



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DISEÑO DE UN SISTEMA  
DE AGUAS RESIDUALES Y EL CAUDAL REAL EXISTENTE PARA  
EL PROYECTO EL TABACAL**

**Hugo Mariano Montes de Oca Sagastume**

**Asesorado por Ing. Guillermo Francisco Melini**

**Guatemala, agosto de 2004**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUAS  
RESIDUALES Y EL CAUDAL REAL EXISTENTE PARA EL PROYECTO EL  
TABACAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**HUGO MARIANO MONTES DE OCA SAGASTUME**  
ASESORADO POR ING. GUILLERMO FRANCISCO MELINI SALGUERO  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2004

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES Y EL CAUDAL REAL EXISTENTE PARA EL PROYECTO EL TABACAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha de septiembre de 2002

Atentamente,

Hugo Mariano Montes de Oca Sagastume

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

Decano: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson  
Vocal I: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Vocal II: Lic. Amahán Sánchez Álvarez  
Vocal III: Ing. Julio David Galicia Celada  
Vocal IV: Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz  
Vocal V: Br. Elisa Yazminda Vides Leiva  
Secretario: Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano: Ing. Jorge Mario Morales González  
Examinador: Ing. José Guillermo Cardona Matta  
Examinador: Ing. Miguel Ángel Contreras  
Examinador: Ing. Felipe Antonio Cerrate Zamora  
Secretario: Ing. Edgar José Bravatti Castro

## **ACTO QUE DEDICO A**

- DIOS Y MARÍA** por ser los acompañantes fieles en todo momento de mi existir.
- MI PADRE** Encarnación Montes de Oca quien ya no está compartiendo este triunfo con nosotros pero está en la presencia de DIOS y, yo se que esta feliz en el cielo.
- MI MADRE** Rosa de Jesús Sagastume de Montes de Oca por su amor, oraciones, consejos e infinita paciencia en mi vida.
- MI ESPOSA** Olinda Jeaneth por su gran amor, confianza, dedicación para nuestro hogar.
- MIS HIJOS** Lucíaa Jeaneth, Héctor Andrés, Hugo Javier, por haberme realizado como padre y llenado de amor mi corazón.
- MIS HERMANOS** Olga Odily, María Magdalena, Marta Elizabeh, Francisco Leonel, Rosa Albertina, Aura Arcely, Patricia Azucena, Mario, Julia, Arnulfo, Carlos por su cariño, apoyo y amistad sincera.
- A MIS ABUELOS** Que en paz descansen
- A MIS SOBRINOS** Por su respeto
- A MIS TÍOS, PRIMOS Y DEMÁS FAMILIA**
- A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Arq. Roberto Bianchi, por todo el apoyo recibido incondicionalmente.

A mis suegros, Héctor Barrios y Olinda Casasola Q.E.D.

A mis cuñados, Carlos Díaz, Enrique Martínez, Manuel Valdez, Oscar Godoy, Manuel Balam, Cintia Barrios, Carlos Barrios, Karen Barrios.

A mis conuños, Ing. Guillermo Santos, Lic. Luis Toledo, Vilma Hernández.

A mi socio, Eddy Bobadilla por confiar en mi y su apoyo en toda decisión que tomo.

A los socios del Proyecto El Tabacal, por haberme dado la oportunidad de desarrollarme como profesional y también la confianza ante la gran responsabilidad de dirigir dicho proyecto.

A todas aquellas personas, familiares y amigos que me exhortaron a terminar mi carrera.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	IV
<b>GLOSARIO</b>	V
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	VI
<b>RESUMEN</b>	VII
<b>OBJETIVOS</b>	IX
<b>INTRODUCCIÓN</b>	X
<b>1. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO</b>	
1.1. Antecedentes	1
1.2. Aspectos geográficos	4
1.2.1. Ubicación	5
1.2.2. Extensión de la lotificación	6
1.2.3. Vías de comunicación	6
1.2.4. Habitantes de lotificación	7
1.3. Características generales del proyecto	7
1.4. Parámetros de la elaboración del diseño	8
1.4.1. Definiciones generales acerca del agua	9
1.4.2. Diagnóstico actual del proyecto	13
<b>2. ANÁLISIS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUAS NEGRAS</b>	
2.1. Cálculo del diseño para caudales de tuberías	15
2.1.1. Caudal domiciliar para caudales de tuberías	17
2.1.2. Caudal de conexiones ilícitas	19
2.1.3. Caudal de infiltración	21

2.1.4. Caudal comercial e industrial	22
2.1.5. Caudal de diseño	22
2.2. Velocidades máximas y mínimas del diseño	26
2.3. Especificaciones y diámetros de tuberías	29
2.4. Cargas a las cuales están expuestas las tuberías	30
2.4.1. Esfuerzos sobre las tuberías enterradas	30
2.4.2. Acciones de cargas exteriores estáticas móviles debidas al tráfico, sobre tuberías	32
2.4.3. Distribución de presiones verticales del terreno a lo ancho de la zanja	34
2.4.4. Presión horizontal de reacción del terreno a la ovalación de la tubería.	35
2.4.4.1. Acciones sobre el tubo	36
2.5. Red del diseño de colectores principales	36
2.5.1. Servicios o conexiones domiciliarias	37
2.5.2. Planta de tratamiento	38
2.5.3. Pozos de visita y absorción	43
2.5.4. Bases principales del diseño	43
2.6. Presupuesto del diseño	44
<b>3. EVALUACION DEL SISTEMA ACTUAL DE AGUAS NEGRAS DE LA     COLONIA EL TABACAL</b>	
3.1. Estado actual de las instalaciones del sistema de aguas negras	47
3.2. Estado actual de los equipos utilizados en el sistema	48
3.3. Partes del sistema	48
3.3.1. Colectores	48
3.3.2. Conexiones domiciliarias	49
3.3.3. Planta de tratamiento	50
3.3.4. Pozos de visita y absorción	52



3.4. Cálculo de caudales reales del sistema de aguas negras	55
3.4.1. Caudal medio diario	55
3.4.2. Caudal máximo diario	57
3.4.3. Caudal máximo por hora	57
3.5. Análisis de los datos actuales del sistema	58
3.6. Comparación de datos de diseño contra datos reales	59
3.7. Conclusiones del proyecto del sistema de aguas negras	62
<b>4. PROPUESTA DE MEJORAS Y MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA DE AGUAS NEGRAS.</b>	
4.1. Propuesta de un plan de mantenimiento	65
4.2. Plan de evaluación constante de caudales	75
4.3. Recomendaciones a futuro	76
4.4. Presupuesto de la propuesta de mantenimiento y evaluación	77
<b>CONCLUSIONES</b>	77
<b>RECOMENDACIONES</b>	79
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	81
<b>ANEXOS</b>	83

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación geográfica	5
2.	Equilibrio entre fuerzas	29
3.	Cargas que actúan sobre la tubería enterrada.	31
4.	Conexiones domiciliarias	43
5.	Planta de tratamiento	45
6.	Pozo de visita.	48

### TABLAS

I.	Total de sólidos	11
II.	Cuantificación de áreas y coeficientes de escorrentía.	20
III.	Velocidades máximas de caudales.	28
IV.	Pendientes mínimas para las alcantarillas sanitarias.	29
V.	Ángulos de rozamiento	32
VI.	Presupuesto del proyecto.	45
VII.	Diámetros mínimos de pozos de visita.	52
VIII.	Cálculo de alcantarillado sanitario	60
IX.	Cálculo de alcantarillado sanitario actual	61
X.	Elementos de sistema sanitario	69
XI.	Presupuesto de mantenimiento	76

## GLOSARIO

<b>Alcantarillado</b>	Se componen de un conjunto de tuberías y accesorios que tienen la finalidad de coleccionar y transportar las aguas residuales domesticas para su disposición final.
<b>Aguas residuales</b>	Combinación de los desechos líquidos procedentes de viviendas, juntos con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan agregarse a las anteriores.
<b>Colector domiciliario</b>	Tubería que conduce las aguas residuales de los domicilios hasta la red de alcantarillado.
<b>Conexión ilícita</b>	La que conecta agua pluvial al sistema de alcantarillado sanitario.
<b>Cota invert</b>	Es la parte más baja de un colector de donde corre el agua
<b>Pozos de visita</b>	Estructuras colocadas sobre la tubería a las que se tiene acceso desde la superficie de la calle para la limpieza, inspección y remoción de obstáculos. También se construyen para cambio de pendiente, de dirección y de diámetro.

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>cm.</b>	centímetros.
<b>d/D</b>	relación hidráulica adimensional, entre el tirante de flujo y el diámetro del colector.
<b>h/Ha</b>	habitantes por hectárea
<b>L/h/día</b>	litros por habitante día.
<b>l/seg.</b>	litros segundos
<b>m<sup>2</sup>/día</b>	metros cuadrados por día.
<b>m<sup>3</sup>/día</b>	metros cúbicos por día.
<b>PV</b>	pozo de visita

## RESUMEN

El trabajo de graduación que se presenta a continuación es de gran importancia para la colonia El Tabacal, por que muchos proyectos tienen como objetivo vender las viviendas y que sean agradables sus áreas verdes, deportivas y juegos infantiles; pero el verdadero objetivo, es cumplir con los servicios básicos para un buen funcionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario, planta de tratamiento, alcantarillado pluvial, agua potable, energía pública, etc.

Los más importante es resaltar el sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento, ya que si no se tiene un buen sistema, las consecuencias que trae para el medio ambiente y la salud de los habitantes son desastrosas, no se debe excluir el agua potable y alcantarillado pluvial ya que todo tiene que existir para el desarrollo de dicha colonia y sus vecinos.

En el alcantarillado sanitario hay que tener presente lo siguiente y es que su uso es aproximadamente 85% del día, junto con la planta de tratamiento y agua potable, por lo tanto, es de gran importancia revisar, darle mantenimiento preventivo y correctivo, estar al día con los pagos a la Empresa Eléctrica por el consumo que tienen las bombas de la planta de tratamiento y agua potable, supervisiones periódicas por un experto en el ramo.

Cuando se tomó la decisión de analizar el caudal de diseño con el caudal real en base a datos de campo, para la colonia El Tabacal, se hizo pensando en los beneficios que tendrían los habitantes de la colonia y esto mismo se puede aplicar a todas las colonias que existen en dicho municipio, con el fin de

no cometer errores por los desarrolladores y la Municipalidad de no dar continuidad, a lo antes mencionado.

Esto no quiere decir que el ingeniero que calculó el alcantarillado sanitario de la colonia El Tabacal cometiera algún error, simplemente es un chequeo que se debe de realizar en campo para comparar con los resultados obtenidos previamente a la ejecución del proyecto.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Comparar un diseño original con datos reales actuales, en el sistema de aguas residuales para la colonia El Tabacal y con ello obtener información básica, proporcionando así elementos necesarios en la toma de decisiones para la mejora y mantenimiento del sistema.

### **Específicos**

1. Analizar los datos con que se cuenta en el diseño original del sistema de aguas residuales.
2. Obtener lecturas actuales de caudales del sistema de aguas residuales en la colonia El Tabacal.
3. Llevar a cabo una comparación entre los datos de diseño y datos reales.
4. Reducir el costo de mantenimiento del sistema de aguas residuales, tomando medidas correctivas del sistema.
5. Contar con elementos necesarios para la toma de decisiones en cuanto al mantenimiento y control del sistema de aguas residuales, tomando en cuenta el porcentaje de error que existe entre lo calculado o diseño y el real.

## INTRODUCCIÓN

El correcto funcionamiento de un sistema de aguas, tanto hidráulicas como residuales depende directamente de tres condiciones básicas que son: a) el adecuado cálculo y diseño que se realice de la red o sistema que se pretende ejecutar b) la forma en que se lleve a cabo la ejecución del proyecto diseñado y c) las condiciones naturales del terreno en las que se encuentre la fuente de abastecimiento y los lugares o estaciones a las que se desea abastecer. El mantenimiento constante de un sistema de aguas residuales es uno de los aspectos primordiales, que debe de tomarse en cuenta al momento del diseño del mismo éste no debe de tomarse como algo pasajero, ya que de ellos depende el buen funcionamiento de todo el sistema.

Cuando se lleva a cabo un proyecto de urbanización, uno de los aspectos en los se tiene mayor inversión y cuidadoso análisis es lo referente al sistema de aguas residuales que se desea proponer, ello debido a que este factor no debe de contar con falla alguna, el arreglo de un sistema de esta índole implicaría para los ejecutores del proyecto un costo demasiado elevado. El total de la inversión inicial, de 35% de la misma es designada para la ejecución del sistema de aguas residuales. Con este estudio se pretende analizar cada uno de los caudales del diseño original y compararlos con los caudales reales, que se tiene actualmente en dicha colonia. Luego de haber comparado los dos caudales; de diseño y reales; proponer algunas recomendaciones para la mejora del sistema y el mantenimiento del mismo.



# **1. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO**

## **1.1 Antecedentes**

Para evaluar la factibilidad socioeconómica de un proyecto de aguas residuales, es imprescindible realizarlo, mediante un análisis de la salud, puesto que su impacto es directo sobre ella y la salud, es parte fundamental de los pueblos, debe ser una prioridad para cualquier Estado y Municipalidad, por lo que el economista Brian Smith, menciona que la economía aporta en salud dos cuestiones importantes: La primera es que, esta produce información que permite establecer prioridades y promover la eficiencia de los recursos utilizados en salud y la segunda, que puede contribuir en el análisis de los problemas administrativos, de planificación, gestión y evaluación de resultados.

La situación de la salud en el país no escapa a las grandes discrepancias entre regiones, etnicidad y entre la población con acceso a estudios y analfabeta. Adicionalmente a ello, esta área del desarrollo humano no ha sido prioridad política para los gobiernos de turno, lo que ha aumentado el problema.

En lo que respecta a la oferta de este servicio el Estado de Guatemala lo hace a través del Ministerio de Salud Pública –MSPAS- e Instituto Guatemalteco de Seguridad Social –IGSS-. Ambas instituciones no tienen la capacidad de tener cobertura en todo el país, la primera de ellas por falta de recursos económicos y la segunda a pesar de poseerlos no hace uso eficiente de los mismos.

Del presupuesto asignado al MSPAS para 1998, nueve de cada diez quetzales se utilizaron en el funcionamiento del Ministerio. La distribución de los recursos financieros entre los servicios preventivos y curativos es inadecuada, así como la distribución en las áreas rural y urbana. Más del 60% de los recursos se destina a la atención médica.

Medir un déficit en salubridad para Guatemala, no consiste en enumerar las principales enfermedades, sino en evaluar otros aspectos que proporciona bajos niveles de salud en el país tales como:

- a. Falta de servicios sociales básicos
- b. Educación.

En lo que respecta a los servicios sociales básicos, la ausencia de un proyecto para aguas residuales, determinan en 36.12% la tasa de mortalidad infantil como la diarrea. La falta de servicios sociales básicos y la educación son dos de la cinco principales causas de morbilidad en el país, con lo cual es fácil determinar que para gozar de una buena salud, no precisamente se necesita de medicamentos o mayor cobertura del sistema nacional de salud, sino por el contrario, dar acceso a servicios de infraestructura social como el agua potable y una mejor educación a la población.

La salud de los habitantes de la nación es un bien público. Todas las personas e instituciones están obligadas a velar por su conservación y restablecimiento, las autoridades encargadas de la colonia el Tabacal tienen la obligación de hacer valer este derecho. Lo puede conseguir fácilmente con la introducción y buen mantenimiento del proyecto de aguas residuales, ya que la ausencia de este servicio social determina en un 36.12% la mortalidad infantil.

Por ello es de vital importancia que la autoridades de dicha colonia centre sus esfuerzos en llevar beneficio donde más lo necesita la población.

A manera de ejemplo se pueden citar las poblaciones de la India de Mangala y Kanelhali, ambas de la región de Mandya. La primera de ellas tiene introducida red de drenaje sanitario desde 1954, y ha logrado mejorar su desarrollo humano, así como ampliar su comercio, puesto que las personas sanas, pueden dedicarse a distintas actividades. En cuanto a la segunda población ante la falta del vital servicio mantiene un nivel de vida similar al de hace 50 años.

En todo proyecto de construcción es de suma importancia que se cuente con un sistema de aguas residuales adecuado, especialmente si se trata de una lotificación como en el caso específico de este estudio, debido a que el éxito de un proyecto de dicha magnitud está ligado directamente con el correcto cálculo y diseño de todo el sistema de tuberías. Es importante que se tenga conocimiento claro del diseño cuando un proyecto ya está funcionando, por lo tanto se llevará a cabo una comparación entre los cálculos originales y la rectificación de los mismos, por medio del muestreo de caudales en las tuberías de aguas residuales.

Al final del estudio, se lograrán, tener datos reales cuantificables del sistema de aguas residuales de la lotificación así como el estado real de funcionamiento, con los mencionados datos podrán tomarse medidas o hacerse mejoras a todo el sistema, basados claro está, en recomendaciones técnicas, poniendo en práctica los conocimientos de ingeniería en la resolución de problemas.

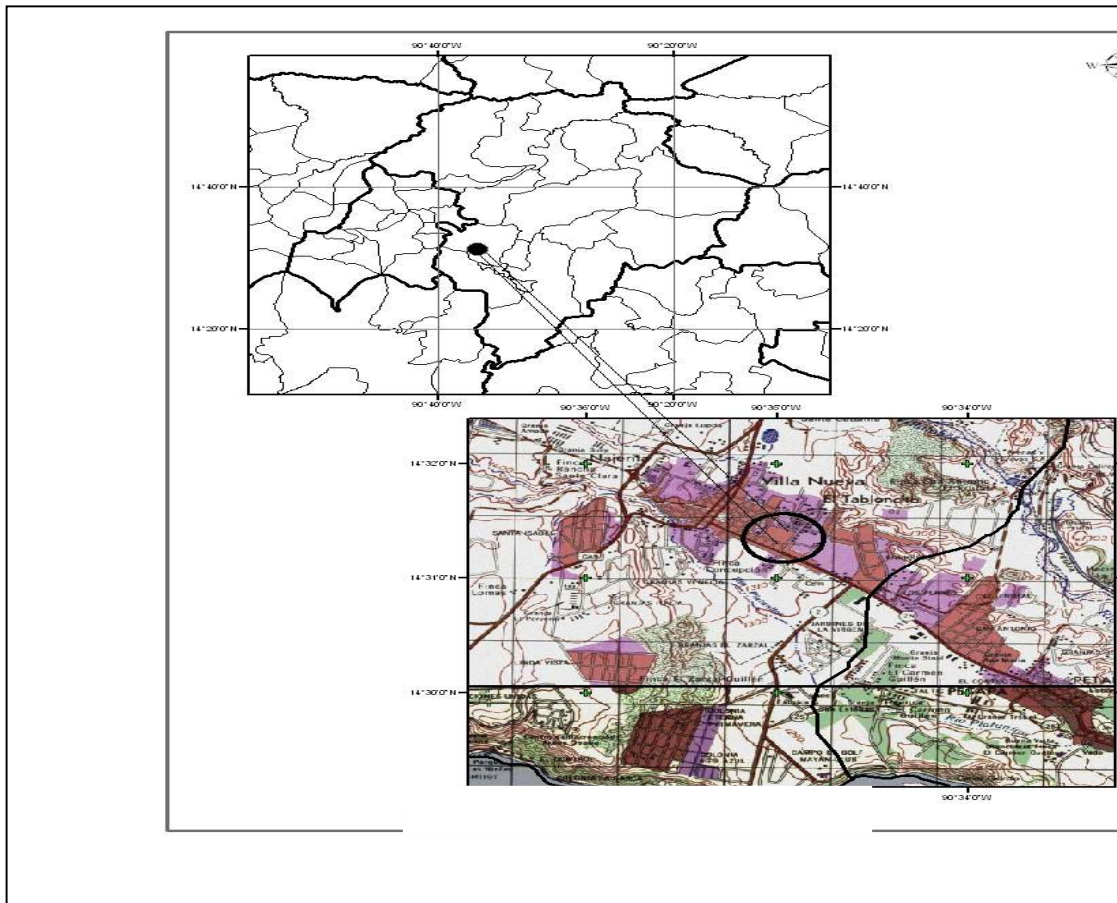
Es necesario mencionar como un dato importante del proyecto, que al momento de la realización del mismo, del total de la inversión inicial se utilizó un 30% del presupuesto para la elaboración de todo el sistema de aguas residuales proyecto de lotificación. Se pretende establecer un antecedente para que en el proyecto se tenga como prioridad, la medición constante de los caudales de tuberías en aguas residuales, esto debido a que la población se incrementa a razón de un 5% anualmente, aumentando por ende el uso del sistema. Midiendo los caudales reales (actuales), se podrá tener parámetros de la capacidad del sistema al momento de su ejecución y determinar el porcentaje de su capacidad utilizada.

## **1.2 Aspectos geográficos**

La lotificación objeto del estudio se llama **El Tabacal**, es una colonia perteneciente a la población de Villa Nueva, departamento de Guatemala. Dicha lotificación fue construida en el año de **1996**, creada con el objeto de dar vivienda a un gran número de familias guatemaltecas, actualmente la colonia está poblada en un cien por ciento de su capacidad. Las familias vecinas de esta colonia, son en su mayoría de clase media, quienes se dedican a diversas actividades económicas en la población de Villa Nueva en un pequeño porcentaje y el resto de los habitantes, su centro de trabajo se encuentran ubicado en la ciudad de Guatemala.

## 1.2.1 Ubicación

Figura 1. Ubicación geográfica



La lotificación El Tabaca se encuentra localizada a **20** km. de la ciudad de Guatemala, contando con los siguientes límites:

Al Norte con: **Colonia COVITIGSS**

Al Sur con: **Callejón El Esfuerzo, Montevello, Sánchez**

Al Este con: **Colonia Enriqueta**

Al Oeste con: **Colonia Jardines de Villa Nueva**

La altura sobre el nivel del mar es de 1,300 metros y sus coordenadas son las siguientes latitud norte 14°31'20", longitud oeste 90°35'00".

La cabecera central del municipio de Villa Nueva está conformada por los suelos de la serie Guatemala simbolizados como "Gt", están conformados por ceniza volcánica siendo su altitud en 1,300 metros sobre el nivel del mar, su relieve es plano, drenaje bueno, el horizonte superficial posee color café muy oscuro a café oscuro y textura franco-arcillosa moderadamente fina. Luego el horizonte subsuperficial posee café rojizo a café amarillento y textura arcillosa a franco arcillosa o franco arcillosa-arenosa. Suelos que sobrepasan sus profundidad de 1.00 metro, con pH ácido. En zonas urbanas los suelos están deteriorados en su horizonte superficial por la remoción en las construcciones.

### **1.2.2 Extensión de la lotificación**

El área total de la lotificación es de **2.29 Has** de los cuales el **80%** de la misma es utilizada para la construcción de viviendas y el **20%** restante esta destinada para área verde para la colonia.

### **1.2.3 Vías de comunicación**

La colonia el Tabacal cuenta con tres vías de acceso o comunicación, las cuales son: por el norte por la carretera **CA-02W, a 18 Kms. De la ciudad de Guatemala sobre la carretera Internacional ruta Pacífico**; por el sur, por la **población de Villa Nueva** teniendo acceso directo por la 3ª. calle del mencionado municipio; y al oeste por la población de Villa Canales, teniendo acceso directo. Contando la colonia con accesos en buenas condiciones cualquiera que este sea.

#### **1.2.4 Habitantes de lotificación**

Los aspectos poblacionales en cualquier proyecto son muy importantes ya que definen las características de la misma y dan una idea para poder comprender su comportamiento con relación al uso adecuado de sus recursos, que en este caso específico, es el sistema de aguas residuales, de tal manera que se puedan aplicar y aceptar las recomendaciones que este estudio genere.

Habitantes: datos que fueron recopilados en la colonia, proporcionó un resultado de 325 familias, una población total de 1950 personas, teniendo un aproximado de 5.57 integrantes por familia. Dicha colonia en su totalidad, es ladina, esto debido a que desde su fundación se creó con el objetivo de proporcionar vivienda a la población de la Villa Nueva. Puede mencionarse también otro aspecto como lo es el religioso, el cual es importante al momento del análisis de una población, en este caso específico de la colonia, según datos recabados el 70% de la población es católico y el resto son religiones protestantes.

Los servicios públicos con que la lotificación cuenta es una de los aspectos más importantes, ya que a partir de ellos podrán determinarse las necesidades que se tiene en la lotificación; entre estos pueden mencionarse servicio de agua potable, alumbrado eléctrico, telefónico, buses urbano y extra urbano y sobre todo servicio de aguas residuales, que es el objeto de este estudio.

#### **1.3 Características generales del proyecto**

El proyecto del caudal real existente de la Colonia El Tabacal cuenta con las siguientes características:

- a) Sistema de drenajes Separativo: según el Reglamento de Drenajes Municipal, en vigencia, los drenajes de toda la ciudad deben ser del tipo separativo, es decir uno para aguas pluviales y otro para aguas residuales.
- b) Pozos de visita y absorción: Se cuenta con dos pozos de visita y absorción los cuales son suficientes para el volumen de agua que se evacua por casa.
- c) Planta de tratamiento: Se cuenta con una planta de tratamiento la cual esta localizado en la parte final de la colonia.
- d) Localización del Proyecto Cuenca Pacífica.

#### **1.4. Parámetros de la elaboración del diseño**

En estos se incluye las dotaciones por persona, el período de diseño, la población futura y los factores específicos (coeficientes de flujo, velocidades permisibles, presiones mínimas y máximas, diámetro mínimo, cobertura sobre tubería y resistencia de las tuberías.

Sistema de drenajes a utilizar	Separativo
Método de estimación población futura:	Saturación
No. De lotes del proyecto	400
Área futura a conectar	2.29 Has
No. De habitantes por lote:	6
Población futura:	2400 habitantes
Dotación de aguas residuales	160 lts. / hab. /dia.
Velocidad mínima de gasto negro	0.5 m/seg.
Velocidad máxima:	3.0 m. /seg.



### **1.4.1 Definiciones generales acerca del agua**

El agua es un líquido, incoloro e inodoro y tiene la característica de que cualquier sustancia es soluble en ella. Además el agua se presenta en cualquiera de los tres estados existentes, gaseoso, líquido y sólido y su importancia físico-química es tal, que las temperaturas de transformación de un estado a otro han sido tomadas como puntos fijos. El agua es indispensable para la existencia de todas las criaturas vivientes, incluso el hombre, que de éste constituye el 60% del peso de su cuerpo.

El agua es un bien y un recurso natural escaso, es indispensable tanto para la vida interna como externa, es indispensable para la inmensa mayoría de las actividades económicas, es un medio irremplazable, que no se puede aumentar por la voluntad humana, constituye un recurso unitario que se renueva a través del ciclo hidrológico, conservándose una cuantía casi constante dentro de cada una de las cuencas hidrográficas. Ejerce una gran influencia en el desarrollo de la agricultura de la industria y de las fuentes de energía, la vida no podría existir sin agua.

Las aguas residuales son aquellas que han recibido un uso y cuya calidad ha sido degradada por la incorporación de agentes contaminantes.

Las aguas residuales son una combinación de los líquidos y residuos arrastrados por el agua provenientes de casas, edificios comerciales, fabricas, e instituciones junto a cualquier agua subterránea, superficial o pluvial que puede estar presente.

Las aguas residuales por su composición, son una fuente potencial de transmisores de enfermedades.

Las aguas residuales normales son un líquido grisáceo parduzco, de olor característico, aunque no tan desagradable como cuando se encuentra en su estado de putrefacción.

Las aguas residuales físicamente esta formada por 99.9% de líquidos y 0.1 % de sólidos, las aguas residuales domésticas esta formadas principalmente por residuos de vegetales, frutas, papeles, plásticos, detergentes, cabellos, trapos, materiales fecales.

La cantidad de aguas residuales depende de la cantidad del consumo de agua potable de la población.

En el caudal de aguas residuales hay variaciones de horas, días y meses, dependiendo de las características de la población de donde proceden. Entre los factores que inciden en la variación tenemos; hábitos de la población, condiciones en que se encuentra la red colectora, pendientes de la red colectora, infiltraciones de agua subterráneo etc.

Para el cálculo de la cantidad de aguas residuales que van a llegar a la planta de tratamiento tenemos fijo el número de personas, como en este caso de la colonia, en donde es difícil que aumente el número de personas servidas una vez poblada al 100%.

Como se anoto anteriormente, las aguas residuales están constituídas en su mayoría por líquidos, ya que aproximadamente el 0.1% esta formado por materiales sólidos.

Los sólidos totales en las aguas residuales, tanto en solución como en suspensión, son los que quedan después de evaporar una muestra hasta sacarla completamente.

- a) Sólidos en solución: son los que no se pueden separar del líquido por medio de la filtración o sedimentación.
- b) Sólidos en suspensión: son los que si pueden separarse por medio de la filtración o sedimentación del líquido que los contiene.

Los sólidos totales de las aguas residuales se clasifican como se observa en la tabla I y se expresan en parte por millón (p.p.m).

Una parte por millón (p.p.m), equivale a un miligramo por litro, es decir que expresa la cantidad en peso de sólidos contenidos en un litro de aguas residuales.

**Tabla I. Total de sólidos**

TOTAL DE SOLIDOS 800 p.p.m			
SOLIDOS SUPENDIDOS 300 p.p.m.		SOLIDOS FILTRABLES 500 p.p.m.	
Solidos Sedimentables (2 horas) 150 p.p.m	Solidos Coloidales 150 p.p.m	Solidos Sedimentables (2 horas) 150 p.p.m	Solidos Coloidales 150 p.p.m
Organico 100 p.p.m	Organico 100 p.p.m	Organico 40 p.p.m	Organico 160 p.p.m
Mineral 50 p.p.m	Mineral 50 p.p.m.	Mineral 10 p.p.m	Mineral 290 p.p.m.

Las aguas residuales pueden encontrarse en estado diluido o concentrada, dependiendo de los sólidos que contengan y de la cantidad de agua en la cual se encuentran en solución o en suspensión.

Los organismos presentes en las aguas residuales pueden ser perjudiciales, inofensivos o también útiles. Los organismos perjudiciales para la salud del hombre son los organismos patógenos.

Las condiciones de vida para los gérmenes en las aguas residuales son favorables para ellos. Su período de vida es corto, pero es suficiente para que puedan transmitir las enfermedades de las que son portadores.

Para evitar la contaminación que pueden causar las aguas residuales es necesario darles un tratamiento y disposición final adecuados. Es conveniente conocer la composición de las aguas residuales y la forma en que se descomponen a través de los diferentes procesos de tratamiento a que son sometidos.

Las cuatro fuentes de aguas residuales son:

- a. Aguas domésticas o urbanas
- b. Aguas residuales industriales
- c. Aguas de usos agrícolas.
- d. Aguas pluviales.

La mayor parte de las aguas residuales provienen del uso doméstico e industrial.

Las aguas residuales siempre constituyen una molestia para la comunidad que las produce. Si bien es cierto contienen ingredientes recuperables, estos no compensan el costo del tratamiento para su obtención; sin embargo, como es indispensable el tratamiento, pueden pensarse en la recuperación de ciertos productos útiles.

Las aguas residuales crudas no se pueden utilizar, pero con algún tratamiento pueden ser usadas para los siguientes fines:

- a) Para riego (dependiendo el cultivo)
- b) Para enfriamiento de los evaporadores en las instalaciones productoras de energía.

Entre las recuperaciones que pueden obtenerse de las aguas residuales figuran: el lodo, por su valor fertilizante y su contenido de calor; la grasa; la arena como material para base de carreteras o rellenos y el gas combustible procedente de la digestión del lodo.

#### **1.4.2 Diagnóstico actual del proyecto**

El sistema de aguas residuales existente en la colonia El Tabacal, fue realizado en el año de 1,996, con un costo aproximado de Q.284,370.83. El cual fue diseñado para una duración aproximada de 15 a 20 años según el índice de crecimiento poblacional el cual deberá tener un mantenimiento periódico para que su duración sea real.

El sistema de aguas residuales fue construido por Ingeniería Integral: La cual se rigió por las normas y reglamentos establecidos. Con la información obtenida directamente de las personas encargadas del proyecto se podrá determinar el estado en que se encuentra el sistema de aguas residuales, pero lo más necesario buscar y tomar medidas y soluciones si en caso estas no estén funcionando adecuadamente y más si se trata de la salud de los habitantes.

## **2. ANÁLISIS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES**

### **2.1 Cálculo del diseño para caudales de tuberías**

El período de diseño de un sistema de aguas negras, es el tiempo durante el cual se le dará un servicio con una eficiencia aceptable; este período variará de acuerdo a:

- La cobertura inicial y la considerada en el período estudiado.
- Crecimiento de la población.
- Capacidad de la administración, operación y mantenimiento.
- Según criterio de instituciones como el Instituto de Fomento Municipal I.N.F.O.M. y El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia UNICEF, se recomienda que los sistemas de aguas residuales se diseñen para un período de 15 a 20 años.

Un estudio de población se efectúa con el objeto de estimar la población futura, lo cual se hace necesario determinar el período de diseño y hacer un análisis de censos

El crecimiento de una población es afectado por factores como: nacimientos, muerte y migración. Para obtener la proyección del crecimiento de la población, se puede utilizar distintos métodos, y dicha proyección se hace con base a datos de censos de población, realizados en el pasado, y para el caso de la lotificación se optó por el método geométrico, debido a que es el más apto de acuerdo a la información que actualmente se tiene como: población actual, tasa de crecimiento y período

Se presenta en la tabla II bases principales de diseño, los datos con los cuales se procedió a ser los cálculos de diseño del sistema de redes de aguas residuales específicamente los caudales.

Con los datos proporcionados por dicha tabla cabe mencionar también en los puntos subsiguientes las fórmulas que se utilizaron para calcular los caudales abajo mencionados.

**Método Geométrico:** Para el cálculo de la población futura se optó por utilizar el método geométrico debido a que dicho método es muy fácil de aplicar, por no exigir mayor información estadística, cuando exista poca probabilidad de crecimiento.

El método geométrico requiere nada más que una información actual del lugar, ya que la tasa de crecimiento es un dato establecido, esto dependiendo de la región donde se esté realizando el proyecto, así como el período de diseño, el cual se tiene ya establecido. La fórmula utilizada al momento de realizar los cálculos del proyecto fue la siguiente:

Donde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

i = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño

La tasa de crecimiento con la que la Municipalidad de Villa Nueva diseña cada uno de los proyectos que realiza es de 4.95% anual, siendo ésta la que se optó para el proyecto de la lotificación antes mencionada, con una población de 912 habitantes en 1998 y un periodo de diseño de 20 años, se obtuvieron los siguientes datos:

$$Pf = 912 (1 + 0.0495)^{20}$$

$$Pf = 2397 \text{ aproximación } 2400 \text{ habitantes}$$

Por lo tanto la población futura para el año 2,017 es de 2400 habitantes.

### **2.1.1 Caudal domiciliar**

Es el volumen de aguas servidas que se evacua de cada una de las viviendas. Este debe calcularse con base al número de habitantes futuro, la dotación y el factor de expresado en litros por segundo.

$$Qd = (Pf * Dot. * Fr)/86,400$$

Donde:

Qd. = Caudal domiciliar en lts./seg.

Pf = Población futura

Dot. = Dotación en lts./hab./día

Fr. = Factor de Retorno



**Dotación:** Es la cantidad de agua que una persona necesita por día para satisfacer sus necesidades y se expresa en litros por habitante al día.

Las dotaciones se establecen de acuerdo al clima y región donde se está trabajando el proyecto, para este caso se estableció una dotación de 150 lts/hab/día, ya que éste es el área urbana del municipio de Villa Nueva, medida la cual es aplicada por la municipalidad del mencionado municipio, para sus poblaciones urbanas.

**Factor de retorno:** Es el factor que indica la relación que existe entre la cantidad de agua que se consume al día y la dotación destinada para cada persona. Este factor puede variar de 0.70 a 0.80, dependiendo del clima de la región, para el proyecto se optó por un factor de 0.70.

Ejemplo

PV28 PV27

$$Qd1 = (12 \text{ hab.} * 150 \text{ lts/hab/día} * 0.70) / 86,400 \text{ seg.}$$

$$Qd = 0.01458 \text{ lts/seg}$$

El caudal domiciliar es de 0.01458 lts/seg por vivienda en el tramo 1

### 2.1.2 Caudal de conexiones ilícitas

Debido a que las viviendas, por lo regular, no tienen un sistema de drenaje pluvial separado al de drenaje sanitario, éstas hacen sus conexiones de una forma combinada, por lo que se hace necesario hacer el cálculo del caudal de conexiones ilícitas. Para este cálculo se hace uso de la siguiente fórmula:

$$Q \text{ con. ili.} = (C I A) / 360$$

Donde:

Q con. ili.	= Caudal de Conexiones Ilícitas
C	= Coeficiente de escorrentía
I	= Intensidad de lluvia
A	= Área contribuyente

El coeficiente de escorrentía está en función directa del tipo de superficie por donde corre el agua pluvial, como es patios y techos de las viviendas, los cuales en su mayoría son de concreto, en este caso se toma 0.767 como coeficiente. La tabla II muestra el cálculo de cuantificación de áreas y coeficiente de escorrentía mostrada en hectáreas

La intensidad de la lluvia esta dada por la fórmula  $I = (6889.1)/(T^2 + 39.5)$

Donde:

La intensidad de lluvia, que se expresa en mm / br., se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$I = (6889.1)/(T^2+39.5)$$

$$I = 6889.1 / 183.5$$

$$I = 37.54$$

Donde: T = tiempo de concentración en minutos, para todo el territorio guatemalteco es de 12 minutos.

El área contribuyente está dada en hectáreas, es el área de los techos y de los patios de las casas.

Entonces tenemos que:

$$Q \text{ con. ili.} = (C I A) / 360$$

$$Q \text{ con. ili.} = (0.767 * 37.54 * 0.161) / 360$$

$$Q \text{ con clic} = (0.767 * 37.54 * 0.161) / 360$$

$$Q \text{ con ili} = 0.012877 \text{ lts / seg}$$

**Tabla II. Cuantificación de áreas y coeficientes de escorrentía  
(HECTAREAS)**

SECTOR	TECHOS	CALLES	JARD Y PATIOS	AREAS VERDES	AREA	A°C	Coeficiente
No.	C=0.95	C=0.90	C=0.4	C=0.25	TOTAL		Ponderado
0	0.0338	0.0323	0.0112	-	0.0773	0.06570	0.8490
1	0.0901	0.0808	0.0301	0.0460	0.2470	0.18190	0.7360
2	0.0636	0.0332	0.0212	-	0.1180	0.09880	0.8370
3	0.0743	0.0412	0.0247	-	0.1402	0.11750	0.8380
4	0.0405	0.0412	0.0135	-	0.0952	0.08100	0.8500
5	0.108	0.0141	0.036	-	0.1581	0.12970	0.8200
6	0.0743	0.0412	0.0247	-	0.1402	0.11750	0.8380
7	0.1046	0.0578	0.0349	-	0.1973	0.16540	0.8380
8	0.1053	0.1365	0.0351	0.0551	0.3320	0.25070	0.7550
9	0.0608	0.0553	0.0202	0.0072	0.1435	0.11740	0.8180
10	0.0338	0.034	0.0112	0.0819	0.1609	0.08770	0.5450
11	0.0782	0.0425	0.026	0.0162	0.1629	0.12700	0.7800
12	0.0783	0.0946	0.0261	-	0.1990	0.17000	0.8540
13	0.0878	0.0445	0.0292	0.0083	0.1698	0.13720	0.8080
14	0.0338	0.0335	0.0112	0.1122	0.1907	0.09480	0.4970
<b>TOTALES</b>	<b>1.0672</b>	<b>0.7827</b>	<b>0.3553</b>	<b>0.3269</b>	<b>2.5321</b>	<b>1.9423</b>	<b>11.663</b>

### 2.1.3 Caudal de infiltración

Es el caudal que se infiltra en el alcantarillado, el cual depende de la profundidad del nivel freático de agua, de la profundidad de la tubería y de la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas, la calidad de mano de obra utilizada y supervisión técnica. Este caudal se expresa como el Factor de Infiltración por la longitud de la tubería.

$$Q \text{ ínf} = (F. I. * L)/$$

Donde:

F.I. = Factor de Infiltración; para Guatemala este factor oscila entre 15,000 y 18,000 lts / km / día; para este proyecto se opta por un factor de 16,000 lts / km / día.

L. = Longitud de la tubería, tanto de la línea central como de cada una de las acometidas.

Haciendo una inspección de la zona se determinó que la longitud total de la tubería es de 3,573.00 mts, la cual incluye la longitud de las conexiones domiciliarias,

$$16000 \text{ lt. / kms. / día} * 3.573 \text{ km} = 57172.8 \text{ lt. /día}$$

donde al dividir el caudal total encontrado entre el área total de la zona se obtuvo el factor de:

$$57172.8 \text{ lt. / día} / 2.29 \text{ ha} = 24,966.288 \text{ lt. / día / hectárea}$$

El factor debe ser aplicado a cada uno de los tramos de tubería del colector, dependiendo tanto del área tributaria como el área acumulada de los tramos anteriores.

Ejemplo de Pv28 a Pv27

$$Q_{inf} = F_{inf} * ((m \text{ de tubería} + \text{No casas} \times 6) / 1000) / 86400$$

$$Q_{inf} = 16000 \text{ lts. Kms. / d} ((126.50 + 12 \text{ m}) / 1000) / 86400$$

$$Q_{inf} = 0.0256481 \text{ lts / seg}$$

Donde:

F inf. = Factor de infiltración = 16000 lts. / kms. / día

M de tubería = metros de tubería del sector

No, de casas x 6 = conexiones domiciliarias x casa

### **2.1.3 Caudal comercial e industrial**

Normalmente dentro de las cifras correspondientes a caudales de aguas negras, se encuentra la porción correspondiente a aguas industriales. Estos caudales no se tomaron en consideración en esta región debido a que el área de la lotificación El Tabacal es netamente residencial, no existiendo algún establecimiento que merezca especial atención, por esta razón no se considera tampoco esta condición para un futuro.

#### 2.1.4 Caudal de diseño

Es el que se utiliza para diseñar el sistema del drenaje sanitario. Buscaremos primero el caudal medio el cual esta dado de la siguiente manera:

$$Q_{med} = Q_d + Q_{con\ ili} + Q_{inf}$$

$$Q_{med} = 0.01458 + 0.012877 + 0.0256481$$

$$Q_{med} = 0.06 \text{ lts. / seg.}$$

Luego se procede a encontrar el factor de caudal medio de la siguiente manera:

$$F_{qm} = Q_{med} / \text{No. de habitantes del tramo}$$

$$F_{qm} = 0.06 / 12$$

$$F_{qm} = 0.005$$

Factor de Harmón: la fórmula del factor Harmón es adimensional y viene dada por:

$$FH = (18 + \sqrt{P}) / (4 + \sqrt{P})$$

$$FH = (18 + \sqrt{0.012}) / (4 + \sqrt{0.012})$$

P = población en miles

$$FH = (18 + 0.11) / (4 + 0.11)$$

$$FH = 18.11 / 4.11$$

$$FH = 4.406$$

La fórmula de caudal de diseño esta dada por:

$$Q_{dis} = Q_{med} * FH$$

$$Q_{dis} = 0.06 * 4.406$$

$$Q_{dis} = 0.26$$

Los procedimientos que se hicieron para comparar los demás datos de las tablas fueron los siguientes:

Determinación de la velocidad y el gasto de tubo lleno, por medio de la fórmula siguiente, utilizando los principios de Manning.

$$\text{VELOCIDAD (V)} = (0.3429 D^{2/3} * S^{1/2}) / n$$

Donde:

D = Diámetro (en pulgadas) = 8 plg.

S = Pendiente de la tubería = 0.5 % = .005

n = coeficiente de rugosidad = 0.015

Ejemplo: de PV 26 PV 27

$$V = (0.3429 * 8^{2/3} * 0.005^{1/2}) / 0.015$$

$$V = 0.65 \text{ mts / seg.}$$

El valor obtenido de la fórmula de Manning representa la velocidad a sección llena en la tubería, que sirve también para determinar (en la fórmula siguiente), el valor del caudal (Q) a sección llena.

$$Q = V (\pi / 4) D^2$$

Donde:

V = Velocidad a sección llena

$\pi$  = 3.1416 constante

D = Diámetro en pulgadas = 8 \* 2.54 / 100 = 0.2032 mts.

$$Q = 0.65 \text{ m/seg. } (\pi /4) (0.2032)^2$$

$$Q = 0.65 \text{ m/seg. } (0.7854) (0.04129)$$

$$Q = 20.96 \text{ lts. / seg. (Sección llena)}$$

Una vez obtenidos, la velocidad y el caudal a sección llena, se procede a sacar la relación entre los gastos ((q/Q) (caudal de diseño entre caudal a sección llena) y se busca ese valor en la tabla de relaciones hidráulicas en el eje de las abcisas; a partir de allí se levanta una vertical hasta interceptar la curva de descarga en un punto que referido a la escala de las ordenadas, situada a la izquierda, da el valor de la relación d/D. La profundidad del flujo (tirante) se obtiene multiplicando esta última relación por el diámetro total del tubo. Para obtener la velocidad se busca la intersección de la línea horizontal (misma que servicio para encontrar la relación d/D) con la curva de velocidades y se lee la relación v/V en escala horizontal. La velocidad en la tubería, parcialmente llena, se obtiene multiplicando esta relación por la velocidad a sección llena.

Ejemplo:

Para la relación q/Q se toman los siguientes valores:

$$q / Q = 0.24 / 20.96$$

$$q / Q = 0.01145$$

$$\text{Donde } q = \text{caudal máximo} = 0.24$$

De donde se obtienen los valores  $d/D = 0.0775$  y  $v/V = 0.3410$  los cuales sirven para encontrar los valores de tirante de flujo y velocidad:

Ejemplo:

$$\text{Diámetro Pv28 a Pv27} = 0.0775 \times 8 \text{ pulgadas} = 0.62 \text{ pulgadas (tirante)}$$

$$\text{Velocidad Pv28 a Pv27} = 0.3410 \times 0.65 = 0.221 \text{ m / seg.}$$



Nota: para el cálculo de los otros tramos de tubería, se realizó el mismo procedimiento del ejemplo anterior (Pv28 a Pv27).

## **2.2 Velocidades máximas y mínimas del diseño**

Si el agua residual fluye por las alcantarillas a baja velocidad durante períodos de tiempo prolongados, se producirá una deposición, de los sólidos. Debe procurarse que haya velocidad suficiente durante bastantes horas al día, de manera que los sólidos depositados en período de baja velocidad puedan ser arrastrados. La práctica normal es proyectar alcantarillas con pendientes tales que aseguren velocidades mínimas de 0.6 m/s, cuando el flujo se produce a sección llena o semillena. Cuando el calado es inferior a la mitad de la altura, la velocidad será menor de 0.6 m/s, mientras que para calados superiores a la mitad de la altura la velocidad estará ligeramente por encima de 0.06. A menudo, las normas locales especifican las velocidades máximas y mínimas a adoptar.

La velocidad en la zona próxima a la solera de la alcantarilla tiene gran influencia sobre la velocidad global de circulación, se ha podido comprobar que una velocidad media de 0.3 m/s, es suficiente para evitar depósitos importantes de sólidos. Para impedir la deposición de materias minerales tales como arena y gravilla, se tendrá en cuenta que la velocidad media adecuada en alcantarillas sanitarias es, generalmente de 0.75 m/s. Estos valores deben tener en cuenta como mínimos a conseguir. La velocidad mínima en sifones invertidos, en los que resulta difícil el acceso para su limpieza deberá ser de 1.0 m/s. En situaciones especiales se han utilizado con éxito pendientes que conducían a velocidades medias de 0.5 m/s, pero tales alcantarillas han de construirse con gran cuidado y, probablemente, requieren una limpieza frecuente.

La extracción regular del material depositado en las alcantarillas es cara y si no se elimina puede causar problemas. Por lo tanto es aconsejable usar siempre pendientes que, en todos los casos, den lugar a velocidades autolimpiadoras, a pesar que el coste de construcción de pendientes más pronunciadas suponga un incremento con respecto al de pendientes más pequeñas. Esto se recomienda porque se descuida el trabajo de mantenimiento y limpieza del alcantarillado puede formarse depósitos considerables que harán que aquel no funcione correctamente, pudiendo incluso ser incapaz de transportar el caudal previsto y originar daños a propiedades.

La acción erosiva de la materia en suspensión del agua residual depende no solo de la velocidad a que es arrastrada a lo largo de la solera, sino también de su naturaleza. Puesto que esta acción erosiva es el factor más importante a efecto de la determinación de la velocidad máxima de las aguas residuales, se debe prestar atención a la naturaleza de la materia en suspensión. En general las máximas velocidades medidas del orden de 3 mts/ seg. en el caso del proyecto de la colonia el Tabacal, no producirán daños en las alcantarillas.

La velocidad mínima admisible en tuberías de concreto es de 0.6 m / seg. esto hace que los sólidos no se sedimenten y, por consecuencia, no se obstruya la tubería. Respecto a máxima admisible en las tuberías de concreto por lo general se acepta una de 3 mts / seg, esto se puede observar en la tabla

III

**Tabla III Velocidades máximas de caudales**

<b>RESISTENCIA DEL CONCRETO kg / cm<sup>2</sup></b>	<b>VELOCIDAD MÁXIMA ADMISIBLE mts / seg.</b>
140	3.00
210	5.00
250	5.00
280	6.50
315	7.50

Fuente: Del Cid Pérez, Gonzalo. Diseño de Ampliación de la red de Alcantarillado Sanitario para la Aldea Estancia de la Virgen, El Progreso. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,993. Página No. 18

A veces es conveniente que las alcantarillas tengan pendientes suaves para evitar tener que hacer grandes excavaciones en zonas en que el terreno es llano o las variaciones de cotas del mismo son pequeñas. En tales casos, las pendientes y secciones de las alcantarillas deben proyectarse de modo que se produzca un aumento progresivo de la velocidad o por lo menos, sea bastante regular a lo largo del trazo. De esta forma, los sólidos vertidos a las alcantarillas pueden ser transportados por el caudal circulante, evitando su deposición en algún punto en que exista una disminución de la velocidad. En general las pendientes mínimas indicadas en la tabla IV son adecuadas para conductos de diámetros pequeños en una red de alcantarillado.

**Tabla IV. Pendientes mínimas para las alcantarillas sanitarias**

Diámetro mm	Pendiente, mm/m <sup>a</sup>	
	n = 0.013	n = 0.015
200	0.0033	0.0044
250	0.0025	0.0033
300	0.0019	0.0026
375	0.0014	0.0019
450	0.0011	0.0015
525	0.0009	0.0012
600	0.0008	0.0010
675	0.0007 <sup>b</sup>	0.0009 <sup>b</sup>
750	0.0006 <sup>b</sup>	0.0008 <sup>b</sup>
900	0.0004 <sup>b</sup>	0.0006 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Basada en la fórmula de Manning para velocidades de 0.6 m/s. Cuando sea posible, deben emplearse Pendientes mayores.

<sup>b</sup> La pendiente mínima practicada desde el punto de vista constructivo es aproximadamente 0.0008 m/m.

### 2.3. Especificaciones y diámetros de tuberías

Cuando se habla de especificaciones de la tubería debe de hablarse de las cotas Invert, las cuales se calculan con base a la pendiente de la tubería y la distancia del tramo respectivo, algunas de las especificaciones de estas cotas son las siguientes:

- La cota invert de salida de un pozo se coloca 3 centímetros más baja que la cota invert de entrada, cuando las tuberías son del mismo diámetro.
- La cota invert de salida está a un nivel más bajo que la de entrada, la cual será la diferencia de diámetros de las tuberías, cuando éstas son de diferente diámetro.

- Cuando a un pozo de visita llegan varias tuberías de distintos diámetros y sale una de igual diámetro a la mayor de las que llega, la cota invert de salida está 3 centímetros debajo de la de entrada, si la tubería que sale es de diámetro mayor, la cota invert de salida será la diferencia de diámetros con la tubería de mayor diámetro que llega al pozo de visita.

Por requerimientos de flujo y por posibilidades de limpieza el diámetro mínimo es de 8 pulgadas para tuberías de colector central, como se toma en este caso para el proyecto de la colonia. Un cambio de diámetro en el diseño está influido por la pendiente, el caudal o la velocidad, para lo cual se toman en cuenta los requerimientos hidráulicos.

Para conexiones domiciliarias se usa un diámetro de tubería mínimo de 6 pulgadas, con una pendiente mínima del 2%.

## **2.4 Cargas a las cuales están expuestas las tuberías**

La tubería, por su ubicación, está expuesta a cargas vivas, como lo es el paso de vehículos, y a cargas muertas, que dependerán del tipo de suelo compactado sobre la tubería y de su cohesión, para transmitir las cargas que actúan sobre la clave del tubo. Esto indica que la tubería deberá estar expuesta a cargas de aplastamiento, flexión transversal y flexión longitudinal.

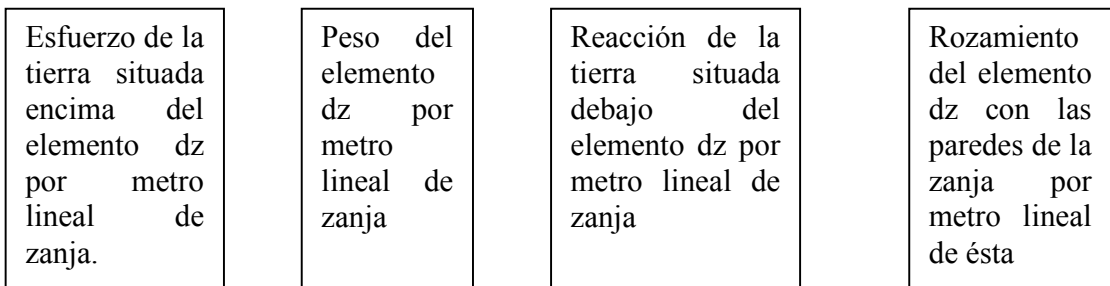
### **2.4.1 Esfuerzos sobre las tuberías enterradas**

El suelo tiene una resistencia a la cortadura, que es la suma de la resistencia debida a la cohesión entre las partículas y al rozamiento entre ellas.

La teoría de Marston supone la ausencia de cohesión y sólo toma en cuenta las fuerzas debidas al rozamiento. Cuando se trata de un tubo de concreto, sobre el tubo gravita el peso de la tierra de relleno correspondiente a la anchura de la zanja situada sobre la clave del tubo, debiéndose deducir del mismo las fuerzas de rozamiento con las paredes de la zanja.

El equilibrio entre las fuerzas que actúan en un elemento diferencial  $dz$  es, por metro lineal de zanja:

**Figura 2. Equilibrio entre fuerzas**



- Esfuerzo de la tierra situada encima del elemento  $dz$ :  $W$
- Peso del elemento  $dz$
- Reacción de la tierra situada debajo:  $W + dW$ .

Fuerza del elemento  $dz$ , contra las paredes de la zanja:  $W/b$ , es la presión vertical, carga por unidad de superficie, producida por la tierra situada encima del elemento  $dz$ .

$KA(W/b)$ , es la presión horizontal originada por la presión vertical, que actúa sobre las paredes de la zanja. Siendo  $KA$  el coeficiente de empuje activo, que es la relación entre la presión lateral (efecto) y la presión vertical (causa).

En la tabla v se indican la descripción, el ángulo rozamiento interno, y el peso específico de las tierras

**Tabla V. Ángulos de rozamiento**

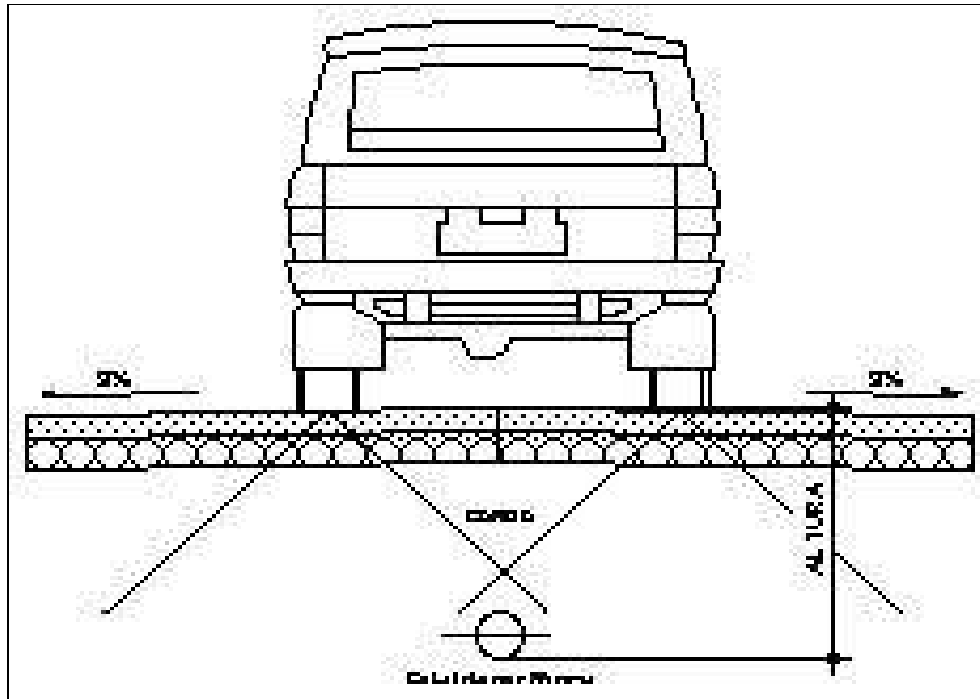
<i>o.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Angulo de rozamiento interno del relleno (<math>\rho</math>)</i>	<i>Peso específico en <math>l/m^3</math> (<math>\gamma</math>)</i>
	Grava-arena	35 °	1.9
	Arena, semicompactada	32.5 °	1.8
	Arena, ahuccada	30 °	1.7
	Arcilla arenosa	22.5 °	2.2
	Arena movediza	22.5 °	2.0
	Arcilla, semicompactada	15 °	2.1
	Turba	15 °	1.1
	Arcilla orgánica	10 °	1.7

#### **2.4.2 Acciones de cargas exteriores estáticas móviles debidas al tráfico, sobre tuberías**

Las ruedas de los vehículos transmiten unos esfuerzos (derivados de su peso propio, carga y repartidos según el número de ruedas) sobre el terreno. Considerado éste con un comportamiento elástico, propaga una presión variable, que es función del esfuerzo, de la profundidad y de la separación entre el esfuerzo producido por la rueda y la posición analizada. La siguiente figura muestra las cargas que inciden en el tubo como lo son: peso propio, peso del líquido contenido, carga de terraplén, sobrecargas y reacciones de apoyo.

El siguiente diagrama muestra la forma de cómo actúan las diferentes cargas sobre la tubería enterrada.

**Figura 3. Cargas que actúan sobre la tubería enterrada**



Las ruedas situadas en la vertical de la conducción producirán, principalmente, presiones verticales, mientras que las ruedas alejadas producirán presiones laterales, cuyo efecto será el de disminuir el las verticales.

Por otra parte, habría que tener en cuenta el impacto producido por el movimiento de las cargas, desplazándose a velocidades que normalmente pueden llegar, en calzadas, a 150 km/h.

Se puede admitir, con suficiente aproximación, que la carga producida por el vehículo se transmite uniformemente en profundidad en el interior de una pirámide de caras inclinadas  $35^{\circ}$  según la vertical y con sus aristas redondeadas en la forma indicada en la figura.



Para las conducciones bajo calzada coherente, se admite también que la zona de aplicación de la sobrecarga, al nivel de la calzada, es el rectángulo envolvente de las superficies de contacto de las ruedas o cadenas próximas.

### **2.4.3 Distribución de presiones verticales del terreno a lo ancho de la zanja**

La presión es superior en la vertical M tubo que en los laterales, debido a que el tubo tiene un módulo de elasticidad superior al M terreno y, a igualdad de asentamiento, recibe un esfuerzo superior. La presión en los laterales es menor que la presión en el centro del tubo. En la figura que aparece a continuación existen dos distintas hipótesis; la primera dice: el peso de las tierras parcialmente absorbidas por el rozamiento con las paredes de la zanja. La segunda dice: la distribución no uniforme de las presiones (valor medio  $P_E$ , valor en el tubo  $P_R$ ,  $P_E$ , y valor en los laterales  $P_B$ ,  $P_E$ ).

Y la acción vertical en los laterales al terreno, origina un presión horizontal sobre el tubo.

En síntesis se podría definir el cálculo de la manera siguiente:

- a) El peso de las tierras de relleno es parcialmente absorbido por las paredes de la zanja (según la teoría de los silos de Marston).
- b) Los esfuerzos que actúan a lo ancho de la zanja, a la altura de la clave del tubo, no son uniformes debido a la diferencia de rigideces del tubo y del lecho situado en los laterales del tubo. El procedimiento anterior se basa en las Normas para el Cálculo Estático de canalizaciones y tuberías de desagüe.

#### **2.4.4 Presión horizontal de reacción del terreno a la ovalación de la tubería**

El tubo está sometido a una presión vertical ( $P_v$ ) y a una presión horizontal ( $P_h$ ). Ello indica que rodea al tubo una presión uniforme, en toda la circunferencia, que vale  $P_h$ , lo cual origina compresión en la pared del tubo y existe, además, exceso de una presión vertical, sobre el horizontal,  $P_v - P_h$ , la cual origina ovalación de la tubería.

Al ovalarse ésta transmite un esfuerzo contra el terreno, en sentido horizontal, que produce deformación hasta que se equilibran las fuerzas originadas por ovalación del tubo y por deformación del terreno.

En la figura que aparece a continuación se muestra que el exceso de presión vertical origina en las tuberías deformables que se equilibra con la resistencia pasiva del terreno.

La influencia de la ovalación de la tubería está ligada al tipo del terreno y en especial a su grado de compactación.

Si el terreno tiene un módulo de elasticidad bajo, éste se deformará sin apenas oponer resistencia a la ovalización de la tubería y ésta se detendrá debido, únicamente, a la acción de las tensiones internas del material.

#### **2.4.4.1 Acciones sobre el tubo**

El tubo recibe la acción de las tierras de relleno de la zanja y de las sobrecargas del tráfico, los siguientes diagramas muestran la acción de las cargas sobre la tubería enterrada, oponiéndose a su deformación.

En las figuras se puede apreciar los efectos que tienen las presiones verticales y horizontales en los tubos al colocarse enterrados en la tierra.

### **2.5 Red del diseño de colectores principales**

Las redes de alcantarillado simplificado (RAS) se componen un conjunto de tuberías y accesorios que tienen la finalidad de coleccionar y transportar las aguas residuales domésticas para su disposición final. Las (RAS) difieren de los alcantarillados convencionales en la simplificación y minimización del uso de materiales y en los criterios de construcción. Las principales diferencias de las (RAS) con los alcantarillados convencionales son las siguientes:

- Se diseña la acometida domiciliar simplificando la conexión con la red.
- La profundidad de excavación para el colector principal es menor que en redes convencionales; ya que, las tuberías se proyectan por las zonas verdes o peatonales para evitar cargas vehiculares que exigen de la tubería contra choques mecánicos.
- El período de diseño es más corto y se puede construir por etapas.

- Se controla la sedimentación en la tubería, con el concepto de fuerza tractiva, que resulta más práctico que controlar la sedimentación a través del criterio de una velocidad mínima nominal (Mejía 1993).
- Los colectores principales de aguas residuales consisten básicamente que sirven de canales que conducen el agua por gravedad a una planta de tratamiento, y que posteriormente esa agua ya tratada se deposita en pozos de absorción para su recirculación a los mantos acuíferos subterráneos de la cuenta pacífica del valle de la ciudad de Guatemala.

### **2.5.1 Servicios o conexiones domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias es el tubo que lleva las aguas residuales desde una vivienda a una alcantarilla común o a un punto de desagüe.

Ordinariamente al construir un sistema es costumbre establecer y dejar previsto una conexión en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces.

Las conexiones domiciliarias en este caso están hechas de tubos de cemento colocados en forma vertical (candelas), en el cual se une la tubería proveniente del drenaje de la edificación a servir con la tubería que desaguará en el colector principal. La tubería entre la caja de inspección y el colector en este caso tiene un diámetro de 8" y un máximo de 10" y colocado en una pendiente de 2 a 3 como máximo.

## 2.5.2 Planta de tratamiento

La planta de tratamiento recibe las aguas residuales provenientes de todas las casas de la lotificación la cual consta de los siguientes parámetros de diseño:

Población equivalente servida, habitantes	1000
Generación de aguas residuales, Lts./hab. Día	150
Caudal promedio de diseño, Lts./seg.	1.74
Factor hora pico	2.5

El caudal promedio de diseño (1.74 L/seg.) equivale a 40,000 galones por día de aguas residuales 150 m<sup>3</sup>/día.

El alcantarillado es de tipo sanitario y, como tal no llevara agua de lluvia. La planta de tratamiento es compacta, sin ruidos molestos ni percepción de olores molesto por fuera de su perímetro, no requiere energía eléctrica para su funcionamiento normal. Dada la topografía del terreno, se requiere una bomba sumergible para alimentación al sistema de tratamiento. El sistema, a pesar de requerir atención periódica, será de operación sencilla.

La remoción de contaminantes del sistema es de 90% en demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO5, y en Sólidos Suspendidos Totales. SST, cumpliendo con la legislación Ambiental de país. El agua tratada saldrá de la planta de tratamiento con menos de 50 mg/L de DBO5 Y DE SST.

El sistema de tratamiento consta de las siguientes etapas:

- a) Un tratamiento primario, encargado de remover sólidos gruesos, plásticos, arenas, etc., así como grasas y material flotante. Todas las aguas residuales a tratar deberá estar conectadas a este tratamiento. Luego del tratamiento primario se instala un pozo de bombeo, desde donde se alimentará al resto de la planta.
- b) Un tratamiento secundario, es un reactor anaerobio de flujo ascendente, tipo UASB (Upflow Anaerobi Sidge Blanker), de 200 m<sup>3</sup>. de capacidad nominal. Dentro del reactor UASB la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual será convertida en un 90% en biogás, combustible aprovechable, mientras el otro 10% ser convertido en biomasa, lodo ya estabilizado el cual podrá usarse como abono. El reactor cuenta con un sistema para el manejo del biogás, el cual incluye “atrapa llamas” y venteo de biogás producido así como con un sistema para manejo de lodos en exceso. Se espera una producción de biogás cercana a los 26 m<sup>3</sup>/día, equivalente a unas 25 libras de gas licuado propano, GLP.
- c) Tratamiento anaerobio, consta de un sistema de post-tratamiento aeróbico y un filtro percolador, seguido por un clarificador final. El bio-filtro estará empacado con cerca de 16m<sup>3</sup> de medio plástico especial, sobre el cual crecerá adheridas la bacterias encargadas de la depuración final del agua. El exceso de lodos producidos en el bio-filtro, será removido en el clarificador final. Los lodos del clarificador final ser retornaran al inicio de la planta para su estabilización dentro del reactor anaerobio UASB.

El área neta ocupada por las unidades de tratamiento es de 40m<sup>2</sup>. El área total de la planta incluyendo zonas para caminamiento se aproxima a 60 m<sup>2</sup>.

Principales factores ambientales que intervienen en el proceso anaerobio:

**Nutrientes:** La digestión anaerobia por ser un proceso biológico requiere ciertos nutrientes inorgánicos esenciales para el crecimiento. En defecto de estos nutrientes el crecimiento esta limitado. La mayoría de las aguas residuales no prestan una deficiencia. Sin embargo, algunos afluentes producidos en la fabricación del papel, almidón, y alcohol pueden ser deficientes en los mico nutrientes esenciales.

En general, la descomposición anaerobia de la materia orgánica involucra procesos metabólicos que son menos eficientes que le metabolismos aeróbico. Una consecuencia importante de esta ineficiencia es que hay menos energía disponible para el crecimiento de células a partir del substrato consumido.

Otra consecuencia importante es que la velocidad de crecimiento y la actividad de las bacterias anaeróbicas son menores que las bacterias aeróbicas.

Ciertos aspectos de la ineficiencia metabólicas pueden ser considerados como ventajosos para el tratamiento de las aguas residuales: la baja producción de materia celular minimiza la cantidad de lodo que debe ser eliminado (lo cual es una gran desventaja de los procesos aerobios), mientras que la liberación de productos metabólicos ricos en energía (como el metano) puede ser muy útil para minimizar los gastos de energía.

Por otra parte, la baja velocidad de crecimiento y actividad de las bacterias anaerobias es una desventaja para el tratamiento de aguas residuales, lo cual puede compensarse manteniendo un alto nivel de lodo microbioal en el reactor. La baja velocidad de crecimiento hace que sistemas de este tipo, requiere de muchos cuidados y largos períodos de tiempo para lograr un buen arranque.

El reactor anaerobio es un tanque lleno con lodo anaerobio, el cual tiene buenas propiedades de sedimentación. El agua residual afluyente es alimentada desde el fondo del tanque, donde entra en contactos con el lodo (contacto lodo-agua residual). La degradación anaerobia de los substratos orgánicos ocurre en el lecho del lodo, donde se produce el biogás.

El flujo combinado del agua residual y el biogás, puede expandir algunos de los sólidos del lodo a la parte superior del reactor. Por ésta razón un separador de tres fases esta situado en la parte superior del reactor para separar el biogás el agua y el lodo.

El biogás es captado bajo una campana y conducido hacia la superficie del reactor, donde es descargado.

Tres categorías generales de lodo pueden reconocerse en el reactor, basándose en el grado de agregación de las partículas:

- Lodo dispersado; no hay agregado de partículas del lodo, observándose propiedades pobres de sedimentación.
  
- Lodo flocúleno: es el agregado en flóculos sueltos, con propiedades intermedias de sedimentación.



- Lodo granular: es el agregado en gránulos compactos, con excelentes propiedades de sedimentación.

La materia orgánica presente en el agua residual es degradada por una población de microorganismos adherida al medio. Dicha materia orgánica es absorbida sobre la película biológica o capa viscosa, en cuyas capas externas es degradada por los microorganismos anaerobios. Cuando los microorganismos crecen, el espesor de la película aumenta y el oxígeno es consumido antes de que pueda penetrar todo el espesor de la película. Por lo tanto, se establece un ambiente anaerobio cerca de la superficie del medio.

La comunidad biológica presente en un filtro se compone principalmente de moneras (10), como las bacterias aerobias, anaerobias y anaerobias facultativas, así como hongos, algas y protozoos. Suelen también encontrarse algunos animales superiores, como gusanos, larvas de insectos y caracoles.

El reactor anaerobio es un tratamiento con una tecnología relativamente nueva, por lo que la información disponible acerca de sus resultados en la práctica de la ingeniería sanitaria es limitada. Las bacterias anaerobias facultativas son los microorganismos predominantes en el filtro percolador y, junto con las bacterias aerobias y anaerobias, su misión es descomponer la materia orgánica del agua residual. Los hongos presentes son también los causantes de la estabilización del agua residual, pero su contribución sólo es importante con ciertas aguas residuales industriales.

El arrastre de sólidos en el afluente hace que, al igual que en el proceso de lodos activados, la instalación de un sedimentador secundario juegue un papel muy importante en el proceso de tratamiento por filtros percoladores.

### **2.5.3 Pozos de visita y absorción**

El tipo de pozo es el indicado en los planos de pozos de visita, adjuntos al proyecto. Los materiales usados son de la calidad y características anotadas en las especificaciones.

Todos los detalles de la estructura se ajustan a los planos del proyecto. Las cotas de las tapaderas de los pozos de visita, salvo disposiciones especiales deberán quedar al mismo nivel de la rasante de la calle.

#### **Resultados del análisis del diseño del sistema de red de aguas residuales:**

En base a la información recabada de cada uno de los componentes del sistema de red de aguas residuales de la colonia El Tabacal, los resultados de los caudales arriba calculados se compararon con los datos de la tabla VIII de datos proporcionadas por la empresa que realizó el diseño del sistema de red de aguas negras, siendo los mínimos resultados que dichas tabla.

Otro aspecto tomado en cuenta para el análisis, fueron los requisitos mínimos requeridos por la municipalidad de Villa Nueva, sobre la construcción de sistemas de aguas residuales, dando como resultado que satisfactoriamente fueron observados a la hora del diseño y construcción del mismo.

### **2.5.4 Bases principales del diseño**

Al hablar de las bases principales del proyecto se mencionarán todas aquellas características y datos reales en los cuales se basaron para ejecutar dicho proyecto.

Entre éstas pueden mencionarse:

1. Sistema de drenajes a utilizar según reglamento de la capital:	Separativo
2. Localización del proyecto:	Cuenca Pacífica
3. Método de estimación población futura:	Saturación
4. No. de lotes del proyecto:	152
5. Área futura a conectar:	2.29 Has
6. No. de lotes futuros a conectar:	248
7. No. de habitantes por lote:	6
8. Población futura:	2400 habitantes
9. Dotación de aguas negras:	160 lts/hab/día.
10. Caudal de Infiltración:	90 lts/hab/día.
11. Caudal por Conexiones Ilícitas:	150 lts/hab/día.
12. Caudal total medio acumulado:	11.11 lts/seg.
13. Caudal total de Diseño:	39.14 lts/seg.
14. Velocidad mínima de gasto negro:	0.5 m/seg,
15. Velocidad máxima de gasto negro:	3.0 ni/seg.
16. Relación máxima de diámetros (d/D):	0.75

## 2.6 Presupuesto del diseño

Un aspecto importante en todo proyecto es el económico, por lo tanto en este proyecto específico, se presentan cada uno de los rubros que se utilizaron para llevarlo a cabo. En la tabla que aparece a continuación se presenta el presupuesto del proyecto, especificando, unidades de medidas, cantidades a utilizar, precios unitarios y totales.

**Tabla VI. Presupuesto del proyecto**

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (Q)	(Q)	TOTAL (Q)
<b>1</b>	<b>COLECTORES</b>	ml	<b>491</b>			<b>118,065.90</b>
	Tubo concreto o 10" clase B	U	220	22.65	4983	
	Tubo concreto o 30" clase B	U	60	228.23	13693.8	
	Tubo concreto o 36" clase B	U	236	370.1	87343.6	
	Tubo concreto o 8" clase B	U	8	17.25	138	
	Cemento portland gris	saco	129	25	3225	
	Arena de rio	m3	8.5	95	807	
	Material selecto	m3	105	75	7875	
<b>2</b>	<b>POZOS DE VISITA</b>	U	<b>15</b>			<b>18,001.71</b>
	Cemento portland gris	saco	115	25	2875	
	Arena de rio	m3	15	95	1425	
	Piedrin de 3/4"	m3	7.25	50	1087.5	
	Ladrillo tayuyo de 5.11.23 cm.	millar	12	600	7200	
	Hierro corrugado o 3/8" G-40	varilla	98	10.77	1055.46	
	Hierro corrugado o 1/2" G-40	varilla	15	20	300	
	Hierro corrugado o 1/4" G-40	varilla	60	5.75	345	
	Escalón prefabricado o 5/8" G-40	U	93	20	860	
	Alambre de amarre calibre 16	libra	75	2.75	206.25	
	Madera para formaleta	PT	400	3.5	1400	
	Clavo diferentes medidas	Libra	90	2.75	247.5	
<b>3</b>	<b>TRAGANTES DE REJILLA</b>					<b>31,209.35</b>
	Cemento portland gris	saco	274	25	6850	
	Arena de rio	m3	2.5	95	2042.5	
	Piedrin	m3	14	150	2100	
	Ladrillo tayuyo de 5x11x23 cm.	millar	12	600	7200	
	Hierro corrugado o 3/8" G-40	varilla	270	10.77	2907.9	
	Hierro corrugado o 1" G-40	varilla	2	73.65	8248.8	
	Hierro corrugado o 1/4" G-40	varilla	25	5.75	143.75	
	Alambre de amarre calibre 16	libra	119	2.75	327.25	
	Tubo de cemento o 8" Clase B	U	12	17.25	207	
	Tubo de cemento o 10" clase B	U	45	22.65	1019.25	
	Tubo de cemento o 12" clase B	U	6	27.15	162.9	
<b>TOTAL MATERIALES</b>						<b>167,276.96</b>
	MANO DE OBRA CALIFICADA	Global	1			46,837.55
	MANO DE OBRA NO CALIFICADA	Global	1			70,256.32
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>						<b>117,093.87</b>
<b>RESUMEN</b>						
	Materiales		Q167,276.96			
	Mano de Obra Calificada		Q46,837.55			
	Mano de obra no calificada		Q70,256.32			
	<b>COSTO TOTAL</b>		<b>Q284,370.83</b>			

### **3. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE AGUAS RESIDUALES PARA UNA LOTIFICACIÓN**

#### **3.1. Estado actual de las instalaciones del sistema de aguas residuales**

El sistema en general en el aspecto físico se encuentra en un estado aceptable, se supervisó su funcionamiento y correcta utilización.

Supervisión del estado de las instalaciones del sistema de aguas negras.

Candelas, se constato que se encuentran en buenas condiciones, y se encuentran en su respectivo lugar. Verificando también que no existen deterioro ya que esto puede producir la introducción de basura y tierra que pueden producir una obstrucción al sistema.

Pozos de visita: se verificó el estado de la tapadera y brocal de cada pozo de visita las cuales no existe ningún problema.

Planta de tratamiento: funciona correctamente, cabe mencionar que la supervisión la hizo una persona experta que en este caso es el proveedor (ECOLÓGICA)

### **3.2. Estado actual de los equipos utilizados en el sistema**

Los equipos utilizados en el sistema de red de aguas negras fue supervisado y evaluado, tomando en cuenta los años que se llevan de funcionamiento dichos equipos están en buenas condiciones, ya que el mantenimiento ha sido oportuno, pero podría mejorar y así darle mas años de vida a los equipos.

### **3.3. Partes del sistema**

Cuando se habla del diseño de la red del proyecto, debe de mencionarse o hacer referencia de los siguientes componentes o partes del sistema:

- A. Colectores principales (red de distribución)
- B. Servicios o conexiones domiciliare
- C. Planta de Tratamiento
- D. Pozos de Visita y absorción
- E. Bases principales del diseño

#### **3.3.1 Colectores principales**

Los colectores principales del proyecto son de diámetro mínimo de 8". En general toda la tubería es de concreto giropresado tipo A, con Una resistencia mínima a la compresión de 3000 lbs/pul<sup>2</sup>. La pendiente mínima utilizada para la instalación de la tubería es del 0.5%. La profundidad mínima establecida para la tubería es de 1.20mts., más el diámetro del tubo, considerando el trafico vehicular de las calles donde quedo instalada. En las calles asfaltadas la tubería se ubicara a 1.50 m. del bordillo, para permitir la colocación de tuberías de aguas pluviales.

### **3.3.2 Conexiones domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias para cada dos casas, están hechas con tubería de 6" ubicada a 45 grados en el sentido del flujo. Esta conexión entronca a una candela domiciliar fabricada con tubería de 12" de concreto con su respectiva tapadera y, base de concreto armado ubicada en el lindero que divide las dos casas. La red de cada casa se conectara a dicha candela, significando que a la candela entroncaran como máximo dos tubos domiciliarios. En total hay consideradas 83 candelas de 12". Se consideran 9 conexiones domiciliarias profundas entre los pozos de visita PV-38 a PV-43.

#### **Figura 4. Conexiones domiciliarias**

### 3.3.2 Planta de tratamiento

**Sistema actual:** Existe una fosa de succión de 6 m. de profundidad y una planta de tratamiento tipo aerobio (la mencionada planta es adquirida en la casa tubovinil). A esta planta ingresan dos tuberías, una de 8" y otra de 12" aproximadamente a 2.50 m. de profundidad.

**Sistema nuevo:** Con el propósito de poder ingerir los caudales de aguas negras, no sólo del presente proyecto sino de otros dos proyectos vecinos del Tabacal (aproximadamente 760 lotes, 4560 personas, un caudal medio de aguas residuales 8.5 L/seg.), se pretende construir una nueva planta del tipo anaerobio por medio de reactores U.A.S.B. Inicialmente se va a aprovechar la fosa de succión existente, a la cual van a desembocar las tres tuberías de concreto, luego se va a bombear al pretratamiento, pasando por un sistema primario y secundario y como última etapa se va a aprovechar la planta tubovinil como un post-tratamiento. Finalmente el efluente tratado va a parar a pozos de absorción ya construidos.



**Figura 5. Planta de tratamiento**

### 3.3.3 Pozos de visita y absorción

**Pozos de visita:** Los pozos de visita siempre son necesarios en el lugar donde concurren dos o más tuberías así como también en los lugares donde hay cambio de dirección en la línea central de diseño. También cuando las distancias son mayores de 100 metros, se debe de poner un pozo intermedio para que cuando se desee hacer alguna limpieza, la dificultad sea menor. Los pozos de visita son de sección circular con un diámetro mínimo de 1.20 metros; las paredes se construyen de ladrillo, el fondo es una losa de concreto armado. En los pozos no se permite caídas mayores de 1.00 metros sin un derivador de caudal que funcione como dissipador de energía, ya que de lo contrario produce caudales máximos que causa destrucción del sistema.

Respecto a los diámetros de los pozos de visita, se utilizan las dimensiones mínimas especificadas en el Reglamento de Construcción de Alcantarillados de la Municipalidad de Guatemala (ver tabla No. VI).

**Tabla VII. Diámetros mínimos de pozos de visita**

DIÁMETRO DE TUBERÍA EFLUENTE (PLG)	DIÁMETRO MÍNIMO DEL POZO (METROS)
8	1.20
10	1.20
12	1.20
14	1.50
16	1.50
18	1.50
20	1.50
24	1.75
30	1.75
36	1.90
40	2.00
42	2.00
60	2.50
En diámetros mayores	Diámetro de tubería efluente + 1.00 mt.

**Fuente:** Del Cid Pérez, Gonzalo. Diseño de Ampliación de la Red Alcantarillado Sanitario para la Aldea Estancia de la Virgen, El Progreso. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,993.

La distancia máxima entre los pozos es de 68.00 metros. Estos pozos son de sección circular y de diámetro de 1.00 metro interior, las paredes son de ladrillo tayuyo, y en el fondo lleva una losa de concreto sin refuerzo de 0.30 m. La parte superior es de forma de cono truncado y, lleva una tapadera circular de concreto armado de 0.60 m. de diámetro.

Se puede ingresar a los pozos cuando sea necesario efectuar alguna limpieza o chequear las cotas invert a que se instalo la tubería. La diferencia entre el tubo que entra y el que sale es de 0.03 m. como mínimo. El fondo de los pozos se hará de tal forma que el agua nunca permanezca, por lo contrario pase de largo, esto se logra rellenando el fondo y dándole una media caña con pedazos de ladrillo o concreto.

Se consideran 23 pozos de visita, de los cuales seis (Del PV-38 al PV-43) son profundos debido a que se prevé conectar las aguas residuales en un futuro, de los proyectos vecinos a éste, en el PV-38. En el caso de pozos con caídas mayores de 50 cm. se prevé construir una derivación a 45° para disipar la energía del agua y así evitar el daño por erosión en las estructuras.

**Pozos de absorción:** El agua tratada se conduce por medio de una tubería de 12" a 3 pozos de absorción ubicados en el área verde del proyecto, se dejarán interconectados los tres pozos para que puedan trabajar alternamente. De acuerdo a una prueba de infiltración en el terreno superficial (2.00m), se obtuvo una velocidad de infiltración de 1.0 cm. /minuto la cual es demasiada baja por lo que los pozos deberán alcanzar un material arenoso que su velocidad de infiltración sea superior a los 3.0 cm/ minuto.

Los brocales de los pozos estarán ubicados aproximadamente a 2.30 m. de profundidad, y la entrada de los tubos será a 2.60 m., por lo que se prevén pozos de visita tradicionales por encima de los pozos de absorción para bajar a darles mantenimiento. Estos pozos tendrán 1.0 m. de levantado, y luego estará el material descubierto para alcanzar la filtración esperada.

Con la descarga de estas agua tratadas, a los acuíferos subterráneos, se espera contribuir a una recarga artificial de dichos mantos que son la fuente de agua del futuro.

**Figura 6. Pozo de visita.**

### 3.4 Cálculo de caudales reales del sistema de aguas negras

Para poder comenzar con los cálculos de los caudales reales se comenzó con el número de habitantes aproximados en el año que estamos elaborando esta investigación, por medio del método geométrico el cual nos da el siguiente resultado:

$$Pa = Psp (1 + i)^n$$

Donde:

Pa = Población actual en la fecha de estudio

Psp = Población según el proyecto

i = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño

$$Pf = 912 (1 + 0.0495)^7$$

$$Pf = 1277 \text{ habitantes al año 2004}$$

Se presentan las fórmulas y los cálculos de los caudales con los cuales se pretenden sacar resultados de los caudales actuales para posteriormente hacer una comparación con los cálculos de diseño del proyecto.

#### 3.4.1 Caudal medio diario

Se ha tomado el método experimental para poder obtener los datos reales del caudal medio diario para poder compararlo con el análisis que se ha hecho en el capítulo II.

El caudal medio diario es la cantidad de agua consumida por la población durante un día, la cual se obtiene como promedio de los consumos diarios en el período de un año. Cuando no se tiene registro de consumo diario como en este caso, para calcular dicho promedio, se procede con el caudal medio diario como el resultado de multiplicar la dotación por el número de habitantes proyectados hasta el final del período de diseño.

Para poder calcular el caudal promedio tenemos que saber el consumo total de litros por día que son aproximadamente de 194,328 lts / día. De aquí tenemos que la población futura es de 2400 habitantes entonces tenemos que:

$$\text{Dotación:} = (194,328 \text{ lts / día}) / 1277 = 152.17 \text{ lts / hab / día}$$

En algunos casos ha que adicionar el consumo para animales y otros como riego, tomando en cuenta que el caudal del nacimiento es alto permite aplicar la dotación más alta, con base a lo expuesto, se adopta una dotación de 150 lts / hab / día, como lo indica los datos aportados.

Ejemplo: Pv28 a Pv27

$$Q_m = (\text{Dotación} * \text{Población futura}) / 86400$$

$$Q_m = (150 \text{ lts. / hab. / día} * 6) / 86400$$

$$Q_m = 0.0111 \text{ lts/ hab/ día}$$

Donde:

$Q_m$  = Caudal medio diario

Dotación = 150 lts /hab/día

Población Futura = 6 hab.

86400 = constante dada por la fórmula

### **3.4.2 Caudal máximo diario**

El caudal máximo diario se utiliza para diseñar la línea de conducción de un proyecto. Es el máximo consumo de agua durante 24 horas, observando en el período de un año. Cuando no se tienen datos de consumos diarios, el caudal máximo diario se obtiene incrementado del 20% al 50% el caudal máximo diario. Este factor de incremento se denomina factor de día máximo.

El factor de día máximo, esta en función del tamaño de la población, se aplica de la siguiente manera:

Poblaciones menores de 1000 habitantes = se usa 1.5

Poblaciones mayores de 1000 habitantes = se usa 1.2

Para este caso se utiliza un factor de día máximo de 1.2

El caudal máximo diario será entonces, para Pv26 a Pv27

$$Q_{md} = \text{factor día máximo} * Q_m$$

$$Q_{md} = 1.2 * 0.0111$$

$$Q_{md} = 0.0133$$

### **3.4.3 Caudal máximo por hora**

Se define como el máximo consumo de agua observado durante una hora del día, en el periodo de un año. Cuando no se tiene registro, el caudal máximo horario se obtiene multiplicando el caudal medio diario por un factor que varia de 2.0 a 3.0. Este factor se denomina factor de hora máxima.

Al igual que el factor de día máximo este valor esta en función del tamaño de la población, aplicándose de la forma siguiente:

Poblaciones mayores de 1000 habitantes = se usa 2.00

Poblaciones menores de 1000 habitantes = se usa 3.00

Para nuestro caso se utilizará un factor de hora máxima de 2.5. El caudal máximo horario será entonces:

$Q_{mh} = \text{factor de hora máxima} * Q_m$

$Q_{md} = 2.5 \times 0.0111$

$Q_{md} = 0.0279$

### **3.5 Análisis de los datos actuales del sistema**

Los resultados obtenidos en la evaluación del sistema de aguas residuales podemos dividirlo en dos partes:

El aspecto físico, los componentes del sistema fueron evaluados en base a sus características físicas, siendo estas aceptables y que llenan los requisitos requeridos, lo más importante que su funcionamiento es correcto beneficiando a los habitantes de la colonia.

En el aspecto cuantitativo, se evaluó el cálculo de caudales, dando como resultado que los caudales están siendo utilizados arriba de un cincuenta por ciento de su capacidad, tomando en cuenta que el diseño se realizó a 20 años, esto no quiere decir que su funcionamiento sea incorrecto.



El funcionamiento del sistema de aguas residuales de la colonia El Tabacal ha estado trabajando correctamente, siendo esto una gran ventaja para los vecinos de la colonia y para las demás colonias circunvecinas, y que son beneficiadas ya que no existe contaminación de las aguas residuales y así un menor índice de enfermedades para todos los vecinos de Villa Nueva.

Otro aspecto muy importante del sistema de aguas residuales de la colonia El Tabacal es la existencia de la planta de tratamiento, esto es una gran ventaja para toda la comunidad de Villa Nueva, ya que se asegura una disposición adecuada de los desechos líquidos domésticos que él mismo produce, de modo que se minimice el riesgo de que la comunidad adquiriera enfermedades generalmente transmisibles por estos medios

El mantenimiento del sistema tiene aproximadamente 6 meses que no se le da limpieza el único mantenimiento que se observo es la limpieza de la vegetación en los taludes exteriores.

### **3.6. Comparación de datos de diseño contra datos reales**

En la tabla VIII que aparece a continuación puede observarse los cálculos del diseño original del proyecto y luego la tabla IX la cual contiene los cálculos reales o actuales del sistema.

Tabla VIII. Cálculo de alcantarillado sanitario

ALTERNATIVA UTILIZANDO TUBERIA DE CONCRETO																												
DEPV A	PV	COTAS	TERR.	LONG.	PERD.	CASAS	TRIBUT.	HAB.	FUTUROS	CAUDAL	MEIO	FACTOR	CAUDAL	PERD.	CAUDAL	PERD.	CAUDAL	PERD.	CAUDAL	PERD.	CAUDAL	PERD.	CAUDAL	PERD.	CAUDAL	PERD.	CAUDAL	PERD.
No.	No.	INICIAL	FINAL	(M)	FERR	TRAMO	ACUM.	TRAMO	ACUM.	TRAMO	ACUM.	FLUJO	MAXIMO	TUBO	INICIAL	FINAL	TUBO	INICIAL	FINAL	TUBO	INICIAL	FINAL	TUBO	INICIAL	FINAL	TUBO	INICIAL	FINAL
28	Z7	96.47	96.57	15.00	-0.67%	2	2	12	12	0.06	0.06	4.4067	0.24	0.50	95.23	95.16	8	0.65	20.96	0.0117	0.3400	0.0775	0.22	1.240	1.400	13.91	11.83	
26	26A	96.47	96.17	29.50	4.41%	8	8	48	48	0.22	0.22	4.3187	0.96	4.50	97.08	95.75	8	1.90	62.86	0.0163	0.3600	0.8750	0.71	1.900	1.420	29.01	24.66	
26A	Z7	97.17	96.57	28.50	2.11%	8	16	48	96	0.22	0.44	4.2484	1.89	2.00	95.72	95.15	8	1.29	41.89	0.0451	0.5070	0.1450	0.65	1.450	1.420	28.63	24.33	
29	29A	96.67	96.32	32.00	7.34%	8	8	48	48	0.22	0.22	4.3183	0.96	7.00	97.30	95.06	8	2.42	78.38	0.0122	0.3410	0.0775	0.63	1.370	1.260	29.46	25.04	
29A	30	96.32	96.37	25.00	-0.20%	8	16	48	96	0.22	0.44	4.2484	1.89	0.50	95.03	94.90	8	0.65	20.96	0.0901	0.6240	0.2850	0.41	1.290	1.470	24.15	20.63	
31	31A	96.87	96.82	24.50	8.37%	8	8	48	48	0.22	0.22	4.3183	0.96	9.00	97.57	95.36	8	2.74	88.87	0.0108	0.3270	0.0725	0.90	1.300	1.460	23.67	20.12	
31A	32	96.82	96.80	32.50	1.98%	8	16	48	96	0.22	0.44	4.2484	1.89	2.00	95.33	94.88	8	1.00	41.89	0.0451	0.5070	0.1450	0.65	1.490	1.495	33.95	28.86	
33	33A	96.37	96.57	24.50	7.35%	8	8	48	48	0.22	0.22	4.3880	0.96	8.00	97.20	95.24	8	1.29	83.82	0.0114	0.3340	0.0750	0.87	1.170	1.330	21.44	18.22	
33A	34	96.57	96.96	32.50	1.88%	8	16	48	96	0.22	0.44	4.2484	1.89	2.00	95.20	94.56	8	2.59	4.89	0.0451	0.5070	0.1500	0.65	1.380	1.398	31.37	26.67	
Z7	30	96.57	96.37	44.00	0.45%	9	27	54	162	0.25	0.75	4.1800	3.14	0.50	95.12	94.90	8	0.29	20.96	0.1486	0.7160	0.2800	0.47	1.450	1.470	44.97	38.22	
30	32	96.37	96.18	38.00	0.51%	6	48	36	294	0.17	1.36	4.0822	5.56	0.50	94.87	94.88	10	0.65	38.50	0.1456	0.7160	0.2800	0.54	1.500	1.495	39.83	33.86	
32	34	96.18	96.96	42.00	0.52%	8	73	48	438	0.22	2.03	4.0380	8.20	0.50	94.65	94.44	10	0.75	38.50	0.2128	0.8040	0.3200	0.60	1.525	1.518	44.73	38.02	
34	41	96.96	95.74	42.00	0.52%	4	93	24	558	0.11	2.58	3.9492	10.20	0.50	94.41	94.20	10	0.75	38.15	0.2674	0.6660	0.3600	0.64	1.548	1.540	45.39	38.58	
35	36	3.37	97.27	47.00	12.98%	15	15	90	90	0.42	0.42	4.2568	1.77	12.50	101.70	95.87	8	0.75	100.00	0.0177	0.3810	0.0925	1.52	1.670	1.400	50.50	42.93	
36	40	97.27	95.72	48.00	3.23%	6	21	36	126	0.17	0.58	4.2147	2.46	3.50	95.73	94.10	8	4.00	55.44	0.0443	0.5070	0.1450	0.87	1.480	1.610	51.91	44.13	
37	38	102.25	96.10	68.00	9.04%	10	10	60	60	0.28	0.28	4.2980	1.19	9.00	100.85	94.73	8	1.71	88.87	0.0134	0.3550	0.0825	0.97	1.400	1.370	65.93	56.04	
38	39	96.10	96.50	18.00	-2.22%	248	258	1488	1548	6.89	7.17	3.6886	26.30	0.50	92.39	92.30	12	2.74	61.83	0.4263	0.9550	0.4500	0.81	3.710	4.200	49.83	42.36	
39	40	96.50	95.72	42.00	1.86%	6	264	36	1584	0.17	7.33	3.6623	26.86	0.50	92.27	92.06	12	0.85	61.83	0.4344	0.9640	0.4600	0.82	4.230	3.660	115.98	98.59	
40	41	95.72	95.74	12.00	-0.70%	4	288	24	1734	0.11	8.03	3.6332	29.17	0.50	92.03	91.97	12	0.85	61.83	0.4717	0.9910	0.4900	0.84	3.680	3.770	31.33	26.63	
41	42	95.74	95.92	39.00	-0.46%	4	306	24	2316	0.11	10.72	3.5364	37.91	0.50	91.94	91.75	12	0.85	61.83	0.6131	1.0580	0.5700	0.90	3.800	4.175	108.86	92.53	
42	43	95.92	96.07	30.00	-0.50%	8	394	48	2364	0.22	10.94	3.5282	38.61	0.50	91.72	91.57	12	0.85	61.83	0.6245	1.0580	0.5700	0.90	4.205	4.505	91.45	77.74	
44	43	96.57	96.07	37.00	1.35%	6	6	36	36	0.17	0.17	4.3415	0.72	2.00	95.17	94.43	8	0.75	1.29	0.5609	1.0290	0.5400	0.77	1.400	1.640	39.37	33.46	
43	FS	96.07	96.46	15.00	-2.80%	0	400	0	2400	0.00	11.11	3.5229	39.14	0.50	91.54	91.46	12	0.85	61.83	0.6331	1.0780	0.6100	0.92	4.535	5	50.06	42.55	
				766				2400		11.11																1085.73	905.90	

Tabla IX. Cálculo de alcantarillado sanitario actual

ALTERNATIVA UTILIZANDO TUBERIA DE CONCRETO																											
TRAMO DE PY	A	PY	COTAS	TERR.	LONG	PEND.	CASAS	TRIB.	HAB.	FUTUROS	CAUDALMEDIO	FACTOR	CAUDAL	PEND	CUDTAS	INVERT	DIAM.	VELOC.	CAUDA	REL.	REL	REL	REL	Vel.	ALTURPOZOS		
No.	No.	INICIAL	FINAL	(M)	(%)	TERR	TRAMO	ACUM	TRAMO	ACUM	TRAMO	ACUM	FLUJO	MAXIMO	TUBO	INICIAL	FINAL	TUBO	LLENO	LLENO	VR	VR	VR	Real	INICIAL	FINAL	
1	28	27	96.47	96.57	15.00	-0.67%	1	1	6	6	0.05	0.05	4.43145146	0.22	0.07	95.23	95.16	8	0.95	20.96	0.0107	0.3340	0.0750	0.22	1.240	1.400	
2	26	26A	98.47	96.17	29.50	4.41%	4	4	26	26	0.13	0.13	4.3665364	0.55	0.21	97.08	95.75	8	1.90	62.86	0.0088	0.3120	0.0675	0.59	1.390	1.420	
3	26A	27	97.17	96.57	28.50	2.11%	4	8	26	51	0.13	0.25	4.31281844	1.09	0.21	95.72	95.15	8	1.29	41.89	0.0261	0.4260	0.1100	0.55	1.450	1.420	
4	29	29A	98.67	96.32	32.00	7.34%	4	4	26	26	0.13	0.13	4.3665364	0.57	0.26	97.30	95.06	8	2.42	78.38	0.0072	0.2970	0.0600	0.72	1.370	1.260	
5	29A	30	96.32	96.37	25.00	-0.20%	4	8	26	51	0.13	0.26	4.31281844	1.11	0.07	95.03	94.90	8	0.65	20.96	0.0527	0.5330	0.1575	0.35	1.290	1.470	
6	31	31A	98.87	96.82	24.50	8.37%	4	4	26	26	0.13	0.13	4.3665364	0.57	0.30	97.57	95.36	8	2.74	88.87	0.0064	0.2810	0.0575	0.77	1.300	1.460	
7	31A	32	96.82	96.80	32.50	1.98%	4	8	26	51	0.13	0.26	4.31281844	1.11	0.14	95.33	94.68	8	1.00	41.89	0.0264	0.4260	0.1100	0.43	1.490	1.495	
8	33	33A	98.37	96.57	24.50	7.35%	4	4	26	26	0.13	0.13	4.3665364	0.57	0.28	97.20	95.24	8	1.29	83.82	0.0088	0.8900	0.0600	1.15	1.170	1.330	
9	33A	34	96.57	95.96	32.50	1.88%	4	8	26	51	0.13	0.26	4.31281844	1.11	0.14	95.20	94.56	8	2.59	4.69	0.2261	0.8170	0.3000	2.12	1.360	1.398	
10	27	30	96.57	96.37	44.00	0.45%	5	14	29	86	0.15	0.15	4.28067152	0.64	0.07	95.12	94.90	8	0.29	20.96	0.0305	0.4500	0.1200	0.13	1.450	1.470	
11	30	32	96.37	96.18	36.00	0.51%	3	26	19	156	0.10	0.25	4.18606443	1.04	0.07	94.87	94.68	10	0.65	38.50	0.0269	0.7390	0.1150	0.48	1.500	1.495	
12	32	34	96.18	95.96	42.00	0.52%	4	39	26	233	0.13	0.37	4.12307938	1.54	0.07	94.65	94.44	10	0.75	38.50	0.0401	0.4840	0.1350	0.36	1.525	1.518	
13	34	41	95.96	95.74	42.00	0.52%	2	49	13	297	0.07	0.44	4.08038422	1.81	0.07	94.41	94.20	10	0.75	38.15	0.0474	0.5170	0.1600	0.39	1.548	1.540	
14	35	36	3.37	97.27	47.00	#####	8	8	48	48	0.23	0.23	4.31845392	0.99	0.35	101.70	95.87	8	0.75	100.00	0.0099	0.6440	0.2150	0.48	1.670	1.400	
15	36	40	97.27	95.72	48.00	3.23%	3	11	19	67	0.10	0.33	4.2872140	1.41	0.19	95.79	94.10	8	4.00	55.44	0.0253	0.4200	0.1075	1.68	1.480	1.610	
16	37	38	102.25	96.10	68.00	9.04%	5	5	32	32	0.15	0.15	4.36034376	0.65	0.30	100.65	94.73	8	1.71	88.87	0.0073	0.2880	0.0600	0.49	1.400	1.370	
17	38	39	96.10	96.50	18.00	-2.22%	132	137	792	824	3.63	3.78	3.65274155	14.56	0.07	92.39	92.30	12	2.74	61.83	0.2355	0.8170	0.3300	2.24	3.710	4.200	
18	39	40	96.50	95.72	42.00	1.88%	3	140	19	843	0.10	0.88	3.9466554	14.92	0.07	92.27	92.06	12	0.95	61.83	0.2413	0.8170	0.3300	0.69	4.230	3.680	
19	40	41	95.72	95.74	12.00	-0.70%	2	154	13	923	0.07	3.95	3.82227476	15.09	0.07	92.03	91.97	12	0.95	61.83	0.2440	0.8300	0.3400	0.71	3.690	3.770	
20	41	42	95.74	95.92	39.00	-0.46%	2	205	13	1232	0.07	4.02	3.7967654	15.02	0.07	91.94	91.75	12	0.95	61.83	0.2429	0.8430	0.3500	0.72	3.800	4.175	
21	42	43	95.92	96.07	30.00	-0.50%	4	210	26	1258	0.13	4.14	3.73365448	15.47	0.07	91.72	91.57	12	0.95	61.83	0.2502	0.8300	0.3400	0.71	4.205	4.505	
22	44	43	96.57	96.07	37.00	1.35%	3	3	19	19	0.10	0.10	4.38294864	0.44	0.14	95.17	94.43	8	0.75	1.29	0.3388	0.9130	0.4100	0.68	1.400	1.640	
23	43	FS	96.07	96.46	15.00	-2.60%	0	213	0	1277	0.00	6.09	3.72902131	22.70	0.07	91.54	91.46	12	0.95	61.83	0.3671	0.9210	0.4200	0.78	4.535	5	
TOTAL					766.00		213	0.0	1277		6.08		0.00														

Los cálculos de la tabla del sistema actual de caudales reales se realizó en base a las mismas fórmulas del cálculo de diseño, tomando en cuenta los que los datos utilizados en dicha tabla, son datos actuales de la colonia El Tabacal. La tabla que se refiere a los datos de diseño del sistema tomando en cuenta que los datos fueron tomados a futuro de 20 años. Los habitantes futuros serán de 2400 aproximadamente, casas que tributarán son 400, con los cuales se procedió a hacer los cálculos de la tabla VIII.

La tabla VIII se refiere a los caudales reales, tomando en cuenta que los datos están tomados a la fecha siendo los habitantes aproximados de 1277 número de casas que tributan 233.

### **3.7 Conclusiones del proyecto de sistema de aguas negras**

Tomando en cuenta que estamos a 8 años del haberse comenzado a utilizar el proyecto y que a la fecha los caudales están a un 50% aproximados de su capacidad, y que el número de habitantes aumentará considerablemente, esto significa que habrá más demanda de los caudales, lo cual deberá de tomarse en cuenta para poder tomar una decisión de parte de la administración de la colonia, sobre un adecuado mantenimiento para el sistema de aguas residuales y así poder prever cualquier imprevisto que pudiera suceder.

El tratamiento de las aguas residuales es un punto muy importante para los vecinos no sólo de la colonia sino de todos los vecinos de Villa Nueva, ya que este traerá beneficios, las aguas negras siempre constituyen una molestia para los vecinos. Si bien es cierto contienen ingredientes recuperables, esto no compensan el costo del tratamiento para su obtención; sin embargo, como es indispensable el tratamiento, puede pensarse en la recuperación de ciertos productos útiles.

Las aguas negras crudas o las aguas resultantes de su tratamiento se pueden usar para los siguientes fines:

- Para riego (no se puede aplicar en la colonia por el área)
- Para enfriamiento de los evaporadores en las instalaciones productoras de energía. (lo cual no existe en el proyecto)

Entre las recuperaciones que pueden obtenerse de las aguas negras figuran: el lodo, por su valor fertilizante y su contenido de calor; la grasa; la arena como material para base de carreteras o rellenos y el gas combustible precedente de la digestión del lodo.

En general es necesario proyectar un tratamiento de las aguas negras antes de su disposición final para poder obtener beneficios de la misma.

El tratamiento que se le da a las aguas residuales en la colonia El Tabacal a través de su planta de tratamiento se divide en 3 métodos que a continuación se describen:

Un tratamiento primario, los sólidos flotantes, en suspensión o sedimentales, se reducen por sedimentación, tamización final.

El tratamiento secundario recibe aguas procedentes del tratamiento primario y comprenden un tratamiento mas completo, mecánico, químico o biológico para reducir los sólidos en suspensión o disueltos y la demanda bioquímica de oxígeno.

El tratamiento terciario constituye la adición de cloro al afluente del tratamiento secundario.

Es muy importante hacer notar que en el tratamiento de las aguas residuales es imposible destruir los elementos químicos que son componentes de las mismas, estos elementos pueden ser separados de la mezcla por evaporación, gasificación, filtración mecánica o sedimentación, sin embargo sus combinaciones químicas pueden cambiar de tal manera que se produzcan sustancias diferentes a las que llegaron a la planta de tratamiento. Son precisamente esos cambios el fin primordial que se persigue con el tratamiento de las aguas residuales

## **4. PROPUESTA DE MEJORAS Y MANTENIMIENTO EN EL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES**

### **4.1. Propuesta de un plan de mantenimiento**

El término mantenimiento desde el punto de vista de la ingeniería puede definirse como el arte de conservar los elementos del sistema de aguas residuales, sus estructuras y otros medio conexos, en condiciones apropiadas para llevar a cabo las operaciones o maniobras a que están destinados.

Con un mantenimiento correcto se previenen las emergencias o daños imprescindibles. Tres factores deben de tomarse en cuenta para el debido mantenimiento: planeación y diseño, construcción y operación.

Si el diseño es adecuado y se realiza la construcción con los materiales correctos y de acuerdo a los cálculos hechos por el diseñador, la operación se efectúa con un mínimo de mantenimiento. Los planos o copias de los mismos, mostrando las características del sistema de aguas residuales, deben estar disponibles para una referencia inmediata.

Para un mantenimiento adecuado se requiere de experiencia, mínima, estudio elemental y práctica. Básicamente, para cualquier programa de mantenimiento hay que empezar por una buena dirección y observar las siguientes reglas:

- Establecer un programa de inspección, limpieza e información.

- Llevar registro mínimo sobre funcionamiento y condiciones de los diversos componentes
  
- Observar las medidas de seguridad.

Es necesario insistir sobre la importancia de los registros aunque es conocido el escaso interés sobre los mismos, ya sea por negligencia o desconocimiento.

Los registros, llevados aún de la forma más sencilla, son una fuente útil de información, estos permiten el funcionamiento del sistema de aguas residuales en operación y detectar los puntos vulnerables que requieren mayor atención o mejoramiento.

Los registros también son una valiosa fuente de información para futuros diseñadores de sistemas de aguas residuales, ya que permiten conocer detalladamente el funcionamiento de los mismos y la corrección de posibles errores en el diseño y diseños futuros.

Se pueden llevar sistemas de registro sencillos, los mejores son los realistas y aplicados a los problemas de funcionamiento de la red de aguas residuales y planta de tratamiento. La manera más eficiente de llevar los registros consiste en planear que datos son esenciales y útiles y confeccionando entonces formas para llenar. Las formas no sólo deben incluir los datos obtenidos, estos deben ser simples y claros y que no induzcan a error o interpretación incorrecta.



Es importante reconocer la conexión directa entre la planificación, el diseño la ejecución y el mantenimiento, muchas veces se realizan los pasos anteriores sin tomar en cuenta el mantenimiento.

Se deberán tomar en cuenta los problemas imputables al sistema

- Corrosión de los elementos metálicos del sistema tales como tapas metálicas, peldaños de pozos de visita lo cual puede ocasionar accidentes graves al personal de inspección.
- Roturas de los conductos a causa de las raíces de árboles.
- Perforación y daños por excavaciones para otro tipo de obras.

Un programa de mantenimiento del sistema es un procedimiento de inspección continúa del sistema, sus obras accesorios y ramificaciones, debiéndose cubrir cada sección con una frecuencia razonable, para que pueda descubrirse y prevenirse, oportunamente, cualquier obstrucción, deterioro u operación defectuosa. Probablemente la más importante función en la operación de un sistema de aguas residuales es su mantenimiento.

Un requisito primordial para un mantenimiento eficiente el disponer de un plano reciente, a una escala aceptable, para permitir que una cuadrilla de inspección y limpieza, localice los pozos de registro o inspección con facilidad y rapidez, cuando sea necesario.

Los períodos de limpieza dependen de la inspección que se haga el sistema y elementos complementarios. El sistema de aguas residuales es uno de los elementos de los que más se abusa por parte del usuario, la variedad de descargas que se hace en ella (grasas, aceites, solventes, residuos de cocina, etc.), la utilización de los pozos de visita y de absorción como depósitos de desechos sólidos, son sólo unos ejemplos de los que se pueden esperar encontrar y por ello los útiles de limpieza dependerán de lo que se encuentre y la cantidad en la que se encuentre, ello podría también modificar los períodos de inspección, de allí la importancia de los registros en el sentido de trazar los planes de inspección y limpieza para los sectores con mayores dificultades.

La responsabilidad del mantenimiento estará a cargo de la administración de la colonia. El objetivo que se quiere alcanzar con este plan es la supervisión del uso y dar mantenimiento preventivo y correctivo al sistema de red de aguas residuales.

A continuación se presenta un plan y guía de operación y mantenimiento del sistema de aguas residuales sugerido para el mantenimiento de la colonia El Tabacal, el cual se puede utilizar en otros sistemas de aguas residuales.

Esta guía constituye una herramienta para realizar las labores adecuadas de mantenimiento del sistema de aguas residuales.

Se presentan los mecanismos de revisión general del sistema; aborda los aspectos relacionados al funcionamiento de esta obra; así como lineamientos operativos que permitan evaluar el funcionamiento del sistema y dar el mantenimiento a las diferentes unidades del sistema.

La inspección se efectuará cuando sea solicitada por parte de los beneficiarios del proyecto o la Municipalidad cuando estos lo crean conveniente. Se recomienda que las revisiones del sistema se realicen en intervalos que no sobrepasen los cuatro meses.

Previo a realizar una inspección, el personal que la realice deberá estar debidamente capacitado.

La persona encargada de la supervisión o inspección debe auxiliarse de:

**Documentos:** Planos generales del sistema de aguas residuales, especificaciones técnicas y guía de mantenimiento. La persona encargada deberá revisar los documentos para informarse de las características de la obra.

Para realizar la inspección se presenta el siguiente cuadro descriptivo que permite identificar los distintos elementos que componen el sistema sanitario, las actividades a realizar, así como las recomendaciones de solución a los distintos problemas que se detecten.

**Tabla X. Elementos de sistema sanitario**

INPECCIÓN	POSIBLE PROBLEMA	Acciones a Seguir
En pozos de visita	Topamiento parcial topamiento total	Prueba de reflejo prueba de corrimiento de flujo
En tapadera en el interior	Estado de escalones acumulacion de residuales	Cambio de tapaderas limpieza de pozos
General de la unidad	Estado fisico buen uso de candela	Cambio de tapadera
General de la unidad	Desperfecto parcial	

Después de realizada la inspección, el encargado deberá realizar un informe donde describa los principales problemas encontrados y el mecanismo de solución a implementar para la corrección de los mismos.

El informe deberá ser lo más claro y detallado posible para implementar las medidas correctivas que corresponda de acuerdo a las recomendaciones del informe, programándose a corto plazo las actividades a realizar.

**Guía: Colectores**, dentro de los chequeos que deben de realizarse en los colectores, para verificar su correcto funcionamiento están:

**Inspección de pozos de visita:** Se procede a levantar las tapaderas de los registros y observar si en estos fluyen libremente las aguas servidas, si se detecta que uno de los registros se encuentra inundado y el inmediato aguas abajo esta seco, existe un taponamiento total en el tramo comprendido entre los dos registros.

**Prueba de reflejo:** Esta consiste en colocar un agente reflector de luz (linterna, espejo) en un registro de aguas arriba y en el registro inmediato inferior, observar el reflejo producido, si éste no es percibido, implica un taponamiento parcial.

**Prueba de corrimiento de flujo:** Para realizar esta prueba se requiere de un recipiente de 25 galones con agua, a la que se le mezcla un colorante. Seguidamente se vierte en el registro aguas arriba, se observa la cantidad del flujo que llega al registro siguiente, si el flujo de llegada no es la misma cantidad que se vertió, existe un taponamiento parcial.

**Mantenimiento y reparación:** Dentro de los procesos a seguir para habilitar nuevamente el sistema, se dan las siguientes recomendaciones:

**Taponamiento parcial:** Se vierte un volúmen de 54 galones de agua en una forma simultánea y brusca en el registro aguas arriba, de tal manera que la correntada provoque la limpieza del tramo, si no fuera suficiente el volumen de agua para despejar la línea y persiste el taponamiento, se incrementa el caudal y la intensidad del flujo, esto se logra con un camión cisterna lleno de agua, la cual se procede a bombear al interior del sistema con auxilio de una manguera de diámetro y longitud adecuada para esta actividad.

**Taponamiento total:** Al no lograrse despejar el taponamiento por medio de presión de agua, se requiere realizar sondeos para limpieza, determinándose el punto a trabajar por medio de una guía que se introduce a la línea desde el registro aguas abajo, hasta el punto de obstrucción luego de ser ubicado el taponamiento se procede a excavar y descubrir el tubo.

**Guía: Pozos de visita,** dentro de los chequeos que deben de realizarse a los registros para verificar su adecuado estado y funcionamiento, están:

**Inspección de ingresos:** Se debe observar el estado de la tapadera y brocal de cada pozo de visita del sistema. Dentro de los principales aspectos que deben chequearse se pueden mencionar.

Las tapaderas deben estar colocadas en sus respectivos lugares, ya que de lo contrario, se produce el ingreso de material extraño al sistema como basura y tierra que puede provocar la obstrucción del colector.

Las tapaderas deben estar adecuadamente colocadas para que no sufran daños por el paso de vehículos, desportillándolas o fracturándolas.

**Inspección Interna del registro:** Debe de verificarse que la unidad se encuentre en buen estado de servicio. Dentro de los principales aspectos a evaluar se encuentran:

- Verificar que no se encuentre acumulación de residuos y lodos en las tuberías que impidan el libre paso de las aguas servidas.
- Chequear el estado de escalones, constatando su estado de conservación.

**Mantenimiento y reparación:** Dentro de los procesos a seguir para realizar los trabajos correctivos para habilitar nuevamente la unidad se tienen:

- Si las tapaderas se encuentran dañadas, lo preferible es sustituirlas por nuevas para garantizar la protección al sistema.
- Si el pozo de visita se encuentra con hacinamientos de lodos, debe programarse una limpieza, extrayendo toda la basura y lodo acumulado.

**Guía: Conexiones domiciliarias,** dentro del cheque que deben realizarse a las conexiones domiciliarias, para verificar el adecuado funcionamiento y correcta utilización del sistema por parte de los beneficiarios del sistema se encuentran:

- Inspección general del número de conexiones domiciliarias conectadas al sistema.
- Se tendrá que verificar el listado de beneficiarios para determinar la cantidad de usuarios del sistema.

La razón de la inspección del número de candelas existentes, es la de constatar que no existan conexiones ilícitas o no autorizadas para que no se conecten al sistema personas que no hubieran participado en la ejecución de la obra.

**Chequeo del estado de la candela:** Es importante verificar el estado de las candelas, constatando que se encuentren en buenas condiciones de servicio. La tapadera de la candela debe encontrarse en buenas condiciones de conservación y en su respectivo lugar, ya que su deterioro o ausencia, puede producir la introducción de basura y tierra que pueden producir una obstrucción al sistema.

**Mantenimiento y reparación:** Dentro de los procesos a seguir para realizar el trabajo correctivo y habilitar nuevamente la unidad, en caso de encontrarse en mal estado y/o se encuentren conexiones ilícitas que ameriten una intervención inmediata por parte de la administración de la colonia se encuentran:

El primero consiste en las llamadas conexiones ilícitas, estas pueden ser descubiertas de varias formas:

- Candelas otorgadas pero que los beneficiarios se encuentren haciendo uso inadecuado del servicio o que no cumpla con las recomendaciones dadas por parte del programa para el uso del sistema. Dentro de estas faltas se encontraron:

- a) El conectar algún sistema de recepción de aguas de lluvia intradomiciliar a la candela.

- b) Que se este vertiendo basura al sistema que pueda causar problemas de taponamiento a la red.
- c) Habiendo sido plenamente identificada la conexión ilícita o las que hagan uso inadecuado, el responsable de la inspección tendrá que notificar, si encuentra algún ilícito para que se tomen las medidas pertinentes.

**Mantenimiento y reparación:** Estado de la candela, los mecanismos a implementar en este caso es el notificar al propietario de la casa que utiliza el sistema y solicitarle que realice los trabajos reconstructivos necesarios para resguardar la candela asignada a su propiedad.

#### **4.2. Plan de evaluación constante de caudales**

El elemento más importante de todo el sistema, es sin duda las tuberías y la cantidad de fluido que por ellas circula, es por eso que se hace necesario una evaluación constante de las mismas.

La población de la lotificación crece a medida que pasan los años, esto trae como consecuencia que la capacidad de la tubería disminuya, es por ello que se hace tan importante un control y evaluación de las misma con el objetivo tener una medida cuantificable tanto del fluido como de la tubería y en base a estos datos tomar las medidas necesarias para mejorar el servicio.



Con base a lo antes mencionado el plan de evaluación de caudales del sistema, consistirá en una medición trimestralmente; en la cual, habrá un equipo de trabajo que se encargará de realizar las mediciones pertinentes. Estas mediciones se realizarán durante dos semanas consecutivas, con el único propósito de comparar el nivel de aumento de fluido que existe dentro de las tuberías para luego tomar decisiones si es necesario realizar limpieza en las mismas o no.

#### **4.3. Recomendaciones a futuro**

Luego de haber realizado las comparaciones de todo el sistema actual contra el que fue diseñado del proyecto de El Tabacal y realizando un análisis de todos los datos con que se cuenta puede llegarse a algunas conclusiones como:

- El sistema actual se encuentra con un porcentaje aproximado de uso del 50% de su capacidad.
  - Si tomamos que el proyecto fue diseñado a 20 años, y que el número de habitantes que se tenía previsto para esa fecha era de 2400, no se estima que a la fecha la colonia estuviera ya con casi un 60 % de habitantes y que la capacidad del sistema estuviera siendo utilizado con un más del 50% de su capacidad a la fecha.
  - Basado en las conclusiones anteriores se procede a realizar una serie de recomendaciones a futuro para poder mejorar el sistema y con ello alargar la vida útil del mismo.
- a) Se deberá de tomar las propuestas de la guía de mantenimiento para poder alargar los días de vida del sistema.

b) Se deberá tener algunas alternativas para poder prever si en algún momento dado, la capacidad del sistema no es suficiente.

1) Dentro de estas alternativas se podría tener un adecuado mantenimiento y supervisión periódica.

2) El cambio del sistema lo cual implicaría, gastos, inconvenientes a los vecinos de dicha colonia.

#### 4.4. Presupuesto de la propuesta de mantenimiento y evaluación

En la tabla XI que aparece a continuación, muestra el presupuesto o inversión para el plan de mantenimiento y evaluación del sistema de aguas residuales del proyecto de lotificación El Tabacal.

**Tabla XI. Presupuesto de Mantenimiento**

<b>Puesto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sueldo Trimestral</b>	<b>Total</b>
Ingeniero encargado del plan	1	Q. 3,000.00	Q. 3,000.00
Evaludor	2	Q. 1,500.00	Q. 3,000.00
Encargado de mantenimiento	6	Q. 2,000.00	Q. 12,000.00
Equipo de limpieza de tuberías	4	Q. 1,300.00	Q. 5,200.00
Evaludor de caudales	2	Q. 2,500.00	Q. 5,000.00
Calculista	1	Q. 2,500.00	Q. 2,500.00
Alquiler de maquinaria	global	Q. 3,500.00	Q. 3,500.00

El total de mantenimiento asciende a un total de Q. 34,200.00, datos recabados según cotizaciones de empresas de mantenimiento.

Nota: es importante tomar en cuenta que estos sueldos son trimestrales, debido a que así lo requiere el plan, y el trabajo se llevara a cabo durante dos semanas.

## **CONCLUSIONES**

1. El diseño y la construcción del sistema de red de aguas residuales en la colonia El Tabacal, fue elaborado llenando los requisitos requeridos por la Municipalidad, teniendo así para los vecinos de la colonia y, también para los habitantes de la población de Villa Nueva y la cuenca sur, beneficios incalculables en lo que se refiere a la salud, ya que este sistema evita contaminaciones ambientales.
2. Con el crecimiento poblacional de las colonias residenciales El Tabacal, paralelamente aumenta la demanda de agua potable para necesidades básicas como también los servicios de alcantarillado de aguas residuales, la administración de la colonia El Tabacal deberá tomar en cuenta este aspecto para que exista un mantenimiento eficiente y supervisado por un experto en el ramo o un profesional en salud sanitaria, para un funcionamiento correcto, tanto a corto como a largo plazo para no caer en los errores que han existido en las demás colonias aledañas y de la Municipalidad para el resto de la población ya que esto trae como consecuencia la contaminación de aguas abajo de la cuenca sur.

3. Tomando en cuenta que estamos a 7 años del haberse comenzado a utilizar el sistema de alcantarillado sanitario en el proyecto residenciales El Tabacal y que a la fecha los caudales están a un 50% aproximados de su capacidad y, que el número de habitantes aumentará considerablemente, esto significa que habrá aumento del caudal, lo cual deberá tomarse en cuenta para poder tomar una decisión por parte de la administración de la colonia, ya que conforme pasen los años el sistema tendrá una demanda cada vez mayor, lo cual dará problemas a los beneficiarios, esto debido a que planificaron una cantidad de viviendas y no se respetó la misma.
4. El tratamiento de las aguas residuales, es necesario para proteger las fuentes receptoras y la salud de los vecinos de Villa Nueva. Es muy importante mencionar que en el tratamiento de las aguas residuales es imposible destruir los elementos químicos que son componentes de las mismas, estos elementos pueden ser separados de la mezcla, sin embargo, sus combinaciones químicas pueden cambiar de tal manera que se produzcan sustancias diferentes de las que llegaron a la planta de tratamiento.
5. La planta de tratamiento existente en la colonia puede ser aprovechada de gran manera ya que los materiales que produce pueden realizar ingresos económicos como los lodos, por su valor fertilizante y su contenido de calor; y gases combustibles procedentes de la digestión del lodo.

## RECOMENDACIONES

1. En el municipio de Villa Nueva, la mayoría de colonias no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento adecuado, esto trae como consecuencia contaminación ambiental y problemas de salud para dichas colonias, la Municipalidad tiene normas y está tratando de no seguir contaminando la cuenca sur que va hacia el lago de Amatitlán. La colonia El Tabacal cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento funcionando en un cien por ciento y ha traído beneficios a los residentes y además todo su entorno, sería recomendable hacer conciencia a la Municipalidad como también a los vecinos de Villa Nueva, de contar con un sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento adecuado, para reducir al máximo problemas de medio ambiente y salud.
2. El sistema de aguas residuales de la colonia El Tabacal deberá tener un mantenimiento técnico y profesional adecuado, a través de un programa de mantenimiento mensual tanto preventivo como correctivo, para el correcto funcionamiento de todos sus componentes y así seguir dando los beneficios a todos los vecinos de la colonia.
3. Se presenta un plan guía de operación y mantenimiento del sistema alcantarillado de aguas negras como también de la planta de tratamiento ya que todo el sistema tiene que funcionar para no tener ninguna complicación en el manejo de dicho sistema para la colonia El Tabacal.

4. Se pueden llevar sistemas de registro sencillos, los mejores son los realistas y aplicados a los problemas de funcionamiento de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento. La manera más eficiente de llevar los registros consiste en planear que datos son esenciales y útiles, confeccionando entonces formas para llevar dichos controles. Las formas no solo deben incluir los datos obtenidos, estos deben ser simples y claros y que no induzcan a error o interpretación incorrecta.
  
5. Para que la planta de tratamiento cumpla a cabalidad con su función, no basta como realiza su función, tampoco si es el mejor diseño, sino que será de vital importancia una evaluación periódica y constante de la eficiencia del sistema, que permita conocer si esta cumpliendo con los objetivos de saneamiento con que fue hecha, haciendo un análisis de los lodos como ver los gases que genera la planta para poder determinar su perfecto funcionamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ekharde Deustscher y Guillermo Villalobos. **Desechos sólidos y educación ambiental**. Primera edición. San José Costa Rica. Editorial Vilma Herrera 1997.
2. Fontaine, Ernesto R. **Evaluación social de proyectos**. Chile: Pontificia Medio Ambiente, 1999. 198pp
3. George Tchoabanoglous. **Ingeniería de aguas residuales**. McGRAW-HILL, México, 2002. 458pp
4. Martinez Morales Raul Antonio. Diseño de la red de alcantarillado. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 105 pp.
5. Sapag Chain, Nassir y Reinaldo. **Preparación y evaluación de proyectos**. Chile: Alfabetra Impresores, 2002. 320pp
6. Charles Simons, **Clasificación de los suelos de Guatemala**. Guatemala: Talleres José de Pineda Ibarra, 1000 pp.

## **ANEXOS**



**ANEXO I**  
**Tabla XII. Cálculo para diámetro de tubería**

No. Tubería			35						
Factor Pico			2.5						
Máximo Pérdida de carga			10						
Máximo Desba			0.009						
No. De Tubería	De Nudo	A Nudo	Longitud (M)	Diámetro Pulgadas	F.H.W.	Caudal (LPS)	Velocidad (MPS)	Pérdida de Carga (M/KM) (M)	
1	1	2	64.26	4	150	5.64	0.72	5.15	0.33
2	2	3	12.75	3/4	150	0.07	0.25	4.98	0.06
3	2	4	54.57	4	150	5.47	0.70	4.86	0.26
4	4	5	9.18	4	150	5.47	0.70	4.86	0.04
5	5	6	29.58	3	150	3.36	0.76	8.00	0.24
6	6	8	47.00	1 1/2	150	0.22	0.19	1.37	0.06
7	8	9	10.00	1 1/2	150	0.08	0.07	0.20	0.00
8	7	9	44.00	1 1/2	150	0.03	0.03	0.03	0.00
9	7	10	10.00	3	150	2.47	0.56	4.54	0.05
10	6	7	10.00	3	150	0.03	0.68	6.50	0.06
11	10	11	29.58	2 1/2	150	1.56	0.50	4.54	0.13
12	11	12	47.00	2	150	0.98	0.50	5.91	0.28
13	12	13	38.00	1 1/2	150	0.53	0.47	7.23	0.27
14	13	14	29.58	1 1/2	150	0.28	0.25	2.20	0.07
15	14	15	10.00	1 1/2	150	0.13	0.11	0.51	0.01
16	22	15	51.00	1 1/2	150	0.01	0.01	0.01	0.00
17	14	21	51.00	1 1/2	150	0.01	0.01	0.01	0.00
18	21	22	10.00	1 1/2	150	0.12	0.11	0.47	0.00
19	20	21	36.72	1 1/2	150	0.25	0.22	1.77	0.06
20	13	20	51.00	1 1/2	150	0.01	0.01	0.00	0.00
21	19	20	38.00	1 1/2	150	0.51	0.45	6.80	0.26
22	12	19	51.00	1 1/2	150	0.10	0.09	0.33	0.02
23	18	19	47.00	2	150	0.66	0.33	2.81	0.13
24	11	18	51.00	1 1/2	150	0.34	0.30	3.17	0.16
25	17	18	35.70	2	150	0.63	0.32	2.60	0.09
26	10	17	53.04	2	150	0.77	0.39	3.77	0.20
27	5	16	55.08	2 1/2	150	1.83	0.59	6.00	0.34
28	25	22	8.16	1 1/2	150	0.07	0.06	0.15	0.00
29	24	25	88.74	1 1/2	150	0.38	0.33	3.85	0.34
30	23	24	83.64	2	150	0.86	0.44	4.66	0.39
31	16	23	8.16	2 1/2	150	1.66	0.53	5.08	0.04
32	25	26	17.34	3/4	150	0.07	0.25	4.98	0.09
33	23	27	34.17	1 1/2	150	0.52	0.46	7.02	0.24
34	27	29	78.03	1 1/2	150	0.38	0.34	3.94	0.31
35	27	28	19.00	1	150	0.10	0.21	2.77	0.05

**ANEXO 2**  
**Tabla XIII. Diseño de tragantes tipo rejilla transversal**

Tragante	Area	Intensidad de lluvia	Coeficiente Escorrentia	Caudal (M2/s)	St	Area de flujo	Ancho carriles	Tirante	Cotas Terreno		Distancia a Drenar	SL
	Triburaria				Calles			Teórico	Inicial	Final		Calles
TG-0	0.0773	131.188	0.849	0.024	3.00%	0.008	3.00	0.015	96.57	96.37	38.00	0.53%
TG-1	0.2470	131.188	0.736	0.021	3.00%	0.007	3.00	0.014	98.67	96.57	88.00	2.39%
TG-2	0.1180	131.188	0.837	0.036	3.00%	0.012	3.00	0.019	96.57	96.37	39.00	0.51%
TG-3	0.1402	131.188	0.838	0.043	3.00%	0.014	3.00	0.021	98.68	96.37	78.50	4.74%
TG-4	0.0952	131.188	0.850	0.030	3.00%	0.010	3.00	0.017	98.87	96.18	48.50	5.56%
TG-5	0.1581	131.188	0.820	0.047	3.00%	0.016	3.00	0.022	96.37	96.18	6.50	0.42%
TG-6	0.1402	131.188	0.838	0.043	3.00%	0.014	3.00	0.021	98.37	95.96	48.50	4.97%
TG-7	0.1973	131.188	0.838	0.060	3.00%	0.020	3.00	0.025	96.18	95.74	68.00	0.64%
TG-8	0.3320	131.188	0.755	0.091	3.00%	0.030	3.75	0.030	98.37	95.72	82.00	3.23%
TG-9	0.1435	131.188	0.818	0.043	3.00%	0.014	3.00	0.021	102.25	96.1	32.50	18.92%
TG-10	0.1609	131.188	0.545	0.031	3.00%	0.011	3.75	0.018	98.87	98.67	34.00	0.59%
TG-11	0.1629	131.188	0.780	0.460	3.00%	0.015	3.00	0.022	96.57	95.92	50.00	1.30%
TG-12	0.1990	131.188	0.854	0.062	3.00%	0.021	3.75	0.025	95.92	95.72	73.25	0.27%
TG-13	0.1698	131.188	0.808	0.050	3.00%	0.017	3.75	0.022	103.37	97.27	44.50	13.71%
TG-14	0.1907	131.188	0.497	0.035	3.00%	0.012	3.75	0.019	98.87	98.37	33.50	1.49%
	<b>2.5321</b>		0.767	0.414								

### ANEXO 3

**Tabla XIV. Calculo hidráulico y condiciones de funcionamiento**

Tragante	Caudal de Escorrentía	Tirante Real	Amplitud (x)	Area Húmeda	Perim. Húmedo	Radio Hidráulico	Velocidad llegada	Tirante llegada	Velocidad caída	Tiempo caída	Velocidad entrada	Amplitud X	Area min. entrada	Ancho teórico
TG-0	0.012	0.042	1.389	0.029	1.431	0.0202	0.414	0.102	1.271	0.160	1.337	2.389	0.009	0.066
TG-1	0.010	0.030	0.991	0.015	1.022	0.0144	0.704	0.090	1.194	0.150	1.386	1.991	0.007	0.106
TG-2	0.018	0.049	1.627	0.040	1.676	0.0237	0.454	0.109	1.315	0.650	1.390	2.627	0.013	0.075
TG-3	0.021	0.034	1.144	0.020	1.179	0.1660	1.092	0.094	1.220	0.540	1.641	2.144	0.009	0.168
TG-4	0.015	0.029	0.966	0.014	0.995	0.0140	1.056	0.089	1.189	0.150	1.590	0.966	0.017	0.158
TG-5	0.024	0.056	1.871	0.052	1.928	0.0272	0.451	0.116	1.358	0.171	1.431	2.871	0.013	0.077
TG-6	0.021	0.034	0.134	0.019	1.168	0.0650	1.112	0.094	1.222	0.154	1.652	2.134	0.020	0.171
TG-7	0.030	0.057	1.893	0.054	1.951	0.0275	0.561	0.117	1.362	0.710	1.473	2.893	0.026	0.096
TG-8	0.046	0.049	1.633	0.040	0.683	0.0238	1.143	0.109	1.316	0.166	1.743	2.633	0.010	0.189
TG-9	0.021	0.026	0.882	0.012	0.909	0.0128	1.834	0.086	1.172	0.148	2.177	1.882	0.012	0.270
TG-10	0.016	0.045	1.516	0.034	1.562	0.0221	0.460	0.105	1.295	0.163	1.375	2.516	0.012	0.076
TG-11	0.023	0.045	1.501	0.034	1.547	0.0280	0.685	0.105	1.292	0.630	1.462	2.500	0.016	0.111
TG-12	0.031	0.067	2.244	0.076	2.312	0.0326	0.411	0.127	1.422	0.179	1.480	3.244	0.021	0.073
TG-13	0.025	0.030	0.994	0.015	1.024	0.0145	0.690	0.090	1.195	0.150	2.070	1.990	0.012	0.254
TG-14	0.017	0.039	1.311	0.026	1.351	0.0191	0.671	0.099	1.256	0.158	1.424	2.311	0.012	0.106

**ANEXO 4**  
**Tabla XV. Cálculo de desarenadores y rejillas**

Tragante	Ancho (B)	Altura Cortina	Altura Inicial	Tirante vertedero	Altura Final	Pendiente del canal	Espacio de Barras	Cant. De Barras	Cantidad de Espacios	Area de Digerida	Velocidad de ingreso
TG-0	0.20	0.10	0.20	0.16	0.30	2.00%	0.04	49	48	0.96	0.025
TG-1	0.30	0.10	0.20	0.10	0.25	1.00%	0.02	49	48	1.44	0.014
TG-2	0.30	0.10	0.20	0.16	0.30	2.00%	0.04	49	48	1.44	0.025
TG-3	0.30	0.10	0.30	0.18	0.35	1.00%	0.04	49	48	1.44	0.03
TG-4	0.30	0.10	0.20	0.14	0.30	2.00%	0.03	49	48	1.44	0.02
TG-5	0.20	0.20	0.40	0.26	0.50	2.00%	0.08	49	48	0.96	0.049
TG-6	0.30	0.10	0.30	0.18	0.35	1.00%	0.04	49	48	1.44	0.03
TG-7	0.30	0.20	0.40	0.23	0.50	2.00%	0.07	49	48	1.44	0.042
TG-8	0.40	0.20	0.40	0.25	0.50	1.00%	0.07	61	60	2.40	0.38
TG-9	0.30	0.10	0.30	0.18	0.35	1.00%	0.03	49	48	1.44	0.03
TG-10	0.30	0.10	0.20	0.15	0.30	1.00%	0.04	61	60	1.80	0.018
TG-11	0.30	0.10	0.30	0.19	0.35	1.00%	0.05	49	48	1.44	0.032
TG-12	0.30	0.20	0.40	0.23	0.50	1.00%	0.07	61	60	1.80	0.034
TG-13	0.40	0.10	0.30	0.17	0.35	1.00%	0.03	61	60	2.40	0.021
TG-14	0.20	0.10	0.20	0.21	0.30	1.00%	0.06	61	60	1.20	0.029

**ANEXO 5**  
**Tabla XVI. Dimensionamiento de las unidades**

Tragante	Caudal	Longitud	Ancho	Pendiente	K	Tirante	PROF. IN	PROF. FIN	Yc	Y1	Y2	A	B	C	E
	(l/s)	Rejilla	Canal (B)	Canal		Canal	(h)	(H)							
TG-0	23.93	6.00	0.2	2.0%	0.17	0.06	0.2	0.30	0.10	0.16	0.20	0.25	0.42	0.75	0.31
TG-1	20.74	6.00	0.3	1.0%	0.14	0.07	0.2	0.25	0.10	0.11	0.15	0.25	0.52	0.70	0.31
TG-2	36	6.00	0.3	2.0%	0.32	0.1	0.2	0.30	0.10	0.16	0.20	0.30	0.52	0.80	0.30
TG-3	42.83	6.00	0.3	1.0%	0.42	0.11	0.3	0.35	0.10	0.18	0.25	0.30	0.52	0.85	0.41
TG-4	29.5	6.00	0.3	2.0%	0.24	0.09	0.2	0.30	0.10	0.14	0.20	0.25	0.53	0.75	0.31
TG-5	47.26	6.00	0.2	2.0%	0.48	0.08	0.4	0.50	0.20	0.25	0.30	0.30	0.42	1.00	0.51
TG-6	42.83	6.00	0.3	1.0%	0.42	0.11	0.3	0.35	0.10	0.18	0.25	0.30	0.52	0.85	0.41
TG-7	60.26	6.00	0.3	2.0%	0.51	0.12	0.4	0.50	0.20	0.23	0.30	0.30	0.52	1.00	0.51
TG-8	91.36	7.50	0.4	1.0%	0.95	0.17	0.1	0.50	0.10	0.25	0.30	0.35	0.62	0.05	0.50
TG-9	42.79	6.00	0.3	1.0%	0.41	0.11	0.3	0.35	0.10	0.18	0.25	0.30	0.52	0.85	0.40
TG-10	31.95	7.50	0.3	1.0%	0.27	0.1	0.2	0.30	0.10	0.15	0.20	0.30	0.52	0.80	0.31
TG-11	46.28	6.00	0.3	1.0%	0.47	0.11	0.3	0.35	0.10	0.19	0.25	0.30	0.52	0.85	0.41
TG-12	61.94	7.50	0.3	1.0%	0.53	0.12	0.4	0.50	0.20	0.23	0.30	0.30	0.52	1.00	0.50
TG-13	50	7.50	0.4	1.0%	0.52	0.14	0.3	0.35	0.10	0.17	0.25	0.30	0.62	0.85	0.41
TG-14	46.28	6.00	0.2	1.0%	0.47	0.08	0.3	0.35	0.10	0.19	0.25	0.30	0.42	0.85	0.41

**ANEXO 6**  
**Tabla XVII. Cálculo de las tuberías de descarga**

Tragante	Cota	Diametro Tubería	Pendiente Tubería	Longitud Tubería	Velocidad Lleno	Caudal Lleno	Relación q/Q	Relación v/V	Relación y/D	Velocidad Real	Tirante Máximo	Cuotas Invert.		Punto de Descarga
	Terreno											Salida	Llegada	
TG-0	96.37	8	1.00%	6.00	0.91	29.61	0.808	1.113	0.682	1.01	5.46	95.62	95.56	PV-D
TG-1	96.57	8	1.00%	3.00	0.91	29.61	0.700	1.080	0.614	1.98	4.91	95.87	95.84	PV-2
TG-2	96.37	10	1.00%	6.00	1.06	53.64	0.671	1.072	0.600	1.40	6.00	95.57	95.51	PV-3
TG-3	96.37	0	1.00%	3.00	1.06	53.64	0.799	1.111	0.678	1.18	6.78	95.52	95.49	PV-3
TG-4	96.18	8	1.00%	3.00	0.91	29.61	0.996	1.140	0.805	1.04	6.44	95.42	95.39	PV-4
TG-5	96.18	10	1.00%	6.00	1.06	53.64	0.881	1.128	0.725	1.20	7.25	95.17	95.11	PV-4
TG-6	95.96	10	1.00%	3.00	1.06	53.64	0.799	1.111	0.678	1.18	6.78	95.10	95.07	PV-5
TG-7	95.74	10	1.00%	3.00	1.30	65.78	0.916	1.135	0.755	1.48	7.55	94.74	94.69	PV-6
TG-8	95.72	12	1.00%	6.00	1.47	107.03	0.854	1.125	0.713	1.65	8.56	94.67	94.58	PV-7
TG-9	96.10	10	1.00%	6.00	1.06	53.64	0.798	1.111	0.679	1.18	6.79	95.25	95.19	PV-9
TG-10	98.67	10	1.00%	3.00	1.06	53.64	0.596	1.040	0.555	1.10	5.55	97.87	97.84	PV-12
TG-11	95.92	10	1.00%	3.00	1.06	53.64	0.863	1.125	0.715	1.19	7.15	95.07	95.04	PV-13
TG-12	95.72	10	1.00%	6.00	1.30	65.78	0.942	1.138	0.775	1.48	7.75	94.72	94.63	PV-6
TG-13	97.27	10	1.00%	3.00	1.06	53.64	0.932	1.135	0.758	1.20	7.58	96.42	96.39	PV-14
TG-14	98.37	10	1.00%	3.00	1.06	53.64	0.863	0.125	0.715	1.19	7.15	97.52	97.49	PV-15
				57.00										

**ANEXO 7**  
**Tabla XVIII. Cálculo de alcantarillado pluvial**

**ANEXO 8**  
**Tabla XIX. Calculo de presupuesto**



**ANEXO 9**

**Tabla XX. Elementos hidráulicos de sección transversal circular 1/2**

**Continuación**

