

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



**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA  
CIUDAD DE TURIN, DEPARTAMENTO DE AHUACHAPAN.**

PRESENTADO POR  
OSCAR MARIO LABOR GONZÁLEZ  
MISCI AZALIA TORRES

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO 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 ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA  
CIUDAD DE TURIN, DEPARTAMENTO DE AHUACHAPAN.**

Presentado por:

OSCAR MARIO LABOR GONZÁLEZ  
MISCI AZALIA TORRES

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docente Director:

ING. JOAQUÍN MARIANO SERRANO CHOTO

Docente Director:

ING. JOSÉ RANULFO CÁRCAMO Y CÁRCAMO

San Salvador, Enero de 2005

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

ING. JOAQUÍN MARIANO SERRANO CHOTO

ING. JOSÉ RANULFO CÁRCAMO Y CÁRCAMO

## **DEDICATORIA**

**A DIOS:** porque sin Él nunca hubiera podido terminar, ya que me dio fuerza y fortaleza ante las situaciones de la vida en las que fueron difíciles, para poder lograr esta carrera.

**A MI ESPOSO:** por ser mi mejor amigo y compañero de trabajo de graduación, por apoyarme en todo y ser la mejor persona que DIOS me puso a mi lado, por tener esa capacidad de llevar tantas responsabilidades y soportarme y comprenderme siempre, muchas gracias.

**A MIS HIJOS:** Ana Marcela y Luis Mario, por darme la felicidad y la inspiración de seguir adelante a pesar de los problemas de la vida y por la cual éste trabajo de graduación tiene razón de ser.

**A MI PADRE:** por darme el apoyo moral y mostrarme el camino correcto.

**A MIS HERMANAS:** por su apoyo en los momentos que las necesité.

**A MI MADRE:** por darme la vida y sentirse feliz de haber logrado mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitirnos culminar nuestras carreras y darnos la ayuda a través de tantas personas que nos han apoyado.

Especialmente queremos mencionar:

**INGENIEROS: JOAQUÍN MARIANO SERRANO CHOTO E ING. JOSÉ RANULFO CÁRCAMO Y CÁRCAMO.**

Docentes Coordinadores del Trabajo de Graduación, profesionales que tuvieron la disponibilidad y tiempo, así como las mejores intenciones de colaboración, proporcionando sus conocimientos y experiencias para poder concluir ésta Tesis.

**A NUESTRO ESPECIAL AMIGO: ING. MIGUEL ANGEL VILLELA RAMOS.**

Persona que a través de los años y muy especialmente en el tiempo en el cual se ha desarrollado éste Trabajo, nos ha brindado su apoyo incondicional, dando un aporte invaluable en tantas noches de desvelo, por lo cual nos sentimos infinitamente agradecidos. Gracias Miguelito.

**A NUESTROS FAMILIARES:**

Lucecita Alas

Meybel Alas de Pérez y Luis Alberto Pérez

Ivette Leiva

Angélica Leiva

Sra. Lucila Leiva

Dr. Miguel Reynaldo Labor

Dr. Mario Rolando Labor

José Miguel Labor  
Hugo Armando Labor  
Aura Mariela Labor

Muchas gracias por estar pendientes de nosotros, de apoyarnos incondicionalmente para poder terminar la carrera y sobre todo alentarnos con sus palabras y obras.

**A NUESTROS AMIGOS:**

Sra. Mabel de Alonso  
Arq. Karla Salas  
Lic. Claudia Arias de Zúniga  
Ing. Gladis Concepción Guardado  
Arq. Karen Jovel  
Sra. Daysi de Cerna y esposo.  
Sra. Isabel Landaverde

Por demostrar en reiteradas ocasiones que son nuestros amigo(a)s, agradeciéndoles las diversas muestras de apoyo y el estar siempre pendientes que concluyéramos nuestra carrera.

A todos y cada uno de Ustedes les queremos agradecer infinitamente.

## **DEDICATORIA**

**A DIOS:** por permitirme llegar hasta aquí, dándome la sabiduría para poder culminar una de mis metas.

**A MI TÍO Y TÍA:** Dr. Miguel Reynaldo Labor y Profesora Ana Cordelia Ávalos de Labor (Q.D.D.G), quienes me cobijaron en el seno de su hogar, haciéndome sentir el ser su hijo y ver a José Miguel, Aura y Hugo como mis hermanos. Estoy seguro que allá en el cielo la niña Anita estará orgullosa por éste triunfo y aquí en la tierra mi querido tío estará a mi lado compartiendo esta satisfacción personal y profesional. A ustedes dos quiero dedicarles especialmente éste trabajo.

**A MI ESPOSA:** por ser antes que nada mi apoyo incondicional que he tenido en los últimos doce años. Gracias por estar siempre a mi lado.

**A MIS HIJOS:** Ana Marcela y Luis Mario por ser lo más importante de mi vida, la razón por la cual trabajo y vivo, a ustedes dos chicos queridos les quiero dedicar éste triunfo para que sea un estímulo para que el día de mañana, vean coronadas sus carreras.

**A MI ABUELO:** Don Rogelio Labor (Q.D.D.G), con quien tuve la dicha de compartir tantos bonitos momentos y que me trasmitiese sus valores morales de honestidad y rectitud. Lastimosamente no está a mi lado para ver culminar mi carrera, pero estoy seguro que estaría orgulloso de mí.

**A MI PADRE:** Dr. Mario Rolando Labor. Por haberse acercado los últimos años a mi familia y estar pendiente de mi carrera y de mis hijos.

**OSCAR MARIO**

## INDICE

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES	1
1.0 INTRODUCCIÓN	2
1.1 ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1.1 Antecedentes	4
1.1.2 Planteamiento del problema	6
1.2. OBJETIVOS, ALCANCES Y LIMITACIONES	8
1.2.1 Objetivos	8
1.2.1.1 Objetivo General	8
1.2.1.2 Objetivos Específicos	8
1.2.2 Alcances	9
1.2.3 Limitaciones	10
1.3. JUSTIFICACION	11
1.4 ASPECTOS GENERALES DE LA CIUDAD DE TURÍN	11
1.4.1 Ubicación Geográfica	11
1.4.2 División Político-Administrativa	12
1.4.3 Gobierno Local	13
1.4.4 Aspecto Físico	13
1.4.4.1 Hidrografía	13
1.4.4.2 Orografía	14
1.4.4.3 Clima	15
1.4.4.4 Vegetación	15
1.4.4.5 Rocas	16
1.4.4.6 Suelos	16
1.4.4.7 Dimensiones	16
1.4.5 Población y vivienda	16
1.4.5.1 Población	16
1.4.5.2 Vivienda	18

CAPITULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	19
2.0 GENERALIDADES SOBRE ALCANTARILLADO	20
2.1 ALCANTARILLADO	20
2.1.1 Eliminación de las aguas residuales	20
2.1.2 Métodos de colección	21
2.1.3 Conceptos importantes relacionados con las aguas residuales	22
2.1.3.1 Higiene	22
2.1.3.2 Salud	23
2.1.3.3 Alcantarilla	23
2.1.3.4 Saneamiento	23
2.1.4 Tipos de Alcantarillado	23
2.1.4.1 Alcantarillado Sanitario	24
2.1.4.2 Alcantarilla para aguas lluvias	24
2.2 TIPOS DE AGUAS RESIDUALES	24
2.2.1 Características físicas de las aguas residuales	25
2.2.1.1 Cantidad de Sólidos	25
2.2.1.2 Color	25
2.2.1.3 Olor	25
2.2.1.4 Peso específico	26
2.2.1.5 Clasificación de Materias Sólidas	26
2.3 TIPOS DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO	26
2.4 POBLACION DE PROYECTOS	28
2.5 METODOS DE PROYECCION DE POBLACION	30
2.6 COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUAS NEGRAS	36
2.6.1 Alcantarilla o Colectores	36
2.6.2 Pozos de registro ó de Inspección	38
2.6.3 Cajas de Registro	41
2.6.4 Caja de Conexión Domiciliar a Red Secundaria	41
2.7 DISEÑO DE ELEMENTOS DE UN SISTEMA:	

	DISEÑO DE ALCANTARILLAS LLENAS Y PARCIALMENTE LLENAS	41
2.7.1	Diseño de alcantarillas llenas	42
2.7.2	Diseño de Alcantarillas parcialmente llenas	45
2.8	METODOLOGIA DE DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE TURÍN	45
CAPITULO 3: DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE TURÍN, DEPARTAMENTO DE AHUACHAPÁN		
		53
3.1	DISEÑO HIDRAULICO DE COLECTORES PROYECTADOS	54
3.1.1	Consideraciones básicas del proyecto	54
3.1.2.	Población	56
3.1.3	Cálculo del caudal de diseño	61
3.1.3.1	Cálculo de la dotación total	61
3.1.3.2	Cálculo del caudal medio diario	61
3.1.3.3	Cálculo del caudal máximo diario ( $Q_{\text{máx d}}$ )	62
3.1.3.4	Cálculo del caudal máximo horario ( $Q_{\text{máx h}}$ )	62
3.1.3.5	Cálculo del caudal de diseño de aguas negras	63
3.2	CÁLCULOS HIDRÁULICOS POR TRAMOS DE TUBERÍAS	63
3.3	CRITERIOS DE DISEÑO	74
3.4	CÁLCULOS HIDRÁULICOS Y PLANOS DE LA RED	76
CAPÍTULO 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
		77
4.0	CAPITULO 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	78
4.1	EXCAVACIONES EXPLORATORIAS	78

4.2	TRAZO Y NIVELACION	78
4.3	EXCAVACION EN ZANJA PARA TUBERÍA	78
4.4	COMPACTACION EN ZANJA	79
4.5	ALBAÑILERÍA	80
4.5.1	Materiales y proporciones de los morteros	80
4.5.2	Mampostería de elementos de barro cocido	81
4.5.2.1	Ladrillos de barro macizo hechos a mano	84
4.5.2.2	Mortero	81
4.5.2.3	Repello	81
4.5.2.4	Materiales	82
4.5.2.5	Afinado	82
4.5.2.6	Pulidos	82
4.6	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC	83
4.6.1	Descripción	83
4.6.2	Materiales	83
4.6.3	Juntas	83
4.6.4	Transporte y almacenamiento	83
4.6.5	Instalación	84
4.6.6	Relleno de la zanja	84
4.7	REMOCION Y REPARACION DE ADOQUINADOS	84
4.7.1	Descripción	84
4.8	REMOCION Y REPARACION DE EMPEDRADOS	87
4.8.1	Descripción	87
4.9	MAMPOSTERIA DE PIEDRA	87
4.9.1	Generalidades	87
4.9.1.1	Materiales	87
4.9.2	Construcción	88
4.10	Prueba hidráulica	89
4.11	Memoria descriptiva	89

CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO	92
5.0 CAPITULO 5: PRESUPUESTO	93
5.1 CONSIDERACIONES GENERALES	93
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
6.0 CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
6.1 CONCLUSIONES	101
6.2 RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFÍA	106

## BIBLIOGRAFIA

1. ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS. NORMAS TÉCNICAS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADOS DE AGUAS NEGRAS. Edición disponible en página web: [www.anda.gob.sv](http://www.anda.gob.sv). Edición, 2004. Documento elaborado para ANDA por el Ing. Alirio Bernal Gaitán.
2. Figueroa Santos. Tesis. GUIA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO Y ALCANTARILLADO DE AGUAS NEGRAS. Universidad de El Salvador. Publicación, 2000.
3. Océano Grupo Editorial, S.A. MONOGRAFÍA DE EL SALVADOR. 08017 Barcelona (España). Pág. 14, 23. Publicación: 2004.
4. Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador, “Reglamento a la Ley de Desarrollo y Ordenamiento territorial del AMSS y de los Municipios Aledaños”, 1996.

## RESUMEN

En El Salvador al igual que muchos otros países en vías de desarrollo, existen núcleos urbanos que han experimentado un crecimiento poblacional sustancial, originado principalmente por el fenómeno de migración interna debido a la búsqueda de nuevos intereses laborales.

Éste fenómeno ha originado el establecimiento de nuevas comunidades y el desordenado crecimiento de las poblaciones ya existentes, lo cual requiere el satisfacer la demanda de los servicios básicos de la mejor manera para garantizar principalmente la salud de sus habitantes.

En éste contexto el presente trabajo es un aporte en la solución de las necesidades básicas de una ciudad específica, la cual es Turín ubicada en el departamento de Ahuachapán, y que carece completamente del servicio de evacuación de aguas residuales. Actualmente los habitantes de esta ciudad han solventado parcialmente el problema con el uso de letrinas de foso en su mayor parte, y el resto a través de fosas sépticas. Esto conlleva el riesgo de la posible contaminación de los mantos acuíferos subterráneos, así como de la necesidad de evacuar las aguas grises a través de las cunetas de las calles, creando focos de insalubridad y mal aspecto.

El trabajo trata sobre el diseño de la red de alcantarillado sanitario de la ciudad de Turín, específicamente en el área urbana, tomando como marco regulador las Normas Técnicas de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).

La estructuración se ha hecho en base a seis capítulos en los cuáles se va abordando los diferentes tópicos que conlleva la realización del diseño. A continuación se describen brevemente de lo que trata cada uno de ellos.

El capítulo uno contiene las generalidades del trabajo, en el cual se plantean los objetivos, alcances, limitaciones y la justificación por la cual se lleva a cabo éste trabajo. Asimismo se incluye la información general sobre el municipio de Turín, como son: ubicación geográfica, división política administrativa, aspectos físicos y otros.

El segundo capítulo plantea los fundamentos teóricos en los cuáles esta sustentado el trabajo, como lo es todo el marco teórico de alcantarillados y saneamiento, tipos de aguas residuales, así como métodos de proyección de población y los componentes del sistema de aguas negras.

El capítulo tres comprende el diseño de la red de alcantarillo, lo que incluye los cálculos hidráulicos necesarios para proponer y revisar los diferentes componentes que integran la red.

El capítulo cuatro contiene las especificaciones técnicas que serán utilizadas en el momento de la ejecución del proyecto. El capítulo cinco comprende el presupuesto general estimado de la ejecución de la red, considerando que será licitado por una institución de Gobierno y ejecutado por una empresa privada.

El capítulo seis contiene las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido de la elaboración de éste trabajo.

## AGRADECIMIENTOS

Al los ingenieros: Joaquín Mariano Serrano Choto y José Ranulfo Cárcamo y Cárcamo por su buena voluntad al aceptar coordinar y asesorar éste trabajo de graduación y por su valiosa colaboración y aporte para llevarlo a feliz término.

## DEDICATORIA

**CAPITULO 1:**  
**ASPECTOS GENERALES**

## 1.0 INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural esencial para la vida, por lo que sus alteraciones tienen una gran repercusión en las personas, en otros seres vivos y en general, en todo el planeta. Sus múltiples usos y la creciente demanda poblacional ha provocado que en El Salvador el agua se convierta en un bien escaso, muy explotado y a la vez expuesto a una grave contaminación.

El agua tiene un papel importante en el desarrollo de las comunidades, ya que es indispensable que su abastecimiento sea seguro para el establecimiento permanentemente de éstas. Sin embargo los desechos líquidos y sólidos de las comunidades tienen un potencial considerable para contaminar el ambiente, ésta es la razón por la cuál se deben de tomar medidas para proteger el medio ambiente y para eliminar los materiales de desecho.

En el caso específico de El Salvador, la elevada densidad demográfica unida al fenómeno de traslado de las fuentes de empleo a los centros urbanos, ha provocado que éstos hayan crecido sustancialmente, generándose situaciones que ponen en riesgo los recursos naturales y especialmente el del agua.

El Salvador posee 262 municipios, de los cuales, la mayoría no cuentan con una adecuada cobertura de servicios de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario; y para una mejor salud, se requiere que la población esté bien suministrada de éstos servicios y que además, de ser posible, se pueda contar con una planta de tratamiento previo a la descarga de aguas residuales al medio natural, para contribuir en la mitigación de los problemas de contaminación del entorno ambiental.

El poco desarrollo económico que se ha dado en el país, ha dado pie a que las personas solucionen como puedan sus necesidades. Un claro ejemplo de ello es la disposición de las excretas y aguas residuales domésticas que en áreas rurales es a través de letrinas y drenajes superficiales que permiten solucionar parcialmente el problema. Sin embargo esta dificultad no es exclusiva del área rural, ya que en la actualidad todavía hay muchos pueblos y ciudades que como única salida recurren a la misma solución ante tal problema.

El propósito en el presente trabajo de graduación, es ocuparse de el diseño de aguas residuales de uno de los municipios del país, para el caso, el de la Ciudad de Turín, ubicado en el departamento de Ahuachapán, población que cuenta con servicio de abastecimiento de agua potable, sistemas de aseo y electrificación, pero que carece completamente de un sistema adecuado de evacuación y tratamiento de las aguas residuales. Las autoridades municipales, a través del señor Alcalde Municipal, han manifestado la necesidad de la realización de éste trabajo, por lo que se trata de solventar con el presente proyecto la solución a esta problemática.

El desarrollo de éste trabajo se inicia indicándose los objetivos que se persiguen, así como los alcances, limitaciones y metodología que se ha llevado a cabo. Esta última está apoyada en la recolección de toda la información existente, su análisis, observaciones, investigaciones y en todo lo pertinente a la solución planteada.

Por lo anterior, se plantea diseñar un sistema de drenaje de aguas residuales, que cumpla eficientemente con la función para la cual vaya ha ser creado, para que de esta forma se pueda proteger y mantener la vida de las personas, de los cuerpos receptores, de la flora y fauna y evitar la contaminación del medio ambiente en el cuál está inmersa la ciudad.

## 1.1 ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

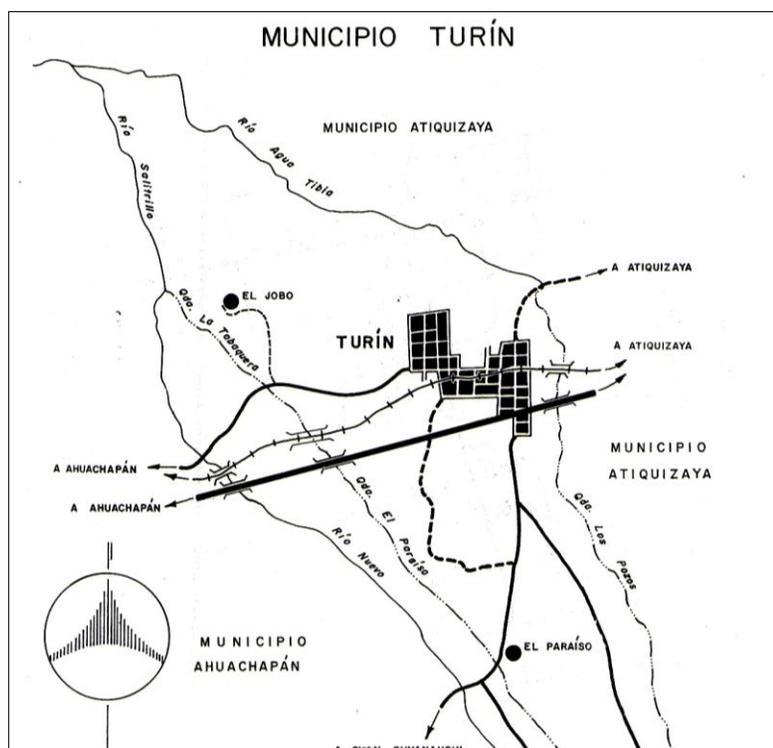
### 1.1.1 Antecedentes

Conforme la humanidad se ha desarrollado, las personas se han agrupado en pequeños núcleos, los cuales han girado principalmente en torno a las actividades originadas por la agricultura. Sin embargo esta tendencia ha sufrido cambios significativos, particularmente en los últimos dos siglos, debido principalmente al proceso de industrialización, lo que ha originado que existan nuevos problemas relacionados con el incremento de la densidad poblacional. La polución y altos requerimientos de agua potable, son sólo algunos de los problemas que en la actualidad son comunes y están presentes en mayor o menor grado en casi todas las ciudades. Dentro de esta problemática, las dificultades ocasionadas por la contaminación originada a partir de la disposición de las aguas residuales domésticas, ha sido uno de los principales problemas con que actualmente viven muchas de las poblaciones en países en vías de desarrollo como es el caso de El Salvador.

Por tal motivo es importante y necesario que las ciudades cuenten con un sistema de descarga de aguas residuales domésticas, que permita el conducir los caudales generados hasta un sitio en el cual se pueda construir un sistema de tratamiento para éstas aguas, para que de esta manera y una vez tratadas, puedan ser vertidas hasta un río o quebrada sin mayor problema de contaminación.

Caso típico es el de la Ciudad de Turín, departamento de Ahuachapán, la cual actualmente no cuenta con sistema de disposición de las aguas residuales domésticas, por lo que el problema es solventado parcialmente con la construcción de fosas sépticas y letrinas de las denominadas de foso.

Turín, es un municipio del distrito de Atiquizaya, departamento de Ahuachapán. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes: 13°55'03" LN (extremo septentrional) y 13°55'54" LN. (extremo meridional); 89°45'09" LN (extremo oriental) y 89°47'45" LWG (extremo occidental).



*Figura.1.1 Esquema de la Ciudad de Turín.*

Cuando se recorre la ciudad, se detecta inmediatamente la carencia de este servicio, pues las aguas grises son tiradas a las calles, lo que incrementa el problema ya que carece también del sistema de evacuación de aguas lluvias.

Existe una gran proliferación de moscas y zancudos, originados principalmente por las acumulaciones de agua en las calles, generando mal olor y una percepción de insalubridad en la ciudad.



*Figura 1.2. Calle principal de la Ciudad de Turín, en donde se observan las aguas residuales que corren permanentemente por las cunetas de las calles.*

### 1.1.2 Planteamiento del problema

La Ciudad de Turín se encuentra ubicada al norte del departamento de Ahuachapán. Es una ciudad de aproximadamente 7,000 habitantes, lo que incluye únicamente a la población urbana, la cuál cuenta con los servicios de agua potable, manejo de basura, servicio eléctrico y la mayor parte de la zona urbana cuenta con calles adoquinadas. Sin embargo en la actualidad carece completamente del sistema de evacuación de aguas residuales, lo cuál ha ocasionado que se tenga que solventar parcialmente el problema por medio de fosas sépticas y en otros casos con letrinas de foso para las diferentes viviendas que conforman la ciudad. Las aguas grises se drenan comúnmente a las calles, que por lo general son adoquinadas, pero que tampoco cuentan con



Se puede mencionar que la mayoría de las fosas sépticas con sus pozos de absorción y las letrinas de foso, han sido construidas artesanalmente sin técnica o supervisión. Además se podría estar presentado una posible contaminación de los mantos acuíferos que atraviesan el lugar, debido a la ubicación de la ciudad con respecto a la fuente de abastecimiento de agua potable. Existe la posibilidad de que la dirección del movimiento de las aguas subterráneas sea en dirección de la fuente de contaminación hacia la de abastecimiento.

## 1.2. OBJETIVOS, ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.2.1 Objetivos

#### 1.2.1.1 Objetivo General

Diseñar la red de alcantarillado sanitario para la zona urbana de la Ciudad de Turín, departamento de Ahuachapán.

#### 1.2.1.2 Objetivos Específicos

- a) Diseñar los diferentes componentes de la red de alcantarillado sanitario para la evacuación de las aguas residuales domésticas de la Ciudad de Turín.
- b) Determinar el posible punto de descarga de las aguas colectadas, siendo el más adecuado para el futuro diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.
- c) Elaborar los planos que contengan los perfiles de las calles del área urbana, a partir de la planimetría y altimetría de las mismas.

- d) Elaborar los planos que contengan la distribución de las tuberías en planta, así como pozos y ubicación de las mechas domiciliarias de conexión. Asimismo se indicará la ubicación de la obra de descarga y futura ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- e) Detallar las especificaciones técnicas y la memoria descriptiva, requeridas para la ejecución del proyecto.
- f) Elaborar el presupuesto general de la propuesta de la red de aguas negras de la Ciudad de Turín.

### 1.2.2 Alcances

Realizar el diseño de la red de aguas residuales de la ciudad, que permita obtener una solución técnica-económica a la problemática actual en lo que a la parte urbana se refiere. La longitud de las calles que conforman actualmente la parte urbana de la ciudad es de aproximadamente 10 kilómetros. Los perfiles se obtendrán a partir de la información topográfica proporcionada por el Centro Nacional de Registros, así como será necesario la verificación en campo de dicha información mediante un levantamiento topográfico, el cual será proporcionado por el Servicio Social de la Escuela de Ingeniería Civil. La información de la población se tomará a partir de censos disponibles efectuados en la ciudad por la Dirección General de Estadísticas y Censos.

El diseño se hará conforme a lo establecido en las Normas Técnicas de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).

Se hará una memoria descriptiva, para que en forma general se detallen los diferentes elementos que forman el proyecto final.

Se elaborarán los planos tanto de altimetría como de planimetría de las diferentes calles del área urbana de la Ciudad de Turín.

Se elaborarán las especificaciones técnicas para la ejecución del proyecto, a partir de las usadas generalmente en el país, respetando las Normas Técnicas de ANDA.

Se elaborará un presupuesto general estimado de la ejecución del proyecto para efectos de tener un parámetro que sirva a la Alcaldía para buscar los fondos necesarios para ejecutar el proyecto.

### 1.2.3 Limitaciones

- a) Este estudio se centrará únicamente en el área urbana de la Ciudad de Turín, el cual comprende el diseño del sistema de alcantarillado de aguas negras en calles y avenidas de la zona urbana.
- b) El presente trabajo se desarrollará como un modelo tipo del diseño de una red de un pueblo o ciudad pequeña que carezca del servicio de evacuación de las aguas residuales. Por tal motivo se centrará en diseñar la red conforme a las Normas Técnicas de ANDA.
- c) En este estudio no se evaluará el sistema de tratamiento de aguas negras, sino que se propondrá que sea retomado por otro grupo de tesis como trabajo de graduación.
- d) La información en lo referente a los datos estadísticos de la ciudad, se tomarán a partir de los datos proporcionados por el Ministerio de Economía a través de la Dirección General de Estadísticas y Censos.

- e) La información topográfica en planimetría se tomará a partir de la disponible en el Centro Nacional de Registros. La información altimétrica requerida se obtendrá a partir del levantamiento en campo, realizado en coordinación con el Servicio Social de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador.

### 1.3. JUSTIFICACION

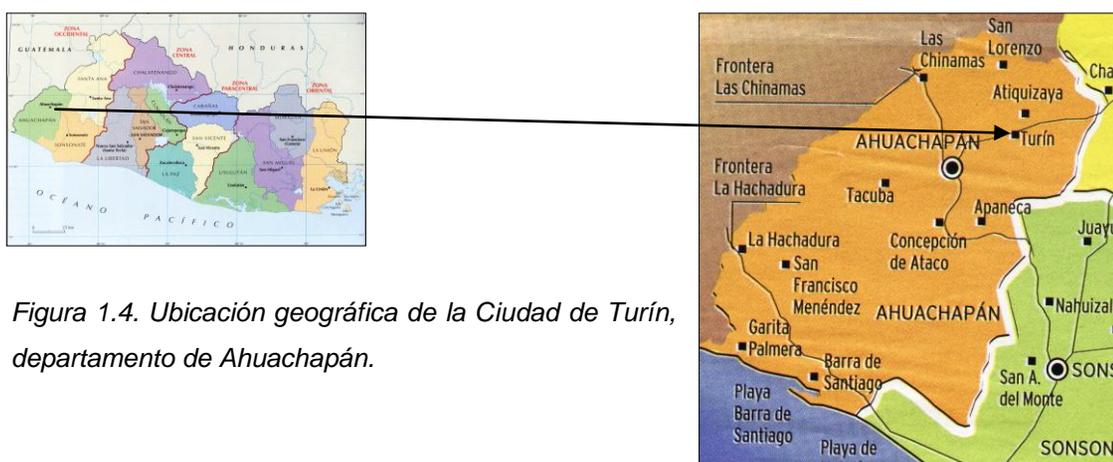
El presente estudio es fundamental, debido a que el municipio de Turín actualmente no cuenta con alcantarillado sanitario y las aguas residuales domésticas son evacuadas a fosas sépticas y en un porcentaje menor a letrinas individuales. La situación actual se está volviendo insostenible, debido al crecimiento poblacional y la posible contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, por lo que se hace necesario el contar con el sistema de evacuación de aguas residuales y así se mejore la salubridad y apariencia de todo el sector. Otro punto a señalar, es que para la futura construcción del proyecto de introducción de la red de recolección y descarga de las aguas residuales, es necesario contar con el presente estudio para que de esta manera se vea facilitada la obtención del financiamiento o donación de los fondos requeridos para ejecución del mismo.

### 1.4 ASPECTOS GENERALES DE LA CIUDAD DE TURÍN

#### 1.4.1 Ubicación Geográfica

La Ciudad de Turín es la cabecera del municipio que lleva su mismo nombre. Está situada a 620 metros sobre el nivel del mar, a 1.9 Km. al SO de la ciudad de Atiquizaya, sobre un terreno alomado. Sus coordenadas geográficas centrales, son: 13°57'51" LN y 89°46'11" LWG. Sus poblaciones vecinas son: Ahuachapán, Atiquizaya y San Lorenzo. Las fiestas patronales las celebran el

19 de marzo en honor a San José; sus calles son adoquinadas en su mayoría, pavimentadas en menor cantidad y algunas de tierra y piedra, siendo las más importantes: Calle Central Gerardo Barrios, poniente y oriente, Avenida Central Norte, Arturo Romero y Central Sur, Tomás Regalado. El pueblo se divide en los barrios: El Socorro, El Tránsito y La Unión. Los servicios públicos con que cuenta el pueblo, son: agua potable, alumbrado eléctrico, correo, Unidad de Salud, Grupo Escolar, Juzgado de Paz, transporte colectivo, telecomunicaciones, Policía Nacional Civil.



*Figura 1.4. Ubicación geográfica de la Ciudad de Turín, departamento de Ahuachapán.*

#### 1.4.2 División Político-Administrativa

Durante la administración del doctor Rafael Zaldívar y por Decreto Legislativo del 21 de febrero de 1878, se erigió en pueblo con el nombre de Turín, el valle denominado Rincón de La Madera en jurisdicción de la Villa de Atiquizaya. El nuevo municipio quedó incorporado al distrito de Atiquizaya, departamento de Ahuachapán, y sus vecinos, obligados a proceder a la construcción de un cabildo, una casa de escuela y una iglesia, a la mayor brevedad posible. En 1890 tenía 1046 habitantes. Para su administración el municipio se divide en 2 cantones y 5 caseríos. Cantones: El Jobo y El Paraíso. Caseríos: El Jobo, Los Valiente, Los Herrera, El Paraíso y Colonia Magaña.

### 1.4.3 Gobierno Local

El gobierno local lo ejerce un Concejo Municipal, integrado por un alcalde, un secretario municipal, un síndico y varios regidores.

### 1.4.4 Aspecto Físico

#### 1.4.4.1 Hidrografía

Riegan el municipio, los ríos: Agua Tibia, Salitrillo y Nuevo; y las quebradas: El Paraíso, Los Pozos, La Joya o La Tabaquera, y Las Agujas.

Río Salitrillo: Se forma de la confluencia del río Nuevo y la quebrada La Joya o La Tabaquera, 2.4 Km. al oeste de la Ciudad de Turín; corre de sur a norte y desemboca en el río Agua Tibia. Sirve de límite municipal con Ahuachapán. Longitud de su curso en la zona del municipio es de 1.7 Km.

Río Nuevo: Nace fuera de este municipio y entra a formar parte de él, 3.7 Km. al sur de la Ciudad de Turín. Hace su recorrido sur este a nor-oeste y al unirse con la quebrada La Joya o Tabaquera, dan origen al río Salitrillo. La mayor parte de su recorrido sirve de límite con el municipio de Ahuachapán. La longitud de su recorrido dentro de este municipio es de 5.5 Km.

Río Agua Tibia: Se forma de la confluencia de las quebradas Los pozos y las Agujas, 1.7 Km. al nor-oeste de la Ciudad de Turín; corre de sur-este a nor-este, sirve de límite municipal con Atiquizaya y desemboca en el río Escalante. La longitud en el tramo que riega al municipio es de 2.5 Km.

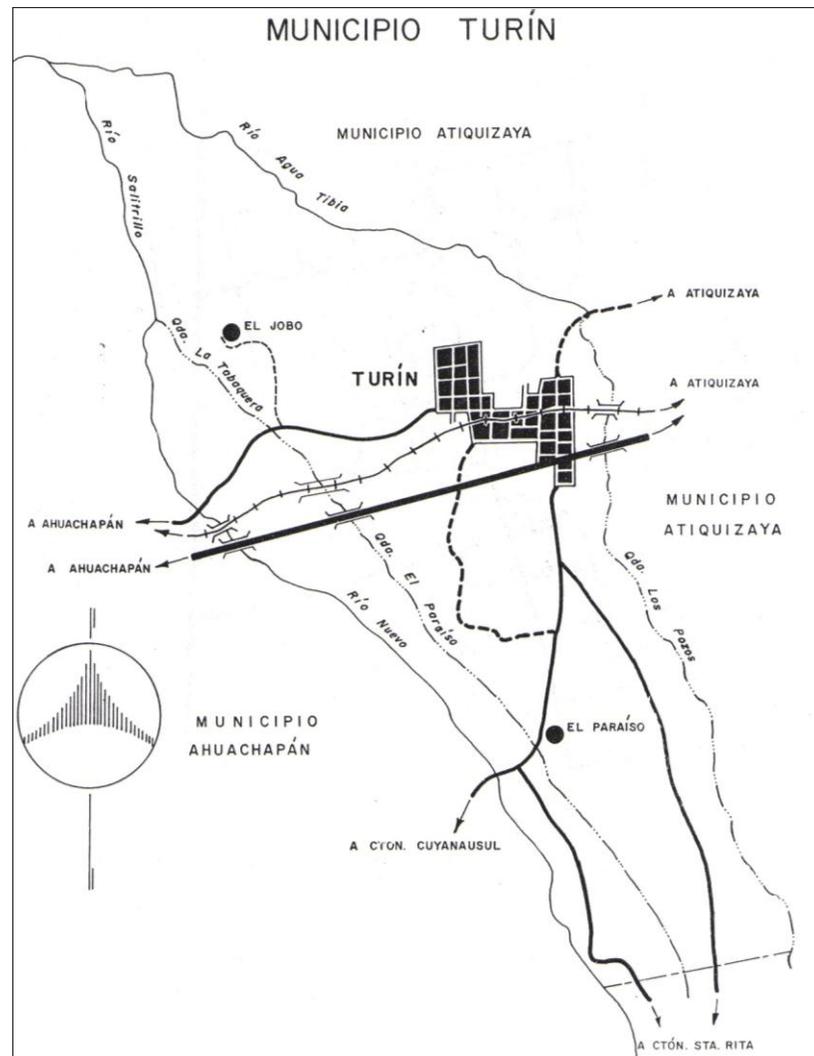


Figura 1.5. Ubicación geográfica de los ríos comprendidos dentro del municipio de Turín..

#### 1.4.4.2 Orografía

Este municipio carece de cerros y lomas, presentando un terreno alomado que se va pronunciando hacia el sur.

### 1.4.4.3 Clima

El clima en la mayor parte del año es cálido, pertenece a los tipos de tierra caliente y tierra templada. El monto pluvial oscila entre 1600 y 2000 mm.



Figura 1.6. Distribución de climas y elevaciones en El Salvador

### 1.4.4.4 Vegetación

La flora la constituye bosque húmedo subtropical. Las especies arbóreas más notables son Papaturro, Conacaste, Volador, Ojushte, Morro, Pepeto, Madrecacao, Roble y Nance.

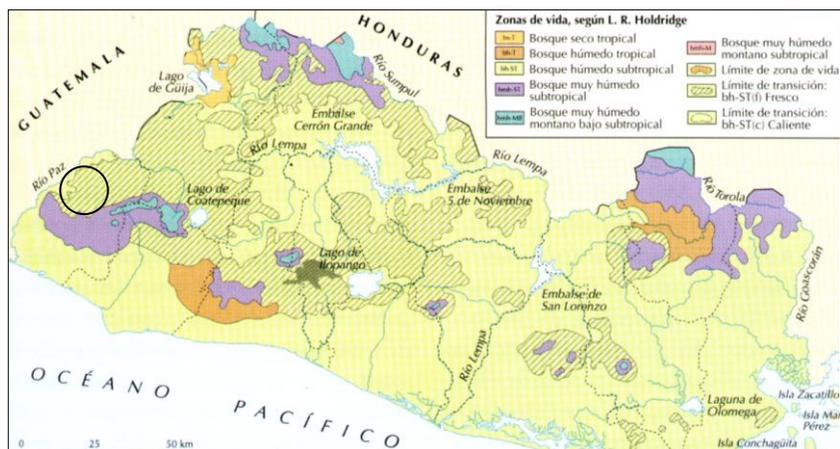


Figura 1.7. Mapa de Vegetación de El Salvador.

#### 1.4.4.5 Rocas

Predominan los tipos de materiales piroclásticos.

#### 1.4.4.6 Suelos

Los tipos de suelos que se encuentran en el municipio, son: Grumosoles, Litosoles y Latosotes Arcillo Rojizos. Vertisoles y Alfisoles (Fases de casi a nivel a fuertemente alomadas); Regosoles, Latosotes Arcillo Rojizos y Anasoles, Etilosoles, Afisoles e Inceptisoles (fases alomadas a montañosas accidentadas).

#### 1.4.4.7 Dimensiones

Área rural:	20.31 Km <sup>2</sup> aproximadamente
Área urbana:	0.60 Km <sup>2</sup> aproximadamente

### 1.4.5 Población y vivienda

#### 1.4.5.1 Población

De acuerdo a los censos oficiales, la población en los años indicados fue la siguiente:

Cuadro 1. Población

CENSOS AÑO	AMBOS SEXOS	MASCULINO	FEMENINO TOTAL	URBANA AMBOS SEXOS	RURAL AMBOS SEXOS	POBLACION RELATIVA
1930	1734	827	907	1286	448	83
1950	2248	1118	1130	1481	767	107
1961	2939	1441	1498	1918	1021	141
1971	3959	1981	1968	2346	1603	189
1992	5473	2632	2841	2830	2643	262

Fuente: Dirección General de Estadísticas y Censos.

El rasgo etnográfico más notable es el mestizaje.

Según la Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC), las proyecciones de población para esta ciudad son las siguientes:

Cuadro 2. Proyecciones de Población

Municipio Turín	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Habitantes	6002	6104	6206	6311	6416	6525	6636	6749

Municipio Turín	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Habitantes	6864	6981	7098	7216	7337	7458	7578	7695

Fuente: DIGESTYC.

## 1.4.5.2 Vivienda

Cuadro 3. Viviendas en la ciudad de Turín

	TOTAL		URBANA		RURAL	
	INDEPENDIENTES	PIEZAS MESON	INDEPENDIENTES	PIEZAS MESON	INDEPENDIENTES	OTROS
PERMANENTES	607	18	398	18	209	0
IMPROVISADAS	1	0	1	0	0	0
RANCHOS	133	0	65	0	68	0
OTROS	0	0	0	0	0	0
TOTALES	741	18	464	18	277	0

*Fuente: DIGESTYC*

# **CAPITULO 2:**

# **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

## 2.0 GENERALIDADES SOBRE ALCANTARILLADO

### 2.1 ALCANTARILLADO

Se llama alcantarillado a un sistema completo de conductos construidos con el fin de evacuar residuos líquidos, llamado comúnmente sistema de alcantarillado sanitario.

Las ciudades importantes no pueden mantenerse en un nivel elevado de higiene, sin la protección de la salud y las ventajas que proporciona un sistema completo de alcantarillado. Aunque prácticamente todas las ciudades importantes del mundo cuentan con dichos sistemas, los cambios de población, el aumento de los desperdicios, las depreciaciones y otras condiciones, exigirán permanentemente la conservación y mejora de los sistemas antiguos así como el diseño y la construcción de nuevas instalaciones.

#### 2.1.1 Eliminación de las aguas residuales

La reunión y concentración de los residuos líquidos de una comunidad, denominadas aguas negras o residuales, crea el problema de su evacuación, que es necesario resolver para proteger la salud y el bienestar público.

El destino final de las aguas negras puede ser:

- a) Conducción a través del campo. Obliga a esparcir las aguas negras sobre la superficie del terreno, a distribuir las bajo la superficie mediante un sistema de tubos subterráneos o descargarlas, bajo condiciones favorables, en zanjas o letrinas.

- b) Conducción a una masa de agua. Cuando el destino final es a una masa de agua, generalmente es necesario recurrir a algún sistema de tratamiento, según sea el caso, con el objeto de preparar estas aguas negras para su eliminación definitiva. Las materias sólidas obtenidas como residuos del tratamiento pueden enterrarse, quemarse, sumergirse en una masa de agua o usarse para fines comerciales, como para relleno de mezclas fertilizantes.

En general, puede decirse que en nuestro medio, el objetivo de someter a tratamiento las aguas negras hasta hoy, ha sido convertirlas en un residuo líquido que pueda evacuarse sin perjuicio para la salud y, en ciertos casos excepcionales, evitar la contaminación en las aguas de abastecimiento público.

Debe tomarse en cuenta, que como el objetivo de todo tratamiento de aguas negras es producir un líquido derivado de ellas que se pueda eliminar sin causar ningún perjuicio, deberá adoptarse el método más sencillo con el que pueda obtenerse este resultado, dentro de las condiciones particulares de cada caso.

Para el tratamiento de las aguas negras, se necesitan conocimientos muy especializados para el diseño, construcción, operación y mantenimiento del equipo y de las estructuras necesarias.

### 2.1.2 Métodos de colección

Entre los métodos de colección de residuos humanos conocidos en El Salvador están:

- a) El Método Seco para coleccionar los excrementos humanos. Practicado en las zonas donde no existen sistemas de alcantarillado sanitario, consiste en la acumulación de las deyecciones en locales especiales o letrinas, conocidas

también como pozos negros. Dichas deyecciones pueden ser enterradas con cualquier material de relleno en el lugar o ser transportadas en vehículos apropiados al lugar de su evacuación definitiva, según sea el caso. En nuestro país el sistema de pozos negros persiste en ciertas poblaciones y en la mayoría de los cantones.

- b) El Método Moderno de conducción con agua. Consiste en mezclar las deyecciones humanas con suficiente cantidad de agua para que actúen como vehículo, formando las aguas negras; siendo éstas colectadas por medio de un sistema de tuberías, a través del cual son conducidas por el efecto de flotación y la velocidad de escurrimiento del agua. La dilución de las materias sólidas en el agua para formar las aguas negras, suele ser tan grande que la mezcla fluye de acuerdo con las leyes de la hidráulica aplicables al agua, circulando así a través de conductos bien calculados y construidos, y serán así enviados al punto donde deban someterse a tratamiento o ser depositadas finalmente.

### 2.1.3 Conceptos importantes relacionados con las aguas residuales

En el presente trabajo se usan varios términos comúnmente empleados en Ingeniería Sanitaria, tales como: higiene, salud, alcantarilla y saneamiento, por tanto conviene definirlos.

#### 2.1.3.1 Higiene

Es el conjunto de normas de vida que aseguran al individuo el ejercicio pleno de todas sus funciones.

### 2.1.3.2 Salud

Es un estado que no solamente se refiere a la ausencia de enfermedades, sino a un estado de completo bienestar físico-mental y emocional.

### 2.1.3.3 Alcantarilla

Una alcantarilla es un conducto o canal construido con el fin de evacuar residuos líquidos.

### 2.1.3.4 Saneamiento

La palabra saneamiento en lo que se refiere a aguas negras puede significar dos cosas:

- a) Las estructuras, instalaciones, equipo y elementos destinados a coleccionar, transportar o elevar por bombeo, aguas negras u otros residuos líquidos, pero sin incluir las instalaciones para el tratamiento de las aguas negras.
- b) El plan o el sistema adoptado para coleccionar y evacuar las aguas negras de una comunidad.

Debe señalarse que las definiciones antes mencionadas son de carácter técnico y no coinciden en todos sus aspectos con las definiciones ordinarias de los diccionarios.

### 2.1.4 Tipos de Alcantarillado

Los fines especiales a que se destinan las alcantarillas requieren nombres específicos para designarlos, entre éstos los más importantes son los siguientes:

#### 2.1.4.1 Alcantarillado Sanitario

Es el conjunto o sistema de obras, instalaciones y servicios que tienen por objeto la evacuación y disposición final de las aguas residuales. Tal conjunto o sistema comprende las alcantarillas sanitarias con sus pozos de visita, los colectores maestros y de descarga, las plantas de tratamiento, el suelo en el cual se encuentran ubicadas las obras, las instalaciones y servicios arriba indicados y las servidumbres necesarias.

#### 2.1.4.2 Alcantarilla para aguas lluvias

Es el conjunto o sistema de obras, instalaciones y servicios que tienen por objeto la evacuación y disposición final de las aguas lluvias.

### 2.2 TIPOS DE AGUAS RESIDUALES

Entre los distintos tipos principales de aguas residuales pueden citarse:

- a) Aguas residuales domésticas o aguas negras. Es la combinación de los líquidos y residuos, arrastrados por el agua procedentes de casas, edificios comerciales, fábricas e instalaciones, resultante del uso humano del agua.
- b) Aguas residuales industriales. Son aquellos desechos líquidos resultantes de cualquier proceso industrial pudiendo contener residuos orgánicos, minerales y tóxicos.

## 2.2.1 Características físicas de las aguas residuales

### 2.2.1.1 Cantidad de Sólidos

Las aguas negras contienen una pequeña cantidad de sólidos en un volumen proporcionalmente enorme de agua. En las aguas negras ordinarias, pueden esperarse que una tonelada o más de agua lleve 450 gramos de sólidos equivalentes a 500 p.p.m. de los cuales la mitad están en solución y el resto está en suspensión.

### 2.2.1.2 Color

Las aguas negras ordinarias frescas tienen un color gris y un aspecto parecido al agua de jabón de lavar platos. Contienen partículas sólidas en suspensión, que son apreciables a simple vista. Si las aguas negras son frescas, pueden distinguirse algunos materiales en suspensión tales como: cerillos, pedazos de papel, materias fecales, etc.

### 2.2.1.3 Olor

El olor de las aguas negras recientes o frescas, es ligero y no necesariamente desagradable, estas aguas tienen un olor ligeramente picante, algo parecido al de un sótano húmedo y mal ventilado. En ocasiones, el olor a gasolina o algún otro material de desecho predominante puede dominar a todos los demás olores. Las aguas negras en proceso de alteración son de color oscuro y despiden olores nauseabundos de sulfuro de hidrógeno y otros gases. Si las aguas negras están alteradas y septizadas, se ven burbujas gaseosas en la superficie y pueden formarse una espuma negra o gris.

#### 2.2.1.4 Peso específico

El peso de los materiales sólidos en las aguas más cargadas de ellos, es relativamente pequeño que no tiene efecto apreciable sobre el peso específico del líquido y no exige ninguna modificación de las fórmulas de hidráulica establecidas para el agua corriente.

#### 2.2.1.5 Clasificación de Materias Sólidas

Las materias sólidas de las aguas negras se pueden clasificar en:

- a) Sólidos Orgánicos. Los sólidos orgánicos constituyen generalmente del 40 al 70% de sólidos totales; presentan olores a podrido y crean las mayores dificultades en lo que se refiere a la evacuación de las aguas negras.
- b) Sólidos Inorgánicos. Los sólidos inorgánicos son generalmente inocuos y están constituidos, en su mayor parte, por partículas de arena que se depositan con facilidad.

### 2.3 TIPOS DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO

Los Sistemas de Saneamiento pueden proyectarse como un sistema de alcantarillado sanitario o como un sistema de alcantarillado para aguas lluvias, ya sea que éstos funcionen por separado o combinados, dependiendo esto de las necesidades, financiamiento, topografía del terreno y otros factores importantes con que cuente la comunidad que se pretende beneficiar.

De acuerdo a experiencias obtenidas en muchas localidades, se ha demostrado que cualquiera que sea el cuidado con que se proyecte o haga

funcionar un sistema de alcantarillado sanitario, una parte de las aguas lluvias penetra en dicho sistema.

El hecho que frecuentemente estos sistemas se sometan a un trabajo extraordinario después de su construcción, al incorporarles conexiones de drenaje superficial, merece tomarse en cuenta, pues tales conexiones causan pronto un recargo de las conducciones sanitarias proyectadas inicialmente, ya que proporcionan un caudal excesivo y peligroso para los sistemas de alcantarillado sanitario.

El uso de los sistemas de saneamiento por separado es recomendable para los siguientes casos:

- a) Cuando las aguas residuales tengan que concentrarse en un sólo punto de salida, como una instalación de tratamiento de dichas agua y se disponga de otros modos de evacuación de las aguas lluvias.
- b) Cuando las aguas negras tengan que ser elevadas por medio de equipos de bombeo.
- c) Cuando la alcantarilla del sistema de alcantarillado sanitario tenga que colocarse a una profundidad sustancialmente mayor que la profundidad necesaria para la evacuación de las aguas lluvias.
- d) Cuando las áreas que hay que drenar son reducidas y con pendientes suficientes de tal forma que facilite el escurrimiento del agua lluvia por la superficie de las calles, hacia una corriente natural de drenaje.

- e) Cuando ya existe un sistema que puede utilizarse para evacuar las aguas negras, pero que no tienen capacidad suficiente para conducir al mismo tiempo las aguas lluvias.
- f) Cuando la disponibilidad económica es tal, que el mayor costo de un sistema combinado no puede ser afrontado, y sin embargo, es imperativo el establecimiento del sistema para la evacuación de aguas negras. Este caso se encuentra algunas veces cuando la zona que se quiere sanear es una antigua zona de viviendas, en la que el valor de la propiedad es insuficiente para soportar la inversión que se necesitaría.

Es importante mencionar que esta última situación es el limitante principal en El Salvador, ya que difícilmente se dispone de los gastos de inversión que ocasiona la construcción, al mismo tiempo, de sistemas de alcantarillado funcionando unidos o combinados, razón por la cual se opta por los sistemas de alcantarillado funcionando separados, dándole prioridad al sistema de alcantarillado sanitario, debido a la gran importancia que presta dicho servicio a la comunidad.

#### 2.4 POBLACION DE PROYECTOS

Considerando que el caudal de aguas residuales generado por una comunidad depende directamente del número de habitantes la misma, se puede concluir que la estimación de la cantidad más real de habitantes es uno de los aspectos más importantes a ser evaluados.

La población es afectada por varios eventos, entre los cuáles se pueden mencionar: la tasa de nacimientos, tasa de defunción, la migración o la inmigración a partir de otras localidades o del área rural.

La estimación de la población está basada fundamentalmente en los censos de población, los cuales para El Salvador se han dado con alguna regularidad, estableciéndose a través de ellos, un estimado de la mayor parte de las poblaciones del país.

Si la cantidad de población estimada, es superior a la población real, o lo que se puede denominar sobre-población, traerá como consecuencia un alto porcentaje de capacidad ociosa en el proyecto y mayores costos de inversión inicial que la realmente necesaria.

Se requieren dos tipos de estimaciones de población en el manejo y diseño de obras hidráulicas y para aguas residuales. Éstas son:

a) Estimación para los años próximos y pasados recientes. Pueden ser estimaciones para años intermedios entre censos o bien apreciaciones pos-censales a partir del último censo.

Matemáticamente, los valores de medio año se interpolan sobre la base de un cambio aritmético o geométrico.

Entre los métodos utilizados para la estimación de poblaciones están:

- Método Aritmético.
- Método Geométrico.
- Método Proporcional.
- Método Logístico.
- Método Comparativo.
- Método de Proporción de Crecimiento Curvilíneo.

b) Pronósticos de poblaciones para periodos de diseño más largos. Las fuentes de información incluyen:

- Censos, efectuados por Departamentos de Estadísticas
- Urbana > 2000 hab.
- Rural < 2000 hab.
- Encuestas Sanitarias.
- Registros escolares.
- Estadísticas de Consumo.
- Censos de vivienda.

## 2.5 METODOS DE PROYECCION DE POBLACION

La estimación de la población futura es sumamente importante para el diseño de una red de alcantarillado sanitario, pues de ella depende directamente el caudal presente y futuro, y de la determinación bastante aproximada al real depende la buena funcionabilidad del proyecto en el futuro. Un error que implique una sobre estimación de la población ocasionará obra ociosa que redundará en mayores costos iniciales que los realmente necesarios. Por el contrario si se estima por debajo de la población real futura, la obra no cumplirá con el período de diseño, pues la población alcanzará más pronto que lo previsto, la población máxima estimada.

Existen varios métodos para estimar la población, cuya utilización depende principalmente de la información disponible, del tamaño de la población, del tipo de crecimiento poblacional y de otros factores que más adelante se detallarán.

A continuación se enumeran los principales, entre los cuáles se pueden mencionar:

### a) Método Aritmético

Consiste en añadir a la población existente el mismo número de habitantes por cada futuro período.

Gráficamente este crecimiento se representa por una línea recta. El crecimiento anual, quinquenal o decenal puede obtenerse a partir del que muestra el último censo. Este método es de valor limitado, pero es aplicable a ciudades antiguas, a las muy desarrolladas y también a ciudades pequeñas no industrializadas, que dependen de un bien desarrollado territorio agrícola.

Para desarrollar éste método se hace uso de la siguiente fórmula:

$$k_a = \frac{y_l - y_e}{t_l - t_e}$$

donde:  $k_a = \text{constante}$

$y_e =$  Población del censo realizado en la fecha  $t_e$

$y_l =$  Población del censo realizado en la fecha  $t_l$

Estimación Aritmética Intercensal:

$$y_m = y_e + \frac{(y_l - y_e)}{(t_l - t_e)}(t_m - t_e)$$

Estimación Aritmética Poscensal:

$$y_m = y_l + \frac{(y_l - y_e)}{(t_l - t_e)}(t_m - t_e)$$

## b) Método Geométrico o de Porcentaje Uniforme de Crecimiento

Algunas ciudades crecen en proporción correspondiente a un porcentaje uniforme de la población del presente periodo. Esta proporción de crecimiento, representada gráficamente, lleva a una curva de interés compuesto. Debe de usarse con precaución, ya que puede dar resultados demasiados elevados, especialmente si la ciudad es joven, con industrias rápidamente expansivas, condición que puede existir sólo durante un tiempo relativamente corto. Al aplicar el porcentaje obtenido en este periodo conducirá a una sobre estimación de la población. El porcentaje puede también aplicarse a ciudades antiguas que no experimenten una gran expansión, con un porcentaje de crecimiento de un 20-30% cada decenio. Es de hacer notar que el índice de crecimiento de las ciudades disminuye conforme éstas se van engrandeciendo.

$$k_g = \frac{\ln y_l - \ln y_e}{t_l - t_e}$$

Estimación Geométrica Intercensal:

$$\ln y_{m_1} = \ln y_e + \frac{\ln y_l - \ln y_e}{t_l - t_e} (t_m - t_e)$$

Estimación Geométrica Poscensal:

$$\ln y_{m_2} = \ln y_l + \frac{\ln y_l - \ln y_e}{t_l - t_e} (t_m - t_e)$$

### c) Método Proporcional

Se basa en la creencia de que las poblaciones de las ciudades y otras áreas guardan una relación fija respecto a la población total del país.

Es decir, este método iguala el incremento local al aumento nacional multiplicando por la relación de incremento local a nacional.

Este método tiene sus limitaciones, ya que puede haber fallas en la predicción de la población total. No considera tampoco las condiciones especiales o “anormales” que pueden producirse en ciertas zonas del país, como por ejemplo, desplazamientos de la población, cambios pronunciados en la industria, etc.

$$y_m - y_e = \frac{(Y_m - Y_l)}{(Y_l - Y_e)}(y_l - y_e)$$

Dónde:  $y$  = Población local.

$Y$  = Población nacional.

### d) Método Logístico

La curva logística es una curva S, la cual describe la teoría del crecimiento biológico de VERHULST en términos matemáticos. Es aplicable solamente a grandes poblaciones, es decir, grandes ciudades, estados o naciones.

La fórmula de PEARL sobre la teoría de VERHULST describe una curva logística en la forma:

$$y = \frac{L}{1 + me^{nt}} = \frac{L}{1 + e^{(\ln m + nt)}}$$

en donde:

y = población a un tiempo t desde su origen supuesto.

L = límite superior o población de saturación.

m,n = Coeficientes, que pueden calcularse a partir de valores de "y" observados o generalizados gráficamente.

#### d) Método de Proporción de Crecimiento Curvilíneo

Este método supone que, si se traza la curva de incremento de población para varios periodos decenales anteriores, puede extenderse al siguiente la tendencia de las porciones conocidas.

En este método el buen criterio de la persona que conoce la zona donde se está aplicando es esencial.

Para aplicar este método es recomendable conocer por lo menos datos de la población de tres periodos anteriores, con la finalidad de que la tendencia a trazar sea lo más apegada posible a la realidad.

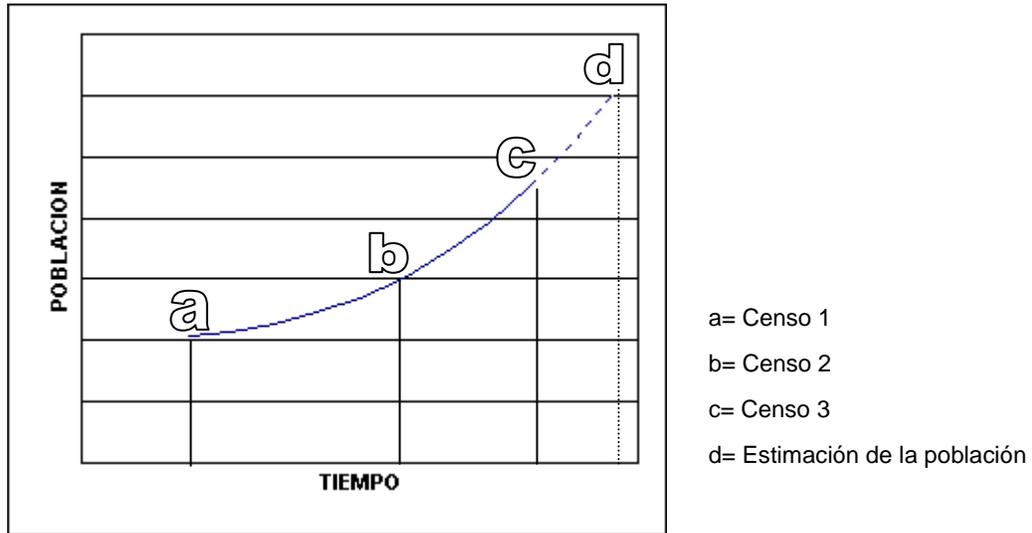


Figura 2.1. Ejemplo del cálculo de la población para un año "n"

#### e) Método Comparativo

Una variante del método anterior es el llamado Método Comparativo, el cual consiste en trazar curvas de ciudades que una o más décadas atrás habían alcanzado la población actual de la ciudad estudiada.

En tanto sea posible, las ciudades escogidas deben reflejar condiciones que existan en la ciudad estudiada, lo cual es un poco difícil, ya que se trata de épocas diferentes.

## 2.6 COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUAS NEGRAS

Se define como sistema de alcantarillado, el conjunto de las obras e instalaciones destinadas a propiciar la recogida, evacuación, (depuración cuando sea necesaria) y disposición final desde el punto de vista sanitario de las aguas servidas de una comunidad.

Los sistemas básicamente están compuestos por los siguientes elementos:

- a) Alcantarillas o Colectores
- b) Pozos de Registro o de Inspección
- c) Cajas de Registro
- d) Caja de Conexión Domiciliar

### 2.6.1 Alcantarilla o Colectores

Generalmente son tuberías de PVC, cemento-arena, concreto reforzado o hierro fundido dúctil, de sección circular. Recogen las aguas residuales, vertiendo su contenido a algún sistema de depuración o tratamiento de las mismas o hacia un cuerpo receptor. La profundidad de los colectores generalmente oscila entre 1 a 3 m de relleno sobre la corona de la tubería.

Las alcantarillas de acuerdo a su importancia pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

- a) Alcantarilla o colector domiciliar: Son las tuberías que conducen las aguas residuales desde el interior de las edificaciones o viviendas hacia otro colector.

- b) Alcantarilla o colector secundario (colector de alcantarillas): Son las tuberías que reciben los afluentes de los colectores domiciliarios. Para el caso de El Salvador, se ha generalizado el uso de la tubería de Cloruro de Polivinilo o PVC que son las iniciales en inglés de “Polyvinyl Chloride”. Esta tubería ha desplazado a la tubería de cemento debido a su economía, fácil instalación, durabilidad, flexibilidad, hermeticidad y resistencia a los ataques químicos. El PVC es liviano, fuerte, resistente a la corrosión, no tóxico, de larga vida y conserva sus propiedades en un amplio rango de temperaturas. Su costo es menor comparado con otros tipos, y no tiene problemas de reemplazo ni mantenimiento que presentan las tuberías de otros materiales.
- c) Alcantarilla o colector principal o troncal: son tuberías de grandes dimensiones que reciben los afluentes de los colectores secundarios. Esta pueden ser de PVC o de tubería de concreto armado.

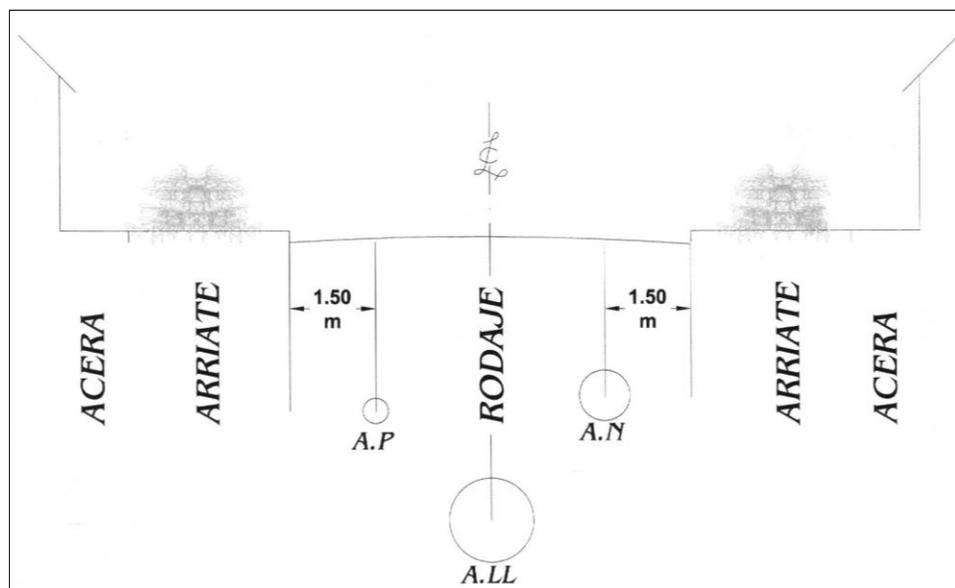


Fig. 2.2. Detalle típico de ubicación de tuberías en un derecho de vía.

## 2.6.2 Pozos de registro ó de Inspección

Los pozos de inspección suministran el acceso a las alcantarillas para inspección y limpieza. Por tanto, se proyectarán 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.

Los pozos son de forma cilíndrica de un diámetro normado que permita el acceso y poder trabajar convenientemente en el fondo del mismo. Su tapadera es metálica de hierro fundido, que descansa sobre un anillo también de hierro, lo que permite un encaje ajustado. Para bajar a la parte inferior se colocan estribos que hacen las funciones de peldaños, los cuáles van empotrados en las paredes del mismo. El material con que están hechos los pozos son: fundación de mampostería de piedra o concreto, y las paredes son de mampostería de ladrillo de barro. En el interior de estos se colocan peldaños de hierro, generalmente de diámetro de  $\frac{1}{2}$ ", que son empotrados en sus paredes para permitir el descenso y el ascenso al personal encargado de las operaciones y el mantenimiento del sistema de alcantarillado.

Si la diferencia de nivel entre las plantillas de la tubería de entrada y la tubería de salida es mayor de 1.0 mt., debe incluirse en el pozo un dispositivo de caída como se muestra en la figura 2.6.; dicho dispositivo en nuestro medio recibe el nombre de Caja de Sostén. El objetivo de esta estructura es el de disminuir el impacto en la losa de fondo del pozo, así como proteger al personal que entra al pozo y evitar salpicaduras de agua residual.

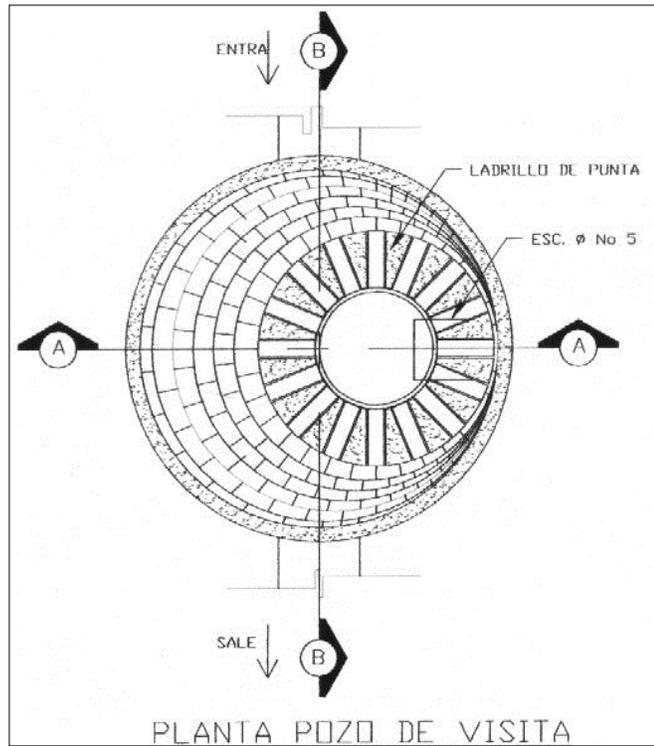


Figura 2.3 Planta de pozo de registro de visita de aguas negras

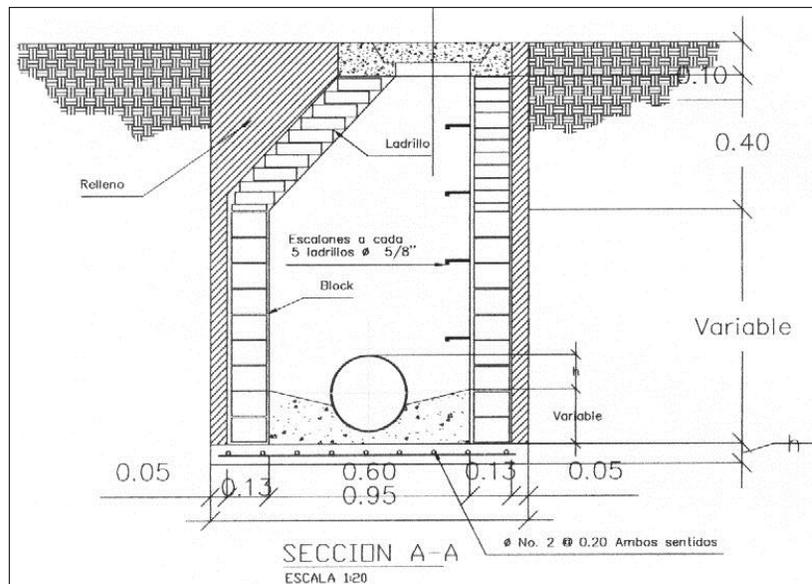


Figura 2.4 Cortes de un pozo típico de aguas negras

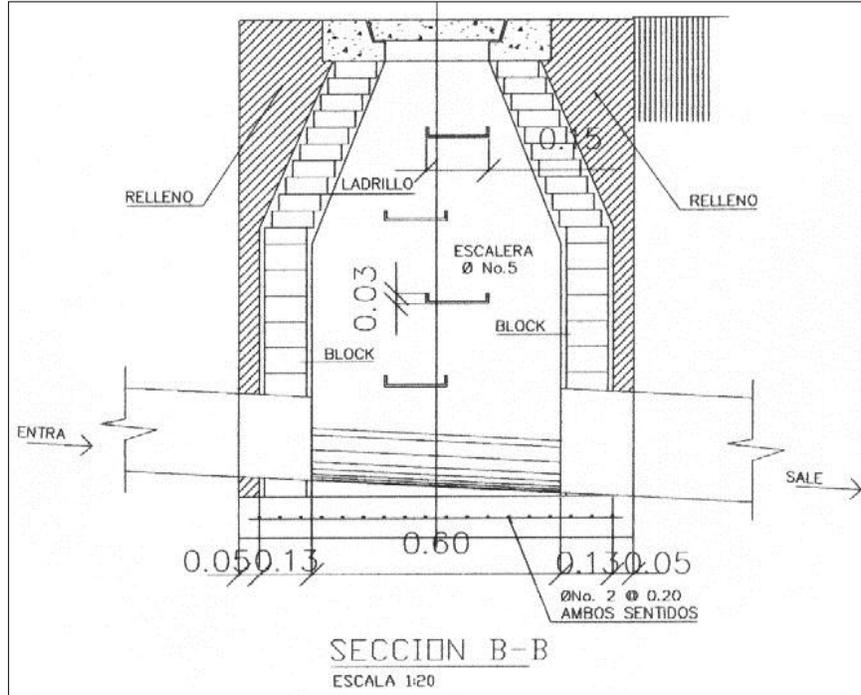


Figura 2.5 Cortes de un pozo típico de aguas negras

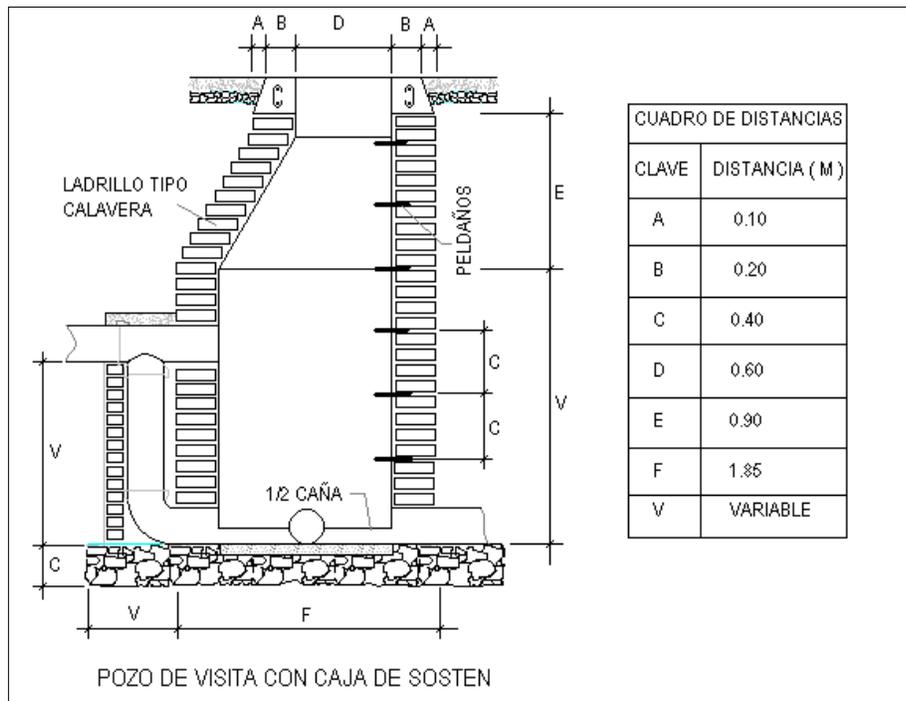


Figura 2.6 Pozo de aguas negras con caja sostén

### 2.6.3 Cajas de Registro

Son estructuras que conectan a las tuberías que evacúan las aguas negras del interior de las edificaciones a los colectores secundarios o laterales de la red.

### 2.6.4 Caja de Conexión Domiciliar a Red Secundaria

Se realiza por medio de tubería de 6" de diámetro, la cual va de la caja de registro a la tubería secundaria que en la mayoría de los casos es de 8" de diámetro. La llegada de la tubería domiciliar a la secundaria es en ángulo de 45° en dirección del flujo del agua, utilizando para ello el accesorio denominado Yee-tee. Solamente en casos especiales es permitida la conexión directa de una vivienda o edificación a un pozo de registro.

## 2.7 DISEÑO DE ELEMENTOS DE UN SISTEMA: DISEÑO DE ALCANTARILLAS LLENAS Y PARCIALMENTE LLENAS.

Las alcantarillas presentan algunos problemas especiales, ya que por lo general están cerradas, pero rara vez se diseñan para fluir llenas. 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.

Las velocidades del fluido en las alcantarillas son seleccionadas con el objeto de mantener los sólidos en el agua residual en suspensión o al menos en tracción. El tamaño de las alcantarillas sanitarias debe ajustarse para suministrar una velocidad de al menos 0.50 m/s, la cual es adecuada para mantener los granos de arena en tracción. Por ser la velocidad una variable que depende

directamente de la pendiente del tubo, la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) regula por ejemplo la pendiente mínima para que de esta manera se garantice la velocidad mínima antes citada. Éstas pendientes se calculan para dar la velocidad mínima cuando las alcantarillas están llenas, por lo que dado que las tuberías generalmente no van llenas, la velocidad mínima real será menor a la velocidad establecida de 0.5 m/s.

En términos generales, las alcantarillas se proyectan esperando que fluyan llenas solamente en condiciones de flujo máximo. Por tanto, debe destacarse que la condición normal del flujo en la alcantarilla es la de un canal con una superficie de agua libre en contacto con el aire. Cuando las alcantarillas van llenas lo hacen generalmente a poca presión, excepto en el caso de tuberías forzadas y sifones invertidos.

Los principales factores que afectan al flujo de aguas residuales son:

- a) Pendiente
- b) Área de la sección transversal
- c) Rugosidad de la superficie interior del conducto
- d) Condiciones del flujo, por ejemplo: lleno, parcialmente lleno, permanente, variado.
- e) Presencia o ausencia de obstrucciones, curvas, etc.
- f) Naturaleza, peso específico, y viscosidad del líquido

Para elaborar el diseño de las alcantarillas (tuberías) debe tomarse en cuenta el perfil de las mismas, ya que éste coincidirá con la superficie del agua, por lo que se considera que el perfil de la superficie del agua sea paralelo a la solera o “cama” de la alcantarilla. La pendiente o gradiente de la tubería es la caída de la misma por unidad de longitud y se expresa en términos de porcentajes.

De acuerdo a la pendiente de la tubería así se afectará la velocidad del flujo en la misma. El numeral 8 de las normas de ANDA, parte segunda, establece que la pendiente mínima al inicio del tramo no debe ser menor del 1%. En casos que se justifiquen adecuadamente se aceptan pendientes mínimas del 0.5 % siempre y cuando el material de la tubería empleada sea PVC y el tramo no sea inicial.

En el caso de la velocidad máxima, ésta varía de acuerdo al material del tubo de la siguiente manera mostrada en el cuadro 2.1 :

Cuadro 2.1. Velocidades máximas en las alcantarillas de acuerdo al material empleado en las mismas

TUBERIA	VELOCIDAD MAXIMA ( m/ seg. )
PVC	5.0
HIERRO	4.0
TUBERIA DE CONCRETO	3.0

Datos tomados de las normas de ANDA numeral cuatro parte segunda.

La norma deja abierta la posibilidad de trabajar con velocidades mayores al diseñar a caudal real, utilizando PVC, o materiales similares.

### 2.7.1 Diseño de alcantarillas llenas

Las fórmulas utilizadas en el cálculo de flujo uniforme representan el cambio que se produce, al transformar la energía potencial, de la altura de caída disponible, en energía cinética, a una velocidad tal que venza las fuerzas de rozamiento.

Entre las expresiones que se tienen en forma práctica para cálculo de flujo, la ecuación de Chezy-Manning para flujo uniforme y permanente es la que se utiliza con más frecuencia por su facilidad de aplicación :

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

Donde: V= Velocidad a tubo lleno en m/s.  
 n= Coeficiente de Manning.  
 R<sub>H</sub> = Radio Hidráulico en mts. ( Para tubería que trabaja llena  
 R<sub>H</sub>= D/4 )  
 S = Pendiente de la tubería.

Para conocer las velocidades en tuberías llenas se utilizan nomogramas, que resuelven la fórmula de Manning, considerando diversos caudales y diámetros de tuberías. Estos nomogramas son llamados también ábacos, los cuales difieren de acuerdo al coeficiente de rugosidad, “*n*” utilizado.

$$Q = A \times V \quad (\text{continuidad})$$

Para emplear estos nomogramas se debe conocer algunos datos de la alcantarilla a diseñar. Generalmente estos datos son:

- a) El caudal que se transportará.
- b) La pendiente de la tubería o el diámetro.

De manera análoga al conocer dos datos que figuren en el nomograma, puede conocerse los otros dos datos. Si al realizar un cálculo en el cual se

necesita conocer el diámetro, se obtiene un valor que no corresponde a uno comercial, se tomará el diámetro inmediato superior.

A continuación se muestran algunos valores medios de “*n*” empleados en las fórmulas de Kutter y Manning, que pueden ser utilizados en tuberías.

Cuadro 2.2. Valores recomendados por ANDA en el numeral 5 de la parte segunda de las Normas Técnicas para el Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras

MATERIAL	<i>n</i>
Cemento arena ó concreto	0.015
PVC	0.011

### 2.7.2 Diseño de Alcantarillas parcialmente llenas

A menudo es necesario determinar la velocidad y profundidad de las aguas residuales en tubos que se encuentran parcialmente llenos. Para ello se utiliza una gráfica conocida como Curva del Banano, la cual permite obtener cálculos rápidos de las características hidráulicas que tienen las alcantarillas que trabajan parcialmente llenas y que son de forma circular. En la figura 2.7 se muestra la Gráfica del Banano.

Para emplear la Gráfica del Banano, es necesario, primero conocer las condiciones que se producen cuando la alcantarilla está llena, y con ello se calculan las relaciones entre dos datos conocidos.

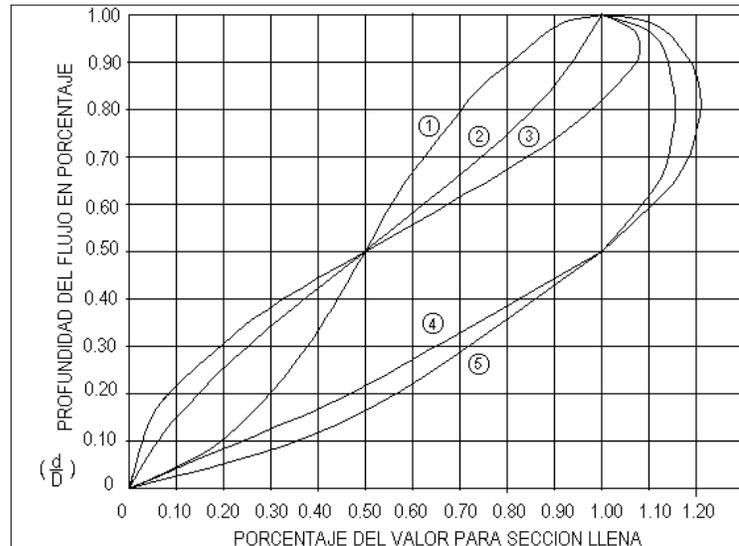


Figura 2.7 Gráfica del Banano.

- |    |                                       |    |                                  |
|----|---------------------------------------|----|----------------------------------|
| 1. | Perímetro Mojado = $\frac{p}{P_{LL}}$ | 4. | Radio Hidráulico = $\frac{r}{R}$ |
| 2. | Área = $\frac{a}{A}$                  | 5. | Velocidad = $\frac{v}{V_{LL}}$   |
| 3. | Caudal = $\frac{q}{Q}$                |    |                                  |

## 2.8 METODOLOGIA DE DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE TURÍN

Para el diseño de la red de aguas residuales de la Ciudad de Turín, se debieron de contemplar varios pasos, entre los cuáles se pueden mencionar los siguientes:

- a) Reconocimiento inicial. Esta etapa comprende las visitas iniciales a la ciudad para tener una idea aproximada de las condiciones y realidad del sector. En estas inspecciones se evalúa la problemática por la que atraviesa la ciudad,

así como la infraestructura existente. Se recorre la localidad para observar los posibles puntos de descarga y la posibilidad de encausar las aguas a un sólo lugar, para que de esta manera se pueda construir en el futuro una sola planta de depuración de las aguas residuales, procurando que ésta no dependa de equipos de bombeo para las aguas negras.

b) Información topográfica. La información topográfica requerida para realizar un adecuado diseño, debe contar como mínimo con la siguiente información:

- Planimetría. La planimetría debe ser actualizada, en una escala de preferencia 1:1000. Debe contar con toda la zona urbana central de la ciudad, así como las colonias periféricas de la misma. Se debe indicar el número viviendas de cada tramo, para tener una información confiable de las aguas generadas en cada sector. Asimismo se debe indicar el tipo de revestimiento de las vías, para saber si las alturas de pozos serán las definitivas a construirse o si podrán sufrir variaciones en el caso de calles con rasante no definidas (de tierra). Esta información también sirve al momento de realizar el presupuesto de la obra, pues es necesario determinar las cantidades de obra de rotura y reparación de pavimento, adoquinados o empedrados fraguados.
- Altimetría. La información topográfica requerida es de curvas de nivel a cada metro, así como la elevación geodésica de los puntos de intersección de las calles (PI) pavimentadas o adoquinadas, y también de los puntos relevantes de las curvas verticales presentes en las vías. En las calles de tierra o de rasante no definida, se determinará a partir de las curvas de nivel, determinando las elevaciones aproximadas de los PI.

- c) Determinación del periodo de diseño y la vida útil de proyecto. Según las normas técnicas de ANDA para éste tipo de proyectos, el periodo de diseño mínimo es de 20 años, sin embargo por no tener una certeza de cuando iniciará la ejecución del proyecto, se ha hecho uso de un período de 25 años.
  
- d) Determinación de la Población de Diseño. Será igual, según el caso, al 100% de la población futura o un porcentaje menor, determinado por limitaciones de orden físico o legal que restrinjan el desarrollo de áreas de la ciudad y de sus habitantes. Se plantea determinación de la población actual a partir de los últimos censos efectuados en la ciudad por la DIGESTYC. Para la proyección de la población se establece usar un método de los mencionados en las Normas Técnicas de ANDA, proyectando la población para el final del periodo de diseño, esto es para el año 2024.
  
- e) Determinación del consumo de agua y caudal de diseño. Según las normas técnicas de ANDA, la dotación doméstica urbana oscila entre 80 a 350 l/p/d. La dotación total incluirá además de la dotación doméstica el consumo comercial, público, etc. y un 20% para fugas y desperdicios.

Cuadro 2.3. Tabla de Consumos Específicos

Concepto	Dotación
Dotación total urbana	≥ 220 l/p/d
Locales comerciales	20 l/m <sup>2</sup> /d
Hoteles	500 l/hab/d
Pensiones	350 l/hab/d
Restaurantes	50 l/m <sup>2</sup> /d
Escuelas	
Alumnos Externos	40 l/alumno/d
Alumnos Internados	200 l/p/d
Personas no residentes	50 l/p/d
Hospitales	600 l/cama/d
Clínicas	
Médicas	500 l/consultorio/d
Dentales	1000 l/consultorio/d
Vivienda	
Mínima	80 – 125 l/p/d
Media	125 – 175 l/p/d
Alta	175- 350 l/p/D
Otros	
Mercados, puestos	
Cines, teatros	15 l/m <sup>2</sup> /d
Oficinas	3 l/asiento/d
Bodegas	6 l/m <sup>2</sup> /d
Gasolineras	20 l/m <sup>2</sup> /d
Estacionamientos	300 l/bomba/d
Industria	2 l/m <sup>2</sup> /d
Jardines	80 l/p/turno
Lavanderías	1.5 l/m <sup>2</sup> /d
Cantareras	50 l/Kgr/sec.
	≥ 30 l/p/d

Fuente: Normas Técnicas de ANDA

El caudal de diseño será igual al 80% del consumo máximo horario correspondiente al final del periodo de diseño más una infiltración potencial a lo largo de la tubería de 0.20 Lts/seg/Ha.

La capacidad de las tuberías será igual al caudal de diseño multiplicado por un factor, el cual dependerá de la magnitud del diámetro de la tubería, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 2.4. Factor aplicado a tuberías para cálculo de la capacidad de la tubería

Diámetro	Factor
$8'' \leq \varnothing \leq 12''$	2.00
15''	1.80
18''	1.60
24''	1.50
30''	1.45
36''	1.40
42''	1.35
48''	1.30
Interceptores o emisarios	1.20

*Fuente: Normas Técnicas de ANDA*

- f) Cálculos Hidráulicos. Como ya se mencionó anteriormente, los cálculos se realizarán por medio de la fórmula de Chezy-Manning:

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

Donde: V= Velocidad a tubo lleno en m/s.  
n= Coeficiente de Manning.

$R_H$  = Radio Hidráulico en mts. (Para tubería que trabaja llena

$R_H = D/4$  )

$S$  = Pendiente de la tubería.

Es importante mencionar que se tienen que respetar las velocidades mínimas y máximas determinadas en las Normas de Diseño, siendo en colectores primarios y secundarios, velocidad mínima real igual a 0.50 m/seg a caudal de diseño durante el primer año de funcionamiento, en colectores de urbanizaciones prevalece el criterio del mínimo diámetro-pendiente. Las velocidades máximas con el caudal de diseño son para PVC y tubería de hierro 4.0 m/seg, tubería de concreto 3.0 m/s. Estos límites de velocidad son para diseños a todo lleno, sin embargo, puede diseñarse a caudal "real" para permitir mayores pendientes en el caso de PVC o similar.

En lo relativo a los diámetros mínimos a emplearse, éstos estarán determinados por la siguiente tabla.

Cuadro 2.5. Diámetros mínimos a emplearse.

Tipo de colector	Diámetro
Colectores de pasajes peatonales (vivienda de interés social)	Ø 6" si longitud ≤ 100 m y la tubería es de PVC.
Acometidas domiciliarias	6" diámetro
Colectores terciarios	8" diámetro (cemento o PVC)
En proyectos de vivienda de interés social	se podrá utilizar tubería PVC Ø 6" si la longitud de la misma es menor o igual que 100.0 metros

*Fuente: Normas Técnicas de ANDA*

- g) El proyecto definitivo. Lo forman los cálculos y otros trabajos necesarios para determinar las pendientes, dimensiones y situaciones de las redes de alcantarilla y de sus instalaciones.
- h) Preparación de los planos. Consiste en trazar la Red de alcantarillado sanitario sobre los planos de la ciudad, además de dibujar los perfiles correspondientes de cada calle y avenida.
- i) Corrección de planos. Estos se realizarán conforme a las modificaciones que se hagan durante la construcción.
- j) Especificaciones Técnicas. Comprende el señalar las características técnicas de las tuberías, pozos, compactación, rasantes de tubería y otros aspectos relevantes que forman parte del proyecto
- k) Presupuesto. Elaboración de un presupuesto estimado, tomando en cuenta las cantidades de obra obtenidas a partir de los planos y con precios unitarios de mercado.

**CAPITULO 3:**  
**DISEÑO DE LA RED DE**  
**ALCANTARILLADO SANITARIO DE**  
**LA CIUDAD DE TURÍN,**  
**DEPARTAMENTO DE AHUACHAPÁN**

### 3.0 DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE TURIN, DEPARTAMENTO DE AHUACHAPAN

#### 3.1 DISEÑO HIDRAULICO DE COLECTORES PROYECTADOS

##### 3.1.1 Consideraciones básicas del proyecto

El presente diseño de alcantarillado sanitario es de la clase “separado absoluto de las aguas lluvias”, esto significa que el diseño es exclusivo para evacuar las aguas negras generadas por el consumo humano. Cualquier conexión cruzada de aguas lluvias que permita la entrada de flujos causados por la precipitación pluvial, dejará sin valor el presente diseño y causará serios daños a la infraestructura de éste diseño. Esta aclaración es importante, ya que en muchos casos, por la falta de conocimiento y de supervisión de las autoridades competentes, se hacen conexiones denominadas “piratas”, lo cual incrementa significativamente los caudales evacuados y hace peligrar la inversión realizada.

El trazo y configuración de la red (ortogonal y con interceptores) es el resultado más óptimo del aprovechamiento de las condiciones topográficas del trazado de las calles existentes.

Para el diseño de la red, se ha priorizado el que ésta funcione completamente por gravedad, ya que es el sistema más económico y necesita poco mantenimiento, sus costos de operación son bajos ya que no requiere consumo de energía eléctrica, y posee una mayor vida útil.

Se ha tratado en lo menor posible de no recurrir al uso de franjas de servidumbre de paso por terrenos privados, ya que en ocasiones los propietarios se niegan a ceder o vender el derecho de paso, y ésto provoca retrasos en la ejecución de proyectos o inclusive el no poder ejecutar determinados tramos debido a la imposibilidad de evacuar los caudales recogidos.

Se ha proyectado el diseñar la red, para la mayoría de los tramos, a una profundidad de rasante de tubería de 1.50 mt de profundidad, para evitar interferencias con la red de agua potable y al mismo tiempo dejar un margen para cuando las rasantes queden definidas.

La ubicación de los pozos está determinada por al menos uno de los siguientes factores:

- a) Por existir alguna intersección de calles.
- b) Por existir una distancia mayor a 100 metros a partir del último pozo, aunque podrían existir un ligero incremento de la distancia en algunos tramos específicos.
- c) En tramos de calle que no son rectos, se hace necesario colocar pozos a distancias relativamente cercanas para mantener en lo posible la separación de 1.50 metros con respecto al cordón y evitar la interferencia con otras tuberías o colectores.
- d) En casos donde la rasante de calle sufre cambios abruptos de la pendiente, para efecto de evitar volúmenes innecesarios de corte y relleno.
- e) Al inicio de una calle o pasaje.

Se ha enfatizado en respetar el literal 8 de las Normas Técnicas de ANDA, en lo relativo a la pendiente mínima en tramos iniciales, así como la permitida en tramos intermedios y finales.

En casos como el de la Ciudad de Turín, es incierto el saber hacia donde será el crecimiento poblacional de la ciudad, ya que ni la municipalidad, ni el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano cuentan con un plan de desarrollo urbano, por lo tanto es probable que la población crecerá en casi todos los sectores pero no necesariamente con igual intensidad en todos los lugares. Esto ocurre con frecuencia en las ciudades en desarrollo, en donde existe cierta tendencia de crecimiento en sectores específicos, y otros presentan una baja o a veces nula tasa de crecimiento. Por tal motivo se revisarán los caudales estimados al final del período de diseño, procurando no exceder del 50% de la capacidad de la tubería a caudal lleno cuyo objeto es tener el suficiente margen de seguridad para cualquier eventualidad.

### 3.1.2. Población

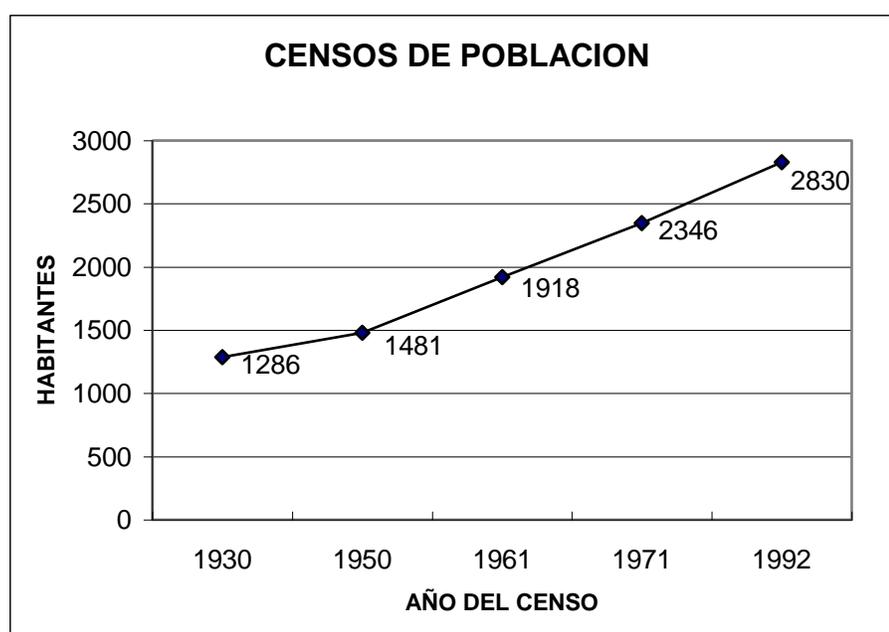
Como ya se mencionó en el capítulo anterior, el cálculo de la población futura está apoyado en los censos de población realizados por la Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGEST). Sin embargo a veces estos datos no son completamente ciertos y deben de cotejarse con los datos que maneja el Ministerio de Salud a través de las Unidades de Salud.

El cálculo de la población futura se ha hecho para un período de 25 años, que es el periodo de diseño planteado para éste proyecto.

En el caso de esta ciudad los datos proporcionados por la DIGEST son los que se presentan en la siguiente tabla:

CENSOS AÑO	AMBOS SEXOS	MASCULINO	FEMENINO TOTAL	URBANA AMBOS SEXOS	RURAL AMBOS SEXOS	POBLACION RELATIVA
1930	1734	827	907	1286	448	83
1950	2248	1118	1130	1481	767	107
1961	2939	1441	1498	1918	1021	141
1971	3959	1981	1968	2346	1603	189
1992	5473	2632	2841	2830	2643	262

Fuente: Dirección General de Estadísticas y Censos.



Como se puede observar, la tasa de crecimiento ha presentado una tendencia constante a partir del año cincuenta, por tal motivo el método más conveniente para calcular la población futura es el método aritmético.

Para desarrollar éste método se ha hecho uso de la siguiente fórmula:

$$k_a = \frac{y_l - y_e}{t_l - t_e}$$

Donde :  $k_a$  = constante  
 $y_e$  = Población del censo realizado en la fecha  $t_e$   
 $y_l$  = Población del censo realizado en la fecha  $t_l$

Año Censo	Población Urbana	k
1950	1481	
1961	1918	39.73
1971	2346	42.80
1991	2830	24.20
	Subtotal k	106.73
	k promedio=	35.58

Estimación Aritmética Poscensal:

$$y_m = y_l + \frac{(y_l - y_e)(t_m - t_e)}{(t_l - t_e)}$$

Proyección para el año 2029

En donde:

$y_l$ =	2830
$(y_l - y_e)/(t_l - t_e)$ =	35.58
$t_m$ =	2029
$t_e$ =	1991

Por lo que  $Y_m$ = 4,182 habitantes

Sin embargo al consultar con la Unidad de Salud de la ciudad, ésta institución maneja datos completamente distintos al de la DIGEST, proporcionando para el año 2004 los siguientes resultados:

#### POBLACION DE EL MUNICIPIO DE TURÍN

Población Total: 11,956 (Año 2004)

Distribución por sexo:

Rango de edades	Masculino	Femenino	Total
Menor de 1 año	105	101	206
de 1 a 4	489	470	959
de 5 a 9	795	646	1,441
de 10 a 19	1,077	826	1,903
de 20 a 59	3,397	3,289	6,686
de 60 a más	391	370	761
Total	6,254	5,702	11,956

Distribución Urbana y Rural:

Rango de edades	Urbana	Rural	Total
Menor de 1 año	108	98	206
de 1 a 4	442	517	959
de 5 a 9	733	708	1,441
de 10 a 19	961	942	1,903
de 20 a 59	4,734	1,952	6,686
de 60 a más	460	301	761
Total	7,438	4,518	11,956

Viviendas en el área urbana

Viviendas totales: 1214  
 Habitantes p/vivienda: 6.13  
 Para efectos prácticos: 6.00 hab/vivienda

## COBERTURA DE LETRINAS

Viviendas con letrina	1205	99.59%
Sin letrina	5	0.41%
Totales	1210	100.00%

Letrina de hoyo seco (LHS o fosa)	986	81.49%
Lavar	220	18.18%
Otros	4	0.33%

Debido a la variación significativa en la población, y aplicando un criterio conservador para efectos de calcular la población, se ha decidido el utilizar los datos de población proporcionados por la Unidad de Salud y aplicarle la tasa de crecimiento determinada a partir de los censos de población. Partiendo de esto, los datos de población son los siguientes:

Proyección para el año 2029

Donde:

$y_1 =$	7438
$(y_1 - y_e) / (t_1 - t_e) =$	35.58
$t_m =$	2029
$t_e =$	2004

Por lo que  $Y_m =$  8,327 habitantes

Al comparar los datos de las dos poblaciones estimadas, se observa que existe una gran discrepancia entre los valores encontrados; sin embargo, en el levantamiento catastral de la ciudad se ha obtenido un valor de 1210 viviendas, y al dividir el valor de 7,438 habitantes entre el número de viviendas el resultado es de aproximadamente 6 habitantes por vivienda, que es el valor que utiliza ANDA para las estimaciones del número de habitantes a partir del número de

viviendas del sector. Por tal razón se puede inferir que este valor es aceptable y factible el trabajar con él. La variación tan significativa podría ser originada por alguna diferencia que pudiera haber en el criterio a donde se ha establecido el límite urbano y rural, sin embargo para efectos de análisis se considera que no es relevante.

### 3.1.3 Cálculo del caudal de diseño

Para el cálculo del caudal de diseño se han tomado en cuenta los siguientes datos:

Población futura: 8327 habitantes

Dotación urbana: 150 L/p/D

#### 3.1.3.1 Cálculo de la dotación total

Dotación Total = Dotación Doméstica + 20% de Dotación (por fugas y desperdicios; Numeral 5 de las Normas de ANDA, parte primera)

= 1.2 x Dotación Doméstica

= 1.2 x 150 (Lts/P/Día)

Dotación Total = 180 (Lts/P/Día)

#### 3.1.3.2 Cálculo del caudal medio diario

La demanda media diaria se calcula utilizando la dotación que se ha estimado para la población en estudio:

$$Q_{md} = \frac{Dotacion \times No.habitantes}{86400} \text{ ( lts / seg )}$$

$$Q_{md} = \frac{8327 \text{ hab} \times 180 \text{ L/p/D}}{86400}$$

$$Q_{md} = 17.35 \text{ lts/seg}$$

### 3.1.3.3 Cálculo del caudal máximo diario ( $Q_{\text{máx d}}$ )

$Q_{\text{máx d}} = K_1 \times Q_{md}$ ; donde  $K_1$  es el coeficiente de variación diaria, que varía entre 1.2 y 1.5 (Numeral 6 de las Normas de ANDA, parte primera).

Y se ha tomado  $K_1 = 1.5$ , para prever cualquier variación en la demanda.

$$Q_{\text{máx d}} = 1.5 \times Q_{md}$$

$$Q_{\text{máx d}} = 1.5 \times 17.35 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{\text{máx d}} = 26.02 \text{ lts/seg}$$

### 3.1.3.4 Cálculo del caudal máximo horario ( $Q_{\text{máx h}}$ )

$Q_{\text{máx h}} = K_2 \times Q_{md}$ ; donde  $K_2$  es el coeficiente de variación horario, que varía entre 1.8 y 2.4 (Numeral 6 de las Normas de ANDA, parte primera)

Y se ha tomado  $K_2 = 2.4$

$$\begin{aligned} Q_{\text{máx h}} &= 2.4 \times Q_{md} \\ &= 2.4 \times 17.35 \text{ Lts./seg.} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{máx h}} = 41.64 \text{ Lts./seg.} = 0.04164 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

### 3.1.3.5 Cálculo del caudal de diseño de aguas negras

Según las normas técnicas de ANDA, el cálculo del caudal de diseño de las aguas negras, se basa en lo siguiente:

$$Q_{a.n.} = F \times ( ( 0.8 \times Q_{máxh} ) + ( 0.2 \text{ L / s / Ha } ) ) ;$$

en donde  $F = 2.0$  para tuberías comprendidas entre 8 y 12 pulgadas,  $F = 1.80$  para tuberías de 15" (Numeral 4 de las Normas de ANDA, parte segunda).

## 3.2 CÁLCULOS HIDRÁULICOS POR TRAMOS DE TUBERÍAS

Para diseñar la red de alcantarillado sanitario, se debe de partir de los tramos ubicados a mayor elevación de la ciudad (ver plano "Diseño de la Red de Alcantarillado de la Ciudad de Turín Departamento de Ahuachapán" de la sección Planos de Anexos), con el objeto de ir arrastrando o acumulando los caudales generados en los diferentes tramos y los cuales son evacuados por tramos secuentes ubicados aguas abajo de los mismos.

A continuación se describen los pasos a seguir para el diseño:

- a) Se debe de obtener una constante para relacionar el caudal máximo horario y el número de viviendas que drenan en cada tramo de tubería comprendido entre pozos; por tanto basta con dividir el caudal máximo horario entre el número total de viviendas de la ciudad, de tal forma que queda:

$$K = \frac{Q_{máxh}}{\# \text{ lotes}}$$

$$K = \frac{41.64}{1210} \text{ lts/seg} = 0.03441 \text{ lts/seg}$$

Una vez determinada la constante, bastará multiplicarla por el número de lotes que drenan a determinado tramo para obtener el caudal colectado en dicho segmento de tubería.

- b) El caudal propio en cada tramo, será obtenido a partir de la sumatoria de caudales del número de viviendas que drenan al tramo en estudio, teniendo sumo cuidado de incluir todos los caudales que llegan acumulados al pozo aguas arriba del tramo de estudio. En los tramos iniciales este caudal es cero, pues no hay ningún caudal acumulado, pero en los restantes tramos, habrá por lo general caudales acumulados. A éste caudal se le incluye el caudal por infiltración que sufre la tubería, debido a la humedad en el área de influencia de cada tramo por las precipitaciones.

El proceso de cálculo es relativamente sencillo, aunque para el caso de una ciudad del tamaño de Turín, el proceso adquiere complejidad por el elevado número de tramos y sus respectivos pozos. Para realizar los cálculos repetitivos es conveniente apoyarse de una hoja electrónica, la cual es una valiosa herramienta para agilizar los cálculos (ver Tabla en la sección Tablas de anexos).

Para efectos de mostrar el proceso de cálculo, a continuación se presentan algunos tramos representativos, los cuáles ilustran claramente el procedimiento empleado.

Tramo entre Pozo 1 – Pozo 2.

Datos: Longitud de tramo = 51.00 m.  
 Pendiente  $S = 3.12\% \cong 0.0312$   
 Diámetro mínimo a utilizar = 6" (según norma de ANDA numeral 7 parte segunda: en viviendas de interés social, se podrá utilizar PVC D = 6" si longitud  $\leq 100$  )

Número de lotes en tramo P1-P2 = 1

$$Q_{\text{lotes}} = 1 ( 0.03441 ) \text{ Lts/seg}$$

$$Q_{\text{lotes}} = 0.03441 \text{ Lts/seg}$$

Ahora se procede a calcular el caudal de diseño de la senda:

$$A_{\text{INF}} = 1025 \text{ m}^2 = 1025 \text{ m}^2 \times \frac{\text{Ha}}{10000 \text{ m}^2} = 0.1025 \text{ Ha}$$

(en donde AINF = área de influencia)

$$q = \text{Factor} \times ( ( 0.8 \times Q_{\text{lotes}} ) + ( 0.2 \times A_{\text{INF}} ) )$$

$$= 2 ( ( 0.8 \times 0.03441 ) + ( 0.2 \times 0.1025 ) )$$

$$q = 0.096 \text{ Lts./seg.}$$

Por medio de la fórmula de Chezy- Manning, se procede a calcular la velocidad del flujo en la tubería cuando ésta se encuentra llena.

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S^{1/2} \quad (\text{Ecuación de Manning})$$

En donde:  $V$  = Velocidad a tubo lleno en m/s

$n$  = Coeficiente de Manning

$R_H$  = Radio Hidráulico en mts. (Para tubería que trabaja llena

$R_H = D/4$  )

$S$  = pendiente de la tubería

El “ $n$ ” en este caso será de 0.011, ya que se utiliza PVC (Numeral 5 de las Normas de ANDA, parte segunda)

El radio hidráulico ( $R_H$ ) se calcula de la siguiente manera (Para tubería de forma circular y sección llena):

$$R_H = D/4$$

$R_H$  = se está utilizando diámetro 6”= 0.1524 mt, por tanto el radio hidráulico será:

$$R_H = \frac{0.1524}{4}$$

$$R_H = 0.0381 \text{ m.}$$

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

$$V_{LL} = \frac{1}{0.011} (0.0381)^{(2/3)} (0.0312)^{(1/2)}$$

$$= 1.82 \text{ m/seg.}$$

$$Q = A \times V_{LL}$$

$$= \left( \frac{\pi \times D^2}{4} \right) \times 1.82 = \left( \frac{\pi \times 0.1524^2}{4} \right) \times 1.82 = 0.03315 \text{ m}^3/\text{seg} =$$

$$Q = 33.15 \text{ Lts/seg}$$

Con el caudal de diseño y el resultado de velocidad a tubería llena se procede a calcular la velocidad de diseño, para ello se emplea el Gráfico del Banano (Fig. 2.7). El dato a utilizar para entrar al gráfico es la relación obtenida de la división del caudal real entre el caudal a tubería llena.

$$\frac{Q_{\text{real}}}{Q_{\text{lleno}}} = \frac{0.096}{33.15} = 0.0029 = 0.29\%$$

Con la relación obtenida anteriormente se entra a la Gráfica del Banano en la curva de caudal, y luego se proyecta hasta intersectar la curva de velocidad, para encontrar la relación de velocidades.

$$v / V = 3.00\%$$

$$v = 0.03 (1.82 \text{ m/seg}) = 0.0546 \text{ m/seg.}$$

Debido a que el procedimiento del Banano es un método gráfico, los datos que proporciona son aproximados y por tanto existe un margen de error, sobre todo cuando más pequeña es la relación de caudales.

En la actualidad hay otros procedimientos más exactos, entre ellos podemos mencionar el programa HCANALES “Software para diseño de canales”, de Máximo Villón Béjar, el cuál de una forma matemática, realiza los cálculos para determinar con exactitud la velocidad real y el tirante que presenta la tubería en condiciones reales. Para poder utilizar este programa se necesitan

los datos de entrada: caudal real, diámetro de la tubería, rugosidad de la tubería y la pendiente del tramo. Para efectos del presente trabajo, se trabajará con los datos calculados mediante éste programa ya mencionado.

#### TRAMO ENTRE POZO 1 Y POZO 2

NÚMERO DE LOTES: 1  
 LONGITUD DEL TRAMO: 51.00 mts  
 PENDIENTE: 3.12 %  
 DIAMETRO TUBERIA: 6 PULGADAS

QLOTES =  $1 \times 0.0344 = 0.0344$  Lts/seg

ÁREA INFILTRACION = 1025 m equivalente a

0.1025 Ha

q diseño =  $2 ((0.8 \times q \text{ lotes} + 0.2 \text{ lts/seg} \times A \text{ INF}))$

q diseño =  $2 ((0.8 \times 0.0344 + 0.2 \times 0.1025))$

q diseño = 0.096 Lts/seg

q llegada = 0 (tramo inicial)

$$V_{LL} = \frac{1}{0.011} (0.0381)^{(2/3)} (0.0312)^{(1/2)}$$

$V_{LL} = 1.82$  m/seg

$$\text{Área tubería} = \frac{\pi \times D^2}{4} = 0.01824102 \text{ m}^2$$

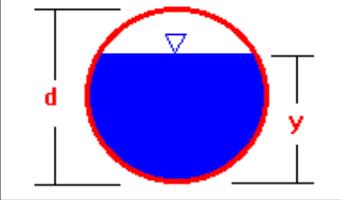


**Cálculo del tirante Normal, sección Circular**

**Lugar:** Turín **Proyecto:** Red de Aguas Negras  
**Tramo:** 1-2 **Revestimiento:**

**Datos :**

Caudal (Q)	000096	m3/s
Diámetro (d)	0.1524	m
Rugosidad (n)	0.011	
Pendiente (S)	0.0312	m/m



**Resultados :**

Tirante normal (y)	0.0060	m	Perímetro mojado (p)	0.0610	m
Area hidráulica (A)	0.0002	m2	Radio hidráulico (R)	0.0039	m
Espejo de agua (T)	0.0593	m	Velocidad (v)	0.4003	m/s
Número de Froude (F)	2.0100		Energía específica (E)	0.0142	m-Kg/Kg
Tipo de flujo	Supercrítico				

Ejecutar Limpiar Pantalla Imprimir Menu Principal

Ingresar el nombre del Proyecto

TRAMO ENTRE POZO 23 Y POZO 28

NÚMERO DE LOTES: 2  
LONGITUD DEL TRAMO: 50.00 mts  
PENDIENTE: 1.00 %  
DIAMETRO TUBERIA: 6 PULGADAS

QLOTES = 2 X 0.0344 = 0.0688 Lts/seg

ÁREA INFILTRACION = 2500 m<sup>2</sup> equivalente a

0.25 Ha

q diseño = 2 ((0.8 x q lotes + 0.2 lts/seg x A INF)

q diseño =		2 ((0.8 x 0.0688+ 0.2 x 0.1025)
q diseño =		0.21 Lts/seg
q llegada =		0.423 (50 % del caudal recogido del Pozo 14 al Pozo 23, el resto al tramo P23 a P22)
q total de diseño = q diseño + q llegada=		0.633 Lts/seg
V <sub>LL</sub> =	$\frac{1}{0.011}$	(0.0381) <sup>(2/3)</sup> (0.010) <sup>(1/2)</sup>
V <sub>LL</sub> =		1.03 m/seg
Área tubería=	$\frac{\pi \times D^2}{4}$	0.01824102 m <sup>2</sup>
Q a tubería llena= Q <sub>LL</sub> =		Área tubería x Velocidad a tubería llena
Q <sub>LL</sub> =		0.0188 m <sup>3</sup> /seg
Q <sub>LL</sub> =		18.78 Lts/seg
qdiseño/ Q <sub>LL</sub> =		3.37 %
Del gráfico del banano se obtiene:		
v/V=		38.00 %
Por tanto la velocidad real es igual a=		(47.00%)x(1.03 m/seg)
Velocidad real=		0.39 m/seg

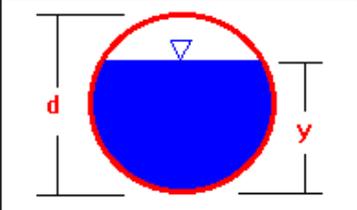
Se han realizado los cálculos del tramo previamente analizado, por el programa HCANALES, presentando los datos siguientes:

**Cálculo del tirante Normal, sección Circular**

**Lugar:** Municipio de Turín      **Proyecto:** Diseño de Aguas Negra  
**Tramo:** 23-28      **Revestimiento:** PVC

**Datos :**

Caudal (Q)	06327	m <sup>3</sup> /s
Diámetro (d)	0.1524	m
Rugosidad (n)	0.011	
Pendiente (S)	.01000	m/m



**Resultados :**

Tirante normal (y)	0.0192	m	Perímetro mojado (p)	0.1105	m
Area hidráulica (A)	0.0013	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R)	0.0120	m
Espejo de agua (T)	0.1010	m	Velocidad (v)	0.4768	m/s
Número de Froude (F)	1.3285		Energía específica (E)	0.0307	m-Kg/Kg
Tipo de flujo	Supercrítico				

Ejecutar      Limpiar Pantalla      Imprimir      Menu Principal

Ejecuta las operaciones

Como se observa en los dos casos anteriores, la velocidad real obtenida es menor a 0.50 m/seg, el cuál es el mínimo permitido por las Normas Técnicas. El tramo comprendido entre el pozo 1 y el pozo 2 es un ejemplo de los casos en los cuáles se inicia una sección de la red y en donde además existe la variable de un reducido número de viviendas que aportan caudal. Éste caso se repite también en algunos tramos que no son iniciales, pero que presentan poco caudal debido al reducido número de viviendas, como es el caso del segundo ejemplo tramo pozo 23 al pozo 28.

El proceso de cálculo de la velocidad real es similar para los restantes tramos, recomendando que el proceso de análisis debe de comenzar aguas

arriba del proyecto, para que de esta manera se puedan ir considerando los caudales acumulados que drenan a los pozos ubicados aguas abajo.

Los datos de todos los tramos que componen la red aparecen en los cuadros de la sección Tablas de Anexos.

A continuación se presenta una tabla resumen de los casos mencionados anteriormente, en donde no se cumple el criterio de la velocidad mínima y rige el criterio del diámetro mínimo y/o pendiente mínima, según el numeral 6 parte segunda de las Normas Técnicas de ANDA.

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE TURÍN  
TRAMOS QUE NO CUMPLEN LA VELOCIDAD MINIMA A CAUDAL REAL

TRAMO	Número de viviendas "N"	Diámetro Tubería plg "D"	Pendiente % "S"	Caudal real en tubería lts/seg "Q <sub>real</sub> "	Velocidad real m/seg "v"
DE P-1 A P-2	1	6	3.12%	0.096	0.40
DE P-17 A P-14	7	6	1.00%	0.43	0.42
DE P-23 A P-28	2	6	1.00%	0.63	0.48
DE P-59 A P-60	1	6	1.00%	0.65	0.48
DE P-24 A P-5	2	6	2.24%	0.15	0.41
DE P-25 A P-26	9	6	0.60%	1.04	0.46
DE P-58 A P-68	0	6	1.29%	0.44	0.47
DE P-70A A P-70	2	6	1.75%	0.16	0.39
DE P-72 A P-71	2	6	1.50%	0.16	0.36

DE P-74 A P-73	6	6	1.00%	0.38	0.41
DE P-76 A P-80	7	6	1.00%	0.49	0.44
DE P-82 A P-83	5	6	0.63%	0.35	0.34
DE P-33 A P-34	1	6	5.00%	0.08	0.45
DE P-37 A P-8	1	6	5.65%	0.07	0.44
DE P-48 A P-52	2	6	1.02%	0.16	0.32
DE P-49 A P-51	7	6	1.11%	0.42	0.44
DE P-50 A P-55	6	6	1.58%	0.37	0.48
DE P-54 A P-65	1	6	2.00%	0.11	0.35
DE P-101 A P-100	6	6	1.67%	0.37	0.48
DE P-56 A P-57	1	6	2.12%	0.10	0.35
DE P-57 A P-67	3	6	0.68%	0.31	0.33
DE P-97 A P-96	2	6	1.51%	0.16	0.36
DE P-96 A P-93	2	6	1.21%	0.30	0.41
DE P-93 A P-94	0	6	1.47%	0.35	0.46
DE P-94 A P-95	1	6	1.13%	0.48	0.46
DE P-128 A P-128A	6	6	1.09%	0.36	0.42
DE P-128A A P-129	7	6	0.83%	0.81	0.48
DE P-105 A P-104	5	6	1.00%	0.33	0.39
DE P-156 A P-161	4	6	1.02%	0.28	0.38
DE P-155 A P-168	3	6	1.05%	0.23	0.36
DE P-161A A P-161	2	6	2.77%	0.14	0.43
DE P-183 A P-169	2	6	1.40%	0.16	0.35
DE P-183 A P-184	6	6	1.35%	0.42	0.47
DE P-188 A P-186	2	6	1.36%	0.19	0.37

### 3.3 CRITERIOS DE DISEÑO

El presente diseño se ha realizado basado en las Normas Técnicas de ANDA, en lo relativo a diámetros, distancias y pendientes permitidas, revisión de velocidades a caudales reales y sobre todo, la revisión de la capacidad de evacuación de las diferentes secciones ante las pendientes determinadas, comparada con los caudales reales generados.

A continuación se mencionan los principales criterios tomados en cuenta para el diseño de la red:

- a) El desalojo de los caudales recolectados es por gravedad. Por la topografía presente en la ciudad, el proceso de cálculo inicia en los lugares de mayor elevación del sector sur. A partir de ahí se procede al cálculo de cada uno de los tramos, analizando el caudal recolectado en la distancia entre pozo y pozo, así como del caudal acumulado que viene de aguas arriba.
  
- b) Utilización del diámetro mínimo para los sectores con poca generación de caudales. El sector sur de la ciudad, es el de más reciente creación y por consiguiente es el que tiene menor infraestructura y cantidad de viviendas. Como primer paso, se hizo un diseño de la red tomando en cuenta todo este sector con tuberías de 8 pulgadas de diámetro, que es el diámetro normalmente utilizado en calles, dando como resultado el sobre-diseño de la mayoría de tramos de la tubería, presentando el problema de velocidades bajas lo que a la larga llevaría a procesos de acumulación o sedimentación de lodos. Es por esto, y en vista que el carácter del proyecto es de interés social, las Normas Técnicas de ANDA, permiten el instalar colectores de 6 pulgadas, siempre y cuando no se supere los 100 metros de separación entre pozo y pozo. Al hacer la revisión de los diámetros con tubería de 6 pulgadas, se observó que el sistema funciona de una mejor manera optimizando las velocidades de flujo en las tuberías y permitiendo evacuar más eficientemente las aguas colectadas.
  
- c) Economía de los costos de la red. El literal anterior plantea el uso de una menor cantidad de tubería de 8 pulgadas de diámetro, lo que ayuda a disminuir los costos de la red. Adicionalmente, se ha analizado el trazo de la red en los tramos de calles donde no está construido el cordón cuneta, tomando en cuenta la línea de construcción que tienen las edificaciones existentes, partiendo de ésta y marcando una paralela a distancias variables que indica dónde colocar el delineamiento de la red. Con este criterio se ha reducido una cantidad significativa de pozos requeridos y al mismo tiempo

permite tener una red bien definida sin mayor interferencia con los otros colectores existentes o los que están por colocarse.

- d) Profundidad de la tubería. Se ha tratado en la manera de lo posible, de colocar el nivel de rasante de la tubería de aguas negras a una profundidad de 1.50 metros a partir de los niveles de rasante existentes. Esto es conveniente, debido a que en la mayor parte de la ciudad existe la red de agua potable y podrían presentarse interferencias con dicha red si se coloca a menor profundidad, ya que no existe un registro claro de las profundidades a las cuales ha sido colocada, sobre todo en las calles donde fueron instaladas las tuberías de agua potable y posteriormente se les dio tratamiento de empedrado fraguado o adoquinado. Los 10 centímetros adicionales, permiten el tener un margen para cualquier eventualidad.
- e) Colocación de dos colectores en paralelo en la carretera CA-1. Debido a la importancia de la carretera y a que no es factible el colocar mechas domiciliarias que atraviesen dicha arteria, se ha considerado la conveniencia de colocar doble colector a ambos lados de la calle, para efectos de atravesar en lo mínimo el área de rodaje. Esto permitirá el trabajar cómodamente la instalación de colectores y tuberías en los hombros de la calle sin mayor interferencia del tráfico.
- f) Revisión de los diámetros. Se ha hecho una revisión de cada uno de los tramos comprendidos entre pozo y pozo, para evaluar el caudal estimado que llevará la tubería en cada uno de ellos y compararla con el caudal máximo que puede llevar la tubería trabajando a caudal lleno. En la mayoría de los tramos no se supera el 50% de la capacidad de la tubería, lo cuál se considera que es adecuado debido a la incerteza del crecimiento poblacional en las diferentes zonas de la ciudad.

### 3.4 CÁLCULOS HIDRÁULICOS Y PLANOS DE LA RED

Los cálculos hidráulicos fueron realizados para cada tramo que conforman la red de aguas negras, y debido al gran número de tramos fue con el apoyarse de una hoja electrónica (ver Tabla en la sección Tablas de Anexos), donde se plasman las principales variables que han incidido para obtener los diámetros óptimos a utilizar. En éstas tablas se han incluido también los datos de tirantes y velocidades reales que han sido determinados a través del programa HCANALES “Software para diseño de canales”, de Máximo Villón Béjar.

Todo el diseño está plasmado en la hoja planimétrica de la ciudad denominado “Diseño de la Red de Alcantarillado de la Ciudad de Turín del Departamento de Ahuachapán” de la sección Planos de la sección Anexos, donde se han detallado todos los pozos que requiere la ciudad, así como los diámetros de tubería requeridos, la distancia entre pozos y la pendiente de la tubería. El caudal recolectado se ha llevado por gravedad hasta el sector norte de la ciudad, de donde será tratado, para luego ser descargado a la quebrada sin nombre oficial, y que posteriormente evacuará al río agua Tibia, aproximadamente a 0.6 kilómetros de los límites urbanos de la ciudad.

**CAPITULO 4:**  
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

## 4.0 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### 4.1 EXCAVACIONES EXPLORATORIAS

Esta actividad está orientada a la ubicación de la tubería existente con el fin de evitar interferencias al momento de instalar la tubería nueva. Básicamente consistirá en la excavación de un pozo a cielo abierto de 1.5 x 1.5 x 1.5 metros en los puntos de intersección generados por alineamiento de válvulas o de pozos de aguas lluvias si los hubiera.

### 4.2 TRAZO Y NIVELACION

Este trabajo consiste en la relocalización general, alineamientos y niveles de las obras a construir en el presente proyecto de acuerdo a los planos proporcionados. Para realizar el trabajo se deberá utilizar equipo de topografía debidamente calibrado así como personal idóneo.

### 4.3 EXCAVACION EN ZANJA PARA TUBERÍA

Este trabajo es aplicable a todo tipo de material, excepto roca. La profundidad de la excavación deberá ser conforme a las profundidades de desplante establecidas en los planos respectivos.

El material extraído de la zanja deberá ser adecuadamente depositado de manera que se eviten pérdidas de éste; si esto sucediese el material deberá reponerse. Asimismo si las excavaciones son realizadas en época lluviosa, se deberá proteger el material excavado con plástico para evitar la saturación del mismo.

Las dimensiones adecuadas para el ancho de excavación de acuerdo al diámetro de la tubería a instalar son las siguientes:

DIAMETRO DE LA TUBERIA (plg)	ANCHO DE LA EXCAVACION (m)
DE 6 A 8	0.70
DE 10 A 12	0.80

#### 4.4 COMPACTACION EN ZANJA

Se realizará en capas uniformes y sucesivas, de espesor en estado suelto no mayor de 15 cms, compactado con vibrocompactadora mecánica, y no mayor de 10 cms. en compactación con pisonador manual. Se especifica en general que cada capa alcance una densidad no menor del 90% de la máxima determinada en el ensayo Próctor según norma AASHTO - T-180 (ASTM-D 1557).

Solamente los últimos 30 cms. deberán compactarse hasta el 95% de la densidad antes citada.

El contenido óptimo de humedad de los diferentes materiales para alcanzar la densidad requerida, será obtenida en base a pruebas de laboratorio; es sin embargo, responsabilidad del ejecutante determinar si la humedad del material al momento de su compactación es o no la conveniente.

Deberán efectuarse ensayos de densidad aleatoriamente, entregando los resultados a la mayor brevedad posible; en caso de resultados inferiores a los especificados, se llevarán a cabo los trabajos necesarios para llegar al grado de densidad especificado.

## 4.5 ALBAÑILERÍA

El trabajo consiste en el suministro de materiales, mano de obra, herramientas, equipo y servicios necesarios para ejecutar las obras de albañilería que se indiquen en los planos y las especificaciones, como es el caso de los pozos.

### 4.5.1 Materiales y proporciones de los morteros

Los materiales a usarse en los morteros llenarán los siguientes requisitos:

a) Cemento PORTLAND Tipo "I", según Especificaciones ASTM C-150-91

b) Arena (agregado fino) conforme ASTM Designación C-144-87 y C-40.

c) Agua, debe ser en el momento de usarse, limpia, libre de aceite, ácidos, sales, álcalis, cloruros, materiales orgánicos y otras sustancias contaminantes.

Los morteros tendrán las siguientes proporciones en volumen y según el uso que le dará, en:

MAMPOSTERIA DE PIEDRA	1 cemento : 4 arena
MAMPOSTERIA DE LADRILLO DE BARRO	1 cemento : 3 arena
ENLADRILLADO	1 cemento : 6 arena
REPELLOS	1 cemento : 3 arena
AFINADOS	1 cemento : 1 arena
PULIDOS	Pasta de Cemento
PEGAMENTO DE TUBERIA DE CEMENTO	1 cemento : 4 arena

#### 4.5.2 Mampostería de elementos de barro cocido

El trabajo consiste en el suministro de materiales, mano de obra, herramientas, equipo y servicios necesarios para ejecutar muros y paredes de pozo con elementos de barro cocido.

##### 4.5.2.1 Ladrillos de barro macizo hechos a mano

Los ladrillos de barro macizo hechos a mano tendrán las dimensiones 7x14x28 cm., y cumplirán con las especificaciones AASHTO M114-41 para la clase NW, con la siguiente modificación: Carga mínima de ruptura a compresión 50 Kgr/cm<sup>2</sup>, determinada de conformidad a ASTM C67-62); 90 Kg/cm<sup>2</sup> para el mortero.

##### 4.5.2.2 Mortero

La mezcla o mortero cumplirá con los requisitos indicados en la sección Proporciones de los Morteros (numeral 4.5.1 del presente capítulo).

##### 4.5.2.3 Repello

Se aplicará en las paredes de los pozos. Las estructuras de concreto serán picadas, limpiadas y mojadas antes de la aplicación del repello. Todas las superficies deberán ser humedecidas antes de recibir el repello y éste tendrá un espesor máximo de 1.5 cms. y será curado durante un período de tres (3) días continuos.

Los repellos al estar terminados deben quedar nítidos, limpios, sin manchas, parejos, a plomo, sin grietas, depresiones e irregularidades y con las esquinas vivas.

No se permitirá el uso de una mezcla que tenga más de 30 minutos de preparada ni el retemplado de las mismas. La arena deberá ser graduada y pasar al tamiz de 1/16".

#### 4.5.2.4 Materiales

El mortero consistirá en una mezcla de una (1) parte de cemento Portland, tres (3) partes de agregado fino en volumen, de consistencia que pueda manejarse fácilmente.

#### 4.5.2.5 Afinado

Para los afinados se utilizará una mezcla de cemento y arena en las siguientes proporciones: una (1) parte de cemento y una (1) de arena graduada, que será cernida en tamiz de 1/64". Los afinados se harán con acabado a liana de metal y para poder efectuar el afinado, la pared debe estar completamente mojada y previamente repellada.

#### 4.5.2.6 Pulidos

Para los pulidos se utilizará pasta de cemento de consistencia trabajable y con un espesor máximo de 1.5 milímetros. Para poder efectuar el pulido la pared debe estar completamente mojada y repellada. La pasta no se podrá reemplar, ni se utilizará cuando tenga más de 30 minutos de preparada, su curado durará tres (3) días.

## 4.6 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC

### 4.6.1 Descripción

Esta especificación se refiere al suministro e instalación de tubería de PVC para el proyecto, de acuerdo a diámetros, características y diseño mostrada en los planos.

### 4.6.2 Materiales

La tubería y accesorios de PVC, para alcantarillado de 100 PSI, deberán satisfacer las normas ASTM-F891, 2241-2265; CS272, con anillo elastómero ASTM D-3212.

### 4.6.3 Juntas

El tipo de junta a utilizar puede ser del tipo de "Junta Rápida" o del tipo "cementada", esto será determinado por el contratante al momento de licitar el proyecto, o si en su defecto es ejecutado directamente por la Alcaldía Municipal, podrá utilizar indistintamente cualquiera de los tipos de tubería.

### 4.6.4 Transporte y almacenamiento

Se deberá efectuar el transporte siguiendo las normas y recomendaciones sobre manejo, embalaje y transporte. En cuanto al almacenamiento deberá ser tal que evite deformaciones o deterioro alguno en las tuberías.

#### 4.6.5 Instalación

La tubería de PVC deberá instalarse de acuerdo a lo indicado en los planos. El fondo de la zanja deberá conformarse cuidadosamente, de manera que la tubería quede apoyada en toda su longitud y no en las campanas o uniones, la rasante deberá quedar libre de piedras o protuberancias para que no entren en contacto con la tubería y la dañen.

Las tuberías PVC deberán instalarse usando herramientas y equipo adecuado de acuerdo a las instrucciones del fabricante, especialmente en lo que se refiere a la limpieza de los extremos, aplicación de lubricantes y el ensamblaje de las juntas.

#### 4.6.6 Relleno de la zanja

Antes de ejecutar la prueba de la tubería se compactará manualmente hasta una altura de 0.30 metros sobre el tubo en la forma ya indicada anteriormente.

Se deberá dejar libres las juntas espiga-campana para observar las posibles fugas, el resto del relleno se ejecutará en forma descrita en el Relleno Compactado.

### 4.7 REMOCION Y REPARACION DE ADOQUINADOS

#### 4.7.1 Descripción

En la remoción de pisos o pavimentos adoquinados, obligada por la construcción de las obras, se deberá retirar los adoquines con el cuidado de no

dañarlos para utilizarlos de nuevo. Se protegerá los adoquines y arena extraída para su reutilización.

Se evitará asimismo que la erosión provocada por la lluvia dañe el adoquinado inalterado. Los adoquines dañados durante la remoción serán sustituidos por nuevos, de calidad y dimensiones iguales a los existentes. Si es necesario utilizar nueva arena para soporte de los adoquines, deberá ser arena limpia, de río que llene los requisitos de granulometría siguientes:

TAMIZ	% QUE PASA
3/8"	100
No. 4	95 - 100
No.16	45 - 80
No. 50	10 - 30
No.100	2 - 10

La arena y tierra para juntas deberá ser material fino y limpio, que llene los requisitos de granulometría siguientes:

TAMIZ	% QUE PASA
No. 8	100
No. 50	15 - 40
No. 100	0 - 10
No. 200	0 - 5

La reconstrucción del adoquinado, se hará como sigue:

- a) Sobre la base preparada, que puede requerir un tratamiento de suelo-cemento de acuerdo a la calidad del pavimento a restituir, se colocará una capa soporte de arena de 25 a 35 mm de espesor; sobre esta capa de

arena se colocarán los adoquines, dejando entre ellos una separación de 5 a 10 mm.

- b) Las juntas se rellenarán utilizando el 60% de arena y al 40% de tierra, según las especificaciones anteriores.
- c) Una vez colocadas y selladas las juntas de los adoquines, es conveniente pasar sobre ellos, ya sea una aplanadora de rodillos metálicos o neumáticos, o en su defecto camiones cargados, hasta conseguir la correcta nivelación y acomodo de los adoquines. Si es necesario con ayuda de un rodillo vibratorio se podrá acomodar el material de sellado de las juntas.
- d) Si el pavimento a restituir tiene juntas ligadas o zulaqueado con mortero o pasta de cemento, el pavimento nuevo deberá cumplir con los mismos requerimientos.
- e) El relleno de las juntas se debe repetir hasta lograr una junta perfecta, necesaria para la estabilización de los adoquines. El piso o pavimento terminado, deberá estar de acuerdo con los niveles indicados en los planos con una tolerancia en más o menos de 5 mm.
- f) En los lugares donde existen depresiones, que sobrepasen la tolerancia indicada, y que se hayan retirado los adoquines y colocados nuevamente, éstos se retirarán corrigiéndose las deficiencias y repitiendo el proceso de construcción indicado.
- g) Una vez finalizados los adoquinados, deberán dejarse limpios y en perfectas condiciones; toda la grasa, polvo y costras, deberán ser removidas cuidadosamente de su superficie. Además, el Contratista

deberá protegerlos de agrietamientos, roturas, y cualquier daño hasta la entrega final de la obra.

- h) Cualquier defecto deberá ser corregido o reemplazado, sin que por ello el Contratista reciba pago adicional alguno.

## 4.8 REMOCION Y REPARACION DE EMPEDRADOS

### 4.8.1 Descripción

En la remoción de empedrados, obligada por la construcción de la obra, se deberá remover el empedrado acopiando las piedras para su reutilización.

El empedrado reparado deberá quedar correctamente nivelado y las piedras debidamente acomodadas, y cuando menos en condiciones similares a las que tenía antes de su remoción.

## 4.9 MAMPOSTERIA DE PIEDRA

### 4.9.1 Generalidades

Los trabajos de mampostería se refieren a la construcción de muro, cabezales, protecciones, cimientos, soportes, canales, etc.

#### 4.9.1.1 Materiales

Las piedras a utilizar tendrán una resistencia a la rotura no inferior a 150 Kgr/cm<sup>2</sup> y deberán estar libres de grietas, aceites, tierra y otros materiales que reduzcan su resistencia e impidan la adherencia del mortero. El tamaño de las piedras no podrá ser menor de 0.20 m por lado (0.008 m<sup>3</sup>), serán

preferiblemente de forma cúbica, pero en caso contrario su lado mayor no podrá ser superior a 1.5 veces el lado menor. En general las piedras serán de cantera y de una dureza que no de un desgaste mayor al 50% al ser sometido a la prueba de Los Ángeles ASSHTO, designación T-96-65 (ASTM C-131-64-T).

El mortero a utilizar tendrá una proporción cemento-arena de 1:4. No se permitirá el uso del mortero que haya permanecido más de 30 minutos sin usar después de haber iniciado su preparación.

#### 4.9.2 Construcción

Las obras de mampostería de piedra se construirán de acuerdo a las dimensiones, elevaciones y pendientes indicadas en los planos.

Las piedras deberán colocarse en tal forma de no provocar planos continuos entre unidades adyacentes. Las juntas tendrán un espesor promedio de 3 cm. En ningún lugar las piedras quedarán en contacto directo. Inmediatamente después de la colocación y mientras el mortero esté fresco, todas las piedras visibles deberán limpiarse de las manchas del mortero y mantenerse limpias hasta que la obra esté terminada. Cualquier trabajo de canteado de las piedra deberá hacerse antes de su colocación en el muro y no se permitirá ningún golpe o martilleo posterior a dicha colocación que pueda aflojar las piedras. La piedra deberá ser bien humedecida antes de recibir el mortero. La mampostería se mantendrá mojada por lo menos 7 días después de terminada.

Donde se especifiquen repellos éstos deberán ajustarse como en paredes, empleando una proporción cemento a arena (1:3). Cuando se trate de un muro de contención deberá dejarse un espacio no menor de 0.50 m entre el corte y la mampostería.

#### 4.10 Prueba hidráulica

La Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), comprobará la correcta instalación y estanqueidad de la tubería, juntas, derivaciones y demás accesorios instalados, aplicando al conjunto una presión hidrostática mínima equivalente a la carga que genera el pozo de mayor nivel con una carga de un metro de profundidad de agua, para lo cual deberá estar taponeado el inferior y así sucesivamente ir probando los diferentes tramos que componen el proyecto, la cual deberá mantenerse sin variación por un lapso no menor de una hora. Durante la prueba, todas las instalaciones sometidas a ella, deberán estar visibles, a excepción de los tramos lisos (sin juntas, derivaciones o accesorios) de la tubería, los cuales deberán tener el relleno inicial (los primeros 30 cms.) con el objeto de darle firmeza al conjunto.

#### 4.11 Memoria descriptiva

El proyecto de alcantarillado sanitario de la Ciudad de Turín comprende la instalación de la red de aguas negras para toda la zona urbana, la cual al momento de ejecutar el presente estudio, carece completamente de éste tipo de infraestructura.

La mayoría de las calles de la zona sur de la ciudad carecen de revestimiento, al contrario de lo que sucede en la zona norte, en la cual la mayor parte están con revestimiento de empedrado fraguado o adoquinado.

Se ha tratado en lo posible, de uniformizar la profundidad a la cual será instalado el colector de aguas negras, en vista de esto se colocará a una profundidad de 1.50 metros sobre el nivel proyectado de rasante.

Toda la tubería a instalarse será de PVC de 100 PSI ya sea de junta rápida o del tipo cementada, a la cual deberá realizarse la debida prueba de hermeticidad, con una carga hidrostática de por lo menos un metro con respecto al pozo de mayor elevación.

Los volúmenes de obra que comprende el proyecto son los siguientes:

#### ZONA SUR

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD
Excavación	13,285.20	m <sup>3</sup>
Compactación	12,620.94	m <sup>3</sup>
Tubería PVC 100 PSI, diámetro 6"	5,103.00	ml
Tubería PVC 100 PSI, diámetro 8"	1,908.50	ml
Cajas de conexión domiciliars 0.6x0.6x0.6 mt	433.00	u
Demolición y reparación de pavimento	394.95	m <sup>2</sup>
Yee-tee	433.00	u
Pozos A.N.	103.00	pozos

#### ZONA NORTE

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD
Excavación	17,275.92	m <sup>3</sup>
Compactación	16,412.12	m <sup>3</sup>
Tubería PVC 100 PSI, diámetro 6"	2,648.50	ml
Tubería PVC 100 PSI, diámetro 8"	6,701.80	ml
Tubería PVC 100 PSI, diámetro 10"	1,606.00	ml
Tubería PVC 100 PSI, diámetro 15"	218.00	ml
Cajas de conexión domiciliars 0.6x0.6x0.6 mt	781.00	u
Demolición y reparación de pavimento	3,514.50	m <sup>2</sup>
Yee-tee	781.00	u
Pozos A.N.	116.00	pozos

La compactación, deberá realizarse garantizando el obtener los porcentajes de compactación establecidos en las especificaciones técnicas, para evitar que el revestimiento de las vías se dañe una vez el proyecto haya sido concluido y esté sometido a carga de servicio de tráfico.

Todos los pozos serán construidos con ladrillos de calavera, repellados y pulidos, garantizando que no tendrán filtraciones de agua. La tapadera de los pozos será de hierro fundido con anillo de metal. No será permitido el sustituir el tipo de tapadera por otra de concreto armado.

Ya que se carece de un estudio de suelos, no se ha podido clasificar el tipo de material presente en la zona donde está ubicada la ciudad, sin embargo por inspección visual se puede observar que el material presenta una regular cantidad de arcilla con importante grado de plasticidad.

Con respecto al nivel freático, se ha observado que está presente a una profundidad de 5 a 6 metros en los meses de julio y agosto, por lo que se considera que no presentará mayor interferencia al momento de ejecutar el proyecto.

# **CAPITULO 5: PRESUPUESTO**

## 5.0 PRESUPUESTO

### 5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Una vez realizado el diseño hidráulico de la red y concluida la depuración de la misma, es necesario realizar la estimación del presupuesto de ejecución de la obra. Por el tamaño del proyecto en la Ciudad de Turín, se considera conveniente el separar el proyecto en la parte norte y la parte sur, delimitadas por la carretera CA-1.

El proceso de cálculo del presupuesto es relativamente sencillo, pero debido al elevado número de tramos y pozos proyectados en la ciudad, el proceso adquiere complejidad.

Para realizar dichos cálculos es conveniente apoyarse de una hoja electrónica que facilite los cálculos matemáticos necesarios para el análisis del presupuesto.

Para la ejecución del presupuesto se han asumido las siguientes consideraciones:

- a) El proyecto será licitado por la Alcaldía del municipio de Turín o alguna institución del gobierno como el Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL) o la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).
- b) Debido a lo anterior se han incluido costos indirectos y utilidad que contempla el proyecto, así como el impuesto del valor agregado (IVA) del valor de las obras, que en la actualidad es del 13%.

- c) El tiempo de ejecución estimado será de un año calendario.
- d) El Contratante deberá realizar la presentación de fianzas por los siguientes conceptos:
- Buena Inversión del Anticipo: 20% del valor del Contrato.
  - Garantía de Cumplimiento del Contrato: 10 % del monto de Contrato.
  - Garantía de Pagos a Terceros: 10% del monto de Contrato.
  - Garantía de Buena Obra: 10% del monto de Contrato por un plazo de un año.

El costo estimado de éstas fianzas es de un valor de 2.5% del valor asegurado (50% del monto del Contrato en total), más el impuesto del IVA.

- e) Se ha considerado que será necesaria una restitución de aproximadamente un 15% del suelo, debido a la alta plasticidad de los suelos presentes en el sector.
- f) En el costo de la compactación se ha considerado el compactar manualmente los primeros 30 centímetros sobre la rasante de tubería y el restante con vibro-compactadoras mecánicas.
- g) Otra consideración importante es que habrá un supervisor de campo de un Laboratorio de Suelos y Materiales reconocido, cuyos honorarios serán cancelados por el Contratista, por lo que su costo está considerado en el presupuesto. La función de este inspector es el de verificar el nivel de compactación de las zanjas, para que se alcance el porcentaje establecido en las especificaciones técnicas.
- h) Los costos de la Supervisión por parte del Contratante no están considerados en éste presupuesto.

- i) Están considerados los costos de una cuadrilla topográfica con su respectivo equipo, durante el plazo de 9 meses calendario.
- j) Se ha realizado una inspección de todas las calles y avenidas de la ciudad, para efectos de corroborar las condiciones de éstas en lo referente al tipo de revestimiento que tienen, identificando dos tipos: de tierra o de empedrado fraguado. Lo anterior para efectos de cálculos en el presupuesto. Es importante el señalar que esta condición puede sufrir variaciones significativas con el paso del tiempo, por lo que al momento de ejecutar el proyecto, se debe realizar una nueva inspección para verificar las condiciones reales de campo en ese momento.
- k) El presupuesto que se presenta es de una forma general, ya que su objetivo es el de indicar cual sería aproximadamente el costo de ejecución de la totalidad del proyecto, bajo las condiciones establecidas. Para un presupuesto más específico, será necesario contar con un estudio de suelos para verificar las condiciones de campo en los sectores más representativos de la ciudad y evaluar las medidas a tomar basado en las condiciones encontradas.
- l) Se ha analizado un crecimiento de la población desde un punto de vista general. La apertura de nuevas calles, requerirá el hacer los ajustes correspondientes del presupuesto.
- m) Se ha considerado un valor por vara cuadrada de los tramos de servidumbre a comprar. Sin embargo este rubro podría sufrir variaciones considerables ante la disponibilidad o indisposición de los propietarios a colaborar.

A continuación se presentan los cálculos respectivos, así como un cuadro resumen de los costos del proyecto.

Costos generales estimados:

PARTIDA	P.U	UNIDAD
Costo Excavación	\$ 5.12	m <sup>3</sup>
Costo Compactación	\$ 6.80	m <sup>3</sup>
Costo Tubería de 6"	\$ 2.71	ml
Costo Tubería de 8"	\$ 3.51	ml
Costo Tubería de 10"	\$ 4.51	ml
Costo Tubería de 12"	\$ 5.51	ml
Costo Tubería de 15"	\$ 6.51	ml
Costo m <sup>2</sup> demolición y reparación	\$ 12.00	m <sup>2</sup>
Costo Cajas de Conexión 0.60x0.60x0.60 m	\$ 40.71	unidad
Costo de Yee-Tee	\$ 4.00	unidad

Costos sin IVA y sin indirectos.

Costo de Pozo de Aguas Negras (Para un pozo de 1.50 m de altura)

Costos sin IVA y sin indirectos:

Partida	Cantidad	Unidad	P.U	Subtotal
Tapadera hierro fundido:	1.00	unidad	\$ 96.08	\$ 96.08
Fundación (0.4 m, piedra):	1.07	m <sup>3</sup>	\$ 80.00	\$ 85.60
Excavación	4.71	m <sup>3</sup>	\$ 5.12	\$ 24.12
Cono (0.60 metro lineal)	0.60	ml	\$ 105.00	\$ 63.00
Broquel de pozo	1.00	sg	\$ 45.00	\$ 45.00
Repello y pulido de pozo	1.00	sg	\$ 50.00	\$ 50.00
Compactación laterales pozo	1.00	sg	\$ 25.00	\$ 25.00
Cilindro (depende altura pozo)				
Para un pozo h= 1.50 m altura	0.90	ml	89	\$ 80.10

Costo promedio pozo	\$ 468.90
---------------------	-----------

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA CIUDAD DE TURÍN  
CÁLCULO DE INDIRECTOS

FECHA: ENERO 2005

TRANSPORTE

DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO/ALQUILER	SUBTOTAL	TOTAL
PICK UP	12	MESES	\$250.00	\$3,000.00	
COMBUSTIBLE	12	MESES	\$500.00	\$6,000.00	
					\$9,000.00

EQUIPO

DETALLE	CANTIDAD		PRECIO/ALQUILER	SUBTOTAL	TOTAL
CONCRETERA DE 1 BOLSA	12	MESES	\$350.00	\$4,200.00	
ESTACIÓN TOTAL	12	MESES	\$250.00	\$3,000.00	
NIVEL FIJO (2 UNIDADES)	12	MESES	\$150.00	\$1,800.00	
GENERADOR SOLDADOR	2	MESES	\$850.00	\$1,700.00	
COMPACTADORAS (6 UNIDADES)	12	MESES	\$1,450.00	\$17,400.00	
					\$28,100.00

SEGURIDAD INDUSTRIAL Y MATERIAL VARIO

DETALLE	CANTIDAD		PRECIO	SUBTOTAL	TOTAL
PLASTICO	25	ROLLOS	\$60.00	\$1,500.00	
CASCOS	50	U	\$5.50	\$275.00	
GUANTES	25	PARES	\$6.50	\$162.50	
BOTAS DE HULE PUNTA DE METAL	18	PARES	\$26.08	\$469.35	
BOTAS PUNTA DE HULE	50	PARES	\$8.00	\$400.00	
MASCARILLAS	100	UNIDADES	\$0.50	\$50.00	
BOTIQUIN	2	U	\$150.00	\$300.00	
CINTAS PELIGRO	50	ROLLOS	\$4.00	\$200.00	
					\$3,356.85

HERRAMIENTAS

DETALLE	CANTIDAD		PRECIO	SUBTOTAL	TOTAL
PALAS	150	U	\$4.00	\$600.00	
PIOCHAS	150	U	\$4.00	\$600.00	
ALMADANAS	12	U	\$4.57	\$54.86	
MARTILLOS	12	U	\$2.86	\$34.29	
BALDES	150	U	\$1.74	\$261.00	
CARRETILLA	75	U	\$28.00	\$2,100.00	
					\$3,650.14

## INSTALACIONES PROVISIONALES

DETALLE	CANTIDAD		PRECIO	SUBTOTAL	TOTAL
BODEGA	1	SG	\$1,500.00	\$1,500.00	
OFICINA SUPERVISION, RESID, LABORA.	1	SG	\$1,000.00	\$1,000.00	
PLANTEL	12	MESES	\$150.00	\$1,800.00	
CASA DORMITORIO TRABAJADORES	12	MESES	\$80.00	\$960.00	
CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA	12	MESES	\$50.00	\$600.00	
CONSUMO DE AGUA TRABAJADORES	12	MESES	\$50.00	\$600.00	
				SUBTOTAL	\$6,460.00

## ADMINISTRACION DE CAMPO

	UNIDAD	CANTIDAD	# PERSONAS	UNITARIO	SUBTOTAL
INGENIERO RESIDENTE	MES	12	1	\$900.00	\$10,800.00
CONTROL DE LABORATORIO	MES	12	1	\$1,100.00	\$13,200.00
MAESTRO DE OBRA	MES	12	1	\$600.00	\$7,200.00
CAPORALES	MES	12	1	\$350.00	\$4,200.00
BODEGUERO	MES	12	1	\$300.00	\$3,600.00
CHEQUERO	MES	12	1	\$237.00	\$2,844.00
VIGILANTES	MES	12	2	\$237.00	\$5,688.00
AUXILIARES, PEONES, MIL USOS (6 U)	MES	12	6	\$237.00	\$17,064.00
				SUBTOTAL	\$40,596.00

## FIANZAS

DETALLE	CANTIDAD		PRECIO	SUBTOTAL	TOTAL
FIANZAS	1	SG	\$10,325.00	\$10,325.00	\$10,325.00
				SUBTOTAL	\$10,325.00

## UTILIDAD

DETALLE	CANTIDAD		PRECIO	SUBTOTAL	TOTAL
UTILIDAD	1	SG	\$45,000.00	\$45,000.00	\$45,000.00
				SUBTOTAL	\$45,000.00

RESUMEN	
	SUBTOTAL
TRANSPORTE	\$9,000.00
EQUIPO	\$28,100.00
SEGURIDAD INDUST. Y MATERIAL VARIO	\$3,356.85
HERRAMIENTAS	\$3,650.14
INSTALACIONES PROVISIONALES	\$6,460.00
FIANZAS Y SEGUROS	\$10,325.00
UTILIDAD	\$45,000.00
ADMINISTRACION DE CAMPO	\$40,596.00
	TOTAL \$146,487.99
	INIDIRECTOS P/ LOTE CIUDAD DE TURÍN \$121.06

PRESUPUESTO ESTIMADO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
DE LA CIUDAD DE TURÍN. DEPARTAMENTO DE AHUACHAPAN  
CUADRO RESUMEN

ZONA SUR DE LA CIUDAD (Delimitada por carretera CA-1)

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	P.U	SUBTOTAL
EXCAVACIÓN	13,220.10	m <sup>3</sup>	\$ 4.90	\$ 64,778.49
COMPACTACIÓN	12,823.50	m <sup>3</sup>	\$ 6.80	\$ 87,135.66
TUBERÍA PVC 100 PSI, DIÁMETRO 6"	6,966.50	ml	\$ 5.83	\$ 40,614.70
TUBERÍA PVC 100 PSI, DIÁMETRO 8"	1,908.50	ml	\$ 8.33	\$ 15,897.81
CAJAS CONEXIÓN DOMICILIARES 0.6X0.6X0.6 MT	433.00	u	\$ 40.71	\$ 17,627.43
DEMOLICIÓN Y REPARACIÓN DE PAVIMENTO	394.95	m <sup>2</sup>	\$ 12.00	\$ 4,739.40
YEE-TEE	433.00	u	\$ 4.00	\$ 1,732.00
POZOS A.N.	102.00	pozos	\$ 468.90	\$ 47,828.15
	COSTO DIRECTOS			\$ 280,353.64
	INDIRECTOS 19.80%			\$ 55,512.96
	IVA 13.00%			\$ 43,662.66
	TOTAL			\$ 379,529.26

ZONA NORTE DE LA CIUDAD (Delimitada por carretera CA-1)

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	P.U	SUBTOTAL
EXCAVACIÓN	17,239.31	m <sup>3</sup>	\$ 4.90	\$ 84,472.61
COMPACTACIÓN	16,722.13	m <sup>3</sup>	\$ 6.80	\$ 113,626.86
TUBERÍA PVC 100 PSI, DIÁMETRO 6"	5,922.50	ml	\$ 5.83	\$ 34,528.18
TUBERÍA PVC 100 PSI, DIÁMETRO 8"	6,701.80	ml	\$ 8.33	\$ 55,825.99
TUBERÍA PVC 100 PSI, DIÁMETRO 10"	1,606.00	ml	\$ 11.67	\$ 18,742.02
TUBERÍA PVC 100 PSI, DIÁMETRO 15"	218.00	ml	\$ 21.20	\$ 4,621.60
CAJAS CONEXIÓN DOMICILIARES 0.6X0.6X0.6 MT	777.00	u	\$ 40.71	\$ 31,631.67
DEMOLICIÓN Y REPARACIÓN DE PAVIMENTO	3,694.65	m <sup>2</sup>	\$ 12.00	\$ 44,335.80
YEE-TEE	777.00	u	\$ 4.00	\$ 3,108.00
CAJAS C-1 Y C-2	2.00	u	\$ 360.00	\$ 720.00
POZOS A.N.	116.00	pozos	\$ 468.90	\$ 54,392.80
VIGA CANAL	32.00	ml	\$ 160.00	\$ 5,120.00
PROTECCIÓN DE TUBERÍAS	104.00	ml	\$ 80.00	\$ 8,320.00
	COSTO DIRECTOS			\$ 459,445.53
	INDIRECTOS 19.80%			\$ 90,975.03
	IVA 13.00%			\$ 71,554.67
	TOTAL			\$ 621,975.24

## COSTOS ESTIMADOS DE DERECHOS DE PASO DE SERVIDUMBRES

### TERRENO URBANO

Costo por v<sup>2</sup> estimado: \$ 50.00

TRAMO	LONGITUD	UNIDAD	ÁREA (v <sup>2</sup> )	COSTO
Tramo entre pozo 29 a pozo 30 (3 mt ancho)	18.00	ml	77.26	\$ 3,863.16
Tramo entre pozo 59 a pozo 60 (3 mt ancho)	21.00	ml	90.14	\$ 4,507.02
SUBTOTAL				\$ 8,370.18

### TERRENO RUSTICO

Costo por v<sup>2</sup> estimado: \$ 10.00

TRAMO	LONGITUD	UNIDAD	ÁREA (v <sup>2</sup> )	COSTO
Tramo entre pozo 134-A a pozo 195 (3 mt ancho)	522.00	ml	2,240.63	\$ 22,406.33
Tramo entre pozo 147 a pozo 222	100.00	ml	429.24	\$ 4,292.40
Tramo entre pozo 195 a pozo 225	160.00	ml	686.78	\$ 6,867.84
Tramo entre pozo 155A a pozo 171	169.00	ml	725.42	\$ 7,254.16
Tramo entre pozo 157A a pozo 158A	22.00	ml	94.43	\$ 944.33
SUBTOTAL				\$ 41,765.05

TOTAL ESTIMADO SERVIDUMBRES:	\$ 50,135.23
------------------------------	--------------

### RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO POR ZONAS

	MONTO	%
SECTOR SUR	\$ 379,529.26	36.09%
SECTOR NORTE	\$ 621,975.24	59.14%
ADQUISICION DE FRANJAS DE SERVIDUMBRES	\$ 50,135.23	4.77%
GRAN TOTAL ESTIMADO PROYECTO:	\$ 1,051,639.73	100.00%

**CAPITULO 6:  
CONCLUSIONES  
Y RECOMENDACIONES**

## 6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

Una vez finalizado el diseño de la red de alcantarillado para la Ciudad de Turín, se puede concluir:

- a) Que la implementación del presente proyecto es importante debido a que con él se mitigarán los impactos negativos generados por las aguas residuales producto de la actividad humana.
- b) Que el diseño cubre las expectativas con las cuales fue planteado en la etapa inicial, debido a que da cobertura a la totalidad de la zona urbana.
- c) Que el diseño de la red se ha logrado desarrollar de tal forma que trabaje enteramente por gravedad, sin necesidad de elementos de rebombeo en ningún punto. Esto es importante debido a que el proyecto es con orientación estrictamente social, por lo que los costos juegan un papel sumamente importante para su viabilidad de ejecución y mantenimiento futuro
- d) Que se ha logrado cubrir la totalidad de las viviendas existentes en todos los sectores del área urbana de la ciudad, proporcionando el suficiente margen de seguridad ante el posible incremento de la población futura.

- e) Que el punto adecuado para la construcción de la planta depuradora de aguas residuales está ubicado 150 metros aguas abajo del límite urbano nor-poniente de la ciudad, ya que en ese lugar pueden ser colectadas por gravedad la totalidad de las aguas residuales, permitiendo construir una infraestructura que funcione sin necesidad de rebombeo, lo que abaratará los costos de operación y mantenimiento de las instalaciones.
  
- f) Que por la topografía particular de la ciudad, se hace estrictamente necesario el contar con los derechos de servidumbre para evacuar hasta un sólo punto los caudales de la zona norte del proyecto. Si no fuera factible el lograr dichos derechos, se hará necesario el rediseñar la red y el construir dos plantas depuradoras de aguas negras o en su defecto, el dejar un porcentaje importante de la ciudad (zona nor-poniente), sin la cobertura de servicio de aguas negras.
  
- g) Que en lo referente a los cálculos hidráulicos, algunos tramos específicos no cumplen con la velocidad real mínima permitida, sin embargo en estos ramales rige el diámetro mínimo o la pendiente mínima permitida. Esto sucede por la poca cantidad de viviendas que existen en la actualidad en los mencionados tramos, lo cual podría variar sustancialmente en el futuro con la construcción de nuevas viviendas que se incorporarían a la red.

- h) Que el presupuesto estimado de las obras es para el período en el cual se ha desarrollado este estudio, por lo que tendría que ser ajustado en el futuro al momento de realizar el proyecto.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- a) Como complemento del presente trabajo de graduación, se recomienda que otro grupo de estudiantes desarrollen el diseño de la planta depuradora de aguas residuales.
- b) Así mismo es necesario que se desarrolle el diseño de la red de aguas lluvias, ya que sería recomendable el tomar en cuenta éste estudio al momento de desarrollar la otra red para efectos de evitar interferencias fácilmente previsible.
- c) Es necesario considerar que si el proyecto se llegase a ejecutar en etapas, se debe de comenzar por la zona norte, iniciando por la tubería de descarga general de 15".
- d) Se recomienda respetar los diámetros y pendientes establecidas en el diseño, pues cualquier variación cambiará las condiciones hidráulicas del diseño, lo que podría originar rebalses en la red u obstrucciones en sectores específicos.

- e) En la totalidad de las calles y avenidas, pero sobre todo en las que no existe cordón definido, se debe de respetar el alineamiento planimétrico de la red, pues se encuentra normado en ANDA y si se cambia, lo más probable es que la red no sea recibida o habilitada.
  
- f) Se recomienda realizar un estudio de suelos, previo al inicio de la construcción de la red.
  
- g) Se recomienda construir la planta de aguas residuales en la zona establecida en el presente estudio, dejando el tramo comprendido entre el pozo 226 al 227 como un sistema de by-pass o derivador, ante cualquier eventualidad de mal funcionamiento de la planta de tratamiento.