



T  
628.3  
ORC  
D-377.19



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Instituto de Ciencias Humanísticas y Económicas**

**“PROYECTO DE INVERSIÓN PARA EL  
APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE  
LA ESPOL”**

Previo a la obtención del Título de:

**ECONOMISTA CON MENCIÓN EN GESTIÓN  
EMPRESARIAL, ESPECIALIZACIÓN FINANZAS.**

Presentado por:

**ROBERTO ORCÉS HILBRON**

**ALBERTO GARCIA GALLARDO**



**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**AÑO**

**2005**

***Dedicatoria***

*A las personas que me apoyaron*

*desde el inicio de este trabajo:*

*Christy y mis padres.*

***Alberto García Gallardo***

*A mis padres, Roberto y Sylvia,*

*por su apoyo en mi educación, y a*

*Carolina por estar a mi lado desde*

*el inicio de este proyecto.*

***Roberto Orcés Hilbron***

*Agradecimiento a todas aquellas personas  
que han contribuido en el desarrollo del presente  
proyecto, a nuestro director de tesis y a todas  
las personas que han contribuido en nuestra  
formación profesional y académica.*

## DECLARACION EXPRESA

El contenido de este proyecto es responsabilidad de sus autores y su propiedad intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



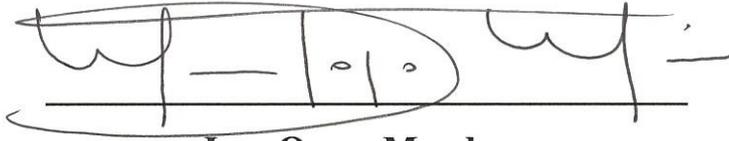
**Roberto Andrés Orcés Hilbron**



**Alberto Xavier García Gallardo**

---

**Miembros del Tribunal**



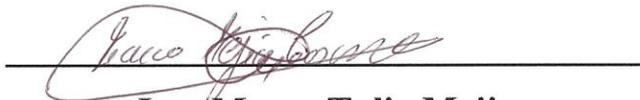
**Ing. Oscar Mendoza**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



**Ing. Constantino Tobalina**

**Director de Tesis**



**Ing. Marco Tulio Mejia**

**Vocal Principal**



**Ing. Ricardo Cassis**

**Vocal Principal**

## INDICE

<b>DEDICATORIA</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>iii</b>
<b>DECLARACION EXPRESA</b>	<b>iv</b>
<b>MIEMBROS DEL TRIBUNAL</b>	<b>v</b>
<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>8</b>
1.1. El tratamiento de aguas residuales	9
1.1.1. Breve reseña histórica	9
1.2. Reutilización de las aguas residuales	11
1.2.1. Breve reseña histórica	11
1.3. Objetivos del proyecto	14
1.3.1. Objetivo general	14
1.3.2. Objetivos específicos	14
1.4. Justificación del proyecto	15
<b>2. TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN</b>	<b>17</b>
2.1. Tamaño	17
2.1.1. Capacidad diseñada del proyecto	17
2.1.1.1. Diseño	17
2.1.1.2. Infraestructura	48
2.1.1.3. Mano de Obra	54
2.1.1.4. Equipos y Materiales	54
2.1.2. Capacidad utilizada	57
2.2. Localización	57
2.2.1. Descripción de la localización	57
<b>3. ESTADOS FINANCIEROS</b>	<b>59</b>
3.1. Inversiones	59
3.1.1. Inversión Fija	59
3.1.2. Financiamiento	60
3.1.3. Tabla de amortización y depreciación	61

3.2. Costos	63
3.2.1. Costos de construcción	63
3.2.2. Costos operativos	64
3.2.3. Costos Financieros	67
3.3. Estados Financieros	67
3.3.1. Estado de Perdidas y Ganancias Proyectado	67
3.3.2. Flujo de caja proyectado	70
<b>4. EVALUACIÓN FINANCIERA</b>	<b>74</b>
4.1. Tasa de descuento	74
4.2. Evaluación financiera del proyecto	75
4.2.1. TIR	75
4.2.2. VAN	76
4.3. Periodo de recuperación	76
4.4. Análisis de Sensibilidad	77
<b>5. EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO</b>	<b>80</b>
5.1. Análisis del Impacto Ambiental	80
5.1.1. Disposición de aguas residuales	80
5.1.2. Reutilización de aguas residuales	81
5.2. Regulaciones Ambientales	83
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>85</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>88</b>

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

2.1.1.1	POBLACION DE ESTUDIANTES DE LA ESPOL
3.1.3	DEPRECIACIONES POR AÑO
3.2.2	DETALLE DEL CONSUMO ELECTRICO
3.3.1 A.	CONSUMOS ACTUALES DE AGUA POTABLE
3.3.1 B.	NECESIDAD DE AGUA POTABLE
5.2	EXTRACTO DE LA LEGISLACION AMBIENTAL ECUATORIANA

# **PROYECTO DE INVERSIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA ESPOL**

## **I. INTRODUCCIÓN**

Toda comunidad genera residuos tanto sólidos como líquidos. La fracción líquida de los mismos –aguas residuales- es esencialmente el agua de la que se desprende la comunidad una vez que ha sido contaminada durante los diferentes usos para los que ha sido empleada. Desde el punto de vista de la fuente de generación, podemos definir el agua residual como la combinación de los residuos líquidos, o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencias como de instituciones públicas, establecimientos industriales y comerciales, a los que pueden agregarse, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales.

Si se permite la acumulación y estancamiento de agua residual, la descomposición de la materia orgánica que contiene puede conducir a la generación de grandes cantidades de gases malolientes. A este hecho cabe añadir la frecuente presencia en el agua residual bruta, de numerosos microorganismos patógenos y causantes de enfermedades que habitan en el aparato intestinal humano o que pueden estar presentes en ciertos residuos industriales. También suele contener nutrientes, que pueden estimular el crecimiento de plantas acuáticas, y pueden incluir también compuestos tóxicos. Es por todo ello que la evacuación inmediata y sin molestias del agua residual de sus fuentes de generación,

seguida de su tratamiento y eliminación, es no solo deseable sino también necesario en toda sociedad industrializada.

Los organismos responsables de la gestión del agua se han visto obligados a buscar nuevas fuentes de recursos hídricos como consecuencia del continuo crecimiento de la población, de la contaminación tanto de las aguas subterráneas como de las superficiales, de la desigual distribución de los recursos hídricos y de las sequías periódicas. El uso de aguas residuales tratadas con altos niveles de calidad que, actualmente, se vierten al medio ambiente tras su tratamiento en estaciones depuradoras municipales, esta recibiendo una atención creciente como fuente fiable de recursos hídricos. En muchos lugares del mundo, la reutilización del agua residual es un elemento importante en la planificación de los recursos.

## **1.1 EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

### **1.1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA**

Aunque la captación y drenaje de aguas pluviales datan de tiempos antiguos, la recolección de aguas residuales no aparece hasta principios del siglo XIX, mientras que el tratamiento sistemático de las aguas residuales data de finales del mismo siglo y principios del siglo XX. El desarrollo de la teoría del germen a cargo de Koch y Pasteur en la segunda mitad del siglo XIX marcó el inicio de una nueva era en el campo del saneamiento. Hasta ese momento se había profundizado poco en la relación entre

contaminación y enfermedades, y no se había aplicado al tratamiento de aguas residuales la bacteriología, disciplina entonces en sus inicios.

En Estados Unidos, el tratamiento y eliminación de las aguas residuales no recibió demasiada atención a finales del siglo XIX porque los daños causados por el vertido de aguas no tratadas en las relativamente grandes masas de aguas receptoras (comparadas con las europeas) no eran graves, y porque se disponía de grandes extensiones de terreno para su evacuación. Sin embargo, a principios del siglo XX, los daños causados y las condiciones sanitarias impulsaron una creciente demanda de mayor eficiencia en el tratamiento y gestión de las aguas residuales.

Las aguas residuales de la mayoría de las comunidades se vertían directamente a ríos mediante alcantarillado unitario. La acumulación de lodos, el desarrollo de olores y condiciones desagradables surgieron como consecuencia de esta práctica. Para solventar estos problemas se introdujo la evacuación separada de las aguas residuales y las aguas pluviales y el tratamiento de las aguas residuales. El problema de la evacuación de lodos surge como consecuencia de los grandes volúmenes de lodo que se empezaron a generar con la aparición de métodos de tratamiento de las aguas residuales más modernos.

## **1.2 REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES**

### **1.2.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA**

Los primeros pasos en el campo de la reutilización de las aguas residuales están identificados con la práctica histórica de la evacuación y aplicación del agua residual al terreno. Con la llegada de las redes de alcantarillado en el siglo XIX, las aguas residuales domésticas fueron vertidas al terreno constituyendo las denominadas “sewage farms” (pantanos artificiales) de las que en 1900 ya existían numerosas tanto en Europa como en Estados Unidos. A pesar de que en principio se utilizaban principalmente para la evacuación de los vertidos, en ocasiones, se utilizaba el agua para la producción de cultivos y otros usos beneficiosos.

Más recientemente, como consecuencia de la necesidad de hacer frente a una mayor demanda, se han desarrollado varios proyectos de recuperación y reutilización de aguas residuales. En 1926, en el Parque Nacional del Gran Cañón de Arizona, se utilizó por primera vez el agua residual en un sistema de abastecimiento doble en lavabos, sistemas de aspersión de espacios verdes y como agua de refrigeración y de calefacción. En 1929 la ciudad de Pomona, California, puso en marcha un proyecto en el que se utilizaba el agua residual recuperada para el riego de jardines y espacios verdes. En 1912 en el Parque “Golden Gate” de San Francisco, el agua residual (primero sin tratar y, mas tarde, tras su tratamiento en fosas sépticas) ya se utilizaba para el riego de espacios verdes y para la creación de lagos ornamentales. En 1932 se construyó una planta de tratamiento convencional en las proximidades del parque, y la reutilización del efluente continuó hasta 1985.

En 1942, la Compañía de Aceros Bethlehem, que actualmente utiliza más de 400,000 m<sup>3</sup>/d de efluente secundario para el enfriamiento de metales primarios y para el procesado de aceros, empezó a utilizar el efluente clorado de la planta de Baltimore, Maryland. La falta de fuentes de suministro alternativas es la razón que induce a la mayoría de las industrias a implantar planes de reutilización de aguas. En 1960, en Colorado Springs, Colorado, se implantó un sistema de abastecimiento doble que, en la actualidad, suministra agua para el riego de campos de golf, parques, cementerios y espacios verdes. En San Petesburgo, Florida, como componente esencial del programa de la reducción de la contaminación del agua de la ciudad, se desarrolló un plan urbano de reutilización de aguas residuales en 1977. Actualmente, el agua residual recuperada se distribuye para el riego de parques públicos, campos de golf, espacios verdes de colegios y zonas residenciales y torres de refrigeración mediante una red doble de 350 km de longitud. En 1962 en Los Angeles, California, se abordó el primer proyecto de gran alcance de acuíferos con agua residual. Después de la evaluación detallada de los datos sobre los efectos sobre la salud pública correspondiente a un periodo de veinte años, los investigadores llegaron a la conclusión de que las operaciones de recarga no producían ningún impacto negativo apreciable sobre el agua subterránea de la zona ni sobre la población que la consumía.

Según el único estudio a nivel nacional disponible en los Estados Unidos sobre los proyectos de recuperación de efluentes, en 1975 existían 536 proyectos de reutilización de agua. La cantidad total de agua residual reutilizada se estima en 2. 7 millones m<sup>3</sup>/d. La mayoría de las instalaciones de reutilización de efluentes se hayan en las regiones áridas

y semiáridas de los Estados del Oeste y del Suroeste, entre los que se incluye Arizona, California, Colorado y Texas. Sin embargo, en Florida, Carolina del Sur y otras regiones húmedas, cada vez se están implantando más planes de reutilización de aguas residuales, tanto como fuente de suministro como para la reducción de la contaminación del agua. La reutilización de agua no potable para el riego de cultivo, parques, campos de golf, se ha convertido en una práctica habitual en los planes de reutilización de aguas residuales municipales debido a razones de seguridad y salud pública. Sin embargo, en los casos en los que no existe posibilidad de aumentar los recursos, algunas comunidades están desarrollando planes de reutilización de aguas residuales para abastecimiento. La cantidad de agua residual que interviene en estos planes de reutilización de agua potable es pequeña, pero los elementos tecnológicos y de salud pública asociados son de gran importancia.

En los últimos años, varios países han reconocido los beneficios y ventajas de los sistemas de reutilización; por ejemplo, en el California State Water Code (norma estatal del agua) en los Estados Unidos, se especifica claramente que “la intención de la legislatura es que el estado adopte todas las medidas necesarias para promover el desarrollo de instalaciones de reutilización de agua de modo que se pueda disponer de aguas recuperadas para facilitar la satisfacción de la demanda de agua del Estado”. Hoy en día, existen procesos de tratamiento del agua residual contrastados que permiten conseguir agua de cualquier calidad. Por lo tanto, la reutilización del agua residual debe ocupar un lugar y desempeñar un papel importante en la planificación del aprovechamiento óptimo de los recursos de agua.

## **1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Realizar un análisis financiero, económico y ambiental para el diseño y desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas residuales para reutilizarlas en el Campus Gustavo Galindo de la ESPOL

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales de última generación que este acorde a las normas internacionales de descarga de efluentes al ambiente, tomando en cuenta la necesidad específica de reutilizar las aguas. Este punto es indispensable para el desarrollo de este proyecto.
- Elaborar un detalle de los diferentes costos e inversiones en los que se incurrirá para plasmar el diseño previamente obtenido.
- Realizar un Análisis Económico y Financiero para demostrar la rentabilidad de la inversión haciendo proyecciones a corto, mediano y largo plazo utilizando diversas herramientas económico-financieras que nos permitirán tener varios puntos de vista.
- Evaluación del impacto ambiental del proyecto. Una característica importante de este proyecto de inversión es su relación directa con el ambiente, por lo que es necesario analizar los impactos positivos y negativos que en el desarrollo y la

operación del proyecto repercutirán sobre el ecosistema del Campus y sus alrededores.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El Campus Gustavo Galindo de la ESPOL actualmente registra un elevado gasto por concepto de consumo de agua, el mismo que seguirá aumentando conforme se construyan nuevas edificaciones y se expanda la Universidad.

Las grandes extensiones de áreas verdes existentes en el Campus han obligado a sus directivos a tomar como medida de ahorro irrigar dichas áreas con agua proveniente del lago central de la ESPOL.

El constante crecimiento de las áreas verdes y los decaimientos en las precipitaciones en los últimos inviernos han ocasionado un déficit creciente de agua para irrigación durante los meses de verano, es decir la mayor parte del año.

A su vez este Campus genera una cierta cantidad de agua residual, la misma que se descarga al ambiente produciendo un impacto ambiental negativo, cuando existe en el mercado varios métodos para su tratamiento y aprovechamiento.

Principalmente por estos motivos, el costo del agua potable y el déficit del agua del lago, se observa la necesidad de invertir en un proyecto para el tratamiento de las aguas residuales del campus Gustavo Galindo de la ESPOL para conseguir su reutilización.

El proyecto se justifica claramente en dos aspectos:

#### Aspecto Económico

Según información obtenida a través del departamento financiero de la ESPOL, esta institución tiene un gasto mensual aproximado de US\$ 20.000 en Agua Potable. En el corto plazo este rubro aumentaría debido al crecimiento de las áreas verdes, a la creación de nuevos edificios y a la disminución de las fuentes actuales de agua. La creación de la planta de tratamiento daría origen a una nueva fuente de agua, la misma que por sus características puede generar agua idónea para irrigación y lavabos durante todo el año, independientemente de factores externos como las lluvias.

Al considerar al lago como la principal fuente de agua para la irrigación de las áreas verdes del Campus, este se enfrenta a un severo problema, el agua en el lago no es ilimitada, por el contrario, a través de los años su nivel ha ido decreciendo hasta llegar a puntos tan críticos como la imposibilidad de extraer su agua, lo que ocasionaría un sustancial incremento del costo mensual si se optara por utilizar agua potable para suplirla. La única alternativa que quedaría para no aumentar los costos de agua potable sería no irrigar, pero los costos relacionados a la sequía de las áreas verdes tanto en imagen de la Universidad y en reforestación, serían muy superiores al costo del agua potable.

#### Aspecto Ambiental.

El agua tratada (efluente) que se descarga al ambiente, baja de tal forma en su carga contaminante que no ocasionaría ningún impacto hacia la naturaleza, cosa que no ocurre en la actualidad. El efluente estaría con cargas contaminantes por debajo de las normas establecidas por la EPA (Environment Protection Agency) en Estados Unidos.

Actualmente el agua para irrigación se la extrae del lago ubicado en el centro del campus. Es por este motivo, por la falta de lluvias en los últimos años y por la evaporación, que el nivel del lago ha bajado sustancialmente (3 m + aprox). Encontrar una fuente alternativa y efectiva de generación de agua, constituye un valioso aporte para la correcta conservación y desarrollo del ecosistema del campus.

## II. TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

### 2.1 TAMAÑO

#### 2.1.1 CAPACIDAD DISEÑADA DEL PROYECTO

##### 2.1.1.1 DISEÑO

Para cumplir con los objetivos del proyecto es necesario diseñar la Planta de Tratamiento tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Efluente reutilizable.
- Amigable con el Medio Ambiente.
- Inversión se justifique con la reutilización.
- Que sus costos de operación y mantenimiento sean relativamente bajos para proyectos de este tipo.
- Que pueda ser expandida en caso de necesitarse.

Para efectos del diseño que se propondrá en este documento, se han considerado los datos proporcionados por el CRECE (Centro de Registros y Estadísticas de la ESPOL) ver anexo 2.1.1.1, por el Vicerrectorado Financiero y por el Departamento de Mantenimiento de la ESPOL, así como las caracterizaciones típicas de aguas residuales domésticas. Se tratarán en esta Planta las aguas residuales domésticas del Campus “Gustavo Galindo” de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) ubicado en la Prosperina, cuyos parámetros actuales son los siguientes:

Flujo diario:	500 m <sup>3</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno al 5to día (DBO <sub>5</sub> ):	250 mg/lt

Sólidos Suspendidos totales (TSS):	250 mg/lt
Grasas y aceites (FOG):	20 mg/lt

Debido al posible crecimiento en la población (alumnos, profesores y personal) del Campus y márgenes estándar de seguridad para la calidad del tratamiento, se ha diseñado la Planta con un margen (20%) de capacidad adicional a la necesaria actualmente.

### **POBLACIÓN A SERVIR**

#### Criterio de producción de agua residual.

Las empresas de dotación de agua potable de Guayaquil y Samborondón (INTERAGUA y AMAGUA) consideran que una persona consume en su domicilio un promedio de 250 lts (66 gal) de agua potable por día. De este consumo se estima que aproximadamente el 80% se convierte en agua residual.

Como este proyecto considera el consumo de agua potable de alumnos universitarios y personal de oficina, se toma como base para los cálculos los parámetros proporcionados por el autor SHUNDAR LIN en su manual de cálculos para el tratamiento de las aguas y las aguas residuales.

Se consideró lo siguiente:

<i>ESTUDIANTES</i>	<i>PERSONAL ADMINISTRATIVO</i>	<i>PERSONAL DOCENTE</i>
<i>25 GPD</i>	<i>50 GPD</i>	<i>7 GPD</i>
25 GPD x Estudiante	50 GDP x Empleados.	7 GPD x Docente
25 x 7500 = 187,000	50 x 500 = 25,000 GPD	7 x 1600 = 11,200 GPD

Consumo total de agua potable en Campus “Gustavo Galindo” = 223,200 GPD

Producción total de agua residual en Campus “Gustavo Galindo” = 178,560 GPD

Bajo el criterio Estadounidense el agua residual a tratar sería de 675 m<sup>3</sup> pero como el Campus se encuentra actualmente operativo sabemos que se utilizan 500 m<sup>3</sup> (fuente Vicerrectorado Financiero). Se diseñará la Planta para 675 m<sup>3</sup> considerando posibles incrementos del flujo en el futuro.

## **DISEÑO PROPUESTO<sup>1</sup>**

Debido a las restricciones que existen a nivel municipal para descargas de efluentes al sistema de aguas lluvia o directamente al medio ambiente, se vuelve imperativo desarrollar un sistema de tratamiento de aguas residuales. La base para desarrollar este plan es la sección 604 (D) de la ley pública 92-500 de USA /EPA, donde se determinan los estándares de medida así como las concentraciones medias para el DBO<sub>5</sub>, el TSS y el pH, que pueden ser evacuados al medio ambiente.

Existen para este tipo de tratamiento dos sistemas comúnmente utilizados: El aeróbico y el anaeróbico. Debido a la densidad poblacional, a las regulaciones y ordenanzas municipales que se encuentran planificadas a corto y mediano plazo, se desechan los sistemas anaeróbicos debido a su deficiencia en la remoción de DBO<sub>5</sub>, y al hecho de que la materia orgánica se transforma en metano y gas sulfhídrico. El primero peligroso en caso de que se concentrase dentro de una recámara y el 2do no menos peligroso y extremadamente ofensivo para los alrededores de estos sistemas.

---

<sup>1</sup> El diseño de esta Planta de Tratamiento de Agua Residuales ha sido realizado utilizando los formatos de dimensionamiento y calculo de la compañía CODEMET y de sus Sistemas SOTAS®. CODEMET ha autorizado a Alberto García, Roberto Orces y/o la ESPOL para poderlo implementar en caso de que lo consideren beneficioso de acuerdo a lo especificado en este proyecto.

El sistema para tratar las aguas residuales que se propone es un sistema de tipo aeróbico con clarificación física y reinsertión o realimentación de lodos a una Laguna de Aireación, es decir un sistema de lodos activados, al cuál se lo va a dotar de un reactor biológico adicional (digestor de lodos). Estos sistemas reemplazaron desde 1.970 los sistemas de aireación extendida y posteriormente desde 1.980 los de lodos activados simples, desarrollados por Aerdern Hlockett/ Inglaterra.

Este sistema de tratamiento se fundamenta en el suministro de aireación controlada para promover el desarrollo de los microorganismos aeróbicos presentes de manera natural en las aguas residuales a tratar, con la finalidad de que realicen de manera intensiva y eficiente la tarea de reducción de materia orgánica.

No se requiere de la adición de ningún tipo de bacteria, ya que este sistema utiliza las existentes en el medio que son las ideales para la reducción orgánica. Para cumplir con este propósito en la Laguna de Aireación se produce una mezcla y suministro apropiado de oxígeno con lo que se desarrollan las bacterias requeridas para el proceso.

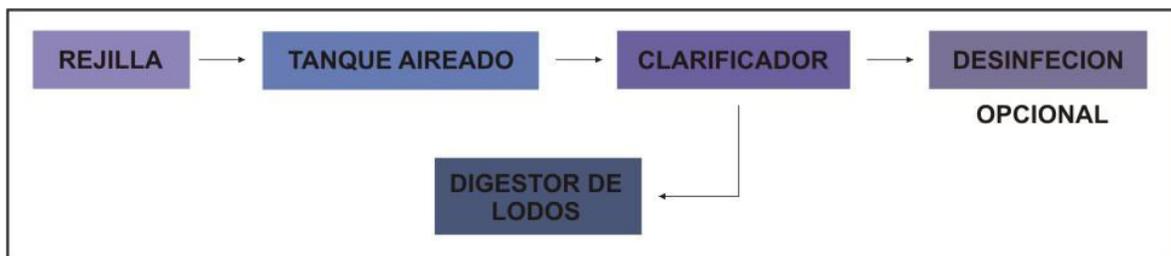
El sistema biológico incorpora además un clarificador para la separación de los sólidos y a la vez para la realimentación de los lodos activados a la Laguna de Aireación con la finalidad de intensificar la reducción de la materia orgánica en este reactor biológico.

Se incluye adicionalmente un digestor aeróbico para la reducción de los excesos de lodos generados por el sistema, lo cual evita las molestias y los gastos ocasionados para el retiro frecuente de los lodos.

Uno de los beneficios de este sistema es que digiere de manera intensa la materia orgánica que ingresa, pudiendo reducirla en un 95%. De cada 100 kg de materia orgánica serán purgados al final del ciclo biológico de reducción entre 5 y 8 kg de materia 100% estabilizada y mineralizada.

Finalmente, previa a la descarga, las aguas tratadas son pasadas por una cámara de desinfección para el tratamiento terciario correspondiente en caso de requerirlo.

### DIAGRAMA DE FLUJO Y FOTOS DE LAS PARTES



**Rejilla:** para atrapar sólidos gruesos que no deben ir al sistema de tratamiento.

**Laguna de Aireación:** reactor biológico principal donde ocurre el tratamiento

**Clarificador:** unidad donde se separan las aguas tratadas de la biomasa.

**Digestor:** confinamiento y reducción final de lodos.

**Desinfección:** tratamiento final para eliminar patógenos de las aguas.



**Rejilla:** para atrapar sólidos gruesos que no deben ir al sistema de tratamiento.



**Laguna de Aireación:** reactor biológico principal donde ocurre el tratamiento



**Clarificador:** unidad donde se separan las aguas tratadas de la biomasa.



**Digestor:** confinamiento y reducción final de lodos.

## LAGUNA DE AIREACIÓN

Las aguas residuales del Campus llegarán directamente a la Laguna de Aireación para iniciar el proceso aeróbico y la reducción de la materia orgánica mediante dos equipos de aireación superficial AIRE O2 de 7.5HP.

Para el diseño de esta laguna se han aplicado los criterios comúnmente utilizados en Estados Unidos para plantas de este tipo, principalmente el de mantener mínimo un día período de retención, simplificándose el tratamiento en la medida en que se puede incrementar este criterio.

Otro criterio considerado para determinar la demanda bioquímica de oxígeno, la relación alimento/microorganismos y el tiempo medio de retención celular es el siguiente:

(carga proyectada ppm) (Galones por día) (8.34 lb./Gal)

Lb. Diaria / DBO =- -----

1'000.000 lbs. de agua

250 x 170.000 x 8,34

Lb. Diaria /DBO = -----

1'000.000

$$\begin{aligned} & 354'450.000 \\ \text{Lb. Diaria /DBO} &= \frac{\text{-----}}{1'000.000} \\ \\ \text{Lb. Diaria / DBO} &= 354,45 \end{aligned}$$

Cálculo del volumen de la laguna  $V=QSo/X(F/M)$

V= Volumen del tanque

Q= Caudal de agua residual

So= Concentración de sustrato (DBO) del afluente

F/M= Relación alimento microorganismos

X= Promedio de los sólidos suspendidos totales en licor mezclado

D= día

Q= 170.000 galones (640 m<sup>3</sup>)

So= 250 mg/l

F/M= Se recomienda que debe de estar entre 0.04 – 0.08 (1/d) se escoge 0.075 1/d

X= Se recomienda que debe estar entre 2000 – 8000 (mg/l) se escoge 3500mg/l

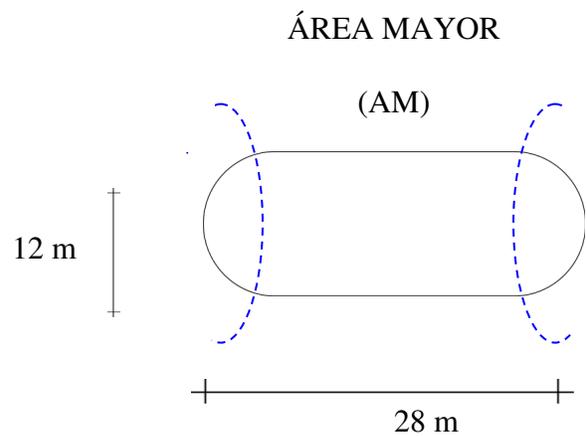
Realizados los cálculos, el volumen requerido para el tanque es:  $V= 612 \text{ m}^3$

Medidas de la Laguna de Aireación:

**Largo:** 28.00 mt

<b>Ancho:</b>	12.00 mt.
<b>Profundidad:</b>	3.50 mt.
<b>Talud:</b>	1/1
<b>Volumen aproximado:</b>	<b>623.60 mt<sup>3</sup></b>

**Cálculos de volumen:**



$$AM = (AM_{\text{curved}} + AM_{\text{rect}})$$

$$AM = (3.1416 \times 36) + (16 \times 12)$$

$$AM = 113.10 \text{ m}^2 + 192 \text{ m}^2$$

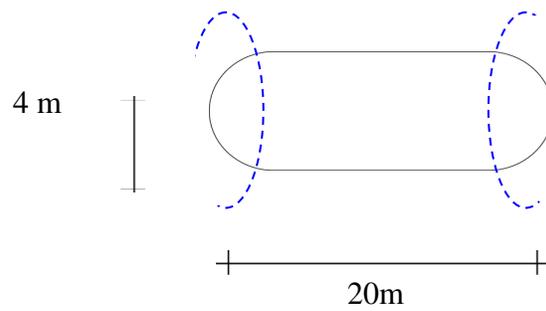
$$AM = 305.10$$

$$AM_{\text{curved}} = (\pi \times r^2)$$

$$AM_{\text{rect}} = (L \times A)$$

### ÁREA MENOR

(Am)



$$A_m = (A_m \text{ (circles)} + A_m \text{ (rectangle)})$$

$$A_m = (3.1416 \times 4) + (16 \times 4)$$

$$A_m = 12.57 \text{ m}^2 + 64 \text{ m}^2$$

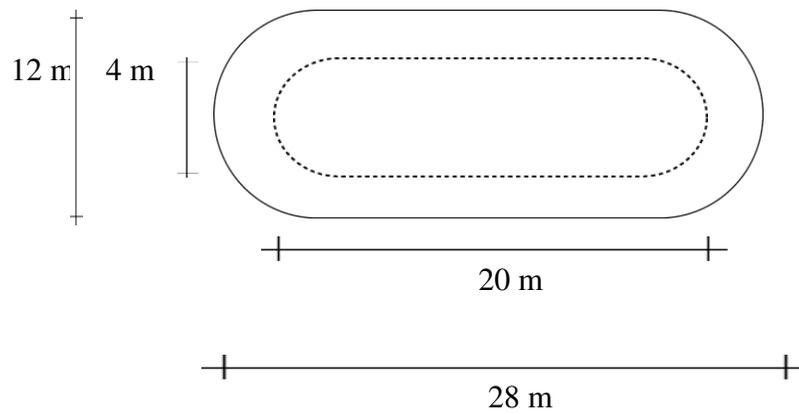
$$A_m = 76.57 \text{ m}^2$$

$$A_m \text{ (circles)} = (\pi \times r^2)$$

$$A_m \text{ (rectangle)} = (L \times A)$$

## VOLUMEN OVALO CON PENDIENTE

(Vop)



$$V_{op} = \left\{ (A_M + A_m) + \left[ \sqrt[2]{(A_M)(A_m)} \right] \right\} \frac{1}{3} h$$

$$V_{op} = \left\{ (305.10 + 76.57) + \left[ \sqrt{(152.84)} \right] \right\} \frac{1}{3} (3.50)$$

$$V_{op} = (305.10 + 152.84) (1.16666)$$

$$\mathbf{V_{op} = 623.60 \text{ m}^3}$$

## Cálculos

Sistema de Aireación

Laguna Aireada

### Sección 1: Parámetros de Proceso

Fluido Diario	0.17 MGD	640 m <sup>3</sup> /día
Influente DBO5	250 mg/l	72.72 kg/día
Efluente DBO5	15/30 mg/l	
Influente Temperatura (min)	68.0 F°	20 C°
Influente Temperatura (max)	82.4 F°	28 C°
Elevación	0 ft MSL*	0 m MSL*

### Sección 2: Diseño de la Laguna

Ovalada

Largo 28.00 m

Ancho 12.00 m

Profundo 3.50 m

Total Volumen 0.15 MG 623 m<sup>3</sup>

HRT 0.97 días (periodo de retención)

### Sección 3: Diseño de Sistema de Aireación

Lb O2/lb DBO:	1.5 kg O2/DBO	
Total del Sistema	240 lb O2/día	110 kg O2/día
SOR*	10 lb/hr/laguna	
Tipo de Aireador	AIRE O2	
Diseño Sae	2.0 lb O2/HP-hr	
HP Requerido para Airear	5 HP	3.73 kW
Aireador por Laguna	2 AIRE O2 7.5HP	
HP/Aireador	7.5 HP	5.59 kW/hora
Horas de funcionamiento	12 diarias	

\*System oxygen requirement, Oxígeno requerido del sistema

### Sección 4: Diseño del Sistema de Mezclado

Requerimiento de Mezclado	60 HP/MG	
Poder Requerido	9 HP/laguna	6.71 kW
Aireador por Laguna	2	
AIRE O2	7.5 HP	5.59kW

## DIGESTOR DE LODOS

Los lodos tratados excedentes del sistema serán enviados a un digestor biológico de lodos, cuyo diseño incluye 2 aireadores AIREO2 de 5 HP para cumplir con las necesidades de aireación y mezclado que se requieren en esta etapa del tratamiento.

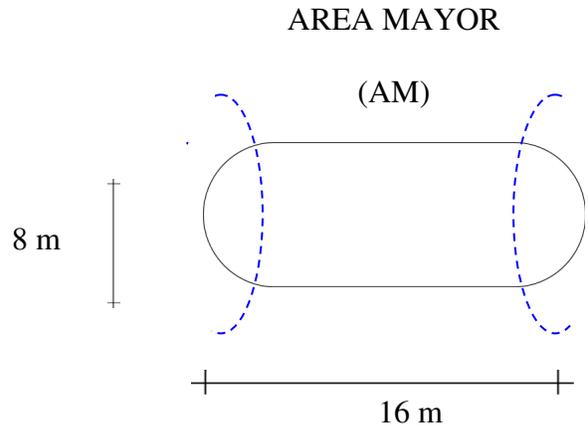
Esta laguna permite confinar los lodos semi-estabilizados provenientes de la Laguna de Aireación para que continúen los procesos de biodigestión hasta convertirse en lodos estabilizados (minerales y residuos inorgánicos). Este digestor de lodos permite reducir sustancialmente los lodos que ingresan al sistema pudiendo espaciar las remociones o purgas hasta períodos tan largos como una vez cada 18 meses.

Su diseño guarda una relación directa al volumen y la carga proyectada, en él se recetarán los lodos semi - estabilizados pero con posibilidades de mayor reducción.

Medidas del digestor de lodos:

<b>Largo:</b>	16 mts.
<b>Ancho:</b>	8 mts
<b>Profundidad:</b>	2 mts.
<b>Volumen aproximado:</b>	136.60 mt <sup>3</sup>

**Cálculos de volumen:**



$$AM = (AM_{\text{circulo}} + AM_{\text{rectangulo}})$$

$$AM = (3.1416 \times 16) + (8 \times 8)$$

$$AM = 50.27 \text{ m}^2 + 64 \text{ m}^2$$

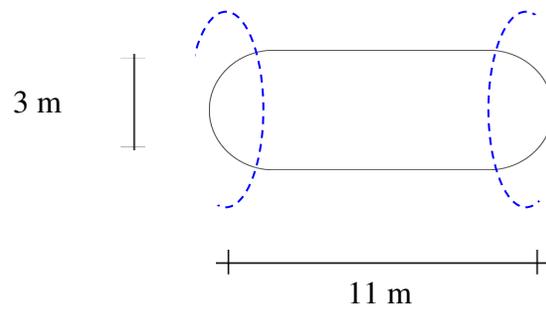
$$AM = 114.27 \text{ m}^2$$

$$AM_{\text{circulo}} = (\pi \times r^2)$$

$$AM_{\text{rectangulo}} = (L \times A)$$

## AREA MENOR

(Am)



$$Am = (Am_{\text{circle}} + Am_{\text{rectangle}})$$

$$Am = (3.1416 \times 2.25) + (8 \times 3)$$

$$Am = 7.07 \text{ m}^2 + 24 \text{ m}^2$$

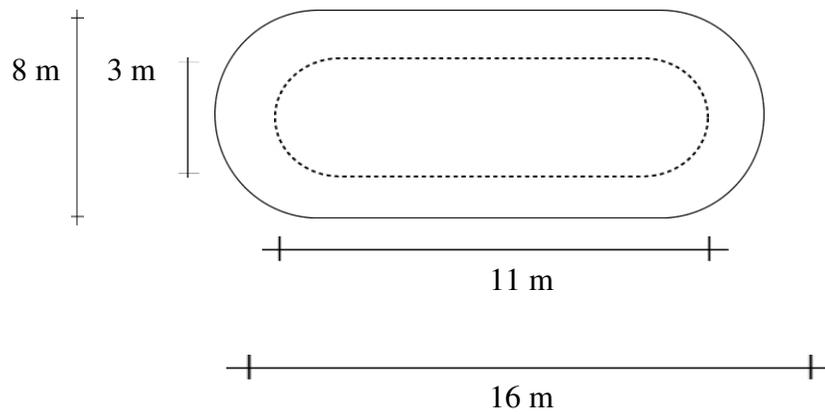
$$Am = 31.07 \text{ m}^2$$

$$Am_{\text{circle}} = (\pi \times r^2)$$

$$Am_{\text{rectangle}} = (L \times A)$$

## VOLÚMEN OVALO CON PENDIENTE

(V<sub>op</sub>)



$$V_{op} = \{(AM + Am) + [\sqrt[2]{(AM)(Am)}]\} 1/3 h$$

$$V_{op} = \{(114.27 + 31.07) + [(59.58)]\} 1/3 (2)$$

$$V_{op} = (145.34 + 59.58) (0.67)$$

$$V_{op} = 136.61 \text{ m}^3$$

### Tratamiento Biológico de Lodos Activados

Predicción Estimada de Lodos

## Sección 1: Parámetros de Proceso

---

Flujo Diario	0.17 MGD	640 m <sup>3</sup> /día
Influente DBO5	250 mg/l	72.72 kg/día
Efluente DBO5	15/30 mg/l	
Influente TSS	250 ml/l	72.72 kg/día
Efluente TSS	15/30 mg/l	
Influente Temperatura (min)	68.0 F°	20 C°
Influente Temperatura (max)	82.4 F°	28 C°
Elevación	0 ft MSL	0 m MSL

## Sección 2: Diseño Biológico

---

Diseño de retención	27.7 días
Diseño sólidos suspendidos en licor mezclado (MLSS)	3000 mg/l
HRT requerido	24.0 Horas
Yield Factor, Y	0.65 g.VSS/g DBO removido
DBO Loading Rate	10.4 lb TSS/día
F:M RATIO	0.008 mg/l BOD por mg/l MLSS - día

Producción Total de Sólidos 160 lb TSS/día

Volumen requerido            0.17 MG            640 m<sup>3</sup>

### Sección 3: Cálculo del Digestor

---

Producción de Lodos            160 lb/día            72.72 kg/día

Concentración de Lodos    0.85´

Producción Diaria de Lodos 1,630 gal/día            6.16 m<sup>3</sup>/día

SRT en Digestos            25 días

Volumen del Digestor        0.036 MGD            137 m<sup>3</sup>

### Sección 4: Sistema de aireación en el digestor

---

Porcentaje de Sólidos Volátiles            80

Invierno VSS Reducción            44

Verano VSS Reducción            40

Oxígeno Requerido            1.43 lb O<sub>2</sub>/lb VSS destroyed.

SOR=            170 lb O<sub>2</sub>/día            77 kg O<sub>2</sub>/día

SOR=            7 lb O<sub>2</sub>/hr

Tipo de Aireador            2 Aire O<sub>2</sub> 5 HP

Desempeño SAE de la Unidad 2.0 lb O<sub>2</sub>/Hp-hr

HP Requerido para Airear    10 Bhp            7.46 kW

Aireador por Laguna            2

Horas de funcionamiento    12 horas

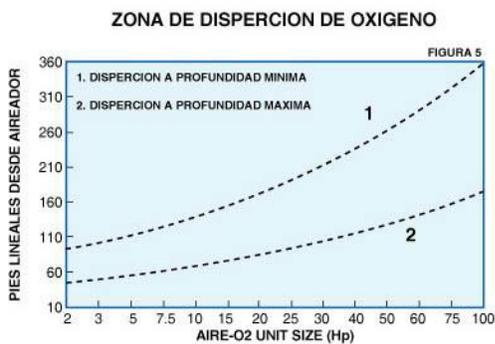
## **Equipos de Aireación**

Principio de operación.- El aireador AIRE 02, es un aireador / mezclador de aspiración con hélice. El aire atmosférico es descargado debajo de la superficie del agua y mezclado por medio de una hélice giratoria. El eje motriz de la hélice es hueco y se extiende desde el eje del motor a través de un cojinete inferior donde están unidos la hélice y el difusor. Este eje motriz tiene aberturas por encima de la superficie del agua para permitir la entrada del aire atmosférico en el tubo hueco.

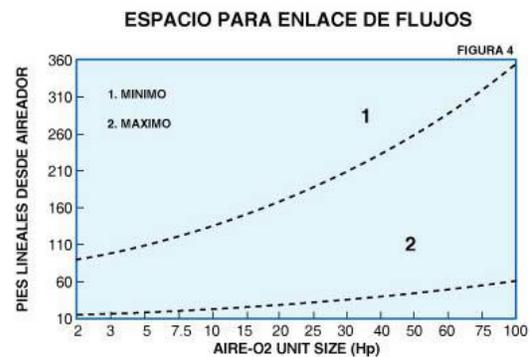
La hélice giratoria hace que el flujo circule por la abertura anular del difusor creando una caída de presión que aspira los gases atmosféricos por debajo de la superficie del agua. El aire, incluyendo el oxígeno, se difunde formando burbujas finas producidas por el flujo horizontal creado por la hélice. El tamaño medio de las burbujas producidas es de 2,0 milímetros, que es aproximadamente el tamaño óptimo de 2,2 milímetros establecido por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA) de EE.UU. para difusores de poros finos. El oxígeno es absorbido por el agua y la biomasa durante el tiempo que hace contacto con las burbujas finas. Estas burbujas se dispersan por una gran zona de influencia proporcionando un amplio tiempo de contacto con el agua. Las zonas de influencia del aireador AIRE 02 para la mezcla y la dispersión del oxígeno varían con el tamaño de la unidad. Se pueden instalar unidades aireadoras múltiples AIRE 02 para mezclar y dispersar completamente el oxígeno por todo un estanque.

Angulo de inclinación.- El ángulo formado por el aireador y la superficie del agua puede variar entre 30 y 90 grados durante la operación. El AIRE O2 también puede inclinarse y sacarse fuera del agua para su mantenimiento. Normalmente el AIRE O2 está a 45 grados. En algunas aplicaciones tal vez sea necesario hacer ajustes para obtener un mejor rendimiento.

Enlace de flujos.- Enlazando la zona de influencia de un aireador AIRE O2, con otra para aumentar al máximo la mezcla y dispersión de oxígeno en un estanque, laguna o canal, constituye la base del proceso del enlace de flujos. Este proceso fue descubierto y desarrollado por Aeration Industries International Inc.

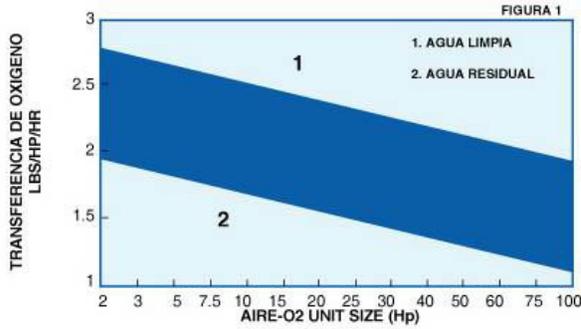


Curvas de la dispersión del aire en el cuerpo de agua, en pies lineales, con respecto al tamaño de la unidad, medidos en HP.



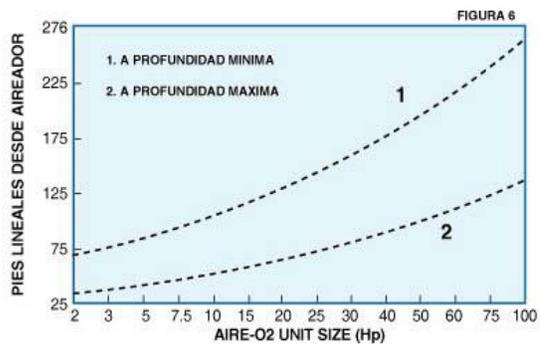
Curvas de distancias mínimas y máximas, para colocar los equipos, obteniendo un enlace de flujos

**ZONA DE DISPERSION DE OXIGENO**



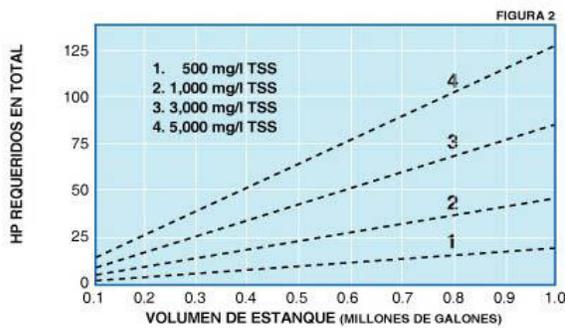
Eficiencia de las unidades en transferencia de oxígeno, medidas en libras por HP/hora.

**ZONA DE MEZCLADO COMPLETO**



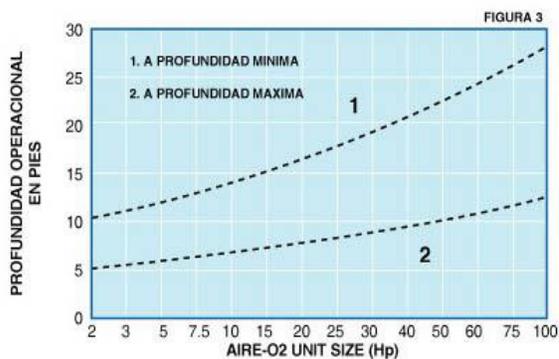
Curvas de mezclado completo según las profundidades de operación, medidos superficialmente, con respecto a la potencia de los equipos.

**HP PARA MEZCLADO COMPLETO**



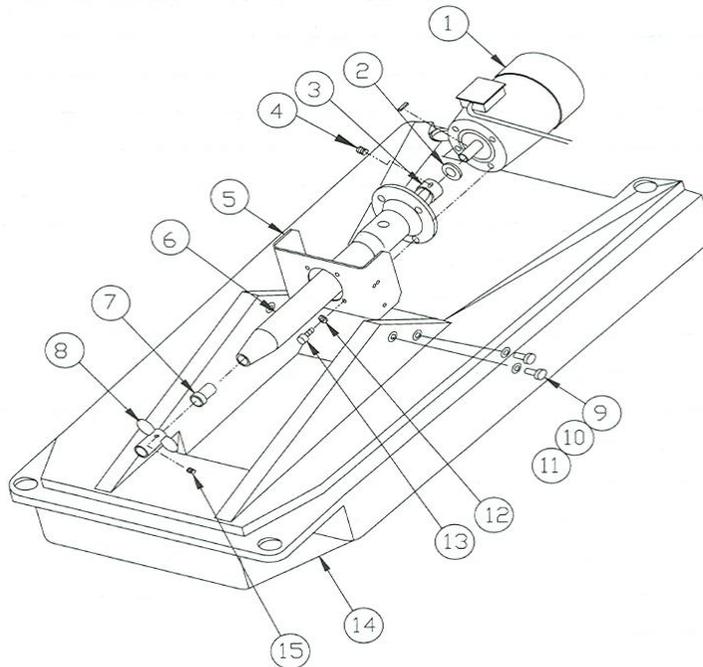
Mezclado completo de acuerdo a las concentraciones de operación en el reactor con respecto a la capacidad de dicho reactor.

**MIN/MAX PROFUNDIDAD DE OPERACION**



Curvas de limite de operación de cada equipo dependiendo de la profundidad de los sistemas.

**DIAGRAMA DE ENSAMBLAJE**  
**AIREADOR AIRE-O2® SERIES II 60HZ (NEMA)**

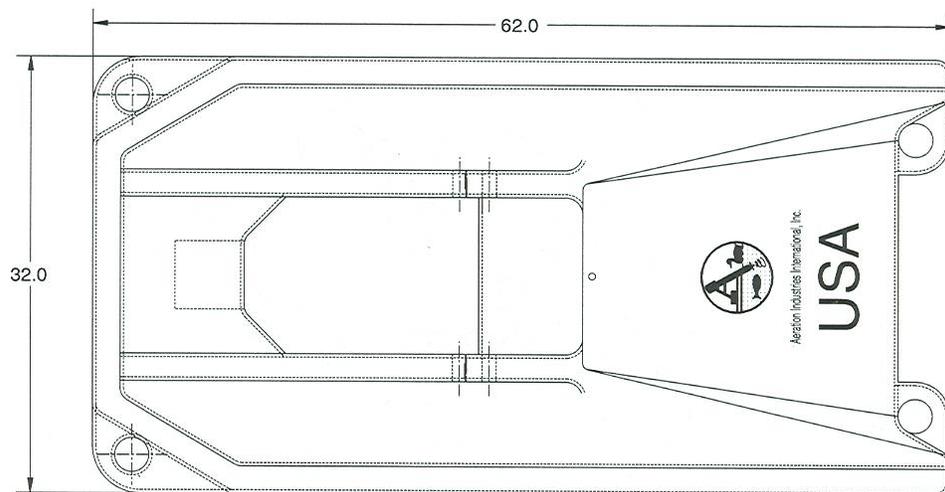


**AIEREADOR 60 HZ NEMA**

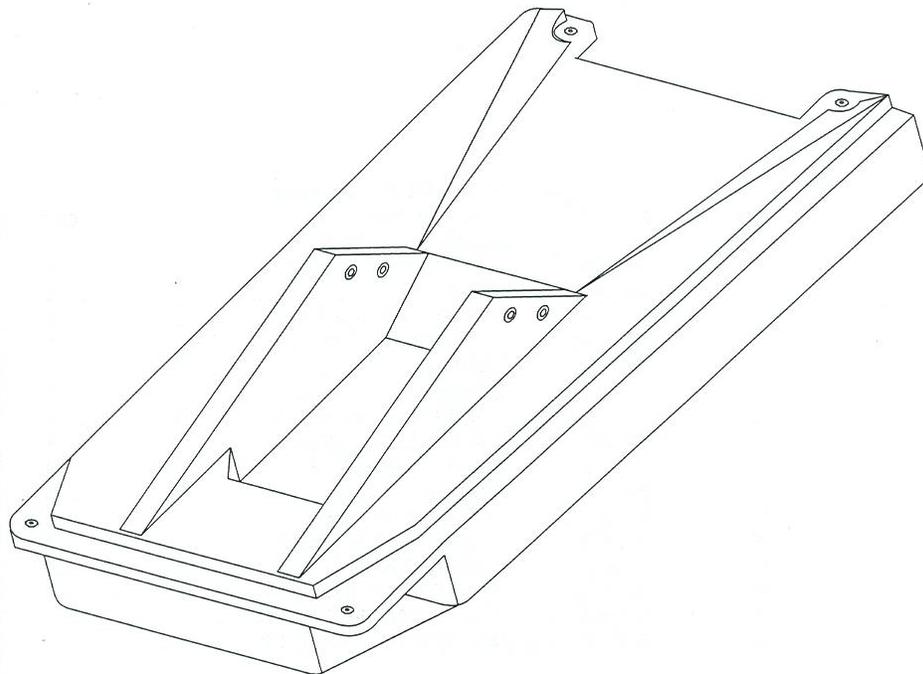
ITEM#	PART#	DESCRIPTION	QTY.
*1	-----	MOTOR (VER NOTA)	1
2	215-559	ESPACIADOR PARA 2&3HP	1
3	239-205	EJE	1
4	215-190	SET DE TORNILLOS 5/16 x 5/16	2
5	214-779	LAMINA DE MONTURA	1
6	330-068	HOUSING	1
7	213-055	RULIMANES	1
8	234-148	HELICE 5 HP 60HZ	1
	234-150	HELICE 7.5HP 60HZ	1
9	215-089	CAPSCREW, 3/8-16 x 3.0 S.S.	4
10	215-104	FLATWASHER 3/8 S.S.	8
11	215-081	TUERCA 3/8-16 S.S.	4
12	215-026	LOCKWASHER 3/8 S.S.	4
13	215-032	CAPSCREW 3/8-16UNCx11/4 S.S.	4
14	336-025	FLOTADOR, AMARRAS DE ESTACA	1
	336-026	FLOTADOR, AMARRAS DE CABLE	1
15	215-153	SET DE TORNILLOS 1/4-20 x 1/8	1

NOTA:

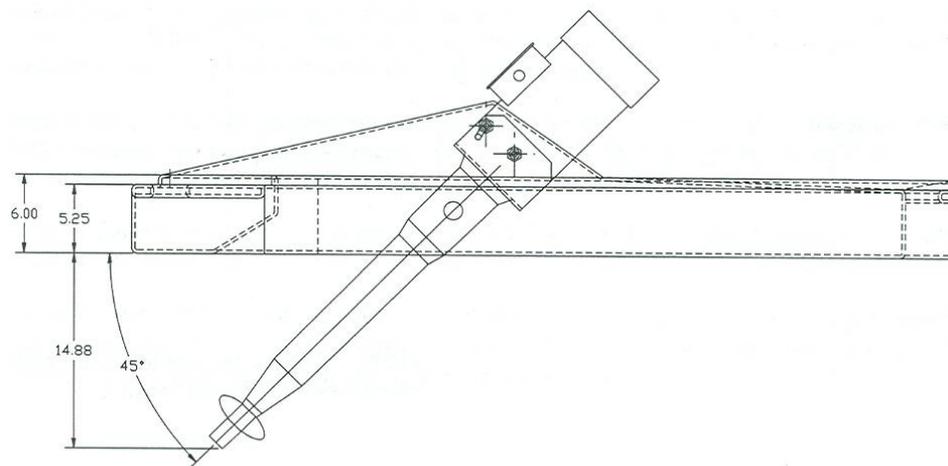
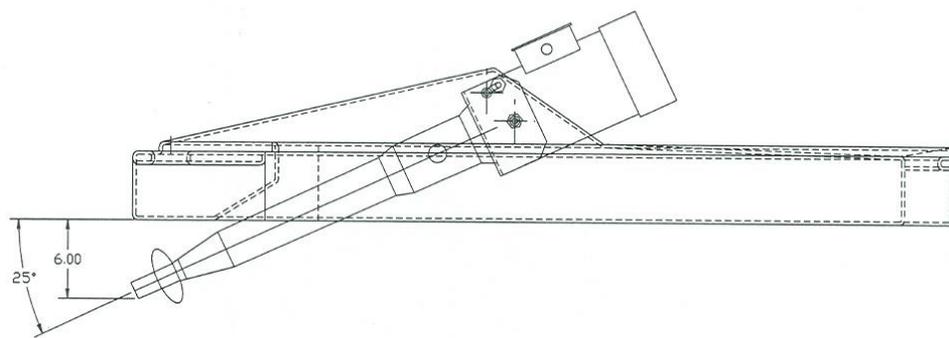
510-354	5HP 3PH 60HZ	1.15SF
510-360	7.5HP 3PH 60HZ	1.15SF



336-025



Sistema "UNIFLOAT" (flotador de la unidad de aireación).



Sistema "UNIFLOAT" con el equipo de aireación, con distintos ángulos de inclinación

## CLARIFICADOR

Las aguas provenientes de la Laguna de Aireación pasarán por un clarificador físico de cuatro conos donde se separarán los lodos sedimentables (biomasa) y las aguas claras.

La unidad específica para este proyecto debe tener 4 tolvas, un baffle de entrada y otro de salida, un canal de desagüe con separadores en V, sus respectivos Skimmer y bombas de lodos de tipo airlift que funcionarán con un blower de 3HP.

Los criterios de diseño están basados en la carga proyectada. De acuerdo a la caracterización de aguas residuales domésticas que se tomaron para realizar este proyecto se esperaba recibir una carga de aproximadamente 160 kilos diarios.

Medidas del clarificador:

<b>Largo:</b>	6.10 mts.
<b>Ancho:</b>	6.10 mts.
<b>Profundidad:</b>	5.35 mts.
<b>Volumen aproximado:</b>	<b>112.00 mt<sup>3</sup></b>

Volúmen requerido = Q x Tr

Q= Caudal

Tr= Tiempo de retención

$$170.000 \text{ (Gal/día)} \times 4 \text{ (horas)}$$

Volumen requerido = -----

$$24 \text{ (horas/día)}$$

Volumen requerido = 28.333,3 Galones

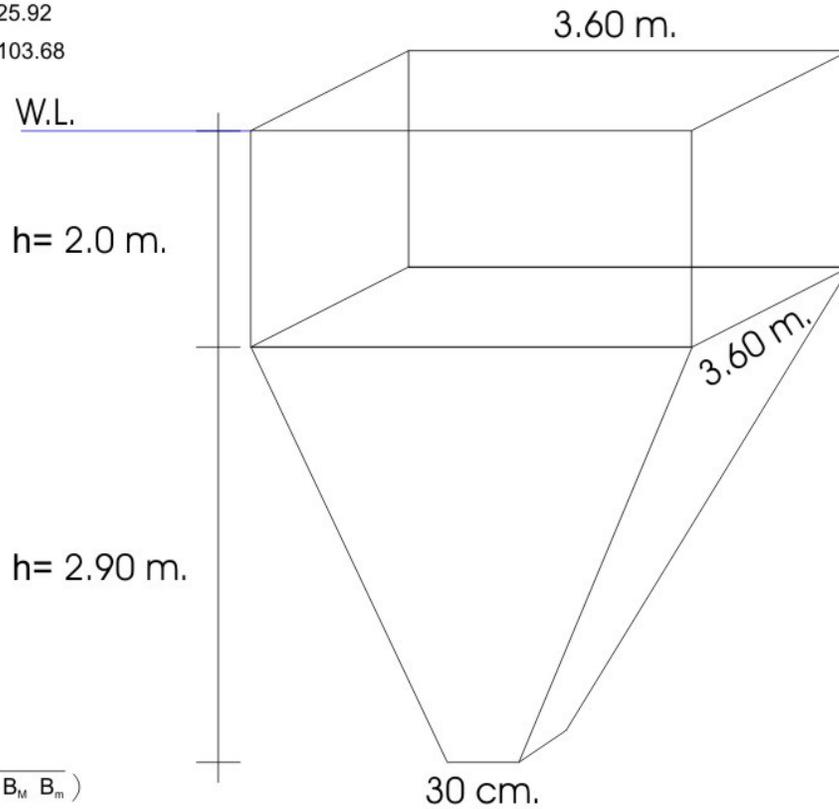
Volumen requerido = 107.10 m<sup>3</sup>

$$V = \text{base} \times h$$

$$V = (3.6)^2 (2.0)$$

$$V = 25.92$$

$$V_{4T} = 103.68$$



$$V = \frac{h}{3} (B_M + B_m + \sqrt{B_M B_m})$$

$$V = \frac{2.9}{3} ((3.6)^2 + (0.30)^2 + \sqrt{(3.60)^2 (0.30)^2})$$

$$V = \frac{2.9}{3} (12.96 + 0.09 + \sqrt{(12.96)(0.09)})$$

$$V = 13.66 \text{ mt}^3$$

$$V_{4P} = 54.64 \text{ m}$$

$$V \text{ Total} = 54.64 + 103.68 = 158.32 \text{ mt}^3$$

### DIAGRAMA DEL CLARIFICADOR METÁLICO

## DESINFECCIÓN

Existen dos métodos comúnmente utilizados para la desinfección: Clorinación y “UV”. En el caso específico de este proyecto se utilizará UV para mayor seguridad por el requerimiento de utilizar este efluente. Es necesario mantener pequeñas cantidades de cloro en la cisterna donde reposará posteriormente esta agua para evitar su descomposición.

La unidad de desinfección UV es capaz de manejar 240 galones por minuto. Este tipo de unidad utiliza 12 lámparas de 55 watts cada una para un consumo total por hora de 660 watts.

El consumo estimado por mes será de 475 Kw. Siempre se garantiza un mínimo de exposición del efluente de 15000 MWS x cm<sup>2</sup> a la luz ultravioleta.

La unidad propuesta tendrá cada lámpara encapsulada dentro de una carcasa de vidrio de cuarzo, la cual le permite una mayor proximidad maximizando la desinfección. Así mismo facilita el cambio de las lámparas y retiene la temperatura en los rangos óptimos.

El modelo propuesto es el DC660 el mismo que puede ser utilizado en interiores o exteriores ya que su carcasa está manufacturada con polímeros resistentes a los ambientes más hostiles.

## **PURGA DE LODOS DE LA LAGUNA DE AIREACIÓN**

La idea del digestor es que sirva como depósito de lodos semi-estabilizados. Aquí se mandarían los lodos maduros del tanque de aireación.

Un método fácil de definir las purgas de la Laguna de Aireación al digestor es mediante una prueba simple de sedimentación. Si el 80% de los lodos se sedimentan en un periodo inferior de 15 minutos, se deberá de reinsertar durante las próximas 24 horas todos los lodos productos del clarificador, una vez concluido este tiempo se deberá de volver a la operación normal, que es reinsertar los lodos a la Laguna de Aireación.

## **PURGAS DEL DIGESTOR**

En el digestor los lodos pueden permanecer el tiempo que se desee siempre y cuando su volumen lo permita, una media a considerarse es el 10% del volumen total (peso seco de los lodos).

Para purgarlo se apaga el sistema de aireación con la finalidad de que los lodos se sedimenten, dejando agua clara en la parte superior. Esta agua debe ser bombeada de regreso a la Laguna de Aireación para que continúe su tratamiento. Cada vez que se bombee el agua superficial del Digestor, los lodos se comprimirán más por efecto de la presión hasta que llegará un punto, probablemente cuando tengan una concentración del 50%, en que no se liberará agua clara en la superficie. En ese momento un hydrocleaner deberá de retirar esos lodos para disponerlos finalmente.

## 2.1.1.2 INFRAESTRUCTURA

### LAGUNAS

Detallado a continuación se encuentra un presupuesto con los diferentes conceptos para la obra civil de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Campus “Gustavo Galindo” de la ESPOL.

#### 1.- OBRAS PRELIMINARES

1.1.- Trazado y Replanteo	650.00	m2
1.2.- Caseta de Guardianía	40.00	m2
1.3.- Guardianía de la obra	3.00	meses

#### 2.- EXCAVACIONES Y RELLENO

2.1.- Excavación de lagunas a maquina	2000.00	m3
2.2.- Relleno compactado de muros con material que se recupera del sitio.	300.00	m3
2.3.- Relleno compactado de muros y base con material mejorado.	600.00	m3
2.4.- Desalojo de Materiales de excavación*.	1700.00	m3

### 3.- ESTRUCTURAS EN GENERAL

#### 3.1.- Fundición de estructuras (paredes y piso)

de Hormigón Armado.

Pared laguna aireada	16.00	m3
----------------------	-------	----

Pared digestor	6.00	m3
----------------	------	----

#### 3.2.- Geotextil o liner

Material	4.00	m2
----------	------	----

Instalación	1.00	m2
-------------	------	----

\*Este desalajo puede ser utilizado dentro del Campus, simplemente lo hemos valorizado para efectos de presupuesto.

### CLARIFICADOR METÁLICO

El clarificador constituye un cuerpo monolítico de 1 estanque rectangular con 4 conos inferiores, cuya estructura consta de los siguientes detalles:

#### A. Dimensiones

##### - Tanque:

Largo: 6.10 m

##### Cono:

Largo: 3.05 m

Ancho: 6.10 m

Ancho: 3.05 m

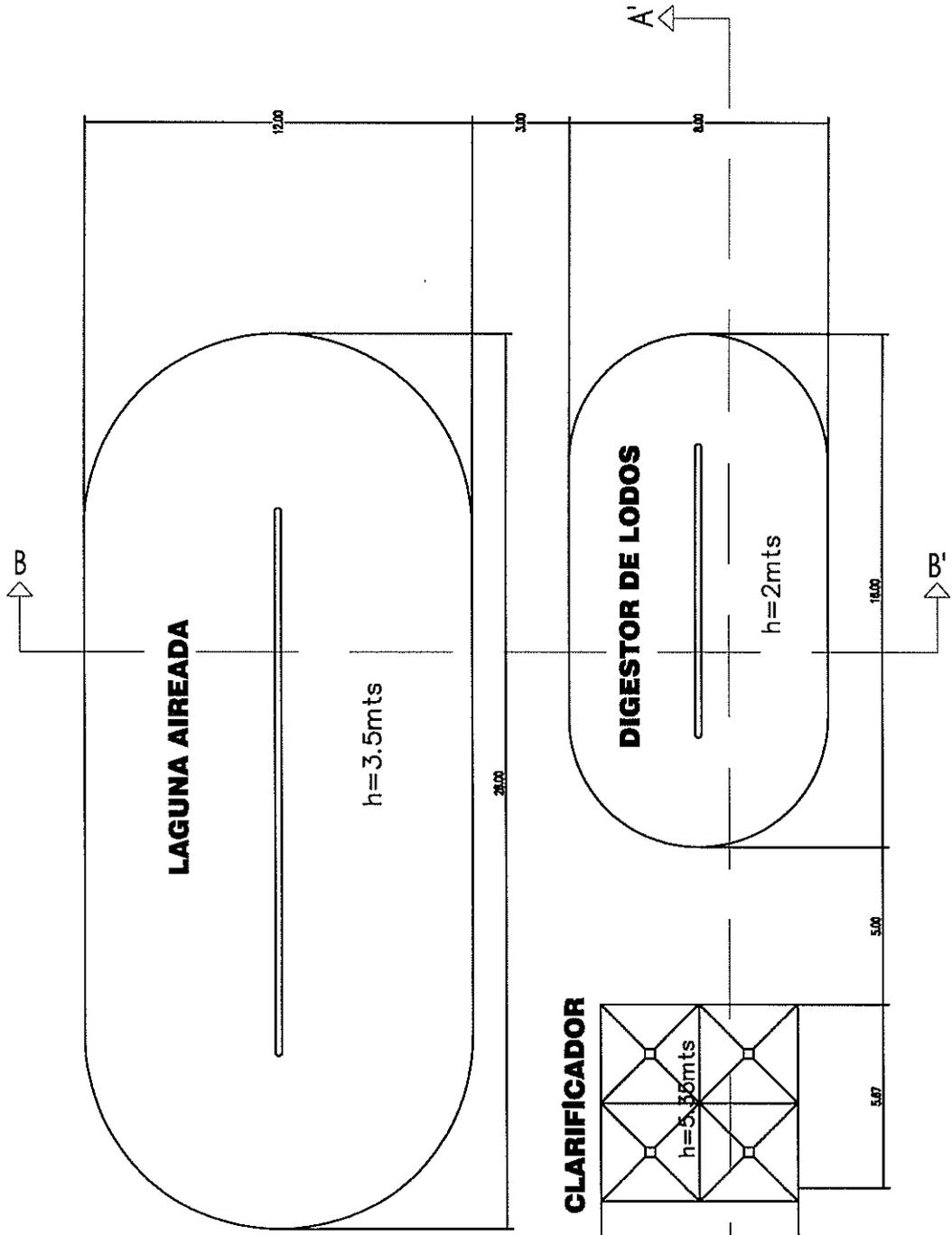
Alto: 2.45 m

Alto: 2.90 m

## **B. Características de construcción**

- Tanque y conos en planchas de acero naval de 6.0 Mm. de espesor.
  
- Angulo de 100 x 6mm x 29.28 en el borde superior
  
- 9 patas de apoyo en ángulo de 100 x 12 con placas de base de 200 x 12 mm y gousse de 360 x 360 x 8 mm.
  
- 1 Angulo de 100 x 12 mm x 20.28 mts de largo soldado al tanque y a las patas a 1.88 mts del inicio del cono.
  
- 2 ángulos de amarre de 100 x 6 mm colocados horizontalmente alrededor del estanque.
  
- 2 ángulos de 100 x 12 mm en forma vertical en cada lado del estanque
  
- Soldadura AGA 6010
  
- Sand Blasting y Pintura

En las dos siguientes páginas se encuentra el esquema donde se detallan las diferentes partes y secciones de la planta de tratamiento de aguas residuales a desarrollarse en el Campus Gustavo Galindo de la ESPOL.



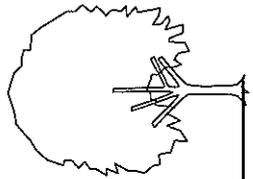
**IMPLANTACION GENERAL**

PLANTA TIPO  
S.O.T.A.S.®  
PROPIEDAD DE:  
CODEMET

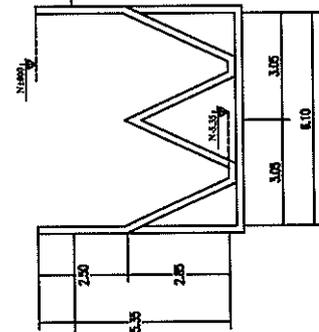
PROYECTO  
**"CAMPUS GALINDO"**  
**ESPOL**

CONTENIDO  
IMPLANTACION GENERAL  
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales  
COORDINACION  
ALBERTO GARCIA  
ROBERTO ORCES

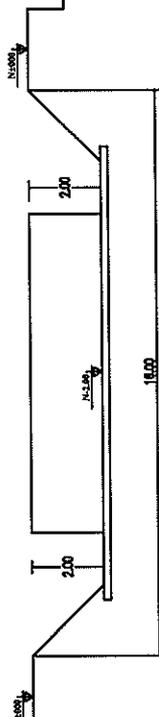
ESCALA	L_200
FECHA	Sept - 2005
PROYECTO	Campus PTAR
LAMINA	<b>A-1</b>



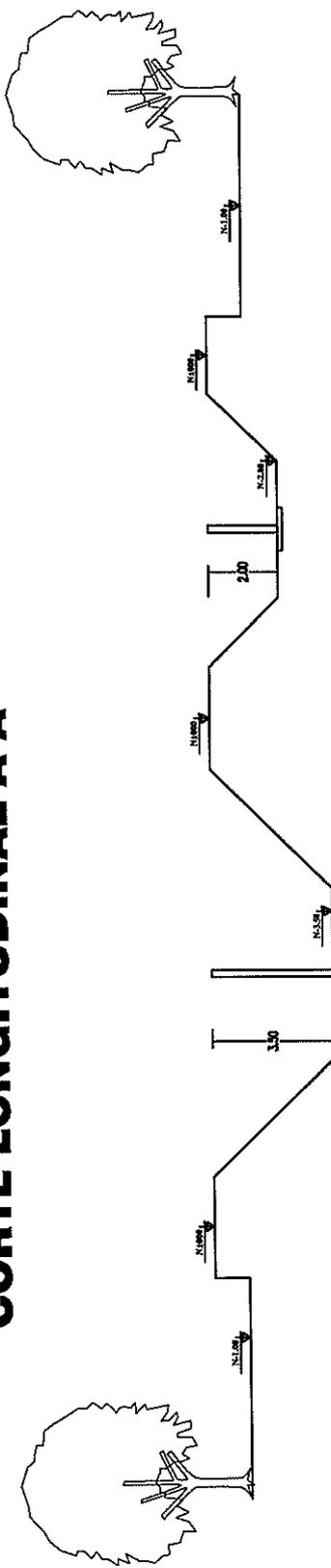
**CLARIFICADOR**



**DIGESTOR DE LODOS**



**CORTE LONGITUDINAL A-A'**



**CORTE TRANSVERSAL B-B'**

PLANTA TIPO  
S.O.T.A.S.®  
PROPIEDAD DE:  
CODEMET

**CAMPUS**  
**"GUSTAVO GALINDO"**  
**ESPOL**

CORTES GENERALES  
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales  
COORDINACION:  
ALBERTO GARCIA  
ROBERTO ORCES

ESCALA 1:200  
FECHA Sept - 2005  
PROYECTO Campus PTAR  
LÁMINA **A-2**

### **2.1.1.3 MANO DE OBRA**

La mano de obra para este proyecto se encuentra dividida en 2 grupos: construcción e instalación.

La mano de obra de la construcción está considerada dentro de los rubros especificados en INFRAESTRUCTURA, tanto en la obra civil de las lagunas como del Clarificador.

Por otra parte la Mano de obra de instalación se encuentra especificada e incluida en las secciones correspondientes a la Geomembrana en INFRAESTRUCTURA y en las secciones de Instalación eléctrica en EQUIPOS Y MATERIALES.

### **2.1.1.4 EQUIPOS Y MATERIALES**

#### **A. Dosificadores de aire para el Clarificador**

Un sistema de generación de oxígeno compuesto de:

- Blower tipo LOBE con capacidad de más de 270 SCFM a 5 PSIG, con succión y descarga de 2.5”, silenciador y filtro de aire, motor eléctrico de 3HP 3PH 230/460 volt. 1.15 SF tipo TEFC heavy duty.
- Válvula CHEQUE
- Válvula de alivio
- Manómetro
- Base metálica tipo Banco Express con poleas y bandas.

**B. Dosificadores de aire para la Laguna de aireación**

2 unidades de aireación AIREO2 de AERATION INDUSTRIES INTERNATIONAL, de 7.5HP-3PH, 1.15 SF, 60 Hz, 230/460 volts, con motores tipo TEFC, 40° C Temp Amb con bocines de zirconio. Eje, housing y hélice en acero inoxidable 316.

**C. Dosificadores de aire para el Digestor de Lodos.**

2 unidades de aireación AIREO2 de AERATION INDUSTRIES INTERNATIONAL de 5HP-3PH / 230-460 volt., 1.15 SF. , 60 Hz., TEFC Aislamiento “F” 3.600 RPM para exteriores heavy duty hostile environment. Sistema de flotación unifloat. Housing, eje y hélice en SS 316

**D. Clarificador**

Componentes para clarificador que incluye:

- a. Baffle In
- b. Baffle Out
- c. WEIR PLATES en acero inoxidable
- d. Canalón de salida
- e. 4 Skimmers en acero inoxidable de 6 ½” de diámetro con sus respectivos AIR LIFT.
- f. 4 bombas de lodos tipo AIR LIFT con bridas de conexión, válvulas de acople y elevador de aire.

- g. Pernos en acero inoxidable 3.16 para fijación de bombas y conexión.
- h. Sistema de fijación para los componentes/ empaquetaduras de neopreno.
- i. Sistema en H para fijación de los equipamientos.
- j. Válvulas para los retornos de los lodos y retorno de super natantes.

**E. Sistema de distribución principal de aire para clarificador.**

- En acero – cédula 40 y PVC presión
- Acoples
- Válvulas de control
- Sistema de fijación de tuberías

**F. Sistema de desinfección**

Lámpara de rayos UV con capacidad para desinfectar 240 galones por minuto.

**G. Tablero eléctrico**

Panel metálico construido con plancha metálica, galvanizado, pintada al horno con grados de protección IP-65 para exteriores, estará provisto de:

- 5 Arrancadores directos con protección térmica de sobrecarga.
- 1 Breaker principal, protección contra cortocircuito
- 1 Breaker secundario
- 1 control programable de horario semanal
- 5 Selectores manual y automático
- 5 Luces piloto de marcha

Sirena (alarma).

## **H. Instalación eléctrica**

De los equipos al tablero incluye:

- Cable 4 x 16 con pantalla hidrosférica auto fundida para trabajar en exteriores y sumergidos.
- Mano de obra para la instalación
- Calibración
- Arranque y visitas periódicas durante el primero año para modificar en caso que se requiriese la calibración en función del crecimiento de la población.

### **2.1.2 CAPACIDAD UTILIZADA**

Se utilizará el 100% de la infraestructura montada, sin embargo la Planta de Tratamiento funcionará al 75% de su capacidad durante sus primeros años de operación.

Al ser este un proyecto a largo plazo, se prevé que la Planta operará al 100% de su capacidad conforme vaya aumentando la población del campus

Gustavo Galindo.

## **2.2 LOCALIZACIÓN**

### **2.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIZACIÓN**

Actualmente dentro del campus existe un lugar al que convergen las aguas residuales, su ubicación es el área externa de la calle perimetral del campus, entre el gimnasio y la nueva cancha de fútbol de césped que se esta construyendo.

Este es el sitio idóneo para realizar este proyecto, principalmente por las convergencias de las aguas y el espacio disponible.

### III. ESTADOS FINANCIEROS

#### 3.1 INVERSIONES

##### 3.1.1. INVERSIÓN FIJA Y CAPITAL DE OPERACIÓN

Las inversiones de este proyecto, como se puede apreciar en la tabla 3.1, se centran básicamente en una gran inversión inicial.

Por otro lado, el capital de operación, que es lo necesario para que la planta pueda operar en el corto plazo, es un valor mínimo y que se utilizara solo en el primer mes. Esto debido a la naturaleza del presente proyecto, ya que con los ahorros generados después del primer mes, es suficiente para operar la planta. El capital de operación asciende a US\$ 1,000.00

Tabla 3.1

<b>RESUMEN DE INVERSIONES</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR (en dólares)</b>	<b>PARTICIPACIÓN (%)</b>
I.- INVERSIÓN FIJA	\$ 96,440.00	98.97%
II.- CAPITAL DE OPERACIÓN	\$ 1,000.00	1.03%
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 97,440.00</b>	<b>100.00%</b>

Elaboración: Autores del Proyecto

Como fue explicado anteriormente, la naturaleza de este proyecto, requiera cierta infraestructura. El costo de la planta, en lo concerniente a obra civil e infraestructura seria US\$ 43,440.00. El proyecto necesita la construcción de 2 lagunas, un clarificador

metálico y instalaciones eléctricas. El costo individual de los activos fijos se lo puede apreciar en la tabla 3.1.1.

Dada la tecnología del proyecto, su óptimo funcionamiento esta condicionado a la compra de equipos especializados, los mismos que se detallan en el rubro “Otros Activos” de la tabla 3.1.1. Estos rubro representa el 54.96 % de la inversión fija, ascendiendo a US\$ 53,000.00

**Tabla 3.1.1**

<b>INVERSIÓN FIJA</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>VALOR (dólares)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
<b>INFRAESTRUCTURA</b>		<b>\$ 43,440.00</b>	<b>45.04%</b>
Lagunas	\$ 21,040.00		
Clarificador Metálico	\$ 19,900.00		
Instalaciones Eléctricas	\$ 2,500.00		
<b>OTROS ACTIVOS</b>		<b>\$ 53,000.00</b>	<b>54.96%</b>
1 x Blowers	\$ 8,000.00		
4 x Aireadores	\$ 28,000.00		
Equipo de clarificación	\$ 7,000.00		
Sistema de distribución de aire	\$ 1,000.00		
Unidad de desinfección	\$ 5,000.00		
Tablero Eléctrico	\$ 4,000.00		
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 96,440.00</b>	<b>100.00%</b>

Elaboración: Autores del Proyecto

### **3.1.2. FINANCIAMIENTO**

Este proyecto se financiaría el 30% de capital de la ESPOL y el 70% mediante un préstamo obtenido por un banco local. El monto total del préstamo al banco se utilizara

en su totalidad para la construcción y adecuación de la infraestructura de la planta, y para la compra de todos los equipos necesarios para el correcto funcionamiento de la planta.

La tasa de interés utilizada para referencia, es la tasa activa referencial, publicada semana a semana por el Banco Central del Ecuador. Esta tasa es el promedio ponderado de todas las operaciones de crédito de la semana anterior a su publicación. Esta tasa fue corroborada por un analista de crédito del Banco Bolivariano. El bajo riesgo del proyecto y su alta rentabilidad hacen que esta tasa sea buena referencia para calcular el financiamiento del mismo.

El préstamo se hará con un plazo de 5 años, sin periodo de gracia y los pagos semestrales. Las características del préstamo están resumidas en la tabla 3.1.2.

**Tabla 3.1.2**

<b>FINANCIAMIENTO BANCARIO</b>	
MONTO DE PRÉSTAMO	\$ 68,208
PERIODO DE PAGO	SEMESTRAL
PERIODOS	10
PERIODOS POR AÑO	2
TASA DE INTERÉS SEMESTRAL	4.5%
PAGO	-\$ 8,609.45
Elaboración: Autores del Proyecto	

### **3.1.3. TABLAS DE AMORTIZACIÓN Y DEPRECIACIÓN**

Con respecto a las depreciaciones, se las ha calculado el valor de estas utilizando el método por línea recta, método contemplado en la legislación ecuatoriana. Dado que este proyecto tiene objetivos de permanencia en el tiempo se ha considerado proyectar

los flujos a diez años, por lo que en el año se ha estimado un valor de desecho que refleja el valor remanente de la inversión después de 10 años. A continuación en la tabla 3.1.3 a se indican las respectivas depreciaciones y los valores de desecho en el año 10.

Tabla 3.1.3 a

DEPRECIACIONES							
	C TOTAL	VIDA UTIL	DEP	AÑO 10	DESECHO	UTIL O PERD	RESCATE
<b>EDIFICACIONES Y OBRAS CIVILES</b>							
Instalaciones Generales	\$ 43,440.00	20	\$ 2,172.00	\$ 21,720.00	\$ 20,000.00	-\$ 1,720.00	\$ 20,000.00
<b>EQUIPOS Y MAQUINARIAS</b>							
Blowers	\$ 8,000.00	10	\$ 800.00	\$ 0.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Aireadores	\$ 28,000.00	10	\$ 2,800.00	\$ 0.00	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00
Equipo de clarificación	\$ 7,000.00	10	\$ 700.00	\$ 0.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Sistema de distribución de aire	\$ 1,000.00	10	\$ 100.00	\$ 0.00	\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 500.00
Unidad de desinfección	\$ 5,000.00	10	\$ 500.00	\$ 0.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Tablero Eléctrico	\$ 4,000.00	10	\$ 400.00	\$ 0.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
TOTAL							<b>\$ 42,500.00</b>

Elaboración: Autores del Proyecto

El valor total anual de las depreciaciones es de US\$ 7,472.00. El cuadro que contiene el detalle de las depreciaciones por año se puede ver en el Anexo 3.1.3.

De acuerdo al financiamiento de la inversión previamente explicado con anterioridad en el capítulo 3.1, la deuda a adquirirse se amortiza a un plazo de 5 años, con pagos semestrales. La tabla 3.1.3 b que se presenta a continuación detalla las amortizaciones del presente proyecto

Tabla 3.1.3 b

<b>AMORTIZACIÓN DE PRÉSTAMO</b>				
<b>SEMESTRE</b>	<b>CAPITAL</b>	<b>CUOTA</b>	<b>INTERÉS</b>	<b>AMORTIZACIÓN</b>
0	68,208.00			
1	62,650.85	8,609.45	3,052.31	5,557.15
2	56,845.03	8,609.45	2,803.63	5,805.83
3	50,779.39	8,609.45	2,543.81	6,065.64
4	44,442.31	8,609.45	2,272.38	6,337.08
5	37,821.65	8,609.45	1,988.79	6,620.66
6	30,904.71	8,609.45	1,692.52	6,916.94
7	23,678.24	8,609.45	1,382.99	7,226.47
8	16,128.39	8,609.45	1,059.60	7,549.85
9	8,240.68	8,609.45	721.75	7,887.71
10	0.00	8,609.45	368.77	8,240.68

Elaboración: Autores del Proyecto

Como se observa en la tabla de amortización aquí presentada, las cuotas ascienden a US\$ 8,609.45, las mismas que deberán ser canceladas semestralmente por el plazo acordado en el préstamo, es decir 5 años.

## 3.2 COSTOS

### 3.2.1. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

Las características del proyecto demandan la construcción de obra civil, los costos de construcción del proyecto a realizarse comprenden obras preliminares necesarias en cualquier obra civil, las excavaciones de las lagunas y las estructuras de hormigón. La información sobre la construcción y las características especiales de la infraestructura se encuentran detallados en el capítulo 2.1.1.2. El detalle de los costos de construcción se los puede apreciar en la tabla 3.2.1.

Tabla 3.2.1.

<b>COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL</b>			
		<b>VALOR</b>	<b>PARTICIPACIÓN</b>
		<b>(Dólares)</b>	<b>(%)</b>
<b>A. OBRAS PRELIMINARES</b>		\$ 2,100.00	9.98%
Trazado y Replanteo	\$ 520.00		
Caseta de Guardianía	\$ 740.00		
Guardianía de la Obra	\$ 840.00		
<b>B: EXCAVACIONES Y RELLENO</b>		\$ 8,340.00	39.64%
Excavación de Lagunas a Maquina	\$ 4,000.00		
Relleno Compactado de Muros con material del sitio	\$ 750.00		
Relleno compactado del muros y base con material mejorado	\$ 2,400.00		
Desalojo de materiales de excavación	\$ 1,190.00		
<b>C: ESTRUCTURAS EN GENERAL</b>		\$ 10,600.00	50.38%
Fundición de Hormigón armado pared 1	\$ 4,800.00		
Fundición de Hormigón armado pared 2	\$ 1,800.00		
Geotextil o Liner	\$ 4,000.00		
<b>TOTAL COSTOS DE CONSTRUCCIÓN</b>		<b>\$ 21,040.00</b>	<b>100.00%</b>

Elaboración: Autores del Proyecto, fuente Ing. Civil

### 3.2.2. COSTOS Y GASTOS OPERATIVOS

Los costos operativos de la planta de tratamiento a construirse en la ESPOL comprenden tres rubros, el costo de la energía eléctrica, el sueldo del operador de la planta y los gastos en mantenimiento de los equipos. Los costos y gastos operativos mensuales están detallados a continuación en la tabla 3.2.2.

Tabla 3.2.2.

<b>COSTOS Y GASTOS OPERATIVOS MENSUALES</b>			
		<b>VALOR</b>	<b>PARTICIPACIÓN</b>
		<b>(Dólares)</b>	<b>(%)</b>
<b>A. COSTOS OPERATIVOS</b>		\$ 823.00	84.59%
Energía Eléctrica	\$ 823.00		
<b>B: SUELDOS Y SALARIOS</b>		\$ 112.50	11.56%
Operador	\$ 112.50		
<b>C. GASTOS DE MANTENIMIENTO</b>		\$ 37.40	3.84%
Motores Eléctricos	\$ 20.80		
Cambio de aceite al blower	\$ 8.30		
Tablero Eléctrico	\$ 8.30		
<b>TOTAL GASTOS OPERATIVOS</b>		<b>\$ 972.90</b>	<b>100.00%</b>

Elaboración: Autores del Proyecto

El detalle del cálculo del consumo eléctrico se encuentra en el Anexo 3.2.2

Para determinar el consumo eléctrico y los gastos de mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del Campus Gustavo Galindo de la ESPOL, se calcula el consumo total partiendo de un 100% de utilización de la Planta.

Esta Planta está diseñada para requerir un mínimo de inspección. Un operador que dedique 30 minutos diarios a la Planta es más que suficiente, pudiendo en determinados momentos saltarse unos días.

Para efectos de cálculo se considera que un operador de tipo tecnólogo con conocimientos electromecánicos, cuyo sueldo promedio es de aproximadamente \$600 y

cuyos gastos de beneficios sociales ascienden a \$300, le dedique a la Planta 1/3 de su tiempo (normalmente un operador maneja 8 Plantas). El costo mensual del operador es de US\$ 112.50

A los motores de los aireadores y de los blowers es aconsejable darles mantenimiento cada 24 meses, es decir cada 6.000 horas de funcionamiento para este caso específico.

El costo del mantenimiento de los motores es de US\$ 20,80

#### Motores

2 motores para los blowers	US\$ 100,00 c / 2 años
6 motores para los aireadores	US\$ 400,00 c / 2 años
Total mantenimiento eléctrico:	US\$ 400,00 anuales

El reductor del sistema de blower requiere de cambio de aceite una vez cada 3 meses, su costo aproximado es de US\$ 25,00 cada cambio

Total costo aceite reductor: US\$ 100,00 anuales

Se recomienda un mantenimiento anual del tablero eléctrico que incluya: Limpieza y aplicación de desplazador de humedad.

Costo de una visita anual: US\$ 100,00

Costo total anual por mantenimiento anual aireadores, blowers y tablero eléctrico:  
US\$450,00

### 3.2.3. COSTOS FINANCIEROS

En cuanto a los costos financieros, se han considerado los intereses del préstamo bancario que financiara el 70% de la inversión de este proyecto. El detalle de estos

**Tabla 3.2.3**

<b>COSTOS FINANCIEROS / AÑO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
INTERESES POR DEUDA	\$ 5,855.93	\$ 4,816.19	\$ 3,681.31	\$ 2,442.59	\$ 1,090.52
TOTAL GASTOS FINANCIEROS	\$ 5,855.93	\$ 4,816.19	\$ 3,681.31	\$ 2,442.59	\$ 1,090.52

Elaboración: Autores del Proyecto

### 3.3.1 ESTADOS FINANCIEROS

#### 3.3.1 ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS PROYECTADO

La naturaleza de este proyecto de inversión, tiene como principal característica, que su rentabilidad reside en un el ahorro del cual se beneficiara la ESPOL, y no de una utilidad monetaria como la tendría un negocio de índole comercial por ejemplo. Debido a esta particularidad los impuestos a la renta y al valor agregado no aplican a este caso y han sido excluidos de los análisis financieros.

El estado de perdidas y ganancias presentado aquí tiene como principal utilidad resumir los gastos por intereses y depreciaciones, los mismos que tendrán que ser usados por la ESPOL en sus estados y balances financieros globales.

La tabla 3.3.1 muestra el estado de pérdidas y ganancias proyectado a 10 años. Como ahorro bruto se muestra la diferencia entre el consumo si es que no se ejecute el proyecto (caso actual), menos el consumo de agua si es que se desarrolla el proyecto.

Los consumos de agua actuales y estimados se pueden ver en el anexo 3.3.1 a y en el anexo 3.3.1 b. Aunque la tendencia del consumo del agua (tanto como para agua potable como para irrigación) es al alza, para fines de análisis no se ha considerado variación en estos rubros a través de los años.

El ahorro Neto consiste en la diferencia entre los costos y gastos operativos (ver cap. 3.2.2) , los gastos por sueldo y salarios, los costos de mantenimiento, los intereses del préstamo y las depreciaciones del ahorro neto.

Como se puede apreciar en la tabla 3.3.1 este proyecto genera un ahorro neto positivo a partir del año uno, lo que denota a simple vista la conveniencia de poner en marcha el proyecto.

Tabla 3.3.1.

ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS										
RUBRO/ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CONSUMO DE AGUA SIN PLANTA	\$ 68.430	\$ 68.430	\$ 68.430	\$ 68.430	\$ 68.430	\$ 68.430	\$ 68.430	\$ 68.430	\$ 68.430	\$ 68.430
CONSUMO DE AGUA CON PLANTA	\$ 20.430	\$ 20.430	\$ 20.430	\$ 20.430	\$ 20.430	\$ 20.430	\$ 20.430	\$ 20.430	\$ 20.430	\$ 20.430
<b>AHORRO BRUTO</b>	<b>\$ 48.000</b>									
COSTOS OPERATIVOS	\$ 9.876	\$ 9.876	\$ 9.876	\$ 9.876	\$ 9.876	\$ 9.876	\$ 9.876	\$ 9.876	\$ 9.876	\$ 9.876
Energia Electrica										
SUELDOS Y SALARIOS	\$ 1.350	\$ 1.350	\$ 1.350	\$ 1.350	\$ 1.350	\$ 1.350	\$ 1.350	\$ 1.350	\$ 1.350	\$ 1.350
Operador										
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 250	\$ 250	\$ 250	\$ 250	\$ 250	\$ 250	\$ 250	\$ 250	\$ 250	\$ 250
Motores Electricos	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100
Cambio de aceite al blower	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100	\$ 100
Tablero Electrico	\$ 11.675	\$ 11.675	\$ 11.675	\$ 11.675	\$ 11.675	\$ 11.675	\$ 11.675	\$ 11.675	\$ 11.675	\$ 11.675
<b>COSTOS Y GASTOS OPERATIVOS</b>	<b>\$ 7.472</b>									
<b>DEPRECIACIONES</b>	<b>\$ 5.856</b>	<b>\$ 4.816</b>	<b>\$ 3.681</b>	<b>\$ 2.443</b>	<b>\$ 1.091</b>	<b>\$ 0</b>				
<b>INTERESES</b>	<b>\$ 22.997</b>	<b>\$ 24.037</b>	<b>\$ 25.172</b>	<b>\$ 26.411</b>	<b>\$ 27.763</b>	<b>\$ 28.853</b>				
<b>AHORRO NETO</b>	<b>\$ 22.997</b>	<b>\$ 24.037</b>	<b>\$ 25.172</b>	<b>\$ 26.411</b>	<b>\$ 27.763</b>	<b>\$ 28.853</b>				

Elaboración: Autores del Proyecto

### 3.3.2. FLUJO DE CAJA PROYECTADO

El flujo de caja es quizás el indicador financiero más importante de todos ya que muestra claramente los ingresos y egresos de efectivo del proyecto a través de los años. Se han construido dos flujos de caja para este proyecto, uno tomando en cuenta el financiamiento a realizarse (detallado anteriormente en el cap. 3.1.2) que consiste en un préstamo del 70 % del monto de la inversión y el 30 % restante le corresponderá a la ESPOL invertirlo con sus propios recursos. El otro flujo corresponde al caso hipotético que la inversión inicial del proyecto sea financiada 100% con capital propio de la ESPOL.

El flujo de caja del proyecto con financiamiento externo se puede apreciar en la tabla 3.3.2 a. Aquí se puede ver claramente que el proyecto presenta flujos positivos a partir del primer año, los flujos anuales corresponden al ahorro neto que percibirá la ESPOL a través de los años de operación del proyecto. Debido a que el proyecto se financia con un préstamo bancario con un plazo de 5 años, el ahorro a percibirse en estos años es aproximadamente US\$ 20,000.00 anuales. Una vez cancelado el préstamo, los flujos anuales aumentan considerablemente, la ESPOL un promedio de US\$ 36,000.00 por año a partir del año seis. Como se menciono anteriormente, para fines de simplificación de los análisis, se ha considerado una duración del proyecto de diez años, por lo que al final del año diez se ha considerado el valor de rescate calculado en el capítulo 3.1.3, el mismo que asciende a US\$ 42,500.00. Es por esto que el flujo en el año 10 asciende a US\$ 78,825.20.



Por otro lado, el flujo de caja proyectado no tomando en cuenta el financiamiento otorgado por un banco privado, nos da como resultado flujos positivos a partir del primer año. El ahorro anual generado por la construcción de la planta será de US\$ 36,000.00 aproximadamente, y un flujo extraordinario de US\$ 78,825.20 en el año 10 debido al valor de desecho explicado anteriormente. El flujo de caja sin financiamiento se puede observar en la tabla 3.3.2. b .

De la información proveniente del flujo de efectivo se obtiene el valor de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y del Valor Actual Neto (VAN), parámetros que se mostrarán y analizarán en el capítulo 4.

Tabla 3.3.2 b

FLUJO DE CAJA PROYECTADO SIN FINANCIAMIENTO											
RUBRO/AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CONSUMO DE AGUA SIN PLANTA		\$ 68.430,17	\$ 68.430,17	\$ 68.430,17	\$ 68.430,17	\$ 68.430,17	\$ 68.430,17	\$ 68.430,17	\$ 68.430,17	\$ 68.430,17	\$ 68.430,17
CONSUMO DE AGUA CON PLANTA		\$ 20.430,17	\$ 20.430,17	\$ 20.430,17	\$ 20.430,17	\$ 20.430,17	\$ 20.430,17	\$ 20.430,17	\$ 20.430,17	\$ 20.430,17	\$ 20.430,17
AHORRO BRUTO		\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00
<b>EGRESOS</b>											
COSTOS OPERATIVOS		\$ 9.876,00	\$ 9.876,00	\$ 9.876,00	\$ 9.876,00	\$ 9.876,00	\$ 9.876,00	\$ 9.876,00	\$ 9.876,00	\$ 9.876,00	\$ 9.876,00
SUELDOS Y SALARIOS		\$ 1.350,00	\$ 1.350,00	\$ 1.350,00	\$ 1.350,00	\$ 1.350,00	\$ 1.350,00	\$ 1.350,00	\$ 1.350,00	\$ 1.350,00	\$ 1.350,00
COSTOS DE MANTENIMIENTO		\$ 249,60	\$ 249,60	\$ 249,60	\$ 249,60	\$ 249,60	\$ 249,60	\$ 249,60	\$ 249,60	\$ 249,60	\$ 249,60
		\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60
		\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60	\$ 99,60
		\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00
DPRECIACIONES		\$ 28.853,20	\$ 28.853,20	\$ 28.853,20	\$ 28.853,20	\$ 28.853,20	\$ 28.853,20	\$ 28.853,20	\$ 28.853,20	\$ 28.853,20	\$ 28.853,20
<b>FLUJO OPERATIVO</b>		\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00	\$ 7.472,00
EGRESOS CONTABLES (DEPRECIACIONES)		\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
VALORES DE RESCATE Y CAPITAL											
<b>INVERSION INICIAL</b>											
AHORRO NETO		-\$ 97.440,00	\$ 36.325,20	\$ 36.325,20	\$ 36.325,20	\$ 36.325,20	\$ 36.325,20	\$ 36.325,20	\$ 36.325,20	\$ 36.325,20	\$ 78.825,20

Elaboración: Autores del Proyecto

## IV. EVALUACIÓN FINANCIERA

### 4.1. TASA DE DESCUENTO

Este proyecto será financiado en su mayoría por un préstamo a un banco privado, para calcular la tasa de descuento a utilizar en los análisis posteriores se considera el siguiente cálculo:

$$\text{WACC} = (\text{Wd} * \text{Kd} * (1 - \text{t})) + (\text{We} * \text{Rp})$$

Donde:

WD = Porcentaje de deuda sobre financiamiento

Kd = Tasa de interés del préstamo

t = Nivel impositivo

We = Porcentaje de capital sobre financiamiento

Rp = Riesgo país o Tasa mínima atractiva de retorno

La tasa de descuento calculada con este método es de 10.45 %. El procedimiento detallado para calcular el costo del capital, se encuentra detallado en la tabla 4.1

**Tabla 4.1**  
**CALCULO DEL WACC**

<b>INVERSIÓN INICIAL REQUERIDA</b>	<b>RUBROS</b>
INVERSIÓN FIJA	\$ 96,440.00
CAPITAL DE OPERACIÓN	\$ 1,000.00
<b>TOTAL FINANCIAMIENTO</b>	<b>\$ 97,440.00</b>

<b>CONDICIÓN FINANCIAMIENTO</b>	<b>RUBROS</b>
DEUDA LARGO PLAZO	70.00%
CAPITAL	30.00%

<b>ESTRUCTURA DE CAPITAL</b>	<b>TASA</b>	<b>RUBROS</b>
DEUDA LARGO PLAZO	9.0%	\$ 68,208.00
CAPITAL		\$ 29,232.00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 97,440.00</b>

<b>WACC = (Wd*Kd*(1-t)) + (We*Rp)</b>	<b>RUBROS</b>
Wd = 68,208.00/97,440.00	<b>70.00%</b>
Kd (tasa de financiamiento 1) =	<b>8.95%</b>
t* =	<b>0.00%</b>
We =	<b>30.00%</b>
Rp = Tasa minima atractiva de Retorno	<b>13.95%</b>
<b>WACC =</b>	<b>10.450%</b>

Elaboración: Autores del Proyecto

## **4.2. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO**

### **4.2.1 TASA INTERNA DE RETORNO TIR**

La Tasa Interna de Retorno en este proyecto para el período total del proyecto, es decir 10 años, es de 69.46 %. Este es el rendimiento real de la inversión a lo largo de la duración del

proyecto. Esta tasa se calcula utilizando el flujo de caja con financiamiento (Ver cuadro 3.3.2 a) y las funciones que facilita Excel.

La tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) de este proyecto es la tasa activa referencial mas una ganancia esperada del 5%, es decir la TMAR es de 13.95 %. Al ser la TIR bastante mayor que la TMAR, se demuestra que el proyecto es financieramente aceptable.

#### **4.2.2 VALOR ACTUAL NETO VAN**

Al descontar los flujos con la tasa de descuento del 10.45%, se calcula un VAN de US\$ 140,920.65. Al ser él VAN positivo se considera que la inversión es aceptable.

Este parámetro se calcula utilizando el flujo de caja con financiamiento (Ver cuadro 3.3.2 a) y las funciones que facilita Excel.

#### **4.3 PERÍODO DE RECUPERACIÓN**

El período de recuperación de la Inversión se presenta en el año 2, como se muestra a continuación en la tabla 4.3 donde se muestran los flujos acumulados y el porcentaje de recuperación de cada año transcurrido.

Tabla 4.3

<b>RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN</b>				
<b>AÑO</b>	<b>FLUJO NETO</b>	<b>FLUJO NETO ACUMULADO</b>	<b>INVERSIÓN</b>	<b>RECUPERACIÓN ( % )</b>
0	\$ 0	\$ 0	-\$ 29,232	0.00%
1	\$ 19,106	\$ 19,106	-\$ 10,126	65.36%
<b>2</b>	<b>\$ 19,106</b>	<b>\$ 38,213</b>	<b>\$ 28,087</b>	<b>130.72%</b>
3	\$ 19,106	\$ 57,319	\$ 85,406	196.08%
4	\$ 19,106	\$ 76,425	\$ 161,831	261.44%
5	\$ 19,106	\$ 95,531	\$ 257,362	326.80%
6	\$ 36,325	\$ 131,857	\$ 389,219	451.07%
7	\$ 36,325	\$ 168,182	\$ 557,401	575.33%
8	\$ 36,325	\$ 204,507	\$ 761,908	699.60%
9	\$ 36,325	\$ 240,832	\$ 1,002,740	823.87%
10	\$ 78,825	\$ 319,657	\$ 1,322,398	1093.52%

Elaboración: Autores del Proyecto

#### 4.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para concluir la evaluación financiera del proyecto se hará un análisis de sensibilidad para saber si el proyecto puede resistir a las diferentes variaciones tanto internas como externas que afecten a las variables relevantes de este proyecto.

En el presente análisis se muestra el efecto que tienen las variaciones positivas y negativas en 10% y 20% del precio del agua potable y del nivel de consumo de agua en irrigación sobre la TIR y el VAN. Los resultados son similares para las variaciones del precio del agua y del consumo de agua en riego A continuación se detallan los cambios en la tabla 4.4.1 y 4.4.2:

Tabla 4.4.1

Variación en Precio del Agua Potable	-20.00%	-10.00%	0.00%	10.00%	20.00%
VAN	\$83,056.09	\$111,988.37	\$140,920.65	\$169,852.93	\$198,785.20
TIR	41.85%	55.15%	69.46%	84.50%	100.00%
TMAR	13.95%	13.95%	13.95%	13.95%	13.95%

Elaboración: Autores del Proyecto

Tabla 4.4.2

Variación en Consumo de agua en riego	-20.00%	-10.00%	0.00%	10.00%	20.00%
VAN	\$83,056.09	\$111,988.37	\$140,920.65	\$169,852.93	\$198,785.20
TIR	41.85%	55.15%	69.46%	84.50%	100.00%
TMAR	13.95%	13.95%	13.95%	13.95%	13.95%

Elaboración: Autores del Proyecto

Para el análisis de sensibilidad del VAN de la TIR se consideran las variables “Precio del agua potable” y “ Consumo de agua potable en riego”, las cuales son consideradas las variables más relevantes para un análisis de este tipo, debido a la importancia que tienen en el desarrollo óptimo del proyecto en cuestión.

En todos los escenarios simulados en este análisis, los resultados son beneficiosos y demuestra que la rentabilidad del proyecto no se ve comprometida por variaciones del 20% en las variables utilizadas.

El proyecto es ligeramente más sensible en la cantidad de consumo de agua en irrigación.

En los gráficos 4.4.A y 4.4.B, se puede apreciar las sensibilidad de las variables, viendo los gráfico se llega a la conclusión que las variables, precio del agua potable y consumo de agua en riego , se comportan similarmente en este proyecto.

GRAFICO4.4.A

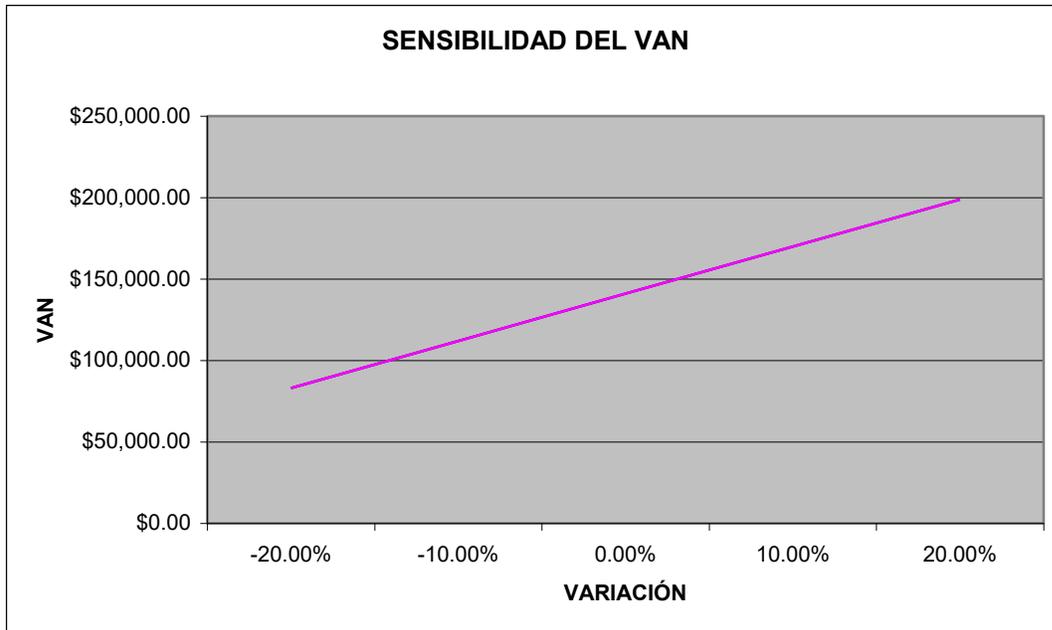
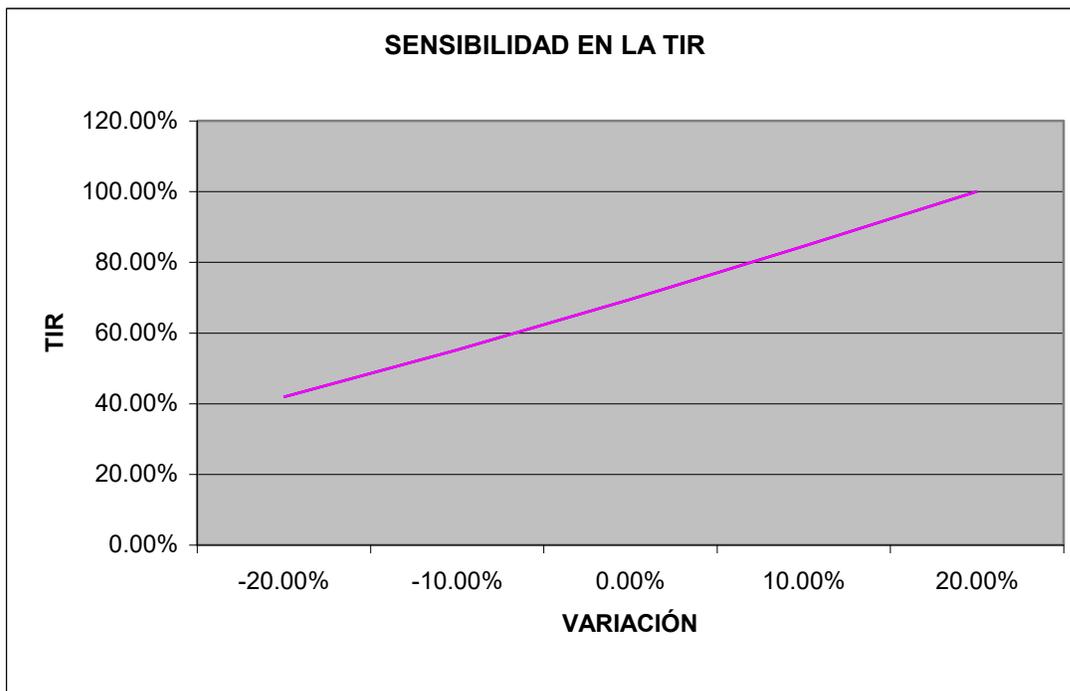


GRAFICO 4.4 B



## V. EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO

### 5.1 ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL

#### 5.1.1. DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Actualmente las aguas residuales del Campus Gustavo Galindo de la ESPOL son descargadas a un “riachuelo” que desemboca en un canal abierto de aguas lluvias que atraviesa un sector de las invasiones existentes cerca del Campus.



En esta imagen se observa el momento que las aguas residuales del Campus GG desembocan en el medio ambiente

El objetivo de este análisis no es profundizar en el tema, simplemente es dejar en claro las repercusiones directas que tiene el proyecto debido a la disposición de las aguas tratadas con relación al ecosistema.

En primer lugar el tratamiento que recibirán las aguas las convierten en aguas aptas para irrigación, y los excedentes también son aptos para ser descargados al medio ambiente.

Cualquiera que sea el nivel de carga contaminante actual de las aguas residuales que se descargan, el nuevo sistema de tratamiento mejorará considerablemente la calidad del efluente beneficiando a toda la flora y fauna que se encuentra en su recorrido hacia el canal donde se descargan, e incluso no será ofensiva para las personas que la utilicen en el sector de las invasiones, pues tendrá mejor calidad que la misma agua del canal.

### **5.1.2. REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

Reutilizar el efluente del Campus tiene algunos aspectos positivos desde el punto de vista ambiental (económicamente hablando fueron demostrados sus beneficios en el capítulo IV) de los cuales se desarrollaran los siguientes: Optimización del recurso agua, mejora la calidad de las áreas verdes y preserva el ecosistema del lago.

Es evidente que en el mundo cada día el agua se vuelve un recurso más escaso. Lo que alguna vez se pensó que era abundante y perpetuo, hoy preocupa e incluso se especula que podría ser el eje causante de grandes guerras, epidemias y crisis. Los proyectos de reutilización de aguas residuales tienen como objetivo ambiental fundamental la preservación de este valioso recurso. La misma agua que llega a un sistema de tratamiento desde un inodoro puede retornar a él totalmente tratada, sin ningún tipo de peligro para el usuario. De esta forma en algún momento se puede cerrar un ciclo de recirculación de la totalidad del agua, lo que garantiza la permanencia del líquido a lo largo del tiempo.

El agua tratada será reutilizada en la irrigación de las áreas verdes del Campus. Debido a sus características esta agua lleva a las plantas todos los elementos necesarios para que estas crezcan sanas y rápidamente. No se les agrega abono y mantienen un color verde vivo mientras se utilice esta agua para irrigarlas.

El día de hoy el lago central del Campus es la fuente del riego de todas las áreas verdes de la Universidad. Esto tiene una gran repercusión en varios aspectos, principalmente en el propio ecosistema del lago.

Con los últimos inviernos secos el lago ha perdido una considerable cantidad de agua (más de 3 metros de altura en toda su extensión). Esto hace que la misma cantidad de peces y especies que habitan en el lago tengan que vivir en menos espacio, es decir aumenta la densidad poblacional. En el agua esto genera considerables bajas de oxígeno, principalmente durante las noches, cuando las algas también absorben este gas, causando mortalidades de las especies acuáticas que habitan en este medio.

Con el actual nivel del lago se ha imposibilitado la operación de riego, lo que ocasionará serios daños a todas las áreas verdes (incluidas plantaciones forestales de Teca y otras especies) y consigo a la imagen de una Universidad que debería de presentarse ante la comunidad como ejemplo en cuidados ambientales.

El lago de la ESPOL se forma porque es el punto de convergencia de las aguas que bajan desde los altos de los cerros aledaños en épocas de lluvia. Al no existir lluvias abundantes

durante la estación invernal, el lago no alcanza los niveles deseados, y de esta forma la Universidad se enfrenta a ciertos años “secos”, en donde no es posible extraer agua del lago. Más grave se ha vuelto la situación cuando habiendo precipitaciones, el nivel de agua del lago de todos modos baja por la creciente demanda de agua para riego.

En definitiva el proyecto eliminará cualquier posibilidad de sequía durante algunos años, pues la nueva fuente de irrigación serían las aguas servidas luego de recibir el tratamiento, cuyo flujo diario es mayor que el requerido para regar.

## **5.2 REGULACIONES AMBIENTALES**

En nuestro país la legislación vigente que hay que considerar para llevar a cabo proyectos sobre tratamiento de aguas residuales es el TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIO, conocido como “TULAS” por sus iniciales. Un extracto de estas leyes se encuentran en el anexo 5.2, los puntos más importantes y que hacen referencia a las secciones correspondientes a este proyecto.

La Planta de tratamiento de aguas residuales propuesta para el Campus Gustavo Galindo de la ESPOL tratará el agua de tal modo que podrá ser reutilizada en irrigación. Sin embargo hay que considerar también las condiciones para descargar a un cuerpo de agua dulce debido a que no siempre se irrigará (época de invierno o excedentes de agua).

Cabe acotar que el diseño propuesto en este proyecto cumplirá con esta legislación, por lo que desde el punto de vista legal el aprovechamiento de las aguas residuales de la ESPOL es totalmente viable.

Hay que considerar de todos modos realizar periódicamente análisis del agua (al menos una vez al año) para corroborar que la norma se esté cumpliendo y no tener problemas con las autoridades pertinentes.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto es rentable, al realizar los análisis financieros se obtuvo una TIR del casi 70%, lo que indica la alta factibilidad del proyecto. Es necesario poner en consideración su ejecución ya que en el mediano plazo el agua del lago no podrá ser considerada una fuente confiable para la irrigación.

Se establece la necesidad de que el campus Gustavo Galindo de la ESPOL tenga como prioridad el buen mantenimiento de sus áreas verdes, ya sean las áreas ornamentales, los diferentes sombríos y las canchas de football, requisito primordial para esto es una fuente constante de agua para riego.

Desde el punto de vista ambiental y ecológico es necesario poner en marcha el proyecto ya que es inaceptable que se continúe contaminando el ambiente, no solo por el potencial peligro que esto genera para el ecosistema del campus y de sus alrededores, sino por el riesgo eventual de enfrentar un problema legal con las autoridades ambientales del Ecuador.

En conclusión la puesta en marcha del proyecto es factible debido al actual y futuro déficit del agua del lago central del campus y debido a la importancia para la ESPOL de mantener la imagen de una institución seria comprometida con el cuidado del medio ambiente.

Este proyecto tiene como principal característica la creación de una fuente de agua para riego, pero es necesario realizar un estudio paralelo para determinar el posible ahorro si es que se utilizaría el agua de la planta en inodoros.

Es necesario considerar el crecimiento futuro del campus Gustavo Galindo y sus alrededores, crecimiento que no ha sido significativo en los últimos años, tendencia que pudiera cambiar, en el caso de desarrollarse el campus tecnológico o nuevas carreras o unidades, lo que llevaría a un aumento de edificios y áreas verdes, por ende un aumento de la demanda de agua tratado para riego y para inodoros.

### ANEXO 2.1.1.1

## NUMERO DE ESTUDIANTES DE LA ESPOL POR AÑO Y SEMESTRE

<b>AÑO/SEMESTRE</b>	<b>#ALUMNOS</b>
2000-1	8711
2000-2	8278
2001-1	8818
2001-2	8347
2002-1	7584
2002-2	7239
2003-1	7913
2003-2	7322
2004-1	7922
2004-2	7446

Elaboración: Autores del Proyecto

Fuente: CRECE

ANEXO 3.1.3

DEPRECIACIONES ANUALES

	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
<b>EDIFICACIONES Y OBRAS CIVILES</b>										
Instalaciones Generales	\$2.172,00	\$2.172,00	\$2.172,00	\$2.172,00	\$2.172,00	\$2.172,00	\$2.172,00	\$2.172,00	\$2.172,00	\$2.172,00
<b>EQUIPOS Y MAQUINARIAS</b>										
Blowers	\$800,00	\$800,00	\$800,00	\$800,00	\$800,00	\$800,00	\$800,00	\$800,00	\$800,00	\$800,00
Aireadores	\$2.800,00	\$2.800,00	\$2.800,00	\$2.800,00	\$2.800,00	\$2.800,00	\$2.800,00	\$2.800,00	\$2.800,00	\$2.800,00
Equipo de clarificacion	\$700,00	\$700,00	\$700,00	\$700,00	\$700,00	\$700,00	\$700,00	\$700,00	\$700,00	\$700,00
Sistema de distribucion de aire	\$100,00	\$100,00	\$100,00	\$100,00	\$100,00	\$100,00	\$100,00	\$100,00	\$100,00	\$100,00
Unidad de desinfeccion	\$500,00	\$500,00	\$500,00	\$500,00	\$500,00	\$500,00	\$500,00	\$500,00	\$500,00	\$500,00
Tablero Electrico	\$400,00	\$400,00	\$400,00	\$400,00	\$400,00	\$400,00	\$400,00	\$400,00	\$400,00	\$400,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$7.472,00</b>									

Elaboración: Autores del Proyecto



CIB-ESPOL

## ANEXO 3.2.2

### DETALLE DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ELECTRICO

Para determinar el consumo eléctrico  $\zeta$  de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del Campus Gustavo Galindo de la ESPOL, calcularemos el consumo total partiendo de un 100% de utilización de la Planta.

#### Equipos de la planta.-

La Planta estará dotada de los siguientes equipos:

2 AIREO2 de 7.5HP 3PH.....	Laguna de Aireacion
2 AIREO2 de 5HP 3P..H.....	Digestor de Lodos
1 blower de 3HP 3PH.....	Sistema de clarificación.
1 Equipo DC660.....	Sistema de desinfección

#### **Consumo KW.**

Sistema de aireación:	$7.5\text{HP} \times 2 \text{ unid.} \times 12 \text{ horas} \times 0.746 \text{ kw} = 134.28 \text{ kw.}$
Sistema de clarificación:	$3\text{HP} \times 1 \text{ unid.} \times 12 \text{ horas} \times 0.746 \text{ kw} = 26.86 \text{ kw.}$
Sistema digestor:	$5\text{HP} \times 2 \text{ unid} \times 12 \text{ horas} \times 0.746 \text{ kw} = 89.52 \text{ kw.}$
Sistema de desinfección:	$= 15.8 \text{ Kw.}$

Consumo total diario kw: 266.46

Consumo total mes kw: 7993.80

**Energía:** US\$ 470.08

**FERUM 10% :** US\$ 63.91

**Demanda:** US\$ 162.10

**Bomberos:** US\$ 1.10

**Comercialización:** US\$ 7.00

**Alumbrado público:** US\$ 39.56

**Recolección de basura:** US\$ 79.95

-----  
**Sub-total:** US\$ 639.18

-----  
**Sub-total:** US\$ 184.52

VALOR DE LA PLANILLA: **US\$ 823.70**

ANEXO 3.3.1 A

MES	Consumo Total m3	VALOR FACTURADO
Ene-04	11403	\$ 22.806,00
Feb-04	9310	\$ 18.620,00
Mar-04	9305	\$ 18.610,00
Abr-04	8269	\$ 16.538,00
May-04	8409	\$ 16.818,00
Jun-04	8257	\$ 16.514,00
Jul-04	11383	\$ 22.766,00
Ago-04	10722	\$ 21.444,00
Sep-04	11770	\$ 23.540,00
Oct-04	11145	\$ 22.290,00
Nov-04	10301	\$ 20.602,00
Dic-04	12307	\$ 24.614,00
<b>TOTAL</b>	<b>122581</b>	<b>\$ 245.162,00</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>10.215</b>	<b>\$ 20.430,17</b>

Elaboración: Autores del Proyecto

Fuente: Vicerectorado Financiero de la ESPOL

COSTO POR METRO CUBICO DE AGUA POTABLE (US\$ 1.10 mas costo de trasladar el agua a los diferentes puntos del campus, fuente Departamento de Mantenimiento de la ESPON)	\$ 2,00
--	---------

AÑO	m3 irrigacion y baños	m3 otros	m3 TOTALES	Consumo sin planta	Consumo con planta
1	24000	10215	34215	\$ 68.430,17	\$ 20.430,17
2	24000	10215	34215	\$ 68.430,17	\$ 20.430,17
3	24000	10215	34215	\$ 68.430,17	\$ 20.430,17
4	24000	10215	34215	\$ 68.430,17	\$ 20.430,17
5	24000	10215	34215	\$ 68.430,17	\$ 20.430,17
6	24000	10215	34215	\$ 68.430,17	\$ 20.430,17
7	24000	10215	34215	\$ 68.430,17	\$ 20.430,17
8	24000	10215	34215	\$ 68.430,17	\$ 20.430,17
9	24000	10215	34215	\$ 68.430,17	\$ 20.430,17
10	24000	10215	34215	\$ 68.430,17	\$ 20.430,17

Elaboración: Autores del Proyecto

### ANEXO 3.3.1 B

#### NECESIDAD DE M3 DE AGUA PARA IRRIGACION

ANO/MES	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	TOTAL M3	TOTAL US\$
1	0	0	0	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	24000	\$ 48.000,00
2	0	0	0	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	24000	\$ 48.000,00
3	0	0	0	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	24000	\$ 48.000,00
4	0	0	0	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	24000	\$ 48.000,00
5	0	0	0	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	24000	\$ 48.000,00
6	0	0	0	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	24000	\$ 48.000,00
7	0	0	0	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	24000	\$ 48.000,00
8	0	0	0	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	24000	\$ 48.000,00
9	0	0	0	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	24000	\$ 48.000,00
10	0	0	0	0	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	24000	\$ 48.000,00

Elaboración: Autores del Proyecto

COSTO POR METRO CUBICO DE AGUA POTABLE (US\$ 1.10 mas costo de trasladar el agua a los diferentes puntos del campus, fuente Departamento de Mantenimiento)	\$ 2,00
---	---------

NOTA: Para los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril, no se considera gasto en irrigacion debido a que son meses donde se presentan lluvias.

## ANEXO 5.2.

### EXTRACTO DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION AMBIENTAL SECUNDARIO

#### 4.1.4 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes.

Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en esta Norma.

Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan a continuación (ver tabla 6) :

**TABLA 6. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	visible		<b>Ausencia</b>
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforad	Concentración	mg/l	0,1

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
os (totales)	de organofosforados totales.		
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coniformes Totales	nmp/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	<b>cero</b>
Zinc	Zn	mg/l	2,0

Además de los criterios indicados, la Entidad Ambiental de Control utilizará también las siguientes guías para la interpretación de la calidad del agua para riego y deberá autorizar o no el uso de agua con grado de restricción severo o moderado (ver tabla 7):

**TABLA 7. PARÁMETROS DE LOS NIVELES GUÍA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO**

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	*GRADO DE RESTRICCIÓN.			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
<b>Salinidad (1):</b> CE (2) SDT (3)	Milimhos/cm mg/l	0,7 450	0,7 450	3,0 2000	>3,0 >2000
<b>Infiltración (4):</b> RAS = 0 – 3 y CE RAS = 3 – 6 y CE RAS = 6 – 12 y CE RAS = 12 – 20 y CE RAS = 20 – 40 y CE		0,7 1,2 1,9 2,9 5,0	0,7 1,2 1,9 2,9 5,0	0,2 0,3 0,5 1,3 2,9	< 0,2 < 0,3 < 0,5 <1,3 <2,9
<b>Toxicidad por ión específico (5):</b> <b>- Sodio:</b> Irrigación superficial RAS (6) Aspersión <b>- Cloruros</b> Irrigación superficial Aspersión <b>- Boro</b>	meq/l meq/l meq/l meq/l mg/l	3,0 3,0 4,0 3,0 0,7	3,0 3,0 4,0 3,0 0,7	9  10,0  3,0	> 9,0  >10,0  > 3,0
<b>Efectos misceláneos (7):</b> - Nitrógeno (N-NO <sub>3</sub> ) - Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> ) pH	mg/l meq/l Rango normal	5,0 1,5 6,5 –8,4	5,0 1,5 6,5 –8,4	30,0 8,5 6,5 –8,4	>30,0 > 8,5 6,5 –8,4

\*Es un grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

- (1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.
- (2) Conductividad eléctrica del agua: regadío ( 1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).
- (3) Sólidos disueltos totales.
- (4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.
- (5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.
- (6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada.
- (7) Afecta a los cultivos susceptibles.

## **4.2 Criterios generales para la descarga de efluentes**

### **4.2.1 Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua**

4.2.1.1 El regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor. Es mandatorio que el caudal reportado de los efluentes generados sea respaldado con datos de producción.

4.2.1.2 En las tablas # 11, 12 y 13 de la presente norma, se establecen los parámetros de descarga hacia el sistema de alcantarillado y cuerpos de agua (dulce y marina), los valores de los límites máximos permisibles, corresponden a promedios diarios. La Entidad Ambiental de Control deberá establecer la normativa complementaria en la cual se establezca: La frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.

**4.2.1.3** Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados.

**4.2.1.4** Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus normas, mediante ordenanzas, considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. En sujeción a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación.

**4.2.1.5** Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas. La Entidad Ambiental de Control, de manera provisional mientras no exista sistema de alcantarillado certificado por el proveedor del servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento e informe favorable de ésta entidad para esa descarga, podrá permitir la descarga de aguas residuales a sistemas de recolección de aguas lluvias, por excepción, siempre que estas cumplan con las normas de descarga a cuerpos de agua.

**4.2.1.6** Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado.

Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento.

**4.2.1.7** Para el caso de los pesticidas, si el efluente después del tratamiento convencional y previa descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, no cumple con los parámetros de descarga establecidos en la presente normativa (Tablas 11, 12 y 13), deberá aplicarse un tratamiento avanzado.

**4.2.1.8** Los laboratorios que realicen los análisis de determinación del grado de contaminación de los efluentes o cuerpos receptores deberán haber implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis y estar certificados por alguna norma internacional de laboratorios, hasta tanto el organismo de acreditación ecuatoriano establezca el sistema de acreditación nacional que los laboratorios deberán cumplir. .

**4.2.1.9** Los sistemas de drenaje para las aguas domésticas, industriales y pluviales que se generen en una industria, deberán encontrarse separadas en sus respectivos sistemas o colectores.

**4.2.1.10** Se prohíbe descargar sustancias o desechos peligrosos (líquidos-sólidos-semisólidos) fuera de los estándares permitidos, hacia el cuerpo receptor, sistema de alcantarillado y sistema de aguas lluvias.

**4.2.1.11** Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, o hacia un cuerpo de agua, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

**4.2.1.12** Se prohíbe la infiltración al suelo, de efluentes industriales tratados y no tratados, sin permiso de la Entidad Ambiental de Control.

**4.2.1.13** Las aguas provenientes de la explotación petrolífera y de gas natural, podrán ser reinyectadas de acuerdo a lo establecido en las leyes, reglamentos y normas específicas, que se encuentren en vigencia, para el sector hidrocarbúfero.

**4.2.1.14** El regulado deberá disponer de sitios adecuados para caracterización y aforo de sus efluentes y proporcionarán todas las facilidades para que el personal técnico encargado del control pueda efectuar su trabajo de la mejor manera posible.

A la salida de las descargas de los efluentes no tratados y de los tratados, deberán existir sistemas apropiados, ubicados para medición de caudales. Para

la medición del caudal en canales o tuberías se usarán vertederos rectangulares o triangulares, medidor Parshall u otros aprobados por la Entidad Ambiental de Control. La tubería o canal de conducción y descarga de los efluentes, deberá ser conectada con un tanque de disipación de energía y acumulación de líquido, el cual se ubicará en un lugar nivelado y libre de perturbaciones, antes de llegar al vertedero. El vertedero deberá estar nivelado en sentido perpendicular al fondo del canal y sus características dependerán del tipo de vertedero y del ancho del canal o tanque de aproximación.

**4.2.1.15** Los lixiviados generados en los rellenos sanitarios cumplirán con los rangos y límites establecidos en las normas de descargas a un cuerpo de agua.

**4.2.1.16** De acuerdo con su caracterización toda descarga puntual al sistema de alcantarillado y toda descarga puntual o no puntual a un cuerpo receptor, deberá cumplir con las disposiciones de esta Norma. La Entidad Ambiental de Control dictará la guía técnica de los parámetros mínimos de descarga a analizarse o monitorearse, que deberá cumplir todo regulado. La expedición de la guía técnica deberá darse en un plazo máximo de un mes después de la publicación de la presente norma. Hasta la expedición de la guía técnica es responsabilidad de la Entidad Ambiental de Control determinar los parámetros de las descargas que debe monitorear el regulado.

**4.2.1.17** Se prohíbe la descarga de residuos líquidos no tratados, provenientes de embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre, hacia los sistemas de alcantarillado, o cuerpos receptores. Se observarán las disposiciones vigentes en el Código de Policía Marítima y los convenios internacionales establecidos, sin embargo, una vez que los residuos sean evacuados a tierra, la Entidad Ambiental de Control podrá ser el Municipio o Consejo Provincial, si tiene transferida competencias ambientales que incluyan la prevención y control de la contaminación, caso contrario seguirá siendo la Dirección General de la Marina Mercante.

La Dirección General de la Marina Mercante (DIGMER) fijará las normas de descarga para el caso contemplado en este artículo, guardando siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva con respecto a la presente Norma. DIGMER será la Entidad Ambiental de Control para embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre.

**4.2.1.18** Los regulados que amplíen o modifiquen su producción, actualizarán la información entregada a la Entidad de Control de manera inmediata, y serán considerados como regulados nuevos con respecto al control de las descargas que correspondan al grado de ampliación y deberán obtener las autorizaciones administrativas correspondientes.

**4.2.1.19** La Entidad Ambiental de Control establecerá los parámetros a ser regulados para cada tipo de actividad económica, especificando La frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.

**4.2.1.20** Cuando los regulados, aún cumpliendo con las normas de descarga, produzcan concentraciones en el cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, que excedan los criterios de calidad para el uso o los usos asignados al agua, la Entidad Ambiental de Control podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos realizados por la Entidad Ambiental de Control, justificando esta decisión.

**4.2.1.21** Los sedimentos, lodos y sustancias sólidas provenientes de sistemas de potabilización de agua y de tratamiento de desechos y otras tales como residuos del área de la construcción, cenizas, cachaza, bagazo, o cualquier tipo de desecho doméstico o industrial, no deberán disponerse en aguas superficiales, subterráneas, marinas, de estuario, sistemas de alcantarillado y cauces de agua estacionales secos o no, y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales referentes a los desechos sólidos no peligrosos.

#### **Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina**

**4.2.3.1** Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos sólidos y líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves y otros medios de transporte, aprobados por la Dirección General de la Marina Mercante y la Entidad Ambiental de Control. Dichos sistemas deberán ajustarse a lo establecido en la presente Norma, sin embargo los municipios podrán establecer regulaciones más restrictivas de existir las justificaciones técnicas.

**4.2.3.2** Se prohíbe todo tipo de descarga en:

- a) Las cabeceras de las fuentes de agua.
- b) Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local y,
- c) Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.

**4.2.3.3** Los regulados que exploren, exploten, refinen, transformen, procesen, transporten o almacenen hidrocarburos o sustancias peligrosas susceptibles de contaminar cuerpos de agua deberán contar y aplicar un plan de contingencia

para la prevención y control de derrames, el cual deberá ser aprobado y verificado por la Entidad Ambiental de Control.

**4.2.3.4** Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. Las normas guardarán siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva y deberán contar con los estudios técnicos y económicos que lo justifiquen.

En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno.

**4.2.3.5** Para el caso de industrias que capten y descarguen en el mismo cuerpo receptor, la descarga se hará aguas arriba de la captación.

**4.2.3.6** Para efectos del control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos, se establece lo siguiente:

- a) Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de cincuenta (50) metros, y la aplicación aérea de los mismos, dentro de una franja de cien (100) metros, medidas en ambos casos desde las orillas de todo cuerpo de agua,
- b) La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente, requerirá el informe y autorización previa del Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- c) Además de las disposiciones contenidas en la presente Norma, se deberá cumplir las demás de carácter legal y reglamentario sobre el tema, así como los listados referenciales de la Organización para la Agricultura y Alimentos de Naciones Unidas (FAO).

**4.2.3.7** Toda descarga a un cuerpo de **agua dulce**, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación (ver tabla 12).

**TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce**

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	<b>No detectable</b>
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		<sup>1</sup> Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos	TPH	mg/l	20,0

<sup>1</sup> Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Totales de Petróleo			
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	<b>Visibles</b>		<b>Ausencia</b>
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	1000
Sulfitos	SO <sub>3</sub>	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

\* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.