

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**“DISEÑO DE LA RED DE AGUAS RESIDUALES PARA LA  
CIUDAD DE SANTO TOMÁS DEL DEPARTAMENTO DE SAN  
SALVADOR”**

PRESENTADO POR:  
CARLOS ANTONIO FUNES HERNÁNDEZ  
RICARDO ANTONIO REYES PALOMO  
LUIS ALONSO ROQUE ESQUIVEL

PARA OPTAR AL TITULO:  
INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DE 2005

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :  
Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL :  
Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :  
Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

SECRETARIO :  
Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :  
Ing. Luis Rodolfo Nosiglia Durán

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:  
INGENIERO CIVIL

Título:

**“DISEÑO DE LA RED DE AGUAS RESIDUALES PARA LA  
CIUDAD DE SANTO TOMÁS DEL DEPARTAMENTO DE SAN  
SALVADOR”**

Presentado por :

Carlos Antonio Funes Hernández  
Ricardo Antonio Reyes Palomo  
Luis Alonso Roque Esquivel

Trabajo de graduación aprobado por:

Docente Director :

Ing. Joaquín Mariano Serrano Choto

Docente Director :

Ing. Raúl Rodríguez Rivera

San Salvador, marzo de 2005

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

Ing. Joaquín Mariano Serrano Choto

Ing. Raúl Rodríguez Rivera

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestros docentes directores Ing. Joaquín Mariano Serrano Choto, Ing. Raúl Rodríguez Rivera, por el apoyo brindado, los conocimientos compartidos y el tiempo prestado en este trabajo de graduación.

Agradecemos a la alcaldía del municipio de Santo Tomás del departamento de San Salvador por toda la colaboración prestada, a la Arquitecto Karina Ascencio por su apoyo, información y tiempo brindado.

Agradecemos a todos nuestros compañeros, amigos, familiares y a todas aquellas personas que de manera desinteresada han contribuido directamente o indirectamente al desarrollo de este trabajo de graduación.

## DEDICATORIA

Finalizando un paso mas, doy gracias a Dios, el que me puso un camino y me guió por el, sí, Tú Padre, que pusiste los medios para alcanzar este triunfo, y de nuevo Tú Padre, que con tu bondad derramaste en mí la sabiduría que ahora hace de este trabajo el sello final de este que fue un bello viaje. Padre, Tú que has extendido esa voluntad que ahora me hace ser mas feliz, sigue siendo la luz que me guíe por el que será, un nuevo comienzo.

Si me preguntasen: ¿Existe persona alguna que te entregue todo su amor, toda su paciencia, tolerancia, comprensión y vida, por el hecho simple de ser tú?, respondería que no existe una, sino dos. A mis padres les dedico mis fuerzas y mis desvelos, mis lágrimas, mis euforias, y con esto quiero hacerlos sentir que han cosechado mucho de lo que un día sembraron y abonaron, hacerles sentir que sin ellos nada de esto fuera real, que sin ese fuerte abrazo, sin ese beso, sin ese regaño, sin esa mirada, sin ese "...a dónde vas?", sin ese inmensurable apoyo que siempre tuve, el día de hoy no celebraría en quien me he convertido. A mis padres Carlos Alberto Funes y Silvia Ena Hernández, sólo encuentro una expresión que alcanza a encerrar lo que por Ustedes siento, **LOS AMO**.

A dos los conocí crecidos, a dos vi nacer. Lucy, Margarita, Christian y Mónica. En lo más profundo de mí, guardo esos detalles, esos favores, esos pleitos, caprichos, alegrías y sobre todo los cambios, esos que como una ventisca me envolvieron y dieron forma, formaron parte de mi carrera como la sal lo hace a la arena. Un simple "...prestame un lápiz", "andá dejame", "escaneame este libro", "hoy lo ocupo yo", fueron puntos que formaron una indivisible línea que hoy veo hacia atrás, y rebalzo de alegría por saber que cada uno es y seguirá siendo esa importante parte de mí, y ser yo también, un espacio en sus corazones. A ellos les dedico este triunfo y los invito a luchar para superarse, que en mí encontrarán un apoyo incondicional.

A "Papi Mash", "Abuelito" o simplemente Max Argumedo, también te lo dedico por haber sido mi ejemplo y mi asombro, porque en mi niñez representaste tanto, que me

guiaste y me quisiste como a nadie. Tú sigues siendo mi abuelito y te tengo en lo más profundo de mi ser. Gracias por ser nadie más que Tú.

A mi "Tía Polly", que Dios te bendiga, gracias siempre por los consejos, por estar a veces mas preocupada que yo, por estar en un espacio de tu corazón, para mí, lo anterior vale más que todo el oro del mundo, y por sobre todo, porque siempre me haces recordar que existe un Dios que a todos nos ama y al que tanto debemos, gracias Tía.

A toda mi familia, que siempre ha estado conmigo, algunos a mi lado, otros lejos de mí, a los que conmigo llevo siempre, con ellos celebro mi llegada a la primera de mis metas.

Como pasar por la Universidad, y no tirar la red para pescar tantos amigos, a ellos les agradezco su tolerancia, paciencia, tiempo; así como todos esos innumerables e inolvidables recuerdos que me llenan la vida de alegría, ese apoyo entre el uno y el otro, esas largas horas de estudio, de desvelo, de desorden y relajo son las que acompañaron esta carrera, con Ustedes celebré, celebro y celebraré la culminación de nuestra carrera, Gracias a todos sin excepción alguna, son lo mejor que pasó en la "U".

Por último, pero no menos importante agradezco a Ricardo Reyes y Luis Roque y a la familia de ambos, por haberme soportado y respaldado, solo quiero decirles LO LOGRAMOS, FELICIDADES.

Él me dio la verdadera ciencia de las cosas  
para conocer la verdadera estructura del mundo y las  
propiedades de los elementos  
*Sabiduría 7:17*

La felicidad es como la neblina ligera,  
cuando estamos dentro de ella no la vemos  
*Amado Nervo*

**CARLOS FUNES**

## DEDICATORIA

A ti Padre Dios Todopoderoso, porque guiaste mi camino a lo largo de estos años, porque colocaste en mi el deseo de superación, me animaste en mis luchas y consolaste mi cansancio, pero sobre todo porque me has permitido tener grandes motivos para superarme.

A mi Santa Madre Maria, porque has intercedido incansablemente por mi, me has cubierto en mas de una ocasión con tu manto protector y me has susurrado al oído recordándome que soy hijo de Dios, por lo tanto capaz de realizar cualquiera de mis metas.

A mi linda esposa Patty, observaste con paciencia mis luchas e hiciste tuyas mis angustias, celebraste conmigo mis logros y hoy amada mía, esto es el fruto de tu apoyo y comprensión, este trabajo es tan tuyo como mío, porque supiste comprender mi dedicación por mi carrera y con amor me has animado a continuar, gracias.

A mi hijo Ricardito, luz de mi vida, con ternuras y travesuras hiciste mucho mas placenteros mis días de trabajo y noches de desvelo, con cuanta impaciencia miraste a tu Papito reclamando el tiempo que no podía estar contigo, y me recordabas con justas protestas que tu eras uno de mis grandes motivos para superarme y por esa razón nunca menos importante que cualquiera de mis actividades, ¡sabia inocencia!, este logro es también para ti.

A mi Padre, por su esfuerzo y sus sabios consejos que encaminaron mis pasos y le dieron forma a mis sueños; “trabaja joven, trabaja sin cesar, que la frente honrada que en sudor se moja jamás ante otra se sonroja, ni se vuelve servil ante quien la ultraja” me repetía cuando niño, hoy se empiezan a cosechar los frutos de ese trabajo.



A mi madre, que con amor y ejemplo me ha enseñado que no hay obstáculo en el mundo que pueda vencer la voluntad humana, las lecciones mas grandes de amor las he aprendido de usted, si no hubiese visto tales lecciones jamás hubiese sido capaz de reconocer mis motivos de superación.

A mis hermanos César y Eliza, que han estado junto a mi en gran parte de mis estudios, por el amor y la comprensión que han tenido hacia mi, por el respeto y colaboración que mostraron siempre hacia mis actividades académicas, espero poder compartir también todos sus logros.

A mis suegros y Cristy, quienes me han abierto la puertas a su hogar, alentándome constantemente a seguir adelante, dándome el apoyo físico y espiritual que ha hecho posible la culminación de esta etapa de mi vida, por sus consejos y el cariño demostrado, gracias.

A todos mis compañeros y amigos que caminaron junto a mi, por los días de esfuerzos que compartimos juntos, por las lecciones de solidaridad demostradas, por la invaluable amistad otorgada, hoy comparto el fruto de este esfuerzo con dos de ellos quienes decidieron realizar conmigo este trabajo de graduación, felicidades ingenieros.

“Porque después de todo he comprendido  
que no se goza bien de lo gozado sino después de haberlo padecido,  
porque después de todo he comprobado  
que lo que tiene el árbol de florido,  
vive de lo que tiene sepultado”

Santa Teresa de Ávila.

**Ricardo Antonio Reyes Palomo**

## DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por permitirme alcanzar mis objetivos y a la santísima virgen Maria por ser mi consuelo en mis dificultades.

A mi Padre: Luis Alonso Roque, por ser mi mejor punto de referencia profesional y personal, Gracias por luchar por mi y conmigo desde mucho antes de soñar siquiera con iniciar este proyecto profesional, por el peso y la autoridad de sus consejos y ejemplo.

A mi madre: Mirna Haydee Esquivel de Roque, por todo el amor. Por estar conmigo en las encrucijadas de mis decisiones, por sufrir los tropiezos de mi vida y gozar las metas alcanzadas. Que por esta vez, este logro sea por lo tanto, mas suyo que mío.

A mis hermanos: Walter e Iván, por compartir mis ideas, mis objetivos y mis metas por el simple echo de tenerme tanto cariño como yo a ambos.

A mi familia: que supieron alimentar mis expectativas y comparten lazos tan fuertes que siempre los tendré en mi corazón, además hay personas que quisiera incluir aquí entre ellos Efigenia, Tía Sari, Tía Elena.

A Rocío: por ser una persona especial en mi vida, por que ha sido pieza fundamental en el rompecabezas de este triunfo, por su ayuda desinteresada, por ser mi confidente, mi amiga y mi novia, a toda su familia mil gracias.

A mis amigos: Carlos, Xavier y Julio por su incondicional amistad, gracias por su entrega desinteresada.

Finalmente a todas las personas que de alguna manera tomaron parte e hicieron posible este sueño.

Gracias.  
**Luis Alonso Roque Esquivel**

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación tiene como propósito el resolver un problema social que aqueja al municipio de Santo Tomás, municipio que se encuentra dentro del departamento de San Salvador. Santo Tomás presenta uno de los crecimientos poblacionales mas altos a nivel nacional, a pesar de esto el municipio no cuenta con un sistema para la evacuación de las aguas residuales, esto provoca un nivel bajo en la calidad de vida de las personas que habitan en este municipio, exponiéndolos entre otras cosas a una gran cantidad de enfermedades infectocontagiosas. Es por esta razón que se decide elaborar un trabajo de graduación que proponga un diseño adecuado para la evacuación de las aguas residuales, considerando factores característicos propios de la zona en estudio como lo son su muy irregular topografía, planificación urbanística y realidad económica. La primera parte del presente trabajo de graduación comprende la introducción a los términos teóricos sobre los cuales descansa el diseño de la red de alcantarillado, en el siguiente capítulo se revisan las condiciones actuales del municipio, este capítulo se realiza apoyándose en la información recopilada proveniente de las visitas de campo realizadas al municipio, esto se hace con el propósito de obtener la información necesaria para plantear una correcta solución, evaluando parámetros técnicos y económicos, escogiendo aquellos que mas convienen a los intereses del diseño; habiendo ya recopilado y depurado esta información se muestra a continuación el desarrollo del proceso de calculo del diseño de la red de aguas residuales. Una vez definido el diseño se muestra el calculo estimado del costo total del proyecto, el cual se basa en precios vigentes actuales en el mercado referentes a mano de obra y materiales, se presenta por ultimo las especificaciones técnicas que se deberán de respetar para su correcta construcción.

# INDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	<b>xi</b>
<b>CAPITULO I</b>	
1. Generalidades	1
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	2
1.3 Planteamiento del problema	4
1.4 Objetivos	6
1.5 Alcances	6
1.6 Limitaciones	7
1.7 Justificaciones	8
1.8 Metodología de la investigación a desarrollar	9
1.9 Observaciones y recomendaciones	10
<b>CAPITULO II</b>	
2. Fundamentos teóricos	12
2.1 Aguas negras	13
2.2 Impactos ambientales producidos por las aguas residuales en las fuentes de agua potable	16
2.3 Proyectos de alcantarillas	19
2.4 Accesorios para sistemas de alcantarillado	34
2.5 Planos y especificaciones	43
2.6 Pruebas de funcionamiento de la red construida	46
<b>CAPITULO III</b>	
3. Condiciones actuales del municipio	49
3.1 Generalidades del municipio	50
3.2 Servicios básicos existentes	55

## **CAPITULO IV**

4. Investigaciones preliminares	57
4.1 Investigaciones preliminares poblacionales	58

## **CAPITULO V**

5. Diseño de la alternativa para la evacuación de las aguas negras	69
5.1 Consideraciones técnicas para el diseño	70
5.2 Presentación del diseño	71
5.3 Diseño hidráulico colonia Moran	78
5.4 Diseño hidráulico colonias Rico y San Esteban	97
5.5 Diseño hidráulico colonia Flor Amarilla	110

## **CAPITULO VI**

6. Especificaciones técnicas	135
6.1 Instalaciones provisionales	136
6.2 Trazo y nivelación	137
6.3 Excavación y compactación	139
6.4 Concreto	140
6.5 Acero de refuerzo	145
6.6 Red de tubería	147

## **CAPITULO VII**

7. Presupuesto de la alternativa de solución	150
7.1 Cuadro resumen de presupuesto	151
7.2 Presupuesto de alternativa de solución	152
7.3 Análisis de precios unitarios	155

## **CAPITULO VIII**

8. Conclusiones y recomendaciones	171
8.1 Conclusiones	172
8.2 Recomendaciones	173

<b>ANEXOS</b>	<b>175</b>
---------------	------------

# **CAPITULO I**

---

# **GENERALIDADES**

# **1. GENERALIDADES**

## **1.1 INTRODUCCION**

En el presente capítulo se abordan los puntos principales del trabajo de graduación, se explican brevemente los antecedentes de la problemática de una mala disposición de desechos sólidos y de los efectos adversos de esta mala disposición en la salud de las personas que se encuentran en los alrededores, también se hace mención del desarrollo que han experimentado los sistemas de evacuación de aguas residuales en nuestro país, definimos además algunas de las realidades concernientes al municipio y que de alguna manera se tomarán en cuenta para definir los parámetros en los que basaremos nuestro diseño de la red de aguas residuales, como por ejemplo su topografía irregular, el desorden administrativo por parte del departamento de catastro de la alcaldía de este municipio, ya que este no posee ningún plano completo de la ciudad de Santo Tomás, y hay muchas colonias que han surgido y hasta la fecha no han sido legalizadas por lo que catastro no las toma en cuenta dentro de su área urbana aun cuando estas colonias han alcanzado un número de habitantes importante, estas realidades forman también parte de las limitantes con las que actualmente contamos y que se describen con mas detalle en el desarrollo del anteproyecto, a pesar de esas y otras limitaciones tenemos como objetivo el desarrollar un diseño de la red de aguas residuales para este municipio que sea eficiente, técnica y económicamente posible de construir para el municipio, en el presente documento se explica también la metodología que se usará para lograr tal propósito así como los recursos que se usarán.

También se incluye una propuesta del contenido temático del trabajo de graduación, donde se incluyen los capítulos y su división en temas que consideramos básicos para su correcta y ordenada realización.

## **1.2 ANTECEDENTES**

Durante toda la historia de la humanidad el hombre se ha enfrentado a una gran cantidad de problemas de toda índole, algunos de los problemas más graves surgieron

cuando se dieron los primeros asentamientos humanos, entre ellos estaban los problemas concernientes a la salud de las personas que formaban estos asentamientos.

El crecimiento de estos asentamientos impuso nuevos retos al hombre, especialmente en el área salud. Desde el punto de vista de prevención de enfermedades el hombre se dio cuenta de que uno de los focos más problemáticos era la disposición inadecuada de desechos sólidos.

Las formas más antiguas de manejar desechos sólidos utilizada en ciudades como Creta, Asiría y Roma, fueron los alcantarillados sanitarios, que en un principio fueron creadas para conducción de aguas lluvias, pero en la práctica las personas depositaban gran cantidad de desechos orgánicos en ellos, a pesar de haberse iniciado la utilización de sistemas sanitarios en ciudades antiguas, en la edad media no se le dio continuación a los avances en esa área, retomándose hasta la época moderna su uso.

A mediados del siglo pasado en ciudades del mundo que presentaban aumento de población y crecimiento en sus economías, se comenzaron a fabricar sistemas de alcantarillados mixtos, estos transportaban aguas lluvias y aguas residuales en una misma tubería, estos sistemas mixtos fueron al poco tiempo caducados porque causaban inconvenientes cuando habían lluvias torrenciales, estas lluvias provocaban que los alcantarillados sobrepasaran sus límites.

En la actualidad se construyen sistemas de alcantarillado diferentes, tanto para aguas residuales, como para aguas lluvias estos son altamente eficientes, capaces de evacuar adecuadamente todos los residuos domiciliarios, industriales y comerciales, con el fin ultimo de mejorar la calidad de vida de las poblaciones, evitando así la contaminación del medio ambiente.

En El Salvador se construyeron los primeros sistemas de alcantarillado a inicios del siglo XX, estos fueron construidos en el departamento de San Salvador, los primeros



colectores de agua servida consistían en canales rectangulares de mampostería de ladrillo, estas conducían aguas lluvias y aguas negras de la zona central de San Salvador, sin embargo al construirlos no se tomó en cuenta el aumento poblacional que experimentarían San Salvador, por lo que estos colectores no fueron de carácter permanente. Fue hasta 1928 que se inicia la construcción del colector “ALCAINE” o alcantarilla “MARTE”, en 1940 se inicia el programa nacional de saneamiento de las principales ciudades del país, desarrollando proyectos para la evacuación de aguas residuales por medio de alcantarillado en estas ciudades, todo esto con el apoyo del Servicio Interamericano de Salud Pública, el cual financio todos estos proyectos, en 1950 surge la Dirección General de Obras Hidráulicas, como dependencia del Ministerio de Obras Públicas (M.O.P.), la cual se encargo del desarrollo y construcción de alcantarillados durante los siguientes 11 años, en 1961 fue creada la Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados (A.N.D.A.), esta sustituyo a la Dirección General de Obras Hidráulicas.

A pesar de que El Salvador lleva más de un siglo desde que sus ciudades comenzaron a poseer sistemas de alcantarillados para aguas residuales, Santo Tomás aún no cuenta con un sistema de alcantarillado, la forma en que la mayoría de la población de este municipio ha manejado sus desechos es por medio de letrinas de fosa.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Un factor importante en la calidad de vida de las personas es la disposición adecuada de las aguas servidas, desafortunadamente en nuestro país aun hay muchos lugares como caseríos, cantones o incluso municipios y ciudades enteras que no cuentan con este servicio, una de estas ciudades es Santo Tomás.

Santo Tomás posee una extensión de 24.3 Km<sup>2</sup>.<sup>1</sup> con una población aproximada de 32,000 habitantes, esto hace de Santo Tomás un lugar con una densidad poblacional muy elevada que alcanza los 1,314 h/Km.<sup>2</sup>; según datos de la Dirección General de Estadística y Censo (DIGESTYC), Santo Tomás se encuentra entre los 72 municipios

---

<sup>1</sup> Fuente: Alcaldía Municipal de Santo Tomás.

mas poblados del país, esta alta densidad se debe a un crecimiento poblacional acelerado, como una forma de comparación y a manera de ejemplo: El Salvador a duplicado su población en los últimos 35 años pero Santo Tomás a aumentado su población en un factor de 3.8, aún peor, Santo Tomás sólo en la década de los 90 creció cerca del 50 % colocándose así entre los 23 municipios con mayor crecimiento poblacional en El Salvador<sup>2</sup>, Santo Tomás posee una tasa de crecimiento del 3.45%. La ubicación estratégica del municipio de Santo Tomás hace de este un sitio altamente atractivo para la localización de nuevos desarrollos industriales, aparte de esto los tramos Sur-Oriente del anillo periférico se acercan a Santo Tomás, esto permitirá que este mejor conectado con la zona sur del Área metropolitana de San Salvador, estos dos factores hacen pensar en un mayor crecimiento urbano del municipio.

Dentro de las formas de disposición de aguas residuales que posee el municipio un 63.8% de la población utiliza letrina de fosa, un 3.44% utiliza letrinas aboneras, un 32.49% usa letrinas de lavar de fosa séptica y un 0.27 % no posee ningún método para la disposición de excretas.<sup>3</sup> Un inadecuado uso de estos métodos ha causado que los ríos que se encuentran en las cercanías del municipio sufran contaminación, entre ellos están los ríos: el Cuapa, Shutía, Jutiapa y Cuaya, que pertenecen a la cuenca del lago de Ilopango, al sur están los ríos Chancusma y Guayabo que terminan uniéndose con el río Tihuapa, también se contamina el acuífero de Guluchapa, este se extiende bajo la cuenca del lago de Ilopango, este manto acuífero suministra agua que sirve para consumo en los municipios de Santo Tomás, San Marcos, Santiago Texacuangos y parte de Ilopango.

De acuerdo a registros de la unidad de salud de Santo Tomás la segunda causa de consulta en la unidad de salud son debido a enfermedades de infección intestinal mal definida y entre las enfermedades de mayor incidencia se tiene en tercer lugar las enfermedades gastrointestinales lo cual representa una degradación en la calidad de vida de los habitantes del municipio.

---

<sup>2</sup> Fuente: Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC).

<sup>3</sup> Fuente: Alcaldía Municipal de Santo Tomás.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL:**

- Diseñar un sistema de alcantarillado funcional para la ciudad de Santo Tomás que sea utilizado para la evaluación de aguas residuales, tomando en cuenta para este diseño las proyecciones futuras de crecimiento poblacional del municipio.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Crear un diseño eficiente de alcantarillado de aguas residuales ante las condiciones topográficas irregulares que presenta el lugar, tomando en cuenta todas las posibles tecnologías aplicables y financiables en el desarrollo del sistema de alcantarillado.
- Presentar un documento en el cual se desarrolle el diseño de la red de alcantarillado de aguas residuales de la ciudad de Santo Tomás; este servirá como base para el desarrollo de un proyecto de ejecución y realización de la infraestructura por parte de la comunidad de Santo Tomás.
- Incluir en el trabajo de tesis los planos, diseño hidráulico y presupuesto de construcción de la obra.

## **1.5 ALCANCES**

1. Presentar el diseño de la red de alcantarillado de aguas negras procurando una óptima eficiencia al menor costo económico rigiéndonos por las normas técnicas vigentes de la Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados (A.N.D.A.).

2. Se presentaran planos que contengan la distribución de los colectores del sistema de alcantarillado de aguas negras diseñado y se presentaran detalles de los accesorios que se usarán.
3. Se elaborarán las especificaciones técnicas donde se indiquen la calidad de los diferentes materiales a usar según normas, los procedimientos generales para la construcción de la red de aguas negras y demás guías que orienten al realizador, supervisor y demás partes involucradas en la construcción del sistema.
4. Se elaborará el presupuesto total del costo de la obra, el cual se desglosará en sus respectivas partidas, indicando sus costos directos e indirectos y tomando en cuenta los precios vigentes de materiales, mano de obra y herramientas en la industria de la construcción.
5. Se presentarán los conceptos teóricos fundamentales para el diseño de una red de alcantarillado de aguas negras que sirva como guía para la elaboración del sistema de alcantarillado.
6. El sistema de la red de alcantarillado será diseñado para la zona urbana del municipio de Santo Tomás incluyendo las colonias que no están legalizadas en la alcaldía pero que se han desarrollado e incrementado su número de habitantes de forma tal que son considerados parte de su zona urbana.
7. Se indicarán los puntos de descarga de las aguas residuales, que sean los más adecuados según la topografía del terreno y se propondrán la ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

## **1.6 LIMITACIONES**

1. Se presentará el diseño de la red de aguas residuales solamente para la zona urbana de la ciudad de Santo Tomás, sin incluir las zonas rurales, debido a que no existen planos de ubicación y distribución de estas zonas.
2. Debido al poco tiempo disponible para la realización de la tesis no es factible realizar un levantamiento topográfico de todo el municipio, por lo que se trabajará en base a planos obtenidos por medio del Centro Nacional de Registros (C.N.R.) en el departamento del Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.), y de registros en el departamento de catastro de la alcaldía municipal de Santo Tomás.

3. El diseño de la red de aguas residuales se realizará tomando en cuenta la realidad económica del municipio y la capacidad que este tendría para la construcción y mantenimiento del diseño a plantear.

## **1.7 JUSTIFICACIÓN**

Santo Tomás posee actualmente una densidad poblacional de 1,314 h/Km.<sup>2</sup>, con una tasa de crecimiento del 3.45%<sup>4</sup> la cuál se considera alta dentro de los parámetros comunes de nuestro país, esto se refleja en la población del municipio la cual en 1992 ascendía a 32,000 habitantes de los cuales 21,000 habitaban en la zona urbana constituyendo la zona urbana el 65% de la población total del municipio, se prevé que la población de Santo Tomás y por consiguiente su área urbana aumente con un ritmo igual ó incluso mayor en los próximos años.

Las anteriores aseveraciones se deben a diversos factores, de los cuales se pueden mencionar: el considerable número de zonas francas que se encuentran en los alrededores del municipio, específicamente sobre la autopista a Comalapa, sobre tan importante arteria de circulación se encuentran cuatro zonas francas: San Marcos, Internacional, Miramar y la de Santo Tomás. Otro motivo es la excelente ubicación geográfica y estratégica del municipio, no solo por estar a unos cuantos kilómetros del mayor centro de mercadeo de El Salvador, su capital, sino además por estar en camino de la terminal aérea comercial del país, esto representa un sitio altamente atractivo para la localización de nuevos desarrollos industriales. Otro factor importante es que los tramos Sur – Oriente de uno de los proyectos mas ambiciosos de desarrollo vial del estado como lo es el anillo periférico<sup>5</sup>, se acercan a Santo Tomás, esto permitirá que el municipio este mejor conectado por medio de carreteras a la zona Sur de San Salvador (AMSS).

Estos factores estimularán el desarrollo en Santo Tomás y generarán una mayor presión poblacional en el municipio, la alcaldía de Santo Tomás se ha percatado del

---

<sup>4</sup> Fuente: Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC).

<sup>5</sup> Fuente: Ministerio de Obras Públicas (M.O.P.)

futuro que le espera y ha implementado planes de ordenamiento dentro del municipio, pero aún no existe un proyecto que incluya un sistema de red de aguas residuales, sin esto la salud de la creciente población de la ciudad de Santo Tomás se ve expuesta a la proliferación de enfermedades infectocontagiosas debido a vectores como las moscas y zancudos. Una de las maneras que la mayoría de la población utiliza en la disposición de los residuos sanitarios son las fosas sépticas, a las cuales no se les da un mantenimiento adecuado en la mayoría de los casos, se vuelve aún más grave la situación debido a las propiedades de permeabilidad alta del suelo, que provoca la contaminación de los mantos acuíferos subterráneos.

Si la ciudad de Santo Tomás desea convertirse en un lugar de desarrollo deberá contar con una infraestructura sanitaria que garantice seguridad, higiene y comodidad a sus habitantes, esto generaría condiciones más atractivas para los inversionistas financieros en el área de la maquila, posibles desarrollos habitacionales y turismo en el municipio. Trayendo con ello un resultado favorable en el comercio y la calidad de vida.

El proyecto de tesis constituiría un primer paso para alcanzar este desarrollo, ya que dejaría las bases para la construcción de la red de aguas residuales del municipio, solventando de esta forma una de las necesidades más apremiantes de Santo Tomás.

## **1.8 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION A DESARROLLAR**

Los pasos a seguir en la realización del presente trabajo de graduación comenzarán con la recopilación de información por medio de diversas fuentes, algunas bibliografías como textos, libros, manuales, normas y otras basadas en investigaciones de campo. Entre las investigaciones de campo estarán la topografía del lugar donde se realizará el diseño, visitas al municipio y además se apoyará la investigación en referencias tomadas de los habitantes.

También se consultarán fuentes de información provenientes de instituciones gubernamentales, autónomas y privadas que posean documentación y/o registros, censos, estadísticas concernientes al municipio de Santo Tomas, algunas de estas

instituciones serán: ANDA (Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados), DIGESTYC (Dirección General de Estadísticas y Censos), IGN (Instituto Geográfico Nacional), Alcaldía Municipal de Santo Tomas, SACDEL, etc.

Una vez reunida toda la información necesaria se comenzará con la elaboración del diseño de la red de aguas residuales, tomando en cuenta las diferentes alternativas de diseño y escogiendo la más factible tanto técnica como económicamente. También se presentaran planos generales que contengan la distribución de la red hidráulica con sus accesorios; en base a estos planos se elaborará el presupuesto de realización de la obra, basándose en precios de materiales y mano de obra vigentes en el mercado actual.

Por último y en base a los resultados obtenidos se realizarán las observaciones y recomendaciones pertinentes, las cuales serán un reflejo y síntesis del documento.

## **1.9 OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES**

1. Según investigaciones preliminares realizadas durante el desarrollo del presente anteproyecto, nos hemos dado cuenta de que el plantear una solución para toda la población del municipio no es factible, ya que debido al crecimiento desordenado del que ha sido objeto el municipio existen en la actualidad numerosos asentamientos de personas cuyas propiedades no están legalizadas aun en la alcaldía, y que por lo tanto la alcaldía no las toma como partes existentes del municipio, además estas no cuentan con ningún servicio básico, tales zonas no pueden ser tomadas en cuenta dentro del diseño debido a la informalidad de las mismas y a las condiciones de desarrollo que poseen actualmente ya que son zonas marginales dentro del municipio.
2. La solución a la problemática del manejo y transporte de las aguas residuales no podrá estar sujeto a un determinado esquema, sino más bien deberá tener la versatilidad de las soluciones de ingeniería que mas se adecuen a las condiciones locales y particulares de cada zona en estudio.

3. La realización del presente trabajo de graduación no representara la realización de la obra, pero definitivamente será un paso importante para la realización de la misma, este trabajo constituirá un gran aporte al municipio desde el punto de vista de desarrollo, contribuyendo de esta forma al mejoramiento de las condiciones de salud de la población y a elevar su calidad de vida.
4. Será necesario que después de terminado el trabajo de graduación se realice una segunda parte donde se toquen los temas concernientes al diseño de las plantas de tratamiento para aguas residuales para la ciudad de Santo Tomás.



# **CAPITULO II**

---

# **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

## **2. FUNDAMENTOS TEORICOS**

### **2.1 AGUAS NEGRAS**

#### **2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS NEGRAS**

##### **2.1.1.1 VARIABILIDAD Y ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL**

Las aguas residuales presentan características extremas de heterogeneidad, para ello es necesario que el muestreo y análisis que se haga de ellas, sea elaborado de forma sistemática y rigurosa debido a la elevada probabilidad de cometer errores en vista de la incertidumbre propia de este tipo de estudios, tanto los acumulados en el muestreo como en el proceso de análisis, una cantidad considerablemente representativa podría hacer de los resultados un tanto mas cercanos a la naturaleza innata de este tipo de líquidos. Aunque es necesario señalar que el uso del método experimental sumado a la variabilidad de sus propiedades conlleva a valores límites poco cercanos, como por ejemplo, como se verá mas adelante, dentro de la determinación de sólidos los rangos en la desviación normal varían entre 5.2 mg/L a 15 mg/L hasta 13 mg/L a 1,707 mg/L.

El comportamiento del agua residual dentro de las alcantarillas esta sujeto al comportamiento que presentan sus componentes: el material orgánico, las grasas y aceites; el primero es atacado por la acción microbial lo que hace que este se disuelva dentro de la alcantarilla, cierta cantidad de este se sedimenta en el fondo, la que es arrastrada por la velocidad del flujo y de ello la importancia en el diseño de la red debido a que en este se proyectan las pendientes que le darán la velocidad necesaria para cumplir esta función de arrastre y causar la menor sedimentación posible. En cambio las grasas y aceites se desplazan en la superficie y se adhieren a las paredes de la tubería, estas grasas y aceites también serán arrastradas por el flujo.

En cuanto a esta variabilidad en los resultados, la tarea del ingeniero es saber manejar esta incertidumbre para proyectar de manera satisfactoria un diseño que resultará eficiente para los beneficiados, ya que los estudios hechos sobre aguas residuales son

escasamente exactos como para presentar un rango de concentraciones completamente confiable.

A continuación se mencionan los métodos para la determinación de las características de las aguas negras que determinan el comportamiento de las mismas.

#### **2.1.1.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

El agua residual tiene características heterogéneas, es turbia y contiene sólidos que son perceptibles a la vista. Dentro de las tuberías se llevan a cabo procesos biológicos y reacciones químicas que modifican las características iniciales del agua residual, haciéndola un compuesto que posee un olor pronunciado de sulfuro de hidrógeno, un color gris oscuro y la continua existencia de sólidos pequeños.

#### **2.1.1.1.2 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS**

Es importante mencionar que los sólidos presentes en los sistemas de alcantarillado se encuentran en forma *suspendida* o *disuelta* donde la suma de ambas formas lo que se denomina *sólidos totales*. Las pruebas de laboratorio para su determinación consisten en evaporar las muestras de peso o volumen conocido a una temperatura de entre 103°C y 105°C, luego que la muestra ha sido evaporada se pesa el residuo. Con los valores de peso y/o volumen inicial de la muestra y el peso del residuo se puede determinar la concentración de sólidos ya sea en miligramos por litro (mg/L) o en porcentaje.

#### **2.1.1.1.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

En cuanto a este tipo de características el agua residual posee componentes orgánicos e inorgánicos. El incremento en los constituyentes inorgánicos es debido al uso de agua, existen en forma inorgánica dos concentraciones que si es necesario disminuir: fósforo y nitrógeno, aunque también ellos se presentan en forma orgánica.

#### **2.1.1.1.4 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO**

El material orgánico que contienen las aguas residuales transportadas por las tuberías, es también el alimento de millones de bacterias que contribuyen a un proceso de

oxidación y que por medio de este se transforman en compuestos mucho mas estables como lo son el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{H}_2\text{O}$ . Entonces, la cantidad de oxígeno necesaria para llevar el material orgánico a compuestos estables se denomina demanda bioquímica de oxígeno y ella representa la medida del contenido orgánico en el agua residual. También puede ser utilizado como una medida del oxígeno necesario para la recuperación de ambientes naturales como lo son ríos y lagos, por supuesto en función del tiempo.

#### **2.1.1.1.5 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

La ventaja que presenta el uso de esta prueba contra la DBO es la rapidez con la que se obtienen los resultados, mientras que con la DBO se requieren cinco días, la DQO arroja sus resultados en horas. Si lo que se hace con la DBO es oxidar la materia orgánica, la DQO se encarga de acelerar el proceso y esto por medio del uso de dicromato de potasio y la introducción de ácido sulfúrico para acidificar la muestra, luego se hierve la mezcla durante dos horas mientras está conectada a un condensador de reflujo; luego se enfría y por medio de titulación se obtiene el residuo de dicromato de potasio con sulfato ferroso amoniacal.

#### **2.1.1.1.6 CARBONO ORGÁNICO TOTAL**

Como toda prueba esta tiene su ventaja y desventaja, la primera radica en la rapidez y exactitud de los resultados, y la segunda se refiere al elevado costo de su implementación. La prueba consiste en acidificar la muestra, con esto convirtiendo todo el carbono inorgánico en  $\text{CO}_2$ , el cual es desalojado; la muestra es inyectada en un horno donde se deposita en un catalizador que acelera el proceso de oxidación. Esta reacción provoca una producción de  $\text{CO}_2$  que se mide mediante análisis infrarrojo y se convierte instrumentalmente al contenido de carbono orgánico total.

#### **2.1.2 COMPOSICIÓN DE LOS CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES**

La composición adoptada por el agua residual esta dictada por el tipo de residuos que se descargan a la alcantarilla, entre ellos se mencionan:

- *Agua residual doméstica*: es el agua residual que proviene de residencias, locales comerciales, instituciones públicas y similares.
- *Agua residual Industrial*: agua residual en donde predominan vertidos industriales, ejemplo global: las fábricas.
- *Infiltración y Conexiones Incontroladas*: es la cantidad que se suma al caudal transportado y que penetra en la alcantarilla por medio de sus averías, como pudieran ser rotura de accesorios, empalmes inadecuados, tubería en mal estado, etc. También se incluye el agua pluvial que se introduce por medio de las tapaderas de los pozos de registro, bajadas de agua, drenes y alcantarillas pluviales.
- *Agua Pluvial*: agua procedente de la escorrentía superficial.

## **2.2 IMPACTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LAS AGUAS RESIDUALES EN LAS FUENTES DE AGUA POTABLE**

### **2.2.1 IMPACTOS AMBIENTALES**

El agua es el elemento indispensable para todas las formas de vida, todos los aspectos de la vida animal y vegetal giran en torno a ella, es por esta razón que los pueblos siempre se han desarrollado cerca de sus fuentes naturales. El agua es esencial para la supervivencia de los seres humanos y de ella depende en gran parte la buena salud, tanto de niños como de adultos, sin agua el hombre, los animales y las plantas no podrían sobrevivir, sin embargo a menudo esta fuente esencial de vida es contaminada por diversos factores, las principales fuentes de contaminación del agua son los desechos industriales, agroindustriales, agrícolas y los desechos domésticos, las aguas servidas domesticas contribuyen a esta contaminación debido a la poca cobertura de servicios de alcantarillado que existen en el país, de los 262 municipios, solamente 82 cuentan con servicio de alcantarillado sanitario en las zonas urbanas, estimaciones de ANDA indican que la totalidad de servicios de alcantarillado existentes dan cobertura a 2,008,930 personas a nivel nacional. Se estima que de toda la población cubierta con servicios de alcantarillado sólo entre 2% y 3% del caudal de aguas residuales recibe algún tipo de tratamiento previo antes de ser lanzadas a ríos o

quebradas<sup>6</sup>, lo que contribuye a la contaminación de los ríos que son usados como descarga de afluentes de aguas residuales. Los impactos socioeconómicos de la contaminación del agua son variados, a manera de ejemplo, en los años noventa las enfermedades diarreicas y los casos de parasitismo intestinal crecieron aceleradamente, los casos de enfermedades diarreicas crecieron en 85% con relación a los casos observados en 1989, en tanto que los casos de parasitismo intestinal se duplicaron en relación al mismo año de referencia, estos resultados se muestran en el gráfico 2.1.



**Fig. 2.1 Estadística de enfermedades diarreicas**

Casi 12,000 niños mueren cada año como resultado de enfermedades diarreicas evitables ocasionadas por la conjugación de varios factores<sup>7</sup>, entre los cuales están: ingerir aguas contaminadas, malas condiciones de higiene, consumo de alimentos contaminados, y la falta de un sistema de recolección y tratamiento de aguas negras y desechos sólidos, todo lo cual se conjuga con la mala nutrición y pobres cuidados de salud.

Los principales agentes (microorganismos) transmitidos por el agua se pueden agrupar en: virus, parásitos y otros microorganismos, la presencia de dichos gérmenes en el

<sup>6</sup> Fuente: OPS-UNICEF, 2000

<sup>7</sup> Fuente: Fundación Salvadoreña Para el Desarrollo Social (FUSADES)

agua puede atribuirse a la contaminación de las fuentes antes que sea recibida por el consumidor, la figura 2.2 muestra las estadísticas de parasitismo intestinal presentadas en el país entre los años 1989 y 1999.



Fig. 2.2 Estadística de parasitismo intestinal, Fuente: OPS-UNICEF 2000

Entre los vehículos contaminantes figuran las excreciones fecales y urinarias de hombres y animales, aguas negras, etc. tanto enfermos como vectores transportadores propagan las infecciones.

### 2.2.2 FUENTES Y CONTROL

Como se menciona anteriormente las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas.

La contaminación urbana está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias dañinas, en los últimos años, por el contrario, se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los

residuos sólidos producidos por los procesos de depuración, los principales métodos de tratamiento de las aguas residuales urbanas tienen tres fases: un tratamiento preliminar, el tratamiento primario, que incluye la eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación (agregación de los sólidos) y la sedimentación; el tratamiento secundario, que implica la oxidación de la materia orgánica disuelta por medio de lodo biológicamente activo, que seguidamente es filtrado; y el tratamiento terciario, en el que se emplean métodos biológicos avanzados para la eliminación del nitrógeno, y métodos físicos y químicos, tales como la filtración granular y la adsorción por carbono activado.

El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. Hay tres opciones para controlar los vertidos industriales: el control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta; las aguas pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas en corrientes o masas de agua.

La agricultura, la ganadería comercial y las granjas avícolas, son también fuente de contaminación, estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales.

## **2.3 PROYECTO DE ALCANTARILLAS**

Alcantarilla se refiere a la recolección y transporte de residuos líquidos desde un recinto o fuente hasta su disposición que generalmente debe contar con una planta de tratamiento.

### **2.3.1 TIPOS DE ALCANTARILLADO**

Al conducto de transporte del agua residual se conocerá como alcantarilla, así como su conjunto ordenado y funcional de llamará sistema de alcantarillado. El objetivo



primordial de estos sistemas es la inmediata evacuación de los residuos líquidos de cada una de las fuentes beneficiadas con este servicio.

Son tres los principales tipos de alcantarillado: separativas, pluviales y unitarias; su diferencia radica en sus características hidráulicas y su finalidad, como se ilustra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Clasificación de las redes de alcantarillados

Tipo de red	Características hidráulicas	Finalidad
Separativa o Sanitarias	Por gravedad	Se utilizan para la recogida de las aguas residuales de origen doméstico, comercial, industrial e institucional. Es preciso contar con las aportaciones debidas a la infiltración y a caudales incontrolados.
	A presión	Se utilizan para la recogida de las aguas residuales de zonas residenciales en que la construcción de una red por gravedad es problemática; asimismo pueden recoger aguas residuales de origen comercial, pero solamente una fracción de las de origen industrial, debido a los grandes volúmenes generados por la industria. Estas redes son, normalmente, pequeñas y su diseño no incluye aportaciones de aguas procedentes de infiltración desde el terreno ni aguas pluviales.
	De vacío	La misma que en redes a presión.
Aguas pluviales	Por gravedad	Se utilizan para la recogida de las aguas pluviales procedentes de calles, tejados y otras fuentes. No incluyen aguas residuales.
Unitaria	Por gravedad	Se utilizan para la recogida de aguas residuales de origen doméstico e industrial y las aguas pluviales. Asimismo pueden recoger infiltraciones y caudales incontrolados.

Fuente: Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, Ingeniería Ambiental. Terence J. McGhee. Sexta Edición, 1999

Los tipos, tamaños y longitudes de las alcantarillas en sistemas de alcantarillado vienen dados por el diseño que se basa en estudios de población para determinar el caudal que transportará, así como la ubicación del punto de descarga. El esquema mostrado en la figura 2.3 ilustra los diferentes componentes de un sistema de alcantarillado. Como puede verse en el esquema de la figura 3.1 cada una de las tuberías en un sistema de aguas residuales cumple funciones básicas de recolección, para ello se muestra la tabla 3.2 con sus correspondientes finalidades.

El tamaño de las alcantarillas esta determinado por el caudal a transportar y por las normas locales que establecen el mínimo tamaño permisible; en nuestro país la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), establece en las normas técnicas para alcantarillados de aguas negras que el diámetro mínimo en acometidas domiciliarias es de  $\text{Ø}=4''$  y en colectores laterales o secundarios de  $\text{Ø}=8''$ .

La conexión entre alcantarillas se realiza mediante pozos de registro, considerados como parte fundamental de un diseño de sistemas de este tipo, además de esta función cumple también la de limpieza. La ubicación de estos elementos esta presente en cada una de las uniones de alcantarillas a lo largo de la red.

### 2.3.2 PROYECTO DE ALCANTARILLAS SANITARIAS

Los encargados de formular este tipo de proyectos deben perfilar una serie de condiciones importantes dentro de las que se mencionan:

- Recopilar la información básica
- Revisar las condiciones del proyecto y seleccionar las bases del diseño
- Proyectar las alcantarillas
- Ejecutar planos y especificaciones

El proyecto regularmente es fragmentado en dos etapas: la preparación del anteproyecto y su respectiva ejecución.

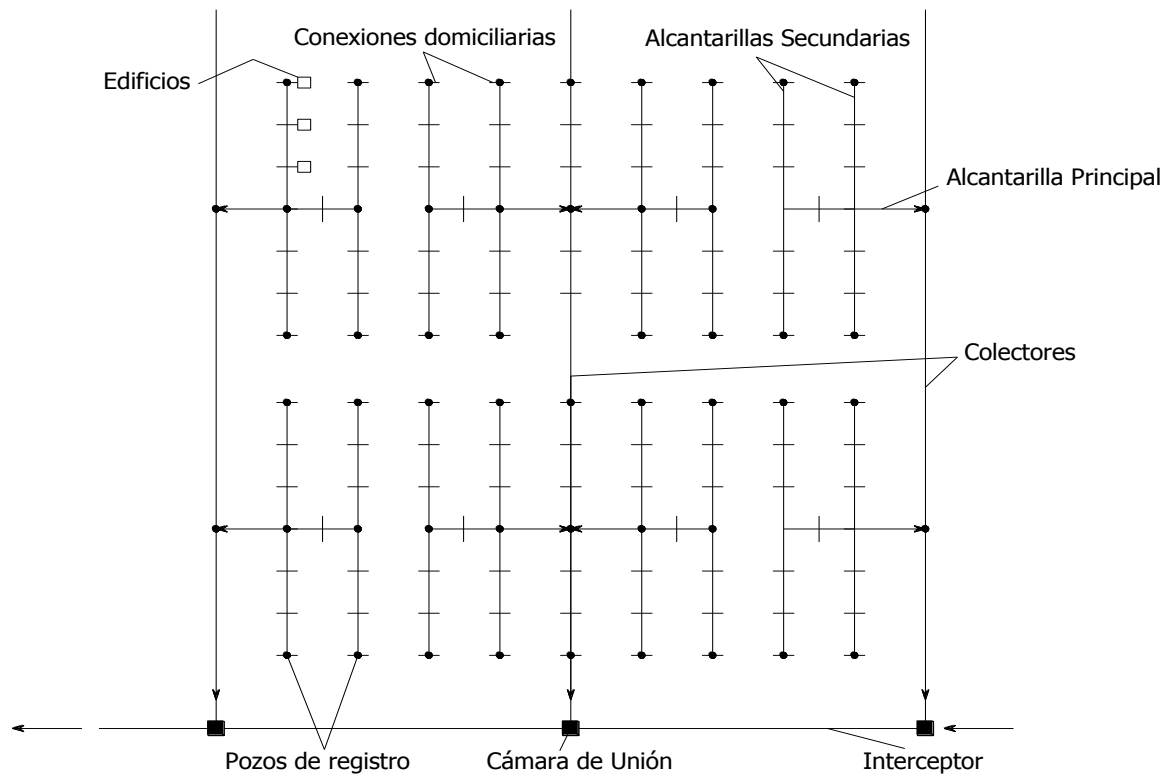


Fig. 2.3 Representación esquemática de los tipos de alcantarilla en una red

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales, Metcalf & Eddy, Inc.

### 2.3.3 MATERIALES Y TAMAÑOS DE LAS ALCANTARILLAS

Se usarán tuberías de PVC, cemento arena, concreto simple, concreto reforzado o hierro fundido dúctil, de sección circular, para interceptores o emisarios se podrá utilizar canaletas con secciones de diferente forma (trapezoidal, rectangular, herradura, etc.)<sup>8</sup>

Entre las especificaciones técnicas de materiales para sistemas de alcantarillados están: Tuberías: las conexiones domiciliarias serán de cemento arena, o de PVC, Ø 4", los colectores de Ø mínimo de 8" de cemento arena satisfacerán la norma ASTM-C14.

<sup>8</sup> Fuente: Normas técnicas para abastecimientos de agua potable y alcantarillado de aguas negras, A.N.D.A.

Tabla 2.2 Tipos de alcantarilla en un sistema de alcantarillado típico.

Elemento del sistema	Finalidad
Acometida domiciliaria	Las acometidas o conexiones domiciliarias se conectan con la red de desagües de los edificios y su finalidad es transportar las aguas residuales originadas en ellos a las alcantarillas secundarias o a cualquier otra alcantarilla, excepto a otra acometida domiciliar. Normalmente, se construyen exteriormente al edificio, y a 45° con respecto a la perpendicular de la línea de construcción.
Laterales o secundarias	Constituyen el primer elemento de la red de alcantarillado y suelen disponerse en las calles o en zonas especiales de servidumbre. Se utilizan para transportar el agua residual de uno o más edificios a las alcantarillas principales.
Principales	Se utilizan para transportar el agua residual procedente de una o varias alcantarillas secundarias a los colectores o interceptores.
Colectores	Son alcantarillas de gran tamaño que transportan el agua residual de las principales a la estación depuradora o grandes interceptores.
Interceptores	Son alcantarillas de gran tamaño que se utilizan para interceptar y o recoger el agua residual procedente de uno varios colectores o alcantarillas principales, transportándola a la estación depuradora.

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales, Metcalf & Eddy, Inc.

Las tuberías de concreto simple  $10" \leq \emptyset \leq 24"$  se fabricarán de acuerdo a las normas ASTM-C14. Las tuberías de concreto armado  $\emptyset \geq 30"$  se fabricaran de acuerdo a las normas ASTM-C76. Los agregados cumplirán la norma ASTM-C150. la calidad de las tuberías a utilizar deberá ser comprobada antes de su colocación por un laboratorio calificado. La tubería y accesorios de PVC, para alcantarillado, 100 PSI deberán satisfacer las normas ASTM-F981, 2241-2265; CS272, con anillo elastómero ASTM-D3212.9

<sup>9</sup> Fuente: Normas técnicas para abastecimientos de agua potable y alcantarillado de aguas negras, A.N.D.A.

Un problema siempre latente dentro del mantenimiento es la introducción a las alcantarillas de objetos de tamaño considerable, lo que lleva a obstrucciones inmediatas; para tomar en cuenta este tipo de inconvenientes al momento del diseño, los conductos no deben tener un diámetro inferior a 200 mm (4 pulgadas).

#### **2.3.4 CONSIDERACIONES GENERALES**

El punto de mayor importancia en un diseño de sistemas de aguas residuales recae sobre el tamaño de la alcantarilla y su pendiente, de modo que pueda soportar el caudal máximo previsto así como conservar una velocidad adecuada que impida la deposición de sólidos. En este proceso previo al diseño es necesario ubicar todo tipo de estructuras que puedan entrar en contacto con la tubería, así como una estimación aceptable de caudales y población.

El sistema representa para la comunidad un beneficio, pero que acarrea responsabilidades por parte de la misma, tanto legales como financieras. Por lo tanto si una comunidad cuenta con un sistema de disposición como fosas sépticas, tal vez lo más recomendable sea brindar guías de mantenimiento que obviamente contribuirán al bolsillo de la población. La disposición de aguas residuales requiere un tratamiento que debe ser previamente diseñado tomando en cuenta los niveles demandados por las normas, como también su respectiva evaluación económica.

#### **2.3.5 DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO**

El objetivo fundamental del sistema de alcantarillado es brindar un servicio funcional, carente de situaciones molestas y para ello el conocimiento de los principios que rigen este tipo de diseños se vuelven necesarios.

##### **2.3.5.1 INVESTIGACIONES PRELIMINARES**

Un estudio previo de la situación de la comunidad conduce a elaborar un estimado de costos que permitirá conocer si el proyecto es factible o no, de ser aprobado servirá también como testimonio para su financiamiento.

El proceso inicial es acumular la mayor cantidad de información referente a la comunidad, para el caso mapas oficiales que presenten curvas de nivel, estructuras existentes, red vial, distribución de zonas urbanas y rurales, vegetación, cuencas, escorrentías, uso de suelos, densidad poblacional, etc., en fin todo lo que se encuentre al alcance para brindar un diseño completo. Con todo lo anterior es posible elaborar un diseño preliminar que dictará la estimación de la cantidad de tubería, excavaciones, materiales, mano de obra, pavimento reconstruido, etc. Debe considerarse que las alternativas tratadas encajen en las posibilidades del municipio para absorber los costos como las consecuencias ambientales que pueda acarrear.

### **2.3.5.2 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DETALLADOS**

Uno de los inconvenientes que pueden estar presentes son las condiciones superficiales tales como rocas o materiales altamente consolidados, siendo recomendable realizar sondeos a lo largo del trazo propuesto. Los resultados pueden incluso cambiar el trazo propuesto debido al elevado costo que puede generar esa opción.

Preparar los planos para la ejecución requiere conocer al menos lo siguiente:

- Tipo de pavimento
- Ubicación de estructuras subterráneas
- Perfiles de calles
- Nivel de fondo de corrientes, alcantarillas y zanjas

En el plano se debe plasmar la dirección del flujo por medio de flechas, generalmente en la dirección de las pendientes. Las alcantarillas primarias recolectan el líquido residual de su área tributaria, conduciéndola hacia tuberías secundarias y laterales y así sucesivamente hasta llegar a su lugar de disposición.

Debe tenerse el cuidado de que la ubicación de las alcantarillas esté lo suficientemente separada del sistema de agua potable. Un accesorio de importancia es el pozo de registro, ubicándose en intersección de tuberías, cambios abruptos de dirección o

pendiente, también en tramos rectos extremadamente largos; su ubicación se registrará considerando la normativa vigente.

### **2.3.6 RELACIÓN DE CANTIDAD Y POBLACIÓN**

Es una idea lógica pensar que cuando una población tiene mayor número de habitantes consumen más agua y producen más agua residual, por tal motivo las variaciones en la estimación de consumo de agua están relacionadas con la proyección de crecimiento poblacional. Con muchos años de experiencia y reseñas históricas que indican que los estimados de consumo de agua hayan sido basados en proyecciones poblacionales, esas técnicas no han sido del todo satisfactorias. Se debe tomar en cuenta que otros factores influyen también en forma directa el consumo de agua, estos factores pueden ser a veces mucho más significativos que la población, entre algunos de ellos están: el clima, el nivel económico, la densidad de población, el grado de industrialización, el costo, la presión y la calidad del abastecimiento. Para tratar de establecer una relación entre uno o más factores y el consumo de agua se han desarrollado métodos estimativos; se debe decidir cual de estos se apega más a la situación en particular de la población en estudio.

La proyección del consumo de agua en el futuro se debe realizar tomando como base el consumo de agua en el presente. Un parámetro bastante útil que se debe tener en cuenta es la clasificación del consumo por medio de tipo de usuarios (domésticos, comerciales, industriales, públicos), área de la ciudad, nivel económico de los usuarios, estación del año, etc. Los motivos y la utilidad de esta clasificación se refleja en el hecho que: (1) la población total puede no estar servida por el sistema municipal, (2) puede haber grandes usuarios industriales, lo cual no cambiará con la población y (3) las características, al igual que el tamaño de la población, pueden estar cambiando.

### **2.3.7 ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN**

El factor mas importante para estimar el uso del agua seguramente es la población, en vista de eso es necesario de alguna manera estimar la población futura hasta donde se esta proyectando la obra.

La fecha en la cual se estimará la población en el futuro depende de la obra hidráulica para la que se este diseñando, generalmente cuando los elementos particulares son de fácil expansión por ejemplo las tuberías, el calculo poblacional se hace para periodos futuristas no muy largos, caso contrario un pozo debe proyectarse para tiempo mucho mas largos. Como información generalizada, los periodos de diseño fluctúan entre los 5 hasta los 20 años. Como toda estimación en el futuro, el resultado esta sujeto a algún grado de error el cual se puede disminuir y dejarlos en parámetros razonables, seleccionando los factores que más influyen el crecimiento poblacional, teniendo así la posibilidad de seleccionar la técnica más adecuada para el calculo.

### **2.3.7.1 MÉTODO ARITMÉTICO.**

Su hipótesis se basa en el hecho de que la tasa de crecimiento es constante. La validez de este método se puede verificar examinando el crecimiento de la comunidad para determinar si se han producido incrementos aproximadamente iguales entre los censos recientes. En términos matemáticos, la hipótesis puede ser expresada como:

$$\frac{dP}{dt} = K$$

En donde  $dP/dt$  es la tasa de cambio de la población y  $K$  es una constante.  $K$  se puede determinar gráficamente, o a partir de las poblaciones en censos sucesivos, como:

$$K = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

Donde:  $\Delta P/\Delta t$  representa la taza de cambio de la población con respecto al tiempo  
La población futura es luego estimada a partir de

$$P_t = P_0 + Kt$$

Donde  $P_t$  es la población en algún tiempo futuro,  $P_0$  es la población actual, y  $t$  es el periodo de la proyección.



### **2.3.7.2 MÉTODO DEL PORCENTAJE UNIFORME.**

La hipótesis de un porcentaje de crecimiento geométrico o uniforme supone que la tasa de incremento es proporcional a la población:

$$\frac{dP}{dt} = K'P$$

donde  $K'$  es una constante de proporcionalidad y  $P$  es la población, de la integración de esta ecuación resulta

$$\ln P = \ln P_0 + K' \Delta t$$

Esta hipótesis se puede verificar de mejor manera representando el crecimiento registrado de la población en papel semilogarítmico. Si se puede ajustar una línea recta a los datos, el valor de  $K'$  se puede determinar a partir de su pendiente. Es posible también usar técnicas computarizadas de mínimos cuadrados para ajustar la línea, pero una presentación gráfica es valiosa, pues permite evaluar qué tan bien los datos ajustan en la función supuesta.

### **2.3.7.3 MÉTODO CURVILÍNEO**

Esta técnica consiste en la proyección gráfica de la curva de crecimiento de la población en el pasado, manteniendo cualquier tendencia o inclinación que la información histórica indique. Una variante comúnmente usada en este método incluye la comparación del crecimiento proyectado con el crecimiento registrado de otras ciudades de mayor tamaño.

Las ciudades escogidas para la comparación deben ser tan similares como sea posible a la ciudad estudiada. Se deben tener en cuenta factores tales como la proximidad geográfica, la similitud en posibilidades económicas, el acceso a sistemas de transporte similares y otros.

#### **2.3.7.4 MÉTODO DE LA PROPORCIÓN**

El método está basado en el supuesto de que la proporción de la población de la ciudad en estudio con relación a la de un grupo superior continuará cambiando en el futuro de la misma manera que ha ocurrido en el pasado. La proporción es calculada para una serie de censos, la línea de tendencia es proyectada al futuro y la relación proyectada se multiplica por la proyección de población regional predicha para obtener la población de la ciudad en el año de interés.

El uso del buen juicio en la estimación de la población es importante puesto que, si el estimado es muy bajo, el sistema será pronto inadecuado siendo necesario rediseñar, reconstruir y refinciar las obras realizadas con carácter permanente. Por otra parte, una sobreestimación de la población resulta en una capacidad excesiva que debe ser financiada por una población menor a un alto costo unitario y que nunca podrá ser usada, como resultado del deterioro o de la obsolescencia tecnológica.

#### **2.3.8 RELACIÓN DE LAS AGUAS NEGRAS CON EL ABASTECIMIENTO DE AGUA**

La cantidad de aguas residuales producidas depende del abastecimiento de agua que posea la población; el agua abastecida posee carácter transitorio, es por esta razón que para el diseño de una red de alcantarillado sanitario es primordial saber cuanta agua es consumida por la población y cuanta de esta agua es desechada, tanto en el presente como en el futuro hasta donde se pretende sea funcional la obra.

Existe toda una gama de actividades en la que el agua juega el papel principal, como la utilizada en la generación de vapor en industrias, aire acondicionado, riego de céspedes y jardines, etc., de lo cual se puede destacar que el agua probablemente nunca llegue a la alcantarilla; en cambio es posible que algunas industrias o residencias posean fuentes de abastecimiento privadas que al igual que las demás serán descargadas en el sistema de alcantarillado. Debido a esta variación de uso y residuo se suscitan variaciones en el flujo residual entre 70% y 130% del agua abastecida, lo que vuelve un estudio necesario de la población que refleje parámetros como: niveles de vida, cantidad de residencias, industrias, escuelas, uso de suelos, subcuencas, intensidad de lluvias, etc., en fin toda una gama de datos que nos pueden

guiar hacia una estimación aceptable de la cantidad de agua residual con respecto al agua consumida.

### **2.3.9 INFILTRACIÓN Y FLUJO DE ENTRADA**

La infiltración esta constituida por la cantidad de agua que a través de los desperfectos de la tubería, paredes de pozos, uniones defectuosas, etc., se suman al flujo que ellas conducen, esta también puede provenir de aguas subterráneas en el caso de un nivel freático cercano a la superficie.

El flujo de entrada se refiere al que penetra a través de tapas de pozos de inspección perforados, de desagües de techos conectados a los alcantarillados y en fin toda el agua que por casualidad penetra a la red de alcantarillado.

La construcción de la tubería como su correspondiente tratamiento encarece a medida que aumenta el flujo, es por ello que a toda costa trata de reducirse el flujo de entrada y las infiltraciones. La infiltración y el flujo de entrada pudiera controlarse inicialmente siguiendo una serie de lineamientos constructivos de calidad y supervisión, así como tomando en cuenta la altura del nivel freático y la clasificación de suelo. En cuanto al tipo de suelo, uno que presenta altas deformaciones amenaza con ocasionar rupturas en uniones de tubería, también un suelo de alta permeabilidad permite el flujo hacia rupturas en la alcantarilla, lo que hace que incremente el caudal.

Lo que es sencillo de concluir es que las infiltraciones son difíciles de predecir sin medidas de flujo, sobre todo cuando cada uno de los proyectos posee sus singularidades en cuanto a características de suelo y construcción. Dado que las alcantarillas se deterioran con el tiempo es adecuado suponer que el nivel de infiltración aumentará, por lo que las limitaciones en la cantidad de infiltración deben ir un tanto sobradas para tomar en cuenta este efecto a lo largo de la vida útil de la tubería.

### 2.3.10 PRINCIPIOS DE DISEÑO

La ecuación de Manning puede ser usada para determinar el tamaño requerido de conductos individuales, pero no se puede aplicar directamente, puesto que el radio hidráulico y el área de flujo no son funciones simples de la profundidad en secciones normales de alcantarillas. La ecuación de Manning se expresa de la siguiente forma:

$$V = \frac{K}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

R: radio hidráulico.

S: pendiente del canal.

n: coeficiente de rugosidad del material del canal.

K: En unidades del sistema internacional es igual a 1, y en unidades del sistema inglés es igual a 1.49.

Las velocidades en las alcantarillas son seleccionadas con el objeto de mantener los sólidos en el agua residual en suspensión o al menos evitando su sedimentación. El tamaño de las alcantarillas sanitarias debe ajustarse para suministrar una velocidad de al menos 0.6 m/s, la cual es adecuada para mantener los sólidos sin sedimentarse. En nuestro país ANDA permite en colectores primarios y secundarios una velocidad mínima real de 0.5 m/s al caudal de diseño durante el primer año de funcionamiento, en cuanto a las velocidades máximas dependen del material de las tuberías, a manera de ejemplo la velocidad máxima para tuberías de PVC es de 5.0 m/s. En terreno plano, el diseñador puede estar tentado a usar tuberías más grandes, ya que la pendiente "mínima" es menor, lo cual no es buena práctica puesto que una alcantarilla grande, que transporte un flujo bajo, tendrá una velocidad mucho menor que aquella que transporta flujo lleno y esto puede dar lugar a que se produzcan sedimentaciones al interior de la tubería.

Las pérdidas adicionales de energía ocurrirán en cambios de dirección o de tamaño de la tubería, las alcantarillas superiores a 36 pulg. son curvadas algunas veces por deflexión de las uniones para suministrar un cambio gradual de dirección, las pérdidas

producidas por esta técnica pueden ser calculadas mediante los procedimientos hidráulicos, pero a menudo se tienen en cuenta para más simplicidad al incrementarse el valor de n en la ecuación de Manning cerca de 25 % a 40%. Los cambios de dirección en alcantarillas más pequeñas siempre deben hacerse en un pozo de inspección. Se supone que la pérdida resultante de este cambio es comúnmente de unos 30 mm.

### 2.3.11 CALCULO DE CAUDAL DE AGUAS NEGRAS

- Paso uno: la ubicación de los tramos y pozos de registro dentro del plano topográfico.
- Paso dos: una vez definidas las ubicaciones de los pozos de registro y las longitudes de las tuberías, se procede a calcular el área tributaria de descarga hacia esa tubería y esta área se multiplica por la población futura para el periodo de diseño proyectado, obteniendo de esa forma el número de habitantes por tramo de tubería.
- Paso tres: se calcula el caudal medio diario el cual se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{medio}} = \frac{\text{dotacion} \times \text{Poblacion futura}}{86,400}$$

la dotación se obtiene según las Norma Técnicas de ANDA.

- Paso cuatro: se calcula el caudal máximo horario mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{max horario}} = 2.4 \times Q_{\text{medio}}$$

- Paso cinco: se calcula el caudal de diseño por la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{diseño}} = (0.80 \times Q_{\text{max}}) + \text{infiltracion por caudal incontrolado}$$

- Paso seis: se calcula la contribución del tramo de la tubería por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Contribucion del tramo} = F_s \times Q_{\text{diseño}}$$

donde  $F_s$  es el factor de seguridad dado por las Normas Técnicas de ANDA, capítulo II, inciso 4.

- Paso siete: Se utiliza la fórmula de Manning para calcular la velocidad a tubo lleno.
- Paso ocho: se calcula la relación entre la contribución del tramo o caudal de diseño acumulado y el caudal a tubo lleno ( $q/Q$ )
- Paso nueve: con el valor anterior se ingresa en la curva de elementos hidráulicos básicos (curva del banano) y con esta relación se intercepta la curva de descarga y se lee el valor de  $y/D$  ( $K_1$ ) y desde ese mismo punto se intercepta la curva de velocidad y se obtiene el valor de  $v/V$  ( $K_2$ ). Donde  $v/V$  es la relación entre la velocidad real ( $v$ ) y la velocidad a tubo lleno ( $V$ ).
- Paso diez: con los valores anteriores se calcula el valor de la velocidad real con la siguiente fórmula:

$$\text{Velocidad real} = K_2 \times \text{Velocidad a tubo lleno}$$

Este valor se compara con los valores límites establecidos en la Norma Técnica de ANDA, luego se calcula el tirante hidráulico por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Tirante hidraulico} = K_1 \times \text{Diametro de la tuberia}$$

- Paso once: El tirante hidráulico se compara con el tirante máximo considerando que este es un porcentaje del diámetro de la tubería que generalmente es el 70% debiendo ser el valor calculado menor que ese resultado.

## **2.4 ACCESORIOS PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO**

Los componentes principales en que se dividen los sistemas de alcantarillado sanitario son:

- Los conductos de las alcantarillas
- Diversas estructuras y elementos complementarios.

Este último grupo de componentes se suele denominar, en su conjunto, como instalaciones complementarias de las alcantarillas. Las instalaciones complementarias tienen por finalidad asegurar que la red de alcantarillado funcione de acuerdo con lo previsto en el proyecto y de modo tal que pueda inspeccionarse y mantenerse en buenas condiciones de funcionamiento.

### **2.4.1 POZOS DE REGISTRO**

Los pozos de registro tuvieron su aparición en el año 1880 cuando ya existían tuberías de gran diámetro y longitudes grandes con el fin de que una persona pudiera hacer una inspección a lo largo de ella y efectuar su respectivo mantenimiento, esto no era muy eficiente económicamente. En principio, se introdujeron para facilitar la extracción de arenas y fango depositados en el fondo de las alcantarillas con escasa velocidad de flujo. Anteriormente, cuando una alcantarilla se obstruía hasta el punto de tener que limpiarse, era costumbre excavar hasta la alcantarilla, romper sus paredes, eliminar la obstrucción y cerrar de nuevo la alcantarilla.

Cuando se introdujeron los pozos al sistema de alcantarillado disminuyó los costos en gran medida ya que no era necesario construir enormes alcantarillas y las velocidades mínimas se alcanzaban sin necesidad de tener tanta pendiente.

Una vez reconocida la importancia de los pozos de registro para las pequeñas alcantarillas quedó establecido el principio de que no habría cambio de pendiente o alineación en una alcantarilla entre dos puntos de acceso a la misma, a menos que fuera lo suficientemente grande para permitir que un hombre pasase por ella con

facilidad. Sin embargo, en algunos casos, los pozos de registro se situaban demasiado próximos. Esta práctica es criticable por su innecesario costo y e inevitable daño que se causa al pavimento por el impacto del tráfico cuando hay marcos de pozos de registro sobre este.

Los pozos de registro deberán de permitir sin riesgos ocupacionales y con la mínima interferencia hidráulica, fácil acceso para la observación y mantenimiento del alcantarillado. Los pozos de registro se preverán principalmente para inspección, eventual limpieza y desobstrucción de tuberías, así como aforo, muestreo y análisis de aguas residuales, consecuentemente se proyectarán al inicio de colectores, puntos de convergencia de colectores, cambios de diámetro o sección, cambio de dirección o pendiente, cambio de materiales de la tubería. En tramos rectos la distancia entre pozos de registro no excederá de 100 m si el diámetro es menor o igual a 24", podrán utilizarse pozos de registro prefabricados siempre que se compruebe su funcionalidad y resistencia. Si la tubería entrante alcanza el pozo de visita a mas de 1.00 m sobre el nivel del fondo se construirá un pozo con caja de sostén; la caída no excederá de 4.00 m, hasta 7.50 m se usaran cajas dobles, cuando el material utilizado sea PVC las cajas de sostén se podrán sustituir por accesorios del mismo material. Cuando desemboquen tuberías de diferente diámetro en un pozo de visita, la del menor diámetro tendrá una caída mínima igual a la mitad del diámetro mayor.<sup>10</sup>

#### **2.4.1.1 TAMAÑO DE LOS POZOS DE REGISTRO**

Los pozos de registro deben ser suficientemente grandes para permitir un fácil acceso a las alcantarillas. El espacio disponible entre los escalones de acceso y la pared opuesta debe tener amplitud suficiente para que los operarios puedan subir y bajar sin dificultad. En las alcantarillas pequeñas deberá haber suficiente espacio para que un operario pueda manejar una pala y la media caña en el fondo del pozo deberá permitir la permanencia de la persona que trabaja en el pozo sin perturbar la circulación del agua en la alcantarilla.

---

<sup>10</sup> Fuente: Normas técnicas para abastecimientos de agua potable y alcantarillado de aguas negras, A.N.D.A.



Las alcantarillas de diámetro superior a 24 pulg. exigen que las bases de los pozos sean de mayor tamaño, algunas veces se dan unas condiciones especiales que requieren un tamaño de pozo mayor, por ejemplo, en el caso de que haya de servir de acceso a un dispositivo de medida de caudal o de limpieza de gran tamaño.

Las estructuras de acceso en grandes alcantarillas se construyen de tal modo que puedan bajarse a través de las mismas un dispositivo de limpieza de fondos al interior de la alcantarilla.

En el caso de que la descarga de una tubería hacia un pozo de registro sea de una altura mayor de un metro, se dota al pozo de un accesorio llamado caja de sostén; con el fin de que el agua cuando caiga no provoque un desgaste en el pozo provocando una disminución en la vida útil del mismo. La caja de sostén consiste en una tubería que se instala perpendicular hacia la que esta descargando, y termina en el fondo del pozo, esta se arma por medio de codos a 45° y tramos rectos de tubería. La tubería de descarga se termina en el pozo y no se sella para efectos de inspección y limpieza, en la figura 4.2 se muestra la elevación de un pozo de registro con caja de sostén.

#### **2.4.1.2 ESPACIAMIENTO DE LOS POZOS DE REGISTRO**

En nuestro país se recomienda que la separación de los pozos de registro no exceda de 100 m si el diámetro de la tubería es menor o igual a 24 pulgadas, y además se colocarán al inicio de colectores, puntos de convergencia de colectores, cambios de diámetro o sección, cambios de dirección o pendiente, cambio de materiales de la tubería.<sup>11</sup>

#### **2.4.1.3 TRANSICIÓN Y CAMBIOS DE DIRECCIÓN DE LOS POZOS DE REGISTRO**

Los cambios de tamaño o forma de la sección transversal de la alcantarilla en un pozo de registro producen perturbaciones en el flujo con la consiguiente pérdida de carga, Los cambios de sección realizados con transiciones graduales ayudan a reducir estas pérdidas. En alcantarillas de 24 pulg. y menores puede realizarse una curva de 90° en

---

<sup>11</sup> Fuente: Normas técnicas para abastecimientos de agua potable y alcantarillado de aguas negras, A.N.D.A.

el interior de un pozo de registro convencional. En alcantarillas de diámetro comprendido entre 27 pulg. y 48 pulg., el cambio de dirección de 90° puede realizarse entre dos pozos de registro, cada uno situado a una distancia de al menos dos diámetros del pozo desde el punto de intersección, con una alineación recta entre pozo y pozo. La práctica más común consiste en construir un pozo de grandes dimensiones con una base especialmente proyectada en el punto de intersección.

#### **2.4.1.4 CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE REGISTRO**

Prácticamente en nuestro país la mayor parte de los pozos de registro de las alcantarillas construidas se hacen con ladrillo de obra y soleras de hormigón armado contruidos in situ, al pasar de los años y con el deterioro producido por su uso, mucho de estos pozos constituyen una fuente importante de volúmenes de infiltración a las alcantarillas de aguas subterráneas en los lugares donde se presentan estas condiciones.

Para reducir estas infiltraciones, se debe construir con materiales de alta calidad; se torna adecuado para la dosificación del mortero a usarse para la unión de los bloques el uso de algún aditivo impermeabilizante, y que además brinde protección contra los compuestos corrosivos que pueda contener el agua residual. Una práctica muy buena consiste en repellar el interior del pozo con mortero que incluya un aditivo impermeabilizante, ya que se sabe que el ladrillo de obra no posee propiedades impermeabilizantes.

El forjado de las paredes de ladrillo de obra se hace con el tipo trinchera, logrando de esta manera un espesor de treinta centímetros aproximadamente, el ladrillo a usarse debe estar libre de suciedad, además se debe dejar humedeciendo hasta que ya no sea capaz de absorber agua, pues de otra manera le robaría agua al mortero utilizado en las uniones. Es adecuado dejar por lo menos una cimentación de concreto ciclópeo con un espesor de 40 cm., y en el fondo del pozo se deja una media caña, refiriéndose esto a un canal forjado en el concreto, para orientar el curso de las aguas residuales; no se debe restar importancia al tipo de suelo en el que se cimentará el pozo, y si es

necesario hacer una restitución de suelo, o la aplicación de algún método que garantice el buen funcionamiento del suelo.

#### **2.4.1.5 PELDAÑOS EN LOS POZOS DE REGISTRO**

En nuestro país se construyen de hierro fundido o varilla número 8 moldeada in situ, la desventaja que ofrecen es que se pueden oxidar al pasar de los años, siendo una fuente de peligro para el operador o encargado de inspección de los mismos.

Las técnicas modernas sugieren hacerlos de aleación de aluminio o de acero recubierto de plástico u otro material adecuado.

Independientemente de las técnicas utilizadas para fijar los peldaños a las paredes de los pozos de registro, los peldaños deben embeberse de un modo seguro y capaz de soportar a la persona que los utilice. Los peldaños deben colocarse alineados verticalmente para formar una escalera, y uniformemente distribuidos con separaciones entre 30 a 40 cm.

#### **2.4.1.6 TAPAS DE POZOS DE REGISTRO**

Los factores que deben ponderarse al elegir los marcos y tapas de los pozos de registro son:

- Seguridad, de modo que las tapas no se suelten.
- Facilidad de reparación y sustitución, requerida por el desgaste del tráfico.
- Resistencia suficiente para soportar el peso de vehículos pesados.
- Que no sean ruidosas.
- Costo
- Posibilidad de ajustar con el desgaste de los pavimentos para corregir las desigualdades.
- Apariencia.
- Protección contra la entrada de aguas pluviales y cigarrillos encendidos que puedan caer a través de ellas.

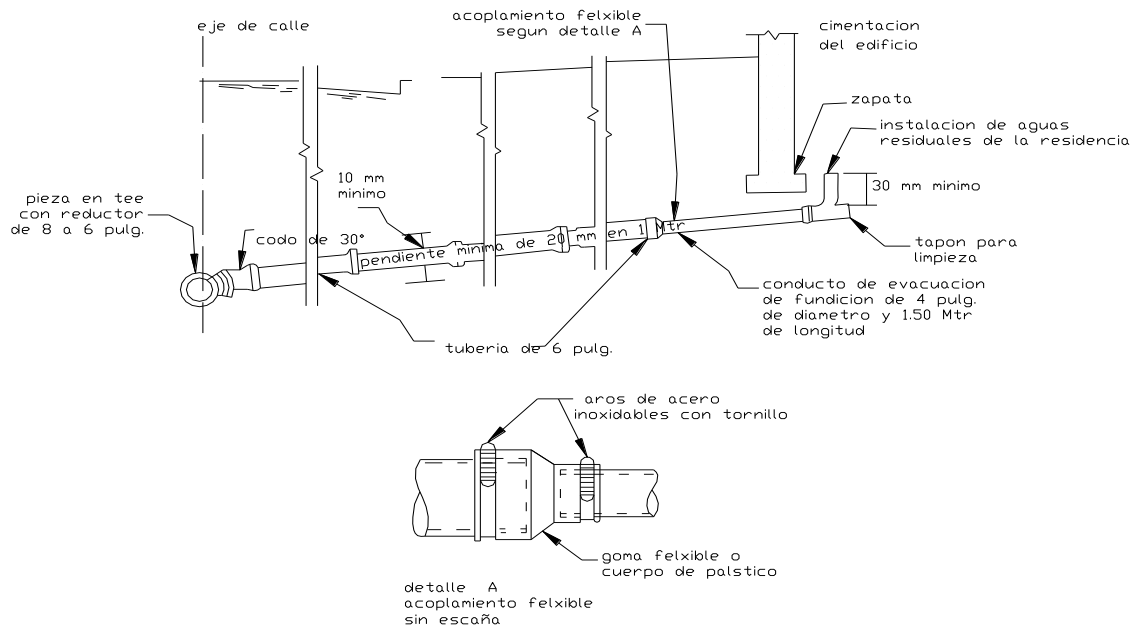
La tapa será plana y se colocará en la rasante de la calzada de forma que no interfiera con el tráfico ni cause demasiado deterioro del pavimento. Las tapas deberán estar normalizadas, de modo que las que se pierdan por robo o rotura puedan ser sustituidas fácilmente. Además, deberán ser onduladas o tener salientes para evitar que sean resbaladizas. Suelen ser circulares en la mayoría de los casos. Son esencialmente más robustas que las rectangulares y poseen la ventaja de que no pueden caerse en el pozo de registro.

#### **2.4.2 CONEXIONES DOMICILIARES**

Las conexiones domiciliarias, denominadas también acometidas, son tuberías de pequeño diámetro que van desde los edificios a la alcantarilla pública de la calle, ver figura 2.4. En algunos proyectos se dejan construidas al hacer la alcantarilla, y la conexión es realizada por el constructor del domicilio con previa autorización de ANDA.

Usualmente las conexiones domiciliarias consisten en una tubería que viene del interior del domicilio, en el cual se transportan las aguas residuales del mismo, este llega a una caja domiciliar de aguas negras; esta es una caja forjada con ladrillo de barro, aproximadamente posee un volumen interno de 0.27 m<sup>3</sup>, formado por un cubo de 0.30 cm. por cada lado; a continuación una tubería transporta el agua residual al colector principal.

El diámetro mínimo de las tuberías de las conexiones a los edificios será de 4 pulg. La pendiente mínima para una conexión esta fijada generalmente por normas locales y raramente se autoriza valores inferiores a un 2%. La acometida del domicilio empalma con la alcantarilla por medio de un accesorio llamado yee tee el cual llega a 45 grados al colector en el sentido de circulación del agua. En nuestro país las normas de ANDA dicen que las conexiones domiciliarias no se conectaran a pozos de registro ni a colectores cuya profundidad exceda de los 3 mts. Se permitirán acometidas dobles y tales deberán ser de diámetro mínimo de 4 pulg.



**Figura 2.4 Conexión domiciliar típica**

### 2.4.3 SIFONES INVERTIDOS

Cualquier inflexión o desviación en una alcantarilla que pase bajo estructuras subterráneas, o bajo un curso de agua a través de un valle se conoce con el nombre de sifón invertido.

En realidad esta denominación es incorrecta, ya que no se trata de un sifón y, por ello se ha sugerido usar el término alcantarilla deprimida. Puesto que la tubería que constituye el sifón invertido se encuentra bajo la línea piezométrica, está siempre llena de agua a presión, aunque el flujo circulante por la alcantarilla sea pequeño.

Como las obstrucciones son más difíciles de eliminar en un sifón invertido que en una alcantarilla, deberá evitarse su formación. La velocidad conviene mantenerla tan alta como sea posible en el sifón invertido, por ejemplo, 0.9m/s o más para aguas residuales domésticas.

También es conveniente instalar varias tuberías, en lugar de una sola; para mantener velocidades adecuadas en todo momento, los tubos se disponen de tal modo que las tuberías entren progresivamente en servicio al aumentar los caudales de agua residual.

En algunos casos se utilizan sumideros ó desarenadores construidos inmediatamente aguas arriba de los sifones invertidos pero son de difícil limpieza y el material extraído suele oler mal.

La limpieza por chorros de agua a presión puede realizarse de varias maneras, lo que dependerá de las instalaciones disponibles y de las condiciones circundantes. Puede hacerse remansando el agua residual y, a continuación liberando el flujo retenido, mediante la admisión de agua limpia en la parte superior del sifón invertido; dotando al sifón de un mecanismo de rascado permanente o por limpieza manual utilizando barras, acopladas con rascadores adecuados u otro tipo de herramienta, tras vaciar el sifón.

En cada extremo de un sifón invertido se colocarán pozos de registro o cámaras de limpieza que sirvan de acceso para quitar las obstrucciones, y entrada en el caso de alcantarillas grandes. Se ha criticado la colocación de pozos de registro intermedios en un sifón invertido de modo que el agua residual pueda subir libremente, ya que la grasa y otras suciedades tienden a llenar el pozo.

#### **2.4.4 CAJAS DE INSPECCION**

Usualmente cuando en una red de alcantarillado no es factible usar un pozo de registro debido a la poca profundidad que este requiere, se propone usar una caja de registro. Esta desempeña la misma función del pozo de registro. La caja de registro se debe utilizar en el caso que la altura del pozo sea menor de 1.40 m, para lo cual se vuelve antieconómico un pozo. La caja de registro debe poseer las dimensiones mínimas de 1m x 1m x h, en el cual el factor que variara es el h. La fabricación se realiza con ladrillo de obra ó con ladrillo de calavera, colocados en la forma de lazo, y unidos con mortero de proporciones adecuadas; en el fondo se recomienda forjarle una media caña, con el fin que las aguas negras circulen por ahí sin afectar a la persona que esta

inspeccionando el pozo, el resto del pavimento se le proporciona una pendiente del 5% en dirección de la media caña. Se cimienta con una fundación de concreto ciclópeo de un espesor por lo menos de 15 cm.

Las paredes de la caja de registro deben estar repelladas y afinadas con mortero a base de cemento Pórtland, además, se deben resanar las grietas o fisuras provocadas a la hora de conectar los tubos de aguas negras a las cajas.

La caja debe quedar protegida contra la intemperie, esto se hace pro medio de losetas armadas, dotadas de unas asas para manejarlas; además se le provee peldaños de acero embebidos en la pared de la caja.

Las cajas de registro usualmente se colocan en lugares donde existen pasajes peatonales, y el nivel de la tubería de aguas negras esta a poca profundidad.

#### **2.4.5 SISTEMAS DE BOMBEO**

El tema sistemas de bombeo es sumamente extenso, solamente se comentará la información básica, esta información incluye una introducción al análisis de las bombas y a los tipos y fundamentos para la selección de bombas.

##### **2.4.5.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO**

El objetivo con el cual se utiliza un bombeo de agua residual es el de transportarla de un lugar a otro, generalmente desde una cota baja a otra más elevada. A continuación se analizarán los conceptos principales que se refieren al análisis de los sistemas de bombeo y se definirán además algunos de los términos más corrientes utilizados en las bombas y de los sistemas de bombeo.

##### **2.4.5.2 CAPACIDAD**

La capacidad de una bomba se define como el volumen de líquido bombeado por unidad de tiempo y se expresa generalmente en litros por segundo (L/s) o metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ).

### **2.4.5.3 ALTURA**

La altura de una bomba es la distancia a la que puede elevar un líquido y se mide en metros de columna del líquido bombeado. La altura necesaria para vencer las pérdidas que se producen en las conducciones de un sistema a un caudal dado es la altura del sistema.

### **2.4.5.4 CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS**

Las bombas pueden clasificarse en dos grupos básicos, las de energía cinética y las de desplazamiento positivo. Las bombas centrífugas, que son las de uso más extendido en el campo de ingeniería sanitaria, están clasificadas como bombas de energía cinética. Los tres tipos de bombas centrífugas son las de flujo radial, flujo mixto y flujo axial. En general, las bombas de flujo radial y mixto se emplean para el bombeo de aguas residuales y pluviales. Las bombas de flujo axial se pueden emplear para el bombeo de efluentes tratados o aguas pluviales exentas de agua residual.

Las bombas para agua residual deben poder manejar los sólidos que entran en la red de alcantarillado. En la mayoría de inodoros domésticos pueden pasar sólidos de 70 mm de diámetro, es por esto que es práctica normal exigir que las bombas puedan manejar sólidos de 75 mm. La mayoría de las bombas de 100 mm con boquillas de descarga de 400 mm tienen capacidad para manejar sólidos de 75 mm, las de 200 mm deben poder con los sólidos de 100 mm, y así sucesivamente, el tamaño de sólido que puede manejar una bomba aumenta con el tamaño de la misma hasta valores de 200 mm o más en bombas de 900 mm, dependiendo de su diseño.

## **2.5 PLANOS Y ESPECIFICACIONES**

La preparación de planos y perfiles preliminares es de suma importancia para la correcta construcción del sistema de aguas residuales, esta preparación deberá comenzar tan pronto como sea posible y se presentarán antes de la ejecución de los trabajos de campo. Los planos a escala 1:2,500 son por lo general suficientes para mostrar los datos al nivel de detalle necesario para el anteproyecto, pero cuando existan muchas estructuras subterráneas se pueden precisar escalas de 1:500 o



menores para poder manejar una mejor claridad y entendimiento de los detalles. En los perfiles longitudinales, deben señalarse las cotas de los ejes de las calles a distancias de 15 m aproximadamente y en todos los puntos en que haya cambios bruscos de la pendiente. Las curvas de nivel, cuando estén disponibles deberán representarse con separaciones de 1.0 m.

Los planos a utilizar en informes de planificación o de viabilidad se derivan de los del anteproyecto y, generalmente, se preparan a escalas de 1:10,000 a 1:20,000. Los perfiles a incluir en estos informes se suelen preparar a escalas tan pequeñas como sea posible que permitan mostrar la información pertinente.

### **2.5.1 PREPARACIÓN DE LOS PLANOS Y ESPECIFICACIONES**

Antes de proceder a la licitación de las obras es preciso preparar todos los documentos contractuales tales como planos de planta, perfiles, detalles de las diversas estructuras y las especificaciones correspondientes. Entre mas completa y detallada este la información que se suministrará a los contratistas, estos podrán generar ofertas mas económicas. Todos los factores y estudios contemplados deben hacerse públicos, aunque algunos de ellos se refiera a soluciones desechadas, ya que el contratista debe tener acceso a toda la información disponible que le pueda ayudar en la preparación de su propuesta. Asimismo, el hecho de no haber suministrado toda la información general en la fase de proyecto puede dar lugar a que el contratista recurra a los tribunales si esta falta de información ha conducido a un costo más elevado de lo presupuestado para la realización de las obras por parte del contratista.

### **2.5.2 PLANOS**

Los planos constructivos deben indicar la situación de las obras. Los planos de base en los que se representa la situación de las obras deben incluir las curvas de nivel, las cotas de los ejes de las calles, todas las calles, líneas de ferrocarril, edificios, conductos, pozos de registro, así como los nombres de las calles, parques, edificios públicos y cursos de agua. Los planos deben incluir la indicación del norte magnético, geográfico o ambos. Debe prepararse un plano general de ubicación de las obras, y un plano piloto en el que se señalen los límites de cada uno de los planos de detalle, en

muchos proyectos ambos planos se presentan como uno solo, los planos realizados en la fase de anteproyecto suelen ser útiles para este propósito. Los perfiles deben mostrar la superficie del terreno, la localización de los edificios existentes y las cotas de sus sótanos, la alcantarilla a construir, su pendiente, tamaño y las cotas de solera en cada pozo de registro, así como el tamaño y cota de la alcantarilla a la cual ha de conectarse, en la medida de lo posible, los perfiles deben incluir cuanta información se disponga sobre estructuras y servicios subterráneos existentes que pueden encontrarse durante la ejecución de las obras con indicación de sus características, tamaño y situación, junto con los detalles relativos a las obras a construir.

Las escalas de los planos de planta y perfiles vienen determinados por los obstáculos que van a presentarse durante la ejecución de las obras y, en consecuencia, por el grado de detalle que se considere necesario para el correcto entendimiento por parte del contratista, los perfiles de dibujarán si fuese posible en la misma hoja en que figura la planta y ésta debe tener la misma escala que la horizontal del perfil correspondiente, mostrando todas las estructuras, tanto por encima como por debajo de la superficie que puedan afectar a la implantación de las alcantarillas o a los métodos constructivos que se usarán.

Normalmente, las escalas de las plantas y las horizontales de sus perfiles correspondientes suelen ser de 1:500 o menores. Las escalas verticales de los perfiles suelen estar distorsionadas, generalmente hasta 10 veces la escala horizontal. Por ejemplo, si la escala horizontal es de 1:500, la vertical puede ser de 1:50.

### **2.5.3 ESPECIFICACIONES**

Las especificaciones técnicas deben describir clara y lo más completamente posible todos los trabajos, obligaciones y condiciones incluidas en el contrato o que afecten al mismo. Aunque la preparación de las especificaciones aumenta el costo de la redacción del proyecto, el costo total será siempre inferior que en el caso en que los planos indiquen únicamente la forma de ejecución de las obras o que las especificaciones sean incompletas u oscuras dando lugar a malos entendidos. Las especificaciones incluyen por lo general: 1) las instrucciones especiales dirigidas a los

ofertantes, 2) la forma de preparar los precios para la licitación; 3) el tipo de contrato a efectuar; 4) las condiciones generales y particulares relativas a los trabajos de construcción, y 5) las especificaciones técnicas.

## **2.6 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED CONSTRUIDA**

Estas pruebas constituyen una parte importante en la recepción de las alcantarillas sanitarias de circulación por gravedad, las pruebas se deben de realizar en tramos de longitud no mayor de 300 m, y se deben de realizar inmediatamente después del relleno de las zanjas, para poder corregir cualquier problema rápidamente, las pruebas más utilizadas en la actualidad son la prueba con agua y la prueba con aire a baja presión.

### **2.6.1 PRUEBA CON AGUA**

Esta medida de pérdidas se realiza por medio de pruebas de infiltración o exfiltración en los tramos recién construidos. La prueba de infiltración se usa cuando el nivel freático está a una altura por encima de la tubería de por lo menos 0.3 a 0.6 m; el tramo a probar se obtura en su extremo superior y se coloca un vertedero triangular en el pozo de registro del extremo inferior esto con el objetivo de corroborar el caudal de agua que pasa, se deben de hacer un numero suficiente de lecturas para poder saber con suficiente certeza el caudal medio de infiltración en el tramo. La prueba de exfiltración se utiliza cuando el nivel freático esta demasiado bajo para efectuar la prueba de infiltración, en esta prueba se obturan ambos extremos del tramo en estudio así como los dos pozos de registro respectivos, el tramo se llena con agua hasta un nivel predeterminado, la tasas de pérdida se calcula en función del descenso del nivel del agua durante un periodo de tiempo lo suficientemente largo, también puede determinarse a partir de medir el volumen de agua que es necesario suministrar al sistema para que se mantenga el nivel inicial.

El criterio utilizado para la recepción de un tramo de alcantarilla consiste en una medida de la tasa de pérdidas expresada en litros por milímetro de diámetro por

kilómetro y por día, con los materiales que actualmente existen en el mercado se espera una tasa de 20 l/mm. Km. d. o menores.

### 2.6.2 PRUEBA CON AIRE A BAJA PRESIÓN

Este método es mayormente usado por los ingenieros debido a su simplicidad y rapidez, si bien es cierto que no existe una correlación directa entre la pérdida de aire y el agua, se cree que una alcantarilla que supere una prueba de aire también superaría una con agua.

En la realización de la prueba con aire se obturan los dos extremos del tramo comprendido entre pozos de registro, al mismo tiempo que todos los dispositivos de obturación se refuerzan para asegurar de que resistirán la presión interior esperada, luego se introduce aire en el tramo de prueba a una presión superior a la máxima ejercida por el agua freática que pueda rodear la alcantarilla, una vez que se ha establecido la presión en el interior del tramo se desconecta rápidamente el suministro de aire y se mide el tiempo transcurrido hasta que la presión descienda una cantidad prefijada.

La prueba con aire se lleva a cabo a presiones variables entre 20 y 35 KN/m<sup>2</sup> por encima de cualquier otra presión exterior actuante sobre la tubería. El valor mas usado es 27.5 KN/m<sup>2</sup>, una vez que el tramo a probar a sido presurizado y que la presión esta estabilizada (por lo menos 2 minutos) se corta la alimentación de aire.

Ha podido establecerse que un tramo de alcantarilla funcionará correctamente si el tiempo requerido expresado en segundos para que la presión disminuya de 24 a 17.1 KN/m<sup>2</sup> es mayor o igual que el menor de los dos tiempos calculados mediante las siguientes ecuaciones:

$$t_Q = \frac{0.0032}{Q} (d^2_1 L_1 + d^2_2 L_2 + \dots + d^2_n L_n)$$
$$t_q = \frac{1.0184}{q} \frac{(d^2_1 L_1 + d^2_2 L_2 + \dots + d^2_n L_n)}{(d_1 L_1 + d_2 L_2 + \dots + d_n L_n)}$$

Donde:

$t_Q$  y  $t_q$  = tiempo requerido para una caída de presión desde 24 a 17.1 KN/m<sup>2</sup>

Q = 56.7 l/min o pérdida de aire.

q = 0.913 l/min.m<sup>2</sup> de superficie interior del conducto o pérdida de aire.

d = diámetro del conducto en el tramo de prueba, mm.

L = longitud del tramo de prueba, m.

Normalmente una alcantarilla retendrá la presión establecida durante un tiempo muy superior al establecido, aunque una junta defectuosa u otra pérdida importante puede dar lugar a una caída casi instantánea de la presión.

## **CAPITULO III**

---

# **CONDICIONES ACTUALES DEL MUNICIPIO**



### **3.1.2 DIVISION ADMINISTRATIVA URBANA**

El municipio de Santo Tomás consta, aparte del área urbana, de nueve cantones: El Carmen, Caña Brava, Casitas, Chaltepe, Cuapa, El Ciprés, El Guaje, Porvenir y Potrerillos. Debido a la ubicación que cada uno de estos cantones posee con relación al centro del municipio, cada uno de ellos ha experimentado un desarrollo en diferente escala, así mientras cantones como El Guaje y Potrerillos en el extremo sur y Cuapa en el noroeste mantienen características muy rurales, otros como El Ciprés y El Carmen sufren de una acelerada urbanización.

### **3.1.3 TIPOS DE ASENTAMIENTOS**

En el municipio predominan formaciones de parcelaciones/lotificaciones, estas en algunos casos son legales, es decir han obtenido permisos de parcelación por parte del Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) y en la mayor parte de los casos son ilegales, es decir que no han obtenido permiso alguno. Se distinguen tres tipos de asentamientos: las colonias (que son lotificaciones legales o ilegales consolidadas en el tiempo), las parcelaciones (legales o ilegales) y las comunidades (asentamientos espontáneos).

#### **3.1.3.1 URBANIZACIONES Y COLONIAS**

Hasta junio de 2003 había en Santo Tomás veintitrés asentamientos con categoría de "colonia", estas son realmente lotificaciones que se han ido consolidando en el tiempo y que debido al nivel de servicios básicos a los que tienen acceso adquieren esta denominación. Así la fecha de fundación de estos asentamientos varía desde 1967 con la Colonia Santa Emilia y Flor Amarilla hasta las más recientes como la Colonia Ermita y San Luís, fundadas al final de la década de los noventa, aunque en todo caso la mayoría fueron creadas en los años 70 y 80. En total estas colonias albergan al menos a 2,000 familias, es decir unas 9,600 personas. El tamaño de las colonias tiene grandes variaciones, ya que van desde colonias pequeñas con apenas 15 lotes, como la Colonia Selva hasta otras mucho mayores como la Colonia Morán y La Esperanza con más de 350 unidades, lo que resulta en un promedio general de 89 lotes/colonia. A nivel municipal estos lotes tienen un área promedio de  $387 \text{ m}^2$  ( $553.72 \text{ V}^2$ ), aunque



varían mucho de colonia a colonia, con extremos como la Colonia Arboledas con lotes de  $87\text{m}^2$  ( $124.48\text{ V}^2$ ), hasta la Ermita con lotes de  $640\text{ m}^2$  ( $915.71\text{ V}^2$ ).

### **3.1.3.2 LOTIFICACIONES**

En esta categoría se incluyen nuevamente lotificaciones que debido a su nivel de consolidación y servicios no han obtenido aún la categoría de colonia. Se trata de parcelaciones, legales o ilegales, que se han ido estableciendo con obras de urbanización relativamente escasas o que en todo caso están en proceso de ejecución por medio del esfuerzo de las mismas comunidades o de la municipalidad. Existen veinticinco asentamientos en esta clasificación fundados en su mayoría en la década de los noventa siendo los casos más antiguos El Ciprés, Chaltepe y Bosques de Santo Tomás que son de los ochenta. Estas lotificaciones albergan al menos unas 2,500 familias, es decir unas 12,500 personas. El tamaño promedio de las lotificaciones es de 122 lotes, aunque las cifras varían entre 400 lotes en San José del Charco hasta 11 lotes en El Milagro. El tamaño del lote promedio a nivel municipal era de  $273\text{ m}^2$  ( $390.61\text{ V}^2$ ), aunque con extremos de  $130\text{ m}^2$  en la lotificación Montefrío hasta los  $1600\text{ m}^2$  en la lotificación Los Naranjos.

### **3.1.3.3 COMUNIDADES**

Existen cinco comunidades asentadas en tugurios, estos tugurios son el resultado de la ocupación espontánea de terrenos por parte de la población, sin ningún tipo de planificación previa. Estas comunidades surgieron en la década de los setenta y ochenta y aunque no existen datos exactos albergan a unas 200 familias, es decir unas 1,000 personas. Estas comunidades ocupan un área relativamente pequeña comparada con las urbanizaciones y las lotificaciones.

### **3.1.4 RED VIAL**

En cuanto al sistema de carreteras aledañas, Santo Tomás es un municipio privilegiado ya que por él pasa la Autopista a Comalapa y la antigua calle a Zacatecoluca; esto hace que exista una fácil comunicación entre Santo Tomás y el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) lo que ha ido volviéndolo más atractivo en cuanto al desarrollo

urbano; estas carreteras lo atraviesan de este a oeste en un recorrido de aproximadamente 5 Km.

La autopista es quizá de las vías mas importantes de El Salvador ya que por ahí circulan más de 37,000 automóviles diarios, lo cual refleja el intenso tráfico que existe. Colonias habitacionales, lotificaciones, parques industriales y servicios turísticos existen en los limites de la autopista lo cual convierte a la vía en una de las regiones dinámicas para la economía del país.

Otra de las vías que hasta hace algunas décadas era la que comunicaba el oriente del país con la capital es la antigua calle a Zacatecoluca; se destaca de esta el hecho que atraviesa el casco urbano del municipio y que en ambos lados de la calzada han nacido las colonias mas populosas.

En cuanto a la red vial local de la ciudad de Santo Tomás, se puede decir que existe una variabilidad en el tipo de superficie de rodadura que varía entre pavimento de concreto asfáltico (Calle antigua a Zacatecoluca), concreto hidráulico (Autopista a Comalapa), adoquinado y empedrado, en algunas calles vecinales solamente balastreado y otras que no poseen ni un tipo de recubrimiento.

Ausencia del ordenamiento vial del municipio se ve reflejado en la distribución de vías internas dentro de la ciudad, ya que no existe ninguna uniformidad geométrica en cuanto a su distribución, la mayor parte de vías internas con las que cuenta el municipio no muestran ortogonalidad entre ellas; siendo la vía principal, la antigua carretera hacia Zacatecoluca la que posee una mayor cota de elevación, el resto del municipio se encuentra en cotas mas bajas y por ende las demás vías internas poseen también cotas menores y muchas de ellas poseen fuertes pendientes que oscilan en el rango de 30 a 50%.

### 3.1.5 RECURSOS HIDRICOS

#### 3.1.5.1 AGUAS SUPERFICIALES

Santo Tomás se ubica entre dos cuencas, al norte la cuenca del Lago de Ilopango y al sur la del río Tihuapa. La cuenca del Lago es recorrida por cuatro ríos, el Cuapa, Chutía, Jutiapa y Cuaya que se unen y desaguan en el lago (ver Fig. 3.2). Al sur, se distinguen dos microcuencas, la del río Chancusma y la del río Guayabo que terminan uniéndose en el río Tihuapa que desemboca en el Océano Pacífico, como parte de estos sistemas se incorporan numerosas quebradas que generan cauces profundos con laderas de fuertes pendientes. Se trata de ríos relativamente pequeños aunque con caudales considerables. Estos ríos se encuentran contaminados debido a la inexistencia de redes de aguas negras, lo que obliga a la descarga de las mismas en los cauces naturales.

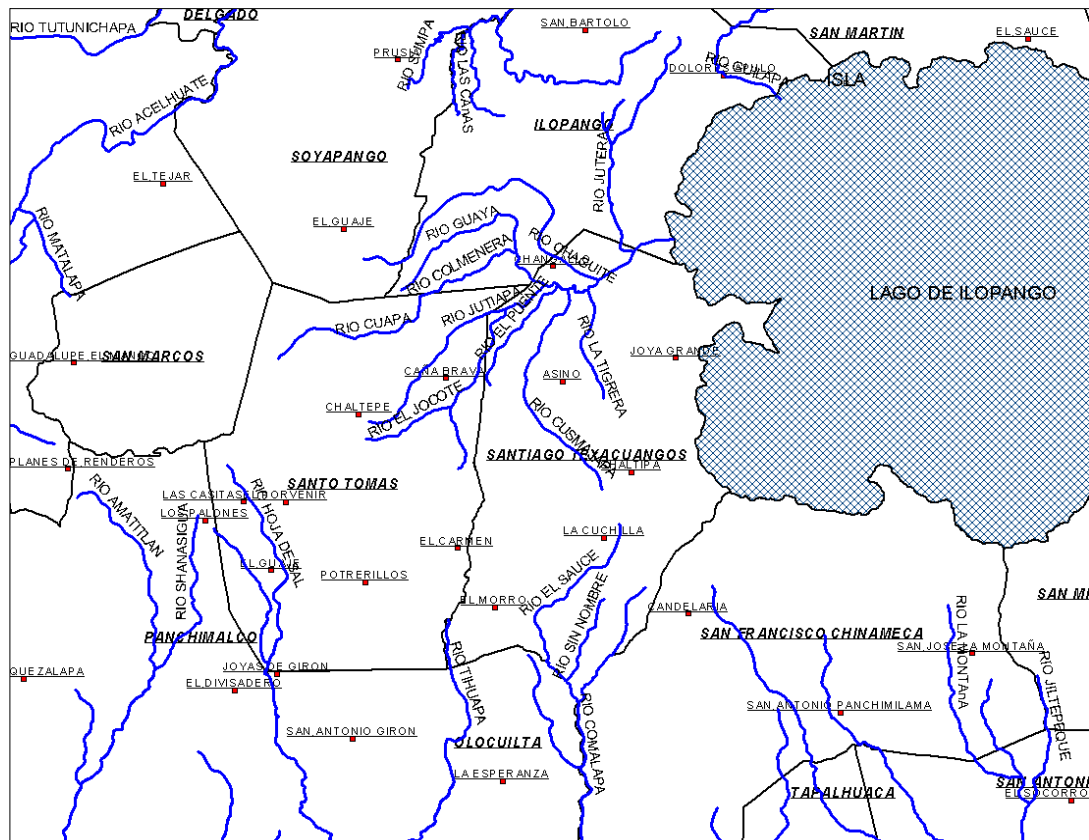


FIG. 3.2. RECURSOS HÍDRICOS DE SANTO TOMÁS

### 3.1.5.2 AGUAS SUBTERRANEAS

Santo Tomás cuenta con importantes recursos acuíferos en el subsuelo, este es el caso del acuífero de Guluchapa, el cual se extiende bajo la cuenca del lago. De hecho es este acuífero el que suministra el agua que se consume en los municipios de Santo Tomás, San Marcos, Santiago Texacuangos y parte de Ilopango. Existen comunidades que se aprovisionan de agua a partir de pozos en sistemas comunales. Este acuífero ha sido señalado como en peligro debido a dos razones: la sobreexplotación que conllevaría a la inducción de agua del Lago y la contaminación directa a través de los ríos y letrinas.

## 3.2 SERVICIOS BÁSICOS EXISTENTES

### 3.2.1 RED HIDRAULICA

El abastecimiento de agua en condiciones mínimas de potabilidad para uso y consumo doméstico, alcanza a cubrirse en un 33.46%, equivalente a 1,490 viviendas. De estos casos de acuerdo al Boletín estadístico No 15 de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA), esta institución a 1993 dio cobertura al 65.50% equivalentes a 976 viviendas.

TABLA 3.1 ACCESO DE LA POBLACIÓN AL AGUA POTABLE

<b>Fuente</b>	<b>Total de viviendas</b>	<b>%</b>
Red de agua potable	1490	33.46
Pozo	1060	23.80
Río	383	8.60
Manantial	1177	26.43
Otros	343	7.70
<b>Total</b>	<b>4453</b>	<b>100.00</b>

La problemática de agua potable está concentrada en el 66.54% equivalente a 2,963 viviendas, cuyas familias se abastecen de otras fuentes tales como pozos y otros, en los cuales el agua no tiene control sanitario ni clorificación, lo cual representa un alto

riesgo de contraer enfermedades, que afectan la salud de la población influyendo en la calidad de vida, la producción de bienes y servicios y el ausentismo escolar.

### **3.2.2 EDUCACION**

Las instalaciones educativas representan concentraciones de población o densidad fuera del rango promedio de cualquier población por lo tanto el área en la que se encuentre la institución educativa producirá mas aguas negras en ciertos periodos de tiempo que el resto de las áreas a su alrededor. En Santo Tomás existen el siguiente equipamiento educativo: un Instituto Nacional que incluye enseñanza hasta nivel de bachillerato; dos escuelas urbanas nacionales de nivel primario; una escuela secundaria rural en la Colonia Morán. En la ciudad existen además algunas escuelas secundarias privadas. Según censos poblacionales Santo Tomas posee una población escolar de aproximadamente 13,000 estudiantes.

### **3.2.3 SALUD PUBLICA**

Existe únicamente una unidad de salud que no ofrece servicios hospitalarios amplios, en estos no se incluyen internamientos de pacientes y las instalaciones no poseen mucha área. Por las descripciones de esta unidad de salud, no representa un incremento sustancial de los caudales de aguas negras.

### **3.2.4 VIVIENDA**

Según los datos de DIGESTYC, en 1992 un 55% de la población de Santo Tomás era urbana, es decir una proporción similar al promedio nacional. Sin embargo es de esperar que ese porcentaje se haya incrementado en la última década, de hecho sólo en los últimos diez años se han lotificado más de 3,500 parcelas en el municipio, lo cual implica una población de al menos 10,000 habitantes urbanos. Por ello se puede estimar que la población urbana ronda actualmente las 21,000 personas equivalentes al 65% de la población actual.

**CAPITULO IV**

---

**INVESTIGACIONES  
PRELIMINARES**

## 4. INVESTIGACIONES PRELIMINARES

### 4.1 INVESTIGACIONES PRELIMINARES POBLACIONALES

#### 4.1.1 PROYECCION DE POBLACION

##### 4.1.1.1 METODO GEOMETRICO

Se utilizó el Método Geométrico en el cálculo de la población futura para el municipio de Santo Tomás debido a que el crecimiento poblacional en esta ciudad se destaca a nivel nacional, ya que en los últimos 35 años la población casi se ha cuadruplicado, como muestra del rápido crecimiento que ha sufrido, en la década de los noventa la población creció cerca del 50 %, esto se detalla en el cuadro comparativo siguiente:

AÑO	POBLACIÓN TOTAL	DENSIDAD (Habitantes por Km <sup>2</sup> )	POBLACIÓN URBANA		POBLACIÓN RURAL	
			H	M	H	M
1971	10,444	429	2,654	2,986	2,403	2,401
1992	21,448	882	5,435	6,113	4,952	4,948

A continuación se detalla el procedimiento para el cálculo de la población futura por el Método Geométrico, los datos que a continuación se desarrollan son del sector urbano:

Los censos obtenidos fueron de los años 1971, 1992 y una proyección del 2004 obtenida en la Unidad de Salud del municipio cuya fuente es la Dirección General de Estadísticas y Censo (DIGESTYC), con ello se determina la tasa de crecimiento ponderada como sigue:

$$P_n = P_o (1+r)^n$$

Donde:

$P_n$  = Población Futura

$P_o$  = Población Inicial

$r$  = Factor de crecimiento

$n$  = Número de años para los cuales se proyecta la población.

Para el periodo entre 1971 y 1992,  $P_o = P_{1971} = 5,640$ ,  $P_n = P_{1992} = 11,548$  y  $n_1 = 21$ , entonces,

$$P_n = P_o (1+r)^n \Rightarrow \frac{P_n}{P_o} = (1+r)^n \Rightarrow 1+r = \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_o}}$$
$$r_1 = \sqrt[n_1]{\frac{P_{1992}}{P_{1971}}} - 1 = \sqrt[21]{\frac{11,548}{5,640}} - 1 \Rightarrow r_1 = 3.47\%$$

Entre los años de 1992 y 2004 los valores son:  $P_o = P_{1992} = 11,548$ ,  $P_n = P_{2004} = 20,788$  y  $n_2 = 12$ , para ello la tasa de crecimiento correspondiente es:

$$r_2 = \sqrt[n_2]{\frac{P_{2004}}{P_{1992}}} - 1 = \sqrt[12]{\frac{20,788}{11,548}} - 1 \Rightarrow r_2 = 5.02\%$$

Ahora la tasa ponderada es:

$$r_{\text{ponderada}} = \frac{(r_1 \times n_1) + (r_2 \times n_2)}{n_1 + n_2} = \frac{(3.47 \times 21) + (5.02 \times 12)}{21 + 12} \Rightarrow r_{\text{ponderada}} = 4.03\%$$

Dado que la vida útil de la red está proyectada para 20 años (al año 2024), es necesario determinar la población futura en este año:

$$P_{2024} = P_{2004} (1+r_{\text{ponderada}})^n = 20,788(1+0.0403)^{20}$$
$$P_{2024} = 45,813 \text{ habitantes}$$

El área urbana del municipio es de: 373.93 Ha



A partir de este dato obtenemos la densidad poblacional

$$\text{Densidad Poblacional} = \frac{45,813 \text{ hab}}{373.93 \text{ Ha}}$$

$$\text{Densidad Poblacional} = 122.52 \text{ hab/Ha}$$

Tomando en cuenta que el área promedio de un lote en el área de diseño es de 200 m<sup>2</sup> equivalente a 0.02 Ha; esto implica que el promedio de habitantes por vivienda es:

$$\text{Habitante por vivienda} = \left( 122.52 \frac{\text{hab}}{\text{Ha}} \right) (0.02 \text{ Ha})$$

$$\text{Habitante por vivienda} = 2.45 \approx 3$$

El dato obtenido anteriormente nos indica que no podemos usar las proyecciones poblacionales para el diseño de alcantarillados ya que no se apega a la realidad. El motivo de esta discrepancia con la realidad radica en el hecho de que la institución encargada de realizar censos (DIGESTYC) ha realizado dos censos en un periodo de 21 años (1971 – 1992) lo cual no es nada representativo para fines de proyección de población, esto sumado al hecho que el país sufrió un conflicto armado entre estos dos censos consecutivos lo cual sería un fenómeno totalmente ajeno al natural crecimiento poblacional, y por ultimo el repentino crecimiento poblacional en el municipio debido a la inmigración en los últimos años, debido a esta razón se vio en la necesidad de utilizar otro método para poder realizar una adecuada estimación de la proyección de población para el periodo de diseño, se visitaron las colonias en donde se realizaría el diseño y se determino el número de habitantes por vivienda que poseían en ese momento, encontrando que la mayoría de viviendas en estudio poseían un número máximo de 5 habitantes, luego se tomo en cuenta la cantidad de lotes desocupados existentes en dichas colonias y se proyectaron 5 habitantes por lote abandonado, este es el dato que se utilizó para la realización del diseño.

#### **4.1.2 DISTRIBUCION DE CALLES, AVENIDAS Y PASAJES**

La distribución de las diferentes colonias que se encuentran dentro del municipio se muestra en la figura 4.1, es importante mencionar que una gran parte de estas colonias no poseen servicios básicos tales como agua potable, electricidad y recolección de desechos, por lo que aquellas colonias que carecen de estos servicios no fueron tomadas en cuenta para el diseño de la red de aguas residuales.

#### **4.1.3 COLONIAS CON SERVICIO DE AGUA POTABLE**

Las colonias que se muestran en la figura 4.2 pertenecen al área urbana del municipio, y además poseen el servicio de agua potable, este servicio es proveído por la Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillado (A.N.D.A.), y según investigaciones de campo que se realizaron se constató que el servicio no es continuo, predominando el servicio de agua desde las 5:00 P.M. hasta las 6:00 A.M.

#### **4.1.4 INVESTIGACIONES TOPOGRAFICAS DE LA ZONA EN ESTUDIO**

Se muestra en la figura 4.3 el plano de curvas de nivel, estas se muestran a cada diez metros y fueron proporcionadas por la Organización Geólogos del Mundo. En visitas de campo realizadas se observó que debido a la topografía irregular del municipio y a la poca planificación urbanística por parte de la alcaldía al permitir lotificaciones en zonas de gran irregularidad topográfica y al elevado costo que implicaría un diseño de aguas negras para estas lotificaciones se plantea solamente el diseño para redes de aguas residuales para las colonias siguientes: Colonia Flor Amarilla, Colonia San Esteban, Colonia Rico, Colonia Morán.

Estas colonias presentan una topografía que permite un diseño parcial de red de aguas residuales acorde a la realidad económica del municipio, no es posible el diseñar una red de aguas residuales que beneficie al 100% de estas colonias, debido a que existen viviendas que se encuentran inaccesibles a un diseño económicamente viable. A

continuación se presentan los porcentajes de las viviendas que están cubiertas por el diseño en las colonias mencionadas anteriormente:

<b>Colonia</b>	<b>Total de Viviendas</b>	<b>Viviendas Beneficiadas</b>	<b>Porcentaje de Cobertura</b>
Morán	298	141	47.32%
Rico y San Esteban	161	145	90.06%
Flor Amarilla	216	148	68.52%

El plano de curvas de nivel a cada metro para estas colonias se muestra en la figura 4.4, 4.5 y 4.6.

**CAPITULO V**

---

**DISEÑO DE LA  
ALTERNATIVA PARA LA  
EVACUACIÓN DE LAS  
AGUAS NEGRAS**

## **5. DISEÑO DE LA ALTERNATIVA PARA LA EVACUACIÓN DE LAS AGUAS NEGRAS**

### **5.1 CONSIDERACIONES TECNICAS PARA EL DISEÑO**

En la presentación del diseño de la red de aguas residuales se han tomado en cuenta varias consideraciones en base a la información recolectada en campo, esta información ha permitido seleccionar una alternativa de solución adecuada para la disposición de aguas residuales. Las consideraciones son las siguientes:

- Periodo de diseño de 20 años de acuerdo a normas de ANDA.
- Utilización de tuberías de PVC para el diseño de colectores, el coeficiente de rugosidad que presenta el material es  $n=0.011$  según Normas Técnicas de ANDA.
- La dotación de agua que se utilizará es de 175 l/p/d, debido a que según inspecciones de campo se ha confirmado que la mayor parte de viviendas pertenecen a clase media.
- Para la estimación de población futura se hace uso del Método Geométrico en su cálculo, pero debido a las condiciones de diseño particular de este municipio se consideró una población mínima de 5 habitantes por lote, utilizando esta proyección para el cálculo de la población futura, teniendo en cuenta de que en determinadas zonas dentro de las colonias a diseñar se encuentran lotes vacíos que en un futuro pueden ser ocupados por familias, es por eso que se aclara que en el diseño se toman en cuenta el número de lotes totales y no solamente aquellos en los cuales actualmente se encuentran con viviendas.
- Cálculo de caudal de diseño es igual al 80% del consumo máximo horario correspondiente al final del periodo de diseño, sumado a una infiltración por caudales incontrolados de 0.1 l/s/Ha veces su área tributaria.
- El factor de seguridad es 2.0 según Normas Técnicas de ANDA, para PVC y  $\Phi 8"$ .
- El caudal a tubería llena ha sido determinado con la fórmula de Chezy-Manning:

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S^{1/2} \Rightarrow Q = V \times A$$

Donde:

V = Velocidad a tubo lleno

$R_H$  = Radio hidráulico

S = Pendiente

Q = Caudal a tubo lleno

A = Area de tubería

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

- El diámetro de los colectores será de 8", con base en Normas Técnicas de ANDA.
- La distancia máxima entre pozos es de 100 m.

## 5.2 PRESENTACION DEL DISEÑO

A continuación se desarrollará a manera de ejemplo el cálculo de dos tramos de la red de aguas negras, continuando de forma sistemática por medio de hojas electrónicas que facilitan los procesos repetitivos, para después sintetizar los resultados en tablas.

### 5.2.1. CALCULO DE TRAMO I ENTRE POZOS 23 Y 24 DEL PASAJE PONIENTE DE ANDA, COLONIA MORAN

Datos:

Número de lotes = 19

L = 100.21 m

Habitantes por tramo = 19 x 5 = 95 hab.

Tomando en cuenta que la longitud del tramo en planta es menor que 100 m, que el área tributaria ha sido establecida de acuerdo a planos y que la población ha sido fijada por motivos propios del proceso de cálculo, se procede paso a paso:

#### 5.2.1.1 CAUDAL MEDIO

$$Q_{\text{medio}} = \text{Dotación} \times \text{No de habitantes} \Rightarrow 175 \frac{\text{Its}}{\text{hab} \cdot \text{día}} \times 95 \text{ hab} = 16,625 \frac{\text{Its}}{\text{día}}$$

$$Q_{\text{medio}} = 16,625 \frac{\text{Its}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{86,400 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ Its}} = 0.00019242 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

### 5.2.1.2 CAUDAL MÁXIMO HORARIO

Para el caso se elige el coeficiente de variación  $K_2 = 2.4$ , de acuerdo a numeral 6 parte I de Norma Técnica de ANDA (Variaciones de consumo)

$$Q_{\text{máx horario}} = K_2 \times Q_{\text{medio}} = 2.4 \times 0.00019242 = 0.00046181 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.2.1.3 CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño corresponde al 80% del caudal máximo horario incrementado por infiltración, que será 0.1 l/s/Ha.

Datos:

$$A_{\text{tributaria}} = 0.491874 \text{ Ha}$$

$$Q_{\text{diseño}} = (0.80 \times Q_{\text{máx horario}}) + (0.1 \times A_{\text{tributaria}}) = (0.80 \times 0.00046181) + \left( \frac{0.1 \times 0.491874}{1000} \right)$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0.00041863 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.2.1.4 CONTRIBUCIÓN DEL TRAMO

De acuerdo a la Norma Técnica de ANDA, numeral 4 parte II, el factor de seguridad por el que se verá afectado el caudal de diseño será  $FS = 2.0$ .

$$Q_{\text{diseño}} \times FS = 0.00041863 \times 2.0 = 0.0008372637 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.2.1.5 CAUDAL DE DISEÑO ACUMULADO

Para el caso el caudal de diseño acumulado será igual a la contribución del mismo tramo sin ningún incremento, debido a que no hay tubería alguna que la preceda.

$$Q_{\text{diseño acumulado}} = 0.000837264 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.2.1.6 ÁREA A TUBO LLENO

Para los cálculos siguientes se ha establecido una pendiente  $S = 7.59\%$  y un diámetro de tubería de 8".

$$A = \frac{\pi}{4}d^2 = \frac{\pi}{4}(0.2032)^2 = 0.0324 \text{ m}^2$$

### 5.2.1.7 CAUDAL A TUBO LLENO

$$Q = V \times A = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S^{1/2} A = \frac{1}{0.011} \left( \frac{0.2032}{4} \right)^{2/3} \left( \frac{7.59}{100} \right)^{1/2} \times 0.0324$$
$$Q = 0.1114 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.2.1.8 VELOCIDAD A TUBO LLENO

Dado que ya se cuenta con el caudal y área a tubo lleno, se procede como sigue:

$$Q = V \times A \Rightarrow V = \frac{Q}{A} = \frac{0.1114}{0.0324} = 3.4383 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.2.1.9 VELOCIDAD REAL

Para la evaluación de la velocidad real se ha recurrido a un software que sustituye los procesos de lectura en la curva de elementos hidráulicos básicos (curva del banano) o gráficos tipo nomograma.

Para efectos de revisión, con el programa se pueden verificar los resultados a tubo lleno, para luego determinar los datos con el caudal de diseño acumulado de la siguiente manera:

- Proceda a la aplicación de *HCANALES*.
- En la barra de menús elija *Tirante-Normal*.



- Luego de haberse desplegado la lista elija *Sección Circular*, que es nuestro caso.
- Aparecerá una ventana llamada *Cálculo del tirante Normal, sección Circular*, como la mostrada en la figura 5.1.
- El cuadro Datos requiere se le proporcione el caudal, diámetro, coeficiente de rugosidad de Manning y pendiente, tomando el cuidado de respetar las unidades correspondientes.
- A continuación hacer clic en el botón *Ejecutar* ubicado en la parte inferior izquierda de la ventana.
- Ahora se muestra dentro del cuadro *Resultados* el tirante normal, área hidráulica, espejo de agua, Número de Froude, tipo de flujo, perímetro mojado, radio hidráulico, velocidad y energía específica, cada una con sus unidades indicadas a un lado.
- El valor medular para nuestro diseño lo compone tanto el tirante normal como la velocidad real, los cuales deben ser comparados con los valores límites que proporciona la Norma Técnica de ANDA.
- Luego existen las opciones adicionales de *Imprimir* el reporte, introducir nuevos datos por medio de *Limpiar pantalla*, así como volver al *Menú Principal*.

Después de seguir este proceso para los datos del ejemplo, se concluye que la velocidad real del flujo dentro de la tubería corresponde a  $V_{\text{real}} = 1.0114 \text{ m/s}$ . Debido a que  $0.50 \text{ m/s} < V_{\text{real}} < 5.00 \text{ m/s}$ , que es lo que exige la Norma Técnica de ANDA en su numeral 6 de la parte II, esta velocidad se considera satisfactoria.

#### 5.2.1.10 Tirante Normal

Obtenido también de los resultados del software *HCANALES*, necesita ser comparado con el tirante máximo que para efectos de seguridad es el 70% del diámetro de la tubería:

$$T_{\text{máx}} = 0.70 \times 0.2032 = 0.142 \text{ m}$$

$$T_{\text{real}} = 0.013 \text{ m} < T_{\text{máx}} = 0.142 \text{ m} \Rightarrow \text{satisfactorio}$$

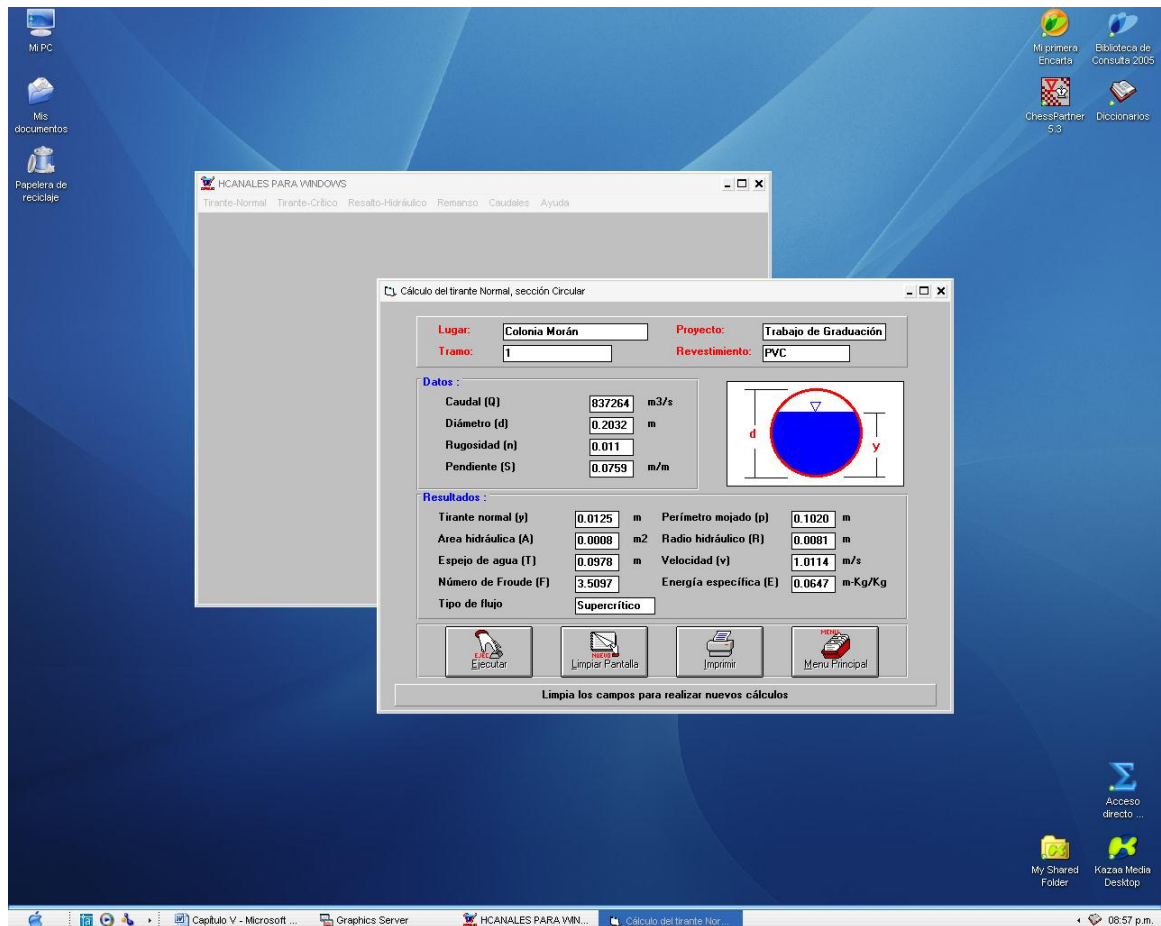


FIG. 5.1 VENTANA "CALCULO DEL TIRANTE NORMAL, SECCION CIRCULAR" DEL SOFTWARE HCANALES

## 5.2.2 CALCULO DE TRAMO 8 ENTRE POZOS 20 Y 21 DE AVENIDA EL AHUACATE, COLONIA FLOR AMARILLA

Datos:

Número de lotes = 8

L = 39.75 m

Habitantes por tramo =  $8 \times 5 = 40$  hab.

### 5.2.2.1 CAUDAL MEDIO

$$Q_{\text{medio}} = \text{Dotación} \times \text{No de habitantes} \Rightarrow 175 \frac{\text{lts}}{\text{hab} \cdot \text{día}} \times 40 \text{ hab} = 7,000 \text{ lts/día}$$

$$Q_{\text{medio}} = 7,000 \frac{\text{lts}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{86,400 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts}} = 0,00008102 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.2.2.2 CAUDAL MÁXIMO HORARIO

$$Q_{\text{máx horario}} = K_2 \times Q_{\text{medio}} = 2.4 \times 0,00008102 = 0,00019444 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.2.2.3 CAUDAL DE DISEÑO

Datos:

$$A_{\text{tributaria}} = 0.204057 \text{ Ha}$$

$$Q_{\text{diseño}} = (0.80 \times Q_{\text{máx horario}}) + (0.1 \times A_{\text{tributaria}}) = (0.80 \times 0,00019444) + \left( \frac{0.1 \times 0,204057}{1000} \right)$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0,00017596 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.2.2.4 CONTRIBUCIÓN DEL TRAMO

$$Q_{\text{diseño}} \times \text{FS} = 0,00017596 \times 2.0 = 0.00035192 \text{ 25 m}^3/\text{s}$$

### 5.2.2.5 CAUDAL DE DISEÑO ACUMULADO

Para el caso el caudal de diseño acumulado será igual a la contribución del tramo 8, mas la contribución de los tramos del 1 al 7 y la contribución del tramo 28 al 20 de Calle El Cacao que es de  $0,00167234 \text{ 38 m}^3/\text{s}$ .

$$Q_{\text{diseñoacumulado}} = 0.00035192 \text{ 25} + 0.00146483 \text{ 31} + 0.00167234 \text{ 38} = 0,00348909 \text{ 94 m}^3/\text{s}$$

### 5.2.2.6 ÁREA A TUBO LLENO

Para los cálculos siguientes se ha establecido una pendiente  $S = 2.21\%$  y un diámetro de tubería de 8".

$$A = \frac{\pi}{4}d^2 = \frac{\pi}{4}(0.2032)^2 = 0.0324 \text{ m}^2$$

### 5.2.2.7 CAUDAL A TUBO LLENO

$$Q = V \times A = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S^{1/2} A = \frac{1}{0.011} \left( \frac{0.2032}{4} \right)^{2/3} \left( \frac{2.21}{100} \right)^{1/2} \times 0.204057$$
$$Q = 0,0601 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.2.2.8 VELOCIDAD A TUBO LLENO

$$Q = V \times A \Rightarrow V = \frac{Q}{A} = \frac{0.060115050}{0.032429} = 1,8537 \text{ m/s}$$

### 5.2.2.9 VELOCIDAD REAL

La velocidad real del flujo dentro de la tubería corresponde a  $V_{\text{real}} = 1,0098 \text{ m/s}$ . Debido a que  $0.50 \text{ m/s} < V_{\text{real}} < 5.00 \text{ m/s}$ , la velocidad se considera satisfactoria.

### 5.2.2.10 TIRANTE NORMAL

$$T_{\text{máx}} = 0.70 \times 0.2032 = 0.142 \text{ m}$$

$$T_{\text{real}} = 0,0332 \text{ m} < T_{\text{máx}} = 0.142 \text{ m} \Rightarrow \text{satisfactorio}$$

El procedimiento adoptado para todos los tramos es el mismo indicado en los dos ejemplos anteriores, a continuación se presenta el desarrollo en si del diseño, haciendo uso de hojas de cálculo que de forma sistemática se utilizan a través de toda la red.

**CAPITULO VI**

---

**ESPECIFICACIONES  
TÉCNICAS**

## **6. ESPECIFICACIONES TECNICAS**

### **6.1 INSTALACIONES PROVISIONALES**

#### **6.1.1 ALCANCE DEL TRABAJO**

Se incluyen todas las operaciones que se deberán realizar para la instalación de todos los servicios temporales que sean necesarios en las obras, tales como bodegas, oficinas, instalaciones provisionales de servicios sanitarios, cercas protectoras, vallas, rótulos, etc.

El contratista será quien proporcione el material, mano de obra, herramientas y equipo que sean necesarios para la correcta ejecución de todos los trabajos, así como también será responsable de presentar un plano de ubicación de dichas instalaciones para la subsiguiente evaluación por parte de la supervisión.

#### **6.1.2 MATERIALES**

Todas aquellas instalaciones que deban proporcionar protección contra los agentes atmosféricos deberán ser construidas con materiales de buena calidad. Las estructuras serán de madera de pino o metálicas. Las paredes serán de lámina galvanizada o lámina de fibrocemento. Los techos serán de lámina galvanizada. Las estanterías o tarimas serán de madera. El piso será de suelo cemento.

#### **6.1.3 LOCALES DE BODEGA Y OFICINA**

Las dimensiones de la bodega serán tales que se disponga del espacio necesario para almacenar los materiales y equipos necesarios en la construcción de la obra. Su ubicación debe estar lo mas cerca posible de los lugares de ejecución de la obra a fin de facilitar el acarreo de materiales de la bodega a los lugares de trabajo. La oficina no tendrá menos de doce metros cuadrados.

#### **6.1.4 SERVICIOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA, AGUA POTABLE Y AGUAS NEGRAS.**

Se proveerán las tramitaciones, material, mano de obra y otros gastos necesarios para dotar de energía suficiente a la obra durante el proceso de construcción. La acometida deberá instalarse de manera que no estorbe el transporte de materiales, de preferencia será subterránea, con alambre de suficiente calibre instalado dentro de "poliducto" que llegue a un contador y caja de corte, estas deberán ser protegidas por interruptores térmicos, la cual contará con los circuitos necesarios para alimentar la iluminación que sea necesaria utilizar. Cada uno de los circuitos será independiente y estará protegido por térmicos de amperaje adecuado a cada carga.

Las instalaciones provisionales deben estar funcionando antes de dar comienzo a las obras.

#### **6.1.5 CERCAS PROTECTORAS**

Deberán suministrarse los materiales, la mano de obra, herramientas, equipo y todo lo que sea necesario para cerrar en puntos estratégicos a lo largo de toda la tubería proyectada, el acceso al público o a cualquier otra persona que no sean sus trabajadores a los sitios de trabajo, para la cual someterá la aprobación de la supervisión un plano con sitios que se cerrarán.

### **6.2 TRAZO Y NIVELACION**

#### **6.2.1 ALCANCE DEL TRABAJO**

El trazo o replanteo comprende la colocación sobre el terreno de las referencias básicas en las cuales se apoyarán las líneas, niveles, formas, dimensiones, y todos los detalles de las obras que se van a construir para garantizar de que se terminaran tal y como están representadas en los planos.

Se deberá suministrar todo el personal calificado, el equipo, herramientas y los materiales necesarios para levantar la topografía, estacar, calcular y registrar la

información requerida para controlar la ejecución de las obras, en su forma, dimensiones, elevaciones y tamaño.

El personal, el equipo y los materiales deberán consistir en una cuadrilla de topografía técnicamente calificada, capaz de realizar la actividad en el plazo y con la precisión requerida. La cuadrilla estará en el proyecto siempre que sea necesario actualizar el avance en la ejecución de las obras.

El equipo estará constituido por aparatos e instrumentos de apoyo capaces de conseguir la aproximación requerida para estas mediciones.

### **6.2.2 MATERIALES**

Se deberá proporcionar el equipo, herramientas y utensilios necesarios; del tipo y en la cantidad necesarias para la magnitud del proyecto.

### **6.2.3 MÉTODO DE EJECUCIÓN**

#### **A. TRAZO PRELIMINAR**

El contratista establecerá tanto para el trazo preliminar como para el definitivo, un control horizontal y vertical sobre el terreno donde se ubican las tuberías y obras requeridas. Todos estos puntos se referirán a objetos físicos inamovibles y sus referencias se dejarán indicadas en libretas de topografía y en los planos.

El trazo preliminar consistirá en llevar al terreno los datos mostrados en los planos, fijando las zonas previstas para el trabajo y aquellas destinadas para otros usos de tal manera que puedan ejecutarse las actividades preparatorias tales como limpieza, desbroces, descapote, construcción de terrazas, y otras que faciliten realizar después el trazo definitivo.

En el estado antes descrito, el contratista juntamente con el supervisor, inspeccionará el proyecto para verificar la ubicación de las obras que se construirán y determinar si



con dicha ubicación se obtendrá el funcionamiento esperado. Conocido lo anterior se levantará un acta que firmarán supervisor y contratista autorizando el trazo definitivo.

## **B. TRAZO DEFINITIVO**

Para el trazo definitivo, se utilizará la red de control establecida en el trazo preliminar así como las referencias, ángulos y coordenadas que se dan en los planos para establecer la dirección de los colectores de aguas negras, pozos de inspección, canaletas, cajas.

## **6.3 EXCAVACION Y COMPACTACION**

### **6.3.1 ALCANCE DEL TRABAJO.**

*Consiste en la excavación y relleno compactado, bajo y sobre las tuberías y obras adicionales que así lo requieran, en los sitios indicados en los planos o por el propietario.*

### **6.3.2 MÉTODO DE EJECUCIÓN**

#### **A. EXCAVACIÓN**

La excavación de las zanjas se llevará a cabo con equipo mecánico apropiado cuando sea posible. Los taludes de las excavaciones deben ser verticales o inclinados hacia el exterior si es necesario para su estabilidad. El ancho de la zanja deberá ser igual o mayor a 1.5 veces el diámetro de la tubería pero nunca menor a 0.60 m. El material excavado debe acopiarse a una distancia igual a su profundidad.

#### **B. COMPACTACIÓN CON SUELO NATURAL**

El procedimiento usado será el tendido de capas de suelo de calidad y homogeneidad aprobadas, con un espesor tal que se compruebe que es posible alcanzar la compactación especificada con el equipo usado. El contenido de humedad del suelo deberá estar a  $\pm 2\%$  del óptimo y el grado de compactación el 90% del obtenido de acuerdo a la norma AASHTO sección T-180. La selección y control de calidad del

material de relleno será avalada por un laboratorio de suelos y materiales, que deberá ser contratado previo al inicio del proyecto por parte del contratista, para actividades de diseños de mezcla y elaboración de ensayos proctor.

### **C. SUELO-CEMENTO**

Cuando se indique este tipo de mejoramiento por parte de supervisión y/o laboratorio de suelos y materiales, el suelo cemento se elaborará con una mezcla de suelo inorgánico aprobado, mezclando uniformemente en una proporción 20:1 (5%) de cemento con un contenido de humedad de  $\pm 2\%$  del óptimo obtenido de acuerdo al ensayo de referencia AASHTO T-134. La mezcla de los componentes se hará con el cemento en seco y el suelo adecuadamente húmedo para que se pueda obtener una mezcla homogénea. El proceso completo de compactación no será mayor a dos horas luego de iniciada la mezcla de suelo con el cemento. La mezcla de suelo cemento debe compactarse uniformemente hasta obtener un porcentaje del 95% obtenido de acuerdo a norma AASHTO T-134; teniendo en cuenta para este tipo de compactaciones el curado de capas.

Cuando sea necesaria una suspensión parcial de la elaboración de una capa por más de 24 horas, deberá realizarse una junta de construcción transversal, cortando una cara aproximadamente vertical en la capa anteriormente terminada si es de forma longitudinal, si esta se presenta en elevación deberá ranurarse la parte superficial de la última capa y humedecerse para hacer el tendido de la siguiente.

### **E. DESALOJO DE MATERIAL DE DESPLANTE**

Este trabajo consiste en el desalojo fuera de los terrenos de la construcción del material extraído de las excavaciones y que no pueda ser usado en otras partes de la construcción. El trabajo incluye el suministro de todos mano de obra, equipo y servicios necesarios para la ejecución completa y correcta de los trabajos.

## **6.4 CONCRETO**

### **6.4.1 ALCANCE DEL TRABAJO**

El trabajo de esta sección incluye la provisión de todos los materiales, mano de obra, equipo, servicios y cualquier otro trabajo necesario para la completa ejecución de todas las obras de concreto simple o reforzado, según se indica en los planos y en estas especificaciones. Se deberá de proveer de transporte, colocación, colado, vibración, protección, curado y acabados de la superficie, desencofrado, suministros y colocación de acero de refuerzo.

Sin que esto limite la generalidad de lo anteriormente expuesto, el trabajo incluye los siguientes:

- a. Losetas de protección y canales
- b. Cimentación de pozos de visita
- c. Soleras intermedia y de coronamiento de pozos de visita

### **6.4.2 COMPOSICIÓN DEL CONCRETO**

El concreto que se utilice en las obras tendrá una resistencia a la compresión a los veintiocho días equivalente a 210 Kg/cm<sup>2</sup>. El control de calidad de concreto será responsabilidad del laboratorio de suelos y materiales que preste los servicios al contratista. El diseño de la mezcla y el proceso de construcción de las estructuras de concreto se deberá regir por todas las normas pertinentes de ASTM, AASHTO y ACI, el promedio de resistencia requerido en el diseño de la mezcla ( $f'c$ ), deberá cumplir la norma ACI-318R-92, sección 5.2, basado en el estudio estadístico de las resistencias obtenidas anteriormente.

### **6.4.3 MATERIALES**

#### **A. CEMENTO**

Se usara cemento "Portland" tipo I, de calidad uniforme que llene los requisitos de la norma ASTM C-150. El cemento será entregado en la obra en su empaque original y

será almacenado bajo techo sobre plataformas que se encuentren 15 cms. por encima del suelo, asegurando protección contra la humedad. No se aceptará el cemento contenido en bolsas abiertas o rotas. El contratista deberá usar el cemento que tenga mas tiempo de estar almacenado, antes de usar el almacenado recientemente.

El cemento en sacos no se almacenará en pilas de más de diez sacos y se dispondrán en forma tal que permita el fácil acceso para la correcta inspección e identificación.

## **B. AGREGADOS**

Los agregados del concreto llenaran los requisitos para agregados de concreto, ASTM C-33. El agregado grueso deberá de ser, de piedra triturada proveniente de roca compacta; no se aceptará grava que presente aspecto laminar. El tamaño máximo de los agregados no será mayor que 1½ veces la dimensión mas angosta entre los lados de los encofrados, ni ¾ de la separación entre las barras o paquetes de barras de refuerzo.

El agregado fino será arena de granos duros, carente de impurezas, su modulo de finura deberá estar entre 2.3 y 3.0. La granulometría de los agregados gruesos y finos quedará dentro de los límites indicados en la designación ASTM C-33.

Los tipos y grados de concreto serán los mismos en todo el trabajo; si por alguna circunstancia fuere necesario usar otros, se comunicará a la supervisión, y se hará un nuevo diseño de mezcla por un laboratorio aprobado por la supervisión.

La procedencia de los agregados deberá mantenerse durante toda la construcción. Si fuere necesario cambiarla deberá someterse a la aprobación de la supervisión y realizar un nuevo diseño de mezcla.

## **C. AGUA**

El agua será limpia (potable) y sin cantidades nocivas de aceites, ácidos, álcalis, materia orgánica.

## **D. ADITIVOS**

Antes de emplear cualquier aditivo, se efectuarán ensayos previos de cilindros, para verificar el comportamiento del concreto combinado con dicho aditivo. Durante todo el periodo de los trabajos ejecutados con aditivos. Deberá llevar un control continuo de las proporciones de la mezcla y de la calidad del producto adicional usado.

## **6.4.4 PROCESAMIENTO DE CONCRETO**

### **A. ENSAYOS**

Todo el concreto será controlado y mezclado en proporción tal que asegure una resistencia a la compresión de ruptura a los 28 días igual a la especificada en los planos estructurales o en estas especificaciones. Para ello el promedio de los ensayos debe ser igual o mayor que el  $f'c$  y además cumplir con la norma ACI 318R-92, sección 5.6

El contratista deberá presentar su proporción y los resultados de los cilindros de prueba correspondientes por lo menos con 30 días de anticipación a su uso, para que se proceda a la fabricación y prueba de los especímenes.

### **B. DOSIFICACIÓN**

El concreto será dosificado por peso o volumen, de preferencia por peso. El diseño de la mezcla será efectuado por el laboratorio indicado por la supervisión, usando los materiales que el contratista haya acopiado en el lugar de la obra, con el cemento y el agua que realmente empleara en la construcción.

La granulometría y la proporción entre los diferentes componentes serán determinados por el diseño de la mezcla, a manera de obtener la resistencia especificada.

El concreto deberá fabricarse siguiendo las proporciones de diseño. y las mezclas obtenidas deberán ser plásticas y uniformes. El revenimiento de las mismas estará de acuerdo al diseño, al elemento que se fabrica, al sistema de colocación y al uso de aditivos.

En la dosificación del agua para la mezcla se tomará en cuenta el estado de humedad de los agregados al momento del uso. En ningún momento las mezclas podrán contener agua en cantidad mayor de la establecida en el diseño.

El contratista podrá usar concreto premezclado en cuyo caso deberá cumplirse con las normas "Estandard Specifications For Ready Mixed Concrete", ASTM C 94. Además el contratista deberá proporcionar a la supervisión copia de las especificaciones técnicas del contrato celebrado con la empresa que efectuara el suministro, así como las curvas de resistencia a la compresión correspondientes a la mezcla contratada.

### **C. PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO.**

El concreto se preparará exclusivamente con mezcladoras mecánicas de tipo apropiado y solo en la cantidad que sea necesaria para el uso inmediato. No podrá usarse el concreto que no haya sido colocado en su sitio a los 30 minutos de haber añadido el agua al cemento para la mezcla. El concreto premezclado que haya sido entregado en la obra en camiones mezcladores podrá colocarse en el término de 50 minutos, calculados desde el momento en que se ha añadido el agua al cemento. Los tiempos aquí indicados serán ajustados adecuadamente en caso de usarse aditivos en la mezcla.

No se colocará ningún concreto hasta que la supervisión haya aprobado la profundidad y condición de las fundaciones, los encofrados y apuntalamiento y la colocación del refuerzo, según sea el caso.

El contratista será responsable de dar aviso escrito a la supervisión con 48 horas de anticipación al día en que se requiera la inspección.

El método de colocación del concreto será tal que evite la posibilidad de segregación o separación de los agregados. Si la calidad del concreto, cuando este alcance su posición final, no es satisfactoria, se discontinuara y ajustara al método usado en la colocación, hasta que la calidad del concreto sea satisfactoria.

Todo concreto será compactado por medio de vibradores mecánicos, cuyo diámetro sea adecuado al espaciamiento de la armadura y encofrado con frecuencia de vibración no menor de 3600 rpm, los cuales deberán estar en buenas condiciones de funcionamiento y en cantidad adecuada, para que las operaciones de colocado procedan sin demora. la vibración deberá ser suficientemente intensa para afectar visiblemente el concreto dentro de un radio mínimo de 60 cm, alrededor del punto de aplicación, pero no deberá prolongarse demasiado para evitar la segregación de los agregados.

Cualquier sección del concreto que se encuentre porosa, o haya sido revocada, o sea defectuosa en algún otro aspecto, deberá removerse y reemplazarse en todo o en parte, enteramente a costa del contratista, según lo ordene la supervisión.

#### **6.4.5 ENCOFRADO**

Podrán usarse encofrados de madera, los encofrados de madera, serán diseñados y construidos con suficiente resistencia para soportar el concreto y las cargas de trabajo, sin dar lugar a desplazamientos después de su colocación y para lograr la seguridad de los trabajadores.

Los encofrados deberán ser firmes y bien ajustados a fin de evitar escurrimientos y en tal forma que permanezcan alineados sin deformarse ni pandearse.

El contratista deberá corregir cualquier desperfecto ocasionado por encofrados defectuosos.

#### **6.4.6 CURADO DEL CONCRETO**

Se deberá prestar especial atención a la curación del concreto, iniciando el curado tan pronto como haya fraguado suficientemente como para evitar daños, y nunca después de pasadas 4 horas de su colocación. La curación del concreto deberá durar 7 días como mínimo a menos que se compruebe por medio de la ruptura de cilindros que ha alcanzado la fatiga promedio requerida.

## **6.5 ACERO DE REFUERZO**

### **6.5.1 ALCANCE DEL TRABAJO**

El contratista suministrará y colocará todo el acero de refuerzo como está especificado en esta sección o mostrado en los planos.

Todo el trabajo se hará de acuerdo con el código del ACI-318, a menos que se especifique o detalle en otra forma. Se incluye también los amarres, separadores y otros accesorios para soportar y espaciar el acero de refuerzo.

### **6.5.2 TRABAJO INCLUIDO**

Deberá cumplir con las especificaciones estándar para varillas de refuerzo en concreto armado ASTM A-615, así como la especificación A 305, para las dimensiones de las corrugaciones. su esfuerzo de fluencia de 2800 kg/cm<sup>2</sup>

El acero de refuerzo deberá estar libre de defectos de manufactura y su calidad deberá estar garantizada por el fabricante y justificado por el contratista, antes de su uso, por medio de pruebas realizadas en el material entregado a la obra.

### **A. COLOCACIÓN DEL REFUERZO**

El contratista cortará, doblará y colocará todo el acero de refuerzo, de acuerdo con lo que indiquen los planos y especificaciones o como ordene la supervisión. Todo el refuerzo deberá estar libre de óxido suelto; de aceite, grasa u otro recubrimiento que pueda destruir o reducir su adherencia con el concreto.

Se utilizarán, cubos de concreto, separadores, amarres, etc., para asegurar la posición correcta del refuerzo y evitar su desplazamiento durante el colado.

### **B. DOBLADO**

Todas las barras deberán ser rectas, excepto donde se indique en los planos; los dobleces se harán en frío, sin excepción. El doblado de las barras de refuerzo deberá hacerse cumpliendo con las especificaciones ACI 318. Las barras normalmente no llevarán ganchos en sus extremos, excepto donde se indique en los planos.



### **C. ESTRIBOS**

Los estribos se construirán estrictamente en la forma en que están indicados en los planos. No se permitirá calentar las barras antes de doblarlas para formar los estribos; para ejecutar estos dobleces deberán utilizarse dobladores especiales, que no dañen el acero.

### **D. LIMPIEZA Y PROTECCIÓN DEL REFUERZO**

El acero de refuerzo deberá estar limpio de oxidación, costras de concreto de colados anteriores, aceites, tierra o cualquier elemento extraño que pudiera reducir la adherencia con el concreto. En caso contrario, el acero deberá limpiarse con un cepillo de alambre o con algún disolvente cuando se trate de materias grasosas. Por ningún motivo, una vez aprobada la posición del refuerzo, se permitirá la colocación de cargas y el paso de operarios o carretillas sobre los amarres, debiendo utilizarse pasarelas que no se apoyen sobre el refuerzo y así evitar que se deformen o pierdan la posición correcta en que fueron colocados y aprobados

### **E. ALMACENAJE**

Inmediatamente después de ser entregado el acero de refuerzo será clasificado por tamaño, forma, longitud o por su uso final. Se almacenará en estantes que no toquen el suelo y se protegerá en todo momento de la intemperie.

### **F. PRUEBAS DEL ACERO DE REFUERZO**

De cada lote de diferente diámetro del acero de refuerzo entregado en la obra, se tomarán tres probetas que deberán ser proporcionadas por cuenta del contratista para ser sometidas a pruebas para acero de refuerzo de acuerdo con las especificaciones ASTM A370.

## **6.6 RED DE TUBERIA**

### **6.6.1 ALCANCE DEL TRABAJO**

#### **A. CAJAS DE CONEXIÓN**

Este trabajo consiste por una parte a la construcción de pozos de visita y conexión para aguas negras.

#### **B. TUBERÍA DE PVC (CLORURO DE POLIVINILO)**

Se refiere al suministro y colocación de las tuberías de aguas negras que configuran los distintos ramales de evacuación de las mismas. Incluye toda la mano de obra, suministro de materiales, herramientas y equipo necesarios para la construcción de los pozos de visita y la colocación de las tuberías indicadas en los planos así como el tipo de asiento.

### **6.6.2 MATERIALES**

#### **A. CAJAS DE CONEXIÓN:**

El ladrillo de barro hecho a mano será del tipo calavera de 14 x 28 x 9 cm, el cual se colocará de acuerdo a los planos. El cemento y la arena cumplirán con lo especificado en la sección 6.4.3 A - B y el acero con lo indicado en la sección 6.5.

#### **B. TUBERÍAS DE PVC**

Tendrán todas un diámetro de 8" y cumplirán con las especificaciones ASTM D-1784 y ASTM D-2321 "Standard Practice for Underground Installation of Thermoplastic Pipe Sewers and Other Gravity Flow Applications", por lo que en lugar de junta encementada se utilizará tubería de junta rápida por ser esta opción mas práctica y segura de usar.

### **6.6.3 MÉTODO DE EJECUCIÓN**

#### **A. CAJAS DE CONEXIÓN**

Todas las cajas se construirán de ladrillo de barro tipo calavera puesto de lazo, con tapadera de concreto. En las cajas de conexión se construirán primero la fundación que será de concreto reforzado, con una resistencia a la compresión  $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días. Sobre la fundación se levantarán las paredes y se picará la losa de fondo para verter sobre ella concreto simple de  $f'c=180 \text{ kg/cm}^2$  el cual será perfilado en forma de canal semicircular para encauzar las aguas hacia el tubo de descarga con una pendiente no inferior a la del mismo tubo. Sus paredes interiores serán repelladas y afinadas. El mortero para el pegamento de ladrillo y repello será 1:3 (cemento y arena) y el afinado se hará con una proporción de una parte de cemento a 2 de arena, tamizada con malla 1/32". Las tapaderas se harán de concreto de 8 cm de espesor, reforzadas con varillas de 3/8" @ 15 cm en ambas direcciones, el concreto tendrá una resistencia a la compresión de  $180 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días.

#### **B. TUBERÍA DE PVC**

Antes de colocar la tubería, deberá haberse completado el asiento de conformidad con lo indicado en los planos y estas especificaciones. La tubería debe ensamblarse en la zanja una vez colocada en el fondo, tomando en cuenta las características de flexibilidad de las tuberías termoplásticas de aguas negras.

**CAPITULO VII**

---

**PRESUPUESTO DE LA  
ALTERNATIVA DE  
SOLUCIÓN**

## **7 PRESUPUESTO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCION**

"DISEÑO DE LA RED DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CIUDAD DE SANTO TOMAS,  
DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR"

### CUADRO RESUMEN DE COSTOS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION

<b>COLONIA</b>	<b>METROS DE TUBERIA</b>	<b>COSTO P/ METRO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
COLONIA MORAN	122.60	421.18	\$51,636.57
COLONIA FLOR AMARILLA	1200.94	69.27	\$83,188.14
COLONIA RICO Y SAN ESTEBAN	947.02	60.14	\$56,956.23
<b>COSTO DIRECTO TOTAL</b>			<b>\$191,780.94</b>
<b>IMPREVISTOS (10%)</b>			<b>\$19,178.09</b>
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$210,959.04</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS (30%)</b>			<b>\$63,287.71</b>
<b>SERVICIOS DE SUPERVISION (15%)</b>			<b>\$31,643.86</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>			<b>\$305,890.61</b>

- ✓ Los precios de los materiales utilizados en el calculo de análisis de precios unitarios fueron cotizados en el mes de febrero de 2005 la variación de estos precios afectarían tangiblemente el costo del presupuesto.
- ✓ Los costos de mano de obra utilizados fueron tomados en su mayoría del Contrato Colectivo de Trabajo entre El Sindicato Unión de Trabajadores de la Construcción y Los Empresarios de la Industria de la Construcción (CASALCO) (Laudo Arbitral).
- ✓ El costo total del las tres soluciones asciende a Trescientos cinco mil ochocientos noventa 61/100 dólares de los Estados Unidos de América.
- ✓ El tiempo aproximado de ejecución en condiciones normales se estima en 5 meses incluyendo las tres etapas propuestas.
- ✓ El detalle de cómo se obtuvo el precio unitario por metro de tubería se puede observar en la carpeta presupuesto de la alternativa de solución.

**CAPITULO VIII**

---

**CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1 CONCLUSIONES**

- Debido a la realidad topográfica que presenta el municipio de Santo Tomás solamente se ha diseñado el sistema de recolección de aguas negras para aquellas colonias que permitan la evacuación por gravedad, quedando fuera del diseño, aquellas donde su evacuación hubiese implicado el uso de sistemas de bombeo, tomando en cuenta que esta alternativa es de muy costosa construcción y muy costoso mantenimiento.
- La ejecución de un proyecto de sistema de aguas residuales lleva implícito un aumento en la calidad de vida de la población de Santo Tomás y una disminución de la ploriferación de las enfermedades infecto-contagiosas.
- El diseño de la red de aguas residuales se elaboró tomando en cuenta la realidad económica del municipio, de forma tal, que se desarrolló tomando en cuenta los adecuados parámetros de diseño sin dejar de lado el factor económico.
- El uso de programas como “H-CANALES” es una importante herramienta de diseño, facilitando la aplicación de conceptos y la exactitud de los resultados, por medio de la sustitución de lecturas en la curva de elementos hidráulicos básicos (curva del banano), representando una automatización del proceso de cálculo, acortando los tiempos de obtención de resultados y la fácil corrección o alteración de datos dentro del cálculo. En cuanto al uso de programas también se hace mención de AutoCAD que permite originar y corregir de forma mas fácil todo lo referente a la generación de planos, perfiles, detalles, notas, etc.
- Los resultados obtenidos al realizar la proyección de población para el periodo de diseño por el método geométrico no son adecuados, debido a que solamente se contaba con la información de dos censos realizados por la dirección general de

estadística y censo (DIGESTYC) de los años 1971 y 1992, esto no es representativo y además se le suma el hecho de que el país sufrió un conflicto armado entre estos dos censos, debido a esto se vio en la necesidad de realizar un muestreo de población en las colonias donde se realizó el diseño, llegando a una población de 5 hab./lote.

- Dado el desordenado crecimiento urbanístico del municipio, no ha sido posible ofrecer una cobertura del 100%, lo que indica la necesidad de un crecimiento urbanístico planificado que permita a los habitantes contar con servicios básicos.
- El monto estimado para el proyecto, \$ 305,890.61, es el resultado de tomar en cuenta todos los rubros que se consideran necesarios para una ejecución satisfactoria del proyecto.
- Durante la elaboración del diseño hidráulico, a pesar de la topografía de pendiente pronunciada, en su totalidad el diseño se mantiene dentro de los intervalos de velocidad y tirantes normados por A.N.D.A.; en base a los tirantes hidráulicos obtenidos es posible aumentar el caudal que circula por el sistema.

## **8.2 RECOMENDACIONES**

- Debido a que algunas colonias no fueron incluidas en el diseño de la red de aguas negras a causa de factores topográficos o el limitado acceso que poseían a los servicios básicos, se sugieren para estas colonias la construcción de fosas sépticas y de pozos de absorción según detalle de anexos hoja 8/10, esto para aquellas viviendas que poseen servicio de agua domiciliar, para aquellas casas que no cuentan con este servicio se deberán construir letrinas aboneras según detalle anexo hoja 9/10,10/10.



- La alcaldía de Santo Tomás en conjunto con la unidad de salud deberá orientar a la población para el correcto uso de los métodos de disposición de aguas negras mencionados anteriormente, esto mediante el uso de charlas y folletos informativos o cualquier otro método que se considere oportuno, además deberán de monitorear su correcto funcionamiento.
- La tesis comprendió el diseño de la red de aguas residuales, pero esto no estaría completo sin el diseño de las plantas de tratamiento requerido por el Ministerio del Medio Ambiente. En el presente trabajo de graduación se propone solamente la ubicación de estas plantas, por lo que se recomienda el complemento de este con otra tesis donde se desarrolle el diseño de las plantas de tratamiento y se especifiquen los impactos ambientales causados a los ríos donde se verterán las aguas negras.
- Según investigaciones realizadas en la unidad de salud del municipio se conoce que la segunda causa de consulta son las enfermedades gastrointestinales y de acuerdo al perfil de desarrollo y crecimiento acelerado, se recomienda gestionar a corto plazo la realización del proyecto de aguas residuales, así como de otros servicios básicos de los que carece la población, como agua potable y tren de aseo.
- Para la satisfactoria ejecución del proyecto de aguas negras, se debe tomar en cuenta la implementación de los servicios de laboratorio de control de calidad de los materiales, así como un previo estudio de suelos en el lugar del proyecto, para evaluar sus condiciones y determinar de forma previa cualquier cambio en el diseño. El laboratorio también deberá brindar apoyo a la supervisión en la selección del material de compactación y su correspondiente control, de esta forma aprobando el(los) banco(s) de préstamo de los que se abastecerá el proyecto.
- En vista de que los costos de mano de obra son los que encarecen el proyecto, se recomienda recurrir al recurso de participación de las colonias beneficiadas, conocido como Ayuda Mutua.

- En el caso de las industrias establecidas y las que posiblemente lo hagan a corto o largo plazo, se recomienda a la alcaldía supervisar el manejo y descarga de sus aguas residuales.

# **ANEXOS**

Ver detalles de los accesorios en carpeta de anexos.

## **BIBLIOGRAFIA**

Terence J. Mc Ghee. Abastecimiento de Agua y Alcantarillado, Ingeniería Ambiental. Sexta Edición. 1999.

Metcalf & Eddy, Inc. Ingeniería de Aguas Residuales. Editorial Mc Graw-Hill. 3° Edición. 1997.

Luís Ernesto Ayala Guerrero. Diseño de Alcantarillado de Aguas Negras de la Ciudad de la Unión. Trabajo de Graduación. Universidad de El Salvador, Abril 1999.

Frank N. Kemmer. Manual de Agua, su Naturaleza, Tratamiento y Aplicaciones. Nalco Chemical Company. Tomo 1,2 y 3. Mc Graw-Hill. 1994.

Escuela de Salud Pública "Carlos J. Finlay". Ing. Ilbeu Duarte Filho. Tratamiento de Residuos Líquidos, Domésticos e Industriales. La Habana, septiembre, 1996.

Fredereick S. Merritt, Jonathan T. Manual Integral Para el Diseño y Construcción. Ricketts. Mc Graw-Hill. 5° Edición. Tomo 3. 1997.

Normas Técnicas Para Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras, A.N.D.A. 1998.