

1-1-1998

Diseño para el tratamiento de aguas residuales provenientes de los sectores Bellavista, Buenos Aires, Rincón del Lago y Los Pinos que se vierten al embalse terreros (Soacha - Cundinamarca)

Jenny Margarita Higuera Bohorquez
Universidad de La Salle, Bogotá

Marcela Maritza Triana Gomez
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

Higuera Bohorquez, J. M., & Triana Gomez, M. M. (1998). Diseño para el tratamiento de aguas residuales provenientes de los sectores Bellavista, Buenos Aires, Rincón del Lago y Los Pinos que se vierten al embalse terreros (Soacha - Cundinamarca). Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1293

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

T
44.98
HG 38d.
R. 7167B.

**DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
PROVENIENTES DE LOS SECTORES BELLAVISTA, BUENOS AIRES, RINCON
DEL LAGO Y LOS PINOS QUE SE VIERTEN AL EMBALSE TERREROS
(SOACHA - CUNDINAMARCA)**

**JENNY MARGARITA HIGUERA BOHORQUEZ
MARCELA MARITZA TRIANA GOMEZ**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
SANTA FE DE BOGOTA, D. C.**

1998



**DISEÑO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
PROVENIENTES DE LOS SECTORES BELLAVISTA, BUENOS AIRES, RINCON
DEL LAGO Y LOS PINOS QUE SE VIERTEN AL EMBALSE TERREROS
(SOACHA – CUNDINAMARCA)**

**JENNY MARGARITA HIGUERA BOHORQUEZ
MARCELA MARITZA TRIANA GOMEZ**

Monografía para optar el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

**Director
JORGE GONZALEZ VANEGAS
Ingeniero Ambiental y Sanitario**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
SANTA FE DE BOGOTA, D. C.**

1998

Nota de aceptación

Diptosis

[Handwritten Signature]

DECANO

[Handwritten Signature]

JURADO

[Handwritten Signature]

JURADO

Jorge Gonzalez V.

DIRECTOR

Santa Fe de Bogotá, D.C., julio 23 de 1998

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan su agradecimiento a:

Jorge González, Ingeniero Ambiental y Sanitario y Director del Proyecto, por su colaboración.

Ana Cecilia Umaña, Licenciada en Biología por sus orientaciones.

Luis Alberto Camargo, Líder Comunitario, Sector Rincón del Lago de la Ciudadela Sucre.

A Dios por permitir culminar mis estudios.

A mis padres por brindarme apoyo en los momentos más difíciles.

A Wilson por haber creído en mí y recibir su apoyo incondicional.

A mis amigos por acompañarme en los buenos y malos momentos durante el transcurso de la carrera.

Jenny Margarita

A Dios por darme una segunda oportunidad en la vida,
A mis padres y hermanos por su esfuerzo, dedicación y apoyo,
A mi familia por su respaldo incondicional,
A mis profesores por formarme como persona y profesional
Y a mis amigos por estar siempre a mi lado y creer en mí.

Marcela Maritza

Artículo 97.- Ni la Universidad, ni el asesor, ni el jurado calificador son responsables de las ideas expuestas por el graduado.

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|----------|
| OBJETIVOS | |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1 CARACTERÍSTICAS DE LA LOCALIDAD | 2 |
| 1.1 UBICACIÓN | 2 |
| 1.2 RESEÑA HISTÓRICA | 3 |
| 1.3 ASPECTOS URBANÍSTICOS | 3 |
| 1.4 CLIMATOLOGÍA | 4 |
| 1.5 TOPOGRAFÍA | 4 |
| 1.6 GEOLOGÍA | 5 |
| 1.6.1 Formación Guadalupe | 5 |
| 1.6.2 Formación Guaduas | 5 |
| 1.7 HIDROLOGÍA | 6 |
| 1.8 SERVICIOS PÚBLICOS | 6 |
| 1.8.1 Acueducto | 6 |
| 1.8.2 Alcantarillado | 7 |
| 1.8.3 Residuos Sólidos | 7 |
| 1.8.4 Energía Eléctrica | 7 |

| | | |
|-------|-----------------------------------|----|
| 1.8.5 | Telefonía | 8 |
| 1.9 | ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS | 8 |
| 1.9.1 | Población | 8 |
| 1.9.2 | Educación | 8 |
| 1.9.3 | Actividades Económicas | 9 |
| 1.9.4 | Salud | 9 |
| 1.9.5 | Recreación | 10 |
| 2 | MARCO LEGAL | 11 |
| 3 | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 16 |
| 3.1 | PROBLEMATICA SANITARIA | 16 |
| 3.1.1 | Agua Residual | 16 |
| 3.1.2 | Agua Potable | 17 |
| 3.1.3 | Residuos Sólidos | 17 |
| 3.2 | PROBLEMATICA AMBIENTAL | 18 |
| 3.2.1 | Erosión | 18 |
| 3.2.2 | Flora y Fauna | 19 |
| 3.2.3 | Salud | 20 |
| 4 | DISEÑO | 22 |
| 4.1 | MÉTODO GEOMÉTRICO | 22 |
| 4.1.1 | Cálculos de población | 23 |
| 4.1.2 | Consumo de agua | 25 |
| 4.1.3 | Caudales de diseño | 26 |

| | | |
|---------|--|----|
| 4.1.3.1 | Aporte Medio Diario | 26 |
| 4.1.3.2 | Caudal Máximo Horario | 27 |
| 4.2 | AFOROS | 28 |
| 4.3 | COLECTORES DEL ALCANTARILLADO | 29 |
| 4.3.1 | Caudales de diseño | 29 |
| 4.3.2 | Velocidad | 30 |
| 4.3.3 | Diámetro | 30 |
| 4.3.4 | Coefficiente de rugosidad | 30 |
| 4.3.5 | Pendiente | 31 |
| 4.3.6 | Ejemplo de cálculo | 31 |
| 4.4 | SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL | 32 |
| 4.4.1 | Caracterización de agua residual | 32 |
| 4.4.2 | Métodos de tratamiento de agua residual | 34 |
| 4.4.3 | Diseño del tratamiento | 38 |
| 4.4.3.1 | Pretratamiento | 38 |
| 4.4.3.2 | Tratamiento Primario | 43 |
| 4.4.3.3 | Tratamiento Secundario | 47 |
| 5 | ANALISIS DE RESULTADOS | 51 |
| 6 | PRESUPUESTO | 59 |
| 7 | CONCLUSIONES | 62 |
| | BIBLIOGRAFIA | 64 |
| | ANEXOS | |

LISTA DE TABLA

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1 Parámetros fisicoquímicos de vertimientos | 14 |
| Tabla 2 Población | 23 |
| Tabla 3 Consumo de agua potable para la ciudad de Bogotá | 25 |
| Tabla 4 Consumo de agua potable en función de la temperatura Y el grado de desarrollo socio-económico | 26 |
| Tabla 5 Aforos | 28 |
| Tabla 6 Relaciones q/Q_0 máxima para la selección de diámetro | 29 |
| Tabla 7 Diseño alcantarillado sanitario | 31 |
| Tabla 8 Comparación | 33 |
| Tabla 9 Información típica para rejjas | 39 |
| Tabla 10 Información típica para desarenadores de flujo horizontal | 42 |
| Tabla 11 Información típica para tanques de decantación primaria | 44 |
| Tabla 12 Parámetros típicos de diseño para filtros percoladores | 47 |
| Tabla 13 Eficiencia | 53 |
| Tabla 14 L_t y Y para el humedal | 55 |
| Tabla 15 L_t y Y del agua residual doméstica | 57 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-----------|
| Figura 1. Ubicación | 8 |
| Figura 2. Detalle rejilla y vertedero | 41 |
| Figura 3. Desarenador | 41 |
| Figura 4. Sedimentador | 43 |
| Figura 5. Filtros | 43 |
| Figura 6. Eficiencia del tratamiento | 53 |
| Figura 7. Comportamiento del DBO en el humedal | 56 |
| Figura 8. Comportamiento del DBO en el agua residual doméstica | 58 |

LISTA DE ANEXOS

anexo A. Planta general. Topografía

anexo B. Diseño alcantarillado línea A (Planta y perfil)

anexo C. Diseño alcantarillado línea B (Planta y perfil)

anexo D. Diseño alcantarillado línea C (Planta y perfil)

anexo E. Diseño alcantarillado línea D (Planta y perfil)

anexo F. Colector final

anexo G. Diseño del sistema de tratamiento

anexo H. Análisis físico-químico de la Quebrada Calderón y Embalse Terreros

anexo I. Análisis físico-químico del humedal

anexo J. Fotos

OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar para los sectores de Buenos Aires, Rincón del Lago, Bellavista y costado norte de los Pinos de la Ciudadela Sucre, el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas antes de su vertimiento al embalse Terreros para minimizar el grado de contaminación hídrica existente.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.1 Retomar los estudios de la problemática sanitaria que actualmente se presenta en el embalse Terreros (análisis físico-químico)**
- 2.2 Estimar el caudal y carga contaminante del agua residual proveniente de los cuatro sectores.**
- 2.3 Identificar y discutir los posibles sistemas de tratamiento de aguas residuales que minimicen la contaminación hídrica del embalse.**
- 2.4 Seleccionar y diseñar el sistema de tratamiento de agua residual doméstica que sea más apropiado tanto técnica como económicamente para el embalse Terreros de acuerdo a las limitaciones existentes del terreno.**

INTRODUCCION

El tratamiento de las aguas residuales se ha convertido en una necesidad latente para el mejoramiento de las condiciones ambientales y sanitarias de los diferentes ecosistemas del planeta.

Es de vital importancia recuperar y mantener los recursos hídricos que aún existen, entre los cuales destacamos los embalses, ríos, lagos entre otros, ya que la mayoría de ellos están siendo utilizados como puntos de disposición final de las aguas provenientes de las industrias y/o centros poblados.

En la presente monografía se plantea un tratamiento de agua residual apropiado para mejorar la calidad del agua vertida al embalse, ya que actualmente se está comportando como humedal, para que este ecosistema no se vea afectado por tales vertimientos.

1. CARACTERÍSTICAS DE LA LOCALIDAD

1.1 UBICACIÓN

La Ciudadela Sucre se encuentra ubicada en el costado suroriental del municipio de Soacha (Cundinamarca); colinda al sur con Silvania, Sibaté y Pasca; al norte con Bojacá, Mosquera y San Antonio del Tequendama; al oriente con el Distrito Capital y al occidente con Viotá y El Colegio. Las áreas de estudio pertenecientes a la Ciudadela Sucre son: Bellavista, Buenos Aires, Rincón del Lago y Los Pinos.

Aguas abajo de la Ciudadela se encuentra el Embalse Terreros que posee 20 Ha, con una profundidad promedio de 20 m, recibe por el costado suroriental parte de las aguas servidas de Ciudad Bolívar (Potosí, El Mirado, Belleflor, El Paraíso y Jerusalén) y por el suroccidente las aguas residuales de los sectores de estudio, que antes de verterlas al Embalse, comportándose como un humedal, ubicado en la parte baja de la Ciudadela.

Los sectores mencionados cuentan con una vía de acceso principal desde San Mateo (Soacha), encontrándose en buen estado gracias a su permanente mantenimiento. La empresa que presta el servicio de transporte (Sotrandes) lo hace en forma óptima, se presta continuamente hasta altas horas de la noche (PLANEACION ,1995)

1.2 RESEÑA HISTÓRICA

La Ciudadela Sucre fue fundada por el señor Rafael Forero Fetecua en 1988; es un barrio conformado básicamente por desplazados de la violencia y por los amnistiados del M-19. Este asentamiento fue legalizado hace tres años. (PLANEACION ,1995)

1.3 ASPECTOS URBANÍSTICOS

En la actualidad el uso territorial de los sectores de estudio es residencial en diferentes etapas constructivas: viviendas prefabricadas y en diferentes materiales.

1.4 CLIMATOLOGÍA

Por estar el territorio colombiano en latitudes intertropicales produce como efecto que el sol esté durante todo el año cerca del cenit de cualquier sitio del territorio, o sea, la duración de la radiación solar en Colombia es prácticamente igual durante todo el año impidiendo fluctuaciones anuales de temperatura y haciendo un ciclo térmico estacional anual. Como resultado ocurre que la oscilación media anual de temperatura, es decir la diferencia entre el mes de promedio más alto y el mes de promedio más bajo es inferior a 3°C. (GUHL, 1975)

En general, el piso térmico de la zona de estudio es frío-seco ubicado entre los 2.000 y 3.000 msnm denominándose bosque seco montano bajo (bs-MB) con temperaturas promedio de 12°C y una precipitación entre 500 y 1.000 mm., presentándose este máximo valor en los meses de noviembre, mayo y abril. (ROSTOM, 1992)

1.5 TOPOGRAFÍA

La topografía del asentamiento es abrupta, con pendientes hasta del 45% y está bañada por varios caños perennes que conducen las aguas lluvias y residuales hacia el Embalse Terreros. (PLANEACION, 1995) Ver anexo A y figura 1.

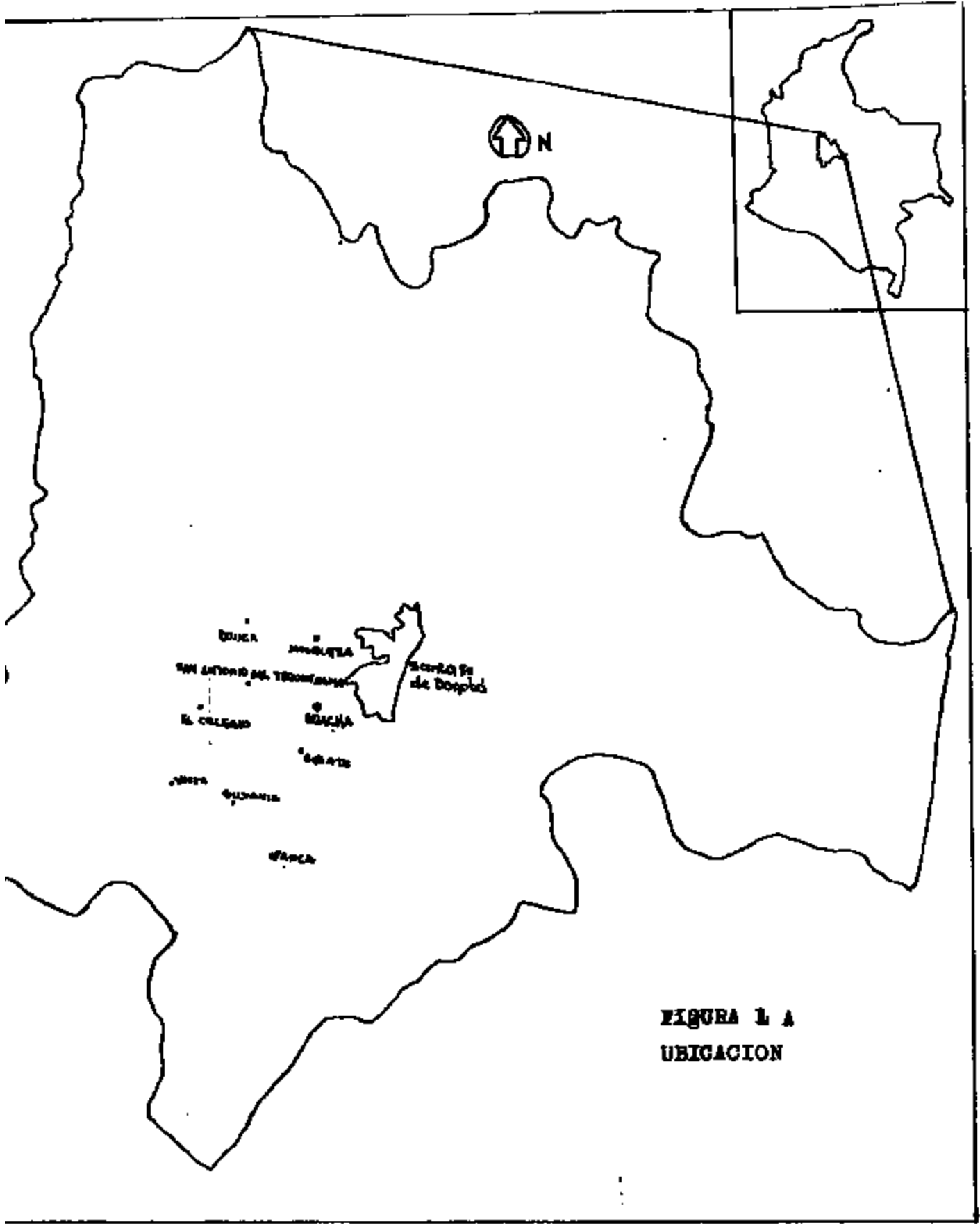
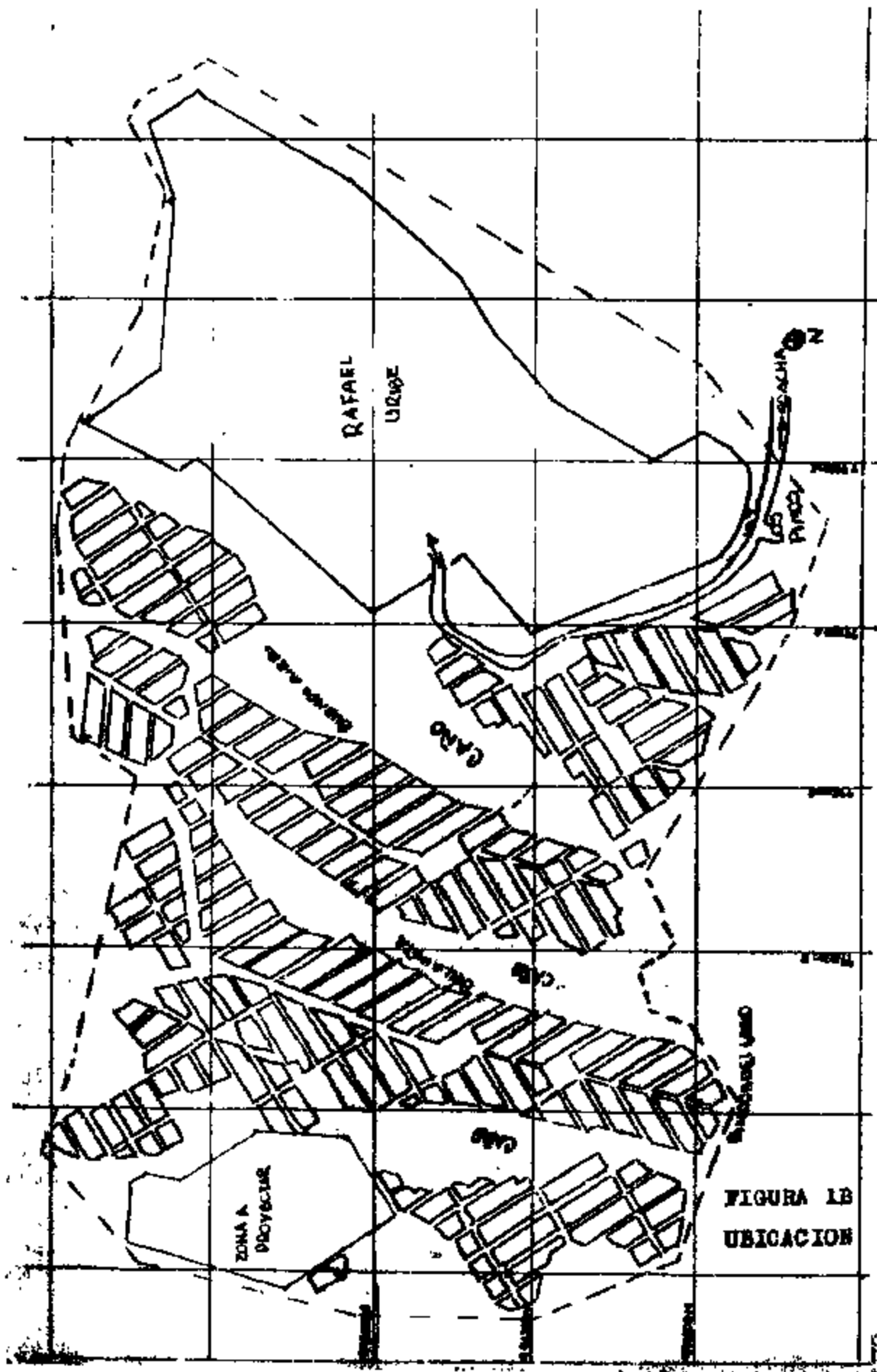


FIGURA 1 A
UBIGACION



RAFAEL
URIBE

N
LOS PINOS

ZONA A
PROYECTAR

FIGURA 1B
UBICACION

1.6 GEOLOGÍA

La Ciudadela se encuentra ubicada sobre rocas de formación Guadalupe y Guaduas.

1.6.1 Formación Guadalupe

Formada por tres niveles de areniscas intercaladas con niveles arcillosos. La estratificación desde la base al techo es:

- **Arenisca dura, la cual está conformada por areniscas de grano fino, arcilla y porcelanina.**
- **Areniscas de labor de grano que consta de areniscas gruesas de color blanco. El grano va de fino a medio (0.15 mm de diámetro).**
- **Arenisca tierna posee granos gruesos y muy variables.**

1.6.2 Formación Guaduas

Son sedimentos adyacentes de la formación Guadalupe. La formación se divide en tres conjuntos:

- **El superior formado por gredas de diferentes colores, y entre cada uno de ellos hay mantos de carbón y areniscas no estables.**
- **La media contiene mantos de carbón con presencia de areniscas.**



- La inferior compuesta por arcillas. (LEÓN C., 1978, MORA, 1997)

1.7 HIDROLOGÍA

La Ciudadela cuenta principalmente con tres caños de aguas residuales, dos de ellos recogen las aguas provenientes de los sectores Buenos Aires, Bellavista y los Pinos costado norte que son vertidas al embalse.

El cuerpo receptor de todas estas aguas residuales es el Embalse Terreros que actualmente se encuentra totalmente eutroficado y contaminado.

1.8 SERVICIOS PÚBLICOS

1.8.1 Acueducto

Los sectores de estudio cuentan con suministro de agua para uso doméstico que es extraída de un pozo profundo (sin tratamiento), el cual posee 220 m de profundidad, que con ayuda de una bomba de esfera de 25 caballos de potencia y una tubería de 6" es distribuida en pilas públicas dos veces por semana durante una hora.

1.8.2 Alcantarillado

La Ciudadela posee una cobertura del 70% aproximadamente, los sectores restantes evacúan sus aguas servidas directamente a los caños y demás cuerpos de agua existentes en el sitio.

El cuerpo receptor del total de las aguas residuales de la Ciudadela es el embalse Terreros.

1.8.3 Residuos Sólidos

La empresa Asco Capital es la encargada del servicio de recolección con una frecuencia de dos veces por semana utilizando volquetas para tal fin. El servicio se efectúa sobre las vías de acceso en la parte baja y alta. La población restante arroja los residuos sólidos a lotes baldíos, caños y al Embalse Terreros.

1.8.4 Energía Eléctrica

El servicio está a cargo de la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá con una cobertura del 60%. La comunidad se encargó de hacer la distribución de las líneas de tensión a partir del transformador, suministrado por la empresa de Energía, ubicado en la parte alta de la zona.

1.8.5 Telefonía

En la actualidad la zona cuenta con teléfonos de servicio público únicamente y la encargada de prestar el servicio es la Empresa de Teléfonos de Bogotá. Actualmente se adelantan gestiones para la instalación de redes domiciliarias a cargo de la empresa Capital.

1.9 CONDICIONES SOCIO-ECONÓMICAS

1.9.1 Población

La tasa de crecimiento de la población en la zona, entre 1990 y 1995 fue de 9.9%, debido al índice de desplazados por la violencia. Actualmente la Ciudadela cuenta con 21.218 habitantes.(PLANEACION, 1995)

1.9.2 Educación

Los sectores poseen dos centros educativos públicos mixtos, cinco colegios privados, un colegio departamental y 14 hogares de madres comunitarias.

1.9.3 Actividades económicas

Las fuentes de ingreso de los habitantes de la Ciudadela corresponden a trabajos desarrollados en los centros poblados cercanos a saber: Soacha y Santa Fe de Bogotá, debido a las características de la población, las fuentes de trabajo son reducidas las cuales conllevan a la población a ubicarse en trabajos forzosos con baja remuneración reflejándose en un nivel de vida bajo. En la actualidad se están conformando microempresas en el sector que pretenden incentivar la formación de empleos a mediano plazo, que les brinden una mejor calidad de vida.

1.9.4 Salud

La Ciudadela Sucre cuenta con un centro de salud de atención de primer nivel que presta los servicios básicos de medicina general, odontología y trabajo social. Además cuenta con un auxiliar de enfermería y una promotora de saneamiento y salud. El horario de atención es de 7:00 a.m. a 4:00 p.m.

Las enfermedades que se presentan con mayor frecuencia son:

- **Enfermedades diarreicas:** **Diarreas agudas**
Gastroenteritis
Amibiasis

Parasitismo

- **Enfermedades del tracto respiratorio**
 - Gripas**
 - Faringitis**
 - Bronquitis**
- **Problemas de afecciones urinarias**
- **Lumbricidas**

(Mauricio Hernandez, Médico General)

1.9.5 Recreación

La Ciudadela no cuenta con suficientes zonas verdes y de recreación, por lo que se adoptan algunos sitios no aptos para este fin. Cuenta con dos canchas de basquetball, una construída por la misma comunidad.

2. MARCO LEGAL

Se enunciará la normatividad existente que sirve como base legal para la elaboración del diseño del sistema de tratamiento para el agua residual de los sectores de estudio.

Constitución Política de Colombia (1991)

Capítulo II. Derechos colectivos y del ambiente.

Artículo 49. "La atención de la salud, del saneamiento ambiental con servicios públicos a cargo del Estado. Se garantizará a todas las personas el acceso a los servicios públicos de promoción, protección y recuperación".

Artículo 79. "Toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente sano en donde se garantizará la participación comunitaria en la toma de decisiones cuando se esté afectando. Además el Estado tiene el deber de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar áreas de importancia ecológica y fomentar la educación a fin de conseguir estos propósitos".

Artículo 366. "El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su

actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, educación, saneamiento ambiental y agua potable"

Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y No Renovables (Decreto 2811 de 1974)

El ambiente es patrimonio común, el Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública y deber social. Este tiene por objeto prevenir y controlar la contaminación y restauración de los recursos naturales renovables y no renovables para defender la salud y bienestar de todos los habitantes del territorio nacional.

Código Sanitario Nacional (Ley 09 de 1979)

Establece la protección del medio ambiente, las normas generales que sirvan de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo relacionado con la salud humana; también dicta los procedimientos y medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de descargas de residuos y materiales que afectan o puedan afectar las condiciones sanitarias del ambiente.

Sistema Nacional Ambiental (SINA, Ley 99 de 1993)

"Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos

naturales renovable, se organiza el Sistema Nacional Ambiental".

Servicios Públicos (Ley 142 de 1994)

"Esta ley se aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía y las actividades que realizan las personas prestadoras de servicios públicos. El Estado intervendrá en estos servicios y garantizará la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios"

Artículo 14. Numeral 23. "Servicio público domiciliario de alcantarillado. Es la recolección municipal de residuos principalmente líquidos por medio de tuberías y conductos, también se aplicará esta ley a las actividades complementarias de transporte, tratamiento y disposición final de tales residuos".

Uso del agua y residuos líquidos (Decreto 1594 de 1984)

Artículo 72. Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos con las siguientes normas:

Tabla 1 Parámetros fisicoquímicos de vertimiento

| Referencia | Usuario Existente | Usuario Nuevo |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| pH | 5 - 9 unidades | 5 - 9 unidades |
| Temperatura | ≤ 40°C | < 40°C |
| Material flotante | Ausente | Ausente |
| Grasas y aceites | Remoción ≥ 80% en carga | Remoción ≥ 80% en carga |
| Sólidos Suspendidos | Remoción ≥ 50% en carga | Remoción ≥ 50% en carga |
| DBO para desechos domésticos | Remoción ≥ 30% en carga | Remoción ≥ 80% en carga |
| DBO para desechos industriales | Remoción ≥ 20% en carga | Remoción ≥ 80% en carga |

Artículo 73. Se reglamentan las normas de vertimiento a un alcantarillado público.

Artículo 90. "En ningún caso se permitirán vertimientos de residuos líquidos que alteren las características existentes en un cuerpo de agua que sea apto para todos sus usos".

Resolución 1511 de 1994 (CAR)

Por la cual se atienden unas quejas y se efectúan unos requerimientos; se establece el estado actual del Embalse Terreros y algunas recomendaciones para tenerse en cuenta según lo que determina la Corporación.

Régimen de Seguridad Social en Salud (Ley 100 de 1993)

"El Ministerio de Salud como apoyo a políticas nacionales busca que el agua para consumo humano sea suministrada en condiciones que satisfagan las necesidades domésticas, individuales y colectivas, garantizando a su vez una disposición de residuos líquidos acorde con las condiciones sanitarias y los

sistemas técnicamente mas adecuados para minimizar el impacto sobre la salud y el medio ambiente”.

Convención de Ramsar (Irán 1971)

“ Los humedales son áreas de ciénaga, laguna, pantanos, turbera o en general cuerpos de agua naturales o artificiales, permanentes o temporales, con agua estancada o fluyendo, dulce, salobre o salada, incluyendo áreas de agua marina cuya profundidad en marea no sea mayor a seis metros”. La función de los humedales es servir de hábitat de vida silvestre, almacenar agua de inundaciones, estabilizadores de caudales, purificadores de agua y controlar la salinidad”.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la zona existen numerosos problemas ambientales y sanitarios que alteran las condiciones de vida de la comunidad; el principal es el vertimiento de las aguas residuales domésticas a los cuerpos de agua modificando el ecosistema existente (embalse) y deteriorando la calidad de vida de la comunidad.

3.1 PROBLEMATICA SANITARIA

3.1.1 Agua Residual

En la actualidad las aguas residuales se vierten de las tuberías o canales abiertos directamente a los caños que llevan las aguas al Embalse Terreros, sin ninguna clase de tratamiento, presentándose malos olores facilitando la proliferación de enfermedades que afecta la población existente, especialmente los niños.

*El Embalse Terreros presenta problemas de eutroficación ya que existe una acumulación de nutrientes que sumándose a la carga orgánica que entra, va en detrimento cada vez mayor del ecosistema, aumentando el crecimiento de macrófitos (*EIRCHORNIA crassipens*) y contribuyendo a la colmatación y

disminución de la vida útil de éste. Adicionalmente existe una periferia caracterizada por suelos erosionados acción que colabora en los procesos de colmatación que tienen lugar en el ecosistema" (CAR, 1994)

3.1.2 Agua Potable

Se presentan los siguientes problemas:

- Las conexiones domiciliarias por mangueras, se encuentran en mal estado por falta de mantenimiento ocasionando escapes de agua.
- El almacenamiento del agua para consumo humano no es óptimo ya que éste se hace por lo general en canecas, las cuales no reciben un adecuado mantenimiento y en algunos casos las dejan al aire libre convirtiéndolas en reservorios de agentes contaminantes y de crecimiento de insectos.

3.1.3 Residuos Sólidos

La zona en su mayoría es residencial, encontrándose establecimientos comerciales; aunque no se hizo la caracterización de los residuos sólidos, su composición es de materia orgánica, papel y plástico. La recolección no se hace en la totalidad de la zona; además los puntos de recolección existentes no son respetados haciendo que se arrojen los residuos en cualquier sitio (caños, lotes baldíos y a los cuerpos de agua).

En la parte occidental de la Ciudadela, en la cuchilla de la montaña existen varios botaderos al aire libre en donde ocurren procesos de incineración sin técnica alguna afectando el componente atmosférico, el suelo y alterando la salud de los habitantes del sector (enfermedades respiratorias).

Existen campañas de reciclaje pero solo a nivel escolar, no hay proyección hacia las familias especialmente a las amas de casa quienes juegan un papel importante para la realización de este programa.

3.2 PROBLEMATICA AMBIENTAL

3.2.1 Erosión

La Ciudadela Sucre por tener una formación geológica de areniscas, arcillolitas y sumando la escasa cobertura vegetal y los vientos, ha aumentado el proceso de lavado y escurrimiento del suelo que al arrastrar elementos (nitritos, fosfatos) contribuye a la eutroficación del embalse, del humedal y a la erosión de la zona. A esto se suma la explotación de las canteras sin técnica alguna conllevando a que en un futuro no exista una capa vegetal que pueda recuperar el suelo.(MORA, 1997)

Esta problemática se debe a la falta de planeación del nuevo asentamiento, pues la distribución en la Ciudadela se ha hecho hasta el momento en forma indiscriminada debido a la cantidad de desplazados que necesitan un sitio para vivir.

3.2.2 Flora y Fauna

La Ciudadela posee una escasa cobertura vegetal debido al mal manejo del suelo; originalmente la zona presentaba vegetación de poca altura y de hojas duras propias del piso térmico frío-seco. Al no existir cobertura vegetal, la fauna es casi inexistente, lo que se presenta con mayor frecuencia son animales domésticos en especial caninos.

El Embalse Terreros, que actúa como humedal, por ser un ecosistema léntico sus características cambian acumulando sedimentos y aumentando la actividad fotosintética creando desequilibrios en la producción de oxígeno y dióxido de carbono reflejándose con la presencia del jacinto de agua (*EIRCHORNIA crassipes*), que "está enraizada en el barro y sus hojas sirven de flotadores, se reproduce por vía vegetativa y de una planta se pueden formar hasta 20 millones de individuos" (NOVAK, 1972). Al existir acumulación de microorganismos en descomposición por el aporte de las aguas residuales crea condiciones

anaeróbicas generando gases tóxicos (malos olores) y corrosivos. (ROLDÁN,1981).

Por las condiciones insalubres de la zona existen bacterias patógenas, en especial la *Escherichia coli* fecal, *Enterobacter aerógenes*, *Enterobacter cloacae*, *Citrobacter diversus*, *Streptococcus faecalis* y *faecium*, *Streptococcus gallinarum*, todos indicadores de contaminación fecal. La *Shigella* que produce shigelosis por la ingestión de alimentos contaminados con materia fecal, el *Neumococo* y *Streptococo* que produce sinusitis y neumonía. Además se hallan especies bacterianas no coliformes reportadas como patógenas oportunistas como: *Xenorhabdus luminiscens*, *Hafnia alver*, *Providencia alcalifaciens*, *Kluyvera sp*, *Edwardsiella tarda* y *Proteus mirabilis*. (ORJUELA,1992)

3.2.3 Salud

Debido a la problemática ambiental y sanitaria existente en la Ciudadela Sucre, la comunidad se ve afectada tanto física como mentalmente presentándose algunas enfermedades. Las de mayor frecuencia son:

- **Diarrea:** Es generada por la bacteria *Escherichia coli* debido a las deficiencias de las condiciones sanitarias. La transmisión es oro-fecal por medio de alimentos o aguas contaminadas por excretas de personas enfermas o portadoras. Afecta

portadoras. Afecta especialmente el sistema digestivo.

- **Resfriado:** Producido por la inhalación de gases irritantes o partículas encontradas en el aire.
- **Asma bronquial:** Producido por polvos o vapores.
- **Bronquitis:** Es una tos que puede producir moco. Esta ataca el sistema respiratorio afectando especialmente los alvéolos y pulmones
- **Estres:** La comunidad no cuenta con suficientes sitios de esparcimiento sumándose un paisaje no muy atractivo. El nivel de vida es bajo por las condiciones socioeconómicas a las cuales están sometidos.

4. DISEÑO

Al no existir un adecuado transporte y tratamiento del agua residual fue necesario realizar los cálculos correspondiente al diseño de los colectores del alcantarillado y posteriormente los de la planta de tratamiento. Para ello se utilizó los datos de población según Planeación Municipal de Soacha y los aforos hechos directamente en el terreno.

4.1 METODO GEOMÉTRICO

Para elaborar los diseños mencionados anteriormente, uno de los datos fundamentales es la determinación del caudal necesario, el cual depende directamente del número de habitantes que tendrá la localidad al final del período de diseño. El método utilizado fue el geométrico el cual se describe a continuación:

$$Pf = Pi * (1 + r)^n$$

Pf : población proyectada

Pi : población inicial para 1997

r : tasa de crecimiento de 0.03

n : número de años proyectados

4.1.1 Cálculos de población

Tabla 2 Población

| AÑO | POBLACION TOTAL(hab.) |
|-------|-----------------------|
| 1.990 | 12.500 |
| 1.995 | 20.000 |
| 1.997 | 21.218 |

Para las proyecciones futuras se asume una tasa de crecimiento anual del 3% debido a que los requerimientos de vivienda se han estabilizado notablemente, según datos obtenidos en Planeación Municipal. La proyección del sistema de tratamiento del alcantarillado se hizo a 15 años según guía de períodos de estructuras hidráulicas:

- Presas y grandes conducciones: 25 a 50 años
- Pozos, sistemas de distribución, plantas de purificación de agua y plantas de tratamiento de aguas residuales:
 - Crecimiento bajo: 20 a 25 años
 - Crecimiento alto: 10 a 15 años
- Tuberías con diámetros mayor de 12": 20 a 25 años
- Alcantarillados: 40 a 50 años (LOPEZ, 1995)

$$P_f = 21.218 (1 + 0.03)^{15}$$

$$P_f = 33.057 \text{ habitantes}$$

La población para el año 2.012 es de 33.057 habitantes. La zona de estudio fue dividida en tres sectores de acuerdo a la distribución del agua residual, según la topografía del terreno. Fue necesario utilizar la densidad de la población así:

$$\text{Area total: } 27,6969 \text{ ha}$$

$$\text{Población: } 33.057 \text{ habitantes}$$

$$\text{Densidad de población} = \text{población} / \text{área}$$

$$\delta = 33.057 \text{ hab} / 27,6969 \text{ ha} = 1193,53 \text{ hab./ha}$$

Sector 1

Recoge las aguas residuales del costado norte de los Pinos y parte de Buenos Aires.

$$\text{Area aportante: } 9,94447 \text{ ha}$$

$$\text{Población} = 1193,53 \text{ hab/ha} * 9,9447 \text{ ha}$$

$$\text{Población} = 11.870 \text{ habitantes}$$

Sector 2

Recoge las aguas residuales del sector Buenos Aires y parte de Bellavista.

$$\text{Area aportante: } 10,2254 \text{ ha}$$

$$\text{Población} = 1193,53 \text{ hab/ha} * 10,2254 \text{ ha} \text{ Población} = 12.204 \text{ habitantes}$$

Sector 3

Recoge las aguas residuales del Rincón y parte de Bellavista.

Area aportante: 7,5267 ha

Población = 1193,53 hab/ha * 7,5267 ha

Población = 8.983 habitantes

4.1.2 Consumo de agua

Teniendo en cuenta las características socio-económicas de los sectores de estudio el consumo es de 190 l/d de acuerdo a la siguiente información consignada en las tablas 3 y 4

Tabla 3 Consumo de agua potable para la ciudad de Bogotá según la Empresa de Acueducto y Alcantarillado¹

| Estrato Socio-económico | Consumo (l/h-d) |
|-------------------------|-----------------|
| Bajo | 190 |
| Medio | 300 |
| Alto | 410 |

¹ Lopez, Ricardo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Bogotá, 1995.

Tabla 4 Consumo de agua potable en función de la temperatura y el grado de desarrollo socio-económico²

| Condiciones | Consumo (l/h-d) |
|--|-----------------|
| Zona rural | 100-150 |
| Temperatura menor a 20°C. Poco desarrollo industrial y comercial | 180-200 |
| Temperatura mayor a 20°C. Poco desarrollo industrial y comercial | 200-250 |
| Desarrollo comercial- industrial importante | 250-300 |

4.1.2 Caudales de diseño

4.1.3.1 Aporte Medio Diario

$$Ad = C * P * Cr / 86400$$

C: Consumo por habitante (l/hab-d)

P: Población

Cr: Coeficiente de retorno

El coeficiente de retorno es de 80% debido a que no toda el agua de consumo es devuelta al alcantarillado por infiltración y conexiones erradas.

² *Ibid*

4.1.3.2 Caudal Máximo Horario (QMH). Según Harmon, para poblaciones mayores a 1000 habitantes se utiliza la siguiente ecuación:

$$QMH = Ad * ((18 + \sqrt{P}) / (4 + \sqrt{P}))$$

Ad: Aporte medio diario

P: Población

Sector 1

$$Ad = (190 \text{ l/h-d} * 11.870 \text{ h} * 0,8) / 86.400 = 20,88 \text{ l/s}$$

$$QMH = 20,88 \text{ l/s} * ((18 + \sqrt{11.870}) / (4 + \sqrt{11.870})) = 23,46 \text{ l/s}$$

Sector 2

$$Ad = (190 \text{ l/h-d} * 12.204 \text{ h} * 0,8) / 86.400 = 21,47 \text{ l/s}$$

$$QMH = 21,47 \text{ l/s} * ((18 + \sqrt{12.204}) / (4 + \sqrt{12.204})) = 24,09 \text{ l/s}$$

Sector 3

$$Ad = (190 \text{ l/h-d} * 8.983 \text{ h} * 0,8) / 86.400 = 15,80 \text{ l/s}$$

$$QMH = 15,80 \text{ l/s} * ((18 + \sqrt{8.983}) / (4 + \sqrt{8.983})) = 18,03 \text{ l/s}$$

Para el diseño del sistema de tratamiento se reúnen los caudales de los sectores uno y dos pues las condiciones topográficas hacen que el agua fluya hacia un mismo punto permitiendo el fácil manejo de estos. El caudal del sector tres por evacuar hacia otro lado es difícil darle tratamiento, las condiciones topográficas

y falta de espacio ameritan que este caudal se reúna con el proveniente de Ciudad Bolívar. Sin embargo la jurisdicción de Soacha, a la que pertenece el Embalse, no se haga responsable de la descarga hecha por Ciudad Bolívar. Según la ley 142 de 1994 la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá debe velar por el tratamiento y disposición final del agua residual. En la actualidad el agua residual proveniente de Ciudad Bolívar (jurisdicción de Bogotá), se vierte al Embalse Ternereros sin ningún tratamiento alterando las condiciones existentes de dicho ecosistema.

$$Q1 + Q2 = 24.09 \text{ l/s} + 23.46 \text{ l/s} = 47.55 \text{ l/s}$$

4.2 AFOROS

Se realizaron los aforos correspondientes en cada una de las tuberías y en los caños, para determinar el caudal total que la población de estudio arroja al Embalse Ternereros; estos se realizaron por los métodos volumétrico y de área, según las exigencias del terreno y que como se mencionó anteriormente, el suministro se hace dos veces por semana, los días martes y jueves, para este caso se aforó el primero de estos días.

El incremento para el diseño del sistema de tratamiento de agua residual es del 50% teniendo en cuenta que por ser estrato bajo y aglomerar desplazados, el

asentamiento crece rápidamente.

Tabla 5 Aforos

| Sector | Aforo (l/s) | Incremento | Total |
|--------|-------------|------------|-------|
| 1 | 19,07 | 50% | 28,60 |
| 2 | 29,63 | 50% | 44,45 |
| 3 | 0,20 | 50% | 0,25 |

$$Q1 + Q2 = (28.60 + 44.45) \text{ l/s} = 73.05 \text{ l/s}$$

4.3 COLECTORES DE ALCANTARILLADO

4.3.1 Caudales de Diseño

El caudal de diseño fue de 73.05 l/s basándose en datos obtenidos directamente en el terreno con un incremento, pues se espera que el suministro de agua potable sea diario. Para determinar los diámetros de los conductos, los caudales se dividen por un factor menor que la unidad, tomados como la relación entre caudal de diseño y caudal a tubo lleno (q/Q_0)

Tabla 6 Relación q/Q_0 máximo para la sección del diámetro³

| Q/Q₀ | Diámetro de la tubería |
|------------------------|-------------------------------|
| 0.60 | 8" a 12" |
| 0.70 | 24" a 1.20 m |
| 0.90 | Mayor a 1.25 m |

4.3.2 Velocidades

La velocidad mínima para el diseño fue de 0.6 m/s; la máxima de 1.52 m/s, ambas están dentro de los rangos permitidas, según el libro de Diseño de acueductos y alcantarillados de Luis Felipe Silva Garavito.

4.3.3 Diámetro

El diámetro mínimo para la red de colectores debe ser de 8". El diámetro máximo es de 12".

4.3.4 Coeficiente de rugosidad

Para tuberías de cemento el coeficiente de rugosidad de Manning es 0.013.

³ SILVA, Luis Felipe. Diseño de Acueductos y Alcantarillados. Bogotá 1978

4.3.5 Pendientes

La pendiente mínima es de 0.9% con una velocidad real de 0.71 m/s en el tramo 8-9 de la línea B. La pendiente máxima es de 2.0 en varios tramos.

4.3.6 Ejemplo de cálculo (Ver tabla 7)

Tramo 1-2 Línea A

| | |
|-----------------------|------------|
| Longitud: | 31,45 m |
| Cota terreno inicial: | 2.724,15 m |
| Cota terreno final: | 2.722,69 m |
| Cota clave inicial: | 2.721,84 m |
| Cota clave final: | 2.721,49 m |
| Cota fondo inicial: | 2.721,64 m |
| Cota fondo final: | 2.721,29 m |

$Pendiente = ((Cota\ clave\ inicial - Cota\ clave\ final) / Longitud) * 100\%$

$Pendiente = ((2.721,84 - 2.721,49) / 31,45) * 100\% = 1,1\%$

QLL : Caudal lleno (PAREDES, 1987)

VLL : Velocidad lleno

qd : Caudal de diseño

vr : Velocidad real

$qd = Caudal\ total\ máximo / Relación\ total\ máximo = 0,13\ l/s / 0,6 = 0,21\ l/s$

QLL = 35,89 l/s

$$V_{LL} = 1.11 \text{ m/s}$$

$$q_d / Q_{LL} = 0,21 / 35,89 = 0,006$$

Se aproxima a 0,01, con este valor en las tablas de relaciones hidráulicas se halla v/V y h/D

$$v/V = 0,29 \quad v = 0,29 * 1,53 = 0,44 \text{ se aproxima a } 0,6 \text{ m/s}$$

$$h/D = 0,076$$

$$h = 0,076 * 0,0254 * 8 = 0,02 \text{ m}$$

$$v^2/2g = (0,6 \text{ m/s})^2 / (2 * 9,81 \text{ m/s}^2) = 0,018 \text{ m}$$

Caída en el tramo = Cota clave superior - cota clave inferior

$$\text{Caída en el tramo} = 2.721,84 - 2.721,49 = 0,35 \text{ m}$$

4.4 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

La selección de un sistema de tratamiento de agua residual tiene como finalidad velar por la salud pública, mejorando las condiciones adversas producidas por las descargas de agua residual presentes en la zona de estudio.

4.4.1 Caracterización de agua residual

Se refieren a los constituyentes físicos y químicos presentes en el agua residual. La composición del agua proveniente de los sectores de estudio fue deducido a partir de la comparación hecha de los análisis fisicoquímicos de la quebrada

Calderón que proviene de Ciudad Bolívar, del embalse Terreros y de la tabla de agua residual doméstica típica (METCALF, 1995).

Tabla 8 Comparación

| Parámetro | Típica media | Embalse 1 | Embalse 2 | Quebrada 1 | Quebrada 2 |
|---------------------------|--------------|-----------|-----------|------------|------------|
| Sólidos disueltos(mg / L) | 500 | 254 | 235.5 | 288.67 | 183.67 |
| Nitrógeno amoníaco (mg/L) | 25 | 18.50 | 15.08 | 15.05 | 19.22 |
| Nitrógeno nitrato (mg/L) | 0 | 2.50 | 0.75 | 2.17 | 1.00 |
| Nitrógeno nítrico (mg/L) | 0 | 0.007 | 0.090 | 0.044 | 0.037 |
| Fósforo (mg/L) | 8 | 1.68 | 1.45 | 2.53 | 1.90 |
| DBO5 (mg/L) | 220 | 25.16 | 16.20 | 11.10 | 24.37 |
| DQO (mg/L) | 500 | 143.33 | 78 | 217.67 | 55.33 |
| PH | | 7.20 | 6.68 | 7.15 | 6.87 |
| Temperatura | | 19.11 | 20.64 | 21.11 | 18.56 |

En esta tabla se observa que los sólidos disueltos son bajos tanto en la quebrada como en el embalse, pero debido al peso específico de dichos sólidos se han sedimentado acelerando la eutrofización del embalse.

El nitrógeno en forma de amoníaco, nitratos y nitritos al igual que el fósforo son débiles, pero son elementos esenciales en el crecimiento de protistas y plantas.

Estas sintetizan los nitratos en proteínas aumentando su proliferación.

El pH tiende a ser neutro. La temperatura promedio es de 20° C en donde las bacterias realizan sus actividades.

4.4.2 Métodos de tratamiento del agua residual

Se puede dividir en:

- **Pretratamiento:** (Desbastado, dilaceración, igualación) Es el proceso para eliminar los sólidos más grandes haciendo una remoción hasta del 15%. Lo mismo sucede con la DBO. (METCALF, 1995)

- **Tratamiento primario:** (Físicos: flotación y sedimentación; químicos: neutralización, coagulación-floculación) Es el proceso donde se remueve un 50% a 70% de sólidos suspendidos y 25% a 40% de DBO. (METCALF, 1995)

- **Tratamiento secundario:** Es un tratamiento biológico, remueve hasta 85% de DBO. Se divide en:

1. Procesos de tratamiento aerobio de cultivos en suspensión:

***Lodos activados:** es un tratamiento en donde el residuo orgánico se introduce en un reactor donde hay un cultivo bacteriano aerobio en suspensión. La adopción

de este tratamiento se descartó por la limitación del terreno en la zona de estudio, así:

Se diseñó un reactor de mezcla completa.

Se halla el volumen del tanque de aireación:

$$\theta = V / Q$$

En donde:

θ = Tiempo de retención hidráulica, 10 días, asumidos según Tabla 10-5 del libro Ingeniería de Aguas Residuales de Metcalf.

V = Volumen del tanque de aireación

Q = Caudal de diseño

$$V = Q \cdot \theta = (0,121 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 86.400 \text{ s/1 d}) \cdot 10 \text{ d} = 104.544 \text{ m}^3$$

V = Area * Profundidad

Area = Volumen / Profundidad (Profundidad asumida según Metcalf)

$$\text{Area} = 104.544 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} = 34.848 \text{ m}^2 = 3 \text{ hectáreas}$$

La Ciudadela Sucre cuenta con un área de 0.16 hectáreas para el sistema de tratamiento de agua residual, por lo cual se descartó este sistema.

*Lagunas Aireadas: Son depósitos en el que el agua residual se trata en modalidad de flujo continuo o con recirculación de sólidos. La función es la conversión de la materia orgánica. Normalmente se suele aportar oxígeno con

aireadores superficiales o con sistemas de difusión de aire. Estos son fabricados en acero, aleación no corrosiva y plástico reforzado con fibra de vidrio. Además se debe tener en cuenta el gasto energético y que el mantenimiento demanda de personal calificado. No se realizó los cálculos correspondientes pues al requerir una profundidad menor se necesitará un área mayor pues este sistema es una variación de los lodos activados.

2. Procesos aeróbicos de tratamiento de cultivo fijo:

***Filtros Percoladores: Están formados por un lecho de medio filtrante sobre el cual se distribuye agua residual. Se clasifican por las cargas orgánicas o hidráulicas aplicadas. Los filtros de baja carga presentan problemas de olores y de moscas y los de alta los reduce; estos pueden ser circulares o rectangulares construidos con piedras o materiales plásticos y funcionan con caudal continuo.**

3. Proceso de tratamiento anaerobios de cultivos en suspensión:

***Proceso anaerobio de manto de lodo de flujo ascendente: El residuo se introduce por la parte inferior del reactor. El agua residual asciende por el manto de lodo constituido por gránulos formados biológicamente. Se descartó el tratamiento por necesitar de personal calificado para la operación.**

4. Procesos de tratamiento por lagunaje:

Aquí se localizan los estanques. Estos son una masa de agua relativamente poco

profunda contenida en un tanque excavado en el terreno. Frecuentemente se utilizan para el tratamiento de aguas de pequeñas comunidades.

Se diseñó una laguna anaerobia.

$$\text{Carga DBOs} = Q * \text{DBO} / \text{Area}$$

$$Q = \text{Caudal } (0,121 \text{ m}^3/\text{s} = 104.544,4 \text{ m}^3/\text{d})$$

$$\text{DBO} = \text{DBO del afluente} = 156,75 \text{ mg/l} = 156,75 \text{ g/m}^3$$

Carga DBOs = 225 kg/ha-d se asumió según Tabla 10-20 del libro de Ingeniería de Agua Residual de Metcalf.

$$\text{Area} = (Q * \text{DBO} / \text{Carga DBOs}) * 1 \text{ kg} / 1.000 \text{ g}$$

$$\text{Area} = ((10.454,4 \text{ m}^3/\text{d} * 156,75 \text{ g/m}^3) * 1 \text{ kg} / 1.000 \text{ g}) * 225 \text{ kg/ha-d}$$

$$\text{Area} = 7.28 \text{ ha}$$

Es necesario dividir esta área en siete estanques pues lo recomendado es (0.2-1) ha. En este caso no se cuenta con el área mínima requerida, sin contar con los tratamientos anteriores. Se descartó más por terreno que por eficiencia.

El tratamiento elegido por las condiciones de funcionamiento y su eficiencia fue el filtro percolador de carga media para evitar los malos olores, además de la facilidad del conseguir el medio filtrante en el sitio.

4.4.3 Diseño del tratamiento

4.4.3.1. Pretratamiento.

- Rejilla: Se utiliza para proteger bombas, válvulas, conducciones contra posibles daños provocados por la presencia de sólidos de gran tamaño.

Las pérdidas de carga en las rejillas de barras son función de la forma de la barra y de la altura cinética del flujo a través de las barras.

Ecuación de Kirschmer $h_L = \beta (w / b)^{4/3} \cdot h_v \text{ sen } \theta$

h_L = pérdida de carga en metros

β = factor de forma de la barra

w = anchura máxima transversal en la dirección de la corriente

b = separación mínima entre las barras

h_v = altura cinética del flujo que se aproxima a la reja

θ = ángulo de la reja con respecto a la horizontal

valores de β debidos a Kirschmer

| | |
|---|---------|
| Tipo de reja | β |
| Rectangular con bordes agudos | 2,42 |
| Rectangular con la cara agudos arriba semicircular | 1,83 |
| Circular | 1,79 |
| Rectangular con ambas caras semicircular | 1,67 |

Se asume:

$$\beta = 2,42$$

$$w = 0,03$$

$$b = 0,025$$

$$h_v = 0,012$$

$$h_f = 2,42 (0,03 / 0,025)^{(4/3)} + 0,012 \text{ sen } 30^\circ$$

$$h_l = 0,018 \text{ m}$$

La pérdida de carga permisible es de 150 mm para limpieza manual.

Tabla 9 Información típica para el proyecto de rejas de barras de limpieza manual y mecánica⁴

| Característica | Limpieza manual | Limpieza mecánica |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Ancho de barras, mm | 5 - 15 | 5 - 15 |
| Profundidad de barras, mm. | 25 - 75 | 25 - 75 |
| Separación entre barras, mm | 25 - 50 | 15 - 75 |
| Angulo de inclinación de la rejilla | 30 - 45 | 0 - 30 |
| Velocidad de aproximación m/s | 0,3 - 0,6 | 0,6 - 1,0 |
| Pérdida de carga permisible mm | 150 | 150 |

Velocidad de paso a través de la rejilla:

$$h_l = (1 / 0,7) * ((V^2 - v^2) / 2g)$$

Donde:

0.7 = factor empírico

V = velocidad de paso a través de la rejilla

v = velocidad aproximación

v = 0,5 m / s

⁴MBTCALF, Eddy. Ingeniería de agua residual. 1995.



$$V = \sqrt{(0,018 \cdot 0,7 \cdot 2g) + (0,5)^2}$$

$$V = 0,7 \text{ m/s}$$

Para una pérdida de carga de 0,018 m y una velocidad de aproximación de 0,5 m/s, se espera una velocidad de paso a través de la rejilla de 0,7 m/s.

Dimensionamiento de la rejilla:

Se halla el área neta de la rejilla:

$$\text{Caudal : } Q = 121,77 \text{ L/s} = 0,121 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Velocidad : } V = 0,70 \text{ m/s}$$

$$Q = V \cdot A$$

$$A = Q / V = 0,121 \text{ m}^3/\text{s} / 0,70 \text{ m/s} = 0,17 \text{ m}^2$$

Se asume : Ancho de barras de 10 mm.

Separación entre barras de 25 mm.

Profundidad de las barras de 30 mm.

Longitud neta de la rejilla de 40 cm.

E = Número de espacios: $E = \text{Longitud neta} / \text{Separación entre barras}$

$$E = 0,40 \text{ m} / 0,025 \text{ m} = 16 \text{ espacios}$$

$$\text{Número de barras} = E - 1 = 16 - 1 = 15 \text{ barras}$$

Longitud total de la reja: $L_t = (\text{número de barras} \cdot \text{ancho de barras}) + (\text{espacio} \cdot \text{separación barras})$

$$L_t = (15 \text{ barras} \cdot 0,010 \text{ m}) + (16 \text{ espacios} \cdot 0,025 \text{ m})$$

$$L_t = 0,55 \text{ m}$$

$$\text{Area neta} = \text{ancho neta} \cdot \text{longitud neta}$$

$$\text{Ancho neta} = \text{Area neta} / \text{longitud neta}$$

$$\text{Ancho neta} = 0,17 \text{ m}^2 / 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Ancho neta} = 0,43 \text{ m}$$

$$\text{Altura total} = \text{ancho neta} + \text{borde libre}$$

$$\text{Altura total} = 0,43 \text{ m} + 0,17 \text{ m}$$

$$\text{Altura total} = 0,60 \text{ m}$$

Vertedero Triangular

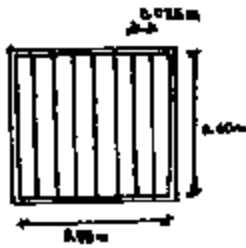
$$\text{Según Thomson: } Q = 1,4H^{5/2}$$

$$H = 0,37 \text{ m}$$

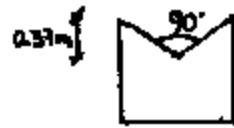
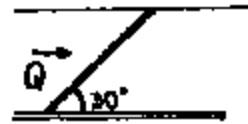
Ver figura 2

- Desarenador: Es una estructura para separar y remover el material sólido que posee el agua, remueve partículas de arena con peso específico de 2,65 o mayores (0,15 - 0,21)mm de diámetro.

Se diseña un desarenador trapezoidal de flujo horizontal para que las partículas de arena alcancen el fondo del canal.

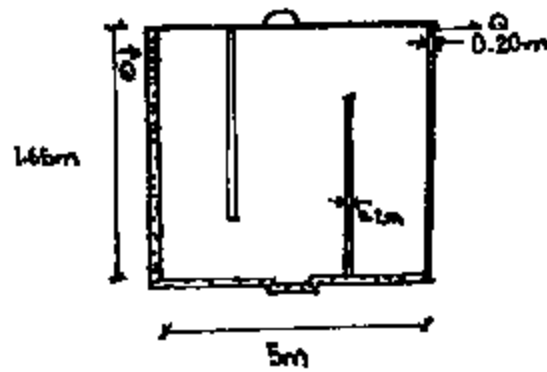


REJILLA



VERTEDERO TRIANGULAR

FIGURA 2



DESA REÑADOR

FIGURA 3

Tabla 10 Información típica para el proyecto de desarenadores de flujo horizontal⁵

| Características | Intervalo | Típico |
|---|--------------|--------|
| Tiempo de retención, s | 45-90 | 60 |
| Velocidad horizontal, m/s | 0,24-0,4 | 0,30 |
| Velocidad de sedimentación m/min | | |
| D = 0.21 mm | 0,95-1,25 | 1,15 |
| D = 0.15 mm | 0,6-0,9 | 0,75 |
| Pérdida de carga en la sección de control, como porcentaje de la profundidad del canal, % | 30-40 | 36 |
| Incremento por turbulencia en la entrada y salida | 2 Dm – 0.5 L | |

Dm : Profundidad máxima del desarenador (m);L:Longitud teórica del desarenador

Tiempo de retención (TR) = 50 s

Velocidad horizontal (Vh) = 0,30 m / s

Velocidad sedimentación (Vs) = 0,6 m / min

Para diámetro de 0,15 mm.

Caudal (Q) = 0,121 m³/ s

Se halla el volumen del desarenador:

$Q = \text{Volumen} / \text{Tiempo} = V / TR$

$V = Q * TR = 0,121 \text{ m}^3/\text{s} * 50 \text{ s}$

$V = 6 \text{ m}^3$

$V = H * B * L$ donde H : Profundidad

⁵ Ibid.

B : Ancho

L : Largo

Relación largo:ancho es 4:1. Se asume un ancho de 1,20 m.

$L = 1,2 \text{ m} * 4 = 4,8$ se aproxima a 5,0 m.

Se halla la profundidad : $H = V / (B * L)$

$$H = 6 \text{ m}^3 / (1,2 \text{ m} * 5,0 \text{ m}) = 1$$

Profundidad total: $H \text{ total} = H \text{ neta} + \text{Borde libre} + \text{Zona acumulación de sedimentación}$

$$H \text{ total} = 1 \text{ m} + 0,15 \text{ m} + 0,50 \text{ m}$$

$$H \text{ total} = 1,65 \text{ m}$$

Se espera una reducción de la carga orgánica del 5%.

DBO inicial (afluente) = 220 mg / L

DQO final (desarenador) = 209 mg / L

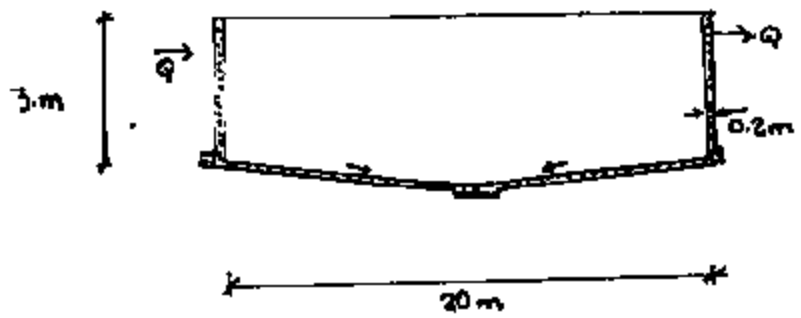
Sólidos Suspendidos (afluente) = 220 mg / L

Sólidos Suspendidos (Final) = 209 mg / L

Ver figura 3

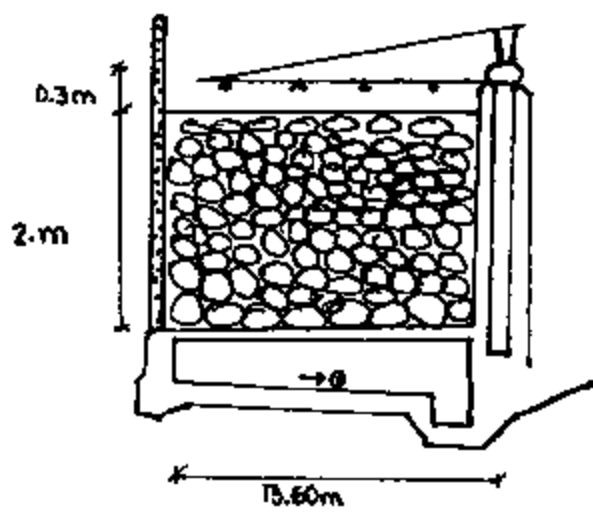
4.4.3.2 Tratamiento Primario

- **Sedimentador Primario:** Su función es eliminar los sólidos fácilmente sedimentables y del material flotante reduciendo el contenido de sólidos en suspensión del agua. Los tanques eliminan entre el 50% y 70% de sólidos



SEDIMENTADOR PRIMARIO

FIGURA 4



FILTRO PERCOLADOR

FIGURA 5

suspendidos y del 25% al 40% de DBO.

Tabla 11 Información típica para el proyecto de tanques de decantación primaria⁶

| Características | Intervalo | Típico |
|---|-----------|--------|
| Tiempo de retención, hora | 1,5-2,5 | 2 |
| Carga superficial, m ³ /día . m ² : | | |
| Q medio | 32-48 | 40 |
| Q máx | 80-120 | 100 |
| Carga sobre el vertedero m ³ / día . m | 152-500 | 250 |

Se dimensiona un sedimentador primario, seguido de un tratamiento secundario.

$$Q = 121,77 \text{ L/s}$$

$$\text{DBO} = 209 \text{ mg / L}$$

$$\text{S.S.} = 209 \text{ mg / l}$$

$$\text{Tiempo de retención} = 1,5 \text{ horas}$$

$$\text{Longitud (m)} = 20 \text{ m}$$

$$\text{Ancho (m)} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Area superficial } A = 20 \text{ m} * 5 \text{ m} = 100 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,121 \text{ m}^3/\text{s} = 10.454,4 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\begin{aligned} \text{Carga superficial } Q \text{ máx} / A &= 0,121 \text{ m}^3/\text{s} / 100 \text{ m}^2 = \\ &= 10.454,4 \text{ m}^3/\text{día} / 100 \text{ m}^2 \\ &= 104,54 \text{ m}^3/\text{día} . \text{ m}^2 \end{aligned}$$

⁶ *Ibid*

El rango recomendado está entre (80 - 120) m³/día . m³

Se asume una profundidad de 3 m

Se asigna una pendiente del fondo del tanque sedimentador del 8 %.

Velocidad horizontal mínima de arrastre, según Camp y Shields:

$$V_h = \sqrt{(8 * K * (S - 1) * g * d) / f}$$

$$K = 0,04$$

$$S = 2,65$$

$$g = 9,80 \text{ m / s}^2$$

$$f = 0,02$$

$$d = 0,15 \text{ mm}$$

$$V_h = 0,62 \text{ m / s}$$

Se espera que la remoción de DBO este alrededor de un 25% del inicial.

$$\text{DBO inicial} = 209 \text{ mg / l}$$

$$\text{DBO final} = 156.75 \text{ mg / l}$$

$$\text{Sólidos Suspendidos iniciales} = 209 \text{ mg/l}$$

$$\text{Sólidos Suspendidos finales} = 104.5 \text{ mg/l}$$

Remoción de sólidos del 50%

Volumen de lodos:

$$\text{Volumen de agua residual} = 10.454,4 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\begin{aligned}\text{Sólido seco} &= 0.5 \cdot 209 \text{ g/m}^3 \cdot 10.454.4 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 1 \text{ kg} / 1.000 \text{ g} \\ &= 1.092,48 \text{ kg/d}\end{aligned}$$

Peso específico del fango 1.03 según el texto de Metcalf.

Asumiendo un 6% de sólidos

$$V = 1.092,48 \text{ kg} / 1.03 \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0.06$$

$$V = 17.67 \text{ m}^3 / 10.454,4 \text{ m}^3/\text{d}$$

El lodo se usa para la futura recuperación de la zona mediante compostaje, sin embargo es otro tema de estudio.

4.4.3.3 Tratamiento Secundario

- Filtros Percoladores: Se dimensiona un filtro percolador de carga media usando el modelo de la National Research Council (NRC).

Tabla 12 Parámetros típicos de diseño para filtros percoladores⁷

| Parámetro | Baja carga | Media carga | Alta carga | Muy alta carga |
|--|-----------------------|--------------------------|------------------|----------------------|
| Carga hidráulica (m ³ / m ² . día) | 1-4 | 4-10 | 10-40 | 40-200 |
| Carga orgánica (m ³ / m ² . día) | 0,08-0,32 | 0,24-0,48 | 0,32-1,00 | 0,8-6,0 |
| Profundidad (m) | 1,5-3,0 | 1,25-2,50 | 1,00-2,00 | 4,50-12,00 |
| Relación de recir | 0 | 0-1 | 0,5-3,00 | 1,0-4,0 |
| Medio filtrante | Piedra, escoria | Piedra, escoria | Piedra, escoria | Material sintético |
| Energía (Kw/1000 m ³) | 2-4 | 2-8 | 6-10 | 10-20 |
| Mocas | muchas | Promedio | pocas | Muy pocas |
| Arrastre de sólidos | intermitente | Intermitente | continuos | continuos |
| Dosificación | Menos de 5' | (15-8)s. | Menos de 15s | Continuo |
| Efluente | Altamente nitrificado | Parcialmente nitrificado | Poco nitrificado | Muy poco nitrificado |
| Eficiencia de remoción de DBO ₅ , % | 80-90 | 50-70 | 65-85 | 40-65 |

⁷ Ibid

Carga hidráulica = Caudal / Area = $Q / A = m^3/día / m^2$

Carga orgánica volumetrica (Kg / día * m³) = Caudal * sustrato / Volumen del filtro

Carga orgánica volumétrica (Kg / día * m³) = $Q * DBO5 / 1000V = DBO5 / 1000$

t = tiempo de retención hidráulica (días)

Relación de recirculación = Caudal recirculado / Caudal afluente = Q_r / Q

El filtro percolador es un lecho formado por un medio fijo sumamente permeable al que se adhieren los microorganismos y a través del cual se filtra el agua residual.

El medio filtrante consiste generalmente en piedras.

El lecho del filtro es generalmente circular y el líquido a tratar se rocía por encima del lecho. Cada filtro posee un desagüe interior para recoger el líquido tratado y los sólidos biológicos.

El sistema de filtro percolador consta de:

- Distribuidor del agua residual**
- Medio de soporte**
- Falso fondo**
- Sistema de ventilación**
- Drenaje**

Eficiencia:

$E1 = 1 / (1 + 0.443 * (W/V * F)^{1/2})$ Primera etapa

E1 = Rendimiento de la eliminación de la DBO

W = Carga de DBO aplicada al filtro

V = Volumen del medio filtrante

F = Factor de recirculación

Características del efluente:

DBOs = 156.75 mg / L

T° = 15°C

Caudal = 60.88 L/s por cada filtro

Caudal = 5227.2 m³/día

**Se hallan los requerimientos de área y volumen. Se asumen los siguientes datos
tabla de parámetros típicos de diseño.**

Carga hidráulica = 9 m³ / m². día

Profundidad = 2 m

Carga hidráulica = Q / A

A = Q / C.H. = 5.227,2 m³/día / 9 m³ / m². día = 580,8 m²

Volúmen = Area * Profundidad = 580,8 m² * 2 m = 1.161,6 ≈ 1162 m³

Carga orgánica volumétrica = Q * DBO / Volumen

**Carga orgánica volumétrica = 5.227,2 m³/día * 156,75 mg/l / 1.162 m³ * 1000 =
0,71 Kg / día * m³**

Se determina la eficiencia en la primera etapa:

E1 = 1 / (1 + 0,443 * (W/V * F))^{1/2}

$$F = (1 + R) / ((1 + (1 - f) * R)^{1/2})$$

$$F = 1,22$$

Relación de recirculación $R = 0,3$ asumido

$$Q = 5.227,2 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_r = 1.168,16 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$V = 1.162 \text{ m}^3$$

W = Carga orgánica del efluente Kg . DBO / día

$$W = 0,71 \text{ Kg / día} * \text{m}^3 * 1.162 \text{ m}^3 = 825,02 \text{ Kg . DBO / día}$$

$$E_1 = 1 / (1 + 0,443 * (825,02 / 1.162 * 1,22))^2$$

$E_1 = 0,74$ es decir una eficiencia del 74,74%

$$\text{DBO del afluente} = 156,75 \text{ mg / L}$$

$$\text{DBO del efluente} = 40,00 \text{ mg / L}$$

5. ANALISIS DE RESULTADOS

Para verificar que los resultados de la eficiencia del sistema de tratamiento planteado no altera el comportamiento del ecosistema del embalse se hizo la comparación de la DBO eliminada en un intervalo de tiempo (Y) tanto en el embalse como en el agua residual doméstica, proyectados a los 20 días para lograr un 99 por ciento de efectividad ya que solo está para los 5 primeros días logrando oxidar un 60 a 70 por ciento de la materia carbonosa:

Para el pretratamiento (desarenador) se observa un 5% de remoción de DBO ya que en esta operación se pretende remover los sólidos, en el tratamiento primario (sedimentador) 25% y en el secundario (filtros percoladores) 74,74% en cada uno de los filtros.

220 mg/l con que entra al sistema * 80% de remoción = 176 mg/l de DBO removidos, quedando 44 mg/l de DBO, siendo este el valor teórico contemplado dentro de los valores medios permitidos consignados en el decreto 1594/84 Ministerio de Salud. Para este caso, al final del proceso el agua sale con 40 mg/l de DBO en cada filtro, debido a la composición del agua residual. Este tratamiento no es el único, se pueden utilizar productos químicos que facilitan la

formación de conglomerados de partículas, los cuales se precipitan más rápidamente, logrando un acondicionamiento del agua en un período menor de tiempo y con un grado de eficiencia mayor.

El parámetro más empleado tanto para agua residual como para agua potable es la DBO a cinco días; se relaciona con la medición de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. La cinética de la reacción de la DBO es una reacción de primer orden:

$$dL_t / dt = -kL_t$$

Donde

L_t : es la cantidad de DBO de la primera fase que queda en el agua en el instante t

k : constante de la reacción

Al integrarse la ecuación queda:

$$L_t / L = e^{(-kt)} = 10^{(-kt)}$$

Donde :

L o DBO_L : DBO que queda en el instante $t = 0$ (DBO total o última de la primera fase inicialmente presente)

Relación de las constantes: $K(\text{base } 10) = k(\text{base } e) / 2,303$

La cantidad de DBO presente en el instante t es:

$$L_t = L (e^{(-kt)})$$

y : Cantidad de DBO eliminada en el instante t

$$y_t = L - Lt = L(1 - e^{-kt})$$

(METCALF, 1995)

Comprobando la eficiencia del sistema:

Tabla 13 Eficiencia

| Porcentaje | DBO (mg/l) |
|------------|------------|
| 0 | 220 |
| 5 | 209 |
| 30 | 156.75 |
| 74.74 | 40 |

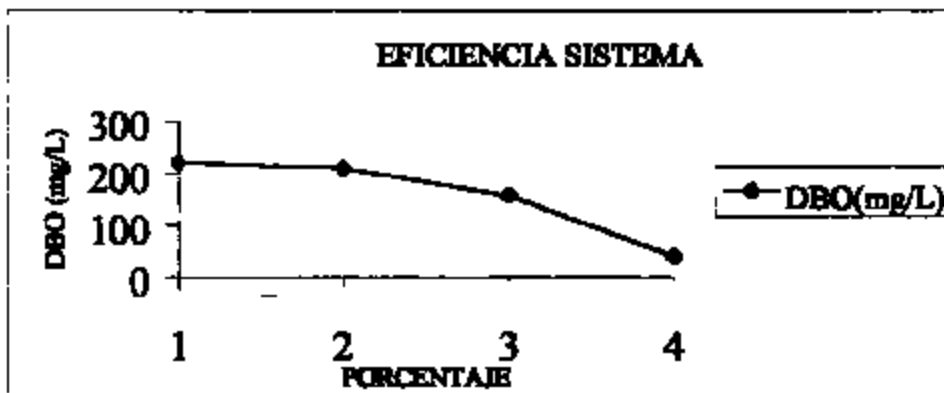


Figura 6 Eficiencia del Tratamiento

Eficiencia del sistema de tratamiento es del 81.81%

Verificando que las condiciones del humedal no se van a alterar con el tratamiento se tiene:

Temperatura del humedal: 17°C, por lo tanto hubo que hacer la corrección de temperatura según Arrhenius así:

$$K_t = K(20) \theta^{(T - 20)}$$

K_t: Constante de reacción a corregir

K(20): Constante de reacción a 20 °C

$\theta = 1.135$ cuando la temperatura está entre 4°C y 20°C (METCALF, 1995)

$$K(20) = (\text{en base } e) = 0,23 \text{ d}^{-1}$$

$$K(17) = 0,23 * 1,135^{(17 - 20)}$$

$$K(17) = 0,16$$

Determinación de la DBO última :

$$Y_5 = L(1 - e^{(-kt)})$$

$$360 = L(1 - e^{(-0,16 * 5)})$$

$$L = 653,75 \text{ mg /L}$$

Para la DBO de un día:

$$L_1 = L * e^{(-kt)}$$

$$Y_1 = L - L_1 = 653,75(e^{(-0,16*1)}) = 557,09 \text{ mg /L}$$



Tabla 14 Lt y Y para el humedal

| Tiempo | DBO(mg/l) o Y | Li (mg/L) |
|---------------|----------------------|------------------|
| 0 | 0 | 653,75 |
| 1 | 95,66 | 557,09 |
| 2 | 179,03 | 474,72 |
| 3 | 249,22 | 404,53 |
| 4 | 309,03 | 344,72 |
| 5 | 360 | 293,75 |
| 6 | 403,43 | 250,32 |
| 7 | 440,45 | 213,31 |
| 8 | 471,98 | 181,77 |
| 9 | 498,86 | 154,89 |
| 10 | 521,76 | 131,99 |
| 11 | 541,28 | 112,47 |
| 12 | 557,91 | 95,84 |
| 13 | 572,08 | 81,67 |
| 14 | 584,15 | 69,59 |
| 15 | 594,44 | 59,31 |
| 16 | 603,21 | 50,54 |
| 17 | 610,68 | 43,07 |
| 18 | 617,05 | 36,69 |
| 19 | 622,48 | 31,27 |
| 20 | 627,1 | 26,65 |

Se observa que la DBO última o L tiende a 653,75 mg/L, a medida que pasa el tiempo se va eliminando la cantidad de DBO que existe en el agua del humedal y la DBO que queda en el agua en un instante tiende a cero. La carga orgánica que llega al humedal es mucho menor a la que existe, por tanto no altera el ecosistema, los organismos existentes consumen la materia orgánica y el humedal actúa como su reservorio .

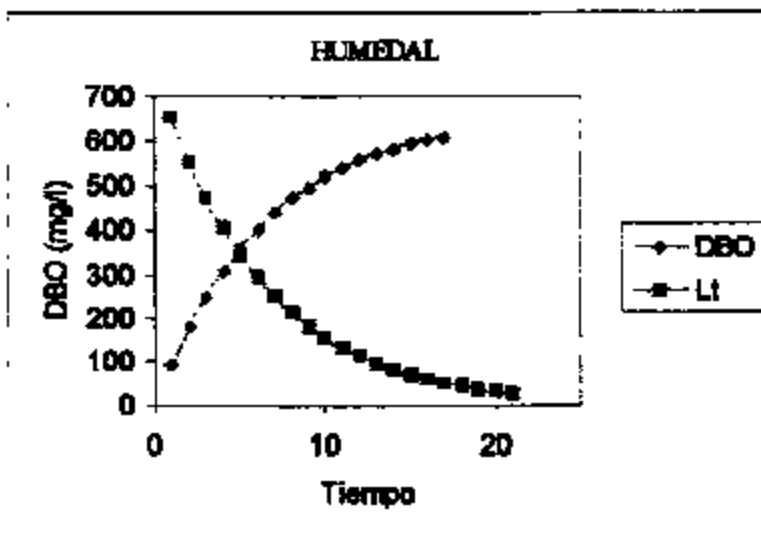


Figura 7 Comportamiento de DBO en el humedal

Para el agua residual doméstica se realizó el mismo procedimiento , no hubo necesidad de hacer corrección de temperatura.

$$Y_5 = L(1 - e^{-kt})$$

$$220 = L(1 - e^{-(-0,23 * 5)})$$

$$L = 321,93 \text{ mg/L}$$

Tabla 15 Lt y Y del agua residual doméstica

| Tiempo | Y(mg/l) | Li (mg/L) |
|--------|---------|-----------|
| 0 | 0 | 321,93 |
| 1 | 66,14 | 255,78 |
| 2 | 118,70 | 203,23 |
| 3 | 160,48 | 161,47 |
| 4 | 193,64 | 128,29 |
| 5 | 220 | 101,93 |
| 6 | 240,94 | 80,99 |
| 7 | 257,58 | 64,35 |
| 8 | 270,80 | 51,13 |
| 9 | 281,31 | 40,62 |
| 10 | 289,65 | 32,26 |
| 11 | 296,29 | 25,64 |
| 12 | 301,56 | 20,38 |
| 13 | 305,74 | 16,19 |
| 14 | 309,06 | 12,86 |
| 15 | 311,71 | 10,22 |
| 16 | 313,81 | 8,12 |
| 17 | 315,48 | 6,45 |
| 18 | 316,80 | 5,13 |
| 19 | 317,86 | 4,07 |
| 20 | 317,69 | 3,24 |

La DBO última es 321.93 mg/l. Para los 20 días es de 317.69 mg/l. Esta comparación se hizo con la concentración de la DBO del agua residual doméstica típica sin tratamiento, observando que la DBO última es casi la mitad de la DBO última existente en el embalse, confirmando que este se comporta como un reservorio de materia orgánica.

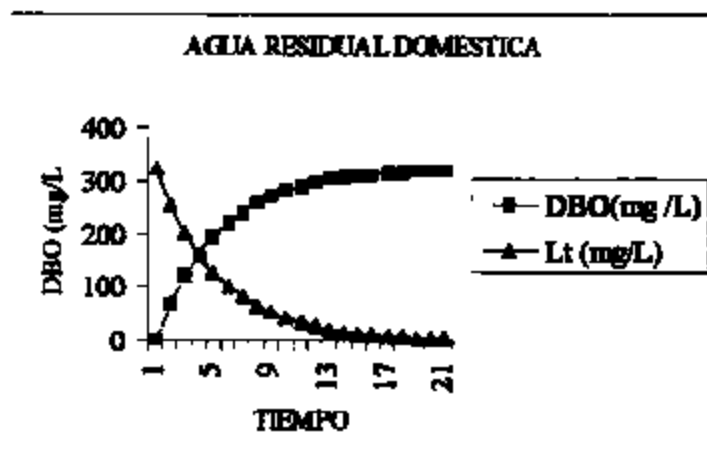


Figura 8 Comportamiento del DBO en el agua residual doméstica

6. PRESUPUESTO

| PRESUPUESTO A TODO COSTO ALCANTARILLADO CIUDADELA SUCRE | | | | | |
|--|---|----------------|----------|-------------|---------------|
| ITEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VAUNIT.(\$) | V/PARCIAL(\$) |
| 1 | Localización y replanteo | ml | 2.278 | 850 | 1'936.300 |
| 2 | Excavaciones | | | | |
| 2.1 | En tierra | m ³ | 2.868 | 8.700 | 18'215.600 |
| 2.2 | En conglomerado | m ³ | 1.475 | 12.800 | 18'860.000 |
| 3 | Suministro e instalación de tubería en cemento | | | | |
| 3.1 | Tubería de 8" | ml | 1.857 | 8.500 | 14'084.500 |
| 3.2 | Tubería de 10" | ml | 650 | 12.000 | 6'600.000 |
| 3.3 | Tubería de 12" | ml | 71 | 14.000 | 994.000 |
| 4 | Ataque en recebo compactado a mano | m ² | 513 | 17.800 | 9'131.400 |
| 5 | Construcción de pozos, incluye aros y tapas en hierro, pozos en hierro de 5/8", cañuelas y acidos | ml | 157 | 230.000 | 36'110.000 |
| 6 | Tapado y apriconado a mano con material en el sitio | m ² | 2.822 | 4.000 | 11'288.000 |
| | Costo de la obra | | | | 118'239.800 |
| | A.I.U. 25% | | | | 29'559.950 |
| | Valor total de la obra | | | | 147'799.750 |

PRESUPUESTO A TODO COSTO PLANTA DE TRATAMIENTO CIUDADELA SUCRE

| ITEM | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | V/UNIT (\$) | V/PARCIAL (\$) |
|-------|----------------------------|----------------|-----------|-------------|----------------|
| 1 | Replanteo | m ² | 3.150 | 950 | 2992.500 |
| 2 | Desaposte | m ² | 3.150 | 1.600 | 5040.000 |
| 3 | Canal, rejilla y vertedero | | | | |
| 3.1 | Excavación en tierra | m ² | 10 | 8.600 | 86.000 |
| 3.2 | Basa de recebo compactado | m ² | 2.8 | 21.000 | 58.800 |
| 3.3 | Concreto 3000 PSI | | | | |
| 3.3.1 | Placa de fondo | m ² | 0.58 | 203.000 | 113.680 |
| 3.3.2 | Placa superior | m ² | 0.22 | 235.000 | 51.700 |
| 3.3.3 | Muros exteriores | m ² | 0.84 | 220.000 | 184.800 |
| 3.4 | Pañete, impermeabilización | m ² | 7.8 | 8.000 | 62.400 |
| 3.5 | Rejilla | unidad | 1 | 125.000 | 125.000 |
| | | | Sub-total | | 8720.880 |
| 4 | Desarenador | | | | |
| 4.1 | Excavación en tierra | m ² | 24 | 8.600 | 206.400 |
| 4.2 | Basa en recebo compactado | m ² | 3 | 21.000 | 63.000 |
| 4.3 | Concreto 3000 PSI | | | | |
| 4.3.1 | Placa superior | m ² | 1.20 | 235.000 | 282.000 |
| 4.3.2 | Placa de fondo | m ² | 1.80 | 203.000 | 365.400 |
| 4.3.3 | Muros exteriores | m ² | 21.08 | 220.000 | 4637.600 |
| 4.3.4 | Tapas | unidad | 1 | 40.000 | 40.000 |
| 4.4 | Hierro de refuerzo de 1/2 | kg | 234 | 1.450 | 339.300 |
| 4.5 | Pañete, impermeabilización | m ² | 54.18 | 8.000 | 433.440 |
| | | | Sub-total | | 6421.140 |
| 5 | Sedimentador | | | | |
| 5.1 | Excavación en tierra | m ² | 862 | 8.600 | 8273.200 |
| 5.2 | Basa en recebo compactado | m ² | 52.8 | 21.000 | 1108.800 |
| 5.3 | Concreto 3000 PSI | | | | |
| 5.3.1 | Placa superior | m ² | 20 | 235.000 | 4700.000 |
| 5.3.2 | Placa inferior | m ² | 35 | 203.000 | 7105.000 |
| 5.3.3 | Muros exteriores | m ² | 46 | 220.000 | 10120.000 |
| 5.4 | Pañete, impermeabilización | m ² | 300 | 8.000 | 2700.000 |
| 5.5 | Hierro de refuerzo | | | | |
| 5.5.1 | Hierro de 1/2" | Kg | 1.584 | 1.450 | 2296.800 |

| | | | | | |
|-------|--|----------------|-----------|---------|------------|
| 5.6.2 | Hierro de 5/8" | Kg | 3.710 | 1.450 | 5379.500 |
| 5.6 | Seministro e instalación de tubería de cemento | | | | |
| 5.6.1 | Tubería de 10" | ml | 35 | 28.600 | 1032.000 |
| 5.6.2 | Tubería de 16" | ml | 33 | 40.000 | 1320.000 |
| | | | Sub-total | | 44096.800 |
| 6 | Filtros percoladores | | | | |
| 6.1 | Excavaciones en tierra | m ³ | 4066.77 | 8.600 | 35268.022 |
| 6.2 | Basa en recebo compactado | m ² | 464.85 | 21.000 | 9761.850 |
| 6.3 | Concreto 3000 PSI | | | | |
| 6.3.1 | Placa fondo | m ² | 348.84 | 208.000 | 70778.820 |
| 6.3.2 | Muros exteriores | m ² | 150 | 220.000 | 33000.000 |
| 6.4 | Pañete, impermeabilización | m ² | 1.240 | 9.000 | 11180.000 |
| 6.5 | Hierro de refuerzo | | | | |
| 6.5.1 | Hierro de 5/8" | kg | 2.672 | 1.450 | 3874.400 |
| 6.5.2 | Hierro de 1/2" | kg | 3.060 | 1.450 | 4480.600 |
| 6.6 | Material filtrante seleccionado | m ³ | 2.799 | 18.000 | 50202.000 |
| 6.7 | Seministro instalación tubería sanitaria PVC de 2" | ml | 288.2 | 5.200 | 1555.840 |
| | | | Sub-total | | 220066.532 |
| | Valor total de la obra | | | | 279244.352 |
| | A.I.U. 25% | | | | 69811.088 |
| | Valor total de la obra | | | | 349055.440 |

La financiación del proyecto estará a cargo de la comunidad en 25%, ya que las juntas de acción comunal adelanten gestiones de financiamiento en algunas embajadas, mientras que el municipio de Soacha aportará el 75% restante.

6. CONCLUSIONES

Para poder diseñar el sistema de tratamiento de agua residual fue necesario diseñar los colectores del alcantarillado reuniéndolos en un mismo punto para su posterior tratamiento. Se incrementaron los caudales en 50% debido a que el suministro de agua potable se realizará diariamente y por ser una zona vulnerable para los desplazados de la violencia.

La eficiencia del tratamiento es de 81.81% contemplada dentro de los rangos del decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud. Al no existir una disponibilidad de terreno mejor y por las condiciones topográficas se optó por ubicar el sistema cerca al humedal existente.

La eficiencia obtenida con relación a la DBO en el pretratamiento fue del 5% utilizando rejilla y desarenador; en el tratamiento primario fue del 25% utilizando sedimentador y en el tratamiento secundario fue del 74.74% con filtros

percoladores. La eficiencia del tratamiento fue alta debido a las características del agua residual doméstica y a los parámetros establecidos para el diseño.

El ecosistema del embalse no se ve afectado con el tratamiento ya que este acumula materia orgánica y los microorganismos que en él habitan siempre van a tener alimento que consumir. El agua residual doméstica tratada aporta en menor cantidad dicha materia colaborando para que los microorganismos subsistan y controlando su proliferación.

Al no ser la Ciudadela la única fuente de contaminación al cuerpo de agua receptor, se recomienda dar tratamiento al agua que proviene de Ciudad Bolívar ya que el caudal proveniente de ésta es mayor que el proveniente de la Ciudadela Sucre.

Se ubicó el tratamiento de tal forma que reuniera el mayor caudal posible teniendo en cuenta las condiciones limitantes del terreno.

BIBLIOGRAFÍA

CAR. Resolución 1511. 1994. Expediente 8520

CODIGO 2811 de 1974

CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA

CONVENCION DE RAMSAR.1971

FAIR, GEYER Y OKUN, Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales, México 1971

GUERRERO, José. Tratamiento de aguas residuales. Unisur 1986

GUHL, Erenesto. Colombia: bosquejo de su geografía tropical. 1975

IGÁC, ROSTOM. Climatología 1992

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Normas colombianas para la presentación de tesis de grado. Bogotá, ICONTEC, 1986. NTC 1307

LEY 9 de 1979, LEY 99 de 1993, LEY 100 de 1983, LEY 142 de 1994

LEÓN, Jonás. Geología y geomorfología de la Sabana de Bogotá y sus alrededores. Igac. 1978

LOPEZ, Ricardo. Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá 1995

METCALF, Ingeniería de Aguas Residuales. 1995

MORA, Piedad. Plan de manejo ambiental para las canteras en Soacha. Bogotá 1997. Trabajo de grado (Ingeniería Ambiental y Sanitaria) Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.

NOVAK, F.A. Gran Enciclopedia Ilustrada de Plantas. Venezuela 1972

ORJUELA, Jairo y TABINO, Ana. Evaluación de las características biológicas de los afluentes residuales domésticos de la Ciudadela Sucre que inciden en la calidad del agua del Embalse Terreros. Tesis para optar el título de Licenciados en Biología. Universidad Distrital. Bogotá 1992

PAREDES, Rafael. Manual Hidráulico: Diseño de Alcantarillados. Tubos Moore s.a. Bogotá 1987

PLANEACIÓN MUNICIPAL. Soacha. 1995

ROLDÁN, Gabriel. Ecología: La ciencia del ambiente. Editorial Norma. Bogotá 1981

SILVA, Luis Felipe. Diseño de Acueductos y Alcantarillados. Segunda reimpresión. Bogotá 1978

ANEXOS

Tabla 1. Datos obtenidos en la estación uno de la quebrada Calderón.

**PROYECTO "LA DIMENSION AMBIENTAL EN ASENTAMIENTOS
HUMANOS EN ZONAS DE ALTO RIESGO" QUEBRADA CALDERON
CONVENIO UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSE
DE CALDAS - IDEP**

| | Estación 1 | | | |
|---|------------|--------|--------|---------|
| | Abr-06 | May-06 | Jun-03 | PRO. |
| 1 Ancho (m.) | 1.37 | 1.3 | 1.3 | 1.32 |
| 2 Profundidad (cm.) | 18 | 20 | 11 | 16.33 |
| 3 Transparencia (cm.) | 8.5 | 20 | 7 | 11.83 |
| 4 Velocidad (m./min) | 30 | 18.75 | 20 | 22.92 |
| 5 Temperatura muestra (°C) | 18.67 | 19.5 | 17.57 | 18.58 |
| 6 Temperatura ambiente (°C) | 20.25 | 22.21 | 20.88 | 21.11 |
| 7 Humedad relativa (%) | 61 | 43.29 | 50.07 | 51.45 |
| 8 Oxígeno disuelto (mg/l O ₂) | 0 | 0.1 | 0 | 0.03 |
| 9 Dióxido de carbono (mg/l CO ₂) | 10.49 | 14.838 | 28.13 | 17.85 |
| 10 pH | 7.15 | 7.27 | 7.03 | 7.15 |
| 11 Conductividad (µmhos/cm.) | 515 | 693 | 600 | 602.67 |
| 12 Sólidos totales disueltos (mg/l) | 241 | 332 | 287 | 286.67 |
| 13 Cloruro de sodio (mg/l NaCl) | 247.60 | 336.88 | 292.68 | 292.38 |
| 14 Carbonato de calcio (mg/l CaCO ₃) | 212.37 | 268.75 | 247.93 | 249.69 |
| 15 Alcalinidad P (mg/l CaCO ₃ P) | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 16 Alcalinidad T (mg/l CaCO ₃ T) | 86 | 154 | 145 | 128.33 |
| 17 Alcalinidad por hidróxido (mg/l) | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 18 Alcalinidad por carbonatos (mg/l) | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 19 Alcalinidad por bicarbonatos (mg/l CaCO ₃) | 86 | 154 | 145 | 128.33 |
| 20 Dureza total (mg/l CaCO ₃) | 80 | 80 | 106 | 82.00 |
| 21 Dureza por calcio (mg/l CaCO ₃) | 42 | 48 | 40 | 43.33 |
| 22 Dureza por magnesio (mg/l CaCO ₃) | 18 | 32 | 66 | 38.67 |
| 23 Color aparente (U-PiCo) | 2745 | 3420 | 2615 | 2926.67 |
| 24 Turbidez (FTU) | 510 | 1050 | 485 | 681.67 |
| 25 Cloruros (mg/l Cl) | 24.5 | 32 | 106 | 54.17 |
| 26 Nitrógeno amoníaco (mg/l NH ₃ N) | 6.5 | 10.25 | 28.4 | 15.05 |
| 27 Amoníaco (mg/l NH ₃) | 7.93 | 12.51 | 34.65 | 18.36 |
| 28 Amonio (mg/l NH ₄ ⁺) | 8.39 | 13.22 | 36.64 | 19.41 |
| 29 Nitrógeno nitrato (mg/l NO ₃ N) | 1.5 | 2.5 | 2.5 | 2.17 |
| 30 Nitrato (NO ₃ ⁻) | 6.6 | 11 | 11 | 9.53 |
| 31 Nitrogeno Nitrito (mg/l NO ₂ ⁻ N) | 0.022 | 0.07 | 0.04 | 0.044 |
| 32 Nitrito (mg/l NO ₂ ⁻) | 0.073 | 0.231 | 0.132 | 0.145 |
| 33 Ortofosfatos (mg/l PO ₄ ³⁻) | 3.7 | 6.05 | 11 | 7.58 |
| 34 Fósforo (mg/l P) | 1.23 | 2.68 | 3.67 | 2.53 |
| 35 Pentóxido de fósforo (mg/l P ₂ O ₅) | 4.93 | 10.73 | 14.67 | 10.11 |
| 36 Sulfatos (mg/l SO ₄ ²⁻) | 0 | 0 | 35 | 11.67 |
| 37 DBO2 (mg/l O ₂) | 4.1 | 2.9 | 11 | 6.00 |
| 38 DBO5 (mg/l O ₂) | 7.59 | 5.37 | 20.35 | 11.10 |
| 39 DCO (mg/l COD) | 163 | 165 | 325 | 217.57 |

Tabla 2. Datos obtenidos en estación dos de la quebrada Calderón.

**PROYECTO "LA DIMENSION AMBIENTAL EN ASENTAMIENTOS
HUMANOS EN ZONAS DE ALTO RIESGO" QUEBRADA CALDERON
CONVENIO UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSE
DE CALDAS - IDEP**

| | Estación: 2 | | | |
|---|-------------|--------|--------|--------|
| | Abr-22 | May-20 | Jun-17 | PRO. |
| 1 Ancho (m.) | 0.75 | 0.65 | 0.75 | 0.72 |
| 2 Profundidad (cm.) | 11 | 14.5 | 8 | 11.17 |
| 3 Transparencia (cm.) | 11 | 14.5 | 8 | 11.17 |
| 4 Velocidad (m./min) | 18.75 | 18.75 | 25 | 20.83 |
| 5 Temperatura muestra (oC) | 14.33 | 18.29 | 18.14 | 15.59 |
| 6 Temperatura ambiente (oC) | 14.42 | 19.42 | 21.85 | 18.56 |
| 7 Humedad relativa (%) | 89.75 | 82 | 40.86 | 64.28 |
| 8 Oxígeno disuelto (mg/l O ₂) | 0.3 | 1.03 | 0 | 0.44 |
| 9 Dióxido de carbono (mg/l CO ₂) | 50.49 | 28.71 | 0.87 | 26.69 |
| 10 pH | 6.74 | 7 | 7.17 | 6.97 |
| 11 Conductividad (µmhos/cm.) | 498 | 493 | 161.3 | 384.10 |
| 12 Sólidos totales disueltos (mg/l) | 239 | 235 | 77 | 183.67 |
| 13 Cloruro de sodio (mg/l NaCl) | 241.75 | 239.32 | 78.06 | 185.72 |
| 14 Carbonato de calcio (mg/l CaCO ₃) | 205.36 | 203.30 | 65.32 | 157.99 |
| 15 Alcalinidad P (mg/l CaCO ₃ P) | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 16 Alcalinidad T (mg/l CaCO ₃ T) | 130.8 | 148 | 7.16 | 95.32 |
| 17 Alcalinidad por hidróxido (mg/l) | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 18 Alcalinidad por carbonatos (mg/l) | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 19 Alcalinidad por bicarbonatos (mg/l CaCO ₃) | 130.8 | 148 | 7.16 | 95.32 |
| 20 Dureza total (mg/l CaCO ₃) | 4.33 | 73.6 | 65.8 | 47.84 |
| 21 Dureza por calcio (mg/l CaCO ₃) | 2.31 | 46 | 46.2 | 31.50 |
| 22 Dureza por magnesio (mg/l CaCO ₃) | 2.02 | 27.6 | 19.4 | 16.34 |
| 23 Color aparente (U-PCo) | 355 | 420 | 230 | 335.00 |
| 24 Turbidez (FTU) | 65 | 75 | 45 | 61.67 |
| 25 Cloruros (mg/l Cl ⁻) | 22.5 | 33 | 35.5 | 30.33 |
| 26 Nitrógeno amoniacal (mg/l NH ₃ - N) | 18.75 | 17.9 | 21 | 19.22 |
| 27 Amoniacal (mg/l NH ₃) | 22.88 | 21.84 | 25.62 | 23.44 |
| 28 Amonio (mg/l NH ₄ ⁺) | 24.19 | 23.09 | 27.09 | 24.78 |
| 29 Nitrógeno nitrato (mg/l NO ₃ ⁻ N) | 1 | 1 | 1 | 1.00 |
| 30 Nitrato (NO ₃ ⁻) | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.40 |
| 31 Nitrógeno Nitrito (mg/l NO ₂ ⁻ N) | 0.01 | 0.075 | 0.025 | 0.037 |
| 32 Nitrito (mg/l NO ₂ ⁻) | 0.033 | 0.248 | 0.083 | 0.121 |
| 33 Ortofosfatos (mg/l PO ₄ 3 ⁻) | 7.9 | 0.55 | 8.65 | 5.70 |
| 34 Fósforo (mg/l P) | 2.63 | 0.18 | 2.88 | 1.90 |
| 35 Pentóxido de fósforo (mg/l P ₂ O ₅) | 10.53 | 0.73 | 11.53 | 7.60 |
| 36 Sulfatos (mg/l SO ₄ 2 ⁻) | 30 | 5 | 5 | 13.33 |
| 37 DBO ₂ (mg/l O ₂) | 3.51 | 10.40 | 25.60 | 13.17 |
| 38 DBO ₅ (mg/l O ₂) | 6.5 | 19.24 | 47.36 | 24.37 |
| 39 DQO (mg/l COD) | 71 | 20 | 75 | 55.33 |

Tabla 3. Datos obtenidos en la estación uno de la represa Terreros

**PROYECTO "LA DIMENSION AMBIENTAL EN ASENTAMIENTOS
HUMANOS EN ZONAS DE ALTO RIESGO" REPRESA DE TERREROS
CONVENIO UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSE
DE CALDAS - IDEP**

| | Estación: 1 | | | |
|---|-------------|--------|--------|---------|
| | Abr-22 | Jun-03 | Jun-17 | PRO. |
| 1 Transparencia (cm.) | 9 | 13 | 4.2 | 8.73 |
| 2 Temperatura muestra (°C) | 20 | 17.5 | 18.14 | 17.88 |
| 3 Temperatura ambiente (°C) | 15 | 21.2 | 21.14 | 19.11 |
| 4 Humedad relativa (%) | 80 | 58.7 | 50.2 | 63.30 |
| 5 Oxígeno disuelto (mg/l O ₂) | 1.5 | 0 | 0 | 0.50 |
| 6 Dióxido de carbono (mg/l CO ₂) | 4.94 | 32.98 | 30.82 | 22.91 |
| 7 pH | 7.67 | 7.04 | 6.89 | 7.20 |
| 8 Conductividad (µmhos/cm.) | 538 | 520 | 510 | 522.67 |
| 9 Sólidos totales disueltos (mg/l) | 270 | 249 | 243 | 254.00 |
| 10 Cloruro de sodio (mg/l NaCl) | 281.17 | 252.43 | 247.57 | 253.72 |
| 11 Carbonato de calcio (mg/l CaCO ₃) | 111.34 | 102.68 | 100.21 | 104.74 |
| 12 Alcalinidad P (mg/l CaCO ₃ P) | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 13 Alcalinidad T (mg/l CaCO ₃ T) | 126.8 | 170 | 126.3 | 140.97 |
| 14 Alcalinidad por hidróxido (mg/l) | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 15 Alcalinidad por carbonatos (mg/l) | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| 16 Alcalinidad por bicarbonatos (mg/l CaCO ₃) | 126.8 | 170 | 126.3 | 140.97 |
| 17 Dureza total (mg/l CaCO ₃) | 4.56 | 98 | 72.6 | 57.72 |
| 18 Dureza por calcio (mg/l CaCO ₃) | 2.23 | 54.2 | 40 | 32.14 |
| 19 Dureza por magnesio (mg/l CaCO ₃) | 2.33 | 41.8 | 32.6 | 25.58 |
| 20 Color aparente (U-PlCo) | 615 | 2270 | 3020 | 1968.33 |
| 21 Turbidez (FTU) | 115 | 420 | 555 | 363.33 |
| 22 Cloruros (mg/l Cl) | 25.5 | 82 | 82 | 63.17 |
| 23 Nitrógeno amoniacal (mg/l NH ₃ N) | 13 | 22.7 | 22.8 | 19.50 |
| 24 Amoniacal (mg/l NH ₃) | 15.88 | 27.88 | 27.82 | 23.79 |
| 25 Amonio (mg/l NH ₄ ⁺) | 16.77 | 29.28 | 29.41 | 25.18 |
| 26 Nitrógeno nítrico (mg/l NO ₃ ⁻ N) | 2 | 2.5 | 3 | 2.50 |
| 27 Nitro (NO ₃) | 8.8 | 11 | 13.2 | 11.00 |
| 28 Nitrogeno Nitrito (mg/l NO ₂ ⁻ N) | 0.02 | 0 | 0 | 0.007 |
| 29 Nitrito (mg/l NO ₂) | 0.068 | 0 | 0 | 0.022 |
| 30 Ortofosfatos (mg/l PO ₄ ³⁻) | 0.85 | 6.8 | 7.5 | 4.98 |
| 31 Fósforo (mg/l P) | 0.22 | 2.27 | 2.5 | 1.66 |
| 32 Pentóxido de fósforo (mg/l P ₂ O ₅) | 0.87 | 9.07 | 10 | 6.64 |
| 33 Sulfatos (mg/l SO ₄ ²⁻) | 35 | 0 | 0 | 11.67 |
| 34 DBO ₂ (mg/l O ₂) | 1 | 15 | 24.8 | 13.60 |
| 35 DBO ₅ (mg/l O ₂) | 1.85 | 27.75 | 45.88 | 25.16 |
| 36 DQO (mg/l COD) | 165 | 125 | 140 | 143.33 |

Tabla 4. Datos obtenidos en la estación dos de la represa Terreros.

**PROYECTO "LA DIMENSION AMBIENTAL EN ASENTAMIENTOS
HUMANOS EN ZONAS DE ALTO RIEBGO" REPRESA DE TERREROS
CONVENIO UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSE
DE CALDAS - IDEP**

| | Estación: 2 | | | |
|----|---|--------|--------|--------|
| | May-08 | May-20 | PRO. | |
| 1 | Transparencia (cm.) | | | |
| 2 | Temperatura muestra (oC) | 16.57 | 15.14 | 15.86 |
| 3 | Temperatura ambiente (oC) | 23 | 18.28 | 20.64 |
| 4 | Humedad relativa (%) | 58 | 72.71 | 65.36 |
| 5 | Oxígeno disuelto (mg/l O2) | 0 | 0 | 0.00 |
| 6 | Dióxido de carbono (mg/l CO2) | 40.36 | 24.209 | 32.28 |
| 7 | pH | 6.85 | 7.08 | 6.97 |
| 8 | Conductividad (µmhos/cm.) | 495 | 489 | 492.00 |
| 9 | Sólidos totales disueltos (mg/l) | 237 | 234 | 235.50 |
| 10 | Cloruro de sodio (mg/l NaCl) | 240.29 | 237.38 | 238.83 |
| 11 | Carbonato de calcio (mg/l CaCO3) | 97.732 | 96.485 | 97.11 |
| 12 | Alcalinidad P (mg/l CaCO3 P) | 0 | 0 | 0.00 |
| 13 | Alcalinidad T (mg/l CaCO3 T) | 165.41 | 157.2 | 161.31 |
| 14 | Alcalinidad por hidróxido (mg/l) | 0 | 0 | 0.00 |
| 15 | Alcalinidad por carbonatos (mg/l) | 0 | 0 | 0.00 |
| 16 | Alcalinidad por bicarbonatos (mg/l CaCO3) | 165.41 | 157.2 | 161.31 |
| 17 | Dureza total (mg/l CaCO3) | 60 | 76.6 | 68.30 |
| 18 | Dureza por calcio (mg/l CaCO3) | 32 | 43.2 | 37.60 |
| 19 | Dureza por magnesio (mg/l CaCO3) | 28 | 33.4 | 30.70 |
| 20 | Color aparente (U-PlCo) | 635 | 220 | 427.50 |
| 21 | Turbidez (FTU) | 115 | 40 | 77.50 |
| 22 | Cloruros (mg/l Cl-) | 44.5 | 41.5 | 43.00 |
| 23 | Nitrógeno amoniacal (mg/l NH3- N) | 9.75 | 20.4 | 15.08 |
| 24 | Amoniacal (mg/l NH3) | 11.895 | 24.888 | 18.39 |
| 25 | Amonio (mg/l NH4+) | 12.578 | 28.318 | 19.45 |
| 26 | Nitrógeno nitrato (mg/l NO3- N) | 0.5 | 1 | 0.75 |
| 27 | Nitrato (NO3-) | 2.2 | 4.4 | 3.30 |
| 28 | Nitrógeno Nitrito (mg/l NO2- N) | 0.105 | 0.075 | 0.090 |
| 29 | Nitrito (mg/l NO2-) | 0.3485 | 0.2475 | 0.297 |
| 30 | Ortofosfatos (mg/l PO4 3-) | 8.15 | 0.55 | 4.35 |
| 31 | Fósforo (mg/l P) | 2.7167 | 0.1833 | 1.45 |
| 32 | Pentóxido de fósforo (mg/l P2O5) | 10.867 | 0.7333 | 5.80 |
| 33 | Sulfatos (mg/l SO4 2-) | 0 | 10 | 5.00 |
| 34 | DBO2 (mg/l O2) | 5.7 | 10.8 | 8.25 |
| 35 | DBO5 (mg/l O2) | 10.545 | 19.98 | 15.26 |
| 36 | DDO (mg/l COO) | 86 | 70 | 78.00 |

RESULTADOS

Turbidez - Unidades Nefelométricas _____

Color Verdadero - Unidades _____

Olor _____

Sabor _____

Temperatura °C _____

PH _____

ALCALINIDAD

Mg/l. Ca CO₃ { Total _____
 Hidróxidos _____
 Carbonatos _____
 Bicarbonatos _____

ACIDEZ

Mg/l. Ca CO₃ { Total _____
 Mineral _____
 Sales Hidrolizadas _____

CO₂ libre - mg/l CO₂ _____

DUREZA

Mg/l. Ca CO₃ { Total _____
 No Carbonácea _____
 Carbonácea _____

Calcio mg/l CaCO₃ _____

Magnesio - mg/l CaCO₃ _____

Hierro - mg/l Fe +++ _____

Manganeso - mg/l Mn VII _____

Amonio mg/l N _____

Nitritos mg/l N _____

Nitratos mg/l N _____

Nitrógeno Orgánico mg/l N _____

N K T mg/l N _____

Sodio mg/l Na + _____

Potasio mg/l K + _____

Sílice mg/l SiO₂ _____

Conductancia Específica - Microsmhos/cm 25°C _____

R.A.S _____

Parricento Na+ Sobre Cationes _____

30

Cloruros mg/l Cl- _____

Sulfatos mg/l SO₄ = _____

Sulfitos mg/l SO₃ = _____

Sulfuros mg/l. S = _____

Acido Sulfhídrico mg/l H₂S _____

Fosfatos mg/l PO₄ = _____

Ortofosfatos mg/l PO₄ = _____

Fósforo Total mg/l. PO₄ = _____

Fluoruros mg/l. F _____

Cloro Residual mg/l Cl₂ _____

Boro mg/l. B _____

Oxígeno Disuelto mg/l. O.D. _____

D.O.D mg/l D.O.D. _____

D.B.O - mg/l 5 días 20°C _____

SAAM - mg/l _____

Grasas y Aceites - mg/l _____

Fenoles mg/l _____

Sólido Total mg/l _____

Sólido Total Fijo mg/l _____

Sólido Total Volátil mg/l _____

Sólidos suspendidos totales mg/l _____

Sólidos Suspendidos Fijos mg/l _____

Sólidos Suspendidos Volátiles mg/l _____

Sólidos Disueltos Totales mg/l _____

Sólidos Asentables _____ Hora ml/l. _____

Índice de Langlier _____

pH de Estabilización _____

Alcalinidad de Estabilización mg/l CaCO₃ _____

Otros _____

OBSERVACIONES _____



 QUÍMICO LABORATORIO

Bogotá, Febrero 1/00.

***VER EL ORIGINAL
DE LOS PLANOS EN
LA TESIS EDITADA
EN PAPEL***



FOTO 1. ETAPAS CONSTRUCTIVAS



FOTO 2. ETAPAS CONSTRUCTIVAS

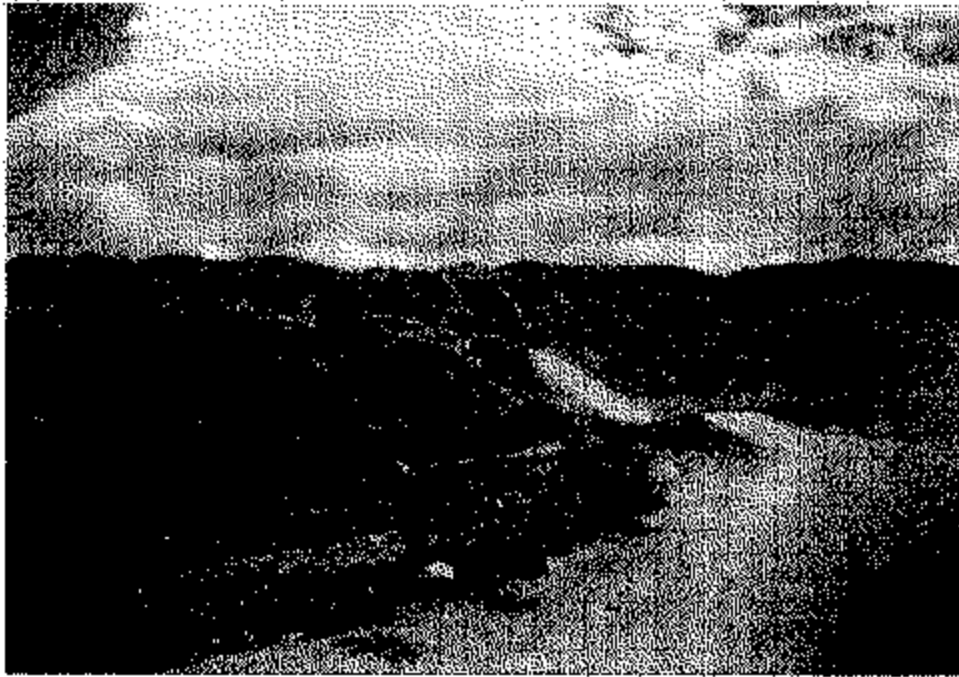


FOTO 3 TOPOGRAFIA



FOTO 4 GEOLOGIA



FOTO 5 HIDROLOGIA

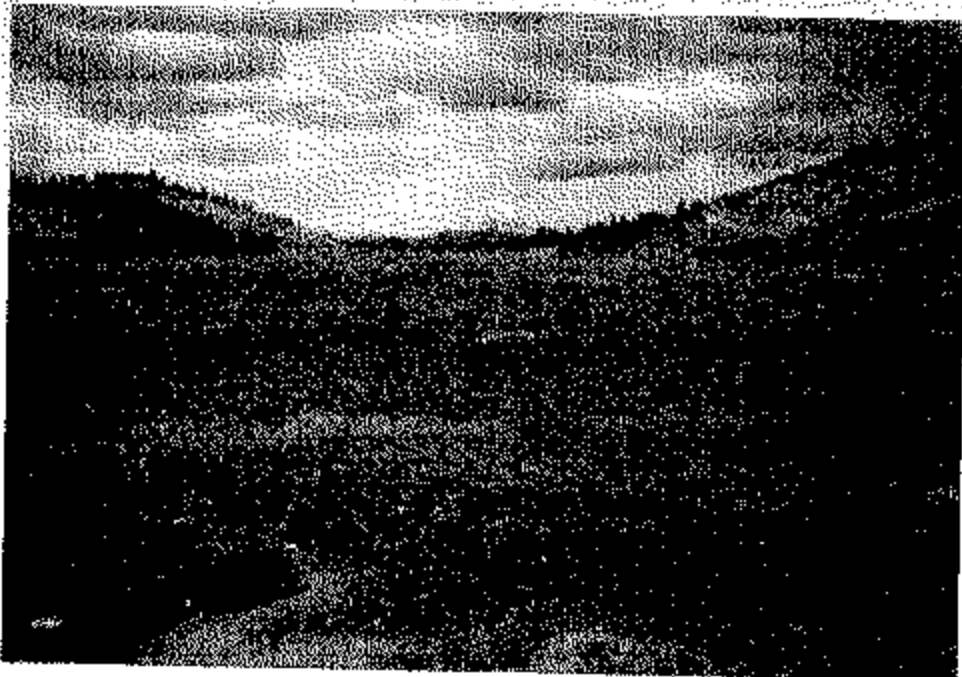


FOTO 6 HIDROLOGIA

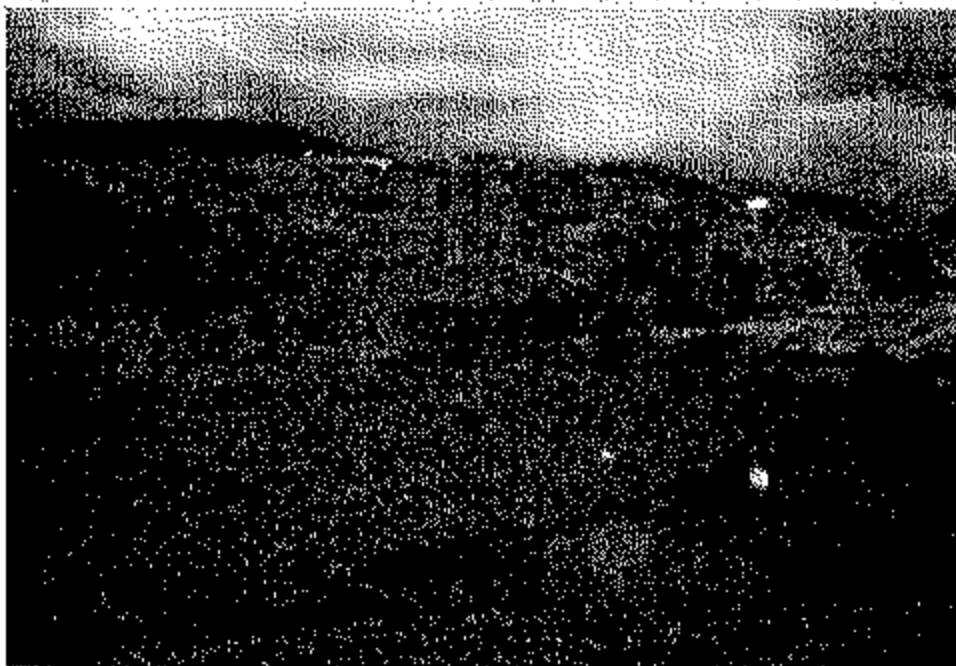


FOTO 7 HIDROLOGIA



FOTO 8 ACUEDUCTO



FOTO 9 ALCANTARILLADO

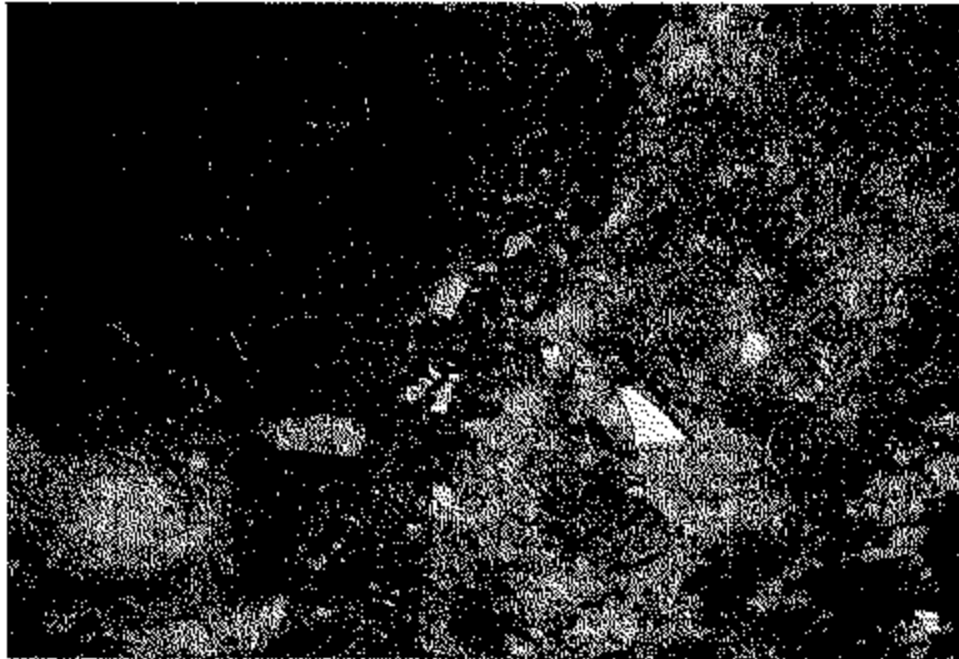


FOTO 10 ALCANTARILLADO



FOTO 11- RESIDUOS SOLIDOS

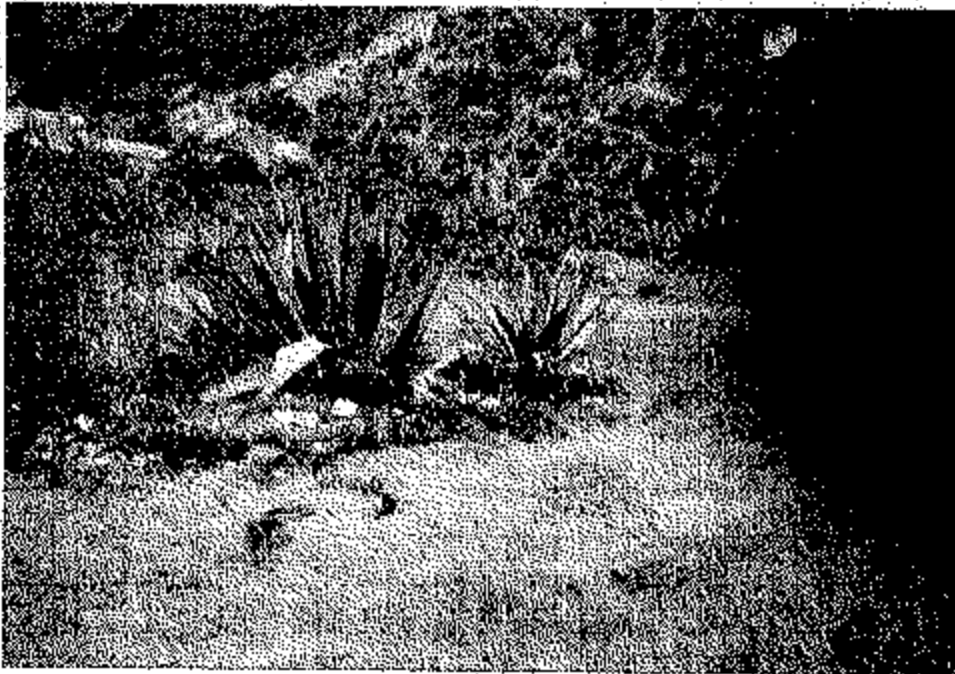


FOTO 12 FLORA

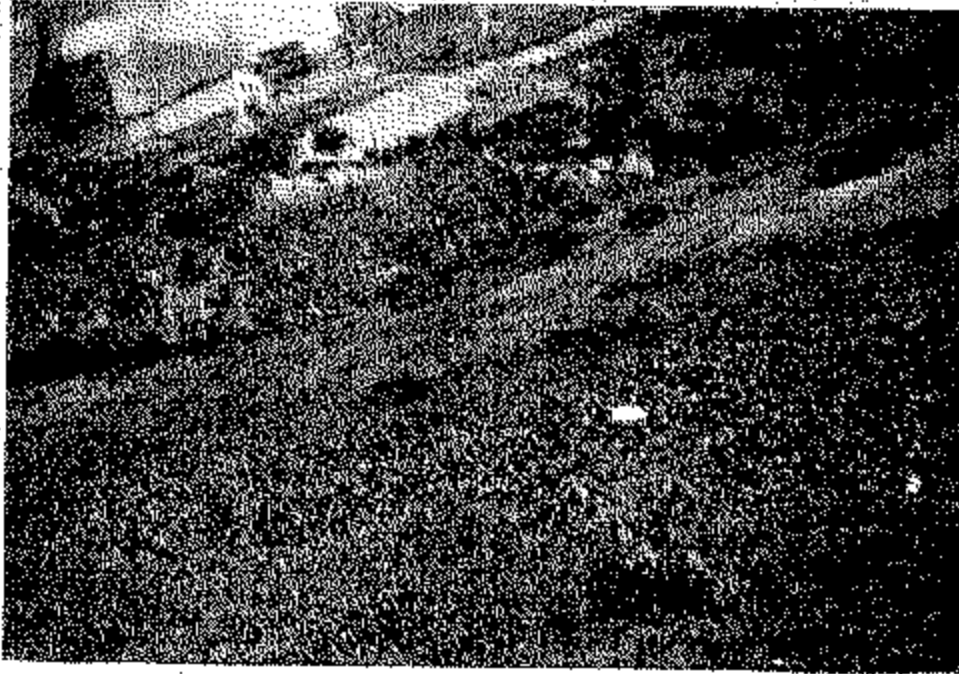


FOTO 13 HUMEDAL/ESPACIO DISPONIBLE

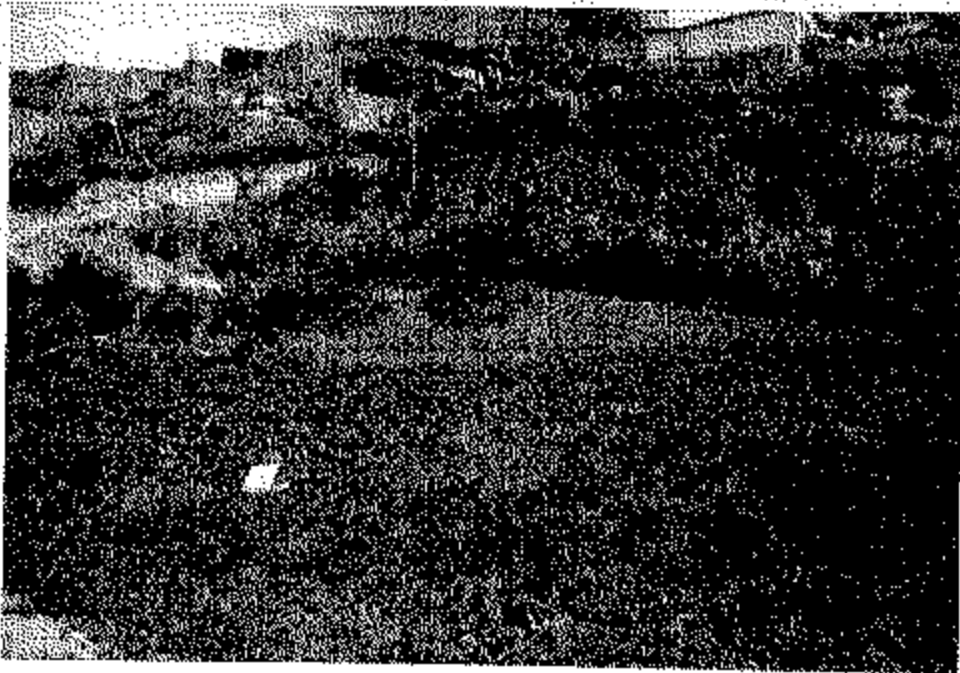


FOTO 14 HUMEDAL/ESPACIO DISPONIBLE