



**UNIVERSIDAD CATOLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de Grado**  
Previo a la obtención del título de  
**INGENIERO CIVIL**

**Tema:**  
**“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE  
ALCANTARILLADO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA  
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MÁS  
FAVORABLE PARA EL RECINTO BUIJO  
HISTÓRICO DEL CANTÓN DE SAMBORONDÓN”**

**Realizado por:**  
**JOSÉ DANIEL ARCE POVEDA**

**Directora:**  
**ING. NANCY VARELA TERREROS, MAE**

**Guayaquil – Ecuador**  
**2011**

# **TESIS DE GRADO**

**Tema:**

## **Optimización del Sistema de Alcantarillado y Selección del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales más favorable para El Recinto Buijo Histórico del Cantón de Samborondón**

**Presentado a la Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil de la  
Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.**

**Por:**

**JOSÉ DANIEL ARCE POVEDA**

**Para dar cumplimiento con uno de los requisitos para optar**

**Por el título de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Tribunal de sustentación**

**Ing. Nancy Varela Terreros, MAE  
Directora de trabajo de Grado**

**Ing. Miguel Cabrera Santos. Msh.  
PROFESOR INVITADO**

**Dr. Ing. Walter Mera Ortiz  
DECANO DE LA FACULTAD**

**Ing. Lilia Valarezo de Pareja. M.Sc  
DIRECTORA DE LA ESCUELA**



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## ÍNDICE

### CAPÍTULO 1

#### INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Hipótesis y Objetivos .....	4
1.2.1. Hipótesis .....	4
1.2.2. Objetivos Generales .....	4
1.2.3. Objetivos Específicos .....	4

### CAPÍTULO 2

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Situación Actual.....	7
2.1.1. Información Geográfica y Demográfica del Buijo Histórico .....	7
2.1.2. La Historia Colonial en el Buijo Histórico .....	8
2.1.3. Calidad de Vida presente en el Buijo Histórico .....	8
2.1.4. Disposición del agua lluvia y servida antes de la construcción de las Redes de Alcantarillado Sanitario y Pluvial .....	13



2.1.5. Condiciones climáticas del recinto .....	14
2.1.6. Actividades socio-económicas .....	15
2.1.7. La Cultura en el recinto .....	16
2.2. Redes de recolección de aguas servidas .....	17
2.3. Tratamiento de aguas residuales .....	17
2.4. Lagunas de Estabilización.....	19
2.4.1. Funcionamiento. Tipos.....	19
2.4.2. Operación y Mantenimiento del sistema. Ventajas y Desventajas .....	20
2.4.3. Aplicación de este sistema en sectores de similares características... ..	23
2.5. Pantanos o Humedales Artificiales.....	27
2.5.1. Funcionamiento. Comportamiento físico .....	27
2.5.2. Ventajas en su uso.....	29
2.5.3. Desventajas en su uso .....	29
2.5.4. Flujo Superficial y Flujo Sub-Superficial .....	30
2.5.5. Filtros de flujo vertical y horizontal .....	31
2.5.6. Principales mecanismos de depuración .....	33
2.5.7. Pantanos aplicados en Ecuador .....	34
2.6. Plantas de Tratamiento. Sistema de Lodos Activos.....	36
2.6.1. Funcionamiento .....	36
2.6.2. Estimación de costos.....	38
2.6.3. Sistemas aplicados en países de condiciones similares .....	39
2.7. Otros Sistemas de Tratamiento .....	41
2.8. Descargas a cielo abierto.....	43
2.9. Calidad del agua en descargas no tratadas. Afectación al medio ambiente .....	44
2.10. Estado del tratamiento de aguas residuales en la Ciudad de Guayaquil.....	45



## CAPÍTULO 3

### DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1.	Situación Futura.....	48
3.1.1.	Población proyectada.....	48
3.1.2.	Cálculo del caudal máximo a tratar.....	50
3.1.3.	Calidad del Afluente .....	51
3.1.4.	Proyectos a realizarse.....	52
3.2.	Revisión de la Red.....	53
3.2.1.	Escenarios propuestos .....	54
3.2.2.	Resultados obtenidos de cada escenario .....	55
3.3.	Lagunas de Estabilización.....	57
3.3.1.	Ubicación más favorable .....	57
3.3.2.	Facilidades y Mantenimiento .....	57
3.3.3.	Superficie requerida .....	57
3.3.4.	Tratamiento obtenido .....	58
3.3.5.	Presupuesto Referencial .....	60
3.3.6.	Desventajas.....	60
3.4.	Pantanos Artificiales de Flujo Sub-Superficial .....	61
3.4.1.	Ubicación más favorable .....	61
3.4.2.	Facilidades y Mantenimiento .....	61
3.4.3.	Superficie requerida .....	62
3.4.4.	Tratamiento obtenido.....	63
3.4.5.	Presupuesto Referencial .....	64
3.4.6.	Desventajas.....	64



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

3.5.	Plantas de Tratamiento. Sistema de Lodos Activos.....	64
3.5.1.	Ubicación más favorable .....	65
3.5.2.	Facilidades y Mantenimiento .....	65
3.5.3.	Unidades de la planta .....	66
3.5.4.	Tratamiento obtenido.....	67
3.5.5.	Presupuesto Referencial .....	67
3.5.6.	Desventajas.....	68

## **CAPÍTULO 4**

### **COMPARACIÓN ENTRE SISTEMAS**

4.1.	Comparación entre sistemas.....	70
4.1.1.	Comparación en función del VAN (VALOR ACTUAL NETO).....	70
4.1.2.	Comparación en función de los Gastos por Inversión .....	71
4.1.3.	Comparación en función de los Gastos por Mantenimiento y Operación .....	72
4.1.4.	Comparación en función de la Superficie Ocupada .....	73
4.1.5.	Comparación en función del Tratamiento Obtenido.....	74
4.1.6.	Comparación en función de la Afectación Ambiental .....	75



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## CAPÍTULO 5

### OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Observaciones .....	78
5.2. Recomendaciones .....	79

## ANEXO

Anexo 1 .....	82
Anexo 2.....	83
Anexo 3.....	107
Anexo 4.....	115
Anexo 5.....	116
Anexo 6.....	117
Anexo 7.....	118
Anexo 8.....	119
Anexo 9.....	120
Anexo 10 .....	121



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

Anexo 11 .....	122
Anexo 12 .....	123
Anexo 13 .....	124
Anexo 14 .....	125



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

Este Trabajo de Grado, “Optimización del sistema de alcantarillado y selección del sistema de tratamiento de aguas residuales más favorable para el Recinto Buijo Histórico del Cantón de Samborondón”, surge como el aporte a una necesidad que debe suplirse en este recinto, además como soporte y sustentación para la obtención del título de Ingeniero Civil que otorga la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

En el Cantón de Samborondón, el 31.60% de las viviendas realizan la eliminación de sus excretas por la red pública de alcantarillado; el 25,80% los elimina a pozos sépticos; el 15,70% a pozos ciegos y el porcentaje restante significativo del 26,9% lo hacen de otras formas.

Este servicio se encuentra en manos de la Municipalidad del Cantón, conjuntamente con Amagua, quienes obligatoriamente deben proyectar redes de alcantarillado sanitario que presten el servicio al 68,40% de la población que carece del mismo.

La Población de Samborondón, no contaba con un Sistema de Alcantarillado Sanitario en el Recinto Buijo Histórico. Aquí el agua servida era eliminada a través de pozos ciegos y fosas sépticas.

En el sector existían canales abiertos, canales que recibían también aguas servidas domiciliarias y que constituían un foco tremendo de contaminación ambiental, que afectaba la Salud Pública de los moradores del sector, situación problemática y responsable de una alta tasa de enfermedades gastrointestinales.

En el Recinto Buijo Histórico se ha diseñado un colector de aguas servidas de 400mm con una pendiente de 2 o/oo, las agua servidas por medio de la Red Terciaria de 6" ubicada en la totalidad de las calles del sector, que a través de una serie de cámaras traslada los restos fecales a la estación de bombeo a ser construida para este fin en un terreno adecuado para dichos fines que no afecte a la población.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## **1.2. Hipótesis y Objetivos**

### **1.2.1. Hipótesis.-**

La instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales sería el sistema de tratamiento más favorable para el Recinto Buijo Histórico, sea que se esté tratando de su proyección técnica, la inversión económica que amerita y su ahorro futuro por sus ventajas entre mantenimiento y servicio, la preservación del ambiente en general, así como de los moradores del lugar o aquellos cercanos a él.

### **1.2.2. Objetivos Generales.-**

Determinar, de entre los diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales, el más adecuado para la población del Recinto Buijo Histórico y el entorno que lo rodea.

Comprobar la correcta funcionalidad hidráulica de la red de alcantarillado sanitario construida actualmente, incluyendo una proyección de la población y el caudal a generarse, al final del período de diseño, para corroborar la factibilidad del mismo.

### **1.2.3. Objetivos Específicos.-**

Realizar el cálculo de caudales y descargas, que permitan establecer parámetros e indicadores, que orienten a una óptima selección del sistema de tratamiento de aguas servidas.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

Evaluar la aceptación y la afectación, tanto a la población como al ambiente, de cada sistema seleccionado.

Elaborar tablas de costos de inversión y de mantenimiento para cada una de las alternativas escogidas como posibles sistemas de tratamiento, comparándolas entre sí.

Determinar el sistema que se verá afectado en menor grado frente a las condiciones del sector.

Desarrollar escenarios paralelos a los que se les realizará un análisis hidráulico, con objeto de comprobar la factibilidad del diseño o, en su defecto, la determinación de alternativas eficientemente similares y/o mejores.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Situación Actual.-**

##### **2.1.1. Información Geográfica y Demográfica del Buijo Histórico**

El Buijo Histórico es un recinto del Cantón Samborondón, ubicado a la altura del km. 9 de la Vía a Samborondón, en la Provincia del Guayas, entre el sector de El Cortijo y Ciudad Celeste, específicamente a un costado de las urbanizaciones de nombres “La Delfina” y “La Coralia”.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

Ocupa una superficie aproximada de 13.43 hectáreas, sobre las que viven en promedio 2500 habitantes en la presente fecha. La tasa de crecimiento demográfico del Cantón Samborondón, en general, está por el 2.70 % (dato estadístico determinado por el INEC), lo que determina, al 2025, año proyectado de análisis y diseño del sistema en general, una población cercana a las 3935 personas.

### **2.1.2. La Historia Colonial en el Buijo Histórico**

Dentro de los libros de la historia ecuatoriana, el Recinto Buijo Histórico tiene escritas sus páginas. En este lugar, el Libertador Simón Bolívar instaló el Cuartel General el 26 de junio de 1829, fecha en la que llegó por primera vez a este sitio. El 27 del mismo mes se firma el Tratado del Buijo, hecho de suma importancia, ya que en este año se inician una serie de actividades históricas como la tan recordada suspensión de hostilidades en la ciudad de Guayaquil.

### **2.1.3. Calidad de Vida presente en el Buijo Histórico**

La actual población del Recinto Buijo Histórico está distribuida a lo largo de las veintiséis manzanas que lo conforman, además de ciertas viviendas aisladas a esta distribución.

El 58% de las familias tienen vivienda propia, mientras que el porcentaje restante arrienda o vive junto a otro familiar o tienen vivienda gratuita. En la actualidad, el MIDUVI está llevando a cabo un programa habitacional interesante con el que terminaran erradicando el porcentaje restante de casas de madera y caña.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

En promedio, un 87% de las viviendas del lugar son de una planta. El porcentaje restante son de dos plantas. Las casas de una sola planta tienen un solo baño, mientras las de dos plantas pueden tener hasta 2 ó 3 baños. Cada casa tiene como mínimo un baño, a diferencia de aquellas que presentan más de una planta.

El Buijo Histórico cuenta con su propia escuela fiscal a la que asisten niños de corta edad, llegando hasta tercer grado. Los mayores a este nivel van a escuelas o colegios fuera del recinto, en horarios matutinos o vespertinos.

Cuentan con un sub-centro de salud que atiende a residentes y a visitantes de igual manera y en el momento requerido. Sus instalaciones son lo suficientemente completas para tratar enfermedades comunes, infecciones, heridas, roturas, etc.

Tienen a disposición dos iglesias, una católica y la otra evangélica, a las que sus fieles asisten periódicamente.

Disponen de un malecón cuya primera fase está ya concluida, presenta las camineras, barandas, su glorieta, zonas para circulación de bicicletas, bordillos, aceras, sectores destinados para áreas verdes y juegos. La segunda fase está a la espera de la partida presupuestaria requerida para iniciar su proceso. Esta parte incluye, más que nada, su arborización y proyección a ser un sitio de gran atractivo turístico para ser disfrutado por sus residentes y visitantes.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

Este recinto tiene en su haber su instalación eléctrica y telefónica, una red de agua potable manejada por AMAGUA y la Ilustre Municipalidad, un sistema de alcantarillado pluvial y sanitario, también manejados por AMAGUA y la Ilustre Municipalidad, mas no su sistema de tratamiento de aguas residuales.

Los múltiples asentamientos y adquisiciones de terrenos han dado origen a una sobresaturación de estos servicios, pues este sitio es muy vulnerable a invasiones externas e internas, lo que ha derivado en un sin número de conexiones clandestinas que, en términos de unidad, han vuelto a cada uno de estos sistemas insuficientes. Esta singular problemática está siendo atendida conjuntamente entre la I. Municipalidad del Cantón de Samborondón y las entidades encargadas de cada frente.

Del total de viviendas que existen en el Recinto Buijo Histórico, aproximadamente el 67% se abastece de agua a través de la Red Pública, agua tratada con Hipoclorito de sodio. Su servicio es manejado por la Ilustre Municipalidad y la Empresa Amagua.

El Servicio de Energía eléctrica del recinto se está normalizando con la instalación de postes, transformadores y medidores para cada una de las viviendas, el 93% dispone de este servicio básico y solo el 7% no lo tiene. Tras la normalización todos los habitantes podrán hacer uso del mismo. El Servicio lo maneja la empresa eléctrica EMELGUR.

En el Servicio de telefonía fija se tiene el problema crítico; pues solo el 15% de las viviendas del recinto poseen este servicio. El servicio telefónico lo maneja la Empresa Pacifictel.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

El sistema de alcantarillado pluvial cuenta con sus respectivos colectores principales, tubería Novafort de PVC. El agua lluvia llega a las cunetas de cada manzana o grupo de manzanas mediante la pendiente transversal del 2,00%, presente en las aceras o en el bombeo de sus vías de acceso, principales o secundarias.

El Recinto Buijo Histórico dispone también de un sistema de alcantarillado sanitario totalmente construido y en funcionamiento, sin embargo, carece de su respectivo tratamiento de aguas residuales.

El sistema implantado en el Recinto Buijo Histórico cuenta con una red primaria, secundaria y terciaria. Este servicio se encuentra en manos de la Municipalidad del Cantón y Amagua.

La red primaria, esto es el colector principal y sus respectivas derivaciones secundarias, la constituyen tuberías Novafort de 400mm de diámetro correctamente instaladas, con una pendiente de 2 ‰ y conectadas mediante doce cámaras cilíndricas de hormigón armado de 1,22 metros de diámetro interior y paredes de un espesor de 20 centímetros. La altura de cada una de ellas depende de su ubicación. El invert de las cámaras inicia en la cota 4.50 m. y finaliza en la cota 2.72 m. La red secundaria la constituyen tramos del mismo colector principal que abastecen zonas lejanas al tramo principal de la red primaria.

La Red Terciaria está formada en conjunto por un sistema de cajas rectangulares domiciliarias de 80 por 65 centímetros que conforman circuitos por calles y manzanas mediante tuberías de 160 mm de diámetro, trasladando las excretas a la cámara del respectivo circuito. Esta conexión es efectuada mediante tirantes de 250 mm de diámetro.



Durante la ejecución de este proyecto, se consideraron una serie de parámetros y condiciones que se disponen a continuación:

- Por la ubicación del recinto, una zona poblada por un sinnúmero de urbanizaciones, tendencia en auge en el sector, por una mayor plusvalía, por su concentración de viviendas por manzana y por el trazado vial ya definido en su vía de acceso principal, se optó por un diseño de alcantarillado sanitario del tipo 3, con diámetros mínimos de 150 mm.
- Todas las tuberías siguen la línea de tendencia de las pendientes del terreno natural.
- Las tuberías de la red de alcantarillado están dispuestas como mínimo 30 centímetros por debajo de la línea de agua potable.
- Por ser un sector de considerable circulación, sobretodo en su vía principal, se consideró un relleno mínimo de 1,20 metros de profundidad, medido desde la corona del tubo hasta la cota de asfalto.
- El diámetro mínimo para conexiones intrafamiliares será de 4”.
- La conexión primaria, secundaria y terciaria debe garantizar estanqueidad, infiltraciones nulas y continuidad del flujo.
- Que la red o algún tramo de ella jamás funcione a presión, que no se generen o existan posibilidades de generación de saltos o curvas de remanso.
- La velocidad del agua trasladada por esta red debe oscilar entre 0,45 y 0,60 m/s para su caudal máximo instantáneo. Esta velocidad es capaz de generar auto limpieza.

El detalle en planta del Recinto Buijo Histórico y de la red en general puede ser observado en el **ANEXO 1, página 82**.



#### **2.1.4. Disposición del agua lluvia y servida antes de la construcción de las Redes de Alcantarillado Sanitario y Pluvial.**

El afluyente proveniente del agua lluvia llega bajo pendiente a los sumideros instalados en cada manzana y, a partir de aquí, el sistema pluvial instalado se encarga de su transporte hasta su punto final de descarga, el Río Babahoyo.

Paralelo a esto, la red de alcantarillado sanitario descarga sus aguas servidas a un canal natural de aguas lluvias, localizado al noreste del recinto, mediante su línea de impulsión, conectando finalmente con el Río Babahoyo. Esta situación vuelve necesaria la construcción de un sistema de tratamiento eficiente que mejore las condiciones y la calidad de vida de los moradores del sector y de las zonas habitadas circundantes, así como todo lo referente a la flora y fauna del río y sus ecosistemas contiguos.

Hace menos de dos meses, los métodos de eliminación de desechos sanitarios de los residentes del Buijo Histórico era mediante el empleo de pozos sépticos, los cuales, por los índices de crecimiento poblacional, además de la falta de limpieza de los mismos, resultaban ser un medio inadecuado y obsoleto para el tratamiento de dichos residuos y para la preservación de la salud pública de sus habitantes.

Otras vías, consideradas por sus pobladores factibles para la eliminación de sus aguas servidas eran los canales abiertos, descargas directas dentro de cada lote y eliminación por evaporación, e incluso descargas dentro del sistema de alcantarillado pluvial.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

En el lugar, existe la enorme posibilidad de una mezcla de afluentes dentro de la red de alcantarillado pluvial. Muy pocas familias tienen máquinas lavadoras debidamente conectadas, mientras otras descargan directamente a las cunetas. Así mismo, mientras hay familias que utilizan sus lavarropas adecuadamente contruidos y conectados al sistema de aguas servidas, otras familias lavan sus prendas mediante el uso de tanques o lavacaros realizando normalmente esta actividad sobre la acera, frente a la puerta principal de su domicilio.

En caso de que esto se mantenga, habrá que contemplar la filtración de aguas grises a la red de alcantarillado pluvial, recordando que está conectada al Río Babahoyo y la afectación que generaría al mismo.

Lo que se busca conseguir con este trabajo es determinar la revalidación de la red actual de alcantarillado y su complementación con un sistema de tratamiento de aguas residuales eficiente tanto en la rama técnica (lo dictado y establecido por las normas), la rama económica, social y ambiental. De este modo, la población del Recinto Buijo Histórico podrá favorecerse con un entorno saludable y una mejor calidad de vida.

#### **2.1.5. Condiciones climáticas del recinto.**

Esta región presenta las estaciones de invierno y verano, lo que determina días secos y lluviosos. Su temperatura es templada y oscila entre los 30 a 32 grados, en temporada invernal y de 23 a 28 grados en época de verano.



### **2.1.6. Actividades socio-económicas.**

De modo general para todo el Cantón de Samborondón, el clima y los ríos que lo circundan hacen de él y de sus tierras de una fertilidad inusual, pues su poder económico se basa en la agricultura y ganadería.

Sus habitantes, en un alto porcentaje, viven de la siembra y cosecha de gramíneas siendo la más importante el arroz, cultivo de ciclo corto que se explota de gran forma para alimentar a gran parte de la población ecuatoriana. Además hay cultivos de maíz, café, cacao, banano y diversas frutas. La agricultura constituye una de las principales actividades económicas del cantón lo que influye por ser una fuente de riqueza que es base de la alimentación nacional, los campesinos de esta zona llegan a cosechar hasta tres veces al año lo que convierte a esta actividad en la más rentable del sector.

Debido a la variada riqueza ictiológica de los ríos de esta región, la pesca ha sido siempre otra de las actividades importantes a la que se ha dedicado un gran sector de la población samborondeña; especialmente los habitantes del sur de esta ciudad, personas de la Parroquia Tarifa y el Buijo Histórico, que tienen en esta labor un importante medio de subsistencia diaria. Provistos de sus equipos propios para esta faena, salen diariamente en sus pequeñas canoas, principalmente por la noche, para iniciar la jornada en busca de las especies.

Las variedades de especies que abundan en estos ríos son: la corvina, el bocachico, las viejas, las tilapias, el bagre, las lisas, el robalo, el ciego, las dicas, el barbudo, el sábalo, el guanchiche, el bío, el ratón, la guaija, etc., y sobre todo los camarones de agua dulce, muy apreciados por su exquisito sabor.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

Particularmente, del total de pobladores del Recinto Buijo Histórico, sólo un mediano porcentaje de ellos viven de labores concernientes a la ganadería, la agricultura, la pesca artesanal, e incluso en lo relacionado al área constructiva, rama que en Samborondón está en pleno auge.

En cuanto a la actividad comercial del recinto, ocho tiendas suplen de víveres a la demanda del lugar que contempla habitantes del Buijo Histórico, de Ciudad Celeste, Lago Sol, Laguna Sol, Terra Sol, Vista Sol y otras urbanizaciones cercanas. También, dentro de esta actividad, existen 4 locales de comida que proveen de desayunos y almuerzos a los pobladores del lugar y ajenos al mismo. Respectivamente estos locales comerciales abastecen aproximadamente a unas 335 personas (trabajadores externos, visitantes, etc.).

#### **2.1.7. La Cultura en el recinto.**

Para muchos estudiosos de la historia del Ecuador, la cultura Chorrera se estableció en lo que es hoy la Provincia del Guayas, dejando sus huellas en la cerámica que en la actualidad es motivo de orgullo para el pueblo samborondeño, lo que incluye al Buijo Histórico en este grupo.

En cuanto a la danza, los jóvenes cultivan este arte, el mismo que enaltece el alma y el espíritu creando una sinfonía de destrezas, dando a conocer nuestras costumbres y tradiciones que es un orgullo de sus habitantes.



## **2.2. Redes de recolección de aguas servidas.-**

Con objeto de prevenir, mitigar y atenuar los impactos ambientales adversos generados por la situación, tiempo atrás, generada por un sistema de recolección de aguas servidas conformada por pozos ciegos, fosas sépticas, descargas a cielo abierto, conexiones clandestinas al alcantarillado pluvial, descargas al terreno dentro de cada lindero, se elaboró el diseño y la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para el Recinto Buijo Histórico.

Estas aguas residuales eran y siguen siendo descargadas directamente al Río Babahoyo, uno de los principales afluentes del Río Guayas, cuna de muchas especies animales y vegetales. A pesar de la capacidad de autodepuración y oxigenación de este río, esta cualidad no priva del deber de tratar estas aguas.

En primer lugar, previo a cualquier construcción de un sistema de tratamiento de aguas servidas, es necesario que, la población a servirse, disponga de una completa red de alcantarillado sanitario con un eficiente funcionamiento. El Recinto Buijo Histórico ya cuenta con ella. Para su diseño y construcción se tomaron decisiones y lineamientos basados en lo dispuesto por las Normas del IEOS, específicamente el Octavo Capítulo (**VER ANEXO 2, página 83**).

## **2.3. Tratamiento de aguas residuales**

Normalmente el agua proveniente del alcantarillado sanitario de un sitio cualquiera termina siendo descargado a un cuerpo de agua, dulce o salado. De acuerdo al nivel de su tratamiento, estas descargas generan o



no el deterioro de la calidad del agua y dificulta su uso para los fines pretendidos.

Como principales contaminantes del agua, además de los agentes infecciosos, el petróleo, compuestos químicos, sustancias radioactivas o el calor, están las aguas residuales y cualquier otro residuo demandante de oxígeno.

Estas aguas son tratadas mediante procesos físicos, químicos y biológicos, incluidos en sistemas aerobios o anaerobios (presencia o ausencia de oxígeno, respectivamente), cuya finalidad es la depuración del efluente generado por las actividades humanas en general, y cuyo producto puede ser vertido, sin problema alguno, a cualquier tipo de cuerpo de agua.

En lugares donde el agua es escasa, este tratamiento tiene carácter de urgente. Un ejemplo de esto es la zona de Sonora-Arizona, sector de gran auge económico y comercial, lo que fomentaba el crecimiento poblacional y que es compartido entre Estados Unidos y México. El 5 de septiembre de 1967 se acordó en el Acta 227, se aprobó la ejecución de obras complementarias que favorecieran un mejor control y manejo de las aguas que llegan a esta red de lagunas ubicada en la porción de Arizona. Estas medidas debieron tomarse para evitar la contaminación de los ríos y demás cuerpos hídricos cercanos al lugar.

Como se aprecia en la **Foto 3 de la página 22**, preferentemente deben estar alejadas de sectores poblados.



## **2.4. Lagunas de Estabilización.-**

### **2.4.1. Funcionamiento. Tipos.**

Las lagunas de estabilización es un sistema de reservorios artificiales, de una o varias lagunas anaerobias, facultativas y de maduración, que conforman, respectivamente, el tratamiento primario, secundario y terciario, que constituyen la tecnología más económica para la remoción de microorganismos patógenos, especialmente en zonas donde el costo de la tierra es bajo, por medio de mecanismos de desinfección natural.

Son más eficientes en zonas tropicales y subtropicales, pues su buen funcionamiento es directamente proporcional a la intensidad del brillo solar y la temperatura ambiente, por lo que la calidad del efluente tratado puede ser variable en el transcurso de meses, días u horas.

El tratamiento primario se lleva a cabo en la laguna anaerobia, diseñada para la remoción de la materia orgánica suspendida y parte del DBO5 del agua residual. De entre las tres éstas son las pequeñas. Funcionan como unidades de almacenamiento abiertas que, bien diseñadas, podrían remover alrededor del 60% del DBO5 del efluente a temperaturas mínimas de 20°C.

La etapa secundaria remueve el DBO5 restante por medio de poblaciones de algas y bacterias heterotróficas que trabajan en conjunto, las primeras generando el oxígeno que requieren las segundas para su acción.



La etapa terciaria está orientada a la remoción de patógenos y nutrientes mediante una mayor población de algas que la que existe en la segunda etapa. La remoción del DBO5 es mínima, a diferencia de la de fósforo y nitrógeno.

#### **2.4.2. Operación y Mantenimiento del sistema. Ventajas y Desventajas.**

En cuanto a la operación y el mantenimiento de este sistema, las lagunas deben ser impermeabilizadas, caso contrario debe evitarse el desarrollo de especies vegetales dentro de ellas. El caso de la impermeabilización tiene mayor necesidad en suelos permeables, sin embargo es recomendable hacerlo para evitar pérdidas de agua no tratada, pre-tratada y tratada, o la contaminación de la misma con la inclusión de elementos nuevos que alteren el proceso o el probable crecimiento de especies vegetales que no guardan relación con el tratamiento.

Las lagunas facultativas y de maduración deben llenarse inicialmente con agua fresca para permitir el desarrollo gradual de las poblaciones de algas y bacterias heterotróficas. Paralelamente debe añadirse cal para mantener el balance del pH del agua pues su variación podría afectar el proceso.

Además, como mantenimiento de rutina deben tomarse en consideración las siguientes acciones:

- Remover los sólidos gruesos o cualquier otro material retenido en las unidades de tratamiento preliminar, estructuras de entrada y salida.
- Retirar cualquier rastro de vida vegetal ajena al proceso tanto dentro de las unidades como en sus terraplenes.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

- Remover el material flotante para posibilitar la re-aeración superficial.
- Revisar constantemente las unidades y reparar cualquier daño causado a los terraplenes por roedores u otros animales, daños en compuertas o puntos de acceso.



**Foto 1.- CONTAMINACION DE LAGUNAS  
SOLIDOS EN PARTE POSTERIOR**



**Foto 2.- CONTAMINACION DE LAGUNAS  
MATERIA VEGETAL, SOLIDOS GRUESOS Y BASURA**



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda



**Foto 3.- LAGUNAS DE ESTABILIZACION EN NOGALES (SONORA-ARIZONA)**  
VISTA EN PLANTA DE UNA LAGUNA DE OXIDACION

El costo estimado para un sistema de lagunas de oxidación cuyo producto será reutilizado en el riego o la actividad agrícola oscila entre los \$ 3000 y \$ 10000 por hectárea, precio en el que están incluidas la red general de alcantarillado y la de riego.

Si el costo se lo analizará de acuerdo al tipo de lagunas, las opciones más comunes serían las siguientes:

- Lagunas de sedimentación y lagunas naturales (\$ 11.60 / m<sup>3</sup> de laguna)
- Lagunas de maduración (\$ 13.50 / m<sup>3</sup> de laguna)
- Lagunas aireación (\$ 11.60 / m<sup>3</sup> de laguna), sin incluir el precio del sistema de aireación.



### **2.4.3. Aplicación de este sistema en sectores de similares características.**

Como es de conocimiento general, las lagunas de estabilización aunque ocupan pequeñas profundidades, reflejan esto en grandes extensiones de tierra. El tratamiento de ellas generalmente es secundario y hasta cierto grado. Por la gran superficie que abarcan, cubrirlos comprendería un rubro extremadamente costoso. Requieren de un estricto control del pH, con aplicación de álcali. Generan olores molestos para el olfato humano, ni que se diga de las demás especies animales y los daños que estas emisiones podrían provocar a los ecosistemas si no se los mantiene con cuidados rigurosos.

En la **Foto 5 de la página 25** se puede apreciar el sistema, al 2008, de lagunas de estabilización en la Ciudad de Rufino, Venezuela. La red entera de ésta ciudad sufre problemas de infiltración a lo largo de todo su recorrido elevando los niveles de sólidos suspendidos en el afluente y disminuyendo su carga orgánica. El sistema está colapsado, con grandes proporciones de sedimentos y emisión de malos olores, y la calidad del agua está muy por debajo de los estándares establecidos. Como medida en la resolución de este problema, se optó por reemplazar las actuales lagunas de oxidación por un sistema similar y paralelo que contemple un pre-tratamiento para los sólidos, un desarenador, un tratamiento terciario para los flóculos y, finalmente, un proceso de desinfección para descargarlo en la laguna “La Salada”. En el 2008 se inició el anteproyecto de factibilidad obteniendo resultados satisfactorios, partiendo con una población de 20000 habitantes y proyectándola a 24000.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

Otro ejemplo de la aplicación de este sistema son las lagunas de oxidación en la ciudad de Cajamarca. Este cumple sus funciones, sin embargo se ha visto en la necesidad de aplicar medidas de mantenimiento urgentes por falta del mismo. Este caso particular nos muestra como la administración de estas instalaciones debe ser mejor atendida para cualquiera de sus casos y que éstas son más vulnerables a cambios de cualquier índole, sea por temperatura, sea por los componentes de la descarga, sea el medio que lo rodea. Con una inversión que bordea los 95000 dólares, la laguna que, aparentemente está en buen estado y como lo muestra la **Foto 4 de la página 24**, requiere de estructuras complementarias para un mejor funcionamiento como cámaras de rejillas, desarenadores, aforadores parshall de hormigón armado, un canal de conducción y cajas de distribución de caudales. A este sistema se le realizan periódicamente extracciones de 650 metros cúbicos de lodos no tratados.



**FOTO 4.- SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION EN CAJAMARCA (PERU)**  
LAGUNA DE ESTABILIZACION NITIDA EN SUS ALREDEDORES

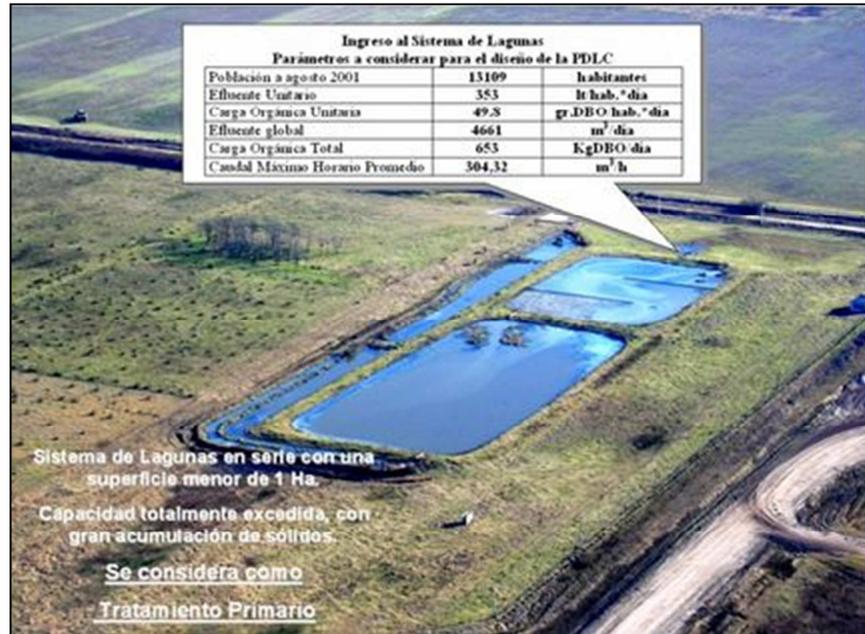


FOTO 5.- LAGUNA "LA SALADA" (VENEZUELA)  
TRATAMIENTO PRIMARIO INSUFICIENTE ANTE LAS CONDICIONES DE SU POBLACION SERVIDA

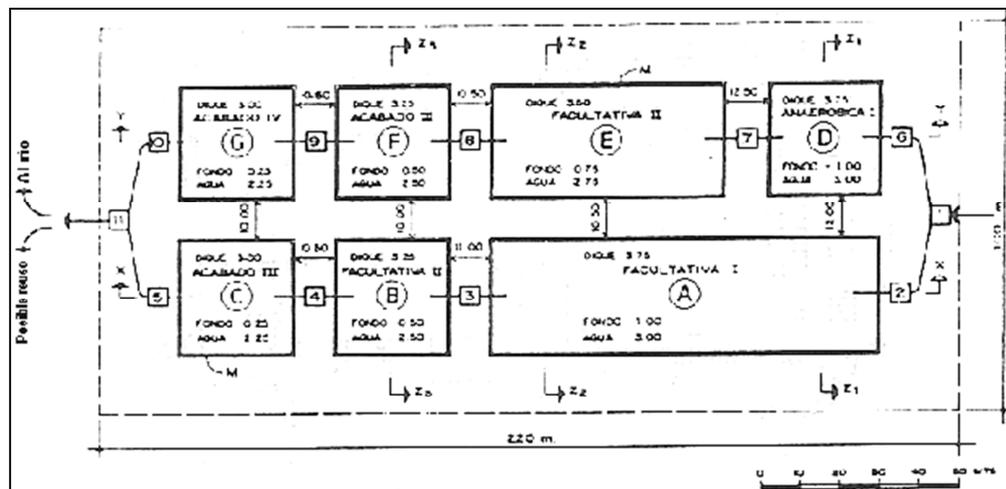


FIGURA 1.- SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION  
ESQUEMA DE OPERACIÓN - LAGUNAS ANAEROBICAS, FACULTATIVAS Y DE ACABADO

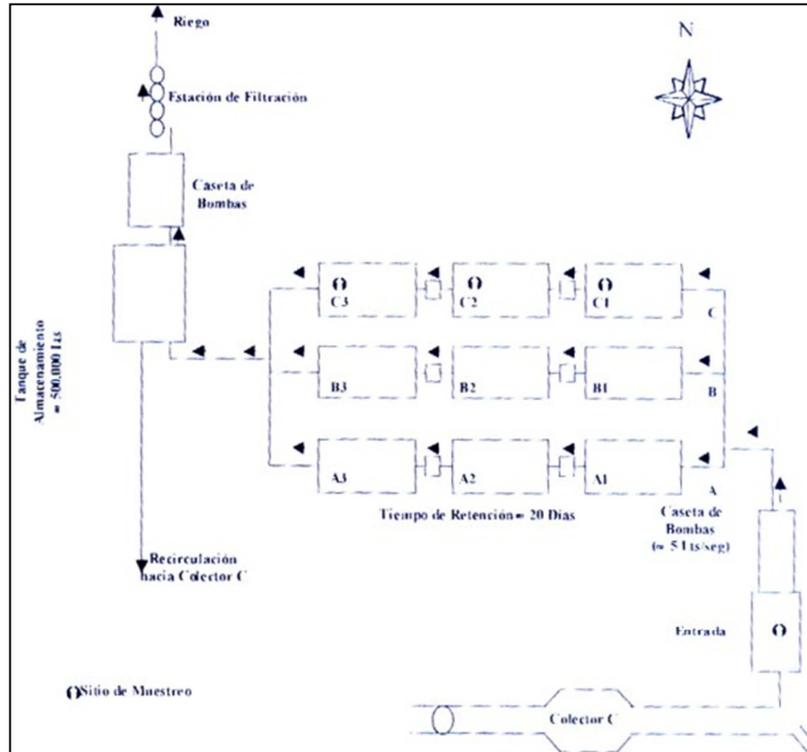


FIGURA 2.- SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION  
ESQUEMA DE OPERACIÓN

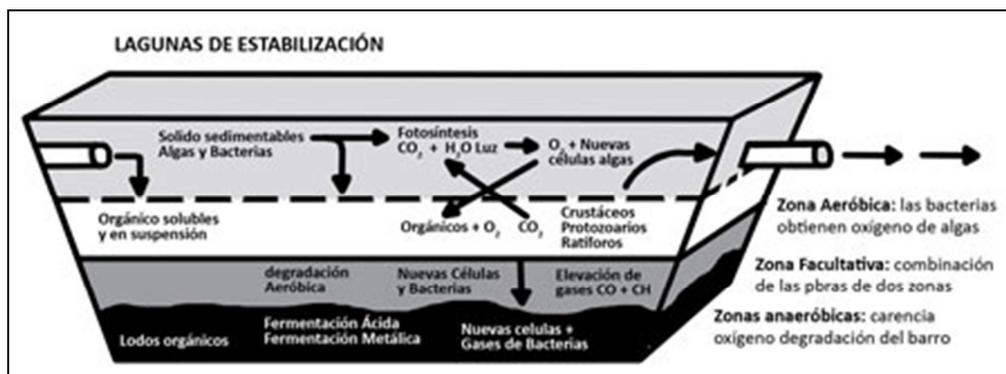
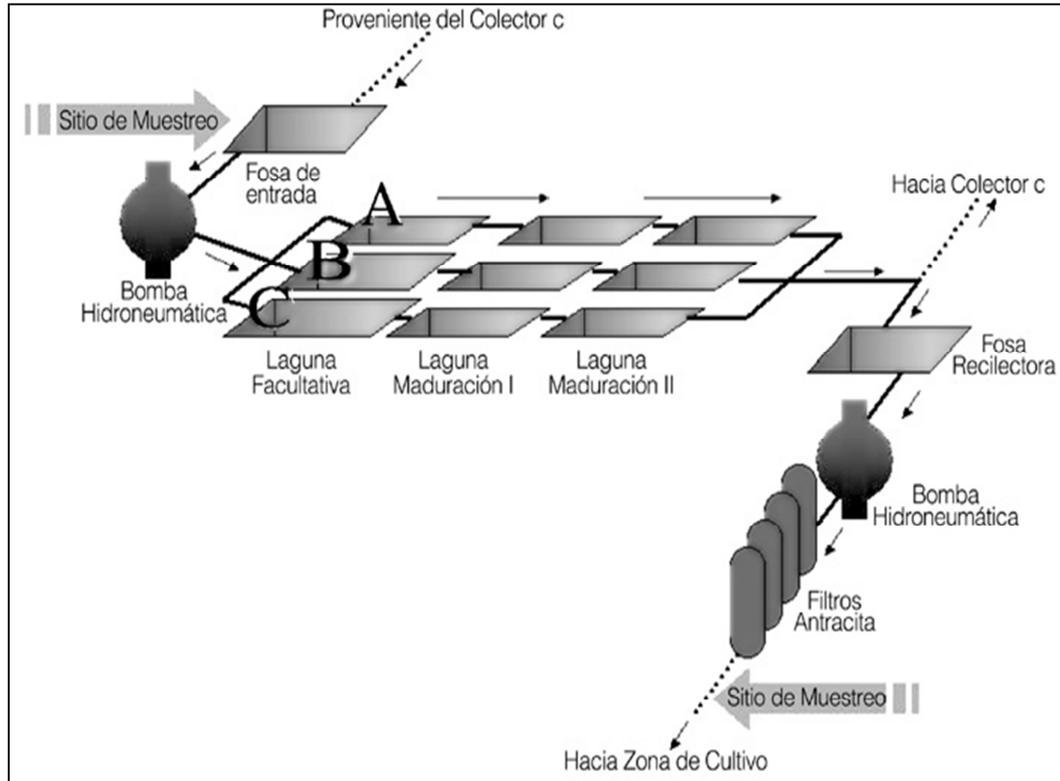


FIGURA 3.- LAGUNA DE ESTABILIZACION  
COMPORTAMIENTO DEL EFLUENTE DENTRO DE LAS LAGUNAS



**FIGURA 4.- SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION**  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DEL AGUA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA

## 2.5. Pantanos o Humedales Artificiales.-

### 2.5.1. Funcionamiento. Comportamiento físico.

La reducción o eliminación de contaminantes de las aguas residuales, por medio de ecosistemas acuáticos, con la participación activa de plantas superiores (macrofitas) adaptadas al medio acuático (hidrofitos), se conoce tradicionalmente como fitodepuración.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

La fitodepuración de las aguas residuales puede efectuarse por humedales naturales, en los que el hombre no interviene en su construcción o mediante humedales artificiales especialmente diseñados y construidos para la optimización de su función depuradora.

Es una técnica extensiva encargada de la depuración del agua mediante cultivos fijos sobre soportes finos o mediante cultivos libres, que utilizan la energía solar para producir el oxígeno requerido para tal proceso mediante la fotosíntesis. El funcionamiento de este tipo de instalaciones sin electricidad es posible, excepto para las conocidas lagunas aireadas que requieren de cierta aportación de energía para alimentar los aireadores o los materiales de insuflación de aire. Se distinguen de otras técnicas por cuanto son aplicables para cargas de superficie pequeñas.

En Francia se ha desarrollado bastante el lagunaje natural, mientras que en el Reino Unido se ha introducido la técnica de filtros horizontales (zonas húmedas artificiales).

Los humedales son zonas en las que el suelo se encuentra permanentemente saturado debido al régimen hídrico e hidráulico de la misma zona. Además de ser un soporte para la actividad microbiológica, la vegetación en estas zonas es muy productiva, transfiere oxígeno al agua y controla la cantidad de luz que ingresa limitando la formación de algas. En estas condiciones, se facilita la adsorción y filtración de los contaminantes procedentes de aguas residuales.



### **2.5.2. Ventajas en su uso.**

Se ha extendido el uso de humedales artificiales en la depuración de aguas residuales por las siguientes ventajas:

- Necesidad mínima de personal, de equipos electromecánicos y de cualificación del personal, debido a la simplicidad de operación.
- El consumo energético es casi nulo.
- El sistema apenas produce residuos, evitando así un tratamiento posterior.
- Estos sistemas se ven poco afectados por las variaciones de caudal o carga contaminante.
- Mejora las condiciones paisajísticas y se integra dentro del medio natural.
- Los costes de implantación, explotación y mantenimiento son bastante bajos en comparación con otras tecnologías.

### **2.5.3. Desventajas en su uso.**

Como los mayores inconvenientes de este sistema podemos citar los siguientes:

- La gran superficie que requieren estos sistemas en comparación con otros, y la dificultad de la puesta en marcha, que puede llegar a tardar varios años.
- Son difíciles de diseñar debido a la gran cantidad de procesos implicados en la depuración, y una vez construidos es muy costoso subsanar errores cometidos en el diseño.



- La proliferación de raíces y rizomas puede provocar una maraña que junto con el aporte de grasas aceites y materiales finos inertes favorezca la colmatación del medio granular de los humedales de flujo sub-superficial.

#### **2.5.4. Flujo Superficial y Flujo Sub-Superficial.**

La principal aplicación de los humedales construidos es el tratamiento de aguas residuales domésticas y urbanas como tratamientos secundarios (eliminación de materia en suspensión y DBO) y en tratamientos terciarios (eliminación de nutrientes principalmente).

Existen dos tipos básicos de humedales construidos: de flujo superficial y de flujo sub-superficial. Los humedales de flujo superficial son lagunas excavadas, donde el agua circula expuesta a la atmósfera y pasa a través de las plantas acuáticas emergentes. Las plantas crecen arraigadas en el fondo de la laguna. En estos humedales la profundidad de la lámina de agua varía entre unos centímetros y hasta un máximo de 1,0 m, siendo común una profundidad entre 0,3 y 0,5 m.

Los humedales de flujo sub-superficial son lechos excavados en el suelo rellenos de un medio granular, a través de los cuales circula el agua y que no aflora a la superficie. El medio granular sirve de sustento a las plantas y de sustrato para fijar la biopelícula, que en este caso será muy superior debido al medio granular. La profundidad varía entre 0,3 m y 0,6 m.



El concepto de flujo sub-superficial tiene sus ventajas. El lecho de grava tendrá mayores tasas de reacción y por lo tanto puede tener un área menor. Como el nivel del agua está por debajo de la superficie del medio granular no está expuesto, con lo que se evitan posibles problemas de mosquitos que pueden llegar a presentarse en sistemas de flujo libre en algunos lugares. Tampoco se presentan inconvenientes con el acceso de público, así como se evitan problemas en climas fríos, ya que esta capa presta una mayor protección térmica.

Aunque el área requerida sea menor que la de un sistema de flujo libre, la viabilidad económica del sistema dependerá del costo de conseguir y poner el material granular en el lecho.

Es improbable que un sistema de flujo sub-superficial sea competitivo desde el punto de vista de costos, frente a uno de flujo libre para pequeñas comunidades y caudales, pero esto siempre dependerá de los costos de la tierra, el tipo de impermeabilización que se requiera y el tipo y disponibilidad del material granular empleado.

En cuanto al rendimiento de los humedales, se puede decir que pueden tratar con eficiencia niveles altos de DBO, SS y nitrógeno (rendimientos superiores al 80%), así como niveles significativos de metales y patógenos. No ocurre lo mismo con la eliminación de fósforo que es mínima en estos sistemas.

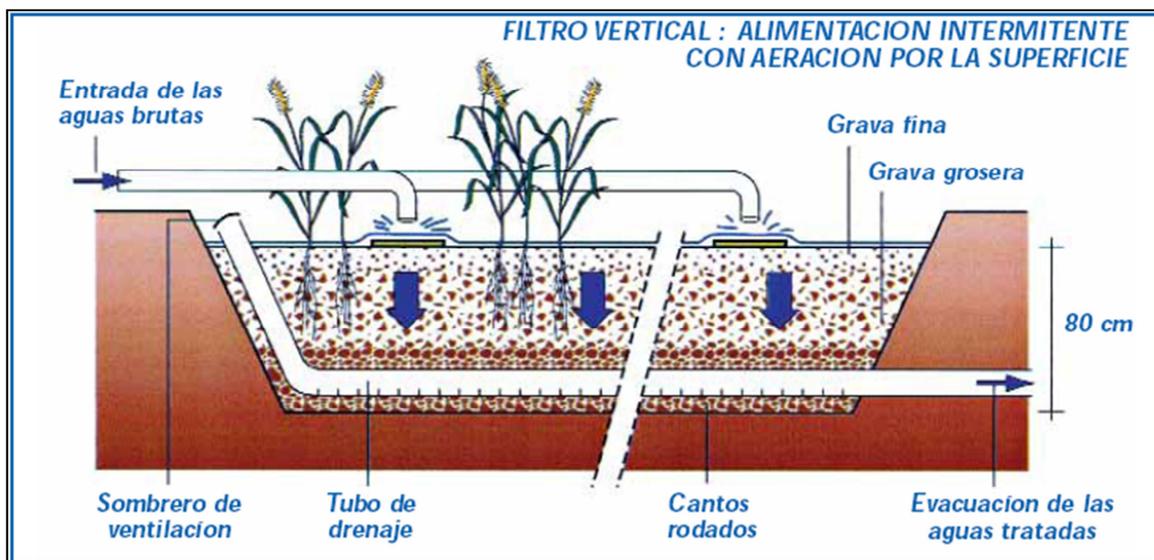
### **2.5.5. Filtros de flujo vertical y horizontal.**

Otros tipos de humedales desarrollados a partir de estos últimos, con el fin de mejorar de rendimiento y solventar algunos inconvenientes, serían los de flujo vertical y los filtros de macrófitas en flotación.



Los filtros de flujo vertical son excavaciones en el suelo, estancas, rellenas con capas sucesivas de grava o de arena de una granulometría variable según la calidad de las aguas residuales que se deben tratar. En ellos el afluente bruto se reparte directamente, sin decantación previa, por la superficie del filtro. Fluye en su seno, experimentando un tratamiento físico (filtración), químico (adsorción) y biológico (biomasa fijada sobre soporte fino). **VER Figura 5, página 32.**

En los filtros de flujo horizontal, el macizo filtrante está casi totalmente saturado de agua. El afluente se reparte sobre toda la anchura y la altura del lecho gracias a un sistema repartidor situado a un extremo de la balsa que fluye principalmente en un sentido horizontal a través del sustrato. La alimentación se efectúa casi siempre en continuo ya que la carga orgánica aportada es débil. **VER Figura 6, página 33.**



**FIGURA 5.- PANTANOS ARTIFICIALES  
FLUJO VERTICAL**

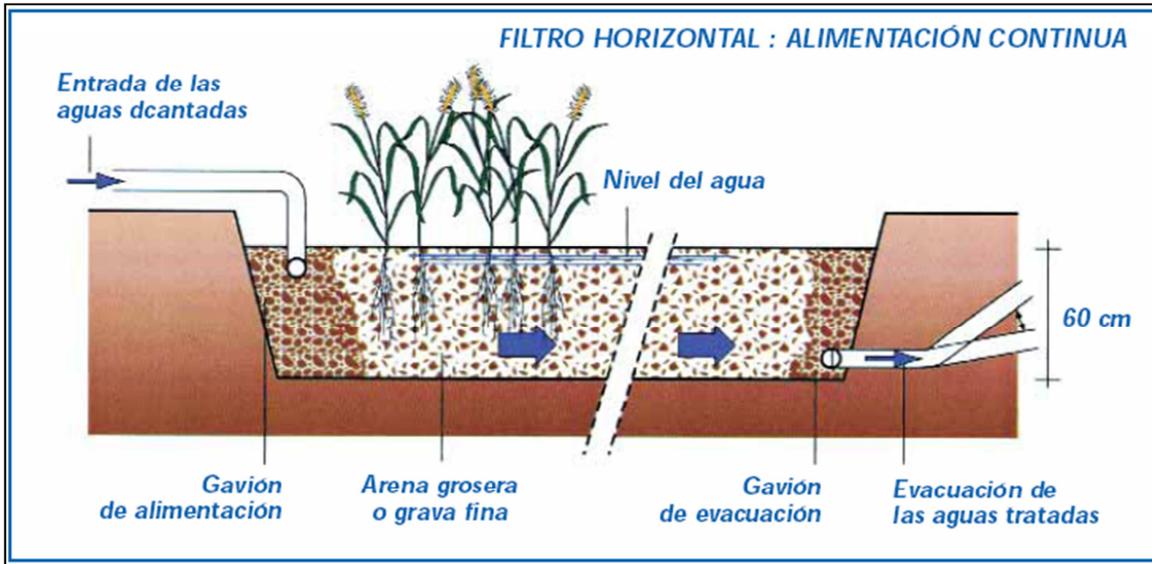


FIGURA 6.- PANTANOS ARTIFICIALES  
FLUJO HORIZONTAL

### 2.5.6. Principales mecanismos de depuración.

Los principales mecanismos de depuración que actúan en un humedal son los siguientes:

- Eliminación de sólidos en suspensión: eliminados por sedimentación, decantación, filtración y degradación a través del conjunto sustrato-raíces-rizomas.
- Eliminación de materia orgánica: realizada por los microorganismos adheridos a las plantas.
- Eliminación de nitrógeno: por absorción directa a través de las plantas y, en menor medida, por fenómenos de nitrificación-desnitrificación y amonificación, realizados por bacterias.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

- Eliminación de fósforo: por absorción a través de las plantas, adsorción sobre las partículas de arcilla y precipitación de fosfatos insolubles, principalmente con Al y Fe, en suelos ácidos y con calcio en suelos básicos.
- Eliminación de microorganismos patógenos: Por filtración y adsorción en partículas de arcilla, acción predatoria de otros organismos (bacteriófagos y protozoos), toxicidad por antibióticos producidos por las raíces y por la radicación UV contenida en las radiaciones solares.

### **2.5.7. Pantanos aplicados en Ecuador.**

En Shushufindi, Sucumbíos, se construyeron pantanos artificiales en el año 2000, en la administración de Jorge Cajas, como parte de un proyecto vanguardista que incluía además una planta especial traída desde Alemania para la purificación de las aguas servidas, planes de mantenimiento y alumbrado con características de un parque turístico. Sin embargo sus moradores no soportan los malos olores emitidos por ellos y que afecta a los barrios de San Francisco de Asís, Bellavista y 24 de Mayo.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda



**Foto 6.- PANTANO ARTIFICIAL (MURCIA, ESPAÑA)**  
CANAL DE FITODEPURACION CON ESPADAÑAS



**Foto 7.- PANTANO ARTIFICIAL (JEREZ, ESPAÑA)**  
PLAN ANDALUZ DE HUMEDALES ARTIFICIALES



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda



**Foto 8.- PANTANO ARTIFICIAL (JEREZ, ESPAÑA)**  
PLAN ANDALUZ DE HUMEDALES ARTIFICIALES

## **2.6. Plantas de Tratamiento. Sistema de Lodos Activos.-**

### **2.6.1. Funcionamiento.**

Las plantas de tratamiento son un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos concatenados entre sí, cuyo objetivo es el de eliminar los contaminantes presentes en el agua de uso doméstico e industrial, finalizando en la producción de agua limpia o efluente tratado, reutilizable en el ambiente, y un residuo sólido o fango, también reutilizable tras ser tratado.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda



**Foto 9.- PROYECTO DE PLANTA DE TRATAMIENTO PARA EL VALLE DEL MEZQUITAL (MEXICO)**  
PLANTA DE TRATAMIENTO CON CAPACIDAD DE 43000 L/s

Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetos a regulaciones y estándares locales, estatales y federales. En este trabajo nos regiremos por las normas establecidas en el Anexo I del Libro VI de Tulas, el numeral 4.2.3, “Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina” (**VER ANEXO 3, páginas 107**).

Así mismo, este sistema cuenta con etapas de tratamiento que se resumen en tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario.

El tratamiento preliminar está destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables, remoción de sólidos u objetos que se filtraron a la red con el empleo de rejas, pantallas rastrilladas y pantallas rotatorias para el caso del material suspendido, todas ubicadas en la unidad de cribado.



El tratamiento primario comprende lo que son los procesos de sedimentación y tamizado para retener las partículas más pequeñas que lograron pasar los sistemas de retención de la etapa anterior. El movimiento del flujo es circular y se desarrolla en los clarificadores, formando un líquido homogéneamente tratado.

El tratamiento secundario está formado por procesos biológicos aerobios y anaerobios, físico-químicos para reducir la mayor parte de la DBO del efluente. En esta etapa las bacterias forman los llamados flóculos. Este proceso puede ser de película fija y ocupar menos área o de crecimiento suspendido y resistir saltos más fuertes de la carga biológica del afluente. Este tratamiento lo llevan a cabo mediante el uso de filtros de desbaste, procesos de lodos activados, placas rotativas y espirales, camas de oxidación, aireadores biológicos, reactores biológicos de membrana y de cama móvil. Su resultado, agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y/o materia suspendida.

Finalmente, el tratamiento terciario está dirigido a la reducción final de la DBO, a los metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y, por ende, a la eliminación de patógenos y parásitos. Más de un proceso terciario puede ser usado en una planta de tratamiento. Como procesos terciarios están la filtración de arena, el lagunaje, precipitación química y biológica para el retiro de nitrógeno y fósforo o desinfección mediante el empleo de cloro, luz ultravioleta u ozono O<sub>3</sub>.

### **2.6.2. Estimación de costos.**

El costo estimado de una planta de tratamiento para poblaciones que van desde mil a seis mil habitantes está entre los \$ 300.000 y \$ 400.000, que incluye equipos y obra civil.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

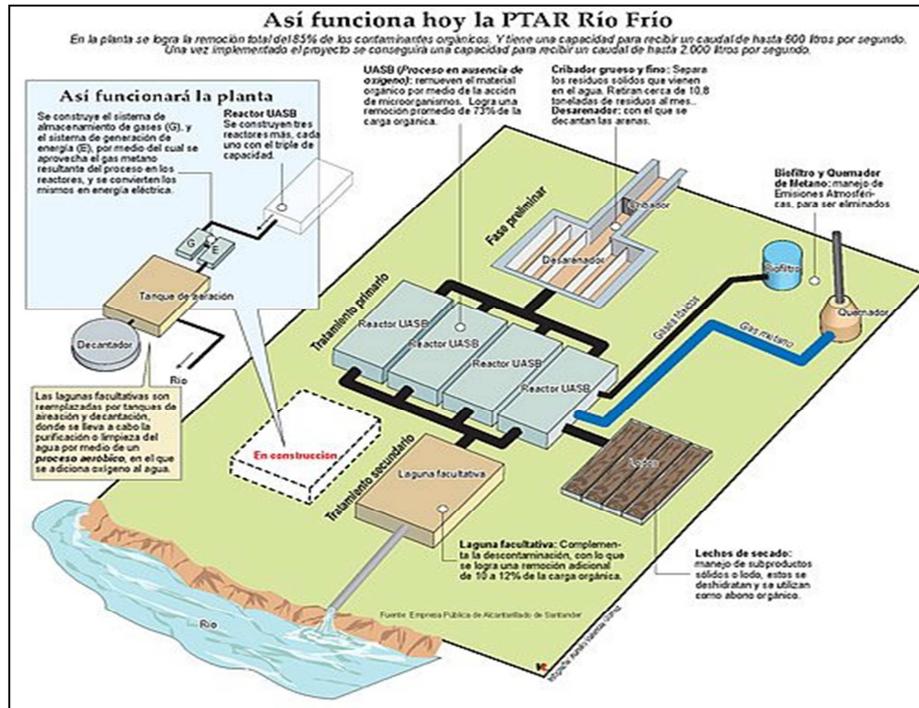
El diseño de una planta de tratamiento busca conseguir el efectivo tratamiento del agua residual, llevando sus concentraciones a las mínimas permisibles por la o las normas que rigen en el cantón, estado, región o país.

### **2.6.3. Sistemas aplicados en países de condiciones similares.**

Sistemas como este han sido aplicados en diversos países alrededor del mundo. Para no irse muy lejos, en Manzanares, Colombia, se instaló una planta de tratamiento a base de unidades metálicas muy próxima a zonas habitadas, por el año 2007, que no ocupa mayor superficie.

Según los reportes, el sistema funciona impecablemente sin generar malos olores a sus pobladores más cercanos, abastece a la población demandante, su mantenimiento es mínimo y la calidad del agua es apta para el riego y la agricultura, de modo que el agua es reutilizable (**Ver Foto 10, página 40**).

Como el otro lado de la moneda, en Río Frío, Colombia, funciona una planta de tratamiento de aguas servidas totalmente saturada (**Ver Figura 7, página 40**). La razón de esto, el crecimiento demográfico exponencial que fue servido con este sistema en particular, sistema diseñado para abastecer demandas menores a las actuales. Como comparación al presente trabajo, aunque el INEN le consideró un 2,7% como coeficiente, la actualidad del Recinto de Buijo Histórico es que no tiene mayores áreas de expansión, pues está muy bien limitada por las urbanizaciones de Ciudad Celeste, la próxima Urbanización “Vereda del Río” y el Río Babahoyo, por lo que el diseño estipulado al 2025, como su red de alcantarillado, proyectaría datos bastante confiables.



**FIGURA 7.- PLANTA DE TRATAMIENTO EN RIO FRIO (COLOMBIA)**  
 PLANTA INSUFICIENTE, EMISORA DE FUERTES MALOS OLORES CON DESCARGA A UN RIO  
 (TIENE UN PROYECTO DE AMPLIACION Y MEJORAS TECNOLOGICAS PARA EL TRATAMIENTO)



**FOTO 10.- PLANTA DE TRATAMIENTO – MANZANARES (COLOMBIA)**  
 PRIMERA PLANTA DE UNIDADES METALICAS EN COLOMBIA  
 CERCANA A ZONA HABITADA (SIN OLORES)



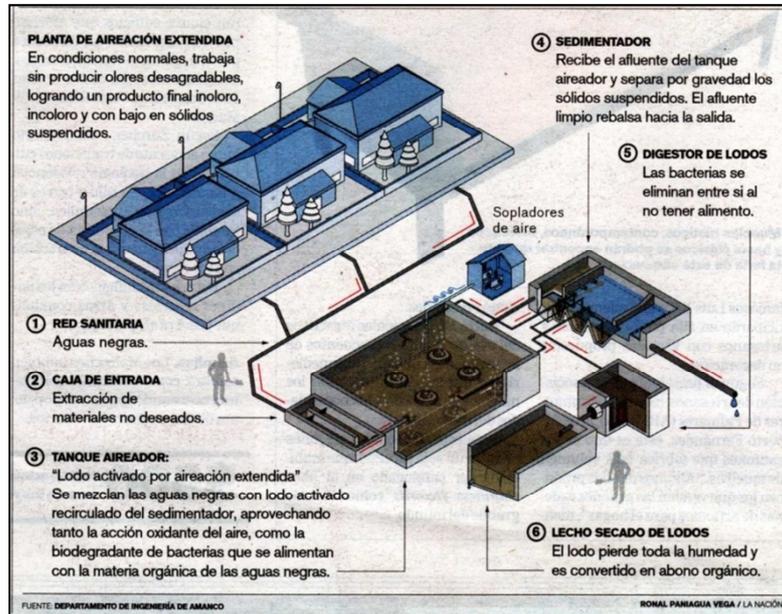
Sin embargo, regresando a Colombia, el actual estado de la Planta en Río Frío no es daño irreparable. Su readecuación tiene su costo y es necesaria. Los desperfectos serán reparados, las unidades serán ampliadas, los equipos actualizados, evitando todo tipo de emisiones generadas actualmente y que no solo afectaban a la población local, sino también a poblaciones adyacentes.

Tal es su aplicación que ha sido muy empleado en los últimos años. En la **Foto 11, página 42**, se puede observar el proyecto de una planta de tratamiento a construirse en el Callao, Perú, destinado a tratar cerca de 1200 m<sup>3</sup> de aguas servidas bajo estándares de calidad adecuados para el riego de parques.

Y tal es el tratamiento de estos sistemas que, utilizando tecnologías de punta que hacen del efluente tratado, un efluente consumible hasta para humanos.

## 2.7. Otros Sistemas de Tratamiento

Otros sistemas de tratamiento son el uso de letrinas individuales para cada domicilio. Estas permiten recolectar las aguas servidas y, mediante un filtro granular en su parte inferior, descargar el efluente producido y retener los sólidos gruesos existentes en él. El agua producto del filtro no ha recibido el tratamiento completo y, aún así, a la final se dirige a un cuerpo receptor.



**FIGURA 8.- PLANTA DE TRATAMIENTO**  
MODELO DE OPERACIÓN – SISTEMA DE LODOS ACTIVOS  
(INCLUYE VISTA DE LA CONEXIÓN CON LA RED DOMICILIARIA)



**FOTO 11.- PLANTA DE TRATAMIENTO DE CALLAO (PERU)**  
PLANTA DE TRATAMIENTO CON CAPACIDAD DE 1200 m<sup>3</sup>

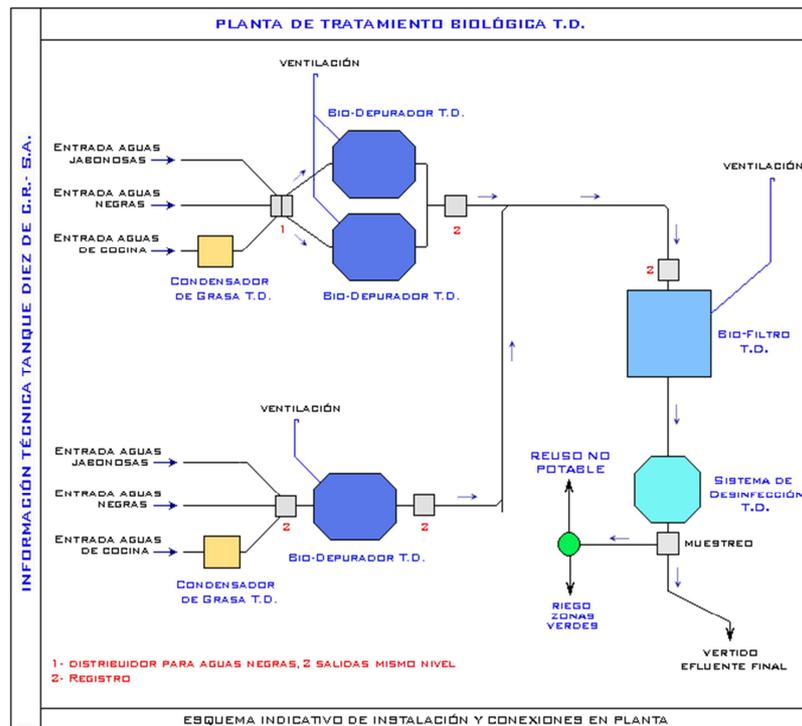


FIGURA 9.- PLANTA DE TRATAMIENTO ESQUEMA

## 2.8. Descargas a cielo abierto

Las descargas a cielo abierto no contemplan el cuidado adecuado al medio ambiente. En el caso del Recinto Buijo Histórico, sus caudales eran conducidos mediante canales a fosas sépticas deterioradas o a conexiones clandestinas a la red de alcantarillado pluvial, constituyendo un severo foco de contaminación ambiental que afectaría la Salud Pública de los moradores de éste, así como de cualquier sector que emplee mecanismos similares.

Esta situación genera una tasa alta de enfermedades gastrointestinales, motivo por el cual conservar este sistema no es muy recomendable.



## **2.9. Calidad del agua en descargas no tratadas. Afectación al medio ambiente.**

El desafío de la agricultura en zonas semiáridas es el de producir alimentos con un limitado recurso agua. Al mundo agricultor, las aguas residuales les ofrece un flujo continuo con un elevado grado de nutrientes que les permiten utilizar menores porciones de fertilizantes químicos e incluso llegar a no depender de ellos, frente al agua de lluvia estacional y errática.

El uso de aguas residuales para el riego de cultivos de consumo humano incrementa los factores de riesgo para la salud de las poblaciones por la variedad de contaminantes biológicos y, dependiendo del nivel de desarrollo industrial, contaminantes químicos. Las situaciones endémicas de diarreas, parasitismo, fiebre tifoidea y salmonelosis, que imperan en el continente americano, no son más que el reflejo de esta crítica situación, a la que se suma el cólera y la presencia de helmintos transmitidos por el suelo, tales como el anquilostoma y las ascárides.

Y no sólo el uso de estas aguas residuales, sino también el agua superficial de ríos y canales que superan ampliamente el nivel máximo de mil coliformes fecales por 100 ml que recomienda la Organización Mundial de la Salud para el riego de vegetales de consumo crudo. Entonces, es visible la necesidad de que sean tratadas.

En los países desarrollados el principal objetivo del tratamiento es la remoción de la materia orgánica y los nutrientes, mientras que en los países en desarrollo, el objetivo prioritario del tratamiento es la remoción de parásitos, bacterias y virus patógenos que ocasionan enfermedades endémicas.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

Las tecnologías aplicadas para el tratamiento de las aguas servidas son de costos elevados para países en desarrollo en los que la agricultura representa su economía de primer orden. Otra desventaja es que los métodos de tratamiento convencionales eliminan los nutrientes del agua de desecho, reduciendo así los beneficios económicos para el agricultor.

Los efluentes de las lagunas de estabilización, por su calidad bacteriológica, pueden usarse en cualquier actividad agropecuaria, desde la horticultura, los cultivos agroindustriales y acuicultura, hasta la forestación.

Sin embargo, en ciudades como Calcuta, en la India, la realidad es que más de 10 000 ha de estanques son alimentados con aguas crudas, lo que ocasiona un alto riesgo sanitario que aún no ha sido evaluado. En términos generales podría sostenerse que los dos tercios del agua de desecho en el mundo no reciben tratamiento alguno, y el tercio restante tratados con plantas que no son adecuadamente operadas y mantenidas.

## **2.10. Estado del tratamiento de aguas residuales en la Ciudad de Guayaquil.**

La descarga de aguas residuales implica una responsabilidad que no únicamente se limita a coleccionarlas y trasladarlas en condiciones seguras, sino que requiere el tratamiento de los desechos con el fin de eliminarles sus potenciales polucionantes.

Cuando se obstruyen las áreas destinadas al tratamiento de aguas servidas, o se invaden tierras comprometidas como lagunas de oxidación, se está creando una situación peligrosa para el medio ambiente y, por



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

ende, para la salubridad de los ciudadanos. Hechos que en caso de que se buscará citar un ejemplo, Guayaquil cumpliría con estas características.

Guayaquil va en camino de convertirse en una ciudad-destino de singulares atractivos, para hacer negocios e inversiones, o para tomarla como destino idóneo para el turismo, tanto por el entorno natural que posee, como por la proximidad a sitios de interés como las playas, las Islas Galápagos y toda la zona tropical, con su riquísima biodiversidad. En ese objetivo, la infraestructura sanitaria es un requisito de seguridad ambiental que no debe ser dejado de lado.

Así se concluye que, teniendo en cuenta el estado actual de todos los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Guayaquil se encuentran en malas condiciones o con funcionamientos deplorables. Entre ellos se puede resaltar las lagunas Prosperina y Puerto Azul que están sobresaturadas y no ofrecen tratamiento alguno, mientras que las lagunas Samanes-Guayacanes y Sauces-Alborada si funcionan.

El Tanque Inhoff de Montebello y el Tanque Séptico de La Garzota, ambos con filtro anaerobio, tampoco están en funcionamiento.

El sistema de tratamiento del Sector Centro-Sur, La Pradera, Acacias y La Chala, y el sistema Parson Norte, Ferroviaria, Eternit y El Progreso, simplemente no funcionan por falta de mantenimiento periódico en sus equipos. .



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## **CAPÍTULO 3**

# **DESARROLLO DEL PROYECTO**



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## **CAPÍTULO 3**

### **DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1. Situación Futura.-**

##### **3.1.1. Población proyectada**

El período de diseño de la red de alcantarillado finaliza en el año 2025, por cuanto a esa fecha se proyectará la población y el gasto sanitario estimados.



Al 2001, la población del Recinto Buijo Histórico la constituían 2076 personas en 280 viviendas distribuidas a lo largo del recinto. Esto determinaba un promedio de habitantes por domicilio cercano al 7.41%, un porcentaje bastante elevado.

Basados en una tasa de crecimiento demográfico del 2.7%, porcentaje obtenido por parte del INEC, la población proyectada al 2025 será de unos 3935 habitantes, aproximadamente. Además se considera poco factible una proyección mayor a la establecida precisamente por la situación actual del recinto y la imposibilitada capacidad de expansión del terreno.

**Tabla 1.- Población Futura del Recinto Buijo Histórico**

Fuente: JDAP

<b>BUIJO</b>	<b># DE HABITANTES</b>	<b>TASA CREC. POBLAC.</b>
AÑO 2001	2076	<b>2.70%</b>
AÑO 2002	2132	
AÑO 2003	2190	
AÑO 2004	2249	
AÑO 2005	2309	
AÑO 2006	2372	
AÑO 2007	2436	
AÑO 2008	2502	
AÑO 2009	2569	
AÑO 2010	2639	
AÑO 2011	2710	
AÑO 2012	2783	
AÑO 2013	2858	
AÑO 2014	2935	
AÑO 2015	3014	
AÑO 2017	3179	
AÑO 2018	3265	
AÑO 2019	3353	
AÑO 2020	3444	
AÑO 2021	3537	
AÑO 2022	3633	
AÑO 2023	3731	
AÑO 2024	3831	
<b>AÑO 2025</b>	<b>3935</b>	



### 3.1.2. Cálculo del caudal máximo a tratar

Al final del período de diseño, la población a servir será de 3935 personas, con una dotación de agua para consumo de 200 lt/persona/día y, en resumen, un caudal para consumo de 771,21 m<sup>3</sup>/día, que considera un coeficiente de retorno del 80% del agua potable consumida por los habitantes y un factor de seguridad del 22,50% que incluye el incremento por aguas ilícitas.

**Tabla 2.- Cálculo del Caudal Máximo a tratar**

Fuente: JDAP

BUIJO	# DE HABIT.	TASA CREC. POBLAC.	AA.SS. (l/hab.d)	Q MAXIMO (m <sup>3</sup> /d)
AÑO 2001	2076	2.70%	160.00	629.56
AÑO 2002	2132			
AÑO 2003	2190			
AÑO 2004	2249			
AÑO 2005	2309			
AÑO 2006	2372			
AÑO 2007	2436			
AÑO 2008	2502			
AÑO 2009	2569			
AÑO 2010	2639			
AÑO 2011	2710			
AÑO 2012	2783			
AÑO 2013	2858			
AÑO 2014	2935			
AÑO 2015	3014			
AÑO 2017	3179			
AÑO 2018	3265			
AÑO 2019	3353			
AÑO 2020	3444			
AÑO 2021	3537			
AÑO 2022	3633			
AÑO 2023	3731			
AÑO 2024	3831			
<b>AÑO 2025</b>	<b>3935</b>			
<b>TOTAL</b>				<b>629.56</b>
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>				<b>1.225</b>
<b>CAUDAL DE DISEÑO</b>				<b>771.21</b>



### 3.1.3. Calidad del Afluyente

Para definir los datos referentes a la calidad del afluyente generado por los pobladores del Recinto Buijo Histórico, se tomó la calidad del agua de sectores de similares condiciones a las de este recinto, por cuanto no existían documentos que respalden la calidad de la descarga sanitaria del lugar.

Las siguientes concentraciones fueron tomadas entre enero y septiembre del 2010 y son las que se consideraron más importantes. El cuadro a continuación muestra los valores máximos de cada uno durante el período indicado anteriormente:

**Tabla 3.- Calidad del Afluyente del Recinto Buijo Histórico**

Fuente: INTERAGUA

DESCRIPCION	CONCENTRACIONES	UNIDADES
DBO <sup>5</sup>	330.00	mg/l
DQO	558.00	mg/l
Aceites y grasas	67.80	mg/l
Nitratos + Nitritos	0.80	mg/l
NTK	52.00	mg/l
Fósforo total	10.00	mg/l
Sulfatos	133.00	mg/l
Detergentes	11.30	mg/l
Sólidos totales	666.00	mg/l
Sólidos suspendidos totales	217.00	mg/l
Sólidos sedimentables	3.00	ml/l
Sulfuros	4.10	mg/l
Coliformes fecales	160'000,000.00	NMP/100ml
TPH	6.00	mg/l
Cloruros	69.00	mg/l
Aluminio	0.60	mg/l
Arsénico	0.00	mg/l



**Tabla 3.- Calidad del Afluente del Recinto Buijo Histórico**

Fuente: INTERAGUA

DESCRIPCION	CONCENTRACIONES	UNIDADES
Bario	0.00	mg/l
Boro	< 0.40	mg/l
Cadmio	< 0.0008	mg/l
Cianuro	< 0.003	mg/l
Cobre	0.10	mg/l
Fluoruros	0.80	mg/l
Hierro	0.80	mg/l
Manganeso	0.20	mg/l
Mercurio	0.001	mg/l
Níquel	0.10	mg/l
Plata	< 0.0015	mg/l
Plomo	< 0.015	mg/l
Zinc	0.20	mg/l
Color	361.00	mg/l

#### **3.1.4. Proyectos a realizarse**

Cabe señalar que en el Buijo Histórico se pretende concluir su malecón, arborización y asfaltado, actividades que harán del lugar uno más vistoso. Esto generará mayor circulación comercial, mayor visita de turistas y de moradores de zonas y urbes aledañas.

Con la tentativa de este proyecto, los caudales adicionales a ser producidos deben ser considerados. Si las visitas al recinto aumentan en gran proporción, el incremento del agua servida a ser recolectada y a ser tratada será también significativo.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

Por la realidad del lugar, no se consideran caudales industriales o caudales comerciales mayores a lo proyectado anteriormente y, a pesar de los futuros proyectos que harán del Recinto Buijo Histórico, un sitio de recreación con gran atractivo turístico, estos nuevos gastos se consideran dentro de la dotación diaria estimada.

### **3.2. Revisión de la Red.-**

El sistema de alcantarillado sanitario, actualmente instalado en el Recinto Buijo Histórico, se encuentra en excelentes condiciones y funciona correctamente.

Como parte de este trabajo de grado se pretende revisar dicha red y elaborar escenarios alternos que varíen en reubicación de cámaras, reorientación de la descarga y variación de diámetros.

Finalmente se hará el análisis hidráulico de cada posible escenario y se evaluará si la red existente es la idónea o, por lo menos, sus resultados bastante similares a alguno de los escenarios propuestos.

Para esta parte del trabajo, se hará uso del programa SEWERCAD, un software desarrollado por Bentley Systems, Inc., que permite el análisis de flujos permanentes.



### 3.2.1. Escenarios propuestos

Como primer paso se definirán cada uno de los escenarios, detallados a continuación:

- Escenario A: **(VER ANEXO 4, página 115)**
- Escenario B: **(VER ANEXO 5, página 116)**

En el Escenario A se muestra un trazado similar al existente en el que se espera confirmar su buen funcionamiento, el mismo que estará definido por las cotas establecidas “in situ”. Dependiendo de los resultados obtenidos se probarán nuevos diámetros de tuberías.

El tejido en el Escenario B tiene una variación de puntos de descarga entre colectores y un punto de salida distinto para la descarga final. Se reubicarán las cámaras #9 y 12 (las demás cámaras forman la red principal, lo que, con respecto a la realidad del lugar, no era conveniente modificar). Las cámaras #10 y 11 no serán reubicadas por la cantidad de casas de las que recolectan el agua servida.

Estas reubicaciones generarán redistribuciones de los circuitos terciarios, los que serán también analizados mediante el programa. El punto de descarga final del colector estará orientado hacia el malecón, en el sector noreste del recinto, justo al este de la manzana 17 que consta en los planos.



### 3.2.2. Resultados obtenidos de cada escenario

Para el análisis hidráulico ejecutado en el presente trabajo fueron necesarios los siguientes datos:

- **Habitantes por vivienda** = 6 hab./vivienda
- **Dotación Residencial** = 200 lt/hab/día
- **Coefficiente de Retorno** = 80%
- **Coefficiente de rugosidad (PVC)** = 0,01
- **Caudal de aguas ilícitas** = 0,1 lt/seg\*ha
- **Caudal por infiltración** = 0,15 lt/seg\*ha
- **Diámetro de tubería** = 400 mm
- **Pendiente del colector** = 2 ‰
- **Factor de Mayoración** = 3.45

Los resultados obtenidos tras la aplicación del software para cada escenario se exponen a continuación:

- Se trabajó con un total de 470 casas servidas.
- No se encontró mayor variación entre el comportamiento de los escenarios A y B.
- Se registraron velocidades, a la partida, muy cercanas a 0,07 m/s y, al final del colector, de 0,69 m/s. El sistema entre las cámaras # 4 y 8, incluyendo los ramales secundarios de las cámaras # 10, 11 y 12, para el escenario A, presentan velocidades dentro de los límites establecidos en las normas del IEOS.
- Similar es el resultado en el escenario B, salvo que éste no contiene la cámara # 12, ni su respectivo ramal secundario.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

- El tirante máximo de agua presente en el sistema, en condiciones normales y sin acumulación de elementos ajenos a la red, llegaría a 11,54 cm, lo que representa el 30,37% del diámetro efectivo de la tubería Novafort de 400mm.
- No se generarán resaltos importantes. La máxima velocidad es de 0,69 m/s, valor bastante cercano al límite máximo permisible por el IEOS.

Paralelo a esto se realizó un análisis del mismo sistema considerando el total de casas existentes al momento de desarrollar el diseño. Estos son los puntos más sobresalientes:

- El total de viviendas eran de 248 unidades, que no eran más del 52,77% de las actuales presentes en el sitio.
- Debido al menor número de habitantes a servir el caudal es menor, lo que determina velocidades y tirantes menores a los obtenidos en los escenarios antes expuestos.
- La velocidad máxima del afluente registrada sería de 0,54 m/s, pero muchas de ellas no están dentro de lo establecido por las normas del IEOS, esto entre las cámaras #1, 2, 3, 4, 5 y 6.
- El tirante máximo del afluente transportado sería de 8,12cm frente a los 38 cm de diámetro efectivo de la tubería Novafort de 400 mm. La columna de agua ocupará tan sólo el 21,37% de la altura total.

El resumen de cada análisis puede ser apreciado en los cuadros adjuntos a continuación.



### 3.3. Lagunas de Estabilización

#### 3.3.1. Ubicación más favorable

Considerando el empleo de lagunas de estabilización de aireación extendida para complementar la red de alcantarillado sanitario del Recinto Buijo Histórico, su ubicación más favorable sería al norte del este, por detrás de las manzanas 16, 17, 23 y 24, ocupando un terreno de propiedad privada que debería ser comprado, previo acuerdo con la dueña del mismo **(VER ANEXO 6, incluye sus dimensiones, página 117)**.

#### 3.3.2. Facilidades y Mantenimiento

Las lagunas de oxidación son sistemas de fácil construcción y mantenimiento que no requieren de personal autorizado las 24 horas del día, pero si de mecanismos que generen oxígeno pues se tratan de lagunas de aireación prolongada. Producen mayores cantidades de biomasa que los tanques sépticos y presentan gran capacidad de recepción y retención de aguas residuales dado por las grandes extensiones de tierra que suelen ocupar.

#### 3.3.3. Superficie requerida

En este caso ocuparán **15,588.64 m<sup>2</sup> (1.56 ha)**. Esta superficie únicamente comprende el área necesaria para las lagunas, mas no el área total a ocuparse.\*

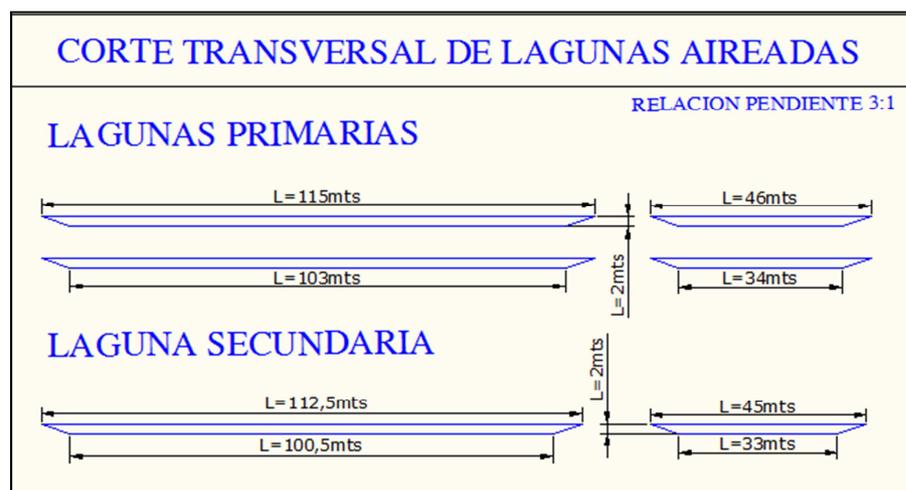
\* Este cálculo se obtuvo mediante fórmulas del libro del Dr. Fabián Yáñez y análisis para estudios efectuados en Perú.



De tal modo que consta de 2 lagunas primarias de 115x46 metros y una laguna secundaria de 112.50x45 metros, manteniendo una relación de 3:1 entre sus dimensiones, todas con 2 metros de profundidad, con períodos de retención de 5,67 y 10,80 días, respectivamente.

El área total a emplearse para este sistema sería de 18,200.00 m<sup>2</sup>, esto es, 1.82 Ha.

Figura 10.- Dimensiones de las lagunaas



### 3.3.4. Tratamiento obtenido

Con este tratamiento y partiendo con 160'000,000 NMP/1000ml de coliformes fecales en el afluente, el tratamiento primario tiene una eficiencia del 97.32% reflejado en su efluente cargado con 1'126,453.81 NMP/1000ml en su descarga. Con el tratamiento secundario se alcanza el 99.987% de eficiencia dejando una concentración remanente en el efluente de 957.16 NMP/1000 ml de coliformes fecales.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

De igual manera con la DBO. El afluente crudo presenta un total de 558 mg/l y tras el tratamiento de las dos lagunas primarias se reduce a 226.36 mg/l, es decir una eficiencia del 59.43%. Con la laguna secundaria, la eficiencia alcanza el 93.18%, con un remanente de 38.06 mg/l (**VER ANEXO 7, página 118**).\*

El costo tentativo de este sistema está alrededor de los \$ 11.60/m<sup>3</sup>. El volumen total ocupado por la laguna es aproximadamente de unos 20,000 m<sup>3</sup> o un total de \$ 202,860.80, que sólo consideran las unidades. No incluyen las obras complementarias.

El área estimada para la laguna se espera en 130 metros de largo y 140 metros de ancho (18,200 m<sup>2</sup>). El talud y la solera de las lagunas estarían, únicamente, revestidas por geotextil. Sus paredes serían del material propiamente del terreno con un mejoramiento tras la excavación. Tendrían un cerramiento de árboles, para despejar malos olores, aunque no en un 100%. Contaría con dos aireadores, de 10 HP cada uno para el mecanismo de aireación extendida, más los equipos y acometidas necesarias para su funcionamiento.

Para definir el tipo de aireadores a utilizarse, se trabajó con un tiempo de retención para los lodos de 21 días, dato obtenido del libro de METCALF & EDDY, Wastewater Treatment Engineering, 4th Edition. El requerimiento de oxígeno para el sistema es de 726.73 lbO<sub>2</sub>/día y la tasa estándar de transferencia de oxígeno de 940.18 lbO<sub>2</sub>/día. Basados en estos valores se llegó a la conclusión de que son necesarios dos aireadores de 10HP cada uno, pues la potencia total exigida por el sistema es de 18.65 HP.

\* Este cálculo se obtuvo mediante fórmulas del libro del Dr. Fabián Yáñez y análisis para estudios efectuados en Perú.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

Este tratamiento se ubica totalmente dentro de lo exigido por las normas, sin embargo la superficie a ocuparse es lo suficientemente grande para llevarnos a dudar en cuanto a su aplicación.

### **3.3.5. Presupuesto Referencial**

El costo de inversión proyectado para este sistema es de \$ 347,407.91, que incluye gastos de obra civil, eléctrica, sanitaria e hidráulica. Los valores por mantenimiento y operación anual están alrededor de los \$ 49,750.00. Su Valor Actual Neto bordea los -\$ 638,314.57 (**VER ANEXO 8, página 119**).

### **3.3.6. Desventajas**

Su construcción y operación es de las más sencillas. Sin embargo, pueden llegar a ser foco de vectores, son muy sensibles a los cambios climáticos y no permiten modificaciones en las condiciones del proceso.

Además, este sistema puede generar malos olores que afectarían a los habitantes del Buijo Histórico e incluso a los de Ciudad Celeste, o a personas que visiten el lugar. No generarían ruido, salvo por el accionar de la estación de bombeo, necesaria para reducir la profundidad del efluente crudo aguas debajo de la red.



### 3.4. Pantanos Artificiales de Flujo Sub-Superficial

Aunque por condiciones de costo este sistema suele ser menos rentable que los de flujo superficial, fue seleccionado por su factibilidad de acuerdo a las condiciones del medio.

Entre los parámetros que nos llevaron a seleccionarlo están la profundidad a la que se encuentra el nivel freático (alrededor de 1,20 por debajo de la cota más baja de la red), el tipo de material hallado en el lugar (grava arcillosa), las facilidades para realizar un sistema de drenaje de flujo horizontal y, finalmente, la certeza de que este tipo de proceso no atraerá la atención de roedores o insectos endémicos, además de su mayor contraste con el medio (ayudando a lo paisajístico).

#### 3.4.1. Ubicación más favorable

En caso de emplear el sistema de humedales o pantanos artificiales de flujo sub-superficial, se lo ubicaría al norte del este, por detrás de las manzanas 16, 17, 23 y 24, ocupando un terreno de propiedad privada que debería ser comprado, previo acuerdo con la dueña del mismo (**VER ANEXO 9, incluye dimensiones, página 120**). Para esta locación habría que realizarse los trámites respectivos para respectivas expropiaciones y compras de terrenos privados.

#### 3.4.2. Facilidades y Mantenimiento

Estos sistemas son incluso más sencillos en la construcción de sus unidades, pues trabajan con profundidades pequeñas. En el caso del



trabajo actual, la profundidad efectiva del agua sub-superficial es de 60 cm, además de una cama de grava de 25mm.

Su mantenimiento se centra en la preservación de las especies vegetales empleadas para este proceso, para este sistema fueron seleccionados los carrizos por cuanto éstos existen en nuestro medio, lo que aportaría a la economía del proyecto. A su vez, se les debe dar el respectivo cuidado a sus terraplenes y a los terrenos circundantes, o a la presencia de animales que puedan afectar el sistema con el consumo de éste componente vegetal.

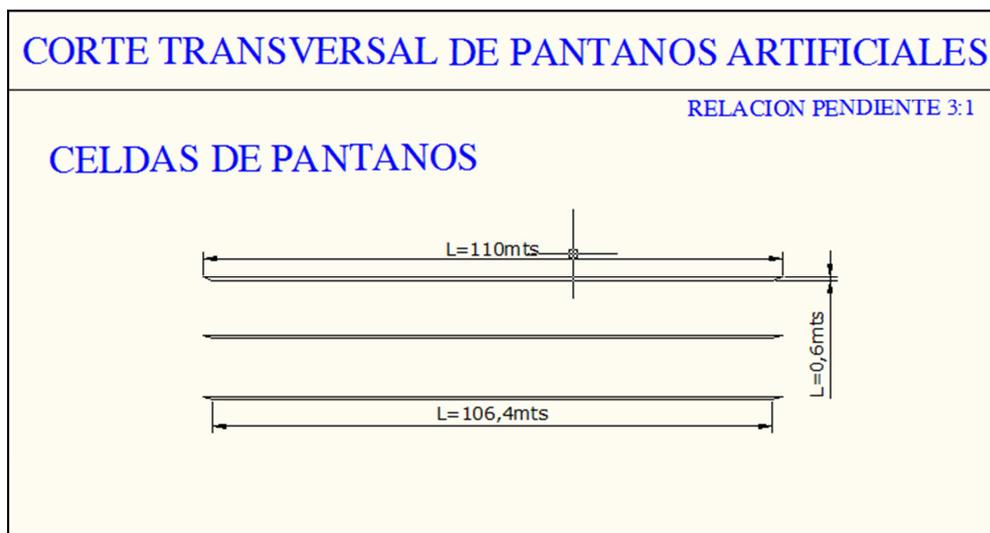
Requiere de personal autorizado, mas no de mecanismos que generen oxígeno pues este sistema trabaja por cuenta propia, basados en los procesos de fotosíntesis que se desarrollan en ellos y la interacción del crudo con el tallo y raíces de sus cultivos.

### 3.4.3. Superficie requerida

Para el caso estudiado se han obtenido áreas parciales de 110 x 35 metros cada celda del humedal, para un total de área requerida de **10,975.46 m<sup>2</sup> (1.10 ha)**, un área relativamente menor a la obtenida con las lagunas de oxidación.

Esta superficie es únicamente la requerida por los pantanos, mas no el área total a ocuparse. Manteniendo una relación de 3:1 entre sus dimensiones, y una profundidad efectiva del flujo de los humedales de 0.60cm, se dispone de un área total de 13,200 m<sup>2</sup> (120x110m), con períodos de retención de 2,50 días.\*

\* Este cálculo es basado en un análisis y diseño efectuado por la Universidad Politécnica de Cataluña, para la obtención del título de Máster en ingeniería y gestión ambiental del Ing. Jaime Lara



**Figura 11.- Dimensiones de los pantanos**

Los humedales no dispondrían de ciertos elementos que las lagunas antes mencionadas, puesto que no los requieren.

Tendrán un cerramiento de árboles, para mayor sintonía con el entorno, mas no por malos olores. De los equipos y acometidas necesarias, únicamente para la caseta de bombas. En lugar del geotextil, se aplicará una cama de grava de 2,50cm y en lugar de las algas propias de las lagunas, se emplearán carrizos, existentes en los arrozales camino a Samborondón.

#### **3.4.4. Tratamiento obtenido**

En cuanto al tratamiento dado al afluente se obtuvo lo siguiente. Inició con un total de 217 mg/l de sólidos suspendidos totales y tras el tratamiento



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

este valor se redujo por una eficiencia del 88,65%, lo que da por resultado 24,63 mg SST/l. Por su lado, la reducción de la DBO se dio en un 84,84%, partiendo con valores de 330mg DBO/l hasta 30 mg DBO/l (**VER ANEXO 10, página 121**).

#### **3.4.5. Presupuesto Referencial**

El costo de inversión estimado para este sistema es de \$ 187,847.00, que incluye gastos de obra civil, sanitaria e hidráulica. Los valores por mantenimiento y operación anual están alrededor de los \$ 56,550.00. Su Valor Actual Neto bordea los -\$ 518,515. 78 (**VER ANEXO 11, página 122**).

#### **3.4.6. Desventajas**

Sin embargo, este sistema, aunque no se ve afectado por las variaciones del afluente o las condiciones del medio, un error en su diseño podría desencadenar grandes costos en su reparación. Dejando este punto de lado, estos sistemas están directamente influenciados por el costo de la tierra, el tipo de impermeabilización requerida y de la disponibilidad del material granular para su cama.

### **3.5. Plantas de Tratamiento. Sistema de Lodos Activos.-**

El actual sistema de alcantarillado sanitario del Recinto Buijo Histórico descarga su efluente recolectado a un canal abierto de aguas lluvias que se conecta aguas abajo con el Río Babahoyo.

\* Este cálculo es basado en un análisis y diseño efectuado por la Universidad Politécnica de Cataluña, para la obtención del título de Máster en ingeniería y gestión ambiental del Ing. Jaime Lara



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

Ambientalmente no es lo más recomendable en vista de que se contamina a varios ecosistemas y a toda una gama de especies animales y vegetales propias de este afluente y, por consiguiente, del Río Guayas.

Esta descarga de efluentes domésticos afectará a las zonas de cultivo cercanos, generará alteraciones al ecosistema, a los sistemas agrícolas, acuícolas y a la salud de los pobladores del recinto y de las urbanizaciones adyacentes.

Por ello es necesario el desarrollo de procesos alternativos de bajo costo, que brinden una infraestructura adecuada para la prevención y el control de la contaminación del agua, así como la dispersión de enfermedades y daños al ambiente, ya que lo empleado como tratamiento de aguas servidas en este sector no representa una solución estricta a sus necesidades de saneamiento, e incluso se podría proyectar sistemas que a su vez permitan su reutilización.

### **3.5.1. Ubicación más favorable**

De ser una planta de tratamiento, ésta se ubicaría por detrás de las manzanas 23, 16 y 17, en terrenos privados que deben ser expropiados. Esta ubicación se la considera como la más conveniente. Este proyecto abarcaría entre 500 y 600 m<sup>2</sup>, dimensiones a 28 metros de largo y 20 metros de ancho (**VER ANEXO 12, incluye dimensiones, página 123**).

### **3.5.2. Facilidades y mantenimiento.**



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

Las plantas de tratamiento no ocupan tanta superficie como las lagunas de oxidación y cumplen el objetivo que las dos alternativas anteriores no cumplen o no cumplen a cabalidad. No emiten olores y su sistema operativo no genera ruido. Suelen ser sistemas automatizados, tienen una alarma que suele activarse al presentar fallas, pero esto se da en casos extraordinarios.

### 3.5.3. Unidades de la planta

Esta planta contará con una rejilla mecánica para retener los sólidos más grandes como tratamiento preliminar.

Para el tratamiento primario se construirá Decantador de 7.20 metros de diámetro y una Altura total entre su cono y cilindro de 4.00 metros.

A esta unidad le seguirá un clarificador secundario de sección rectangular con 5.70 metros de largo y 3.50 metros de ancho, y una altura de 3.50 metros.

Tendrá a su vez un digestor de lodos para darle recirculación a los mismos y tratarlos nuevamente, terminando de degradarse la materia orgánica. Sus dimensiones serán de 4.00 x 3.00 x 1.50 metros.

Finalmente, el tratamiento terciario lo constituye la unidad de desinfección de dimensiones de 3.20 metros de largo, 3.20 metros de ancho y 1.85 metros de altura (**VER ANEXO 13, página 124**).\*

\* Este cálculo es basado en un análisis estudiado en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, en el curso de Alcantarillado.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

Las paredes de estas unidades serán de hormigón de 20 cm, reforzadas con acero. Se colocará un cerramiento vegetal y los respectivos equipos para el funcionamiento de los aireadores automáticos, encargados de oxigenar el agua servida y darle circulación al flujo. Para este sistema se recomienda de igual forma la caseta de bombeo. La acometida eléctrica para este caso tendrá conductores de mayor calibre, por la exigencia del equipo a emplearse, el mismo que en su mayoría será importado.

#### **3.5.4. Tratamiento obtenido.**

El cuerpo de agua no se verá contaminado pues, el efluente resultante de su tratamiento, es agua en tal estado que puede ser considerada para el consumo humano y, en el menor de los casos, para el riego y cultivo.

El efluente proyectado con este sistema busca concentraciones dentro de los límites permisibles por la norma, tomando como horizonte llegar a cantidades de 20 mg DBO5/lt, 40 mg DQO/lt, 20 mg TSS/lt y un pH en 7,5\*. La desinfección se la realizará mediante emisiones ultravioletas cuyo diseño no es parte de este trabajo.

#### **3.5.5. Presupuesto Referencial**

El costo de inversión estimado para este sistema es de \$ 189,378.60, que incluye gastos de obra civil, eléctrica, sanitaria e hidráulica. Los costes por mantenimiento y operación anual están alrededor de los \$ 15,700.00. Su Valor Actual Neto bordea los -\$ 281,182.31 (**VER ANEXO 14, página 125**).

\* Este cálculo es basado en un análisis estudiado en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, en el curso de Alcantarillado.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

### **3.5.6. Desventajas.**

Requieren un poco más de cuidado, sobre todo en la parte eléctrica y electrónica. Lo concerniente a la limpieza y a su administración se resume en precios bajos.

Su construcción es un poco más compleja por el número de unidades, la geometría variada de cada una de ellas y su disposición.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## **CAPÍTULO 4**

# **CUADROS COMPARATIVOS**



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## CAPÍTULO 4

### CUADROS COMPARATIVOS

#### 4.1. Comparación entre sistemas.-

##### 4.1.1. Comparación en función del VAN (VALOR ACTUAL NETO)

Tabla 4.- Valor Actual Neto de cada sistema

		VAN (\$)	OBSERVACIONES
Lagunas de Aireación Extendida	$L_{AE}$	-638.314,57	PARA EL CALCULO SE TRABAJA CON EL 15%. NO SE CONSIDERAN INGRESOS NI VALOR DE RESCATE.
Humedales Artificiales de Flujo Sub-Superficial	$HA_{FSS}$	-518.515,78	
Plantas de Tratamiento de Lodos Activados	$PT_{LD}$	-247.416,78	

Fuente: JDAP



Tabla 5.- Comparación del VAN entre sistemas

	$L_{AE}$	$HA_{FSS}$	$PT_{LA}$
$L_{AE}$	1,000	1,231	2,580
$HA_{FSS}$	0,812	1,000	2,096
$PT_{LA}$	0,388	0,477	1,000

Fuente: JDAP

Se puede apreciar en la tabla anterior como la inversión necesaria, proyectada con una tasa del 15%, para el sistema de lagunas de oxidación o el de pantanos artificiales, representan más del doble de lo que requeriría el sistema de lodos activos.

#### 4.1.2. Comparación en función de los Gastos por Inversión

Tabla 6.- Inversión para cada sistema

		GASTOS INVERSION (\$)	OBSERVACIONES
Lagunas de Aireación Extendida	$L_{AE}$	347.407,91	GASTOS REFERENTES A LA OBRA CIVIL, ELECTRICA, SANITARIA E HIDRAULICA, QUE INCLUYE EQUIPOS, MANO DE OBRA, MATERIALES Y DIRECCION TECNICA
Humedales Artificiales de Flujo Sub-Superficial	$HA_{FSS}$	187.847,00	
Plantas de Tratamiento de Lodos Activados	$PT_{LD}$	189.378,60	

Fuente: JDAP

En cuanto a la inversión inicial requerida, y cuyo valor es el obtenido a partir del presupuesto referencial para cada proceso, la tabla 7 refleja un gasto que se duplica entre los lodos activos y las lagunas, mientras que la relación entre el tratamiento de lodos y los pantanos difieren en una relación de 1,2.



Tabla 7.- Comparación del Gasto de Inversión entre sistemas

	<b>L<sub>AE</sub></b>	<b>HA<sub>FSS</sub></b>	<b>PT<sub>LA</sub></b>
<b>L<sub>AE</sub></b>	<b>1,000</b>	1,849	1,834
<b>HA<sub>FSS</sub></b>	0,541	<b>1,000</b>	0,992
<b>PT<sub>LA</sub></b>	0,545	1,008	<b>1,000</b>

Fuente: JDAP

#### 4.1.3. Comparación en función de los Gastos por Mantenimiento y Operación

Tabla 8.- Gastos de Operación y Mantenimiento para cada sistema

		<b>GASTOS POR MANT/OPER. (\$)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Lagunas de Aireación Extendida</b>	<b>L<sub>AE</sub></b>	49,750.00	INCLUYE EL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS MECANICOS EXISTENTES, DEL CUIDADO DE LA RED DE ALCANTARILLADO, LIMPIEZA DEL SISTEMA (INC. UNIDADES), JORNALES POR GUARDIANIA
<b>Humedales Artificiales de Flujo Sub-Superficial</b>	<b>HA<sub>FSS</sub></b>	56,550.00	
<b>Plantas de Tratamiento de Lodos Activados</b>	<b>PT<sub>LD</sub></b>	15,700.00	

Fuente: JDAP

Los gastos de operación y mantenimiento son bastante similares entre las lagunas de estabilización y el sistema de pantanos artificiales, pero son 3,17 y 3,60 veces mayores, respectivamente, a lo necesario para el tratamiento de lodos activos.

Tabla 9.- Comparación del Gasto por Mantenimiento y Operación entre sistemas

	<b>L<sub>AE</sub></b>	<b>HA<sub>FSS</sub></b>	<b>PT<sub>LA</sub></b>
<b>L<sub>AE</sub></b>	<b>1.000</b>	0.880	3.169
<b>HA<sub>FSS</sub></b>	1.137	<b>1.000</b>	3.602
<b>PT<sub>LA</sub></b>	0.316	0.278	<b>1.000</b>

Fuente: JDAP



#### 4.1.4. Comparación en función de la Superficie Ocupada

Tabla 10.- Superficie necesaria para cada sistema

		<b>SUPERFICIE REQUERIDA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Lagunas de Aireación Extendida</b>	<b>L<sub>AE</sub></b>	18,200.00	SE CONSIDERA EL AREA DE LAS UNIDADES OBTENIDA A PARTIR DE LOS DISEÑOS REALIZADOS, ADEMÁS DE AREAS NECESARIAS PARA LA CIRCULACION DE LOS EQUIPOS Y DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN, ASÍ COMO PARA LA UBICACIÓN DEL CERCADO VEGETAL
<b>Humedales Artificiales de Flujo Sub-Superficial</b>	<b>HA<sub>FSS</sub></b>	13,200.00	
<b>Plantas de Tratamiento de Lodos Activados</b>	<b>PT<sub>LD</sub></b>	560.00	

Fuente: JDAP

Es notable la diferencia en ocupación de área que presenta la planta de lodos activos en relación al tratamiento de aireación extendida de las lagunas de oxidación y los pantanos artificiales de flujo sub-superficial.

Tabla 11.- Comparación entre el área a ocuparse por cada sistemas

	<b>L<sub>AE</sub></b>	<b>HA<sub>FSS</sub></b>	<b>PT<sub>LA</sub></b>
<b>L<sub>AE</sub></b>	<b>1.000</b>	1.379	32.500
<b>HA<sub>FSS</sub></b>	0.725	<b>1.000</b>	23.571
<b>PT<sub>LA</sub></b>	0.031	0.042	<b>1.000</b>

Fuente: JDAP



#### 4.1.5. Comparación en función del Tratamiento Obtenido

Tabla 12.- Resumen del tratamiento obtenido por cada sistema

		TRATAM.	LIMITACIONES
<b>Lagunas de Aireación Extendida</b>	$L_{AE}$	2 lagunas primarias (115x46m) + 1 laguna secundaria (112,50x45m)  Remoción DBO=93,18%  Remoción CF=99.987%	Depende directamente de la temperatura del medio.  Cambios en el contenido del efluente afectarán el tratamiento (inc. Control del PH y posibles filtraciones).
<b>Humedales Artificiales de Flujo Sub-Superficial</b>	$HA_{FSS}$	3 celdas de 108,43x33,74m.  Remoción SST=88,65%  Remoción DBO=84.84%	Dificultad para poner en marcha el sistema, demora más que otros.  Una vez construidos, es muy costoso subsanar el sistema por errores constructivos o de diseño.  La proliferación de raíces y rizomas + grasas, aceites y material fino colmatarían el medio granular del humedal.  Eliminación mínima del fósforo.
<b>Plantas de Tratamiento de Lodos Activados</b>	$PT_{LD}$		Errores en el diseño (error en la proyección de la población futura) haría que éste y los dos sistemas anteriores colapsen.  La falta de mantenimiento continuo podría hacer de estos sistemas inservibles (los convertiría en vulgares reservorios)

\* $L_{AE}$ , el tratamiento otorgado por este mecanismo da por resultado final una concentración de 38.06 mg.DBO/l y una reducción del 99.987% de Coliformes Fecales, valores dentro de lo establecido por las normas.

\* $HA_{FSS}$ , el efluente final contiene tan solo 24,64 mg.SST/l y 50,01 mg.DBO/l, valores también dentro de lo solicitado por las normas

\* $PT_{LD}$ ,



#### 4.1.6. Comparación en función de la Afectación Ambiental

Tabla 13.- Resumen de afectación ambiental

AFECT. AMB.		VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>Lagunas de Aireación Extendida</b>	<b>L<sub>AE</sub></b>	<p>Necesidad mínima de personal y equipos electromecánicos.</p> <p>No emitirá mayor ruido</p> <p>El afluyente recibiría un buen tratamiento por parte de este sistema.</p>	<p>Generación de malos olores que afectarán a los pobladores del Buijo Histórico y ciudadelas cercanas.</p> <p>Foco para la aglomeración de insectos que puedan ocasionar infecciones a los habitantes y a los animales del sector.</p> <p>No ofrecería mayores aportaciones al paisaje del sector.</p> <p>Posibles expropiaciones de viviendas y cambio de sitio a pobladores del sector.</p>
<b>Humedales Artificiales de Flujo Sub-Superficial</b>	<b>H<sub>A<sub>FSS</sub></sub></b>	<p>Necesidad mínima de personal y equipos electromecánicos.</p> <p>No emitirán ruido ni malos olores.</p> <p>Aporta al paisajismo del lugar. Los humedales se mezclan con el entorno.</p> <p>El tratamiento otorgado es bueno aunque no mejor que el generado por las lagunas, sin embargo sigue dentro de los parámetros establecidos por la Norma.</p> <p>No requieren de la presencia de elementos mecánicos para la generación de oxígeno.</p>	<p>Sus cultivos pueden ser consumidos por especies animales que merodeen por el área.</p> <p>Dependen, aunque en menor grado que las lagunas, del calor generado por el sol.</p> <p>Dificultad para su puesta en marcha.</p> <p>El descuido del sistema puede provocar la proliferación de insectos y afectar a la salud pública y a los hábitat presentes.</p> <p>Posibles expropiaciones de viviendas y cambio de sitio a pobladores del sector.</p>



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

<b>Plantas de Tratamiento de Lodos Activados</b>	<b>PT<sub>LD</sub></b>	Necesidad mínima de personal y equipos electromecánicos.  No emitirá mayor ruido.  El área que ocupan es mínima y su afectación a viviendas y pobladores es casi nula.  Sistema más higiénico que los anteriores. Los habitantes pueden vivir muy cerca a él y, a pesar de ello, no sentir presencia de malos olores.  Variedad en la disposición de sus elementos, son muy versátiles.  Efluente mejor tratado.	Excavaciones más profundas para este sistema en comparación a los dos anteriores.  El lugar que ocuparía podría afectar el proyecto de malecón previsto para el Recinto.  Una errada estimación de la población afectaría su funcionamiento.
--	------------------------	--	--

Fuente: JDAP



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## **CAPÍTULO 5**

# **OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES**



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## **CAPÍTULO 5**

### **OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Observaciones**

De entre los tres sistemas propuestos, se ha optado por seleccionar el Sistema de Tratamiento por Lodos activados por lo siguiente:

- El área requerida es mucho menor a las otras dos alternativas (32 veces más pequeña que las lagunas y 23 más que los humedales).



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

- El gasto necesario para la construcción y puesta en marcha del sistema es dos veces menor que las demás.
- El costo del mantenimiento y su continua operación nos arrojan valores tres veces menores que las demás alternativas.
- Esto, en conclusión, nos arroja valores del VAN mucho menores, lo que nos indica una mayor factibilidad para la ejecución de un proyecto de este tipo.
- El tratamiento otorgado al afluente esta dentro de lo establecido por el Libro de TULAS. Las concentraciones de DBO5, nitrógeno, fósforo, coliformes fecales, sólidos suspendidos totales, etc., están por debajo de los máximos valores permisibles, a un costo bastante menor tras el análisis efectuado del Valor actual Neto.
- Las afectaciones ambientales son casi nulas. Con el debido cuidado se mantendrán de la misma manera. El ruido generado por la maquinaria requerida estará dentro de los decibeles tolerados por el oído humano.
- No se verán afectadas viviendas ni pobladores del sector.
- No existirá emisión de malos olores. No existirán reclamos por parte de los habitantes de Ciudad Celeste ni del propio Buijo Histórico.
- Los porcentajes de enfermedades disminuirán con la construcción del sistema, no habrá aglomeración de bichos o animales indeseados por los habitantes. La calidad de vida de la población a servirse mejorará.
- Se requerirá, básicamente de un guardia que cuide del sistema y que vele por la constante limpieza y revisión del mismo.

## 5.2. Recomendaciones

Como recomendaciones se tienen las siguientes:



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

- En el momento de la construcción no emitirá mayores concentraciones de polvo. Se empleará agua para humedecer el área de trabajo.
- Emplear las respectivas medidas de seguridad para transeúntes y trabajadores.
- Realizar las charlas necesarias con los pobladores en las que se indiquen datos importantes sobre la preservación del sistema, el cuidado que se debe tener en cuanto a los desechos y a su depósito, etc.
- Para los locales de comidas se recomienda la instalación de trampas de grasa para evitar cargas excesivas de este componente a la hora de tratar el afluente dentro de la planta.
- Finalmente, evitar que se continúe con la mezcla de aguas grises y aguas lluvias. El sistema busca tratar el agua servida que anteriormente era vertida al Río Babahoyo. El descargar aguas grises por las alcantarillas desembocará en el río y el objeto ambiental no será el pretendido.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## **ANEXOS**



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**José Daniel Arce Poveda**

**ANEXO 1**

**PLANO EN PLANTA DEL ALCANTARILLADO EN EL BUIJO HISTÓRICO**



## ANEXO 2

### OCTAVA PARTE (VIII) SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

#### 1. OBJETO

- 1.1. Estas disposiciones proporcionan al ingeniero sanitario un conjunto de criterios básicos para el diseño de proyectos de alcantarillado.

#### 2. ALCANCE

- 2.1. Las presentes disposiciones se refieren al diseño de sistemas de recolección y transporte de aguas servidas y aguas de escorrentía pluvial.

#### 3. DEFINICIONES

- 3.1 **Aguas residuales domésticas.** Desechos líquidos provenientes de viviendas, instituciones y establecimientos comerciales.
- 3.2 **Aguas residuales industriales.** Desechos líquidos provenientes de la industria. Dependiendo de la industria podrían contener, además de residuos tipo doméstico, desechos de los procesos industriales.
- 3.3 **Alcantarillas curvas.** Alcantarillas que siguen la curvatura de una calle.
- 3.4 **Aliviaderos.** Estructuras que desvían el exceso de caudal no recogido por los interceptores hacia colectores que conducen este exceso a una estación depuradora.
- 3.5 **Análisis estadístico hidrológico.** Estudio de datos hidrológicos observados en un determinado tiempo, con el propósito de efectuar su proyección para un período mayor.
- 3.6 **Áreas tributarias.** Áreas que contribuyen al escurrimiento de aguas residuales y/o aguas pluviales.
- 3.7 **Auto limpieza.** Proceso a través del cual, la velocidad de flujo en un conducto impide la sedimentación de partículas sólidas.
- 3.8 **Bóveda.** Superficie curva que sirve para cubrir el espacio superior de un canal.



- 3.9 Cajas domiciliarias.** Estructura donde descarga la conexión intra domiciliaria.
- 3.10 Capacidad hidráulica.** Capacidad de transporte de un conducto de características definidas en determinadas condiciones.
- 3.11 Caudal máximo instantáneo.** Caudal máximo de aguas residuales que se podría observar en cualquier año dentro del período de diseño. Normalmente se lo calcula para el final del período de diseño.
- 3.12 Caudales de aguas lluvias.** Volúmenes de agua por unidad de tiempo de escurrimiento superficial, producto de la precipitación.
- 3.13 Coeficiente de retorno.** Relación entre el agua residual producida y el agua potable consumida.
- 3.14 Coeficiente de mayoración.** Relación entre el caudal máximo instantáneo y el caudal medio diario, en un mismo período.
- 3.15 Coeficiente de escurrimiento.** Relación entre los volúmenes totales de escurrimiento superficial y los de precipitación.
- 3.16 Conexiones clandestinas.** Conexiones a nivel domiciliario que permiten la entrada de la escorrentía pluvial, recogida en los techos o en los patios, directamente al alcantarillado sanitario.
- 3.17 Conexiones domiciliarias.** Conexiones de las descargas de aguas residuales domiciliarias a los conductos.
- 3.18 Contribución por infiltración.** Aguas de lluvias o freáticas que ingresan a la red de alcantarillado sanitario, a través de juntas y conexiones defectuosas, de las tapas de los pozos de revisión y cajas domiciliarias.
- 3.19 Cuadros de cálculo.** Cuadros que contienen todos los datos y valores de la rutina de cálculo para el diseño hidráulico de los conductos. La información debe presentarse ordenada secuencialmente de tal forma que facilite la revisión.
- 3.20 Cuencas tributarias.** Área receptora de la precipitación que alimenta parcial o totalmente el escurrimiento de un curso de agua.
- 3.21 Cunetas.** Elemento de las calles a través de los cuales circula superficialmente el agua de lluvia, hasta ingresar al sistema de conductos a través de los sumideros.
- 3.22 Curvas de intensidad, duración y frecuencia.** Curvas que proporcionan la intensidad máxima de lluvia, para una duración y frecuencia determinadas.



- 3.23 Dotación de agua potable.** Volumen de agua potable consumido diariamente, en promedio, por cada habitante. Normalmente, salvo se indique lo contrario, incluye los consumos doméstico, comercial, industrial y público
- 3.24 Etapas de un proyecto.** Fases que deben cumplirse en la elaboración de un proyecto (pre factibilidad, factibilidad y diseño definitivo).
- 3.25 Factor de economía de escala.** Exponente de una función de costo. Si es menor que 1 existe economía de escala.
- 3.26 Frecuencia.** Período dentro del cual un evento de determinada magnitud es igualado o superado.
- 3.27 Gradiente de energía.(gradiente hidráulica).** Línea imaginaria que une los valores de energía hidráulica total en diferentes secciones transversales de un sistema. La gradiente de energía es siempre descendente, pues de ella se restan las pérdidas de energía. Sólo en el caso de introducción de energía por bombeo puede producirse un ascenso de la gradiente de energía.
- 3.28 Hidrograma del escurrimiento superficial.** Representación gráfica de las variaciones del escurrimiento superficial en orden cronológico.
- 3.29 Intensidad de lluvia.** Lluvia por unidad de tiempo. Normalmente se mide en mm/h.
- 3.30 Interceptores.** Colectores que conducen las aguas negras de un sistema de alcantarillado combinado hacia la planta de tratamiento.
- 3.31 Intervalo de recurrencia:** (Período de retorno). Lapso promedio dentro del cual se espera que un evento sea igualado o superado.
- 3.32 Colectores instalados bajo la acera:** Se utilizan para receptor descargas domiciliarias. Se los denomina también ramales domiciliarios o red terciaria.
- 3.33 Lluvia de diseño.** Altura de precipitación para una duración y frecuencia determinadas.
- 3.34 Lluvia máxima de veinticuatro horas.** Lluvia máxima registrada en un período de 24 h. Para efectos de cálculo puede considerarse igual a la lluvia máxima de un día.
- 3.35 Período de diseño.** Período al final del cual una obra trabajará a la saturación.
- 3.36 Período óptimo de diseño.** Período, entre las etapas de una obra, que proporciona su mayor rentabilidad.
- 3.37 Plan regulador.** Plan que regula el desarrollo urbano de una comunidad.



- 3.38 **Población futura.** Número de habitantes que se tendrá al final del período de diseño.
- 3.39 **Pozos de revisión.** Estructuras que permiten el acceso desde la calle al interior de un sistema de alcantarillado.
- 3.40 **Proyectista.** Persona natural o jurídica responsable de los estudios y diseños de los sistemas de alcantarillado.
- 3.41 **Sifones invertidos.** Tuberías a presión utilizadas en un sistema de alcantarillado para cruzar depresiones.
- 3.42 **Sistema de alcantarillado.** Conjunto de tuberías y obras complementarias necesarias de recolección de aguas residuales y/o pluviales.
- 3.43 **Sistema de alcantarillado sanitario.** Sistema de alcantarillado para la recolección de aguas residuales de cualquier origen.
- 3.44 **Sistema de alcantarillado pluvial.** Sistema de alcantarillado destinado a la recolección de aguas lluvias.
- 3.45 **Solera.** Superficie de fondo de un conducto cerrado, canal o acequia
- 3.46 **Sumideros.** Estructuras que permiten el ingreso de la escorrentía pluvial al sistema de alcantarillado pluvial.
- 3.47 **Tasa de actualización.** Costo de oportunidad del capital.
- 3.48 **Tiempo de concentración.** Lapso necesario para que la escorrentía llegue desde el punto más alejado del área tributaria al punto considerado.
- 3.49 **Tiempo de escurrimiento.** Tiempo que tarda el agua en recorrer un tramo determinado de colector.
- 3.50 **Usos de suelos.** Asignación que se da al suelo urbano, dentro del plan regulador, para el uso residencial, industrial, comercial, institucional, etc.
- 3.51 **Vasos artificiales de regulación.** Depósitos para retener temporalmente los caudales pluviales y reducir, de esta manera, los diámetros de los colectores.
- 3.52 **Velocidades máximas.** Máxima velocidad permitida en las alcantarillas para evitar la erosión.
- 3.53 **Velocidades mínimas.** Mínima velocidad permitida en las alcantarillas con el propósito de prevenir la sedimentación de material sólido.



## 4. DISPOSICIONES GENERALES

### 4.1 Clasificación

**4.1.1** Los sistemas de alcantarillado pueden ser de tres clases: separados, combinados y mixtos.

**4.1.1.1** Los sistemas de alcantarillado separados consisten en dos redes independientes la primera, para recoger exclusivamente aguas residuales domésticas y efluentes industriales pre tratados; y, la segunda, para recoger aguas de escorrentía pluvial.

**4.1.1.2** Los sistemas de alcantarillado combinado conducen todas las aguas residuales producidas por un área urbana y, simultáneamente, las aguas de escorrentía pluvial.

**4.1.1.3** Los sistemas de alcantarillado mixtos son una combinación de los dos anteriores dentro de una misma área urbana; esto es, una zona tiene alcantarillado separado y otra, combinado.

**4.1.1.4** La selección del tipo de sistema de alcantarillado a diseñarse para una comunidad debe obedecer a un análisis técnico-económico que considere el sistema existente, si lo hubiere, las características de las cuencas aportantes, el régimen de lluvias de la zona, las características del cuerpo receptor; posibles re usos del agua etc. En fin se analizará todos los aspectos que conduzcan a la selección del sistema más apropiado a la realidad socio-económica del país.

### 4.2. Etapas del proyecto

**4.2.1** En términos generales la elaboración de un proyecto de alcantarillado, debe cumplir con todas las etapas descritas en la primera parte (Etapas de un proyecto) de estas normas. La SAPYSB, considerando las características del proyecto, podría excluir algunas de las etapas previas al diseño definitivo.

## 5. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

### 5.1 Bases de diseño

#### 5.1.1 Período de diseño:

**5.1.1.1** Las obras componentes de los sistemas de alcantarillado se diseñarán en lo posible, para sus períodos óptimos de diseño.

**5.1.1.2** El período óptimo de diseño de una obra de ingeniería es una función del factor de economía de escala y de la tasa de actualización (costo de oportunidad del capital).



- 5.1.1.3** Dado que los componentes principales de un proyecto de alcantarillado presentan distintos factores de economía de escala, estos pueden, de considerarse justificable, dimensionarse para diferentes períodos intermedios de diseño.
- 5.1.1.4** Como regla general, las obras con economías de escala significativas, se diseñarán para la capacidad final del diseño, en tanto que los otros con pequeñas economías de escala se diseñarán para períodos más cortos, de ser posibles múltiplos del período final.
- 5.1.1.5** Para la selección del período de diseño de las obras, además de lo anotado en los numerales anteriores, se tendrá en cuenta las facilidades de ampliación y el impacto ambiental de ejecución de la obra.
- 5.1.1.6** Como una aproximación e independientemente de otros factores (dificultad de ampliación, políticos, administrativos), la siguiente ecuación puede utilizarse para calcular el período óptimo de diseño y/o ampliación del componente de un sistema de alcantarillado.

$$x = \frac{2,6 (1 - a)^{1,12}}{R}$$

En donde:

X = período óptimo de diseño;  
a = factor de economía de escala;  
R = tasa de actualización.

A falta de información, plenamente justificada, se podrían utilizar los siguientes factores de economía de escala, en función del caudal.

Colectores = 0,43  
Estaciones de bombeo = 0,75  
Plantas de tratamiento secundario = 0,88

## **5.1.2 Estimación de la población futura**

**5.1.2.1** En la estimación de la población futura para el diseño de sistemas de alcantarillado se tomarán en cuenta los aspectos mencionados en el numeral 4.1.3. de la quinta parte correspondiente al diseño de sistemas de agua potable.

## **5.1.3 Áreas tributarias**



**5.1.3.1** Se zonificará la ciudad en áreas tributarias fundamentalmente en base a la topografía, teniendo en cuenta los aspectos urbanísticos definidos en el plan regulador. Se considerará los diversos usos de suelo (residencial, comercial, industrial, institucional y público). Se incluirán las zonas de futuro desarrollo.

**5.1.3.2** De no existir un plan de desarrollo urbano, en base a la situación actual, a las proyecciones de población y a las tendencias y posibilidades de desarrollo industrial y comercial, se zonificará la ciudad y su área de expansión hasta el final del horizonte de diseño.

**5.1.3.3** Para el alcantarillado pluvial será necesario definir las cuencas que drenan a través de la ciudad.

#### **5.1.4 Caudales de diseño de aguas residuales**

**5.1.4.1** Las aguas residuales a ser evacuadas por el sistema de alcantarillado sanitario están constituidas por:

- Aguas residuales domésticas;
- Aguas residuales industriales pre tratadas;
- Contribución por infiltración; y,
- Conexiones clandestinas.

**5.1.4.2** El caudal medio diario de aguas residuales domésticas se calculará para el principio y final del período de diseño. Este caudal será el producto de la población aportante y de las dotaciones de agua potable correspondientes al inicio y final del período de diseño, afectado por el coeficiente de retorno.

**5.1.4.3** Para ciudades con sistemas existentes, los valores del coeficiente de retorno se determinarán a través de mediciones en zonas residenciales típicas. Para comunidades que no disponen de sistemas de alcantarillado, se podrán utilizar valores obtenidos para otras ciudades y/o de la literatura técnica, justificando siempre el valor seleccionado.

**5.1.4.4** Para el cálculo de los caudales de desecho industrial, se tendrá en cuenta el sistema de abastecimiento de agua y el régimen de trabajo de la industria, así como la existencia de instalaciones de tratamiento. Esto será necesario para sectores o parques industriales y para industrias aisladas con procesos que utilicen importantes cantidades de agua.

**5.1.4.5** Los caudales de aguas residuales domésticas varían sensiblemente a lo largo del día por lo que, para efecto del dimensionamiento de las obras de alcantarillado, será necesario determinar el caudal máximo instantáneo.



**5.1.4.6** El caudal máximo instantáneo depende de muchos factores y fundamentalmente de las condiciones de consumo, tamaño y estructura de la red de recolección, por lo que no es recomendable la adopción de valores reportados en la literatura u obtenidos para otras comunidades, sobre todo en poblaciones con sistemas existentes donde es posible la determinación de este caudal, por mediciones en el campo.

**5.1.4.7** En sistemas de alcantarillado existentes, el caudal máximo instantáneo será obtenido a través de mediciones en el campo. Estos caudales se determinarán para sectores tipo de la colectividad y para áreas de diversas magnitudes, para determinar de esta manera valores que relacionen las áreas servidas con el caudal máximo instantáneo. El cociente entre el máximo instantáneo y el medio diario será el coeficiente de mayoración. Se establecerán funciones que relacionen el máximo instantáneo y el área ó población servida.

**5.1.4.8** Para ciudades que no disponen de alcantarillado o donde, por alguna circunstancia plenamente comprobada, no sea posible o no sean representativas las mediciones, se podrá utilizar coeficientes de mayoración de ciudades de características similares o de la literatura técnica.

**5.1.4.9** En el diseño y construcción de los sistemas de alcantarillado, sobre todo cuando estos están bajo el nivel freático, se tomarán todas las previsiones para eliminar o reducir al mínimo las infiltraciones de aguas subterráneas, a través de los tubos, juntas entre tubos, uniones entre estos y pozos de revisión, etc.

**5.1.4.10** En sistemas existentes será necesario efectuar mediciones en sectores representativos seleccionados, teniendo en cuenta los niveles freáticos, impermeabilidad del área, calidad y estado de conservación de las tuberías, etc, con el propósito de determinar los caudales de infiltración.

**5.1.4.11** En cualquier caso la estimación de los caudales de infiltración serán plenamente justificados por el proyectista.

**5.1.4.12** Los sistemas de alcantarillado sanitario no deben admitir entrada de aguas lluvias a través de conexiones clandestinas y deberán tomarse todas las previsiones necesarias para lograr este propósito. Para sistemas existentes que tengan conexiones clandestinas, se recomendará a la autoridad competente su eliminación.

En todo caso la cuantificación de los caudales por conexiones clandestinas será responsabilidad del proyectista y su valor deberá ser plenamente justificado por éste.

## **5.1.5 Caudales de diseño de aguas lluvias:**



**5.1.5.1** Para el cálculo de los caudales del escurrimiento superficial directo, se podrán utilizar tres enfoques básicos: el método racional; el método del hidrograma unitario sintético y el análisis estadístico, basado en datos observados de escurrimiento superficial.

**5.1.5.2** El método racional se utilizará para la estimación del escurrimiento superficial en cuencas tributarias con una superficie inferior a 100 ha.

**5.1.5.3** Para cuencas con extensión superior a las 100 ha se utilizará el método del hidrograma unitario sintético. Este mismo método se empleará para el análisis de los vasos artificiales de regulación.

**5.1.5.4** Para estimar las descargas de cursos de agua importantes, cuya área de contribución sea superior a 25 km<sup>2</sup>, que fluyan a través de las áreas urbanas, se recomienda el análisis estadístico de los datos de escurrimiento superficial observados. De no existir información se utilizará, con la respectiva justificación, cualquier otro método, recomendando a los organismos pertinentes la instrumentación inmediata de la cuenca, tendiente a registrar los valores del escurrimiento superficial en los puntos de interés.

**5.1.5.5** Con propósitos de selección de las frecuencias de las lluvias de diseño, se considerará el sistema de drenaje como constituido por dos sistemas diferentes. El sistema de drenaje inicial o de micro drenaje compuesto por pavimentos, cunetas, sumideros y colectores y el de macro drenaje, constituido por grandes colectores. (canales, esteros y ríos)

**5.1.5.6** El sistema de micro drenaje se dimensionará para el escurrimiento cuya ocurrencia tenga un período de retorno entre 2 y 10 años, seleccionándose la frecuencia de diseño en función de la importancia del sector y de los daños y molestias que puedan ocasionar las inundaciones periódicas.

**5.1.5.7** Los sistemas de macro drenajes se diseñarán para escurrimientos de frecuencias superiores a los 50 años. La selección de la frecuencia de diseño será el resultado de un análisis de los daños a propiedades y vidas humanas que puedan ocasionar escurrimientos de frecuencias superiores.

**5.1.5.8** Después del dimensionamiento del sistema, se recomienda efectuar una verificación de las repercusiones de la ocurrencia de lluvias más intensas que las del proyecto. Dependiendo de los daños potenciales, se podría redimensionar el sistema ampliando su capacidad.

**5.1.5.9** Para la aplicación del método racional y del hidrograma unitario sintético, es necesario disponer de las curvas, intensidad, duración y frecuencia. Estas relaciones serán deducidas de observaciones de los registros de lluvia en el área de estudio, durante un período lo suficientemente grande para poder aceptar las frecuencias como probabilidades.



**5.1.5.10** Cuando no exista en el área de estudio registros pluviográficos o el período de registro existente sea insuficiente, se obtendrán las curvas intensidad, duración, frecuencia a partir de las lluvias máximas de 24 h registradas en el sector y de relaciones entre alturas pluviométricas para diferentes duraciones, para áreas de características pluviográficas similares.

### **5.1.6 Selección del tipo de alcantarillado**

Dependiendo del tipo de área urbana a servirse, y previo el mutuo acuerdo entre el proyectista y la SAPYSB, se considerará la posibilidad de utilizar el nivel del sistema de recolección de aguas servidas que corresponda a dicha área urbana. En general se considerarán tres niveles, incrementando su complejidad desde el nivel 1 (el más simple) al nivel 3 (alcantarillado convencional).

La selección del nivel de alcantarillado a diseñarse se hará primordialmente a base de la situación económica de la comunidad, de la topografía, de la densidad poblacional y del tipo de abastecimiento de agua potable existente. El nivel 1 corresponde a comunidades rurales con casas dispersas y que tengan calles sin ningún tipo de acabado. El nivel 2 se utilizará en comunidades que ya tengan algún tipo de trazado de calles, con tránsito vehicular y que tengan una mayor concentración de casas, de modo que se justifique la instalación de tuberías de alcantarillado con conexiones domiciliarias. El nivel 3 se utilizará en ciudades o en comunidades más desarrolladas en las que los diámetros calculados caigan dentro del patrón de un alcantarillado convencional. Se debe aclarar que en una misma comunidad se puede utilizar varios niveles, dependiendo de la zona servida. A continuación se da un detalle de cada nivel.

#### **5.1.6.1 Nivel 1:**

**a) Alcantarillado sanitario.** Se utilizarán tanques sépticos o fosas húmedas (aqua privies), para grupos de casas, con sistemas de tuberías efluentes de PVC u otro material apropiado, que conduzcan las aguas servidas pre sedimentadas hacia un sistema central o zona de tratamiento. Este sistema de alcantarillado puede diseñarse con superficie libre de líquido (esto es, como canales abiertos) o a presión. No se utilizarán ni cajas ni pozos de revisión convencionales. Puesto que el líquido ya no acarrea sólidos, ni el sistema estaría expuesto a la introducción de objetos extraños a través de pozos o cajas de revisión, el diámetro mínimo de las tuberías puede reducirse a 75 mm. El resto de tuberías se diseñará para que tenga la capacidad hidráulica necesaria. Para el lavado periódico del sistema se instalarán bocas de admisión de agua en los puntos iniciales del sistema y a distancias no mayores de 200 m.

**b) Alcantarillado pluvial.** Se diseñarán las calles con cunetas de suficiente capacidad para acarrear la escorrentía superficial. No se diseñará ningún sistema de tuberías especiales. La escorrentía superficial drenará directamente al curso receptor. Para evitar el acarreo excesivo de sólidos en suspensión hacia el curso receptor se recubrirán las calles seleccionando algún tipo de pavimento económico,



como adoquines, empedrado, etc. La idea básica es invertir el dinero que se destinaría para el alcantarillado pluvial, en la pavimentación de las calles del área servida.

#### 5.1.6.2 Nivel 2:

**a) Alcantarillado sanitario.** Se utilizarán tuberías de hormigón simple de diámetro mínimo de 100 mm instaladas en las aceras. No se utilizarán pozos de revisión, sino cajas de mampostería de poca profundidad, con tapas provistas de cerraduras adecuadas. Sólo se utilizarán las alcantarillas convencionales para las líneas matrices o emisarios finales.

**b) Alcantarillado pluvial.** Se utilizarán canales laterales, en uno o ambos lados de la calzada, cubiertos con rejillas metálicas que impidan el paso de sólidos grandes al interior de la cuneta y que, al mismo tiempo, resistan el peso de vehículos. El espaciamiento libre que normalmente se puede utilizar es de 0,03 m a 0,07 m entre barrotes y una dimensión típica de estos podría ser 0,005 m x 0,05 m. Las calles deberán ser adoquinadas o empedradas para mejorar la calidad de la escorrentía pluvial. Su sección transversal tendrá pendientes hacia las cunetas laterales de modo que se facilite el flujo rápido de la escorrentía hacia ellas. Los canales se construirán en ambos lados de cada calle. Si sus dimensiones así lo justificaren, especialmente para colectores, se utilizarán tuberías de hormigón simple convencionales. En todo caso, para evitar el aumento en la longitud del canal, se utilizará la ruta más corta hacia el curso receptor. La pendiente mínima que deberán tener estos canales será la necesaria para obtener su auto limpieza (0,9 m/s a sección llena).

#### 5.1.6.3 Nivel 3:

**a) Alcantarillado sanitario.** Se utilizará una red de tuberías y colectores, como se describe en la sección 5.2 de esta parte. En ciertas zonas de la ciudad especialmente en aquellas en las que se inicia la producción de las aguas residuales, se podrá utilizar el diseño del nivel 2 pero con diámetro mínimo de 150 mm, especialmente en ciudades de topografía plana, con lo que se evita la innecesaria profundización de las tuberías.

**b) Alcantarillado pluvial.** Se utilizará una red de tuberías y colectores, como se describe en la sección 5.2 de esta parte. Este sistema podrá cambiarse con el nivel 2 en ciertas zonas de la ciudad si así se considera necesario en el diseño.

### 5.2. Red de tuberías y colectores

#### 5.2.1 Criterios generales de diseño:



**5.2.1.1** Las tuberías y colectores seguirán, en general, las pendientes del terreno natural y formarán las mismas hoyas primarias y secundarias que aquél. En general se proyectarán como canales o conductos sin presión y se calcularán tramo por tramo.

**5.2.1.2** Los gastos en cada tramo serán proporcionales a la superficie afluente en su extremo inferior y a la tasa de escurrimiento calculada.

**5.2.1.3** La red de alcantarillado sanitario se diseñará de manera que todas las tuberías pasen por debajo de las de agua potable debiendo dejarse una altura libre proyectada de 0,3 m cuando ellas sean paralelas y de 0,2 m cuando se crucen.

**5.2.1.4** Siempre que sea posible, las tuberías de la red sanitaria se colocarán en el lado opuesto de la calzada a aquél en el que se ha instalado la tubería de agua potable, o sea, generalmente al sur y al oeste del cruce de los ejes; y, las tuberías de la red pluvial irán al centro de la calzada.

**5.2.1.5** Las tuberías se diseñarán a profundidades que sean suficientes para recoger las aguas servidas o aguas lluvias de las casas más bajas a uno u otro lado de la calzada. Cuando la tubería deba soportar tránsito vehicular, para su seguridad se considerará un relleno mínimo de 1,2 m de alto sobre la clave del tubo, observando las indicaciones del numeral 5.2.1.3.

**5.2.1.6** El diámetro mínimo que deberá usarse en sistemas de alcantarillado será 0,2 m para alcantarillado sanitario y 0,25 m para alcantarillado pluvial.

**5.2.1.7** Las conexiones domiciliarias en alcantarillado tendrán un diámetro mínimo de 0,1 m para sistemas sanitarios y 0,15 m para sistemas pluviales y una pendiente mínima de 1%.

**5.2.1.8** La conexión de las descargas domiciliarias en los colectores se hará: mediante una pieza especial que garantice la estanqueidad de la conexión, así como el flujo expedito dentro de la alcantarilla; o a través de ramales laterales. Estos ramales se instalarán en las aceras y recibirán todas las descargas domiciliarias que encuentren a su paso, los ramales laterales descargarán en un pozo de revisión del colector. La conexión de las descargas domiciliarias con los ramales laterales se la hará a través de las cajas domiciliarias o de piezas especiales que permitan las acciones de mantenimiento. El diámetro mínimo de los ramales laterales (red terciaria) será de 150 mm.

**5.2.1.9** La selección del tipo de conexión de la descarga domiciliaria con los colectores, será responsabilidad del proyectista. La selección será el resultado de un análisis técnico-económico, en el que deberán considerarse entre otros los siguientes aspectos:

- Infraestructura existente;



- Aspectos urbanísticos (conformación de manzanas, anchos de calles, topografía);
- Materiales de construcción;
- Tamaño de los colectores;
- Facilidades constructivas, etc.

**5.2.1.10** En el diseño hidráulico de un sistema de alcantarillado sanitario se deberá cumplir las siguientes condiciones:

- a) Que la solera de la tubería nunca forme gradas ascendentes, pues éstas son obstrucciones que fomentan la acumulación de sólidos.
- b) Que la gradiente de energía sea continua y descendente. Las pérdidas de carga deberán considerarse en la gradiente de energía.
- c) Que la tubería nunca funcione llena y que la superficie del líquido, según los cálculos hidráulicos de: posibles saltos, de curvas de remanso, y otros fenómenos, siempre esté por debajo de la corona del tubo, permitiendo la presencia de un espacio para la ventilación del líquido y así impedir la acumulación de gases tóxicos.
- d) Que la velocidad del líquido en los colectores, sean estos primarios, secundarios o terciarios, bajo condiciones de caudal máximo instantáneo, en cualquier año del período de diseño, no sea menor que 0,45 m/s y que preferiblemente sea mayor que 0,6 m/s, para impedir la acumulación de gas sulfhídrico en el líquido.
- e) Que la capacidad hidráulica del sistema sea suficiente para el caudal de diseño, con una velocidad de flujo que produzca auto limpieza.

**5.2.1.11** Las velocidades máximas admisibles en tuberías o colectores dependen del material de fabricación. Se recomienda usar los valores que constan en la tabla VIII.1

**TABLA VIII.1 Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados**

<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD MÁXIMA m/s</b>	<b>COEFICIENTE DE RUGOSIDAD</b>
Hormigón simple:		
Con uniones de mortero.	4	0,013
Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3,5 – 4	0,013
Asbesto cemento	4,5 – 5	0,011
Plástico	4,5	0,011



**5.2.1.12** La velocidad mínima en sistemas de alcantarillado sanitario, debe cumplir lo establecido en 5.2.1.10. d). En alcantarillado pluvial la velocidad mínima será de 0,9 m/s, para caudal máximo instantáneo, en cualquier época del año.

En caso contrario y si la topografía lo permite, para evitar la formación de depósitos en las alcantarillas sanitarias, se incrementará la pendiente de la tubería hasta que se tenga la acción auto limpiante. Si esta solución no es practicable, se diseñará un programa especial de limpieza y mantenimiento para los tramos afectados.

**5.2.1.13** El diseño hidráulico de las tuberías de alcantarillado puede realizarse utilizando la fórmula de Manning. Se recomienda las velocidades máximas reales y los coeficientes de rugosidad correspondientes a cada material, indicados en la tabla VIII.1.

**5.2.1.14** Las velocidades máximas permisibles en alcantarillado pluvial pueden ser mayores que aquellas adoptadas para caudales sanitarios continuos, pues los caudales de diseño del alcantarillado pluvial ocurren con poca frecuencia.

**5.2.1.15** Para la selección del material de las tuberías se considerarán las características físico-químicas de las aguas y su septicidad; la agresividad y otras características del terreno; las cargas externas; la abrasión y otros factores que puedan afectar la integridad del conducto.

**5.2.1.16** Cuando se utilicen canales para el transporte de aguas de escorrentía pluvial, su sección transversal puede ser trapezoidal o rectangular. La sección trapezoidal es preferible para canales de grandes dimensiones debido al bajo costo de las paredes inclinadas. La profundidad del canal deberá incluir un borde libre del 5% al 30% de la profundidad de operación. Los canales no deberán tener acceso de la escorrentía superficial a través de sus bordes, para evitar la erosión. Para esto los bordes del canal deberán estar sobre elevados respecto al nivel del terreno. La velocidad máxima de diseño será 2 m/s en caso de canales de piedra y de 3,5 m/s a 4 m/s, en caso de canales de hormigón.

**5.2.1.17** Para el caso de tuberías fabricadas con moldes neumáticos se utilizarán las recomendaciones del fabricante, las cuales, a su vez, deberán ser previamente aprobadas por la SAPYSB.

**5.2.1.18** Las tuberías y su cimentación deben diseñarse de forma que no resulten dañadas por las cargas externas. Debe tenerse en cuenta el ancho y la profundidad de la zanja para el cálculo de las cargas.

## **5.2.2 Cimentación de las tuberías de alcantarillado**

**5.2.2.1** El procedimiento a observarse para diseñar la cimentación de las tuberías, luego de conocer en el campo las condiciones en las que se instalarán los conductos puede resumirse en la siguiente forma:



- a) Cómputo del valor de la carga que actúa sobre el conducto instalado en condición de zanja, terraplén, túnel, etc., según sea el caso.
- b) Obtención de factor de carga, utilizando un factor de seguridad mínimo de 1,5.
- c) A base del valor del factor de carga, se procederá a determinar el tipo de lecho o cimentación para el conducto.

### 5.2.3 Pozos y cajas de revisión

**5.2.3.1** En sistemas de alcantarillado, los pozos de revisión se colocarán en todos los cambios de pendientes, cambios de dirección, exceptuando el caso de alcantarillas curvas, y en las confluencias de los colectores. La máxima distancia entre pozos de revisión será de 100 m para diámetros menores de 350 mm; 150 m para diámetros comprendidos entre 400 mm y 800 mm; y, 200 m para diámetros mayores que 800 mm. Para todos los diámetros de colectores, los pozos podrán colocarse a distancias mayores, dependiendo de las características topográficas y urbanísticas del proyecto, considerando siempre que la longitud máxima de separación entre los pozos no deberá exceder a la permitida por los equipos de limpieza.

**5.2.3.2** Los pozos de alcantarillado sanitario deberán ubicarse de tal manera que se evite el flujo de escorrentía pluvial hacia ellos. Si esto es inevitable, se diseñarán tapas herméticas especiales que impidan la entrada de la escorrentía superficial.

**5.2.3.3** La abertura superior del pozo será como mínimo 0,6 m. El cambio de diámetro desde el cuerpo del pozo hasta la superficie se hará preferiblemente usando un tronco de cono excéntrico, para facilitar el descenso al interior del pozo.

**5.2.3.4** El diámetro del cuerpo del pozo estará en función del diámetro de la máxima tubería conectada al mismo, de acuerdo a la tabla VIII.2.

**TABLA VIII.2 Diámetros recomendados de pozos de revisión**

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA mm	DIÁMETRO DEL POZO M
Menor o igual a 550	0,9
Mayor a 550	Diseño especial

**5.2.3.5** La tapa de los pozos de revisión será circular y generalmente de hierro fundido. Tapas de otros materiales, como por ejemplo hormigón armado, podrán utilizarse previa la aprobación de la SAPYSB. Las tapas irán aseguradas al cerco mediante pernos, o mediante algún otro dispositivo que impida su apertura por



personas no autorizadas. De esta manera se evitarán las pérdidas de las tapas o la introducción de objetos extraños al sistema de alcantarillado.

**5.2.3.6** No se recomienda el uso de peldaños en los pozos. Para acceder a las alcantarillas a través de los pozos, se utilizarán escaleras portátiles.

**5.2.3.7** El fondo del pozo deberá tener cuantos canales sean necesarios para permitir el flujo adecuado del agua a través del pozo sin interferencias hidráulicas, que conduzcan a pérdidas grandes de energía. Los canales deben ser una prolongación lo más continua que se pueda de la tubería que entra al pozo y de la que sale del mismo; de esta manera, deberán tener una sección transversal en U. Una vez conformados los canales, se deberá proveer una superficie para que el operador pueda trabajar en el fondo del pozo. Esta superficie tendrá una pendiente de 4% hacia el canal central.

**5.2.3.8** Si el conducto no cambia de dirección, la diferencia de nivel, en el pozo, entre la solera de la tubería de entrada y aquella de la tubería de salida corresponderá a la pérdida de carga que se haya calculado para la respectiva transición.

**5.2.3.9** Para el caso de tuberías laterales que entran a un pozo en el cual el flujo principal es en otra dirección, los canales del fondo serán conformados de manera que la entrada se haga a un ángulo de 45 grados respecto del eje principal de flujo. Esta unión se dimensionará de manera que las velocidades de flujo en los canales que se unan sean aproximadamente iguales. De esta manera se reducirán las pérdidas al mínimo.

**5.2.3.10** Con el objeto de facilitar la entrada de un trabajador al pozo de revisión se evitará en lo posible descargar libremente el agua de una alcantarilla poco profunda hacia un pozo más profundo. La altura máxima de descarga libre será 0,6 m. En caso contrario, se agrandará el diámetro del pozo y se instalará una tubería vertical dentro del mismo que intercepte el chorro de agua y lo conduzca hacia el fondo. El diámetro máximo de la tubería de salto será 300 mm. Para caudales mayores y en caso de ser necesario, se diseñarán estructuras especiales de salto (azudes).

**5.2.3.11** La conexión domiciliaria se iniciará con una estructura, denominada caja de revisión o caja domiciliaria, a la cual llegará la conexión intra domiciliaria. El objetivo básico de la caja domiciliaria es hacer posible las acciones de limpieza de la conexión domiciliaria, por lo que en su diseño se tendrá en consideración este propósito. La sección mínima de una caja domiciliaria será de 0,6 x 0,6 m. y su profundidad será la necesaria para cada caso.

## **5.2.4 Cunetas y sumideros**



**5.2.4.1** Las calles y avenidas forman parte del sistema de drenaje de aguas lluvias por lo que el proyectista del sistema de drenaje deberá participar, cuando sea posible, en el diseño geométrico de éstas.

**5.2.4.2** Las pendientes de las calles y la capacidad de conducción de las cunetas definirá el tipo y ubicación de los sumideros.

**5.2.4.3** Para lograr un drenaje adecuado, se recomienda una pendiente mínima del 4 % en las cunetas. Pendientes menores podrán utilizarse cuando la situación existente así lo obligue. La pendiente transversal mínima de la calle será del 1 %.

**5.2.4.4** Como regla general, las cunetas tendrán una profundidad máxima de 15 cm y un ancho de 60 cm en vías rápidas que no permitan estacionamiento. En vías que permitan estacionamiento el ancho de la cuneta podrá ampliarse hasta 1 m. Configuraciones diferentes podrán utilizarse cuando las condiciones así lo requieran.

**5.2.4.5** La capacidad de conducción de una cuneta se calculará usando la fórmula de Manning modificada por Izzard, la que establece:

$$Q = 0,375 \left( \frac{Z}{n} \right) (l^{1/2}) (y^{8/3})$$

En donde:

Q = Caudal, en m<sup>3</sup>/s;

Z = Inverso de la pendiente transversal de la calzada;

n = Coeficiente de escurrimiento (Manning);

l = Pendiente longitudinal de la cuneta;

y = Tirante de agua en la cuneta, en m.

**5.2.4.6** Los sumideros deben instalarse.

- Cuando la cantidad de agua en la vía exceda a la capacidad admisible de conducción de la cuneta. Esta capacidad será un porcentaje de la teórica, la que se calculará según 5.2.4.5. El porcentaje estará en función de los riesgos de obstrucción de la cuneta.

- En los puntos bajos, donde se acumula el agua.

- Otros puntos, donde la conformación de las calles y manzanas lo haga necesario.

**5.2.4.7** En el diseño del sumidero deberá considerarse la pendiente de la cuneta, el caudal del proyecto, las posibilidades de obstrucción y las interferencias con el tráfico vehicular.



**5.2.4.8** El tipo y dimensiones del sumidero será plenamente justificado por el proyectista, pudiendo para ello, emplear cualquier método debidamente probado.

### **5.2.5 Obras especiales**

**5.2.5.1** Los cruces de depresiones (viaductos, quebradas, ríos, etc.), pueden hacerse utilizando acueductos, sifones invertidos, o cualquier otro tipo de estructuras debidamente aprobadas por la SAPYSB.

### **5.2.6 Sifones invertidos**

**5.2.6.1** Para evitar la posibilidad de obstrucciones, los sifones invertidos tendrán un diámetro mínimo de 200 mm, para alcantarillado sanitario, y, de 300 mm para alcantarillado pluvial. La velocidad dentro del sifón invertido debe ser mayor que 0,9 m/s para aguas residuales domésticas y de 1,25 m/s para aguas lluvias. Se utilizará un mínimo de dos tuberías en paralelo instalados a diferentes niveles de modo que se pueda mantener una velocidad razonable bajo todas las condiciones de caudal. El proyectista diseñará el método más adecuado para mantener las tuberías limpias durante todo el tiempo, y deberá colocar un pozo de revisión en cada extremo de las tuberías. El material a utilizarse dependerá de la presión a la que estén sujetas las tuberías. Si los sifones invertidos son subacuáticos, se diseñarán los anclajes necesarios para impedir su flotación cuando se encuentren vacíos.

### **5.2.7. Alcantarillas curvas**

**5.2.7.1** Para ciudades en las que se disponga de equipos adecuados de limpieza de tuberías se permitirá el uso de alcantarillas que sigan la curvatura de la calle. De esta manera se abarata el sistema al reducir el número de pozos de revisión que, de otra forma serían necesarios. La curva se efectúa, imponiendo el máximo ángulo de deflexión, entre los ejes de las tuberías, recomendado por el fabricante de estos, que garantice la total estanqueidad del sistema.

## **5.3 Diseño de sistemas de alcantarillado sanitario**

### **5.3.1 Caudal de diseño**

**5.3.1.1** El caudal a utilizarse para el diseño de los colectores de aguas residuales será el que resulte de la suma de los caudales de aguas residuales domésticas e industriales afectados de sus respectivos coeficientes de retorno y mayoración, más los caudales de infiltración y conexiones ilícitas. Las poblaciones y dotaciones serán las correspondientes al final del período de diseño.

### **5.3.2 Cuadros de Cálculo**



**5.3.2.1** Los cálculos hidráulicos se presentarán ordenadamente y resumidos en cuadros sinópticos. En caso de utilizarse computadoras, se añadirán todas las aclaraciones que sean necesarias para hacer los resultados claramente comprensibles.

## **5.4 Diseño de sistemas de alcantarillado pluvial**

### **5.4.1 Caudal de diseño**

**5.4.1.1** Para el cálculo de los caudales para el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial, se procederá conforme con lo indicado en el numeral 5.1.5

**5.4.2.** El método racional:

**5.4.2.1** Se aplicará para áreas con una superficie inferior a 5 km<sup>2</sup>. El caudal de escurrimiento se lo calculará mediante la fórmula:

$$Q = 0,00278 CIA$$

En donde:

- Q = caudal de escurrimiento en m<sup>3</sup>/s;
- C = coeficiente de escurrimiento (adimensional);
- I = intensidad de lluvia para una duración de lluvias, igual al tiempo de concentración de la cuenca en estudio, en mm/h;
- A = Área de la cuenca, en ha.

**5.4.2.2** Para la determinación del coeficiente C deberá considerarse los efectos de infiltración, almacenamiento por retención superficial, evaporación, etc. Para frecuencias entre 2 y 10 años se recomienda los siguientes valores de C.

**TABLA VIII.3 Valores del coeficiente de escurrimiento**

<b>TIPO DE ZONA</b>	<b>VALORES DE C</b>
Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas	0,7 – 0,9
Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas	0,7
Zonas residenciales medianamente pobladas	0,55 – 0,65
Zonas residenciales con baja densidad	0,35 – 0,55
Parques, campos de deportes	0,1 – 0,2



**5.4.2.3** Cuando sea necesario calcular un coeficiente de escurrimiento compuesto, basado en porcentajes de diferentes tipos de superficie se podrá utilizar los valores que se presentan en la siguiente tabla VIII.4.

**TABLA VIII.4 Valores de C para diversos tipos de superficies**

TIPO DE SUPERFICIE	C
Cubierta metálica o teja vidriada	0,95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0,9
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0,85 a 0,9
Pavimentos de hormigón	0,8 a 0,85
Empedrados (juntas pequeñas)	0,75 a 0,8
Empedrados (juntas ordinarias)	0,4 a 0,5
Pavimentos de macadam	0,25 a 0,6
Superficies no pavimentadas	0,1 a 0,3
Parques y jardines	0,05 a 0,25

**5.4.2.4** Las suposiciones básicas del método racional, con respecto a la relación entre la intensidad de lluvia de diseño, tiempo de concentración y el caudal de escorrentía, no justifican la corrección de C con el tiempo, por lo tanto, en la aplicación del método racional se utilizará un valor constante del coeficiente C.

**5.4.2.5** La intensidad de la lluvia se la calculará a partir de las relaciones de intensidad, duración y frecuencia, obtenidos conforme con lo expresado en los numerales 5.1.5.9 y 5.1.5.10 de esta parte.

**5.4.2.6** Las frecuencias de diseño de los diversos componentes del sistema de drenaje pluvial, se seleccionarán atendiendo lo indicado en los numerales 5.1.5.5; 5.1.5.6; 5.1.5.7 y 5.1.5.8 de esta parte.

**5.4.2.7** Para los colectores de drenaje pluvial el tiempo de concentración es igual a la suma del tiempo de llegada más el tiempo de escurrimiento por los colectores hasta el punto en consideración. El tiempo de escurrimiento se lo obtendrá a partir de las características hidráulicas de los colectores recorridos por el agua. El tiempo de llegada es el tiempo necesario para que el escurrimiento superficial llegue desde el punto más alejado hasta el primer sumidero. Este tiempo dependerá de la pendiente de la superficie, del almacenamiento en las depresiones, de la cobertura del suelo, de



la lluvia antecedente, de la longitud del escurrimiento, etc. Se recomienda valores entre 10 min y 30 min para áreas urbanas. En cualquier caso el proyectista deberá justificar, a través de algún método, los valores de los tiempos de llegada empleados en el cálculo.

#### **5.4.3 El método del hidrograma unitario**

**5.4.3.1** Se recomienda que para cuencas con un área superior a 5 km<sup>2</sup> los caudales de proyecto sean calculados aplicando hidrogramas unitarios sintéticos. El proyectista justificará ante la SAPYSB el método utilizado, demostrando la bondad de sus resultados.

**5.4.3.2** A partir de los hidrogramas unitarios y las tormentas seleccionadas, se obtendrán los hidrogramas del escurrimiento superficial para las cuencas de drenaje.

**5.4.3.3** La verificación de la capacidad de los grandes colectores, se hará transitando simultáneamente, a través de estos, los hidrogramas del escurrimiento superficial, calculados para cada área aportante.

#### **5.4.4. Métodos estadísticos**

**5.4.4.1** Para grandes áreas de drenaje es recomendable calcular el escurrimiento a partir del análisis estadístico de los valores registrados. Esto será posible únicamente cuando exista un período de registro que haga confiable el análisis, y cuando el proceso de urbanización no haya afectado o no vaya a afectar el régimen de escurrimiento en la cuenca.

**5.4.4.2** Los métodos recomendados para el análisis estadístico son el de GUMBEL y el LOG-PEARSON TIPO III.

**5.4.4.3** Como regla general, si no fuere posible aplicar los métodos estadísticos, deberá utilizarse el método del hidrograma unitario sintético.

#### **5.4.5 Cuadros de cálculo**

**5.4.5.1** Los cálculos hidráulicos se presentarán de acuerdo a lo especificado en el numeral 5.3.2 de esta parte.

### **5.5 Diseño de sistemas de alcantarillado combinado**

#### **5.5.1 Consideraciones generales**

**5.5.1.1** La utilización de los sistemas combinados deberá ser plenamente justificado por el proyectista. ( Ver 4.1.1.4 de esta parte).



## **5.5.2 Caudal de diseño**

**5.5.2.1** Estará constituido por el caudal de aguas servidas, más el caudal de escorrentía pluvial, de acuerdo a lo descrito en los numerales 5.3.1. y 5.4.1 de esta parte.

## **5.5.3 Velocidades mínimas y máximas**

**5.5.3.1** La velocidad mínima a utilizarse en sistemas combinados será de 0,9 m/s a tubo lleno. Se deberá verificar el funcionamiento hidráulico del conducto utilizando el caudal medio diario de aguas servidas, al principio del período de diseño, en época seca ( es decir, sin el caudal de escorrentía pluvial). Para alcanzar velocidades de auto limpieza bajo estas condiciones, se puede recurrir a secciones transversales apropiadas.

**5.5.3.2** La velocidad máxima para el diseño se ajustará a lo descrito en la tabla VIII.1.

**5.5.4** El diseño hidráulico del sistema combinado se ajustará a las recomendaciones del numeral 5.2.1.10 literales a), b) y c) de esta parte.

## **5.5.5 Interceptores**

**5.5.5.1** Los interceptores deben tener capacidad suficiente para acarrear el caudal máximo instantáneo de aguas servidas más el respectivo caudal de agua de infiltración. De esta manera se evitará la descarga de aguas residuales crudas al curso receptor y el interceptor las conducirá a la planta de tratamiento.

## **5.5.6 Estructuras de rebose (aliviadero)**

**5.5.6.1** El excedente de aguas combinadas que no entre a los interceptores deberá ser desviado a otro colector que las conduzca total o parcialmente a una estación especial depuradora o directamente al cuerpo receptor. Tanto el tipo de tratamiento como los volúmenes a tratar, serán definidos en los estudios de calidad del cuerpo receptor.

**5.5.6.2** El excedente de aguas combinadas puede desviarse al colector de excesos por medio de vertederos laterales, vertederos laterales con tabique, vertederos transversales, vertederos de salto y sifones. Durante la época seca estas estructuras deben permitir el paso de todo el caudal de aguas servidas hacia el interceptor, mientras que durante las lluvias, deben desviar sólo la cantidad de agua que está en exceso de la capacidad del interceptor.

**5.5.6.3** El proyectista puede utilizar cualquiera de las estructuras mencionadas en el numeral 5.5.6.2. y deberá presentar ante la SAPYSB los cálculos hidráulicos completos que justifiquen el diseño propuesto.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

### **5.5.7 Cuadros de cálculo**

**5.5.7.1** Los cálculos hidráulicos del sistema de alcantarillado combinado se presentarán de acuerdo a lo especificado en el numeral 5.3.2. de esta parte.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## APENDICE Z

### Z.1 NORMAS A CONSULTAR

Esta norma no requiera de otras para su aplicación.

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

Normas de diseño para sistemas de agua potable y eliminación de residuos líquidos. IEOS, 1986 (documento básico).

Ingeniería sanitaria. Redes de alcantarillado y bombeo de aguas residuales. Metcalf-Eddy, 1985.

Sistemas de esgotos sanitarios. CETESB, 1977.

Drenagem Urbana. Manual de projeto. CETESB, 1986.

Engenharia de drenagem superficial. Paulo Sampaio Wilken.

Agua y Saneamiento: Tecnología de costo eficiente. Instituto de Desarrollo Económico. BIRF.



### ANEXO 3

#### **4.2.3 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:



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

- 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**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
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	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales		Nmp/100 ml	<sup>8</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 Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
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



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

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
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	$SO_4^-$	mg/l	1000
Sulfitos	$SO_3$	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	$^{\circ}C$		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
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.



**4.2.3.8** Toda descarga a un cuerpo de agua marina, deberá cumplir, por lo menos con los siguientes parámetros (ver tabla 13).

**TABLA 13. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas		mg/l	0,3
Arsénico total	As	mg/l	0,5
Alkil mercurio		mg/l	<b>No detectable</b>
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,2
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		<sup>9</sup> Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
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
Fósforo Total	P	mg/l	10
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo.	TPH	mg/l	20,0
Materia flotante		Visibles	<b>Ausencia</b>
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,2
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05



**TABLA 13. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,25
Temperatura		°C	< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Zinc	Zn	mg/l	10

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

**4.2.3.9** Se prohíbe la descarga de efluentes hacia cuerpos de agua severamente contaminados, es decir aquellos cuerpos de agua que presentan una capacidad de dilución o capacidad de carga nula o cercana a cero. La Entidad Ambiental de Control decidirá la aplicación de uno de los siguientes criterios:

- a) Se descarga en otro cuerpo de agua
- b) Se exigirá tratamiento hasta que la carga contaminante sea menor o igual a 1,5 del factor de contaminación de la tabla 14 (Factores Indicativos de Contaminación)

**4.2.3.10** Ante la inaplicabilidad para un caso específico de algún parámetro establecido en la presente norma o ante la ausencia de un parámetro relevante para la descarga bajo estudio, la Entidad Ambiental de Control tomará el siguiente criterio de evaluación. El regulado deberá establecer la línea de fondo o de referencia del parámetro de interés en el cuerpo receptor. El regulado determinará la concentración presente o actual del parámetro bajo estudio en el área afectada por sus descargas. Así, se procede a comparar los resultados obtenidos para la concentración presente contra los valores de fondo o de referencia. Se considera en general que una concentración presente mayor tres veces que el valor de fondo para el agua es una contaminación que requiere atención inmediata por parte de la Entidad Ambiental de Control. (ver tabla 14).

Si la concentración presente es menor a tres veces que el valor de fondo, la Entidad Ambiental de Control dará atención mediata a esta situación y deberá obligar al regulado a que la concentración presente sea menor o igual a 1,5 que el valor de fondo.



**TABLA 14. Factores indicativos de contaminación**

<i><b>Factor de contaminación (Concentración presente/ valor de fondo)</b></i>	<i><b>Grado de perturbación.</b></i>	<i><b>Denominación</b></i>
< 1,5	0	Cero o perturbación insignificante
1,5 – 3,0	1	Perturbación evidente.
3,0 – 10,0	2	Perturbación severa.
> 10,0	3	Perturbación muy severa.

Los valores de fondo de mayor confiabilidad serán aquellos derivados de muestras a tomarse en aquellas partes inmediatas fuera del área bajo estudio, que se considere como no afectada por contaminación local. En el caso de ausencia total de valores de fondo de las áreas inmediatas fuera del área bajo estudio, se podrá obtener estos valores de estudios de áreas regionales o nacionales aplicables.

Para determinar el valor de fondo o de referencia, al menos 5 muestras deben ser tomadas, si se toman entre 5 a 20 muestras, el valor más alto o el segundo más alto deben ser seleccionados como valor de fondo. Si se toman más de 20 muestras, se podrán utilizar los valores medidos que correspondan con el 90vo. o 95vo. Percentil. Los valores de fondo empleados no podrán ser menores a los presentados en esta Norma, de acuerdo a los parámetros de calidad y usos establecidos.

La Entidad Ambiental de Control determinará el método para el muestreo del cuerpo receptor en el área de afectación de la descarga, esto incluye el tiempo y el espacio para la realización de la toma de muestras.

**4.2.3.11** Los municipios serán las autoridades encargadas de realizar los monitoreos a la calidad de los cuerpos de agua ubicados en su jurisdicción, llevando los registros correspondientes, que permitan establecer una línea base y de fondo que permita ajustar los límites establecidos en esta Norma en la medida requerida.

**4.2.3.12** Se prohíbe verter desechos sólidos, tales como: basuras, animales muertos, mobiliario, entre otros, y líquidos contaminados hacia cualquier cuerpo de agua y cauce de aguas estacionales secas o no.



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

**4.2.3.13** Se prohíbe el lavado de vehículos en los cuerpos de agua, así como dentro de una franja de treinta (30) metros medidos desde las orillas de todo cuerpo de agua, de vehículos de transporte terrestre y aeronaves de fumigación, así como el de aplicadores manuales y aéreos de agroquímicos y otras sustancias tóxicas y sus envases, recipientes o empaques.

Se prohíbe la descarga de los efluentes que se generen como resultado de los procesos indicados en este numeral, cuando no exista tratamiento convencional previo.



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**José Daniel Arce Poveda**

**ANEXO 4**

PLANO EN PLANTA DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

EN EL BUIJO HISTÓRICO

EL PROPIAMENTE CONSTRUIDO



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**José Daniel Arce Poveda**

**ANEXO 5**

PLANO EN PLANTA DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

EN EL BUIJO HISTÓRICO

VARIACIÓN DEL RAMAL SECUNDARIO Y PUNTO DE DESCARGA



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**José Daniel Arce Poveda**

**ANEXO 6**

UBICACIÓN Y AREA QUE OCUPARIAN LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION

BUIJO HISTÓRICO



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**José Daniel Arce Poveda**

**ANEXO 7**

**DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION**

**BUIJO HISTÓRICO**



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**José Daniel Arce Poveda**

**ANEXO 8**

**PRESUPUESTO REFERENCIAL LAGUNAS DE ESTABILIZACION DE AIREACION EXTENDIDA**

**BUIJO HISTÓRICO**



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**José Daniel Arce Poveda**

**ANEXO 9**

UBICACIÓN Y AREA QUE OCUPARIAN LOS PANTANOS ARTIFICIALES

BUIJO HISTÓRICO



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**José Daniel Arce Poveda**

**ANEXO 10**

**DISEÑO DE LOS PANTANOS ARTIFICIALES**

**BUIJO HISTÓRICO**



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**José Daniel Arce Poveda**

**ANEXO 11**

**PRESUPUESTO REFERENCIAL DE PANTANOS ARTIFICIALES DE FLUJO SUB-SUPERFICIAL  
BUIJO HISTÓRICO**



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**José Daniel Arce Poveda**

**ANEXO 12**

**UBICACIÓN Y AREA QUE OCUPARIA LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

**BUIJO HISTÓRICO**



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**José Daniel Arce Poveda**

**ANEXO 13**

**DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

**BUIJO HISTÓRICO**



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**José Daniel Arce Poveda**

**ANEXO 14**

**PRESUPUESTO REFERENCIAL DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVOS**

**BUIJO HISTÓRICO**



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

## BIBLIOGRAFIA.-

- <http://www.recaiecuador.com/Biblioteca%20Ambiental%20Digital/TULAS.pdf/>.  
Visitado: 04 de Octubre del 2010 (19:33).
- Sotelo, G. (1997). Hidráulica General Fundamentos – Volumen 1. México, D.F.: Editorial LIMUSA.
- Hwang, Ned. Houghtalen, R. (1996) Fundamentals of Hydraulic Engineering Systems (Tercera Edición). New Jersey: Prentice Hall.
- Ven Te Chow. (2004) Hidráulica de Canales Abiertos. Bogotá: Editorial Nomos S.A.
- Gómez, M. (2006) Introducción a la Metodología de la Investigación Científica. (Primera Edición) Córdoba: Editorial Brujas.
- Estructplan on line. (2001-2002). *Lagunas de estabilización. Definiciones*. Argentina: Estructplan Consultora S.A. Recuperado de <http://www.estructplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=742>. Visitado: 12 de Octubre del 2010 (20:15).
- Peña Varón, M. R. (2002-2003). *Lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales*. Colombia: IRC International Water and Sanitation Centre. Recuperado de <http://www.es.irc.nl/page/26728>. Visitado: 12 de Octubre del 2010 (20:58).



- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización*. Perú. Recuperado de [http://www.cepis.org.pe/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053\\_Dise%C3%B1o\\_tanques\\_s%C3%A9pticos\\_Imhoff\\_lag/Dise%C3%B1o\\_tanques\\_s%C3%A9pticos\\_Imhoff\\_lagunas\\_estabilizaci%C3%B3n.pdf](http://www.cepis.org.pe/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053_Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lag/Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lagunas_estabilizaci%C3%B3n.pdf). Visitado: 12 de Octubre del 2010 (22:02).
- Tratamiento de Aguas Residuales. (2010). *Wikipedia, la enciclopedia libre (versión electrónica)*. Wikipedia, [http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales](http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales). Visitado: 13 de Octubre del 2010 (18:20).
- FDO JV Mario. (2007). *Manzanares, ciudad cordial "Unido por el cambio"*. Manzanares: GELT. Recuperado de: [http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://manzanares-caldas.gov.co/apc-aa-files/36633166373731333061313737633035/PLANTAACUAVERDE\\_\\_2\\_.JPG&imgrefurl=http://www.manzanares-caldas.gov.co/sitio.shtml%3Fapc%3Dm-G1--%26x%3D2280205 &usg=\\_\\_BuZjUEn\\_ZrezDWotP2q8PNO8QhfQ=&h=600&w=800&sz=155&hl=es&start=21&zoom=1&um=1&itbs=1&tbnid=G4VtrTyycP2WM:&tbnh=107&tbnw=143&prev=/images%3Fq%3Dplantas%2Bde%2Btratamiento%26start%3D20%26um%3D1%26hl%3Des%26sa%3DN%26ndsp%3D20%26tbs%3Disch:1](http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://manzanares-caldas.gov.co/apc-aa-files/36633166373731333061313737633035/PLANTAACUAVERDE__2_.JPG&imgrefurl=http://www.manzanares-caldas.gov.co/sitio.shtml%3Fapc%3Dm-G1--%26x%3D2280205%20&usg=__BuZjUEn_ZrezDWotP2q8PNO8QhfQ=&h=600&w=800&sz=155&hl=es&start=21&zoom=1&um=1&itbs=1&tbnid=G4VtrTyycP2WM:&tbnh=107&tbnw=143&prev=/images%3Fq%3Dplantas%2Bde%2Btratamiento%26start%3D20%26um%3D1%26hl%3Des%26sa%3DN%26ndsp%3D20%26tbs%3Disch:1). Visitado: 13 de Octubre del 2010 (18:44).
- Grupo S10, COSTOS, Construcción, arquitectura e ingeniería. (2010). *Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en el Callao*. Lima: Andina. Recuperado de: <http://www.costosperu.com/ap-site-noticias-informacion.php?seccion%%203D&noticia=243>. Visitado: 13 de Octubre del 2010 (18:46).
- Sir Kmilitus (2008, 10 de agosto). Ampliación de la Planta de Tratamiento de aguas Residuales. *INCIARCO*. Recuperado de: [http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://i28.tinypic.com/2Ingwhl.jpg&imgrefurl=http://inciarco.info/comunidades/showthread.php%3Ft%3D1142%26page%3D49&usg=\\_\\_emprlgdONEulE63yIDytdxWheyA=&h=478&w=500&sz=70&hl=es&start=4&zoom=1&um=1&itbs=1&tbnid=J1oOsSi9pVylCM:&tbnh=124&tbnw=130&prev=/images%3Fq%3DPLANTAS%2BDE%2BTRATAMIENTO%2BDE%2BAGUAS%26um%3D1%26hl%3Des%26tbs%3Disch:1](http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://i28.tinypic.com/2Ingwhl.jpg&imgrefurl=http://inciarco.info/comunidades/showthread.php%3Ft%3D1142%26page%3D49&usg=__emprlgdONEulE63yIDytdxWheyA=&h=478&w=500&sz=70&hl=es&start=4&zoom=1&um=1&itbs=1&tbnid=J1oOsSi9pVylCM:&tbnh=124&tbnw=130&prev=/images%3Fq%3DPLANTAS%2BDE%2BTRATAMIENTO%2BDE%2BAGUAS%26um%3D1%26hl%3Des%26tbs%3Disch:1). Visitado: 13 de Octubre del 2010 (18:49).



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

- Paniagua Vega R. (2008). *Tratamiento de aguas: Nuevo sistema de lodos activos*. San José, Costa Rica: La Nación. Recuperado de: <http://www.atfsacr.com/images/TratamientoAguas.jpg>. Visitado: 13 de Octubre del 2010 (18:52).
- DEPweb. (2002). *Planta de Tratamiento de agua, Colombia*. Colombia: Grupo del Banco Mundial. Recuperado de: <http://www.worldbank.org/depweb/spanish/modules/environm/water/images/colom2.jpg>. Visitado: 13 de Octubre del 2010 (18:59).
- Partido Verde Ecologista de Hidalgo. (2009, 09 de Marzo). *En el Valle del Mezquital: Por fin tratarán aguas negras*. Atotonilco de Tula (México): VERDE. Recuperado de: [http://www.google.com/imgres?imgurl=http://www.pvemhidalgo.org.mx/2008/images/stories/tratamiento.jpg&imgrefurl=http://www.pvemhidalgo.org.mx/2008/index.php?option%3Dcom\\_content%26view%3Darticle%26id%3D85%253Ajusticia-ecologica%26Itemid%3D2&usg=\\_\\_nubFQhqqnkeP2ovElqfF3wCLJfw=&h=269&w=400&sz=123&hl=es&start=19&zoom=1&itbs=1&tbnid=ucJvq8ilVpBJcM:&tbnh=83&tbnw=124&prev=/images%3Fq%3DPLANTA%2BDE%2BTRATAMIENTO%2BDE%2BAGUAS%2BRESIDUALES%26hl%3Des%26gbv%3D2%26tbs%3Disch:1](http://www.google.com/imgres?imgurl=http://www.pvemhidalgo.org.mx/2008/images/stories/tratamiento.jpg&imgrefurl=http://www.pvemhidalgo.org.mx/2008/index.php?option%3Dcom_content%26view%3Darticle%26id%3D85%253Ajusticia-ecologica%26Itemid%3D2&usg=__nubFQhqqnkeP2ovElqfF3wCLJfw=&h=269&w=400&sz=123&hl=es&start=19&zoom=1&itbs=1&tbnid=ucJvq8ilVpBJcM:&tbnh=83&tbnw=124&prev=/images%3Fq%3DPLANTA%2BDE%2BTRATAMIENTO%2BDE%2BAGUAS%2BRESIDUALES%26hl%3Des%26gbv%3D2%26tbs%3Disch:1). Visitado: 13 de Octubre del 2010 (19:11).
- Tanque Diez. (2001-2009). *Bio-Depuradores T.D.* Costa Rica: Copyright. Recuperado de: [http://www.google.com/imgres?imgurl=http://www.tanquediez.com/tecnica/imagenes/eplantabd.GIF&imgrefurl=http://www.tanquediez.com/tecnica/bd.html&usg=\\_\\_z4kZ7VvN24VAReeTIKxai\\_NRaLc=&h=600&w=680&sz=14&hl=es&start=29&zoom=1&itbs=1&tbnid=w6wEbjWH2ueJoM:&tbnh=123&tbnw=139&prev=/images%3Fq%3Desquemas%2Bde%2Bplantas%2Bde%2Btratamiento%26start%3D20%26hl%3Des%26sa%3DN%26gbv%3D2%26ndsp%3D20%26tbs%3Disch:1](http://www.google.com/imgres?imgurl=http://www.tanquediez.com/tecnica/imagenes/eplantabd.GIF&imgrefurl=http://www.tanquediez.com/tecnica/bd.html&usg=__z4kZ7VvN24VAReeTIKxai_NRaLc=&h=600&w=680&sz=14&hl=es&start=29&zoom=1&itbs=1&tbnid=w6wEbjWH2ueJoM:&tbnh=123&tbnw=139&prev=/images%3Fq%3Desquemas%2Bde%2Bplantas%2Bde%2Btratamiento%26start%3D20%26hl%3Des%26sa%3DN%26gbv%3D2%26ndsp%3D20%26tbs%3Disch:1). Visitado: 28 de Octubre del 2010 (19:05).
- VisitaCasas.com Decoración. (2009, 8 de Diciembre). *¿Cómo funciona exactamente un tanque séptico?*. Admin Casas. Recuperado de:



[http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://www.visitacasas.com/wp-content/uploads/2009/11/C%C3%B3mo-funciona-exactamente-un-tanque-s%C3%A9ptico.jpg&imgrefurl=http://www.visitacasas.com/exterior/%25C2%25BFcomo-funciona-exactamente-un-tanque-septico/&usq=\\_\\_l9qo\\_ZeQXxuAhAs1JZ1a4pXiSSg=&h=370&w=702&sz=26&hl=es&start=1&zoom=1&um=1&itbs=1&tbnid=HmrDp99vQz9AnM:&tbnh=74&tbnw=140&prev=/images%3Fq%3Dtanques%2Bsepticos%26um%3D1%26hl%3Des%26tbs%3Disch:1](http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://www.visitacasas.com/wp-content/uploads/2009/11/C%C3%B3mo-funciona-exactamente-un-tanque-s%C3%A9ptico.jpg&imgrefurl=http://www.visitacasas.com/exterior/%25C2%25BFcomo-funciona-exactamente-un-tanque-septico/&usq=__l9qo_ZeQXxuAhAs1JZ1a4pXiSSg=&h=370&w=702&sz=26&hl=es&start=1&zoom=1&um=1&itbs=1&tbnid=HmrDp99vQz9AnM:&tbnh=74&tbnw=140&prev=/images%3Fq%3Dtanques%2Bsepticos%26um%3D1%26hl%3Des%26tbs%3Disch:1). Visitado: 28 de Octubre del 2010 (19:25).

- Grupo Alibaba. (1999-2008). *Diseño del Tanque Séptico*. Maharashtra, India: Alibaba.com. Recuperado de: <http://spanish.alibaba.com/product-tp/septic-tank-design-111493422.html>. Visitado: 28 de Octubre del 2010 (19:35).
- Ing. Siri Consultora S.A. (2008). Requerimiento de Anteproyecto - Rufino - Nueva Planta Depuradora de Líquidos Cloacales (5). *Ing. Siri Consultora S.A.*. Recuperado de: [http://www.ingsiriconsultora.com.ar/noticias\\_2008.php](http://www.ingsiriconsultora.com.ar/noticias_2008.php). Visitado: 28 de Octubre del 2010 (19:46).
- Scielo (2010). *Detección de helmintos intestinales y bacterias indicadoras de contaminación en aguas residuales, tratadas y no tratadas*. Caracas. Asociación Interciencia. Recuperado de: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442002001200012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442002001200012&script=sci_arttext). Visitado: 13 de Noviembre del 2010 (10:10).
- Saenz Forero R. (2000). *Consideraciones en relación con el uso de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales*. Lima. CEPIS. Recuperado de: <http://www.cepis.org.pe/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt33/hdt33.html>. Visitado: 13 de Noviembre del 2010 (12:07).
- López M. (2007). *Tratamiento biológico de aguas residuales aplicable a la industria avícola*. Ergomix. Recuperado de: <http://www.engormix.com/MA-avicultura/manejo/articulos/tratamiento-biologico-aguas-residuales-t1481/124-p0.htm>. Visitado: 16 de Diciembre del 2010 (21:32).



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

José Daniel Arce Poveda

- Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos Sección Mexicana (2010). *Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales de ambos Nogales (PITAR)*. México. Recuperado de: <http://portal.sre.gob.mx/cilanorte/index.php?option=displaypage&Itemid=90&op=page&SubMenu=>. Visitado: 16 de Diciembre del 2010 (23:40).
- EPS SEDACAJ S.A. (2010). *Sedacaj inició Plan de Emergencia para Tratamiento de Aguas Residuales*. Cajamarca. Recuperado de: <http://www.sedacaj.com.pe/n-prensa/plan-emergencia-ptar.html>. Visitado: 27 de Enero del 2011 (18:27).
- Kordecki C. (2003). *Sistemas para el Tratamiento biológico y bio-químico de Aguas Servidas Comunes o Industriales*. Pks GmbH. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/ecuador10/resi.pdf>. Visitado: 28 de Enero del 2011 (19:13).
- Saenz R. (1992). *Predicción de la Calidad del Efluente en Lagunas de Estabilización*. Washington D.C. CEPIS. Recuperado de: <http://bvsde.per.paho.org/bvsair/e/repindex/rep57/pce/pce.html>. Visitado: 29 de Enero del 2011 (11:10).
- Berland J., Bputin C., Molle P., Cooper P., Faby J., Magoarou P., Duchemin J., Moren Abat M. (2001) *Guía de Procesos Extensivos de Depuración de las Aguas Residuales Adaptadas a las Medias y Pequeñas Colectividades*. Luxemburgo: Oficina Internacional del Agua.
- Yáñez F. (2009). *Un Breve Análisis de la Tecnología de Pantanos Artificiales para el Tratamiento de Aguas Residuales y Experiencia en el Ecuador*. Cuenca. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/ecuador10/panta.pdf>. Visitado: 07 de Febrero del 2011 (18:55).
- Marshall F. (2011). *Pantanos artificiales de flujo superficial para tratamiento de aguas residuales*. Copyright. Recuperado de: <http://www.patentesonline.com.mx/pantanos-artificiales-de-flujo-superficial-para-tratamiento-de-aguas-residuales-89169.html>. Visitado: 07 de Febrero del 2011 (19:42).

