CON LAS AGUAS Y LOS ECOSISTEMAS ACUATICOS.

La evidencia de los efectos negativos del desarrollo incontrolado sobre el medio ambiente provoca las reacciones de científicos, colectivos sociales, y al cabo, de los poderes públicos que se materializan en la articulación de medidas legales y planes de actuación, orientados a proteger el medio de las agresiones contaminantes. A continuación se analizan los aspectos fundamentales de la legislación y estándares ambientales de Cuba relacionados con las aguas y los ecosistemas acuáticos.

La Ley No. 81 del Medio Ambiente (ANPP, 1997) destaca que la gestión del agua y de los ecosistemas acuáticos se realizará de acuerdo con las disposiciones siguientes:

- Es obligación de todas las personas naturales y jurídicas la protección y conservación de las aguas de los ecosistemas acuáticos en condiciones que permitan satisfacer las necesidades humanas y mantener una equilibrada interrelación con los demás recursos naturales.

- Para proteger el agua de la contaminación, las autoridades competentes se registrarán de varios principios planteados en esta ley.

Más recientemente el Decreto Ley No. 212 sobre Gestión de la Zona Costera (CE, 2000) cuyo objeto es establecer las disposiciones para la delimitación, la protección y el uso sostenible de la zona costera y su zona de protección, conforme a los principios del manejo integrado de la zona costera; especifica en su artículo 16 que se prohíbe en la zona costera, la disposición final de los desechos sólidos y líquidos provenientes de cualquier actividad, cuando no cumplan con las normas de vertimientos establecidas.

Además, en los estándares nacionales relacionados con el Sistema de Gestión Ambiental, en este caso la norma NC 27:1999. Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado (ONN (a), 1999), cuyo objeto es establecer las especificaciones de los vertimientos de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado y de aplicación a todas las aguas residuales generadas por las actividades sociales y económicas; especifica la relación de productos que se prohíbe verter directamente a la red de alcantarillado y establece las concentraciones que deben cumplir los residuales líquidos a verter al sistema de alcantarillado relacionándose a continuación los parámetros establecidos.

Tabla 1.1: Límites Máximos Permisibles Promedio (LMPP) para los parámetros de los residuales líquidos.

Parámetro	Unidades	LMPP
Temperatura	^o C	< 50
PH	Unidades	6-9
Sólidos Sedimentables	mL/L	<10
Grasas y Aceites	mg/L	<50
Conductividad	μS/cm	<4000
DBO ₅	mg/L	<300
DQO (Dicromato)	mg/L	<700
Fenoles	mg/L	<5
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	<25
Aluminio	mg/L	<10.0
Arsénico	mg/L	<0,5
Cadmio	mg/L	<0,3
Cianuro	mg/L	<0,5
Cobre	mg/L	<5,0
Cromo hexavalente	mg/L	0,5
Cromo total	mg/L	2,0
Mercurio	mg/L	0,01
Plomo	mg/L	1,0
Zinc	mg/L	5,0

Sulfuros	mg/L	5,0
----------	------	-----

A los efectos de esta norma los cuerpos receptores se clasificarán cualitativamente según su uso estableciéndose los LMPP para las concentraciones en las descargas de aguas residuales, atendiendo a dicha clasificación, mostrándose en la siguiente tabla.

Tabla 1.2: Límites Máximos Permisibles Promedio (LMPP) para las Descargas de Aguas Residuales según la Clasificación del Cuerpo Receptor.

Parámetros	UM	Ríos y Embalses			Acuífero vertimiento en suelo y zona no saturada de 5 m			Acuífero vertimiento directo a la zona saturada		
		(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)
PH	U	6,5-8,5	6-9	6-9	6-9	6-9	6-10	6-9	6-9	6-10
Conductividad	μ S/cm	1 400	2 000	3 500	1 500	2 000	4 000	1 500	2 000	4 000
Temperatura	°C	40	40	50	40	40	50	40	40	50
Grasas y aceites	mg/L	10	10	30	5	10	30	Aus.	10	20
Materia flotante	-	Aus.	Aus.	-	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	-	Aus.
Sólidos Sed. Tot.	mL/L	1	2	5	1,0	3,0	5,0	0,5	1,0	5,0
DBO ₅	mg/L	30	40	60	40	60	100	30	50	100
DQO (dicromato)	mg/L	70	90	120	90	160	250	70	140	250
Nitrógeno total	mg/L	5	10	20	5	10	15	5	10	15
Fósforo total	mg/L	2	4	10	5	5	10	5	5	10

Las descargas de aguas residuales no podrán producir una disminución del oxígeno disuelto en los cuerpos receptores superficiales de categorías A, B y C, a valores menores de 4, 3 y 2 mg/L, respectivamente.
(Aus.) Ausente.

Las descargas de aguas residuales no podrán producir un aumento de la media geométrica del Número Más Probable (NMP) de Coliformes Totales y Fecales en 100 mL que supere los valores dados a continuación.

Tabla 1.3: Indicadores de contaminación fecal máxima admisible en los cuerpos receptores según su clasificación cualitativa.

Categoría del Cuerpo Receptor	NMP/100 mL Coliformes totales	NMP/100 mL Coliformes fécales	Relación CT/CF %
A (superficial)	1 000	200	20 %
A (subterráneo)	100	20	20 %
B (superficial)	5 000	1000	20 %
B (subterráneo)	250	50	20 %
B (subterráneo)	(1)	(1)	(1)
C (subterráneo)	(1)	(1)	(1)

(1) El límite lo fijará el organismo rector de las aguas terrestres atendiendo al uso, y posible riesgo para la salud.

Por otra parte la norma NC XX: 2001 Vertimiento de Aguas Residuales a las Costas y Aguas Marinas (ONN, 2001), cuyo objeto es establecer las especificaciones de los vertimientos de aguas residuales a las costas y aguas marinas, se aplica a todas las aguas residuales

generadas y es un instrumento legal para garantizar la calidad de aguas de mar; la que a su vez servirá de base para la elaboración de estrategia de saneamiento, toda vez que es conocido que la protección de nuestras costas depende en alto grado de la protección de la zona de corales, que el consumo de especies marinas contaminadas, y que el contacto con aguas contaminadas ya sea por inmersión o por contacto representa un peligro para la salud del hombre.

A los efectos de esta norma los cuerpos receptores se clasificarán cualitativamente según su uso, estableciéndose a continuación los LMPP geométrico del NMP de coliformes totales en 100 ml, después de descargas de aguas residuales en estos cuerpos receptores.

Tabla 1.4: Límites Máximos Permisibles Promedio geométrico del NMP de coliformes totales en 100 ml en el cuerpo receptor después de las descargas de aguas residuales según la clasificación del cuerpo receptor.

Parámetros	CLASE DEL CUERPO RECEPTOR					
	UM	(A)	(C)	(D)	(E)	(F)
Numero Más Probable de Coliformes Totales	NMP l/100ml	100	250	250	1000	5000

Se especifica en esta norma que no se permitirá el vertimiento de aguas crudas o tratadas en el límite de costa, que todo vertimiento de las mismas se realizara mediante un emisario que posibilite la dilución y el transporte adecuado del efluente descargado e igualmente no se permitirá el vertimiento en áreas de baño o en pozos, cuevas, sumideros y otros que conlleven a riesgos de contaminación en el lugar de baño, de acuerdo con lo establecido en la norma NC 22:1999.

Sobre este último aspecto la norma NC 22: 1999. Lugares de baños en las costas y en masa de aguas interiores. Requisitos higiénicos sanitarios (ONN (b), 1999) establece los requisitos higiénicos sanitarios de los lugares de baño en costas y en masas de aguas interiores, a fin de crear un mejor control sanitario de las mismas. Será aplicada en la organización de los ya existentes así como en la proyección y explotación de los nuevos lugares con posibilidades de uso, a continuación se muestran los Indicadores de calidad bacteriológica del agua en lugares de baño.

Tabla 1.5: Indicadores de calidad bacteriológica del agua en los lugares de baño.

Tipo de Recreación	Coliformes totales	Coliformes fecales	Estreptococos fecales	Pseudomonas aeruginosa
Con Contacto Directo	$> 1 \times 10^3$	$\leq 2 \times 10^2$	$\leq 1 \times 10^2$ *	Ausente
Con Contacto Indirecto	$\leq 5 \times 10^3$	$\leq 1 \times 10^3$	-	Ausente

* Cuando en un período ≥ 30 días se analicen más de 5 muestras, no más del 10% del total excederá de 400-100 mL.

Por último en la norma NC 25:1999. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones, (ONN (c), 1999) se establecen los valores de los índices que se utilizarán para clasificar y evaluar la calidad de los recursos hídricos (cuerpos de agua dulce y marina) destinados, a la actividad pesquera. Los recursos hídricos dedicados a la actividad pesquera están sometidos generalmente a la influencia directa o indirecta de diversas sustancias contaminantes derivadas de las actividades socioeconómicas que se desarrollan en el país. Estas sustancias influyen negativamente, alterando el estado normal de las aguas y provocando desequilibrios ecológicos en perjuicio de la flora y la fauna en ellas presentes.

1.3 COMPOSICION Y CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS.

Las aguas residuales son el resultado de la utilización del agua para distintos fines, como consecuencia de este uso, el agua recoge materias en suspensión y disueltas que alteran sus propiedades. Dependiendo del tipo de utilización, las aguas residuales presentan características muy diferentes, clasificándose según literatura (Zanetti, 1972; Granada y Col., 1974; Pérez, 1995; UNICEF, 1997) de acuerdo a su origen: Aguas residuales domesticas (o urbanas), Aguas residuales industriales, Aguas de lluvia, Aguas de infiltración, Agua residual albañal (agua residuales domesticas e industriales) y Agua residual combinada (agua residuales domesticas e industriales y pluviales).

En especial, existe una gran diferencia entre las aguas residuales urbanas o domésticas, originadas en el uso del agua en las casas, y las aguas residuales industriales, provenientes de instalaciones fabriles; cualquiera que sea su procedencia, plantean una amenaza para el medio ambiente, ya que modifican las características iniciales del medio donde se produce su descarga; la magnitud de la amenaza, depende de las propiedades del agua residual (composición, concentración y condición). Por tanto, antes de escoger un método de tratamiento, el primer paso consiste en averiguar lo más exactamente posible todas las características del agua residual a tratar.

Los vertidos urbanos son aguas turbias que contienen sustancias en dispersión, finamente divididas, en forma de coloide o disueltas, mientras que su composición suele ser hidratos de carbono, grasas y proteínas procedentes de resto de alimentación, jabones, detergentes, etc.; excrementos, fosfatos, compuestos nitrogenados y bacterias íntimamente ligadas a los productos fecales (Bueno y Col.(a), 1997).

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas, las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), la demanda química de oxígeno (DQO) y el pH. Seguidamente se muestran los valores de los parámetros más importantes que pueden encontrarse en la composición de las aguas residuales urbanas, según la literatura (Allende, 2000; Rodríguez, 2000).

Tabla 1.6: Composición típica de un agua residual urbana.

SUSTANCIA (mg/L)	FUERTE	MEDIA	DÉBIL
Sólidos			
Totales	1000	500	200
Volátiles	700	350	150
Fijos	300	150	50
Suspendidos			
Totales	500	300	100
Volátiles	400	250	70
Fijos	100	50	30
Disueltos			
Totales	500	200	100
Volátiles	300	100	50
Fijos	200	100	50
Sedimentables (ml/L)	12	8	4
DBO a 5 días y 20 ^o C	300	200	100
DQO	1000	500	250
COT	290	160	80
Oxígeno consumido	150	75	30
Oxígeno disuelto	0	0	0
Nitrógeno			
Total	85	50	25
Orgánico	35	15	5
Amónico libre	50	30	15
Nitrito	0.10	0.05	0
Nitrato	0.30	0.20	0.10
Fósforo	35	10	4
Cloruros	650	150	10
Alcalinidad	400	250	50
Grasas	40	30	0
pH	8	7.2	7

Características físicas.

El color del agua residual fresca es gris, con sólidos en suspensión o flotantes fácilmente reconocibles. Si se deja pasar un tiempo excesivo entre la generación del agua residual y su tratamiento, el color pasa a ser negro y los sólidos se hacen menos distinguibles, en estas condiciones se dice que el agua residual está séptica. El agua residual urbana no debe presentar olores desagradables, para ello es necesario que llegue a la planta de tratamiento en condiciones no sépticas (Seoanez, 1995).

Características biológicas.

El agua residual urbana contiene microorganismos de muchas clases, algunos de ellos muy perjudiciales para la salud por ser causantes de enfermedades. Los tipos de microorganismos más abundantes en el agua residual son bacterias, protozoos y virus.

Características químicas.

El agua residual urbana contiene materia orgánica e inorgánica. El objetivo más importante del tratamiento de aguas residuales urbanas es la eliminación de la materia orgánica (por su biodegradabilidad), pues cuando se vierte directamente al medio ambiente el agua residual sin depurar la materia orgánica que ésta contiene es responsable de la degradación que se aprecia en las corrientes de agua receptoras.

Contaminación del agua.

El agua es un recurso natural, que ha sido utilizado por el hombre desde su existencia hasta nuestros días para múltiples fines; como elemento de transporte, energía, alimento, diversión, etc. Con el desarrollo industrial, la agricultura, la superpoblación, etc. el hombre está haciendo mayor uso de ella, devolviéndola de nuevo a su seno, la tierra, alterada en su composición, produciendo el fenómeno tan familiar en nuestros días como es el de la contaminación. Esta es tan importante pues cuando el ciclo natural hidrológico es incapaz de realizar los fenómenos de autodepuración, se produce un gran desequilibrio en la naturaleza y en los sistemas acuáticos (Col. autores, 2001).

Si antes de verter el agua residual a los diferentes cuerpos receptores, esta es tratada o depurada, el impacto producido será menor que si se vierte cruda, y tanto menor cuanto más

complejo haya sido el tratamiento. Debiendo estar el grado de tratamiento acorde con lo siguiente (Rodríguez, 2002):

- Características del cauce receptor.
- Relación de caudales entre el cuerpo receptor y el vertido.
- Estados de las aguas del río.
- Utilización por parte de otros usuarios del receptor en los kilómetros posteriores.
- Posibilidad de toma de agua próxima.
- Balance hídrico de la zona.
- Fauna y flora del entorno.

Los principales contaminantes del agua son los siguientes (Doménech, 1993):

- Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno.
- Agentes infecciosos, Productos químicos y Sustancias radiactivas.
- Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas.
- Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos.
- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías.
- El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana, teniendo entre otros, que la presencia de nitratos en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal, el cadmio presente en los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas, de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones; y además hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo (Misch, 1994; <http://www.cepis.ops-oms.org>).

Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas; en el caso de la contaminación urbana está formada por las aguas

residuales de los hogares y los establecimientos comerciales, siendo los efluentes urbanos muy heterogéneos y variando poco de un país a otro, sin embargo el gran volumen de estos hace que las alteraciones físicas, químicas y biológicas ocasionadas sean muy significativas. Además estas aguas por su variada procedencia, son portadoras de gran número de sustancias, por lo que si no son debidamente depuradas afectarían negativamente al medio marino; presentando entre otras las siguientes desventajas: son vehículo de enfermedades, contienen detergentes, pueden contener hidrocarburos y otras sustancias nocivas vertidas inadecuadamente desde las casas, talleres, etc., causan mal olor, etc. (Bueno y Col.(b), 1997).

1.4 DEPURACION DE AGUA RESIDUALES.

Las acciones de prevención de la contaminación comprenden el uso de procesos, prácticas, materiales o productos que evitan, reducen o controlan la contaminación, que pueden incluir reciclado, tratamiento, cambio de procesos, uso eficiente de los recursos y sustitución de materiales entre otros. El objetivo de los procesos de agua residuales es evitar los daños ambientales que están pueden ocasionar, expresados como toda pérdida, disminución, deterioro o menoscabo significativo, inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes y que incrementan el costo ambiental asociados al deterioro actual o perspectiva de los recursos naturales.

La depuración de aguas, es el nombre que reciben los distintos procesos implicados en la extracción, tratamiento y controles sanitarios de los productos de desecho arrastrados por el agua y procedentes de viviendas e industrias. La depuración cobró importancia progresivamente desde principios de la década de 1970 como resultado de la preocupación general expresada sobre el problema de la contaminación humana del medio ambiente, por los desperdicios domésticos, industriales, municipales y agrícolas (<http://hispagua.cedex.es>; <http://www.amiad.com>; <http://www.abss.pumps.com>).

En sentido general cuando existen comunidades formadas por diferentes casas y establecimientos, se hace necesaria la construcción de una red de alcantarillado que recoja los residuales líquidos de esa comunidad y los conduzca hacia un lugar en que después de tratados puedan ser vertidos sin que ofrezcan peligro alguno.

El desarrollo tecnológico ha conseguido plantear soluciones técnicas con el objeto de reducir controlar y aprovechar la contaminación, existiendo actualmente Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales Urbanas (EDARU) destinadas a tratar la contaminación del agua con el objeto de devolverla al medio ambiente lo más impoluta posible y de esta forma no alterar en gran medida los ciclos naturales hidrológicos.

Según literatura (Rodríguez, 2002) una EDARU debe concebirse de forma tal que: se asegure un buen funcionamiento, se disminuya el impacto ambiental y se optimicen los costos de inversión y explotación. Distinguiéndose dos líneas de tratamiento: la línea de agua, en la que se incluyen aquellos procesos que permiten eliminar o reducir los elementos contaminantes de los vertidos objeto de tratamiento, y la línea de fango, que se concibe para tratar los subproductos originados en la línea anterior para que puedan ser evacuados bajo condiciones óptimas de manejo y sanitarias.

Sobre la depuración de las aguas residuales urbanas, la literatura especializada en tecnologías (Degremont, 1979; Germain, 1982; Metcalf and Eddy, 1991; Díaz, 1991) coincide en que estas, pueden poner en juego, por separado o conjuntamente:

- Instalaciones de depuración física.
- Instalaciones de depuración físico – química.
- Instalaciones de depuración biológica.
- Instalaciones de tratamiento y secado de los fangos.

Los procesos empleados en estas EDARU suelen clasificarse como parte del tratamiento en primario, secundario o terciario. Las primeras operaciones a realizar corresponde al tratamiento primario, por el cual se eliminan sólidos por una parte, y grasa y aceites, por otra; incluyendo la eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación y la sedimentación; posteriormente pasan al tratamiento secundario o biológico que implica la oxidación de la materia orgánica disuelta y por último el tratamiento terciario.

Hay diversos procesos alternativos para el tratamiento secundario, incluyendo el filtro de goteo, el lodo activado y las lagunas. Siendo estas últimas muy factibles de emplear en los países de menor desarrollo (<http://www.ingenieroambiental.com>)

Las lagunas de estabilización son órganos que permiten tratar aguas residuales por medio biológico, pero donde realmente se presentan fenómenos físicos, químicos, bioquímicos y biológicos. Es una estructura muy simple donde ocurre un proceso muy complejo; cuando las aguas residuales son descargadas en las lagunas, se realiza en las mismas en forma espontánea, un proceso conocido con el nombre de autodepuración o estabilización natural (Alfonso, 1996; González, 1998; DAA, 2001). Las mismas requieren de una extensión de terreno considerable, siendo las que funcionan en condiciones mixtas, las más comunes, con una profundidad de 0,6 a 1,5 m y una extensión superior a una hectárea. En estos sistemas puede lograrse una reducción de la DBO₅ de un 75 a un 85 %.

Por otra parte si el agua que ha de recibir el vertido requiere un grado de tratamiento mayor que el que puede aportar el proceso secundario, o si el efluente va a reutilizarse, es necesario un tratamiento avanzado de las aguas residuales. A menudo se usa el término tratamiento terciario como sinónimo de tratamiento avanzado, pero no son exactamente lo mismo. El tratamiento terciario, suele emplearse para eliminar el fósforo, mientras que el tratamiento avanzado podría incluir pasos adicionales para mejorar la calidad del efluente eliminando los contaminantes recalcitrantes.

Existiendo procesos que permiten eliminar más de un 99% de los sólidos en suspensión y reducir la DBO₅ en similar medida. Los sólidos disueltos se reducen por medio de procesos como la ósmosis inversa y la electrodiálisis. La eliminación del amoníaco, la desnitrificación y la precipitación de los fosfatos pueden reducir el contenido en nutrientes. Si se pretende la reutilización del agua residual, la desinfección por tratamiento con ozono es considerada el método más fiable, debido a que tiene gran eficacia biocida, además es útil para descomponer sustancias orgánicas sintéticas, evitar formación de trihalometanos, mejorar la floculación entre otras (Solsona, 2002).

Los microorganismos en la depuración de las aguas residuales.

El objetivo fundamental del tratamiento biológico de las aguas residuales es coagular y remover los sólidos coloidales no sedimentables y estabilizar la materia orgánica, que se lleva a cabo por las bacterias, ayudadas en gran medida por los protozoos flagelados. Por otra parte, las bases para el diseño de los sistemas biológico, así como la selección del tipo de tratamiento a ser utilizado dependen de la forma, estructura y actividad bioquímica de los microorganismos presentes (Fair, 1986; Bitton, 1994).

Los principales procesos de tratamiento biológico de las aguas residuales (Crites y Tchobanoglous, 1998) se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1.7: Principales procesos de tratamiento biológico de las aguas residuales.

TIPO	NOMBRE DEL PROCESO	USO
Procesos aerobios		
Cultivo en suspensión	Lodo activado Laguna aireadas Digestión aerobia	Remoción de DBO ₅ , nitrificación Remoción de DBO ₅ , nitrificación Estabilización Remoción de DBO ₅
Cultivos fijos	Filtro percolador Biodiscos Reactores de lecho empacado	Remoción de DBO ₅ , nitrificación Remoción de DBO ₅ , nitrificación Remoción de DBO ₅ , nitrificación
Sistemas híbridos (combinación de procesos con cultivo fijo y en suspensión)	Filtro percolador/lodo activado	Remoción de DBO ₅ , nitrificación
Procesos anóxicos		
Cultivos suspendido	Desnitrificación en cultivos suspendidos	Desnitrificación
Cultivo fijo	Desnitrificación en cultivos fijos	Desnitrificación
Procesos anaerobios		
Cultivo en suspensión	Proceso anaerobio de contacto Digestión anaerobia	Remoción de DBO ₅ Estabilización Remoción de DBO ₅
Cultivo fijo	Filtros anaerobios	Remoción de DBO ₅ , estabilización (desnitrificación)
Procesos combinados aerobios, anaerobios y anóxico		
Cultivo en suspensión	Procesos simple o multifase	Remoción de DBO ₅ , nitrificación. Desnitrificación y remoción de fósforo.
Combinación de cultivos fijos y en suspensión	Procesos simple o multifase	Remoción de DBO ₅ , nitrificación, desnitrificación y remoción de fósforo.
Procesos de lagunas		
Lagunas aerobias	Lagunas aerobias	Remoción de DBO ₅
Lagunas de maduración	Lagunas de maduración	Remoción de DBO ₅

		(nitrificación)
Lagunas Facultativas	Lagunas Facultativas	Remoción de DBO ₅
Lagunas anaerobias	Lagunas anaerobias	Remoción de DBO ₅ y estabilización del residuo

Diseño de procesos de tratamiento de aguas residuales.

En la literatura técnica especializada (Hardenbergh, 1972; Díaz, 1987; Perry, 1999; Allende, 2000), entre otros establecen consideraciones para el diseño y construcción de sistemas de tratamiento y en particular para los distintos procesos unitarios que lo conforman, recomendándose métodos y criterios de diseño; destacándose la obra de Allende (2000), abarcando de forma práctica el dimensionamiento de los distintos dispositivos de tratamiento, y brindando herramientas prácticas y metodología a ingenieros y proyectistas. Entre los parámetros fundamentales para el diseño y cálculo de un sistema de tratamiento de aguas residuales el caudal de agua a tratar es fundamental, e igualmente importante es conocer como es su variación a lo largo del día.

Disposición final de las aguas residuales.

El método más utilizado para la disposición final de las aguas residuales es la dilución en cuerpos de agua, como lagos o embalses, ríos u océanos. Al utilizar este método es prácticamente internacional fijar normas que regulen las características del residual que será vertido, para evitar la contaminación del cuerpo receptor; siendo por tanto las normas ambientales las que determinan el grado de tratamiento al que debe ser sometido el residual antes del vertimiento, considerándose además el poder o capacidad de asimilación del cuerpo receptor y del uso que se dará al agua después del vertimiento (Pérez, 1980; García, 1996).

1.5 REUTILIZACION DE AGUA RESIDUAL.

La experiencia acumulada en el ámbito mundial demuestra la factibilidad técnica y económica del uso de las aguas residuales, lo que contribuye a proteger la salud y el ambiente. Sin embargo, es necesario tener presente que se trata de procesos que, de hecho, implican riesgos de suma responsabilidad (Moscoso y León, 1996).

Las aguas residuales de origen urbano son un recurso hídrico más, con el que se cuenta para el riego de cultivos, jardines, etc. esta agua suelen contener microorganismos

patógenos de origen fecal, que pueden producir numerosas enfermedades transmisibles a la población, tales como diarrea, hepatitis, etc., planteando un riesgo potencial de contaminación por contacto, inhalación o ingestión accidental (Catalán, 1982). El efecto negativo que la presencia de estos microorganismos ejerce sobre la salud humana justifica su determinación para establecer la aptitud de esta agua con relación al riego.

Las aguas residuales además contienen siempre microelementos, algunos son necesarios para el crecimiento de las plantas, pero su presencia en ellas, en concentraciones excesivas, puede tener efectos tóxicos. Desde el punto de vista agrícola, las aguas residuales presentan unos contenidos en elementos nutritivos (N, P, K) que les confieren unas propiedades fertilizantes, junto a esta cualidad nutritiva hay que destacar la carga biológica que contienen, que constituye un riesgo para la salud humana; ello exige que las aguas residuales deban ser sometidas a un tratamiento previo antes de poder ser usadas para riego (León y Sannueza, 1995).

En un amplio estudio realizado sobre el reuso de las aguas residuales urbanas (Martínez, 1976; Moscoso y León, 1996), se abordan aspectos tales como el uso de las aguas residuales tratadas; su potencialidad y limitaciones, los aspectos sanitarios del uso de las aguas residuales, la protección sanitaria en el uso de las aguas residuales y lodos de plantas de tratamiento, los parámetros de calidad para el uso de aguas residuales, incluyendo las directrices sanitarias de la Organización Mundial de la Salud, el tratamiento de aguas residuales y la selección de tecnologías en función del tipo de reuso, los aspectos técnicos del uso agrícola, acuícola y forestal de las aguas residuales, la supervisión y evaluación de los aspectos sanitarios, así como el impacto ambiental en los proyectos de uso de aguas residuales; además hacen un análisis detallado sobre algunos sistemas integrados de tratamiento y uso de agua residuales y se exponen casos prácticos de uso de aguas residuales en varias parte del mundo.

En el ámbito nacional se ha trabajado en la reutilización de aguas residuales urbanas (EIPH, 1989; Espinosa y Portal, 1989; Guardado, 1990; EIPH, 1993) analizándose las ventajas técnico - económicas que resulta de la reutilización de las aguas urbanas de varias ciudades del país. Siendo el grado de tratamiento recibido, un factor importante a tener en cuenta en las directrices sobre el uso de las aguas residuales en la agricultura.

Expertos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), establecieron unas directrices sobre el uso de las aguas residuales en la agricultura, (Tabla 1.8) en la que tienen en cuenta el contenido de organismos patógenos y el destino específico del agua (Pescod, 1992). Estas directrices se refieren a tres aplicaciones distintas del riego, que son:

- **Categoría A:** Riego de cultivos cuyas producciones puedan ser consumidas en fresco; riego de campos de deporte o de parques públicos.
- **Categoría B:** Riego de cereales, cultivos industriales, forrajes, pastos y cultivos leñosos.
- **Categoría C:** Riego de cereales, cultivos industriales, forrajes, pastos y cultivos leñosos que se realice mediante riego localizado, de forma que la exposición de los trabajadores, o el público en general, no sea significativa.

Tabla 1.8: Directrices recomendadas sobre la calidad microbiológica de las aguas residuales empleadas en la agricultura.

Categoría	Grupo expuesto	Nematodos intestinales (MG No de huevo por litro)	Coliformes fecales (MG NMP/ 100 ml)	Tratamiento requerido (para lograr la calidad microbiológica exigida)
A	Trabajadores consumidores, público.	≤ 1	≤ 1,000	Serie de estanques de estabilización que permitan lograr la calidad microbiológica indicada o tratamiento equivalente
B	Trabajadores	< 1	No se recomienda ninguna norma	Retención en estanques de estabilización por 8 a 10 días o eliminación equivalente de helmintos y coliformes fecales
C	Ninguno	No se aplica	No se aplica	Tratamiento previo según lo exija la tecnología de riego, pero no menos que sedimentación primaria

1.6 SELECCION Y JUSTIFICACION DE LA MEJOR OPCION DE TRATAMIENTO Y REUSO.

Los sistemas de tratamiento más adecuados para países en vías de desarrollo son aquellos que requieren la menor inversión posible en lo referente a operación y mantenimiento, lo cual incidirá directamente en el usuario; también es necesario tener en cuenta la calidad del efluente final requerido de acuerdo con el tipo de uso que se dará al agua residual tratada.

Los criterios para la selección del sistema de tratamiento apropiado comprenden aspectos sociales, técnicos, ambientales, económicos y financieros. El proyecto regional Sistema integrado de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina (OPS/CEPIS, 2002) recomienda las pautas de selección de los sistemas de tratamiento más adecuados para que sean implementados de acuerdo con el nivel económico de cada país. En la tabla 1.9 se presentan los factores de selección para tratamiento de aguas residuales domésticas:

Tabla 1.9: Factores de selección para tratamiento de aguas residuales domésticas.

Factores	Países desarrollados		Países en desarrollo	
	Critico	Importante	Importante	Critico
Eficiencia	xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxx x	xxxxxxxxxxx x	
Confiabilidad	xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxx x	xxxxxxxxxxx x	
Disposición de lodos	xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxx x	xxxxxxxxxxx x	
Requerimientos de área	xxxxxxxxxxx	xxxxxxxxxxx x	xxxxxxxxxxx x	
Impacto Ambiental		xxxxxxxxxxx x	xxxxxxxxxxx x	
Costos de inversión		xxxxxxxxxxx x	xxxxxxxxxxx x	xxxxxxxxxxx x
Costos operacionales		xxxxxxxxxxx x	xxxxxxxxxxx x	xxxxxxxxxxx x
Facilidades de operación y mantenimiento		xxxxxxxxxxx x	xxxxxxxxxxx x	xxxxxxxxxxx x
Sostenibilidad		xxxxxxxxxxx x	xxxxxxxxxxx x	xxxxxxxxxxx x

1.7 ANALISIS COSTO-BENEFICIO.

La magnitud y los ritmos de agotamiento de los ecosistemas y recursos naturales, así como el deterioro ambiental de los diferentes medios son tan graves que resulta imprescindible evaluar los costos ecológicos y sociales derivados de las actividades humanas en general y en particular de aquellas vinculadas con los sectores de producción de bienes y servicios. La vinculación que se da entre la economía y la ecología es evidente en cuanto a las dimensiones y ritmos entre los agentes económicos (familias, empresas, gobiernos) disponen del medio ambiente, como fuente de insumos y recipientes de desechos más allá de su capacidad de carga.

¿Cuáles son los costos sociales y ambientales de la contaminación? ¿Cuáles son, en especial, los costos de la contaminación en términos de salud y medio ambiente? Estas y

otras preguntas relacionadas con la valoración de los recursos naturales y ambientales se han convertido en una preocupación fundamental de las agencias internacionales, los gobiernos y los agentes privados en todo el mundo. Dada la usual separación entre los costos privados de los contaminadores y los costos sociales derivados de la contaminación, la eficiencia económica requiere la internalización de los costos sociales por medio de las tasas. Por tanto, los gobiernos deben estimar de alguna forma los costos de la contaminación. Esta es claramente una responsabilidad mayor, pues una subestimación de los costos podría impedir una reconversión hacia tecnologías más limpias, y una sobreestimación podría lograr que algunos sectores productivos dejen de ser económicamente viables. Según Goodstein (1995), los economistas definen la contaminación como una externalidad negativa, debido a que la misma impone costos a las personas que no se benefician en el interior de una transacción entre el productor y el consumidor del producto que está directa o indirectamente contaminado.

En la literatura especializada sobre la economía del medio ambiente (Arnold, 1995; Quiroz, 1995; Bueno y Col. (c), 1997), entre otros, se brindan diversas definiciones y categorías de los costos externos o sociales. Algunos de los posibles efectos que se sugieren deben ser considerado en estos costos son:

- Impactos sobre la salud humana.
- Daños medioambientales.
- Costos a largo plazo debido al agotamiento de los recursos naturales.
- Impactos macroeconómicos.

La dimensión económica de los resultados de un proyecto encaminado a la reducción de la contaminación se sustenta en las modificaciones de las externalidades medioambientales y socioeconómicas que este proyecto genera; entendiéndose por externalidades a todos los costos y beneficios que recaen sobre la sociedad y el medioambiente como consecuencia de una actividad económica y que no están introducidos en la estructura del precio del producto que los ocasiona. Basados en estos elementos de la teoría de las externalidades y sus métodos de valoración se podrían estimar las reducciones en los costos sociales y ambientales internos y externos (EPA, 1998).

Las externalidades medioambientales consideran los efectos en la salud y en el medio ambiente en general. Estos se pueden enmarcar en los daños medioambientales, costos a largo plazo debido al agotamiento de las reservas ecológicas, daños irreversibles a la biodiversidad y los impactos sobre la salud humana, entre otros.

Las externalidades socioeconómicas consideran los impactos macroeconómicos y la seguridad de empleo. Incluyen la creación de empleo, capacitación, incremento de la demanda de bienes de consumo, desarrollo de sectores, entre otros. En este contexto las empresas se beneficiarían al evitar pagos de gravámenes por contravenciones en materia de medio ambiente según la Legislación Ambiental vigente en el país, evitar pagos otros gravámenes tributarios que se puedan establecer por la contaminación, así como recibir los beneficios de las regulaciones económicas establecidas en la Legislación Ambiental, que contempla el empleo de políticas tributarias, arancelarias o de precios diferenciados para el desarrollo de actividades que incidan sobre el medio ambiente (Githinji y Col., 1998; LLanes, 1999; <http://yosemite.epa.gov>).

1.8 CONCLUSIONES PARCIALES.

1. El desarrollo de sistemas de gestión ambiental y tecnológica en los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición de aguas residuales son instrumentos aun no explotados al máximo en las condiciones de Cuba con un enfoque sistémico y prospectivo.
2. En la aplicación de estos procedimientos en los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición de aguas residuales resulta imprescindible tener en consideración el marco legal y el desarrollo institucional de la esfera ambiental en el país, en particular la legislación jurídica ambiental, incluyendo las normas cubanas obligatorias que conciernen al agua y los ecosistemas acuáticos.
3. Los criterios para la selección del sistema de saneamiento apropiado comprenden aspectos sociales, técnicos, ambientales, económicos y financieros, y dentro de ello los factores más importantes son la eficiencia, confiabilidad, disposición de lodos, requerimientos de área, impacto ambiental, costos de inversión, costos operacionales, facilidades de operación y mantenimiento y sostenibilidad.
4. La reutilización de las aguas residuales urbanas debidamente tratadas y con indicadores de calidad acorde a las directrices recomendadas con fines de riego es hoy en día una práctica que reclama de su mayor explotación y que contribuirá significativamente a la sustentabilidad de estos sistemas.
5. No es posible abordar los problemas de la economía ambiental sin disponer de métodos y técnicas de valoración para evaluar económicamente los beneficios, a través de técnicas desarrolladas para imputar valores monetarios reales o potenciales a externalidades ambientales con el objetivo de propiciar una apreciación del bienestar social, ambiental y económico en el marco de análisis costo-beneficio.

CAPITULO No. 2: GESTION EN EL SISTEMA DE EVACUACION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CIENFUEGOS.

2.1 PROCEDIMIENTO PARA LA GESTION DE SANEAMIENTO PARA LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (EAA) DE CIENFUEGOS.

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado (EAA) de la provincia de Cienfuegos, pertenece al Grupo Empresarial de Acueducto y Alcantarillado (GEAAL) del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH); esta es una entidad de carácter estatal especializada en la gestión de los servicios de agua y saneamiento, con un marco geográfico de acción que abarca todo el territorio de Cienfuegos, y que tiene dentro de su objeto empresarial brindar servicios de evacuación, tratamiento y disposición final de aguas residuales urbanas a través de los sistemas que administra, y realizar la correcta operación, mantenimiento y reparación de la infraestructura técnica, así como de sus instalaciones de tratamiento.

Dentro de los problemas ambientales más significativos identificados en la provincia de Cienfuegos (CITMA, 2002), por el impacto ambiental, social y económico que estos generan se destaca la falta, deterioro y/o inapropiados sistemas de saneamiento de sus asentamientos humanos. En este ámbito la EAA necesita desarrollar e implementar procedimientos para la gestión en los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición de aguas residuales urbanas, dirigidos a mitigar esta problemática.

Tomando en consideración los elementos disponibles en la literatura (González, 1991; Armando y Col., 2001) sobre la utilización del Análisis Complejo de Procesos como un método eficaz que permite abordar esta problemática con enfoque sistémico y prospectivo se propone un procedimiento metodológico en forma de diagrama heurístico para ser incluido en la realización de la gestión en los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición de las aguas residuales urbanas, y se muestra a continuación:

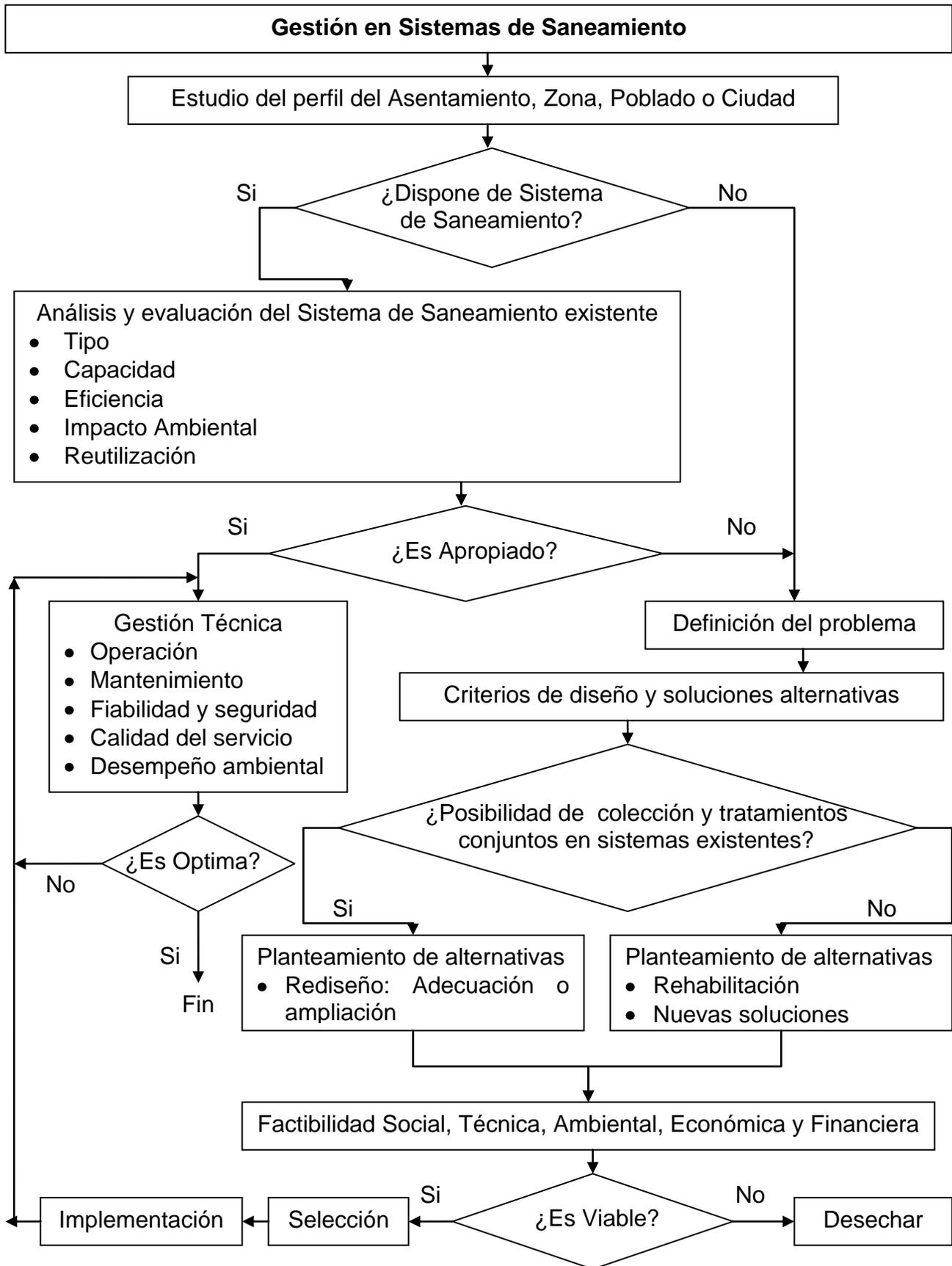


Diagrama 2.1: Diagrama Heurístico para la Gestión de Saneamiento.

En el Anexo No. 1 se muestran a algunos de los aspectos básicos que es necesario tener en cuenta en el estudio del perfil del asentamiento, zona, poblado o ciudad y que permitirá un adecuado diagnóstico y caracterización de la situación presente relativa al saneamiento.

2.2 ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA Y CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.

2.2.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL IDENTIFICADA: ANTECEDENTES.

El problema principal que aborda este trabajo consiste en la alta carga contaminante de las aguas residuales vertidas a la Bahía de Cienfuegos procedente del sistema de saneamiento actual de la zona urbana objeto de estudio, y que provoca efectos ambientales, sociales y económicos de consideración en este ecosistema.

Los antecedentes de los problemas ambientales ocasionados por el vertimiento de las aguas residuales urbana de la ciudad de Cienfuegos sin tratamiento o con tratamiento insuficiente se remontan hace más de 25 años cuando comenzó a desarrollarse en el territorio un amplio programa de crecimiento y desarrollo urbano no armonizado con las soluciones medioambientales que se requerían en cada caso. Esto motivó la saturación de los sistemas de colección y disposición existentes en la ciudad y cuya disposición final se realizaba mediante un emisario submarino localizado en la zona de Punta Arena.

En la década del 90 se comienzan estudios para disponer en la Ciudad de Cienfuegos de un sistema de alcantarillado y drenaje completo, integrado y eficiente que permita la evacuación técnica de residuales líquidos generados por la actividad socioeconómica de la ciudad, en armonía con la política de protección ambiental de esta y en particular de su bahía. En este sentido la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de conjunto con el Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara (EIPH, 1989; EIPH, 1993) realizaron el estudio técnico económico de dos proyectos de solución a los residuales de la Ciudad que contemplaban varias alternativas de tratamientos cada uno, por diferentes combinaciones de tratamiento primario, secundario, embalses y emisarios submarinos, entre otras, soluciones que no se implementaron por falta de financiamiento.

Estudio e investigaciones realizados durante los últimos años permiten una valoración más profunda de esta problemática. Villasol y Col. (1990) en un estudio de la contaminación de la Bahía como parte del Programa Nacional de Investigaciones de la Bahía de Cienfuegos identificaron la fuerte carga contaminante que recibía la Bahía por los vertimientos urbanos no tratados o tratados incorrectamente deteriorando la calidad hidroquímica y sanitaria de sus aguas con implicaciones sociales al afectar las playas y zonas de baño con contaminación fecal.

Estudios e informes de las autoridades ambientales sobre los problemas ambientales detectados en el territorio (Serra y Col.,1995; UMA, (a) 1997; UMA, (b) 1997; UMA, 2000), detectan que existen problemas con el tratamiento y disposición de los residuales líquidos urbanos debido a la carencia de sistemas de tratamiento o tratamiento deficiente afectando el ecosistema de la Bahía de Cienfuegos reportándose como principales problemas la disposición de los residuales urbanos hacia la Bahía con impactos significativos en la calidad hidrosanitarias de sus aguas y sedimentos violándose la Legislación Ambiental (Ley 81 de Medio Ambiente y el Decreto Ley 212: Gestión de la Zona Costera) así como las normas ambientales NC XX/2001: Vertimientos de aguas residuales a las costas y aguas marinas. Especificaciones y la NC 22/1999: Lugares de baños en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos higiénicos-sanitarios; con sus correspondientes impactos socioeconómicos.

En la Estrategia Ambiental Territorial (UMA, 1998) se reconoce como uno de los principales problemas ambientales del territorio la contaminación de las aguas terrestres y marinas debido a la alta carga contaminante de residuales procedentes entre otros del sistema de alcantarillados de la ciudad, proponiéndose una estrategia para minimizar los posibles problemas ambientales identificados en el territorio, dentro de ella, un grupo de acciones en cuanto a la contaminación de las aguas terrestres y marinas que comprenden y conjugan un conjunto de mecanismos e instrumentos de Gestión Ambiental orientado a prevenir, reducir y controlar la contaminación de las principales fuentes identificadas; comprende además la ejecución de acciones encaminadas a la rehabilitación y mantenimiento de los sistemas de depuración existentes, así como el requerimiento de nuevas inversiones.

Resultados más recientes del Proyecto Manejo Integrado de la Bahía de Cienfuegos (CICA, 1998; CICA, 1999; Castellanos y Col., 2001) al estudiar los problemas ambientales de la Bahía de Cienfuegos concluyen sobre el alto volumen de descarga de contaminantes que arriba a la Bahía y reitera dentro de los focos contaminantes que más contaminan este ecosistema a las aguas residuales procedentes del sistema de saneamiento de la ciudad.

En sentido general los resultados de esta investigación aportan un Plan de Manejo Integrado de la Bahía de Cienfuegos y propone dentro de sus múltiples acciones para la protección del ecosistema de la Bahía de Cienfuegos y el litoral adyacente; la protección de la calidad de las aguas, propiciando soluciones definitivas para las fuentes más contaminadoras en especial las ubicadas en la zona costera y los que tributan a los ríos que desembocan en ella, desarrollando inversiones para la instalación de nuevos sistemas de depuración.

La Estrategia Territorial de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA, 2002) reconoce también como uno de los principales problemas identificados la contaminación del recurso agua (terrestres y marinas) por un número importante de fuentes contaminantes y en particular hace referencia al ecosistema de la Bahía de Cienfuegos; proponiéndose dentro del área de resultados claves de medio ambiente, desarrollar la ejecución y el control de la Política Ambiental del país en el territorio con la protección y conservación del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales en función del desarrollo socioeconómico sobre base sostenible; planteándose dentro de sus objetivos estratégicos lograr la reducción anual de la carga contaminante al medio ambiente y el incremento del aprovechamiento económico de los residuales y contribuir a la recuperación cualitativa del ecosistema de la Bahía de Cienfuegos; haciéndose evidente la responsabilidad de la Empresa Provincial de Acueducto y Alcantarillados en el cumplimiento de estos objetivos.

2.2.2 DEFINICION Y CARACTERIZACION GENERAL DEL OBJETO DE ESTUDIO.

2.2.2.1 DEFINICION DEL OBJETO DE ESTUDIO.

La zona urbana objeto de estudio se ubica en el municipio Cienfuegos, provincia del mismo nombre, situada aproximadamente entre los 22° 07' y 22° 08' de latitud Norte y entre los 80° 26' y 80° 27' de longitud Oeste, en una zona litoral en la Bahía de Cienfuegos. Esta zona se

ubica al sur de la ciudad de Cienfuegos y abarca los siguientes repartos: Los Amarillos, Punta Gorda, Bonnevald, Playa Alegre y Las Minas abarcando desde Avenida 32 y calle 37 al sur hasta Avenida 32 y calle 51 A al sur, y desde Avenida 28 y calle 51 A hacia el sur hasta el litoral costero, ocupando un área de 164.1 ha. En los Anexos No. 2.1 y 2.2 se muestra la localización del objeto de estudio.

Esta zona carece de sistema de evacuación de las aguas residuales por alcantarillado y de sistemas de tratamiento eficientes, siendo el tratamiento existente básicamente mediante fosas sépticas, letrinas y tanques sépticos.

2.2.2.2 CARACTERIZACION GENERAL DEL OBJETO DE ESTUDIO.

1. Microlocalización en coordenadas planas de los vértices del área.

El levantamiento topográfico de esta zona, indica las coordenadas de los puntos extremos (vértices) en coordenadas Cuba Norte y se muestran en la siguiente tabla (INVESCONS, 2003):

Tabla 2.1: Coordenadas planas de los vértices del área.

VERTICES	X (m)	Y (m)
NO	556 300	254 500
SO	557 800	254 500
EN	557 800	256 600
SE	556 300	256 600

2. Aspectos generales del medio natural y socioeconómico del área (Línea base ambiental).

Clima:

En términos generales, el clima local está definido por tres procesos diferentes: los que dependen del régimen de radiación solar, los dependientes de las características de la circulación general de la atmósfera en nuestra área geográfica que incluye las situaciones sinópticas más frecuentes como son la influencia de los anticiclones, los ciclones, los sistemas frontales, ondas tropicales, etc. y los relacionados con las características físico geográficas del territorio, donde se destaca la presencia de la bahía de Cienfuegos que hace

los efectos equivalentes a un gran lago e introduce particularidades específicas al comportamiento del régimen de vientos en sus alrededores.

Por su ubicación geográfica, son representativos para esta zona, los datos del comportamiento mensual y anual de las variables climáticas de la estación Cienfuegos, que pueden observarse en la siguiente tabla (CMP, 2003):

Tabla 2.2: Comportamiento de las variables climáticas.

Variables climáticas	Valores
Temperatura media anual	24.5°C
Temperatura máxima media anual	30.4 °C
Temperatura mínima media anual	20.0 °C
Humedad relativa media anual	78 %
Humedad relativa máx. media anual	95%
Humedad relativa mín. media anual	53 %
Precipitación media anual	1275.8 mm
Período lluvioso (mayo-octubre)	1200mm
Período poco lluvioso (nov-abril)	185 mm
Días con lluvia	132 días
Nubosidad media anual	3/8
Días despejados anual	124 días
Días nublados anual	65 días
Días con tormenta anual	112 días
Rapidez media viento anual	7.57 km/h
Frecuencia de ocurrencia de calmas anual	26.41 %
Dirección predominante de los vientos	NE

El clima se puede clasificar como tropical semihúmedo, donde los parámetros climatológicos se ven determinados principalmente por la radiación solar con una gran influencia marítima por la cercanía de las costas y esta caracterizado por una marcada influencia de dos periodos estacionales, uno seco y frío de noviembre a abril y otro calido y húmedo de mayo a octubre.

La temperatura media anual caracteriza a la zona como relativamente caliente, asociado a su localización en la costa sur, con una latitud menor y por la influencia de corrientes marinas de masas ecuatoriales calidas que bañan la región todo el año. La curva de distribución

mensual es reflejo de comportamiento tipo marítimo con una mínima en febrero, una máxima en julio.

Las precipitaciones siguen una marcada estacionalidad, periodo lluvioso de mayo a octubre y periodo seco de noviembre a abril.

La humedad relativa media anual es considerada alta por la notoria influencia marítima y esta estrechamente vinculada a la temperatura; alcanzando en las horas de la mañana los mayores valores hasta un 95 %, mientras que en horas de la tarde son inferiores al 60 %.

Los vientos en el área son alisios, sures y el sistema brisa terral, con velocidades de 18.8 km/h, un 10.1 % de calma y presión atmosférica entre 1017 hPa y 1018 hPa en el mes de enero; mientras que en el mes de julio su comportamiento es de 12.4 km/h, 23.6 % y 1016 hPa de velocidad, calma y presión atmosférica respectivamente.

En el mes de abril se presentan altos valores de insolación real, al igual que julio y agosto; esto esta dado en que los meses de julio y agosto se establece el predominio del anticiclón subtropical del Atlántico el cual establece las altas presiones sobre nuestro país muchas veces por un período extenso, en estos meses se inhiben la formación de nubosidad en estas regiones; en abril se explica por el efecto de débiles anticiclones continentales, que caracterizan el régimen de circulación en los niveles bajos y medios de la troposfera en esa época del año.

En número de días despejados es un elemento que tiene su mayor frecuencia de ocurrencia durante el período poco lluvioso del año, con máximos absolutos, generalmente, en marzo y abril. En el período lluvioso el número de días nublados tiene su mayor frecuencia, con máximos absolutos, generalmente, en los meses de junio, septiembre y octubre.

Característica ingeniero geológica:

La característica ingeniero geológicas reportada de la zona (INVESCONS, 2003) esta representada por la formación Caunao, unidad litó estratigráfica de rocas sedimentarias detríticas con intercalaciones de lentes calcáreos, que en esta área cercana al litoral quedan

suprayacidos por materiales arenosos sueltos y arcillosos saturados y blando incompetentes, llamados localmente cienos. Los resultados de las calas realizadas se muestran a continuación:

Capa 1: Capa vegetal arcillo arenosa de color gris a negro. Espesor de 0.2 a 0.5 m.

Capa 2: Relleno, mezcla de suelo areno arcilloso con grava y algunos fragmentos de roca de hasta 3 cm, pedazos de asfalto, raíces, color carmelita negro. Espesor de 0.20 a 3.40 m.

Capa 3: Suelo areno limoso, de densidades sueltas, con gravas saturado calcáreas, de baja o nula plasticidad, color crema blanco, materiales incompetentes tipo Jagua. Espesor de 5.8 m.

Capa 4: Suelos de composición arcillo arenosos, de plasticidad media a baja, calcáreas con algunas gravas, color crema, materiales incompetentes tipo Laguna y Cienos. Espesor de 3 a 6.25 m.

Hidrología e hidrogeología:

El área de estudio no posee una red de drenaje artificial organizada. En su posición geográfica no existe red de esorrentía superficial natural. El agua subterránea presenta un carácter freático con una profundidad mínima a partir del terreno natural de 0.75 m, entre las cotas 0.89 m y 0.36 m, con fluctuaciones asociadas a oscilaciones del nivel medio del mar. Los coeficientes de filtración clasifican la permeabilidad como semipermeable.

Suelos:

El suelo no tiene importancia desde el punto de vista agrícola, siendo utilizado para fines constructivos.

Fauna:

La fauna del lugar es la característica de zonas urbanas litorales: pequeños moluscos, crustáceos y aves principalmente marinas, careciendo la zona de interés botánico y faunístico, no existiendo especies endémicas o en peligro de extinción.

Vegetación:

La vegetación esta pobremente representada ya que esta zona esta urbanizada, y se compone básicamente de casuarinas, cocoteros, palmas y otras formaciones boscosas aisladas.

El tramo del litoral se caracteriza por presentar costas arenosas y relativamente baja en la cercanía de la orilla, con espacios o zonas útiles para baños y donde se asientan varias playas. No posee prácticamente vegetación original debido a la acción antrópica y presenta gran complejidad, ya que a pesar de abarcar relativamente poca extensión, siendo bastante impactada la fauna y la vegetación por los usos de tipo urbano, marítimo-pesquero y turístico-recreativo de esta zona costera.

Componentes socioeconómicos:

Se reconoce que la Bahía de Cienfuegos constituye un elemento fundamental en la estructura planificación y manejo de las costas del territorio, desde el punto de vista social y económico desempeña un papel fundamental si tenemos en cuenta que a los alrededores de sus márgenes se asienta una de las principales ciudades del país y se localiza puerto y zona industrial importante, agregándose recursos pesqueros significativos que son explotados así como actividades recreativas y turísticas. Este ecosistema es un elemento clave de la ciudad con altos valores preceptuales y con una complejidad, diversidad y segmentación de funciones. La zona de estudio se asienta en un tramo de su litoral costero desde Punta Yerba hasta Revienta Cordeles, y alcanza una longitud total de 5880 m.

Este tramo del litoral se caracteriza por presentar costas arenosas y relativamente baja en la cercanía de la orilla, con espacios o zonas útiles para baños y donde se asientan varias playas. No posee prácticamente vegetación original debido a la acción antrópica y presenta gran complejidad, ya que a pesar de abarcar relativamente poca extensión, es bastante impactada por los usos de tipo urbano, marítimo- portuario- pesquero y turístico-recreativo.

En la figura 2.1 se muestra una representación de los diferentes usos de este tramo tomando en cuenta la interacción terrestre-marina.

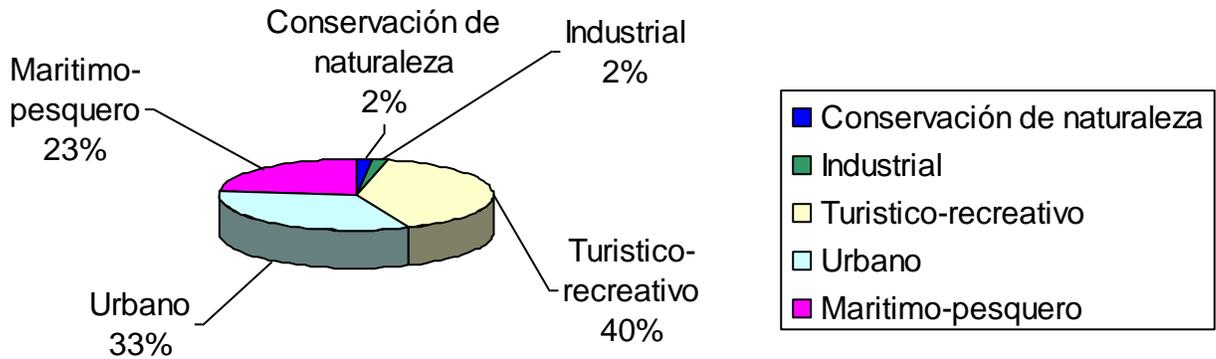


Figura 2.1: Representación de los diferentes usos del tramo costero.

Al respecto del uso urbano, puede señalarse que una tercera parte de este litoral costero está habitado, resaltándose las comunidades de Las Minas y Punta Gorda que se encuentran a su oeste, y que vierten sus residuales a la bahía, por ser insuficiente sus sistemas de saneamiento.

El uso turístico-recreativo en esta región se caracteriza fundamentalmente por los tramos destinados para playas y que incluyen Playa Alegre, La Laguna del Cura, La Punta, así como otras ya en desuso, debido al mal manejo de las mismas, que ha conllevado entre varias cosas, a altos niveles de contaminación de sus aguas. Este uso contempla además, instalaciones hoteleras, inmobiliarias, restaurantes y centros recreativos; los cuales, si bien han modificado sus actividades, ello no constituye un cambio significativo en cuanto a la generación de residuales domésticos y albañales; mientras que, el notable incremento en los últimos años de arrendatarios de turismo internacional y la explotación del área de Revienta Cordeles como escenario predilecto para el desarrollo de los deportes náuticos, puede traducirse en un mayor impacto, por ser superior la disposición de residuos a la bahía por este concepto.

Le sigue en importancia, a los dos usos anteriores, el marítimo-pesquero, resaltándose que en esta zona se realiza la pesca de litoral, sustento de la alimentación de sus comunidades costeras.

En cuanto al ordenamiento urbano la zona objeto de estudio abarca los repartos Los Amarillos, Punta Gorda, Bonnevald, Playa Alegre y Las Minas. El desarrollo urbanístico en esta zona no es uniforme, siendo más crítica la situación de urbanización en los repartos Las Minas y Bonnevald.

Como se ha referido anteriormente esta zona carece de sistema de evacuación de las aguas residuales por alcantarillado y de sistemas de tratamiento eficientes, siendo el tratamiento existente básicamente mediante fosas séptica, tanques sépticos y otros de muy baja eficiencia de remoción y con un grupo de problemas de infiltraciones, canalizaciones y vertimientos directos hacia la Bahía con afectaciones en la calidad hidrosanitarias de sus aguas y sedimentos violándose la Legislación Ambiental y con sus correspondientes impactos socioeconómicos en este ecosistema.

3. Ordenamiento territorial.

Actualmente en esta zona reside una población de 5590 habitantes, los cuales habitan en 1471 viviendas de uso permanente para un índice de 3.8 habitantes/vivienda (DPPF, 2002). La distribución por repartos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.3: Distribución de la población residente por repartos.

Repartos	No. Viviendas	Población	Area (ha)	Densidad (hab./ ha)
Los Amarillos	811	3084	49.1	62.81
Punta Gorda	322	1225	30.0	40.83
Bonnevald	103	392	41.7	9.40
Las Minas	91	345	25.2	13.69
Playa Alegre	144	544	18.1	30.06
Total	1471	5590	164.1	34.06

Un elemento característico de esta zona es su gran desarrollo turístico-recreativo sustentado en una considerable infraestructura de hoteles, inmobiliarias, villas, restaurantes y centros recreativos entre otros. Además en esta zona se ubican importantes centros educacionales, deportivos, de salud pública y otras entidades estatales. En la tabla se muestra un inventario de dichas instalaciones:

Tabla 2.4: Inventario de la infraestructura existente.

No.	Instalaciones existentes	U/M	Cantidad
1	Palacio de Valle	Usuarios	100
2	Casa Caribeña	Usuarios	60
3	La Cueva del Camarón	Usuarios	45
4	Restaurante Temático el Covadonga	Usuarios	60
5	Parrillada el Covadonga	Usuarios	80
6	Bar Restaurante el Covadonga	Usuarios	28
7	Restaurante La Laguna	Usuarios	48
8	Bar Reservado	Usuarios	42
9	Restaurante Plaza	Usuarios	52
10	Bar Restaurante	Usuarios	17
11	Restaurante Cochinito	Usuarios	22
12	Bar Cochinito	Usuarios	10
13	Bar El Patio de ARTEX	Usuarios	200
14	Snack Bar Marina Puerto Sol	Usuarios	48
15	Cafetería Servi Cupet	Usuarios	45
16	Cafetería El Rápido del Malecón	Usuarios	144
18	Cafetería D' Prisa ISLAZUL	Usuarios	24
19	Cafetería La Sureñita	Usuarios	28
20	Cafetería La Criollita	Usuarios	28
21	Cafetería Modulares	Usuarios	28
22	Cafetería Sol y Mar	Usuarios	12
23	Cafetería el Rapidito del Malecón	Usuarios	30
24	Complejo Recreativo CIMEX.	-	-
25	Complejo Caribe Sur	-	-
26	Complejo comercial Caracol	-	-
27	Sucursal de Tiendas	-	-
28	Escuela de Hotelería y Turismo	Alumno	90
29	Clínica Internacional	Cama	12
30	Clínica Neurológica	Cama	6
31	Clínica de trastornos mentales del adolescente	Cama	10
32	Asociación de Sordos	-	-
33	Marina Puerto Sol	-	-
34	Delegación de MINTUR	-	-
35	Delegación de CUBANACAN	-	-
36	Delegación de Rumbo	-	-
37	Hotel Jagua	Habitaciones	149
38	Hotel Deportivo	Habitaciones	50
39	Stadium 5 de Septiembre	-	-
40	ESPA Provincial	Alumnos	80
41	Plaza Recreativa	-	-
42	Instituto Superior Pedagógico Conrado Benítez	Alumnos	1100
43	Escuela Primaria Juan Álvarez del Villar	Alumnos	65
44	Circulo Infantil Amiguitos del Granma	Niños	43
45	Casa del Educador	-	-

46	Castillito de la Punta	-	-
47	Club Náutico Rubén Martínez	-	-
48	Delegación Territorial del CITMA	-	-
49	Fiscalía General de la Republica en Cienfuegos	-	-
50	Casa de los combatientes	-	-
51	Delegación de Recursos Hidráulicos	-	-
52	Delegación Territorial del MINVEC	-	-
53	Delegación Territorial de SEPSA	-	-
54	Dirección Empresa Agropecuaria Espartaco	-	-
55	Casa de la Música	-	-

4. Abastecimiento de agua potable y vertimientos de aguas residuales.

Estos asentamientos se abastecen de agua potable mediante el servicio de acueducto de la ciudad de Cienfuegos, con conexión intradomiciliaria y un tiempo medio de servicio de agua potable de 6.9 horas/día. Acorde a las estadísticas del indicador de agua suministrada por acueducto (EAA, 2003), la dotación per cápita de consumo es de 375 litros por persona día (l/pd ó lppd), de ellos el aporte vertido es de 300 lppd, teniendo en cuenta que el aporte de agua residual es el 80 % del agua de consumo, lo que equivale a un gasto de 19.41 l/s.

Para el resto de la infraestructura existente el consumo de agua potable se estima según los indicadores de capacidad mostrados en la tabla 2.4 y estimando los consumos según la resolución 45/91 (INRH, 1991) de 27.47 l/s y con una contribución del 90 % vertida, se obtiene como gasto promedio de estas instalaciones de 24.72 l/s, que corresponde a una población equivalente asociada de 7122 habitantes. El gasto medio total de agua residual sumando los aportes de la población residente (19.41 l/s) y de la infraestructura existente (24.72 l/s) es de 44.13 l/s.

2.3 CARACTERIZACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL ESTADO DEL SANEAMIENTO E IMPLICACIONES AMBIENTALES Y SOCIOECONOMICAS.

2.3.1 COBERTURA Y CONDICIONES DE SANEAMIENTO.

Esta zona carece de sistema de evacuación de las aguas residuales por alcantarillado y de sistemas de tratamiento eficientes, el tratamiento existente es básicamente mediante fosas sépticas, letrinas y tanques sépticos. La cobertura de los sistemas de saneamiento existentes en el sector poblacional se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.5: Inventario de los sistemas de saneamiento existente.

Repartos	No. Viviendas	% Servida
Los Amarillos	811	98.03
Punta Gorda	322	100.0
Bonnevald	103	97.09
Las Minas	91	93.41
Playa Alegre	144	100.0
Total	1471	98.30

Estos sistemas de saneamiento son inapropiados debido a su baja capacidad de funcionamiento, ciclos de limpieza cortos y falta de parque de carros limpiafosas por limitaciones de combustible, piezas de repuestos y neumáticos, entre otros. En el caso específico de este escenario se estima una baja eficiencia de remoción y el alto nivel freático en esta zona contribuye a problemas de infiltraciones, canalizaciones, vertimientos directos y rebosos hacia la Bahía con afectaciones en la calidad hidrosanitarias de sus aguas y sedimentos, provocando impactos socioeconómicos de magnitud en este ecosistema y que se agravan por la difícil situación existente en la EAA con la garantía del servicio estable de su limpieza por medio de carros limpiafosas, por el deterioro de esta infraestructura y la falta de combustible. En el Anexo No. 3 se muestra un inventario de la situación de los sistemas de saneamiento de la infraestructura existente en la zona objeto de estudio.

2.3.2 ESTIMADO DE CARGA CONTAMINANTE GENERADA Y DISPUESTA.

Debido a la imposibilidad de caracterizar química y bacteriológicamente estas aguas residuales, se asumirá para estimar la carga contaminante generada y dispuesta los índices establecidos en la literatura (CITMA (a), 1999; Santiago, 2000), considerando una eficiencia conservadora de los sistemas de saneamiento existentes de un 40% y que según datos y estimados anteriores la zona urbana cuenta con una población equivalente actual de 12712 habitantes. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2.6: Estimado de carga contaminante generada y dispuesta.

Indices de contaminación	Carga generada (Ton./año)	Carga dispuesta (Ton./año)
DBO ₅ (54 g/hab/d)	250.55	150.33

DQO (100 g/hab/d)	463.99	278.39
Nitrógeno Total (2 g/hab/d)	9.28	5.58
Fósforo Total (0.8 g/hab/d)	3.71	2.23

Estos resultados arrojan que esta carga contaminante dispuesta expresada en DBO₅ representa un 5.07 % del total de carga orgánica dispuesta reportada por el inventario de carga contaminante de la provincia de Cienfuegos (CITMA, 2003) en el ecosistema de la Bahía de Cienfuegos, carga orgánica que se ira incrementando anualmente según la proyección de crecimiento de la población. Se debe agregar, que una parte del agua residual de la zona urbana (no posible de cuantificar) se vierte directamente a la bahía, sin ser sometida a ningún tratamiento, por lo que la carga generada en estos casos es igual a la vertida. La concentración de DBO₅ que se obtiene a partir de relacionar la carga orgánica generada y el gasto estimado de agua residual vertida actualmente es de 180.03 mg/l.

Con el objetivo de tener una mejor referencia de los parámetros básicos que caracterizan las aguas residuales de la ciudad de Cienfuegos, de conjunto con el Laboratorio Provincial de Recursos Hidráulicos, entidad rectora encargada del control estatal sobre estos tipos de vertimientos y que en particular es la institución responsable de caracterizar las descargas y evaluar la eficiencia de los sistemas de saneamiento administrados por la EAA en el territorio, se procedió a realizar una caracterización de las aguas residuales urbanas de la ciudad, que son actualmente evacuadas hacia el colector principal y conducidas hacia el sistema actual de tratamiento de aguas residuales (lagunas de oxidación) ubicado en las proximidades del Reparto Junco Sur.

Se procedió con el muestreo y determinación de los principales parámetros básicos establecidos, según la norma NC 27:1999. Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado, (ONN, (a) 1999) y sus normas analíticas complementarias. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 2.7: Caracterización promedio de las aguas residuales urbanas.

Parámetro	U/M	Valor
DBO ₅	mg/L	200,0

DQO (Dicromato)	mg/L	356,0
SST	mg/L	260,0
ST	mg/L	627,0
Nt	mg/L	21,3
Pt	mg/L	31,23
Coliformes Fécenes	NMP/100ml	$3,5 \cdot 10^4$

Como se puede apreciar esta caracterización se corresponde la composición típica de un agua residual media para las condiciones de Cuba según la literatura (Allende, 2000 y Rodríguez, 2000), clasificación que concuerda con la reportada en la literatura (Villasol y Col., 1990) en estudios anteriores. Aceptando la hipótesis que se plantea en literatura especializada (Metcalf and Eddy, 1991; Bueno y Col.(b); 1997; Allende,2000; Rodríguez, 2000) que la composición típica de un agua residual urbana en un área o zona geográfica determinada puede ser considerada uniforme, obedeciendo a hábitos de consumo y de vida de su población, las dotaciones de agua potable servida, entre otros; se puede asumir que la composición típica de las aguas residuales de la zona objeto de estudio sea similar o en el entorno de esta.

Con estos elementos de juicio y considerando la eficiencia esperada de los sistemas de saneamiento existentes se estima que las aguas residuales que se vierten al ecosistema de tendrán concentraciones de DBO_5 superiores a 120 mg/l, contaminando el acuífero por vertimiento en zona saturada al no cumplir con los Límites Máximos Permisibles Promedio (LMPP) para las descargas de estos residuales establecidos en las normas ambientales NC 27:1999. Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado, (ONN,(a) 1999) que establece un LMPP para las concentraciones de DBO_5 de 50 mg/l, considerando que este cuerpo receptor es clasificado cualitativamente por las autoridades ambientales como Clase (B), que comprende a zonas requerimientos de conservación ecológica, como es el caso de este ecosistema.

Adicionalmente como se ha referido se han identificados problemas de infiltraciones, canalizaciones, vertimientos directos y rebozos, que llegan a las aguas del litoral de la bahía con sus implicaciones ambientales y socioeconómicas, no cumpliendo la norma ambiental vigente NC XX: 2001 Vertimiento de Aguas Residuales a las Costas y Aguas Marinas, (ONN, 2001), que establece para este cuerpo receptor; clasificado cualitativamente por las

autoridades ambientales como Clase (B), que comprende a áreas marinas dedicadas al baño y donde se realizan actividades recreativas en que las personas entran en contacto con el agua como es el caso del litoral de esta bahía donde se localizan importantes áreas de baño, que no se permitirá el vertimiento de aguas residuales crudas o tratadas en el límite de costa y en áreas de baño, en pozos, cuevas, sumideros y otros que conlleven a riesgos de contaminación en el lugar de baño, de acuerdo con lo establecido en la norma NC 22: 1999. Lugares de baños en las costas y en masa de aguas interiores. Requisitos higiénicos sanitarios (ONN, (b) 1999).

2.3.3 ESTUDIO DE LAS CONDICIONES HIGIENICO SANITARIAS DE LOS LUGARES DE BAÑO EN EL LITORAL DE LA BAHIA DE CIENFUEGOS.

Como se ha referido en el epígrafe 2.2.2 el litoral de la Bahía de Cienfuegos en el tramo que abarca la zona objeto de estudio se caracteriza por un significativo uso turístico-recreativo, y en particular por localizarse importantes áreas de baño usadas colectivamente por la población para nadar o bañarse, con fines recreativos, deportivos o de salud. En el Anexo No. 4 se muestra la localización de lugares de baño en la zona objeto de estudio.

Con el objetivo de valorar el impacto de la disposición de los residuales urbanos de esta zona, sobre estos lugares de baño, de conjunto con el Centro Provincial de Higiene y Epidemiología de Cienfuegos (CPHE), autoridad sanitaria estatal encargada del control de la calidad sanitaria del agua en los lugares de baño, se procedió a evaluar la situación existente, incluyendo la Playa Rancho Luna, situada a mar abierto en el litoral sur de la provincia de Cienfuegos y no sometida a este tipo de impacto, para utilizarla como patrón de comparación.

Se procedió con el muestreo y determinaciones bacteriológicas establecidas en el país según la norma NC 93-01-128:88 SNPMA, Hidrosfera. Determinación de NMP de coliformes fecales y totales (ONN (c), 1988). En el Anexo No. 5 se reportan los resultados obtenidos de los indicadores de calidad bacteriológica expresados como Número Más Probable (NMP) de Coliformes Fecales por 100 ml de 5 muestras tomadas en un período de tiempo de 25 días durante los meses de mayo y junio del año 2002, tomando en cuenta que históricamente en este periodo comienza la temporada de baño masivo y coincide además con el periodo de mayor incremento de la contaminación asociado al incremento del régimen de lluvias, que

incrementa la ocurrencia de infiltraciones, canalizaciones y vertimientos directos por rebozos de los sistemas de saneamiento existentes hacia la Bahía, al que contribuye el alto nivel freático en esta zona.

Con estos resultados se procedió a calcular la Media Geométrica y a realizar la evaluación, teniendo en cuenta el indicador de coliformes fecales establecido en la norma NC 22: 1999. Lugares de baños en las costas y en masa de aguas interiores. Requisitos higiénicos sanitarios (ONN, (b) 1999), donde se establece que este índice de calidad bacteriológica debe ser $\leq 2 \times 10^2$ NMP/100 ml. En los siguientes gráficos se muestran el comportamiento de los indicadores de calidad bacteriológica del agua en los lugares de baño, expresados como NMP/100 ml de Coliformes Fecales durante el periodo de evaluación.

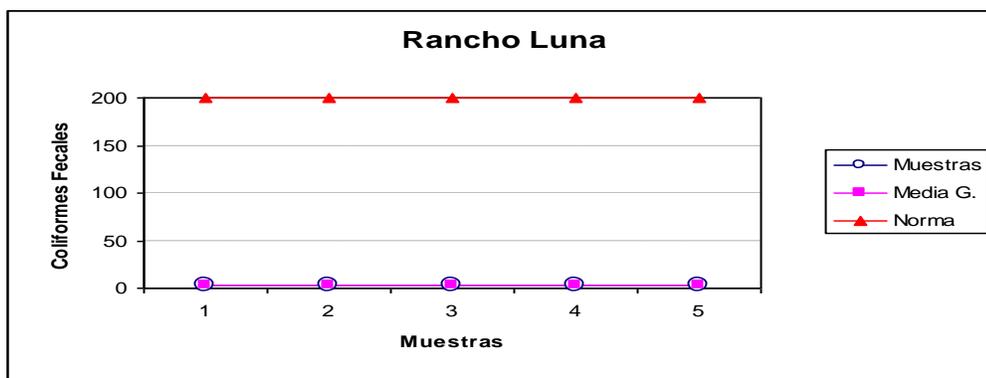
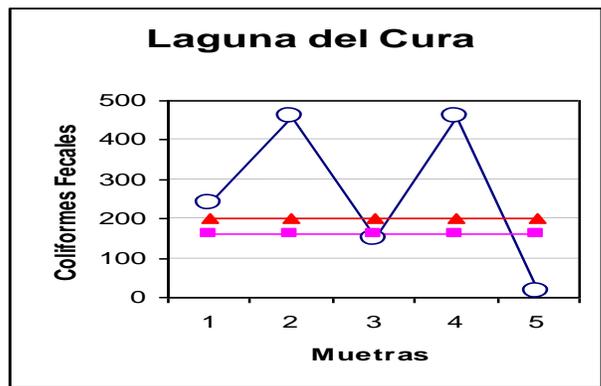
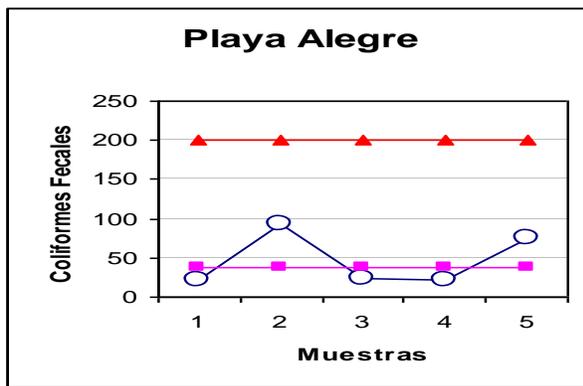
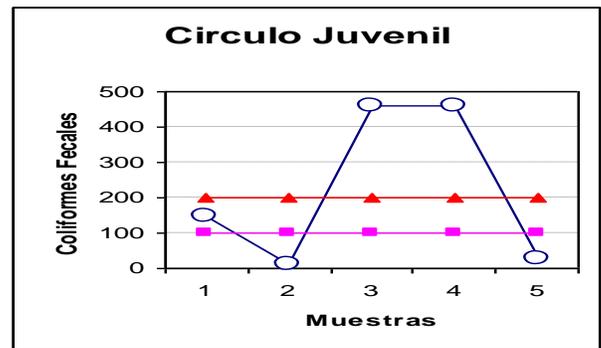
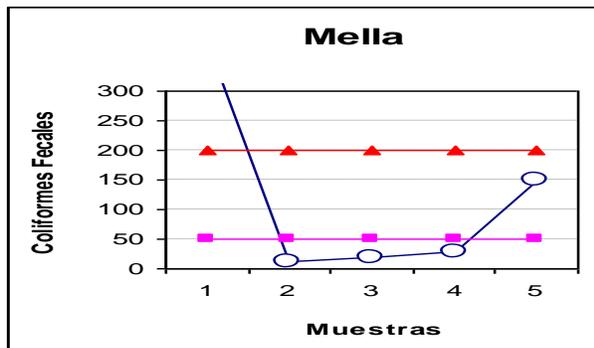


Grafico 2.1 Comportamiento de coliformes Fecales.

En estos gráficos se puede apreciar que el comportamiento del indicador bacteriológico para todas las áreas de baño del litoral costero estudiado muestra en general que aunque la Media Geométrica cumple con el indicador de calidad establecido en la NC 22: 1999, se reportan valores altos, siendo la playa más afectada la Laguna de Cura. Se observan además puntos muestrales por encima o próximos al límite máximo establecidos en la NC, que incrementan los riesgos de afectaciones de la salud de los bañistas.

Los resultados de las muestras puntuales y de la Media Geométrica de este indicador en la Playa Rancho Luna, situada a mar abierto en el litoral sur de la provincia de Cienfuegos, muestra valores muy bajos del orden de 3 NMP/100 ml, que permite utilizarla como patrón de comparación para confirmar la contaminación fecal del agua en estas playas, que es resultado de permitir el vertimiento de aguas residuales crudas o tratadas, en áreas de baño o en pozos, cuevas sumideros, y otros, que conlleven a riesgos de contaminación en el lugar del baño y a riesgos en la salud de los bañistas, permitiendo apreciar el impacto a que están siendo sometidas las playas de este litoral costero.

2.3.4 ESTUDIO DE LOS INDICES DE CALIDAD DEL CUERPO DE AGUA LA BAHIA DE CIENFUEGOS EN LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO.

Como se ha referido en el epígrafe 2.2.2 el litoral de la Bahía de Cienfuegos en el tramo que abarca la zona objeto de estudio se caracteriza por un significativo uso marítimo-pesquero, resaltándose que en esta zona se realiza la pesca de litoral, sustento de la alimentación de sus comunidades costeras.

Con el objetivo de valorar el impacto de la disposición de los residuales urbanos de esta zona, sobre los índices del agua y e índices biológicos que determinan la calidad de este recurso hídrico (cuerpos de agua marina) destinado a la actividad pesquera se procedió a la recopilación de la información reportada en la literatura (Villasol y Col., 1990; Castellanos, 2001 y Seisdedo, 2003) y que ha sido obtenida por el Programa de Monitoreo Hidrológico de la Bahía de Cienfuegos realizado por el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC), perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), y autoridad estatal encargada de esta actividad en el territorio.

En este contexto el Programa de Monitoreo Hidrológico de la Bahía de Cienfuegos, dispone de 16 estaciones de muestreo permanente, cuyas ubicaciones están relacionadas con los impactos probables desde fuentes de contaminación al ecosistema y realizándose una frecuencia de muestreo mensual. En el Anexo No. 6 se muestra la distribución de esta red de estaciones de muestreo, donde se puede apreciar que la estaciones de interés para este estudio (E12 y E 13), localizadas a una distancia promedio de 500 m de la línea de costa. En el Anexo No. 7 se muestra los resultados promedios de los más importantes índices de agua e índices biológicos registrados en estas dos estaciones durante los últimos 15 años. Para la evaluación, se tuvieron en cuenta los principales indicadores establecidos según la norma NC 25:1999. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones (ONN, (c) 1999).

Como se puede apreciar se presentan índices de concentraciones de DBO_5 superiores a 1 mg/l en ambas estaciones e índices de coliformes totales en la estación E13 superior a 200 NMP/100 ml, clasificándose la calidad del agua como objeto de uso pesquero como Dudosa. Esto ratifica la contaminación de esta agua con los vertimientos de los residuales de esta zona, impactando negativamente al ecosistema, alterando el estado normal de las aguas y provocando desequilibrios ecológicos en perjuicio de la flora y la fauna en ellas presentes, además del riesgo que se corre con la salud de las personas una vez que como se apuntó anteriormente en esta zona se realiza la pesca de litoral, sustento de la alimentación de sus comunidades costeras.

2.4 CONCLUSIONES PARCIALES.

1. El procedimiento metodológico elaborado para el desarrollo de la gestión de saneamiento de las aguas residuales urbanas constituye una importante herramienta para ser incluidas en la implementación del sistema de gestión ambiental de la Empresa de Acueducto Alcantarillado de Cienfuegos.
2. El estudio de la problemática ambiental existente en la zona objeto de estudio, permite afirmar que el sistema de saneamiento existente no es apropiado debido a su baja

eficiencia de remoción y el alto nivel freático en esta zona, que contribuye a problemas de infiltraciones, canalizaciones, vertimientos directos y rebozos hacia la Bahía con afectaciones en la calidad hidrosanitarias de sus aguas.

3. Se estima, conservadoramente, una carga contaminante dispuesta al ecosistema de la Bahía de Cienfuegos de 150.33 ton de DBO_5 /año, que representa un 5.07 % del total de carga orgánica dispuesta actualmente a este ecosistema.
4. El estudio de las condiciones higiénico sanitarias de los lugares de baño en el litoral de la Bahía de Cienfuegos permite confirmar la contaminación fecal del agua en estas playas, conllevando a la contaminación en el lugar del baño, a riesgos en la salud de los bañistas y a otras afectaciones al ecosistema, siendo la playa más afectada la Laguna de Cura.
5. Los índices de calidad biológica del cuerpo de agua la Bahía de Cienfuegos en la zona objeto de estudio, muestran que la calidad agua como objeto de uso pesquero es dudosa, impactando negativamente al ecosistema, con riesgo para la salud de las personas sustentan su alimentación con la pesca de litoral.

CAPITULO No. 3: PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE EVACUACION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UNA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CIENFUEGOS.

3.1 INFORMACION BASICA REQUERIDA PARA EL DISEÑO Y SELECCION DE ALTERNATIVAS DE EVACUACION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES.

En los estudios de los proyectos de soluciones para el sistema de evacuación, tratamiento y disposición de las aguas residuales se debe considerar las proyecciones de ordenamiento territorial y el crecimiento demográfico esperado en un término de años no menor de la vida útil de las instalaciones que se construirán. Entre los criterios a considerar en el diseño y selección de tecnologías para los sistemas de evacuación, tratamiento y disposición de residuales líquidos, según la literatura (Metcalf and Eddy, 1991; Allende, 2000; Armando y Col., 2001) se encuentran: Período de diseño, Proyección de población futura y ordenamiento territorial, Gastos promedio, máximo y mínimo de aguas residuales, Características del medio natural, Caracterización de los afluentes, Estándares ambientales y requerimientos de los efluentes líquidos y sólidos y Posibilidades de reutilización de efluentes líquidos y sólidos. Se consideran además dos factores que son limitantes, a saber: el impacto ambiental y la superficie útil a ocupar.

3.1.1 PERIODO DE DISEÑO.

Se recomiendan períodos de diseño de 20 años, pero esto dependerá de si la solución adoptada es la definitiva, o se hará por etapas, aunque este periodo puede estar sujeto a la proyección de población futura y ordenamiento territorial de la zona, en particular a los plazos de saturación previstos. En este sentido se adoptará como período de diseño el año 2022, año en que según el ordenamiento territorial de esta zona se alcanza la densidad de población máxima prevista (hab./ha) y por tanto la población de saturación (DPPF(a), 2002).

3.1.2 PROYECCIONES DE POBLACION FUTURA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

Para conocer la población futura residente permanente se procedió a recopilar los datos estadísticos sobre el crecimiento de la población en el objeto de estudio (DPPF(a), 2002). A partir de las poblaciones reportadas de la zona de los años 1994 y 2002, se calculo la tasa de crecimiento en 8 años aplicando el método de crecimiento geométrico de la población según Artiles y Guillama (1997). Siendo la tasa de crecimiento estimada según la siguiente expresión:

$$r = \left(\frac{P_f}{P_p} \right)^{1/n} - 1 = 0,041137$$

donde:

P_f : Población futura (habitantes del 2002) $P_f = 5590$ hab.

P_p : Población presente (habitantes del 1994) $P_p = 4049$ hab.

n: Numero de años entre las poblaciones presente y futura $n = 8$ años

Para el cálculo de la población futura se define el año 2022, según criterios apuntados en el epígrafe 3.1.1. Con la tasa de crecimiento obtenida y a partir del dato de población actual (2002), se cálculo por el mismo método ya mencionado, la población futura (2022), obteniéndose una población en el año 2022 de 12519 habitantes residentes, estimado según la siguiente expresión:

$$P_f = P_p \times (r + 1)^n = 12519 \text{ hab.}$$

Por otra parte, según la proyección de ordenamiento territorial del municipio de Cienfuegos (DPPF (b), 2002) se espera en esta zona un incremento de la infraestructura de hoteles, inmobiliarias, villas, restaurantes y centros recreativos que es mostrado en el Anexo No. 8, señalándose además que según la distribución de uso de suelos, en esta zona y en sus áreas aledañas no se prevé otorgar microlocalización de otros tipos de objetos de obras estatales.

3.1.3 ESTIMACION DE LOS GASTOS DE AGUAS RESIDUALES.

Acorde a la categoría poblacional del municipio de Cienfuegos, la demanda per cápita de consumo es de 375 lppd según norma NC: 53-91(ONN, 1991), y se tiene en cuenta que el agua residual es el 80 % del agua de consumo; dando un aporte al alcantarillado de 300 lppd, siendo el gasto promedio de población residente de 43.47 l/s, estimado según la siguiente expresión:

$$Q_{pp} = P_f \times A_a = 12519 \text{ hab.} \times 300 \text{ l/pd} = 43.47 \text{ l/s}$$

donde:

Q_{pp} : Gasto promedio poblacional (l/s)

A_a : Aporte al alcantarillado (l/pd)

Para estimar el caudal de aguas residuales vertidas por el resto de las instalaciones de la infraestructura asociadas al sistema, se parte del ordenamiento territorial del desarrollo de esta zona, referido en el acápite anterior. Según los indicadores de capacidad y considerando los caudales provenientes de estas instalaciones, según Resolución del INRH 45/91 (INRH, 1991), y con una contribución del 90 % al alcantarillado, se estima un gasto promedio de las instalaciones asociadas al sistema de 9.70 l/s, que corresponde a una población equivalente de 2794 habitantes. Este gasto promedio sumado al gasto promedio actual estimado en el epígrafe 2.2.2.2 alcanza un gasto promedio futuro de 34.43 l/s, correspondiente a una población equivalente de 9916 habitantes.

Siendo el gasto promedio total de diseño estimado según la siguiente expresión:

$$Q_{pd} = Q_{pp} + Q_{pi} = 43.47 \text{ l/s} + 34.43 \text{ l/s} = 77.90 \text{ l/s}$$

donde:

Q_{pd} : Gasto promedio de diseño (l/s)

Q_{pi} : Gasto promedio de instalaciones (l/s)

Para la determinación del gasto máximo sanitario se tiene en cuenta el factor de Harmon. (Artilesy Guillama, 1997), siendo el gasto máximo sanitario de 202.73 l/s, estimado según la siguiente expresión:

$$Q_{\max} = Q_{pd} * M + Q_{\text{inf}}$$

donde:

Q_{\max} : Gasto máximo esperado (l/s)

Q_{inf} : Gasto de infiltración (l/s)

M: Factor de máxima descarga por Harmon, estimado según la siguiente expresión:

$$M = 1 + 14 / (4 + P_{te}^{0.5}) = 2.602$$

Siendo:

P_{te} : Población total futura equivalente, en miles de habitantes, $P_{te} = 22.435$ miles de hab.

No se considera en el diseño gastos de infiltración cuando la dotación per cápita utilizada es holgada (Artilesy Guillama, 1997).

Por ultimo se considera un gasto mínimo (Q_{\min}) de 38.95 l/s, tomando en cuenta que se recomienda en la literatura (Allende, 2000) que este gasto sea un 50 % del gasto promedio.

3.1.4 CARACTERIZACION DE LOS AFLUENTES.

En el epígrafe 2.3.2 (Tabla 2.7) se muestra una caracterización de los principales parámetros básicos de las aguas residuales urbanas de la ciudad de Cienfuegos, que se corresponde a la composición típica de un agua residual media para las condiciones de Cuba. Aceptando la hipótesis que se plantea en literatura especializada (Metcalf and Eddy, 1991; Bueno y Col.(b); 1997; Rodríguez, 2000) que la composición típica de un agua residual urbana en un área o zona geográfica determinada puede ser considerada uniforme, obedeciendo a hábitos de consumo y de vida de su población, las dotaciones de agua potable servida, entre otros; se puede asumir que la composición típica de las aguas residuales de la zona objeto de estudio sea similar a esta, utilizándose esta caracterización con los fines de diseño y selección de alternativas.

Para la concentración de carga orgánica que se toma como parámetro de diseño de 200 mg/l de DBO_5 , y el gasto promedio de 77.90 l/s, se corresponde con un índice de contaminación de 60 g/hab./día de DBO_5 , índice en el rango recomendado en esta literatura.

3.1.5 CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO NATURAL.

En el epígrafe 2.2.2.2 se refieren los aspectos generales del medio natural detallando las características del clima, ingeniero geológica, topográficas, hidrología e hidrogeología, suelo, fauna y vegetación, entre otros elementos indispensables.

3.1.6 ESTANDARES AMBIENTALES Y REQUERIMIENTOS DE LOS EFLUENTES.

Cualquier propuesta de sistema de tratamiento de residuales debe garantizar unas concentraciones de los efluentes de agua residuales tratadas acorde a los Límites Máximo Permisibles Promedios (LMPP) establecidos en las normas ambientales vigentes en el país en esta materia NC 27:1999. Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado (ONN(a), 1999) y NC XX: 2001 Vertimiento de Aguas Residuales a las Costas y Aguas Marinas (ONN, 2001), según la clasificación del cuerpo receptor final. En el caso de vertimiento hacia las costas y aguas marinas, adicionalmente debe garantizar que estos vertimientos garanticen la calidad de las aguas de la bahía de Cienfuegos según la norma NC 22: 1999. Lugares de baños en las costas y en masa de aguas interiores. Requisitos higiénicos sanitarios (ONN (b), 1999) y la norma NC 25:1999. Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones (ONN (c), 1999). Se deberá cumplir además con los requisitos higiénicos sanitarios en cuanto a los radios mínimos admisibles de las zonas de protección sanitaria en torno a estas instalaciones según la NC 39:1999 Calidad del aire. Requisitos Higiénicos Sanitarios (ONN (d), 1999).

En todo caso la calidad del efluente será óptima de acuerdo con los siguientes parámetros:

- $DBO_5 < 25 \text{ mg/l}$
- $DQO < 70 \text{ mg/l}$
- $S.S. < 0.5 \text{ ml/l}$
- $\text{pH } 6.5- 8.5$
- Nitrógeno total (NTK) $< 10 \text{ mg/l}$
- Fósforo $< 0,5 \text{ mg/l}$
- Coliformes Totales 100 NMP/100 ml
- Coliformes Fécales 20 NMP/100 ml

En el caso de la disposición de los lodos tratados debe analizarse si por sus características físicas, biológicas o químicas, puedan representar un peligro real para el medio ambiente y la salud humana y por tanto debe establecerse una estrategia de manejo ambiental racional de

estos desechos, según establece la Resolución No. 87/1999 de regulaciones sobre desechos peligrosos (CITMA (b), 1999). De no ser así entonces debe procederse según las regulaciones ambientales establecidas en las normas cubanas sobre el manejo de residuos sólidos (ONN, 2002).

3.1.7 POSIBILIDADES DE REUTILIZACION.

En el caso de proyectarse la reutilización de las aguas residuales tratadas deben cumplirse las directrices para la reutilización de las aguas residuales urbanas establecidas por la Organización Mundial de la Salud (Pescod, 1992).

La utilización de los lodos estabilizados (digeridos y sin agentes patógenos) en la agricultura es una practica aceptable por las autoridades sanitarias ya que no ofrecen riesgo para la salud. En tal sentido pudieran utilizarse los lodos procedentes del sistema de tratamiento en la agricultura urbana y viveros forestales relativamente cerca de la zona, siempre y cuando se ajusten a las directrices establecidas al respecto por la OMS.

3.2 ALTERNATIVAS PARA LA EVACUACION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LAS AGUAS RESIDUALES.

La información básica recopilada en los epígrafes anteriores permite proponer, preliminarmente, soluciones para el sistema de evacuación, tratamiento y disposición final de las aguas residuales de la zona objeto de estudio. Para la selección de las alternativas se tendrán en cuenta que consigan eficiencias de remoción de carga orgánica expresada en DBO_5 sea igual o superior a 87.5 %, y que la eficiencia de remoción de patógenos, expresada en NMP de Coniformes fecales/ 100 ml sea igual o superior a 99.94 %, teniendo cuenta las posibilidades de reutilización y que el medio receptor de la disposición final es un ecosistema frágil.

3.2.1 ALTERNATIVAS PARA LA EVACUACION DE LAS AGUAS RESIDUALES.

En el análisis de las soluciones tecnológicas apropiadas para la evacuación de aguas residuales de esta zona se han tomado en cuenta además el concebir alternativas de trazado

general que permita reducir la profundidad de los colectores (excavación) y la longitud total de la tubería, compatible con las conexiones domiciliarias y la protección contra las cargas externas reduciendo así los costos de construcción.

A partir de estos elementos, de la información básica requerida para el diseño y selección de alternativas considerados en el epígrafe 3.1 y la mapificación de la distribución de caudales de la zona objeto de estudio, se procedió a la licitación de ofertas de un sistema de alcantarillado apropiado para la zona objeto de estudio. En este contexto se analizaron las siguientes ofertas:

- Oferta de solución de alcantarillado del Centro de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Cienfuegos hoy absorbido por la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara.
- Oferta de solución de alcantarillado de la Empresa de Investigaciones de la Construcción de Cienfuegos (INVESCONS).

En la solución de alcantarillado de la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara (EIPH (a), 2003), se concibe en el diseño de la red de alcantarillado emplear tuberías de barro, asbesto cemento u hormigón; debido a los coeficientes de Mannig asumidos de 0.013 recomendados por para estos sistemas de tuberías, las cotas de invertidas quedan por debajo del nivel -2.000 m, respecto al nivel medio del mar, lo cual implica el uso de técnicas constructivas de las que, hoy en día, el constructor no dispone, considerándose además que la geología del lugar presenta por una débil consistencia y un alto nivel freático. En este contexto se prevé que la magnitud de los impactos ambientales de la etapa constructiva sea considerable.

En la solución de alcantarillado de la Empresa de Investigaciones de la Construcción de Cienfuegos (INVESCONS, 2003), concibe la introducción de nuevas tecnologías constructivas para los alcantarillados urbanos consistentes en el empleo de tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD), cuyo coeficiente de rugosidad es en el orden de 0.009 y que presenta ventajas constructivas para las redes en un lugar donde es frecuente que las cotas de invertidas estén por debajo del nivel del mar, entre ellas: un mejor ensamblaje, reducción del volumen del movimiento de tierra, manipulación más sencilla y estanqueidad total, reduciendo al mínimo el aporte por infiltraciones hacia la tubería. Adicionalmente estas

tuberías pueden resistir mayores cargas impuestas por el relleno y por el tránsito sin deformarse más de un 5 %. En este contexto se prevé que la magnitud de los impactos ambientales de la etapa constructiva sea mucho menor que en el caso anterior.

Teniendo en cuenta estos criterios se selecciona esta última oferta, mostrándose en los Anexos No. 9.1 y 9.2 el trazado de los colectores principales, la ubicación de las dos estaciones de bombeo que se requieren y las características técnicas de este objeto de obra.

El costo de la inversión y los costos de explotación se desglosan según la metodología para la elaboración de estudios de factibilidad del Ministerio de Economía y Planificación (MEP) (MEP, 1998); las inversiones fijas fueron estimadas según el Sistema de Precios de la Construcción, PRECONS (INVESCONS, 2003), mientras que los gastos previos a la explotación se estimaron a partir de la metodología de formación de tarifas de servicios técnicos de proyección, diseño, ingeniería y consultaría de inversiones (MFP, 1998; MFP, 2001); no se considera necesario capital de trabajo para la ejecución de esta obra. Las consideraciones para la estimación de los costos de producción anuales de esta inversión se muestran en el Anexo 9.2. En las siguientes tablas se muestra el desglose del presupuesto total de inversión y del costo de explotación anual:

Tabla 3.1: Desglose del costo de inversión.

Componentes	Moneda Total (MP)
Capital Fijo	3975.136
Inversiones Fijas	3759.920
Construcción y Montaje	3532.120
Equipos y Maquinarias	227.800
Gastos previos	215.216
Estudios e investigaciones	18.033
Licencias	15.420
Proyectos técnico ejecutivo	169.200
Asesoramiento técnico	12.563
Capital de Trabajo	209.218
Costo de Inversión Total	4184.354

Tabla 3.2: Desglose de los costo de explotación anuales.

Componentes	Moneda Total (MP)
Costos Directos	57.754
Agua	0.030
Energía eléctrica	3.114
Salarios y seguridad social	54.610
Gastos Generales	80.659
Gastos Mantenimiento y Reparación	75.198
Gastos Administración	5.461
Costos de Operación	138.413
Depreciación	51.744
Costos Totales	190.157

3.2.2 ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL.

Conociendo de las regulaciones sobre el uso de suelos, en esta zona y en sus áreas aledañas referidas en el acápite 3.1.2 y la ubicación del punto final del sistema de alcantarillado previsto; el análisis de las posibles alternativas de soluciones para el sistema tratamiento de las aguas residuales y su posterior reutilización y/o disposición final, necesariamente obligan a valorar la posibilidad de colección y tratamientos conjuntos en sistemas existentes. En este contexto como se muestra en el Anexo No. 9.1, a unos 250 m de la EB # 2 del alcantarillado se encuentra un colector que conduce actualmente aguas residuales de otras zonas de la ciudad de Cienfuegos hacia un sistema de lagunas de oxidación localizadas en una zona aledaña al Reparto Junco Sur, al sudeste de la ciudad, limitando al sur con la Ensenada de la Miseria de la Bahía de Cienfuegos, zona prevista en el ordenamiento territorial para la ubicación de los objetos de obra para el tratamiento de residuales. En este escenario es necesario valorar los siguientes aspectos:

1. Posibilidad de continuar con una colección conjunta con el resto de las aguas residuales que maneja este colector hacia el sistema actual de tratamiento de aguas residuales de Junco Sur.
2. Posibilidad de un tratamiento conjunto en este sistema.

En el análisis de la posibilidad de continuar con una colección conjunta con el resto de las aguas residuales que maneja este colector hacia el sistema actual de tratamiento de aguas residuales de Junco Sur, se revisaron los parámetros y criterios de diseño hidráulico de este colector verificándose que el referido colector de hormigón comprimido, diámetro de 1600

mm y longitud de 3.28 km, se diseño para un caudal máximo de 1740 l/s según el proyecto de este colector (EH, 1989). Por otra parte se espera que el caudal máximo de aguas residuales que debe evacuar en el año 2035, según las zonas actualmente vinculadas y las previstas será de 226.17 l/s (EIPH, 1997); por lo que puede admitir el caudal máximo de la zona objeto de estudio que como se apunta anteriormente es de 202.73 l/s; con esta certeza se asumirá que las aguas residuales de esta zona serán evacuadas hacia la zona anteriormente referida.

Sobre la posibilidad de un tratamiento conjunto en el sistema actual que incluye estación de bombeo y lagunas se verifica que no es posible, argumentándose que este sistema sirve actualmente a una población equivalente de 11956 habitantes, con caudal promedio de 42.34 l/s, explotándose a un 80 % de su capacidad de diseño, prevista para una población de 15000 habitantes y un caudal de 53.1 l/s; previéndose la necesidad de servir una población futura en el año 2020 de 25000 habitantes, con un caudal promedio total de 88.5 l/s, al incorporarse el Reparto La Juanita (EIPH, 1997); además se constata la necesidad de una rehabilitación general de este órgano de tratamiento (Montalvo, 2003).

O sea que a este sistema no es posible incorporar ni el caudal promedio actual de la zona objeto de estudio estimado en el epígrafe 2.2.2.2 e igual a 44.13 l/s. Es preciso entonces valorar las posibles variantes de tratamiento en este escenario que en su conjunto permita manejar los siguientes caudales que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.3: Caudales a manejar en sistema de tratamiento propuesto.

Sistemas	Caudales actuales (l/s)	Caudales Año 2006 (l/s)	Caudales Año 2022 (l/s)
Zona objeto de estudio	44.13	47.53	77.90
Sistema existente	42.34	42.34	88.50
Total	86.47	89.87	166.40
Capacidad actual	53.10	53.10	53.10
Déficit	33.37	36.77	113.30

Planteamiento de Alternativas:

Variante 1: Adicionar un sistema de lagunas de oxidación en paralelo al existente, que satisfaga un caudal promedio de 113.30 l/s.

Variante 2: Adicionar una planta de tratamiento paralela al sistema existente, que satisfaga un caudal promedio de 113.30 l/s.

Variante 3: Redimensionar y ampliar el sistema de lagunas existentes, que satisfaga un caudal promedio total de 166.4 l/s.

Variante 4: Planta de tratamiento, que satisfaga el caudal promedio total de 166.4 l/s.

En todos los casos para la disposición final se considerara la reutilización del efluente tratado con fines de riego de frutales en la Unidad Empresarial de Base Cítricos Arimao, aledaña a las instalaciones de tratamiento y/o el vertimiento mediante un emisario terrestre hacia la Ensenada de la Miseria. En el caso de la disposición de los lodos tratados debe analizarse si por sus características físicas, biológicas o químicas, puedan representar un peligro real para el medio ambiente y la salud humana y por tanto debe establecerse una estrategia de manejo ambiental racional de estos desechos, según establece la Resolución No. 87/1999 de regulaciones sobre desechos peligrosos (CITMA (b), 1999). De no ser así entonces debe procederse según las regulaciones ambientales establecidas en las normas cubanas sobre el manejo de residuos sólidos (ONN, 2002).

Análisis de variantes y ofertas:

Variantes 1 y 2: Sistemas en paralelos.

En un primer tamizado de alternativas se desechan las Variantes 1 y 2, donde se consideran los sistemas paralelos, sustentado por una parte en las dificultades propias de operación y control de sistemas diferentes y por la otra un estudio realizado en el sistema de lagunas existentes (Montalvo, 2003) concluye que no funciona eficientemente, requiriéndose de una rehabilitación integral de este órgano de tratamiento.

Variante 3: Redimensionar y ampliar el sistema de lagunas existentes.

A los efectos de redimensionar este sistema para los requerimientos apuntados anteriormente y para de caudal nominal de 200 l/s, para tener un margen de seguridad se procedió al diseño de este órgano de tratamiento con una distribución de tres lagunas:

Primaria (Anaerobia), Secundaria (Facultativa) y de Acabado (Facultativa), utilizando la disposición de un sistema en serie o dos sistemas paralelos iguales.

En los Anexos No. 10.1 y 10.2 se muestran hojas de calculo Excel con la programación del diseño de este órgano de tratamiento para ambas distribuciones, según las recomendaciones del manual de diseño, construcción y explotación de lagunas de estabilización del INRH (2001), mostrándose a continuación un resumen de este dimensionamiento. Se considerara además una desinfección final.

Tabla 3.4: Resumen del dimensionamiento de las lagunas en serie.

LAGUNAS	A (ha)	H (m)	R (día)	Eficiencia (%) Remoción CO	Eficiencia (%) Remoción Patógenos
Primaria (Anaerobia)	2.7	2.8	4.0	50	91.23
Secundaria (Facultativa)	4.32	2.0	5.0	86	92.86
Acabado (Facultativa)	4.41	2.0	5.1	64.14	93.00
Total	11.43		14.1	97.44	99.96

Tabla 3.5: Resumen del dimensionamiento de las lagunas en paralelo.

LAGUNAS	A (ha)	H (m)	R (día)	Eficiencia (%) Remoción CO	Eficiencia (%) Remoción Patógenos
2 Primaria (Anaerobia)	1.23	2.8	4.0	50	91.23
2 Secundaria (Facultativa)	2.16	2.0	5.0	86	92.86
2 Acabado (Facultativa)	2.21	2.0	5.1	64.14	93.00
Total	5.60		14.1	97.44	99.96

En ambos sistemas se logran iguales rendimientos de remoción y se obtiene un efluente de 5.12 mg/l de DBO₅ y 15.35 NMP de coliformes fecales/100 ml, que satisfacen los estándares ambientales y requerimientos de los efluentes apuntado en el epígrafe 3.1.6.

En las siguientes tablas se desglosan los estimados de costos de inversión, incluidas dos estaciones de bombeo y las lagunas propiamente con sus interconexiones; así como del costo explotación para este tipo órgano de tratamiento, no apreciándose diferencias apreciables de costos entre las disposiciones serie y paralelo, pero esta ultima variante permite acometer el proceso inversionista de construcción de las lagunas de estabilización en dos etapas (EIPH(c), 2003):

Tabla 3.6: Desglose del costo de inversión.

Componentes	Moneda Total (MP)
Capital Fijo	1013.868
Inversiones Fijas	861.788
Construcción y Montaje	626.518
Equipos y Maquinarias	235.270
Gastos previos	152.080
Capital de Trabajo	112.652
Costo de Inversión Total	1126.520

Tabla 3.7: Desglose de los costo de explotación anuales.

Componentes	Moneda Total (MP)
Costos Directos	26.243
Energía eléctrica	6.123
Desinfección	1.261
Salarios y seguridad social	18.860
Gastos Generales	19.122
Gastos Mantenimiento y Reparación	17.236
Gastos Administración	1.886
Costos de Operación	45.365
Depreciación	28.726
Costos Totales	74.091

El presupuesto de la inversión de las etapas inversionistas y el costo de operación de la variante de las lagunas en paralelo se desglosan a continuación:

Tabla 3.8: Desglose de los costo de inversión y explotación anual.

Componentes	Lagunas en Paralelo	
	1 Etapa	2 Etapa
Inversión Total (MP)	725.479	401.041
Costos de Operación anuales (MP)	22.683	45.365
Depreciación anual (MP)	17.236	28.726

Variante 4: Planta de tratamiento.

A los efectos de buscar soluciones de plantas de tratamiento para los requerimientos apuntados anteriormente, se analizaron las siguientes ofertas de plantas de tratamiento de 200 l/s de caudal nominal y que satisfacen los estándares ambientales y requerimientos de los efluentes apuntado en el epígrafe 3.1.6:

- Planta de tratamiento de tecnología de lodos activados convencional y digestión de lodos, de la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara, Cuba.
- Planta de tratamiento de tecnología anaerobia tipo U.A.S.B. (de flujo ascendente), de BIOTEC, Colombia.
- Planta de tratamiento de tecnología de fangos activados (aeración prolongada) de Contragua, S.L., España.

En los Anexos No. 11.1 y 11.2 se muestran las características técnicas, los costos de inversión y de operación de la plantas de BIOTEC (2003) y Contragua, SL (2003). Teniendo en cuenta los requisitos básicos para la fundamentación y evaluación de transferencias de tecnología establecidos en la Resolución 13/1998 del CITMA (1998) se constatan posibles riesgos de origen tecnológico, en la capacidad de asimilación de estas tecnologías, de propiedad intelectual y tecnologías constructivas, unido a la dependencia tecnológica extranjera durante su explotación. Estos elementos, unido a altos costos de inversión y de explotación hacen que se descartan estas ofertas al estar en desventajas con las nacionales.

En el Anexo No. 11.3 se muestran los detalles tecnológicos de la oferta de la Planta de tratamiento de tecnología de lodos activados convencional y digestión de lodos, de la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara, (EIPH (b), 2003), que satisface los requerimientos de diseño planteados, siendo de tecnología similar a una planta propuesta para el tratamiento de las aguas residuales urbanas de Luyano en Ciudad Habana.

En las siguientes tablas se desglosan los costos de inversión y explotación reportados para este tipo de planta (EIPH (b), 2003):

Tabla 3.9: Desglose del costo de inversión.

Componentes	Moneda Total (MP)
Capital Fijo	1540.860
Inversiones Fijas	1309.731
Gastos previos	231.129
Capital de Trabajo	171.207
Costo de Inversión Total	1712.067

Tabla 3.10: Desglose de los costo de explotación anuales.

Componentes	Moneda Total (MP)
Costos Directos	111.307
Energía eléctrica	25.229
Desinfección	1.261
Disposición de lodos	41.599
Disposición de detritos y arenas	14.358
Salarios y seguridad social	28.860
Gastos Generales	111.974
Gastos Mantenimiento y Reparación	93.312
Gastos Administración	18.662
Costos de Operación	223.281
Depreciación	43.658
Costos Totales	266.939

3.3 ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS.

La evaluación económica y financiera constituye el punto culminante de toda inversión, pues mide en qué magnitud los beneficios que se obtienen con la ejecución del proyecto superan los costos y gastos para su materialización, esta evaluación constituye un índice importante para jerarquizar y ordenar los proyectos en correspondencia con su rentabilidad. Para la evaluación económica financiera se plantean las siguientes alternativas de análisis:

- Alternativa A: Alcantarillado y Lagunas de Estabilización en Serie.
- Alternativa B: Alcantarillado y Lagunas de Estabilización en Paralelo.
- Alternativa C: Alcantarillado y Planta de Tratamiento.

La Alternativa B, como se apunto anteriormente permite acometer el proceso inversionista de construcción de las lagunas de estabilización en dos etapas.

3.3.1 ESTIMACION DE LOS BENEFICIOS.

En los epígrafes anteriores se han estimado los costos de inversión y los costos de explotación de las alternativas tamizadas. Corresponde determinar la magnitud de los beneficios o ingresos equivalentes que se obtendrán tomando como base el año 2005 y como primer año de evaluación el año 2006. Para su estimación se tienen en cuenta los siguientes elementos:

1. Los ingresos por derechos de conexión al alcantarillado y servicio de evacuación de aguas albañales.
2. Los ingresos por el pago de gravámenes por las personas jurídicas (sector estatal), por la implementación de los instrumentos y mecanismos de regulación económica para la protección del medio ambiente.
3. La cuantía del monto que las personas naturales de la ciudad de Cienfuegos están dispuesta a pagar por el mejoramiento de la calidad ambiental de sus playas y litoral costero.
4. Los ahorros de los costos de explotación de los sistemas de saneamientos actuales.
5. Los ahorros por la no rehabilitación del sistema de lagunas existentes.
6. Posible reutilización del efluente residual tratado.

Existen otros elementos tales como los costos por daños evitados al medio ambiente y la diversidad biológica en el ecosistema de la Bahía de Cienfuegos, que no ha sido posible cuantificar y el pago de contravenciones por concepto de vertimientos a la zona costera, que actualmente no se imponen.

Los ingresos por derechos de conexión al alcantarillado y servicio de evacuación de aguas albañales se estiman según la Resolución P-6-2000: Tarifas y precios de servicio de acueducto y alcantarillado del Ministerio de Finanzas y Precios (MFP, 2000), que establece los precios de derechos de conexión al alcantarillado para el sector estatal y del servicio de evacuación de aguas albañales por redes a razón de un 30 % de recargo sobre la facturación del servicio de abasto. Según la proyección de la población futura anual para esta zona y de la infraestructura, se calculan los ingresos anuales que se muestran en el Anexo No. 12, monto que se incrementa anualmente según incremento de población.

Para la estimación de los ingresos por el pago de gravámenes por las personas jurídicas (sector estatal), por la implementación de los instrumentos y mecanismos de regulación económica para la protección del medio ambiente se ha tomado como referencia la experiencia desarrollada por el Grupo de Trabajo Estatal (GTE) de la Bahía de La Habana y en la que se aplica un régimen tributario e impositivo especial a sus usuarios y contaminadores con amparo legal en la Resolución 36/1999 del Ministerio de Finanzas y Precios (MFP, 1999), cuyo monto es empleado en su saneamiento y en la construcción,

rehabilitación y mantenimiento de sistemas de saneamiento. En este contexto conociendo la infraestructura actual y futura en la zona objeto de estudio, referida en los epígrafes 2.2.22 y 2.3.1, se estima un monto anual de 398.560 MP/año.

Para estimar el monto anual que las personas naturales de la ciudad de Cienfuegos están dispuesta a pagar por el mejoramiento de la calidad ambiental de sus playas y litoral costero, se procedió con el diseño, implementación y procesamiento de un cuestionario siguiendo las recomendaciones de la literatura especializada (Kohler, 1994; Hayes, 1996). Este cuestionario se diseño de forma simple, tal que cumpliera los requisitos establecidos, con un formato o escala de respuestas múltiples, mostrado en el Anexo No. 13.1 y para su implementación se escogió un diseño One Shot (una tirada), que consiste en encuestar a una población o muestra una sola ocasión y de forma directa.

Para la selección del tamaño de la muestra se utiliza el diseño muestral aleatorio simple probabilístico con distribución normal, tamaño de población conocida y varianza desconocida. El tamaño de la muestra se calculo utilizando el software SURVEY (SURVEY, 2003), cuya fundamentación estadística y los resultados del software se muestran en el Anexo No. 13.2, para un tamaño de población igual a la población residente actual en la ciudad de Cienfuegos, beneficiaria de las áreas de baño y de la pesca litoral, estimada en 142118 habitantes (DPPF(a), 2002) siendo el tamaño requerido de la muestra de 96 personas comprendida en el grupo etáreo mayor de 18 años sin incluir las no respuestas.

El procesamiento estadístico de los resultados del cuestionario fue realizado con el software STATGRAPHICS Plus 2.1 (Statistical Graphics Corp., 1996) mostrándose en el Anexo No. 13.3 la tabulación de frecuencias, resultados que muestran que el 63.54 % de las personas están dispuestas a pagar 9.00 \$/año, siendo el valor medio estadístico de 9.20 y el coeficiente de variación de 20.29 %, por lo que para estas condiciones se puede asumir la media estadística como referencia para la estimación, que multiplicada por la proyección de población futura anual para esta ciudad, se calculan los ingresos anuales que se muestran en el Anexo No. 12, monto que se incrementa anualmente según incremento de población.

Para estimar los costos de explotación de los sistemas de saneamientos actuales se consultaron las fichas de costos de explotación de los sistemas de saneamiento de la Unidad

Empresarial de Base de Acueducto y Alcantarillado del municipio de Cienfuegos (UEBAA, 2002), entidad que rectoría y ejecuta esta actividad, estimándose los gastos que se incurren en la actividad de limpieza y mantenimiento de fosas en la zona objeto de estudio de 42.021 MP/año y los gastos anuales de explotación en las lagunas de oxidación existentes son de 19.78 MP/año (Montalvo, 2003), para un total de 61.801 MP/año

Los ingresos en el primer año en ahorros por concepto de la no rehabilitación del sistema de lagunas de Junco Sur, según el proyecto de rehabilitación (Montalvo, 2003) se estiman en 268.74 MP.

Los beneficios por la posible reutilización del efluente residual tratado se estima del efecto económico que produce esta reutilización para el riego de frutales en la Unidad Empresarial de Base Cítricos Arimao, aledaña al área de microlocalización de estos órganos de tratamiento. Por concepto de la venta del agua para riego a los precios que comercializa este recurso el INRH de 0.005 \$/m³ se estima el efecto económico del reuso del agua residual tratada, cuyo monto se incrementa anualmente según incremento del caudal tratado, según se muestra en el Anexo No. 12. Estos ingresos son conservadores porque no se han considerado los aportes de nutrientes que este efluente puede propiciar.

3.3.2 ANALISIS DE RENTABILIDAD DE LA INVERSION.

En este epígrafe se realiza el Análisis de Rentabilidad de la Inversión (Flujo de Caja Sin Financiamiento Externo), tomando en consideración que será financiada por el presupuesto estatal, presupuesto que financia el valor total de las inversiones de la esfera social, ambiental, defensa y aquellas de interés estatal, que no puedan ser cubiertas por los fondos financieros de las Empresas. Este flujo de caja se realiza según la metodología para la elaboración de estudios de factibilidad del MEP (MEP, 1998), partiendo de las informaciones precedentes, se calcula el estado de los ingresos neto y del flujo del caja para cada uno de los años útiles de la inversión, en moneda total; mediante hojas de calculo Excell tomando como base el año 2005 y como primer año de evaluación el año 2006, obteniéndose los indicadores de rentabilidad de la inversión para una tasa de actualización del 15 %:

- Valor Actualizado Neto (VAN).
- Tasa de Rendimiento Actualizada (RVAN).

- Tasa Interna de Rendimiento (TIR).
- Periodo de Recuperación del Capital (PRD).

En los Anexos No. 14.1, 14.2 y 14.3 se muestran estos procedimientos de cálculo, presentándose a continuación un resumen de la información necesaria para la evaluación económica financiera en la siguiente tabla:

Tabla 3.11: Información resume para el análisis de rentabilidad de la inversión.

Indicadores	Alternativa A	Alternativa B		Alternativa C
		1 Etapa	2 Etapa	
Inversión Total (MP)	5310.874	4909.833	401.041	5896.421
Costos de Operación anuales (MP)	183.778	161.095	183.778	361.694
Depreciación anual (MP)	80.470	68.980	80.470	95.402

En la Alternativa B como se apunto anteriormente permite acometer el proceso inversionista de construcción de las lagunas de estabilización en dos etapas. Una primera etapa inversionista en el 2004 como año base y la segunda etapa en el 2009 como año base.

Los beneficios o ingresos anuales fueron estimados en el acápite anterior y referidos en el Anexo No. 12.

El resultado de los indicadores económicos financieros de las alternativas analizadas se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.12: Indicadores de rentabilidad de la inversión.

Indicadores	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
VAN (MP)	4564.000	4759.400	3212.400
TIR (%)	31.30	33.30	25.5
RVAN (\$/\$)	0.99	1.06	0.63
PRD (años)	4.75	4.46	6.44

3.4 SELECCION DE ALTERNATIVA.

Para la selección de alternativa se tiene en cuenta criterios sociales, técnicos, ambientales, económicos y financieros; sustentados en los análisis anteriores:

Criterios sociales:

Todas las alternativas analizadas responden a la necesidad expresada por la comunidad y su rentabilidad social es alta una vez que traen a la comunidad beneficios sociales importantes, mejorándose la calidad de vida de la población, pues contar con un saneamiento apropiado, es una condición básica de desarrollo local y contribuye a la preservación del medio ambiente.

El tratamiento por lagunas es más comprendido y su equipamiento es más fácil de reparar, mantener y adoptar que el caso de plantas de tratamiento donde es más frecuente problemas con el funcionamiento y mantenimiento de estas instalaciones.

Por otra parte en el caso de las alternativas A y B, existe compatibilidad de la tecnología con el sistema existente con el que se vincula y además presentan mayor simplicidad y son de fácil operación, siendo mayor las posibilidades de asimilación de la tecnología por la fuerza laboral disponible, no siendo así en el caso de la alternativa C donde se requiere de personal altamente calificado.

Atendiendo a lo anterior las alternativas A y B son más ventajosas desde este punto de vista.

Criterios técnicos y ambientales:

Todas las alternativas garantizan el cumplimiento de los requerimientos de los efluentes según los estándares ambientales. Desde el punto de vista de calidad del efluente, las lagunas de estabilización compiten con las plantas de tratamiento, en cuanto a la remoción de DBO y bacterias, no sucediendo lo mismo en cuanto a color y turbiedad.

La alternativa C no presenta inconvenientes de tipo higiénicos ambientales, como aparición de insectos y olores, inconvenientes que tienen las alternativas A y B, sin embargo estas últimas tienen la ventaja de poseer alto tiempo de retención lo que reduce en gran medida el contenido de virus endémicos de los efluentes. En este sentido la microlocalización de las lagunas de estabilización se propone realizarla a sotavento, cumpliendo con los radios

sanitarios mínimos establecidos en la legislación ambiental (ONN (d), 1999), así como realizar las labores de operación rutinarias para garantizar las condiciones higiénicas sanitarias de estos órganos de tratamiento.

Un análisis particular debe realizarse en lo referido con la evacuación y disposición de los residuos sólidos que generan los sistemas de tratamiento. En el caso de las lagunas normalmente el viento suele acomodar los flotantes en un área de la laguna donde se pueden remover con facilidad con una frecuencia que puede ser mensual, mientras que el resto de los lodos biodegradados se evacúan acorde a la frecuencia de limpieza, generalmente entre dos y cuatro años. En el caso de las plantas de tratamiento son mucho más exigente en este sentido ya que se generan sólidos groseros, arenas, grasas y lodos de forma continua siendo necesario garantizar una infraestructura para realizar un adecuado manejo de estos desechos sólidos según la legislación ambiental existente (CITMA (b), 1999; ONN, 2002) que comprende el almacenamiento, recolección y transportación tratamiento y disposición final.

Teniendo en cuenta la tecnología se puede plantear que la alternativa C, presenta un alto nivel de fiabilidad en los aparatos previstos, pero son técnicamente complejos en comparación con las alternativas A y B, que presentan una estructura simple, siendo técnicamente sencillas y no presentando elementos mecánicos; aunque se debe señalar el inconveniente de que el área que ocupan las alternativas A y B (11.43 ha) en comparación con la alternativa C (3.5 ha) es mucho mayor, no siendo la disponibilidad de terreno una limitante en este caso.

Teniendo en cuenta estos criterios las alternativas de lagunas son más apropiadas, pero la alternativa de lagunas en paralelo puede admitir mayor carga orgánica inicial y ofrece mayor ventaja desde el punto de vista constructivo y operativo, pues permite sobrecargar una parte del sistema mientras se lleva a cabo la limpieza de la otra parte sin necesidad de interrumpir el tratamiento; y cuando el terreno es muy quebrado, como en este caso, el uso de lagunas en paralelo a diferentes niveles permite lograr economías considerables en el movimiento de tierra.

Además esta alternativa ofrece la ventaja que permitirá la integración paulatina del tratamiento en función de las demandas que en diferentes periodos se vaya requiriendo, permitiendo la puesta en marcha del sistema en dos etapas y la flexibilidad en las labores de operación durante la etapa de explotación.

Como se constata anteriormente todas las alternativas tienen sus ventajas y desventajas desde el punto de vista técnico y ambiental, pero teniendo los elementos abordados se selecciona la alternativa B.

Criterios económicos y financieros:

En el siguiente grafico se muestran los indicadores económicos financieros de las alternativas analizadas, para una mejor interpretación de los resultados obtenidos:

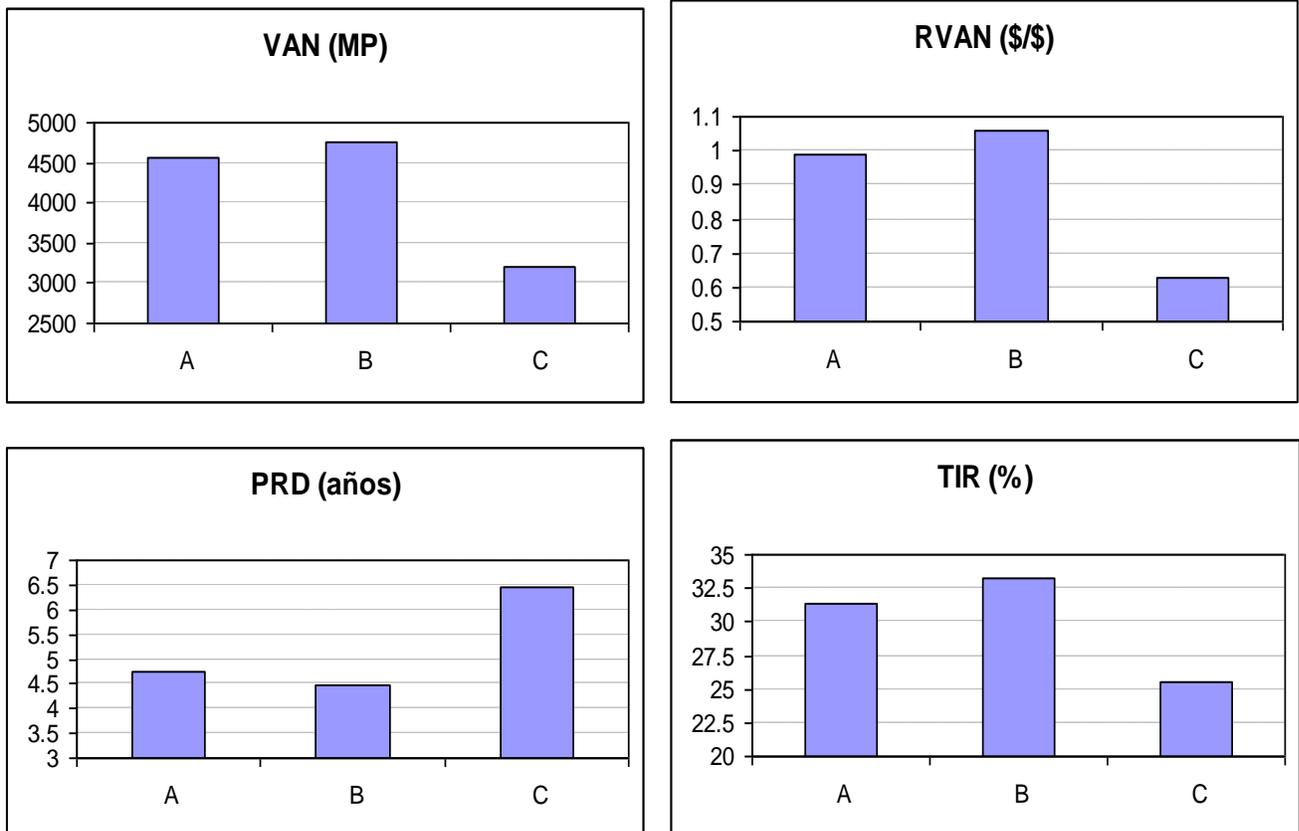


Grafico 3.1: Indicadores de rentabilidad de la inversión.

El Valor Actualizado Neto (VAN) de las tres alternativas analizadas es superior a cero, teniendo las alternativas A y B un valor actualizado del flujo neto de ingreso durante la vida útil de la inversión mucho mayor al de la alternativa C; siendo de estas la alternativa B la de mayor VAN.

La Tasa de Rendimiento Actualizado (RVAN) de las tres alternativas es también mayor que cero; pero la alternativa B tiene un RVAN mayor, es decir logra una relación mayor entre los ingresos netos actualizados y las inversiones actualizadas necesarias para obtenerlos, criterio de selección fundamental indicando las utilidades actualizadas por cada peso de la inversión.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) de las tres alternativas es superior a la tasa de actualización lo que garantiza el rendimiento mínimo de la inversión, pero la alternativa B logra una TIR de 33.30 %, mayor que las alternativas A y C.

El Periodo de Recuperación del Capital (PRD) de la alternativa B es de 4.46 años, menor que el de las alternativas A y C que es de 4.75 años y 6.44 año respectivamente.

Atendiendo a estos indicadores de evaluación de inversión desde el punto de vista económico financiero la alternativa seleccionada es la alternativa B

Finalmente teniendo en cuenta los criterios sociales, técnicos, ambientales, económicos y financieros analizados anteriormente se selecciona la alternativa que comprende el alcantarillado y laguna de estabilización en paralelo.

Un análisis económico y financiero particular de esta alternativa sin considerar ingresos por el reuso del efluente tratado arroja indicadores que no difieren significativamente de los obtenidos considerando estos ingresos, siendo los siguientes:

VAN: \$ 4667.5 RVAN: 1.04 TIR: 33 % PRD: 4.51 años

3.5 CONCLUSIONES PARCIALES.

1. En la selección de la variante de solución de alcantarillado para la zona objeto de estudio determinaron los aspectos de la geología del suelo y los altos niveles freáticos que

obligan al uso de tecnologías constructivas con el empleo de tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD), que son generalmente más costosas.

2. Se propone como alternativa de evacuación final, que este sistema de alcantarillado, tribute las aguas colectadas a un sistema de evacuación existente para realizar un tratamiento conjunto de toda el agua residual evacuada.
3. La selección de las lagunas de estabilización en paralelo como órgano de tratamiento se sustenta en ventajas sociales, técnicas, ambientales, económicas y financieras y que con una operación y mantenimiento adecuados, basados en la comprensión de sus principios de funcionamiento permitirá tratar de forma sanitaria y ambientalmente segura volúmenes considerables de las aguas albañales, incluidas la de las zona objeto de estudio.
4. Para la disposición final de las aguas residuales tratadas se propone la reutilización del efluente con fines de riego de frutales en la Unidad Empresarial de Base Cítricos Arimao, aledaña a las instalaciones de tratamiento una vez que cumple los requerimientos establecidos para ello, que si bien no reportara beneficios económicos apreciables en el flujo de caja, contribuirá a lograr un uso más racional del recurso agua.

CONCLUSIONES.

1. Se elabora y valida un procedimiento metodológico para el desarrollo de la gestión de saneamiento, que permitirá a la Empresa de Acueducto Alcantarillado de Cienfuegos mejorar su desempeño ambiental en materia de saneamiento.
2. Se concluye que el sistema de saneamiento actual no es apropiado, estimándose que la carga contaminante de las aguas residuales de la zona, dispuesta actualmente al ecosistema de la Bahía de Cienfuegos, representa un 5.07 % del total de carga orgánica dispuesta a este ecosistema, impactando esto sobre las condiciones higiénicas sanitarias de los lugares de baño en el litoral y de la calidad del cuerpo de agua de esta bahía.
3. Se propone como alternativa de evacuación un sistema de alcantarillado que tribute las aguas colectadas al sistema de evacuación existente para realizar un tratamiento conjunto de toda el agua residual evacuada
4. Se propone como órgano de tratamiento un sistema de lagunas de estabilización en paralelo, selección que se sustenta en sus ventajas sociales, técnicas, ambientales, económicas y financieras.
5. Se plantea para la disposición final de las aguas residuales tratadas, la reutilización del efluente con fines de riego de frutales, que si bien no reportara beneficios económicos apreciables, contribuirá a lograr un uso más racional del recurso agua.

RECOMENDACIONES.

1. Incluir el procedimiento metodológico elaborado y validado en este trabajo en la implementación del sistema de gestión ambiental del Grupo Empresarial de Acueducto y Alcantarillado (GEAAL).
2. Profundizar en los métodos y técnicas de valoración para evaluar económicamente los beneficios, con el objetivo de propiciar una mejor apreciación del bienestar social, ambiental y económico en el marco de análisis económico y financiero.
3. Una vez implementadas las soluciones propuestas se recomienda la reutilización del efluente con fines de riego de frutales en la Unidad Empresarial de Base Cítricos Arimao.

BIBLIOGRAFIA.

1. Alfonso, M. E.: "Manual de diseño, operación y mantenimiento de las lagunas de estabilización". Barranquilla, Colombia, 1996.
2. Allende, I.: "Diseño hidráulico de plantas de tratamiento para aguas residuales". Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), La Habana, 2000.
3. ANPP "Ley No. 81: Ley de Medio Ambiente". Gaceta Oficial de la Republica de Cuba. Edición Extraordinaria, julio, La Habana, 1997.
4. Armando, R. y Col.: "Redes hidráulicas y sanitarias". Centro de Investigaciones Hidráulicas, Facultad de Ingeniería Civil, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), La Habana, 2001.
5. Arnold, F.S.: "Economic Analysis of Environmental Policy and Regulation", New York, John Wiley and Sons, Inc, 1995.
6. Artiles, R.; Guillama, J.: "Análisis hidráulico del colector norte del sistema de alcantarillado principal de la Ciudad de La Habana". Revista Voluntad Hidráulica, Año XXXV, La Habana, 1997.
7. BIOTEC: "Oferta Técnico Comercial de Planta de tratamiento de tecnología anaerobia tipo U.A.S.B". BIOTEC, Colombia, 2003.
8. Bitton G.: "Wastewater microbiology". Wile – Liss, Inc., New York, 1994.
9. Bosh, H. E. y col.: "Gestión de tecnológica". Programa internacional de Gestión Tecnológica, Edición electrónica, Argentina, 2000.
10. Brañes, D.: "Aspectos institucionales y jurídicos del Medio Ambiente". Washington, D.C., 1991.
11. Bueno, y Col. (a): "Contaminación e Ingeniería Ambiental". Tomo I: Principios generales y actividades contaminantes, España, 1997.
12. Bueno, y Col. (b): "Contaminación e ingeniería ambiental". Tomo III: Contaminación de las aguas, España, 1997.
13. Bueno, y Col. (c): "Contaminación e ingeniería ambiental". Tomo V: Elementos para la evaluación y gestión de la contaminación, España, 1997.
14. Castellanos, M. E. y Col.: "Manejo Integrado de la Bahía de Cienfuegos". Informe final del Proyecto de Investigación, Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC), Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cienfuegos, 2001.
15. Catalán, E.: "Tratamiento y depuración de aguas: eficiencia y alcance de estos procesos en la transmisión de las enfermedades hídricas". Ediciones Hermann Blume, Madrid, España, 1982.
16. Catalán, J. G.: "Química del agua". Editorial Bellisco, Madrid, España, 1990.
17. CE "Gestión de la Zona Costera". Decreto Ley 212/2000, La Habana, 2000.
18. CECM: "Bases generales del perfeccionamiento empresarial". Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, La Habana, 1999.
19. CICA: "Dictamen de la Reinspección Estatal Ambiental". Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA), Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cienfuegos, 1999.
20. CICA: "Informe de la Inspección Estatal Ambiental". Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA), Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cienfuegos, 1998.
21. CITMA (a): "Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante de las aguas residuales albañales". Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), La Habana, 1999.

22. CITMA (b): "Resolución No. 87/1999 de regulaciones sobre desechos peligrosos". Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), La Habana, 1999.
23. CITMA: "Estrategia Integrada de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la Provincia de Cienfuegos del 2002 -2007". Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cienfuegos, 2002.
24. CITMA: "Glosario de términos de mayor empleo en el SCIT". Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), La Habana, 1996.
25. CITMA: "Inventario de carga contaminante de la provincia de Cienfuegos Unidad de Gestión Científico Tecnológica y Medio Ambiental". Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cienfuegos, 2003.
26. CITMA: Resolución 13/1998. Requisitos básicos para la fundamentación, evaluación y dictamen de la transferencia de tecnología, asociada con los proyectos de inversión nominales propuestos en los estudios de factibilidad, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), La Habana, 1998.
27. CMP: "Información Meteorológica de la Zona de Punta Gorda". Centro Meteorológico Provincial (CMP), Cienfuegos, 2003.
28. Col. de autores: "Introducción al conocimiento del medio ambiente". Tabloide Universidad para todos, La Habana, 2001.
29. Contragua, SL, Oferta Técnico Comercial de Planta de tratamiento de tecnología de fangos activados (aeración prolongada) de Contragua, S.L., España, 2003.
30. Crites, R.; Tchobanoglous, G.: "Small and Decentralized Wastewater Management Systems". WCB/McGraw-Hill, 1998.
31. DAA: "Manual de lagunas de estabilización y otros sistemas simplificados: diseño, Construcción y explotación". Delegación de Acueducto y Alcantarillado (DAA), Instituto Nacional de Recurso Hidráulico (INRH), La Habana, 2001.
32. Degremont: "Manual técnico del agua, cuarta edición". España, 1979.
33. Díaz L.: "Depuración de aguas residuales". Madrid: MOPT, 1991.
34. Díaz, R.: "Tratamiento de aguas y aguas residuales". Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), La Habana, 1987.
35. Domenech, X.: "Química ambiental". Ediciones Miraguano, Madrid, España, 1993.
36. DPPF (a): "Datos de población". Plan director de la ciudad de Cienfuegos, Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF), Cienfuegos, 2002.
37. DPPF (b): "Proyección de ordenamiento territorial del municipio de Cienfuegos". Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF), Cienfuegos, 2002.
38. EAA: "Estadísticas del indicador del agua suministrada". Empresa de Acueducto y Alcantarillado (EAA), Cienfuegos, 2003.
39. EH: Proyecto técnico ejecutivo del Colector Principal de Cienfuegos, Empresa de Hidroeconomía (EH), Villa Clara, 1989.
40. EIPH: "Estudio técnico económico de solución de residuales de Cienfuegos". Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos (EIPH), Villa Clara, 1989.
41. EIPH: "Proyecto de esquema de residuales de Cienfuegos". Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos (EIPH), Villa Clara, 1993.
42. EIPH (a): "Proyecto de Alcantarillado de Punta Gorda". Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos (EIPH), Villa Clara, 2003
43. EIPH (b): "Proyecto Técnico de Planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de Luyano". Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos (EIPH), Villa Clara, 2003.
44. EIPH (c): "Estimados de costos de inversión y explotación de lagunas de oxidación". Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos (EIPH), 2003.

45. EIPH: "Proyecto ampliación Lagunas de Junco Sur". Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos (EIPH), Villa Clara, 1997.
46. EPA: "Economic Analysis of Effluent Guidelines and Standards for the Centralized Waste Treatment Industry", U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1998.
47. Espinosa, M. A.; Portal, C. M.: "Caracterización del esquema de tratamiento de residuales de la ciudad de Pinar del Río y su utilización en el riego". Revista Voluntad hidráulica, Año XXVI, No. 81, La Habana, 1989.
48. Fair, G. M.; Geyer, J. C.; Okun, D. A.: "Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales". Volumen II, segunda parte, Ediciones Revolucionaria, La Habana, 1986.
49. Faloh, R.: "Gestión tecnológica y economía cubana". Seminario interamericano sobre técnicas modernas en gerencia de la ciencia y la innovación tecnológica, IBERGECYT'97, La Habana, 1997.
50. García, R.: "La contaminación del mar: fuentes, toxicidad, degradación y eliminación de contaminantes". Universidad de Oviedo, Oviedo, España, 1996.
51. Germain, L.: "Tratamiento de aguas". Barcelona: Ediciones Omega, 1982.
52. Githinji, M. y Col.: "Análisis costo – beneficio como una herramienta de toma de decisiones ambientales". Universidad Autónoma de Yucatán, México, 1998.
53. González, E.: "Utilización del análisis de proceso en la intensificación de la producción en las distintas industrias de Cuba". Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias, UCLV, Villa Clara, 1991.
54. González, E.; Stuart L.: "Consideraciones sobre la proyección científica del análisis de procesos en Cuba". IV congreso mundial de Ingeniería Química, Karlsruhe, Alemania, 1991.
55. González, L.; Medina, A.: "Algunos aspectos generales sobre operación, inspección y mantenimiento de lagunas de estabilización". Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos, Diciembre, La Habana, 1998.
56. Goodstein, E.: "Economics and environmental". Prentice – Hall, USA, 1995.
57. Granada, A. y Col.: "Higiene del medio Tomo I". Dirección Nacional de Higiene Ministerio de Salud Pública, La Habana, 1974.
58. Guardado, J. A.: "Análisis de los residuales líquidos de la ciudad de Santa Clara para su utilización en el riego". Revista voluntad hidráulica XXVII, No. 83, La Habana, 1990.
59. Hardenbergh, W. A.; Rodie, E. D.: "Ingeniería Sanitaria". Ediciones Revolucionarias, La Habana, 1972.
60. Hayes, B. E.: Cómo medir la satisfacción del cliente / Bob E. Hayes. Ediciones Gestión 2000 S.A., Barcelona, 1996.
61. Himmelblau, D.; Bischoff, K.: "El análisis y simulación de procesos". Editorial Reverté S.A., 1976.
62. <http://yosemite.epa.gov>.
63. <http://www.abss.pumps.com/> proceso de tratamiento.
64. [http://www.amiad.com/filtration systems](http://www.amiad.com/filtration%20systems).
65. <http://www.cepis.ops-oms.org:cepis@cepis.ops-oms.org>
66. [http://www.ingenieroambiental.com/introduccion al analisis.htm](http://www.ingenieroambiental.com/introduccion%20al%20 analisis.htm)
67. <http://hispagua.cedex.es>
68. INRH: "Manual de diseño, construcción y explotación de lagunas de estabilización". Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), La Habana, 2001.
69. INRH: "Resolución 45/91: Determinación de la demanda de agua en instalaciones". Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), La Habana, 1991.

70. INRH-MINSAP-MINED.: "Programa Nacional de Acción para el Cumplimiento de los Acuerdos de la Cumbre a Favor de la Infancia". Tercer informe de evaluación y seguimiento, junio, La Habana, 1995.
71. INRH-MINSAP-MINED.: "Programa Nacional de Acción para el Cumplimiento de los Acuerdos de la Cumbre a Favor de la Infancia". Quinto informe de evaluación y seguimiento, junio, La Habana, 1997.
72. INVESCON: "Estudios técnicos económicos del alcantarillado de Punta Gorda". Centro de Diseño e Ingeniería, Empresa de Investigación para la construcción (INVESCON), Cienfuegos, 2003.
73. INVESCON: "Levantamiento topográfico de la Zona de Punta Gorda". Empresa de Investigación para la construcción (INVESCON), Cienfuegos, 2003.
74. Kohler, H.: Statistics for business and economics. Harper Collins Publishers, New York, 1994.
75. León, G. y Sannueza, J.: "Aspectos sanitarios en el uso del agua residual, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), 1995.
76. Llanes, J.: "Políticas económicas ambientales". Editorial Ciencias Sociales, 1999.
77. Martínez, G.: "Reutilización de las aguas residuales". Revista Ingeniería Química, España, 1976.
78. Metcalf and Eddy. Waste Water Engineering, Treatment Disposal Reuse. Third. Edición, 1991.
79. MEP: "metodología para la elaboración de estudios de factibilidad". Ministerio de Economía y Planificación (MEP), La Habana, 1998.
80. MFP: "Metodología de formación de tarifas de servicios técnicos de proyección, diseño, ingeniería y consultaría de inversiones". Ministerio de Finanzas y Precios (MFP), La Habana, 2001.
81. MFP: "Resolución 36/1999: Regulaciones jurídicas para la aplicación del impuesto sobre la utilización o explotación de los recursos naturales y para la protección del medio ambiente, por el uso o explotación de la Bahía de La Habana". Ministerio de Finanzas y Precios (MFP), La Habana, 1999.
82. MFP: "Resolución P-6/2000: Tarifas y Precios de Servicios de Agua y Alcantarillado. Ministerio de Finanzas y Precios" Ministerio de Finanzas y Precios (MFP), La Habana, 2000.
83. MFP: "Resolución P-83/98: Tarifas para la tramitación de licencias ambientales, Ministerio de Finanzas y Precios" Ministerio de Finanzas y Precios (MFP), La Habana, 1998.
84. Misch, A.: "Riesgos ambientales para la salud". Ediciones Bakeaz, 1994.
85. Montalvo, F.: "Gestión y Saneamiento del Reparto Junco Sur de la Ciudad de Cienfuegos". Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cienfuegos (EAA), Cienfuegos, 2003.
86. Moscoso, J. y León, G.: "Curso de tratamiento y uso de aguas residuales". Organización Panamericana de la salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS), Lima, 1996.
87. ONN (a): "NC 27/1999: Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado". Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 1999.
88. ONN (a): "NC ISO 14004/1998: Sistemas de Gestión Ambiental. Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo". Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 1998.

89. ONN (b): "NC 22/1999: Lugares de Baños en costas y en masas de aguas interiores. Requisitos higiénicos-sanitarios". Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 1999.
90. ONN (c): "Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales". Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 1998
91. ONN (c): "NC 25/1999: Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones". Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 1999.
92. ONN (d): NC 39:1999 "Calidad del aire. Requisitos Higiénicos Sanitarios". Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 1999.
93. ONN: (b) "NC ISO 14001/1998 Sistemas de Gestión Ambiental. Especificación y directrices para su uso". Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 1998.
94. ONN: "NC 133, 134, 135/2002: Residuos sólidos urbanos. Almacenamiento, recolección y transportación, tratamiento, disposición final: Requisitos higiénicos sanitarios. Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 2002.
95. ONN: "NC 53-91: Determinación de la demanda de agua potable en población. Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 1991.
96. ONN: "NC XX/2001: Vertimientos de aguas residuales a las costas y aguas marinas. Especificaciones". Oficina Nacional de Normalización (ONN), La Habana, 2001.
97. OPS/CEPIS: "Proyecto Regional Sistema Integrado de Tratamiento y Uso de Agua Residuales en América Latina". Organización Panamericana de la salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS), 2002.
98. Pérez, J. A. y Col.: "Estudio sanitario del agua". Universidad de Granada, Granada, 1995.
99. Pérez, J. M.: "La polución de las aguas marinas". Barcelona: Ediciones Omega, 1980.
100. Perry, R. H.; Green, D. W.; Malony, J. O.: "Waste management". Perry's Chemical Engineers' Handbook, McGraw-Hill, USA, 1999.
101. Pescod, M. B.: "Wastewater treatment and use in agriculture. FAO: Irrigation and drainage". Roma, 1992.
102. PNUMA/CPAL: "El reto ambiental del desarrollo en América Latina y el Caribe". 1990.
103. Quiroz J. et. Al.: "Análisis económico de la contaminación de aguas en América Latina". CINDE, 1995.
104. Ramos, G. y Col.: "Aguas y Medio Ambiente ". Congreso Nacional de Agua y Medio Ambiente, Zaragoza, noviembre, España, 1994.
105. Rodríguez, C.: "Microbiología para Ingenieros Sanitarios". Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), Cuba, 2000.
106. Rodríguez, J.: "La ingeniería ambiental, soluciones para un desarrollo sostenible". Editorial síntesis, Universidad Internacional de Andalucía, España, 2002
107. Sánchez, V. y Col.: "Glosario de términos sobre el medio ambiente" México, 1982.
108. Santiago, J. F.; Rodríguez, S.: "Procedimiento para el muestreo, caracterización y cálculo de la carga contaminante en aguas residuales". Centro de hidrología y calidad del agua (CENHICA), La Habana, 2000.
109. Seisdedo, M.: "Programa del monitoreo hidrológico de la Bahía de Cienfuegos". Tesis Presentada en opción del grado de Master en Ciencia en Gestión Integrada de Zona Costera, Universidad de Cienfuegos, 2003.
110. Seoanez, M.: "Aguas residuales urbanas". Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1995.
111. Serra, C. y Col.: "Plan de Manejo de la Bahía de Cienfuegos". Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cienfuegos, 1995.
112. Solsona, F.: "Desinfección del agua" Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), 2002

113. Statiscal Graphics corp.: "Manual del usuario STATGRAPHICS PLUS for Windows 2.1". Statiscal Graphics corp, 1996.
114. SURVEY: "Sample Size Calculator". Survey Software, 2003.
115. UEBA: Fichas de costo de explotación de sistemas de saneamiento. Unidad Empresarial de Base de Acueducto y Alcantarillado del municipio de Cienfuegos (UEBA), Cienfuegos, 2002.
116. UMA (a): "Información sobre la calidad hidroquímica de las aguas de la Bahía de Cienfuegos y la situación sanitaria de sus playas". Unidad de Medio Ambiente (UMA), Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cienfuegos, 1997.
117. UMA (b): "Informe de la reunión del Grupo de Bahías y Playas". Unidad de Medio Ambiente (UMA), Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cienfuegos, 1997.
118. UMA: "Estrategia Medioambiental de la Provincia de Cienfuegos". Unidad de Medio Ambiente (UMA), Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cienfuegos, 1998.
119. UMA: "Información sobre la carga orgánica de las entidades más contaminadoras de la Bahía de Cienfuegos". Unidad de Medio Ambiente (UMA), Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Cienfuegos, 2000.
120. UNICEF: "Manual sobre saneamiento". Serie de directrices técnicas sobre agua, medio ambiente y saneamiento #3, Fondo de las Naciones unidas para la la Infancia (UNICEF), Nueva York, 1997.
121. Villasol, A. y Col.: "Estado de la contaminación de la Bahía de Cienfuegos". Instituto de Investigaciones del Transporte, La Habana, 1990.
122. Weitzenfeld, H.: "Manual Básico sobre Evaluación del Impacto en el Ambiente y la Salud de Acciones Proyectadas". Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la salud (OMS), México, 1996.
123. Zanetti, F. E.: "Análisis de aguas negras". Revista Tecnológica, serie 10, Ingeniería Hidráulica, Num. 10, La Habana, 1972.

ANEXO NO. 8: Inventario de la infraestructura turística recreativa futura.

No.	Instalaciones futuras	U/M	Cantidad
1	Hotel Melia Cienfuegos	Habitaciones	300
2	Villa Náutica Residencial	Habitaciones	175
3	Hotel Puesta del Sol	Habitaciones	200
4	Parque de Diversiones Rápido CIMEX	Usuarios	76
5	Parque Acuático Paya Alegre	Usuarios	45
6	Alojamiento de Remos	Usuarios	83
7	Base de Charter	-	-
8	Atraque de Charter	-	-
9	Palacio de Rumbo (Hostal)	Habitaciones	8
10	Inmobiliaria	Habitaciones	10
11	Inmobiliaria	Habitaciones	36
12	Inmobiliaria	Habitaciones	36
13	Complejo Caribe sur	Usuarios	42
14	Complejo Gastronómico	Usuarios	40
15	Parque Recreativo Laguna del Cura	Usuarios	60
16	Parcela Bonnevald	Habitaciones	200
17	Plaza Recinto Ferial	Usuarios	120
18	Marina Puerto Sol Ampliación	-	-

ANEXO No. 9.2: Características técnicas y costos de explotación del alcantarillado.

- **Características técnicas del trazado del alcantarillado:**

Los Amarillos: Desde Malecón hasta la Calle 51 a y desde la Avenida 16 hasta la 32. El colector principal va desde Avenida 32 y 51 A hasta una estación de bombeo (EB # 1) en Avenida 16 y Calle 41, con una longitud de 1.5 km, con diámetros de 150 a 400 mm y la red de colectores secundarios requieren de 5.5 km y el promedio de los diámetros son de 150 mm.

Hotel Jagua: Desde Malecón hasta la Calle 41 a y desde la Avenida 0 hasta la 16. El colector principal nace en Avenida 0 y Calle 35 hasta una estación de bombeo (EB # 1) en Avenida 16 y Calle 41, con una longitud de 1.4 km, con diámetros de 150 a 300 mm y la red de colectores secundarios requieren de 3.0 km y el promedio de los diámetros son de 150 mm.

Playa Alegre-La Minas: Abarcando el resto del area. El colector principal comienza recibiendo el residual bombeado por la EB # 1 en Avenida 16 y Calle 41, terminando en la Avenida 10 y Cale 57, en una segunda estación de bombeo (EB # 2), con una longitud de 1.0 km, con diámetros de 600 a 650 mm y la red de colectores secundarios requieren de 3.0 km y el promedio de los diámetros de 150 a 250 mm.

- **Características técnicas de las estaciones de bombeo:**

Características Técnicas	EB # 1	EB # 2
Caudal (l/s)	125	220
Carga (m C. A.)	5	10.5
Potencia (kW)	7	12
Diámetro tubería impulsora (mm)	300	400
Longitud de tubería impulsora (m)	20	250

- **Consideraciones para la estimación de los costos de producción anuales:**

Son necesarios 20 obreros para la operación de dos sistemas de bombeo, que trabajaran en turnos de 8 horas.

Se requiere de servicio eléctrico monofásico y trifásico en las estaciones de bombeo y tendrán un consumo total de 34.6 MW-h/año.

Se requiere un consumo de agua potable en estaciones de bombeo de 228 m³/año.

Para los gastos de reparación y mantenimiento se asumen un 2 % de la inversión fija.

Para gastos de administración se asume un 10 % del gasto de salario y seguridad social.

La vida útil de los equipos y maquinarias se estima de 30 años y del alcantarillado 80 años.

FLUJO DE CAJA PARA LA RENTABILIDAD DE LA INVERSION.

Título: Alternativa C: Alcantarillado y Planta de Tratamiento
Localización: Empresa de Acueducto Alcantarillado
Organismo: INRH
Preparado por: Ayelin Portell González

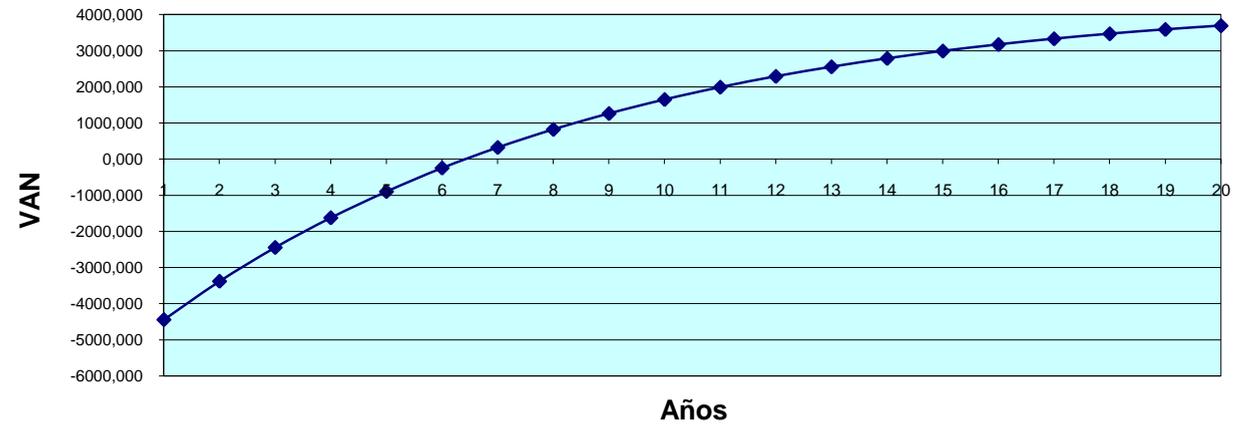
Inversión: 5896,421
Moneda: Total
U.M: MP
Año base: 2005

CONCEPTOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A- ENTRADA DE EFECTIVOS		2243,706	1945,985	1965,283	1984,865	2004,735	2064,879	2067,342	2088,110	2109,189
Ingresos		2243,706	1945,985	1965,283	1984,865	2004,735	2064,879	2067,342	2088,110	2109,189
B- SALIDA DE EFECTIVOS	5896,421	576,087	540,361	542,676	545,026	547,411	554,628	554,924	557,416	559,945
Inversion total	5896,421	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Costo de Operación		361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694
Impuesto sobre utilidades		214,393	178,667	180,982	183,332	185,717	192,934	193,230	195,722	198,251
C- SALDO ANUAL	-5896,421	1667,619	1405,625	1422,607	1439,839	1457,325	1510,251	1512,419	1530,695	1549,243
D- SALDO ACTUALIZADO	-5896,421	1450,103	1062,854	935,387	823,232	724,548	652,923	568,574	500,387	440,392
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
E- SALDO ACUMULADO ACTUALIZADO	-5896,421	-4446,318	-3383,463	-2448,076	-1624,844	-900,296	-247,373	321,202	821,588	1261,980

INDICADORES ECONOMICOS:

Tasa de actualización media, %	15	PRD	6,44	años			
		TIR	25,5%				
		VAN	\$3.212,4				
		RVAN	0,63				
Tasa de actualización, %	10	VAN	\$6.599,9	RVAN	1,23	TIR	25,5%
	12	VAN	\$5.002,6	RVAN	0,95	TIR	25,5%
	14	VAN	\$3.742,6	RVAN	0,72	TIR	25,5%
	15	VAN	\$3.212,4	RVAN	0,63	TIR	25,5%
	18	VAN	\$1.927,8	RVAN	0,39	TIR	25,5%
	20	VAN	\$1.268,9	RVAN	0,26	TIR	25,5%

Determinación gráfica del PRD



10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2130,583	2152,298	2174,342	2196,719	2219,436	2242,500	2265,916	2289,693	2289,693	2289,693	2289,693
2130,583	2152,298	2174,342	2196,719	2219,436	2242,500	2265,916	2289,693	2289,693	2289,693	2289,693
562,512	565,118	567,763	570,449	573,175	575,942	578,752	581,606	581,606	581,606	581,606
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694
200,818	203,424	206,069	208,755	211,481	214,248	217,058	219,912	219,912	219,912	219,912
1568,070	1587,180	1606,578	1626,270	1646,261	1666,557	1687,164	1708,087	1708,087	1708,087	1708,087
387,603	341,154	300,281	264,314	232,664	204,811	180,298	158,726	138,022	120,019	104,365
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1649,583	1990,737	2291,018	2555,332	2787,996	2992,807	3173,105	3331,830	3469,853	3589,872	3694,237

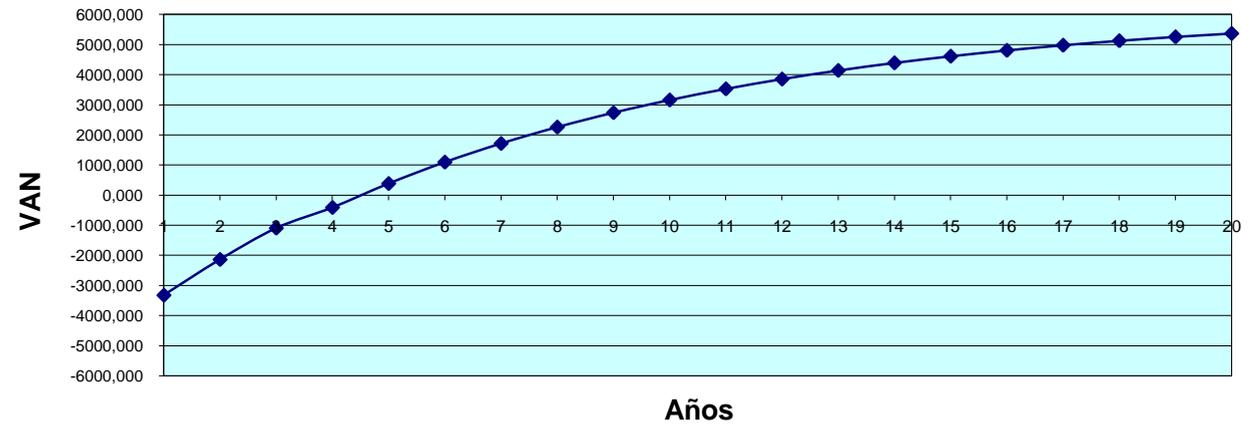
FLUJO DE CAJA PARA LA RENTABILIDAD DE LA INVERSION.

				Inversión:	1 Etapa	2 Etapa				
				Moneda:	4909,833	401,041				
				U.M:	Total	Total				
				Año base:	MP	MP				
					2005	2009				
CONCEPTOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A- ENTRADA DE EFECTIVOS		2229,536	1931,667	1950,811	1970,233	1989,936	2041,096	2043,379	2063,958	2084,840
Ingresos		2229,536	1931,667	1950,811	1970,233	1989,936	2041,096	2043,379	2063,958	2084,840
B- SALIDA DE EFECTIVOS	4909,833	401,030	365,286	367,583	770,955	390,860	396,999	397,273	399,742	402,248
Inversion total	4909,833	0,000	0,000	0,000	401,041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Costo de Operación		161,095	161,095	161,095	161,095	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778
Impuesto sobre utilidades		239,935	204,191	206,488	208,819	207,082	213,221	213,495	215,964	218,470
C- SALDO ANUAL	-4909,833	1828,506	1566,381	1583,228	1199,278	1599,077	1644,097	1646,106	1664,216	1682,592
D- SALDO ACTUALIZADO	-4909,833	1590,005	1184,409	1040,998	685,691	795,024	710,789	618,832	544,035	478,298
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
E- SALDO ACUMULADO ACTUALIZADO	-4909,833	-3319,828	-2135,419	-1094,421	-408,730	386,294	1097,083	1715,915	2259,950	2738,248

INDICADORES ECONOMICOS:

Tasa de actualización media, %	15	PRD	4,51	años			
		TIR	33,0%				
		VAN	\$4.667,5				
		RVAN	1,04				
Tasa de actualización, %	10	VAN	\$8.361,6	RVAN	1,77	TIR	33,0%
	12	VAN	\$6.622,3	RVAN	1,43	TIR	33,0%
	14	VAN	\$5.247,2	RVAN	1,15	TIR	33,0%
	15	VAN	\$4.667,5	RVAN	1,04	TIR	33,0%
	18	VAN	\$3.258,5	RVAN	0,75	TIR	33,0%
	20	VAN	\$2.532,5	RVAN	0,59	TIR	33,0%

Determinación gráfica del PRD



10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2106,030	2127,533	2149,355	2171,502	2193,979	2216,793	2239,949	2263,455	2263,455	2263,455	2263,455
2106,030	2127,533	2149,355	2171,502	2193,979	2216,793	2239,949	2263,455	2263,455	2263,455	2263,455
404,791	407,371	409,990	412,648	415,345	418,082	420,861	423,682	423,682	423,682	423,682
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778
221,013	223,593	226,212	228,870	231,567	234,304	237,083	239,904	239,904	239,904	239,904
1701,239	1720,162	1739,365	1758,854	1778,634	1798,710	1819,088	1839,773	1839,773	1839,773	1839,773
420,520	369,737	325,100	285,863	251,372	221,052	194,396	170,963	148,663	129,272	112,411
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3158,768	3528,505	3853,605	4139,468	4390,840	4611,892	4806,288	4977,251	5125,914	5255,186	5367,597

ANEXO No. 10.1: Programación del diseño de lagunas en series.

Parámetros de Laguna Anaerobia	Se asume	Se conoce	Calculado
Concentración de DBO ₅ del afluente (Kg/m ³)		0,200	
Coliformes Fecales del afluente (NMP/100ml)		35000	
Caudal (m ³ /día)		17280	
Carga Volumétrica (5 a 25 Kg DBO ₅ /100m ³ día)	5		
Eficiencia de Remoción de DBO ₅ (%)	50		
Carga Orgánica Total del afluente (Kg DBO ₅ /día)			3456,0
Volumen (m ³)			69120,00
Altura o profundidad (m)	2,8		
Area requerida para la laguna (m ²)			24685,71
Area requerida para la laguna (ha)			2,47
Tasa de trabajo (Carga orgánica) Kg DBO ₅ /had			1400,00
Tiempo de retención hidráulico (días)			4,00
Concentración de DBO ₅ del efluente (Kg/m ³)			0,1000
Eficiencia de Remoción de Coliformes Fecales (%)			91,23%
Coliformes Fecales del efluente (NMP/100ml)			3070,18
Parámetros de Laguna Facultativa No 1	Se asume	Se conoce	Calculado
Carga Orgánica Total del afluente (Kg DBO ₅ /día)			1728,00
Carga superficial (Kg DBO ₅ /ha.día)		400	
Area (ha)			4,3200
Altura o profundidad (m)		2	
Volumen (m ³)			86400
Tiempo de retención hidráulico (días)			5,0
Eficiencia de Remoción de DBO ₅ (%)			86%
Concentración de DBO ₅ del efluente			0,0143
Carga Orgánica Total del efluente (Kg DBO ₅ /día)			246,9
Eficiencia de Coliformes Fecales (%)			92,86%
Coliformes Fecales del efluente (NMP/100ml)			219,30
Parámetros de Laguna Facultativa No 2	Se asume	Se conoce	Calculado
Carga Orgánica Total del afluente (Kg DBO ₅ /día)			246,9
Eficiencia de Remoción de Coliformes Fecales (%)		93,00%	
Tiempo de retención hidráulico (días)			5,1
Volumen (m ³)			88298,9
Altura o profundidad (m)		2	
Area (ha)			4,41
Carga superficial (Kg DBO ₅ /ha.día)			55,9140
Eficiencia de Remoción de DBO ₅ (%)			64,14%
Concentración de DBO ₅ del efluente (Kg/m ³)			0,00512
Carga Orgánica Total del efluente (Kg DBO ₅ /día)			88,53
Eficiencia de Remoción de DBO₅ Total (%)			97,44%
Eficiencia de Remoción de Coliformes Fecales Total (%)			99,96%
Coliformes Fecales del efluente Final (NMP/100ml)			15,35
Concentración de DBO₅ del efluente Final (Kg/m³)			0,00512

ANEXO No. 11.1: Oferta técnico comercial de Planta de tratamiento de tecnología anaerobia tipo U.A.S.B., de BIOTEC, Colombia.

La planta de tratamiento de tecnología anaerobia tipo U.A.S.B. de BIOTEC, esta conformada por los siguientes órganos de tratamiento:

- Un primer pozo de bombeo, que lleva el agua cruda al desarenador.
- Unas rejillas gruesas y finas para la remoción de la basura y flotantes.
- Un desarenador longitudinal.
- Una trampa de grasas y flotantes.
- Un segundo pozo de bombeo para la alimentación a presión del reactor UASB.
- Un reactor anaerobio de tipo UASB (que remueve el 75 % de la carga orgánica expresada en DBO).
- Un Filtro Percolador aerobio con medio de empaque plástico.
- Dos clarificadores finales.
- Unos lechos de secado para lodos.
- Un circuito de biogás hasta una tea.
- El descole (desagüe) del agua tratada hasta el cuerpo receptor.
- Un by-pass de la planta, desde la estructura de alivio hasta la intersección con el descole.

La originalidad de la planta radica en:

- El uso de la tecnología anaerobia tipo U.A.S.B., de bajos costos de operación, para remover la mayor parte de la D.B.O. (75 %).
- Una alta eficiencia del sistema UASB gracias a una alimentación a presión por bombeo a través de un sistema de flautas perforadas (sistema BIOTEC) que mantiene el manto de lodos uniformemente en suspensión.
- Un postratamiento del efluente del sistema U.A.S.B. por un Filtro Percolador aerobio, con ventilación natural y con medio de soporte plástico, seguido por decantadores tradicionales de tipo circular en forma de cono. El Filtro Percolador es el único sistema de tratamiento aerobio (al igual que las lagunas extendidas) que no requiere energía mecánica o eléctrica para su operación.

La tecnología utilizada permite:

- Remover el 85 % de la contaminación, sin requerimientos y costos electromecánicos diferentes al bombeo.
- Entregar un agua clara y sin olor.
- Genera una cantidad muy baja de lodo; éste lodo es deshidratado y estabilizado y en consecuencia tiene un valor comercial como abono.
- Generar biogás como subproducto, este biogás se quema en una primera etapa en una antorcha pero puede ser fácilmente utilizado.

Costos de operación y mantenimiento: La experiencia de BIOTEC ha mostrado que este tipo de planta (Reactor UASB con Filtro Percolador y Clarificadores Finales) tiene costos de operación y mantenimiento del orden de US \$ 333652.50.

Costos de la inversión: El valor de la planta “llave en mano” es de US \$ 4000000.00

ANEXO No. 11.2: Oferta técnico comercial de Planta de tratamiento de tecnología de fangos activados (aeración prolongada) de Contragua, S.L., España.

La planta de tratamiento de tecnología de fangos activados (aeración prolongada) de Contragua, S.L, esta caracterizada por los siguientes elementos:

Se propone la construcción de un sistema de bajo coste tanto en inversión inicial, como en explotación y mantenimiento; que además consiga unos rendimientos de depuración próximos al 95%, tanto en materia orgánica como en nitrificación. El sistema de Depuración que se propone es lo bastante flexible y presenta la suficiente inercia a variaciones importantes de población, funcionando como un sistema de FANGOS ACTIVADOS A MUY BAJA CARGA O AIREACION PROLONGADA, en todo caso la calidad del efluente será óptima.

Los elementos mecánicos, fundamentalmente el pretratamiento (Desbaste y Desarenado-desengrase), se integraran en el conjunto de la E.D.A.R. de manera que los partículas que eliminan del proceso no sean visibles y se transporten por conductos cerrados hasta los equipos de compactación y contenedores de recogida de los mismos, procurando evitar el impacto visual que producen materias gruesas, fácilmente putrescibles.

El sistema de Depuración elegido, SISTEMA DE AIREACION PROLONGADA (Fangos Activos a muy baja carga), consta de las siguientes fases:

- Arqueta Receptora
- Desbaste de Gruesos y Finos
- Desarenado Aireado
- Tanque de Tormentas
- Aireación Secundaria-Reactor Biológico 2º
- Decantación Secundaria
- Recirculación de Fangos 2ª
- Espesador-Regulador de fangos en exceso
- Acondicionamiento químico de los Fangos
- Deshidratación de fangos con DECANTADORA CENTRIFUGA

Costos de operación y mantenimiento: Los costos de operación y mantenimiento anuales son del orden de US \$ 308000.00

Costos de la inversión: El valor de la planta "llave en mano" es de US \$ 3823410.23

ANEXO No. 12: Estimacion de los ingresos (beneficios).

Año	Población	RESOLUCION P 6/2000			
		Ingresos (MP) Pobl.	Ingresos (MP) Inst.	Ingresos (MP) Inst.	Ingresos
		Servicio evacuación	Derechos conexión	Servicio evacuación	Totales (MP)
2006	6568	23,645	48,000	51,978	123,623
2007	6838	24,618	0,000	51,978	76,596
2008	7120	25,631	0,000	51,978	77,608
2009	7413	26,685	0,000	51,978	78,663
2010	7717	27,783	0,000	51,978	79,761
2011	8035	28,926	18,000	65,147	112,073
2012	8365	30,116	0,000	65,147	95,263
2013	8710	31,355	0,000	65,147	96,502
2014	9068	32,644	0,000	65,147	97,791
2015	9441	33,987	0,000	65,147	99,134
2016	9829	35,385	0,000	65,147	100,533
2017	10234	36,841	0,000	65,147	101,988
2018	10655	38,357	0,000	65,147	103,504
2019	11093	39,935	0,000	65,147	105,082
2020	11549	41,577	0,000	65,147	106,724
2021	12024	43,288	0,000	65,147	108,435
2022	12519	45,068	0,000	65,147	110,215

Año	Población	COSTOS EVITADOS DE OPERACION			COSTOS REHAB.
		Costos evitados	Costos evitados	Ingresos	Ingresos
		Fosas (MP)	Laguna (MP)	Totales (MP)	Totales (MP)
2006	149653	42,021	19,780	61,801	268,740
2007	151599	42,021	19,780	61,801	0,000
2008	153570	42,021	19,780	61,801	0,000
2009	155566	42,021	19,780	61,801	0,000
2010	157589	42,021	19,780	61,801	0,000
2011	159637	42,021	19,780	61,801	0,000
2012	161712	42,021	19,780	61,801	0,000
2013	163815	42,021	19,780	61,801	0,000
2014	165944	42,021	19,780	61,801	0,000
2015	168102	42,021	19,780	61,801	0,000
2016	170287	42,021	19,780	61,801	0,000
2017	172501	42,021	19,780	61,801	0,000
2018	174743	42,021	19,780	61,801	0,000
2019	177015	42,021	19,780	61,801	0,000
2020	179316	42,021	19,780	61,801	0,000
2021	181647	42,021	19,780	61,801	0,000
2022	184009	42,021	19,780	61,801	0,000

Continuación ANEXO No. 12: Estimacion de los ingresos (beneficios).

Año	REUSO				
	C.Poblacion	Caudal Instalacion	Caudal sistema	Caudal Total	Ingresos
	m ³ /año	m ³ /año	Actual m3/año	m ³ /año	Totales (MP)
2006	719212,870	779569,920	1335234,240	2834017,030	14,170
2007	748799,129	779569,920	1335234,240	2863603,289	14,318
2008	779602,479	779569,920	1335234,240	2894406,639	14,472
2009	811672,986	779569,920	1335234,240	2926477,146	14,632
2010	845062,778	779569,920	1335234,240	2959866,938	14,799
2011	879826,125	1085784,480	2790936,000	4756546,605	23,783
2012	916019,533	1085784,480	2790936,000	4792740,013	23,964
2013	953701,828	1085784,480	2790936,000	4830422,308	24,152
2014	992934,260	1085784,480	2790936,000	4869654,740	24,348
2015	1033780,597	1085784,480	2790936,000	4910501,077	24,553
2016	1076307,229	1085784,480	2790936,000	4953027,709	24,765
2017	1120583,280	1085784,480	2790936,000	4997303,760	24,987
2018	1166680,714	1085784,480	2790936,000	5043401,194	25,217
2019	1214674,459	1085784,480	2790936,000	5091394,939	25,457
2020	1264642,522	1085784,480	2790936,000	5141363,002	25,707
2021	1316666,122	1085784,480	2790936,000	5193386,602	25,967
2022	1370829,816	1085784,480	2790936,000	5247550,296	26,238

Año	DISPOSICION A PAGAR		RESOLUCION 36/1999	Totales
		Ingresos	Ingresos	Ingresos
	Población	Totales (MP)	Totales (MP)	Totales (MP)
2006	149653	1376,812	398,560	2243,706
2007	151599	1394,711	398,560	1945,985
2008	153570	1412,842	398,560	1965,283
2009	155566	1431,209	398,560	1984,865
2010	157589	1449,815	398,560	2004,735
2011	159637	1468,662	398,560	2064,879
2012	161712	1487,755	398,560	2067,342
2013	163815	1507,096	398,560	2088,110
2014	165944	1526,688	398,560	2109,189
2015	168102	1546,535	398,560	2130,583
2016	170287	1566,640	398,560	2152,298
2017	172501	1587,006	398,560	2174,342
2018	174743	1607,637	398,560	2196,719
2019	177015	1628,536	398,560	2219,436
2020	179316	1649,707	398,560	2242,500
2021	181647	1671,154	398,560	2265,916
2022	184009	1692,879	398,560	2289,693

ANEXO No. 13.1: Diseño de cuestionario aplicado.

CUESTIONARIO

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cienfuegos desea conocer su voluntad de contribuir al mejoramiento de su calidad de vida y ambiental, solicitándole su colaboración respondiendo este cuestionario. **Gracias por su ayuda.**

Por favor marque con una **X** en el espacio que considere.

- Según estudios realizados de las condiciones higiénicas sanitarias de las playas y de la calidad de agua de la Bahía en la zona Playa Alegre - Punta Gorda - Malecón se evidencia contaminación fecal, por lo que los bañistas y consumidores de la pesca de litoral están expuestos a riesgos en su salud. ¿Cuántos pesos estaría usted dispuesto a pagar anualmente para evitar este riesgo y los daños que pudiera ocasionarle?

1 3 5 7 9 11 13 15

ANEXO No. 13.2: Determinación del tamaño de muestra.

Fundamentación Estadística

$$n = \frac{NPq}{\frac{(N-1)B^2}{z^2} + Pq}$$

donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

P = proporción muestral o su estimado

q = 1 - P

B = error permisible

z = valor de z para un nivel de significación dado.

Obviamente, esta fórmula requiere alguna decisión sobre qué proporción muestral utilizar. Si no hay una inclinación a priori entonces el valor de $P = 0.5$ es utilizado frecuentemente ya que garantiza el máximo de tamaño de muestra en la expresión anterior, tomándose para el calculo: $P = q = 0.50$, $B = 10\%$ y $z = 1.96$ con $\alpha = 0.05$.

Continuación del ANEXO No. 13.2: Determinación del tamaño de muestra.

The image shows a screenshot of a web browser window titled "SurveyGuy.Com: Sample Size Calculator - Microsoft Internet Explorer". The browser's address bar and menu bar are visible at the top. The main content area displays a "Sample size calculator provided by Creative Research Systems Survey Software". The calculator interface is centered on a light pink background and includes the following elements:

- Determine Sample Size**: The main heading of the calculator.
- Confidence Level:** Two radio buttons are present, with "95%" selected and "99%" unselected.
- Margin of Error (%):** A text input field containing the value "10".
- Population Size:** A text input field containing the value "142118".
- Buttons:** Two buttons labeled "Calculate" and "Clear" are positioned below the input fields.
- Sample size needed:** A text input field displaying the result "96".
- INSTRUCTIONS:** A block of text providing guidance on how to use the calculator, including instructions on selecting a confidence level, entering a margin of error, and handling population size.

The browser's taskbar at the bottom shows the system tray with a clock and the text "Mi PC".

ANEXO No. 13.3: Tabulación de frecuencia.

STATGRAPHICS Plus - Untitled StatFolio - [One-Variable Analysis - Col_1]

File Edit Plot Describe Compare Relate Special View Window Help

Frequency Tabulation for Col_1

Class	Lower Limit	Upper Limit	Midpoint	Frequency	Relative Frequency	Cumulative Frequency	Cum. Rel. Frequency
at or below		0.0		0	0.0000	0	0.0000
1	0.0	2.0	1.0	0	0.0000	0	0.0000
2	2.0	4.0	3.0	0	0.0000	0	0.0000
3	4.0	6.0	5.0	8	0.0833	8	0.0833
4	6.0	8.0	7.0	4	0.0417	12	0.1250
5	8.0	10.0	9.0	61	0.6354	73	0.7604
6	10.0	12.0	11.0	18	0.1875	91	0.9479
7	12.0	14.0	13.0	3	0.0313	94	0.9792
8	14.0	16.0	15.0	2	0.0208	96	1.0000
above	16.0			0	0.0000	96	1.0000

Mean = 9.20833 Standard deviation = 1.86895

The StatAdvisor

This option performs a frequency tabulation by dividing the range of Col_1 into equal width intervals and counting the number of data values in each interval. The frequencies show the number of data values in each interval, while the relative frequencies show the proportions in each interval. You can change the definition of the intervals by pressing the alternate mouse button and selecting Pane Options. You can see the results of the tabulation graphically by selecting Frequency Histogram from the list of Graphical Options.

Use the right mouse button to select options

NUM

ANEXO No. 14.1: Flujo de caja de la Alternativa A.

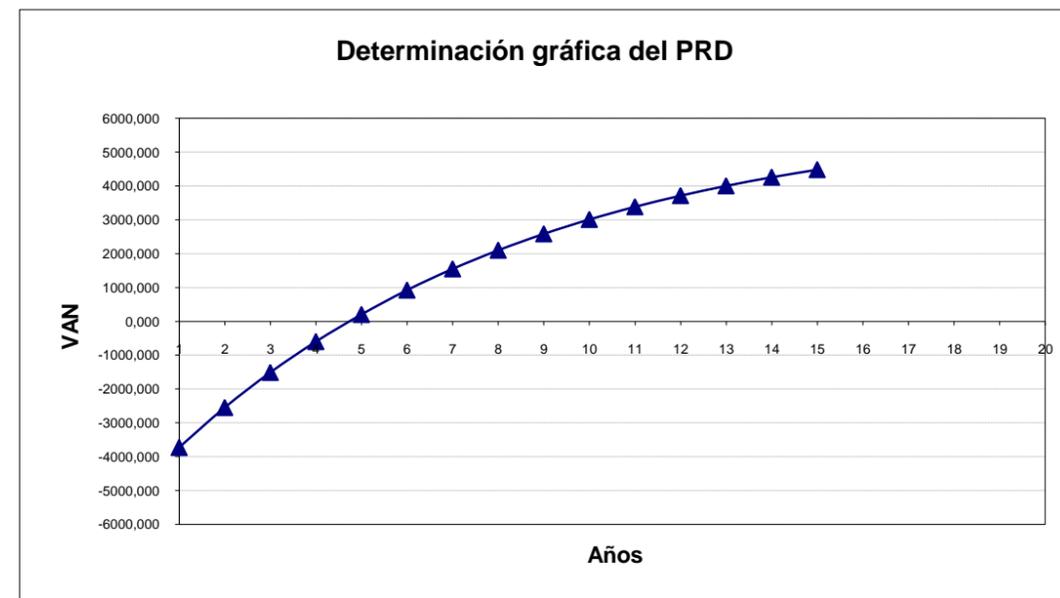
Título: Alternativa A: Alcantarillado y Lagunas en Series
 Localización: Empresa de Acueducto Alcantarillado
 Organismo: INRH
 Preparado por: Ayelin Portell González

Inversión: 5310,874
 Moneda: Total
 U.M: MP
 Año base: 2005

CONCEPTOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A- ENTRADA DE EFECTIVOS															
Ingresos		2243,706	1945,985	1965,283	1984,865	2004,735	2064,879	2067,342	2088,110	2109,189	2130,583	2152,298	2174,342	2196,719	2219,436
B- SALIDA DE EFECTIVOS															
Inversión total	5310,874	421,313	385,586	387,902	390,252	392,636	399,854	400,149	402,641	405,171	407,738	410,344	412,989	415,675	418,401
Costo de Operación		183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778
Impuesto sobre utilidades		237,535	201,808	204,124	206,474	208,858	216,076	216,371	218,863	221,393	223,960	226,566	229,211	231,897	234,623
C- SALDO ANUAL	-5310,874	1822,393	1560,399	1577,381	1594,613	1612,099	1665,025	1667,193	1685,469	1704,018	1722,844	1741,954	1761,353	1781,044	1801,035
D- SALDO ACTUALIZADO	-5310,874	1584,690	1179,886	1037,154	911,725	801,498	719,836	626,760	550,983	484,388	425,861	374,421	329,209	289,470	254,538
E- SALDO ACUMULADO ACTUALIZADO	-5310,874	-3726,184	-2546,298	-1509,145	-597,420	204,079	923,915	1550,674	2101,657	2586,045	3011,906	3386,327	3715,537	4005,006	4259,544

INDICADORES ECONOMICOS:

Tasa de actualización media, %	15	PRD	4,75	años	
		TIR	31,3%		
		VAN	\$4.564,0		
		RVAN	0,99		
Tasa de actualización, %	10	VAN	\$8.330,2	RVAN	1,73
	12	VAN	\$6.557,6	RVAN	1,38
	14	VAN	\$5.155,4	RVAN	1,11
	15	VAN	\$4.564,0	RVAN	0,99
	18	VAN	\$3.126,1	RVAN	0,69
	20	VAN	\$2.384,9	RVAN	0,54



15

2242,500
2242,500

421,168
0,000
183,778
237,390

1821,331

223,832
15
4483,376

ANEXO No. 14.2: Flujo de caja de la Alternativa B .

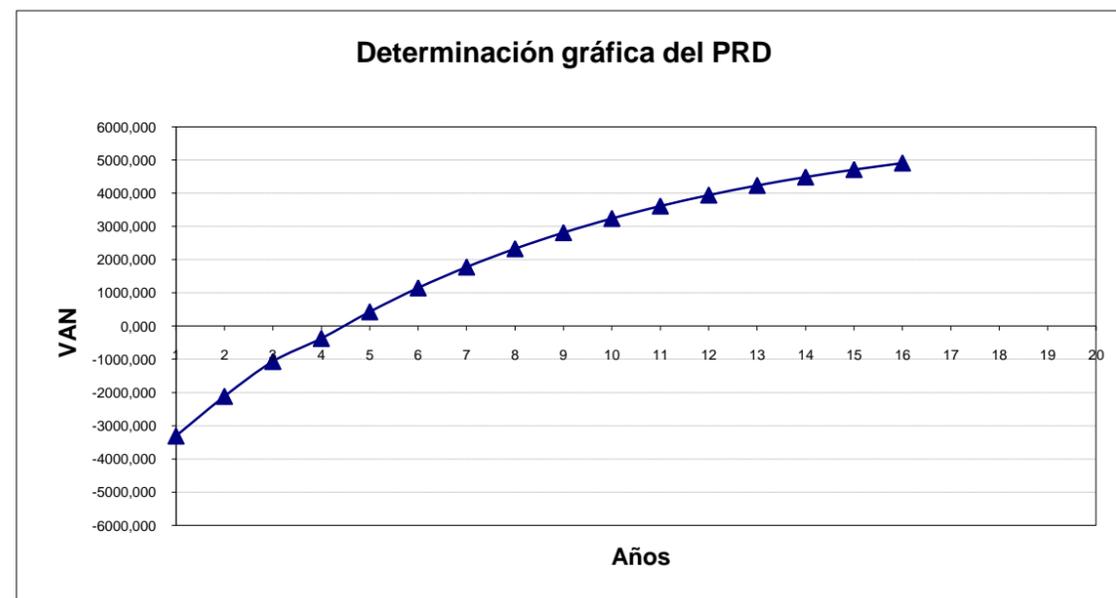
Titulo: Alternativa B: Alcantarillado y Lagunas en Paralelo
 Localizacion: Empresa de Acueducto Alcantarillado
 Organismo: INRH
 Preparado por: Ayelin Portell González

Inversión: **1 Etapa 4909,833** **2 Etapa 401,041**
 Moneda: **Total** **Total**
 U.M: **MP** **MP**
 Año base: **2005** **2009**

CONCEPTOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A- ENTRADA DE EFECTIVOS															
Ingresos		2243,706	1945,985	1965,283	1984,865	2004,735	2064,879	2067,342	2088,110	2109,189	2130,583	2152,298	2174,342	2196,719	2219,436
B- SALIDA DE EFECTIVOS															
Inversion total	4909,833	402,731	367,004	369,320	772,711	392,636	399,853	400,148	402,641	405,170	407,737	410,343	412,988	415,674	418,400
Costo de Operación	4909,833	0,000	0,000	0,000	401,041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Impuesto sobre utilidades		161,095	161,095	161,095	161,095	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778	183,778
C- SALDO ANUAL	-4909,833	1840,975	1578,981	1595,963	1212,154	1612,100	1665,026	1667,194	1685,470	1704,019	1722,845	1741,955	1761,353	1781,045	1801,036
D- SALDO ACTUALIZADO	-4909,833	1600,848	1193,937	1049,372	693,053	801,499	719,837	626,760	550,983	484,388	425,861	374,421	329,210	289,470	254,538
E- SALDO ACUMULADO ACTUALIZADO	-4909,833	-3308,985	-2115,048	-1065,676	-372,623	428,875	1148,712	1775,472	2326,455	2810,844	3236,705	3611,126	3940,336	4229,805	4484,343

INDICADORES ECONOMICOS:

Tasa de actualización media, %	15	PRD	4,46	años	
		TIR	33,3%		
		VAN	\$4.759,4		
		RVAN	1,06		
Tasa de actualización, %	10	VAN	\$8.499,3	RVAN	1,79
	12	VAN	\$6.738,5	RVAN	1,45
	14	VAN	\$5.346,4	RVAN	1,18
	15	VAN	\$4.759,4	RVAN	1,06
	18	VAN	\$3.333,0	RVAN	0,76
	20	VAN	\$2.598,0	RVAN	0,61



15

2242,500
2242,500

421,167
0,000
183,778
237,389

1821,332

223,832
15
4708,175



ANEXO No. 14.3: Flujo de caja de la Alternativa C.

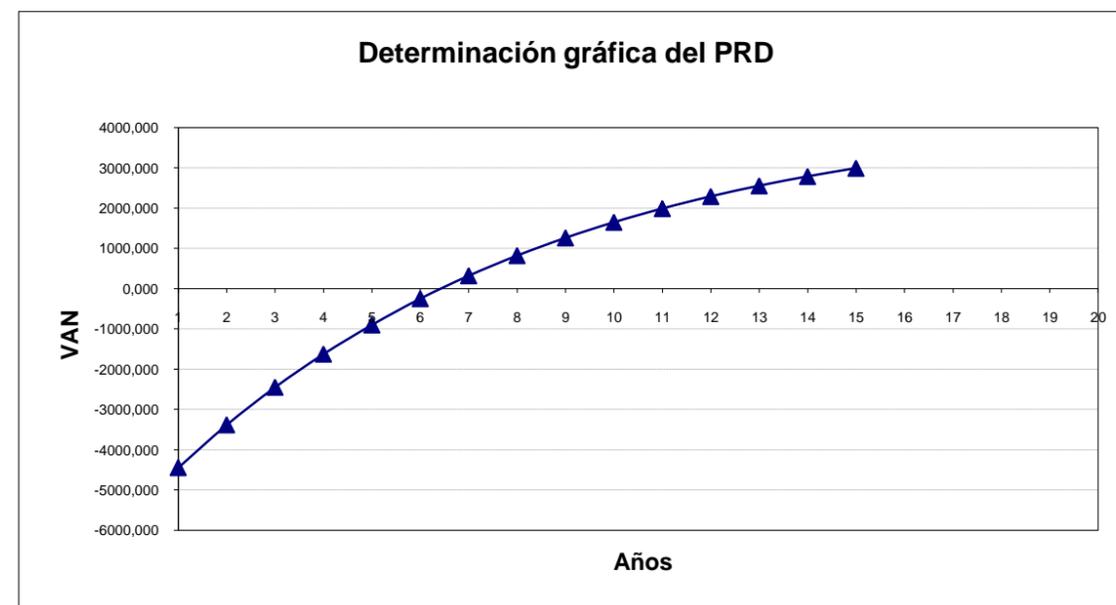
Título: Alternativa C: Alcantarillado y Planta de Tratamiento
Localización: Empresa de Acueducto Alcantarillado
Organismo: INRH
Preparado por: Ayelin Portell González

Inversión: 5896,421
Moneda: Total
U.M: MP
Año base: 2005

CONCEPTOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A- ENTRADA DE EFECTIVOS															
Ingresos		2243,706	1945,985	1965,283	1984,865	2004,735	2064,879	2067,342	2088,110	2109,189	2130,583	2152,298	2174,342	2196,719	2219,436
B- SALIDA DE EFECTIVOS															
Inversión total	5896,421	576,087	540,361	542,676	545,026	547,411	554,628	554,924	557,416	559,945	562,512	565,118	567,763	570,449	573,175
Costo de Operación		361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694	361,694
Impuesto sobre utilidades		214,393	178,667	180,982	183,332	185,717	192,934	193,230	195,722	198,251	200,818	203,424	206,069	208,755	211,481
C- SALDO ANUAL	-5896,421	1667,619	1405,625	1422,607	1439,839	1457,325	1510,251	1512,419	1530,695	1549,243	1568,070	1587,180	1606,578	1626,270	1646,261
D- SALDO ACTUALIZADO	-5896,421	1450,103	1062,854	935,387	823,232	724,548	652,923	568,574	500,387	440,392	387,603	341,154	300,281	264,314	232,664
E- SALDO ACUMULADO ACTUALIZADO	-5896,421	-4446,318	-3383,463	-2448,076	-1624,844	-900,296	-247,373	321,202	821,588	1261,980	1649,583	1990,737	2291,018	2555,332	2787,996

INDICADORES ECONOMICOS:

Tasa de actualización media, %	15	PRD	6,44	años	
		TIR	25,5%		
		VAN	\$3.212,4		
		RVAN	0,63		
Tasa de actualización, %	10	VAN	\$6.599,9	RVAN	1,23
	12	VAN	\$5.002,6	RVAN	0,95
	14	VAN	\$3.742,6	RVAN	0,72
	15	VAN	\$3.212,4	RVAN	0,63
	18	VAN	\$1.927,8	RVAN	0,39
	20	VAN	\$1.268,9	RVAN	0,26



15

2242,500
2242,500

575,942
0,000
361,694
214,248

1666,557

204,811
15
2992,807