

UNIVERSIDAD DON VASCO, A. C.

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

DISEÑO DE LA RED GENERAL DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL COLECTOR PLUVIAL “LÁZARO CÁRDENAS” DE LA CIUDAD DE URUAPAN, MICH.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

presenta:

Jesús Alberto López Malfavón.

Asesor: I.C. Guillermo Navarrete Calderón.

Uruapan, Michoacán, Marzo del 2010.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS

- Doy gracias a Dios, por haberme dado la fuerza para realizar mis estudios y lograr este trabajo, por permitirme terminar mi carrera universitaria y más que nada por darme la vida y poder compartir con mi familia y amigos esta gran etapa en mi vida.

A MIS PADRES

- Doy gracias a mis padres, Armando López Acosta y Micaela Malfavón Ayala por ser mi mayor ejemplo a seguir, por su amor incondicional, por su gran apoyo y comprensión a lo largo de mi vida. Esto es por ustedes y para ustedes: LOS AMO.

A MIS HERMANOS

- Doy gracias a mis hermanos Eduardo Armando y Abdul Alejandro por todos los consejos que me brindaron para la terminación de mi carrera, por tenerme esa gran paciencia y por el apoyo que me han dado en la vida. Los quiero mucho hermanos.

A LA UNIVERSIDAD DON VASCO

- Gracias a la escuela de Ingeniería Civil por abrirme las puertas para la realización de mis estudios, a mis asesores por guiarme y llevarme hasta donde estoy, por sus grandes enseñanzas y apoyo a lo largo de mi carrera.

INDICE.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.....	1
Planteamiento del Problema.....	3
Objetivos.....	4
Pregunta de Investigación.....	5
Justificación.....	6
Marco de Referencia.....	7

CAPÍTULO 1. ALCANTARILLADO PLUVIAL.

1.1. Breve descripción del alcantarillado pluvial.....	9
1.2. Sistemas de alcantarillado pluvial.....	10
1.2.1. Alcantarillado pluvial particular.....	10
1.2.2. Alcantarillado pluvial general particular.....	10
1.2.3. Alcantarillado pluvial municipal.....	11
1.3. Reuso del agua proveniente del alcantarillado pluvial.....	11
1.4. Componentes del alcantarillado pluvial.....	12
1.4.1. Estructuras de captación.....	14
1.4.2. Obras de conducción	16
1.4.2.1. Conductos prefabricados.....	17
1.4.2.2. Conductos construidos en lugar o in situ.....	18
1.4.3. Estructuras de conexión y mantenimiento.....	19
1.4.4. Estructuras de descarga.....	20

1.4.4.1.	Estructuras de descarga en conducto cerrado.....	20
1.4.4.2.	Estructuras de descarga en canal a cielo abierto.....	21
1.4.5.	Obras complementarias.....	21
1.4.5.1.	Estaciones de bombeo.....	21
1.4.5.2.	Vertedores.....	22
1.4.5.3.	Estructuras de cruce.....	22
1.4.6.	Disposición final.....	25

CAPÍTULO 2. DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.

2.1.	Planeación del sistema de alcantarillado.....	28
2.1.1.	Recopilación de la información básica.....	28
2.1.2.	Definición de cuencas.....	30
2.1.3.	Ubicación de estructuras de descarga.....	31
2.1.4.	Posibilidades de reuso.....	31
2.1.5.	Datos básicos de proyecto.....	31
2.2.	Trazo de la red de alcantarillado pluvial.....	32
2.2.1.	Configuraciones de un sistema de alcantarillado.....	32
2.3.	Ubicación de bocas de tormenta (o coladeras pluviales).....	35
2.4.	Colectores y emisores.....	39
2.5.	Condiciones óptimas de diseño y de funcionamiento hidráulico.....	39
2.6.	Diseño hidráulico de la red de alcantarillado pluvial.....	46
2.6.1.	Diseño de colectores (red primaria).....	47
2.6.2.	Diseño de emisores.....	48

2.7.	Elaboración del proyecto.....	48
2.8.	Memoria descriptiva.....	49
2.9.	Planos constructivos.....	49

CAPÍTULO 3. RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN.

3.1.	Generalidades.....	51
3.1.1.	Objetivo.....	51
3.1.2.	Alcance del proyecto.....	52
3.2.	Resumen ejecutivo.....	52
3.3.	Entorno geográfico.....	54
3.3.1.	Macrolocalización.....	54
3.3.2.	Microlocalización.....	55
3.3.3.	Topografía regional y de la zona del proyecto.....	56
3.3.4.	Geología regional y de la zona del proyecto.....	57
3.3.5.	Hidrología regional y de la zona del proyecto.....	58
3.4.	Informe fotográfico.....	60
3.5.	Alternativas de solución.....	67

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA.

4.1.	Método empleado.....	68
4.1.1.	Método matemático.....	68
4.1.2.	Método analítico.....	69
4.2.	Enfoque de la investigación.....	70

4.2.1. Alcance.....	70
4.3. Diseño de la investigación.....	71
4.3.1. Investigación transversal.....	72
4.4. Instrumentos de recopilación de datos.....	72
4.5. Descripción del procedimiento de investigación.....	74

CAPITULO 5. ANÁLISIS DE DATOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

5.1. Datos básicos de pluviómetros y pluviógrafos.....	76
5.2. Intensidad de lluvia.....	78
5.3. Coeficiente de escurrimiento.....	79
5.4. Estimación de gastos.....	80
5.5. Elaboración del proyecto pluvial del colector “Lázaro Cárdenas”.....	83
5.5.1. Cálculo hidráulico de la red.....	83
5.5.2. Memoria descriptiva.....	85

CONCLUSIONES.....	89
--------------------------	-----------

BIBLIOGRAFA.....	93
-------------------------	-----------

ANEXOS

INTRODUCCIÓN.

Antecedentes.

Se le denomina alcantarillado o red de alcantarillado al sistema de tuberías y estructuras utilizados para el transporte de aguas residuales (alcantarillado sanitario), o aguas generada por la lluvia (alcantarillado pluvial), éste transporte es desde el lugar donde se generan hasta el sitio donde se vierten a algún cauce o son tratadas en alguna planta tratadora de aguas.

Las redes de alcantarillado tienen su origen en los primeros asentamientos humanos.

La concentración demográfica genera la necesidad de construir estructuras que faciliten la vida humana, tales como viviendas, espacios públicos, sistemas de abastecimiento, ciudades, etc. En sí, las ciudades son el conjunto de respuestas a necesidades de la comunidad, que a su vez generan necesidades nuevas. El alcantarillado es la respuesta de los primeros problemas de evacuación de avenidas de agua y residuos de las ciudades.

En la época romana, era normal el uso de redes de alcantarillado, con la creación de cloacas, y cabe decir que la civilización romana fue pionera no solo en el uso y disfrute del agua, sino también en la necesaria evacuación de la misma.

En tiempos más recientes las ciudades retomaron con fuerza el uso del alcantarillado, pero no se introdujo como aumento de la comodidad o para una mejor forma de vida. Fue hasta 1832, cuando Europa fue invadida por el cólera, cuando las

personas tuvieron miedo de la enfermedad infecciosa asiática y presionaron a los administradores públicos a que empezaran a ejecutar programas de alcantarillado.

Existe en la Universidad Don Vasco A.C. una tesis relacionada con el tema de la presente investigación, la cual tiene como título “DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL EN EL SECTOR CENTRO-SUR EN LA CIUDAD DE URUAPAN MICH.”, publicada en julio de 2002, sus autores son José Alberto Sánchez Arriaga y José Luis Arellano Naranjo, ellos plantean en su objetivo general establecer una línea de drenaje pluvial en la zona centro sur de la ciudad de Uruapan Mich. que proporcione un suficiente desalojo del agua de lluvia, ya que actualmente no se cuenta con este sistema, lo cual ocasiona grandes inundaciones a las familias que habitan en ésta zona, así como a las calles aledañas. En dicha tesis se plantea la solución al problema, se estudia y se interpretan los resultados, estos datos son tomados como conclusión y solución final.

Planteamiento del problema.

Uruapan es la segunda ciudad más importante en el estado de Michoacán después de Morelia, contando con 279,229 habitantes (según censo del INEGI DE 2005), conformándose a lo largo de los años por habitantes de pueblos vecinos, principalmente de “La Tierra Caliente y La Meseta Purépecha”.

Es un importante punto de reunión, donde se realizan diversas actividades entre las cuales destacan el comercio, la gastronomía y la cultura en todas sus representaciones (música, danza, pintura, entre otras); actividades que requieren de algún tipo de transporte, ya sea particular o de cualquier servicio público.

El crecimiento acelerado de la población de Uruapan hace que sean insuficientes las avenidas por las que transitan los vehículos, además las lluvias que caen en la ciudad necesitan ser desalojadas para evitar inundaciones y estancamiento del agua en las avenidas transitadas.

Al reflexionar a fondo sobre el problema de inundaciones y estancamiento del agua pluvial, se hace necesario el correcto y eficiente desalojo de la misma, ya que actualmente aunque se cuente con redes de alcantarillado, no es suficiente la capacidad de éstas para el desalojo del agua en avenidas principales de la ciudad de Uruapan, Mich.

Es ahora el momento cuando el diseñador y el usuario tienen contacto directo con el problema y se hace necesario diseñar y revisar una red de alcantarillado para evitar y corregir el problema de inundación y estancamiento del agua pluvial.

Objetivos.

Objetivo general.

Diseñar la red de alcantarillado denominada Colector Pluvial "Lázaro Cárdenas" en la ciudad de Uruapan, Mich., para evitar inundaciones y estancamientos de agua pluvial en la Avenida Lázaro Cárdenas y algunas de las calles perpendiculares a ésta.

Objetivos particulares.

- En base a la evaluación de los problemas actuales de inundación, diseñar una red de alcantarillado que elimine dichos problemas, que pueden ser de taponamiento en las alcantarillas generado por basura, o más aun, niveles topográficos alterados por el reencarpetamiento de las calles.
- Solucionar por completo el problema de inundación y estancamiento del agua pluvial en el lugar, permitiendo a personas y vehículos transitar con mayor seguridad y comodidad.

Pregunta de investigación.

El problema de inundación y estancamiento de agua pluvial en la ciudad de Uruapan, Mich., se ha venido agrandando al paso de los años.

La avenida Lázaro Cárdenas es una avenida por la cual transitan grandes números de personas y vehículos que tienen dificultades cuando se presentan lluvias de mediana a gran intensidad, es por esto que se plantea la siguiente pregunta:

¿El cálculo y revisión de la red de alcantarillado del tramo en estudio, es el adecuado en términos técnicos, económicos y sobre todo funcionales para los usuarios?

Justificación.

La presente investigación tiene como objeto diseñar y revisar el sistema de alcantarillado en una de las avenidas más transitadas de la ciudad de Uruapan, Mich.

Cabe mencionar que se tendrán grandes ventajas con la realización de este trabajo, tales como calles más limpias, seguras y sin inundaciones de agua pluvial.

Además, se beneficiarán:

- La comunidad en general, ya que podrán transitar con mayor comodidad por esta avenida, sin tener que esperar que disminuya el nivel de agua para poder hacerlo.
- Los estudiantes de ingeniería civil, por que con este trabajo tendrán una fuente más de consulta en el área de redes de alcantarillado.
- La ingeniería civil en general, ya que se planteará la solución a uno de los mayores problemas de la ciudad de Uruapan Mich., generando con esto mayor interés en el estudio de la misma.
- Los conductores de vehículos que transitan por esa zona, ya que les resultará más eficiente el uso de las mismas, reduciendo tiempos de traslado y haciendo más seguro su recorrido.

Se sabe que Uruapan es la segunda ciudad más grande del estado de Michoacán y tiene gran movimiento de personas, razón muy importante del por qué se pretende desarrollar el presente trabajo.

Marco de Referencia.

Según la página electrónica www.wikipedia.org Uruapan es la segunda ciudad más importante del estado de Michoacán. Es famosa por su clima templado, exuberante vegetación y por la gran producción anual de aguacate con calidad de exportación, razón por la cual se le conoce también como “La capital mundial del aguacate”. Se considera también el punto de unión entre tierra caliente y la meseta Purépecha. Su nombre oficial es Uruapan del Progreso, aunque no es común referirse así a ella.

Ahora bien, según ([http://es.wikipedia.org/wiki/Uruapan_\(municipio\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Uruapan_(municipio))) Uruapan está inmersa en el eje neo volcánico mexicano, al centro-occidente del estado de Michoacán, tiene una extensión territorial total de 954.17 km². Limita con los municipios de Los Reyes, Charapan, Paracho, Nahuatzen, Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan, Nuevo Urecho, Gabriel Zamora, Parácuaro, Nuevo Parangaricutiro, Tancítaro y Peribán.

Sus principales accidentes orográficos son el cerro de la Cruz, de la Charanda y de Jicalán. Su principal sistema hidrográfico es el río Cupatitzio, el cual nace dentro de la ciudad y del cual se obtiene la mayor parte del agua potable que se utiliza en la ciudad. Y el río Santa Bárbara que nace en la presa de Caltzontzin y cruza el oriente de la ciudad. Ambos pertenecen a la cuenca del Río Tepalcatepec y este a su vez a la región hidrográfica del Río Balsas.

De acuerdo con los resultados del Censo de Población y Vivienda de 2005 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, el municipio de Uruapan tiene una

población total de 279,229 habitantes, de los cuales 134,583 son hombres y 144,646 son mujeres; por lo cual su índice de población masculina es del 48.2%, el 31.8% de la población es menor de los 15 años de edad, y el 61.6% de la población se encuentra entre los 64 y los 15 años de edad; el 93.7% de los habitantes viven en localidades superiores a los 2,500 habitantes que por tanto son consideradas urbanas y el 6.5% de la población de 5 años o más habla alguna lengua indígena.

CAPÍTULO 1

ALCANTARILLADO PLUVIAL.

En la mayoría de las ciudades se tiene la necesidad de evacuar las aguas de lluvia para evitar que se inunden las viviendas, los comercios, las industrias y otras áreas de interés.

Por otra parte, la construcción de edificios, casas, calles, estacionamientos y otros, modifican el entorno natural en que habita el hombre y, tiene como algunas de sus tantas consecuencias, la creación de superficies poco permeables (que favorece la presencia de una mayor cantidad de agua sobre el terreno) y la eliminación de los cauces naturales (que reduce la capacidad de desalojo de las aguas pluviales y residuales).

Así, la urbanización incrementa los volúmenes de agua de lluvia que escurren superficialmente, debido a la impermeabilidad de las superficies de concreto y pavimento. Por ello, las conducciones artificiales para evacuar el agua son diseñadas con mayor capacidad que la que tienen las corrientes naturales existentes.

1.1. Breve descripción del alcantarillado pluvial.

El alcantarillado tiene como su principal función la conducción de aguas residuales y pluviales en forma unitaria o combinada, hasta sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de poblaciones de donde provienen o a las cercanas.

Un sistema de alcantarillado pluvial está constituido por una red de conductos e instalaciones pluviales complementarias que permiten la operación, mantenimiento y reparación del mismo. Su objetivo es la evacuación de las aguas pluviales, que escurren sobre las calles y avenidas, evitando con ello su acumulación y propiciando el drenaje de la zona a la que sirven. De este modo se impide la generación de daños materiales y la propagación de enfermedades relacionadas con las aguas contaminadas.

1.2. Sistemas de alcantarillado pluvial.

Dependiendo del uso del sistema de alcantarillado este se divide en 3, los cuales son:

1.2.1. Alcantarillado pluvial particular.

A este alcantarillado se considera como la red de instalaciones pluviales que se encuentran dentro de un predio, finca o edificio que capta y conduce los escurrimientos pluviales que se generan dentro del mismo, hasta disponerles en un sistema de infiltración y/o a otro cauce o tubería dentro de los límites de la propiedad.

1.2.2. Alcantarillado pluvial general particular.

Este alcantarillado, es la red que capta y conduce los escurrimientos de aguas pluviales que ocurren dentro de las áreas comunes de los conjuntos habitacionales, centros comerciales, fraccionamientos privados, etc., hasta disponerlos en un sistema de infiltración y/u otro cauce o tubería dentro de los límites de la propiedad.

1.2.3. Alcantarillado pluvial municipal.

Es el sistema o red que capta y conduce las aguas pluviales que ocurren en su gran mayoría sobre las vialidades de alguna zona metropolitana, disponiéndolas en sistemas de infiltración y/o hasta las diferentes descargas sobre los cuerpos de agua naturales existentes.

1.3. Reuso del agua proveniente del alcantarillado pluvial.

El uso racional del agua implica emplearla eficientemente en las diversas actividades del hombre, disminuir su desperdicio y contaminación. Esto anterior es lo que en México se ha denominado la cultura del agua. La base de todo esto consiste en fomentar en la población, industria y autoridades la conciencia de que el agua es limitada en su disponibilidad, ya sea por la cantidad o por la calidad que se requiere. Por ello, debe usarse adicionalmente este recurso, conservando las fuentes y evitando su deterioro.

El agua de lluvia puede ser utilizada con un tratamiento ligero o incluso sin tratamiento, cuando se cuenta con las estructuras necesarias de conducción y almacenamiento sin alterar lo más mínimo su calidad. El empleo del agua pluvial puede ser muy provechoso en las zonas urbanas, sin embargo, requiere de obras y el establecimiento de normas adicionales de operación. En resumen, es importante que el profesional encargado de diseñar los sistemas de alcantarillado modernos considere en sus proyectos el empleo del agua de lluvia.

Un aspecto importante, que no se puede pasar por alto, se refiere a la recarga artificial de acuífero. Lo cual es fundamental en los lugares donde la escasez del líquido ha provocado la sobreexplotación de los mantos acuíferos, lo que está agotando la fuente subterránea, deteriorando la calidad de agua o produciendo hundimientos del terreno.

También es importante mencionar, que las aguas generadas por las primeras tormentas no podrán ser aprovechadas ya que contienen los residuos sólidos que son el resultado del lavado principalmente de las calles y que contienen un alto grado de contaminación.

1.4. Componentes del alcantarillado pluvial.

Los componentes principales de un sistema de alcantarillado pluvial son los siguientes:

- a) Estructuras de captación. Recolectan las aguas a transportar; en los sistemas de alcantarillado pluvial se utilizan sumideros o bocas de tormenta como estructuras de captación, aunque también pueden existir conexiones domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que cae en techos y patios. En los sumideros (ubicados convenientemente en sitios bajos del terreno y a cierta distancia en las calles) se coloca una rejilla o coladera para evitar el ingreso de objetos que obstruyan los conductos, por lo que son conocidas como coladeras pluviales.
- b) Estructuras de conducción. Transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia sitios de tratamiento o vertido. Representan la

parte medular de un sistema de alcantarillado y se forman con conductos cerrados y abiertos conocidos como tuberías y canales, respectivamente.

- c) Estructuras de conexión y de mantenimiento. Facilitan la conexión y mantenimiento de los conductos que forman la red de alcantarillado, pues además de permitir la conexión de varias tuberías, incluso de diferente diámetro o material, también disponen del espacio suficiente para que un hombre baje hasta el nivel de las tuberías y maniobre para llevar a cabo la limpieza e inspección de los conductos. Tales estructuras son conocidas como pozos de visita.
- d) Estructuras de descarga. Son estructuras terminales que protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado, pues evitan posibles daños al último tramo de tubería que pueden ser causados por la corriente a donde descarga el sistema o por el propio flujo de salida de la tubería.
- e) Instalaciones complementarias. Se considera dentro de este grupo a todas aquellas instalaciones que no necesariamente forman parte de todos los sistemas de alcantarillado, pero que en ciertos casos resultan importantes para su correcto funcionamiento. Entre ellas se tiene a las plantas de bombeo, plantas de tratamiento, estructuras de cruce, vasos de regulación y de detención, disipadores de energía, etc.
- f) Disposición final. La disposición final de las aguas captadas por un sistema de alcantarillado no es una estructura que forme parte del mismo; sin embargo, representa una parte fundamental del proyecto de alcantarillado. Su importancia radica en que si no se define con anterioridad a la construcción

del proyecto el destino de las aguas residuales o pluviales, entonces se pueden provocar graves daños al medio ambiente e incluso a la población servida o a aquella que se encuentra cerca de la zona de vertido.

A continuación se detallarán un poco más las características de cada uno de los componentes antes mencionados.

1.4.1. Estructuras de captación.

Consisten en bocas de tormenta, que son las estructuras que recolectan el agua que escurre sobre la superficie del terreno y la conducen al sistema de atarjeas. Se ubican a cierta distancia en las calles con el fin de interceptar el flujo superficial, especialmente aguas arriba del cruce de calles y avenidas de importancia; también se les coloca en los puntos bajos del terreno, donde pudiera acumularse el agua.

Están constituidas por una caja que funciona como desarenador donde se depositan los sólidos en suspensión que arrastra el agua y por una coladera con su estructura de soporte que permite la entrada del agua de la superficie del terreno al sistema de la red de atarjeas mediante una tubería de concreto a la que se le denomina albañal pluvial. La coladera evita el paso de basura, ramas y otros objetos que pudieran taponar los conductos de la red. Existen varios tipos de bocas de tormenta, a los cuales se acostumbra llamarles coladeras pluviales: las de piso, de banqueta, combinadas, longitudinales y transversales.

Las coladeras de piso se instalan formando parte del pavimento al mismo nivel de su superficie y las de banqueta se construyen formando parte de la guarnición.

Cuando se requiere captar mayores gastos, puede hacerse una combinación de ambas. Las coladeras longitudinales son un tipo especial de las de banqueta.

La selección de alguna de ellas o de alguna de sus combinaciones depende exclusivamente de la pendiente longitudinal de las calles y del caudal por recolectar. En ocasiones, se les combina con una depresión del espesor del pavimento para hacerlas más eficientes.



FIGURA 1.1 Tipos de bocas de tormenta o coladeras pluviales (ASCE, 1992).

Tipo (mxm)	Prof. de Declive ó Peralte (cm.)	Pendiente del Pavimento (%)				Ø del tubo para desfogue S=2% min.	
		0.5	1	2	4	Concreto (cm.)	PVC(cm.)
Piso y banqueteta 2.00x0.70	15	258	270	270	224	38	35
Piso 1.00x0.70	10	130	97	78	40	30	25
Piso c/rejillas prefab. 0.60x0.70	10	60	50	37	22	25	20
Transversal por / ml.	10	150	120	85	50	38	35

TABLA 1.1 Capacidades de captación de las bocas de tormenta (l/s).

1.4.2. Obras de conducción.

Son todas aquellas estructuras que transportan las aguas recolectadas por las bocas de tormenta hasta el sitio de descarga. Se pueden clasificar ya sea de acuerdo a la importancia del conducto dentro del sistema de drenaje o según el material y método de construcción del conducto que se utilice.

Según la importancia del conducto dentro de la red, los conductos pueden ser clasificados como atarjeas, subcolectores, colectores y emisores. Se le llama atarjeas o red de atarjeas a los conductos de menor diámetro en la red, a los cuales descargan la mayor parte de las estructuras de captación. Los subcolectores son conductos de mayor diámetro que las atarjeas, que reciben directamente las aportaciones de dos o más atarjeas y las conducen hacia los colectores.

Los colectores son los conductos de mayor tamaño en la red y representan la parte medular del sistema de alcantarillado. También se les llama interceptores, dependiendo de su acomodo en la red. Su función es reunir el agua recolectada por los subcolectores y llevarla hasta el punto de salida de la red e inicio del emisor.

El emisor conduce las aguas hasta el punto de descarga o tratamiento. Una red puede tener más de un emisor dependiendo del tamaño de la localidad. Se le distingue de los colectores porque no recibe conexiones adicionales en su recorrido.

En la siguiente figura se muestra el trazo de una red de alcantarillado nombrando los conductos de acuerdo a su importancia en la red.

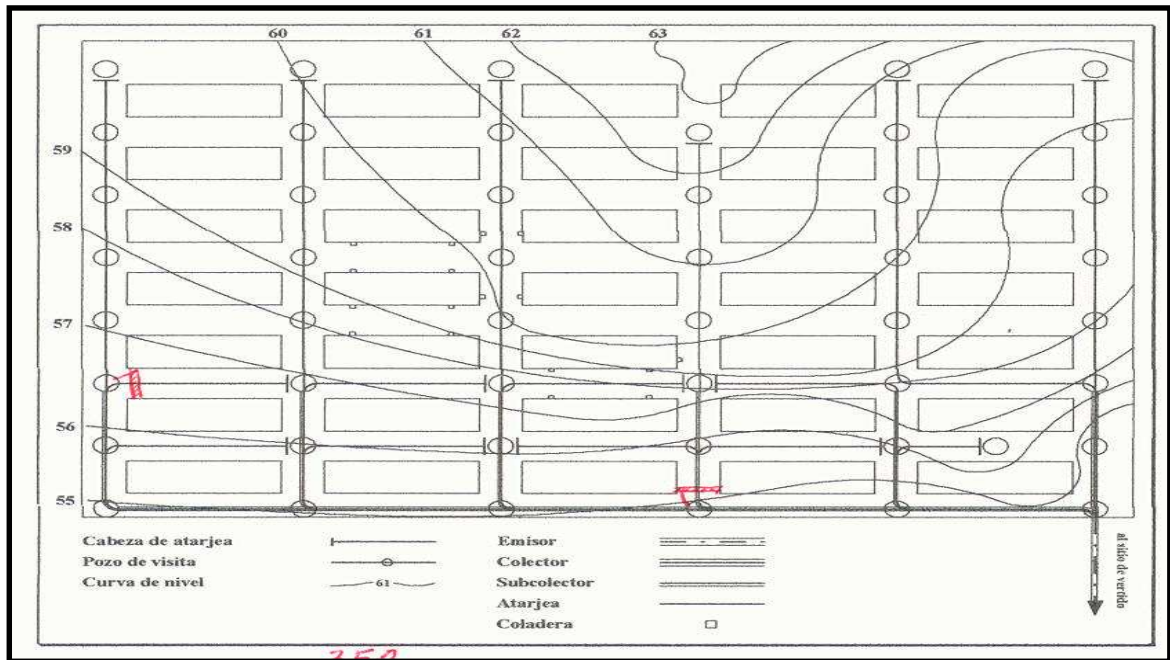


FIGURA 1.2 Trazo de una red de alcantarillado.

Por otra parte, los conductos pueden clasificarse de acuerdo al material que los forma y al método de construcción o fabricación de los mismos. Desde el punto de vista de su construcción, existen dos tipos de conductos: los prefabricados y los que son hechos en el lugar.

1.4.2.1. Conductos prefabricados.

Son a los que comúnmente se les denomina como "tuberías", con varios sistemas de unión o ensamble, y generalmente de sección circular. Las tuberías comerciales más usuales en México se fabrican de los materiales siguientes: concreto simple, concreto reforzado, fibrocemento, policloruro de vinilo (PVC), y polietileno de alta densidad (PEAD).

1.4.2.2. Conductos construidos en lugar o in situ.

Son usualmente de concreto reforzado y pueden ser estructuras cerradas o a cielo abierto. A las primeras se les llama cerradas porque se construyen con secciones transversales de forma semi-elíptica, herradura, circular, rectangular o en bóveda. Las estructuras a cielo abierto corresponden a canales de sección rectangular, trapezoidal o triangular.

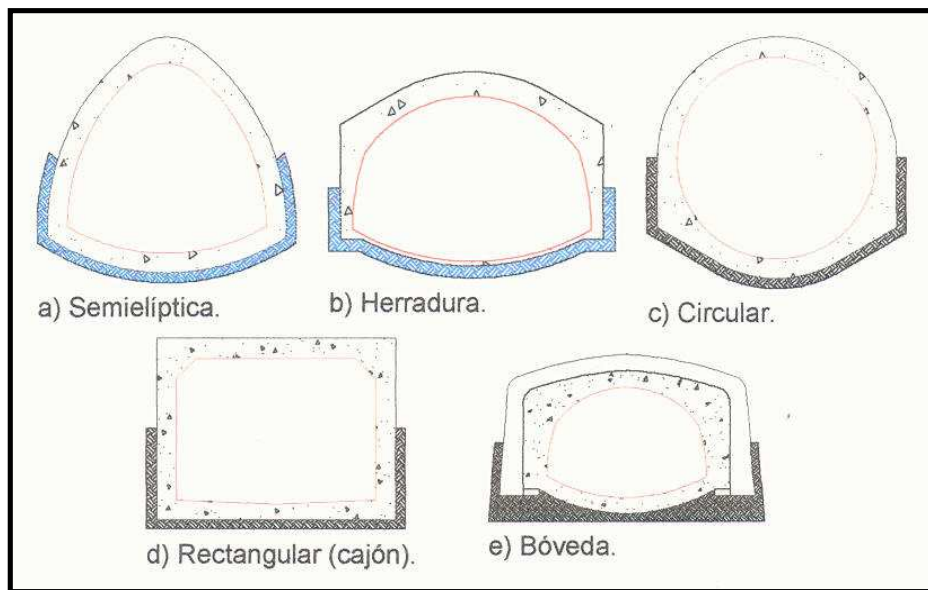


FIGURA 1.3 Secciones transversales de conductos cerrados.

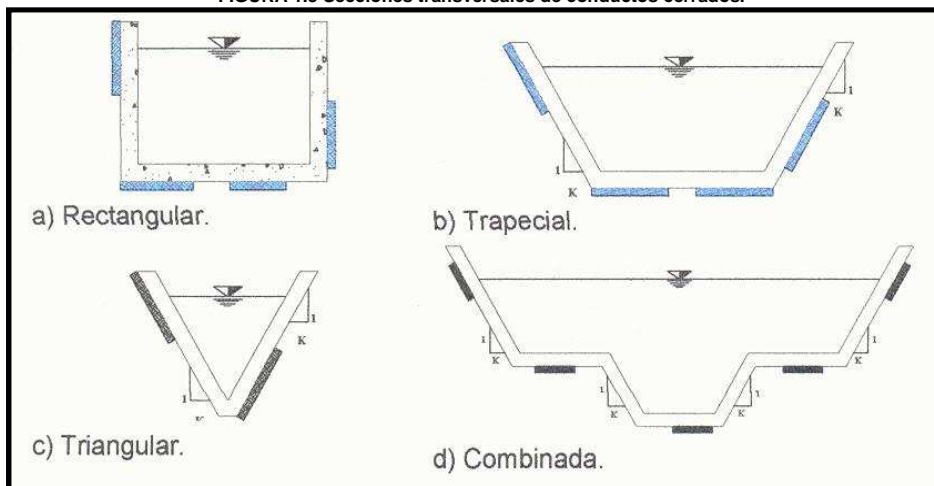


FIGURA 1.4 Secciones transversales de conductos a cielo abierto

1.4.3. Estructuras de conexión y mantenimiento (pozos y cajas de visita).

Son estructuras subterráneas construidas hasta el nivel del suelo o pavimento, donde se les coloca una tapa. Su forma es cilíndrica en la parte inferior y tronco cónico en la parte superior, y son lo suficientemente amplias como para que un hombre baje a ellas y realice maniobras en su interior, ya sea para mantenimiento o inspección de los conductos. El piso es una plataforma con canales que encauzan la corriente de una tubería a otra, y una escalera marina que permite el descenso y ascenso en el interior. Un brocal de hierro fundido o de concreto armado protege su desembocadura a la superficie y una tapa perforada, ya sea de hierro fundido o de concreto armado cubre la boca.

Se les conoce como pozos de visita o cajas de visita según sus dimensiones. Este tipo de estructuras facilitan la inspección y limpieza de los conductos de una red de alcantarillado, y también permite la ventilación de los mismos. Su existencia en las redes de alcantarillado es vital para el sistema, pues sin ellas, estos se taponarían y su reparación podría ser complicada y costosa.

Para dar mantenimiento a la red, los pozos de visita se ubican al inicio de las atarjeas, en puntos donde la tubería cambia de diámetro, dirección o de pendiente y también donde se requiere la conexión con otras atarjeas, subcolectores o colectores. Por regla los pozos de visita en una sola tubería no se colocan a intervalos mayores de 125 m para 10" a 175 m para 48" dependiendo de los diámetros de las tuberías a unir.

Existen varios tipos de pozos de visita que se clasifican según la función y dimensiones de las tuberías que confluyen en los mismos e incluso del material de que están hechos. Así se tienen: pozos comunes de visita, pozos especiales de visita, pozos para conexiones oblicuas, pozos caja, pozos caja unión, pozos caja de deflexión, pozos con caída (adosada, normal y escalonada).

Los pozos de visita usuales se fabrican con ladrillo y concreto. También existen pozos de visita prefabricados de concreto reforzado, fibrocemento y de polietileno.

Los pozos permiten la conexión de tuberías de diferentes diámetros o materiales, siendo los pozos comunes para diámetros pequeños y los pozos caja para diámetros grandes.

1.4.4. Estructuras de descarga.

Se le denomina estructura de descarga a aquella obra final del sistema de alcantarillado que asegura una descarga continua a una corriente receptora. Tales estructuras pueden verter las aguas de emisores consistentes en conductos cerrados o de canales, por lo cual se consideran dos tipos de estructuras para las descargas.

1.4.4.1. Estructura de descarga en conducto cerrado.

Cuando la conducción por el emisor de una red de alcantarillado es entubada y se requiere verter las aguas a una corriente receptora que posea cierta velocidad y dirección, se utiliza una estructura que encauce la descarga directa a la corriente receptora y proteja al emisor de deslaves y taponamientos. Este tipo de estructuras

de descarga se construyen con mampostería o concreto, y su trazo puede ser normal a la corriente o esviado.

1.4.4.2. Estructura de descarga en canal a cielo abierto.

En este caso, la estructura de descarga consiste en un canal a cielo abierto hecho con base en un zapeado de mampostería, cuyo ancho se incrementa gradualmente hasta la corriente receptora. De esta forma se evita la socavación del terreno natural y se permite que la velocidad disminuya.

1.4.5. Obras complementarias.

Las obras o estructuras complementarias en una red de alcantarillado son estructuras que no siempre forman parte de una red, pero que permiten un funcionamiento adecuado de la misma. Entre ellas se encuentran las plantas de bombeo, vertedores, sifones invertidos, cruces elevados, alcantarillas pluviales y puentes.

1.4.5.1. Estaciones de bombeo.

Una estación de bombeo se compone de un cárcamo de bombeo o tanque donde las aguas son descargadas por el sistema de alcantarillado y a su vez son extraídas por un conjunto de bombas cuya función es elevar el agua hasta cierto punto para vencer desniveles y continuar la conducción hasta la descarga final. Se utilizan cuando:

- La elevación donde se concentra el agua está por debajo de la corriente natural de drenaje o del colector existente.
- Por condiciones topográficas no es posible drenar por gravedad el área por servir hacia el colector principal, debido a que ella se encuentra fuera del parteaguas de la zona a la que sirve el colector.

1.4.5.2. Vertedores.

Un vertedor es una estructura hidráulica que tiene como función la derivación hacia otro cauce del agua que rebasa la capacidad de una estructura de conducción o de almacenamiento.

Su uso en los sistemas de alcantarillado se combina con otras estructuras tales como canales o cajas de conexión, y es propiamente lo que se denomina como una estructura de control. Por ejemplo, cuando se conduce cierto gasto de aguas pluviales o residuales hacia una planta de tratamiento con cierta capacidad y ésta es rebasada debido a la magnitud de una tormenta, el exceso es controlado por medio de un vertedor que descarga hacia un conducto especial (usado solamente en estos casos), que lleva el agua en exceso hacia su descarga a una corriente.

1.4.5.3. Estructuras de cruce.

Una estructura de cruce permite el paso de la tubería por debajo o sobre obstáculos que de otra forma impedirían la construcción de una red de alcantarillado.

Entre estas se tienen:

- Sifones invertidos. Es una estructura de cruce que permite durante la construcción de un colector o emisor salvar obstrucciones tales como arroyos, ríos, otras tuberías, túneles, vías de comunicación (pasos vehiculares a desnivel), etc., por debajo del obstáculo. Se basa en conducir el agua a presión por debajo de los obstáculos por medio de dos pozos, uno de caída y otro de ascenso, los cuales están conectados en su parte inferior por una tubería que pasa por debajo del obstáculo (Figura 1.6). Así, cuando el agua alcanza el pozo de caída es conducida a presión por la tubería hacia el pozo de ascenso donde puede prácticamente recuperar el nivel que tenía antes de la estructura y continuar con la dirección original del colector.

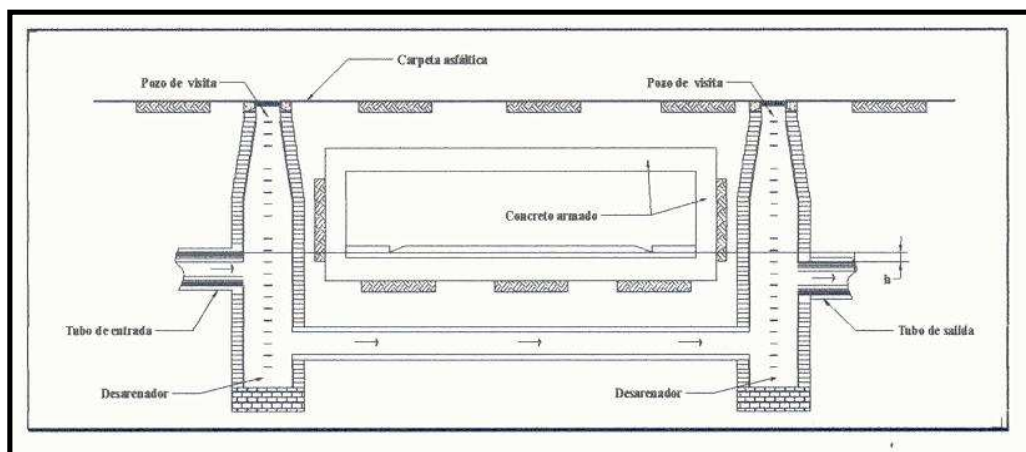


FIGURA 1.5 Sifón invertido.

- Cruces elevados. Cuando un trazo tiene que cruzar una depresión profunda, se utilizan estructuras ligeras como son puentes de acero, concreto o madera, los cuales soportan la tubería que conduce el agua pluvial (Fig. 1.7). En ocasiones, se utilizan puentes carreteros existentes donde se coloca la tubería anclándola debajo o a un lado de la estructura.

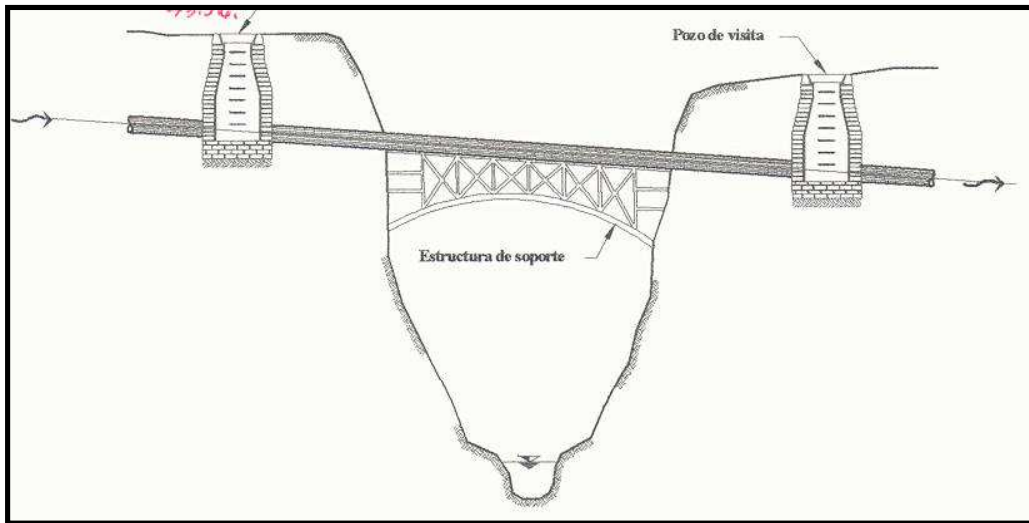


FIGURA 1.6 Cruce elevado.

- Alcantarillas pluviales y puentes. Este tipo de estructuras de cruce son regularmente empleadas en carreteras, caminos e incluso en ciertas calles en localidades donde se ha respetado el paso de las corrientes naturales (Figura 1.8) son tramos de tubería o conductos que se incorporan en el cuerpo del terraplén de un camino para facilitar el paso de las aguas de las corrientes naturales, o de aquellas conducidas por canales o cunetas, a través del terraplén. Cuando las dimensiones de los conductos son excesivas, es más conveniente el diseño de un puente.

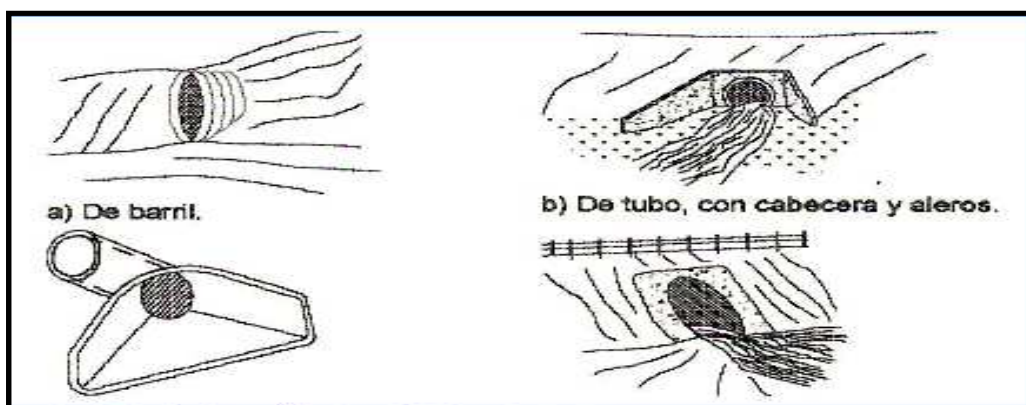


FIGURA 1.7 Alcantarillas pluviales. (ASCE, 1992).

1.4.6. Disposición final.

Se denomina disposición final al destino que se le da al agua captada por un sistema de alcantarillado. Es la mayoría de los casos, las aguas se vierten a una corriente natural que pueda conducir y degradar los contaminantes del agua. En este sentido, se cuenta con la tecnología y los conocimientos necesarios para calcular el grado en que una corriente puede degradar los contaminantes e incluso, se puede determinar el número, espaciamiento y magnitud de las descargas que es capaz de soportar.

Así, un proyecto moderno de alcantarillado pluvial puede ser compatible con el medio ambiente y ser agradable a la población según el uso que se le dé al agua pluvial. Al respecto, cabe mencionar los pequeños lagos artificiales que se construyen en parques públicos con fines ornamentales. Por último, considerando la situación de escasez de agua que se vive en algunas zonas del país o la presencia de avenidas inesperadas, es conveniente analizar la posibilidad de verter las aguas residuales tratadas y pluviales para la recarga de acuíferos, así como la serie de medidas que con el tiempo permitan el restablecimiento de las condiciones necesarias para su explotación, la adecuación de los cauces de las corrientes superficiales dentro de sus márgenes o dentro de las zonas urbanas.

La captación correcta del agua de lluvia se hace necesaria cuando ésta no se infiltra en el subsuelo, en el siguiente capítulo se plantean las características del diseño de una red de alcantarillado pluvial.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.

Cuando llueve en una localidad, el agua no infiltrada escurre por las calles y en el terreno natural hacia las partes bajas, donde finalmente puede almacenarse o conducirse hacia los arroyos naturales. Para evitar que el agua se acumule o sus corrientes causen daños y molestias a la población, se construye el alcantarillado pluvial por medio del cual se conducen las aguas de lluvia hacia sitios más seguros para su vertido.

El diseño y construcción de una red de alcantarillado es un trabajo de ingeniería donde se busca la eficiencia y economía. Por ello, se han desarrollado métodos de diseño (se explicarán los requeridos en el capítulo de cálculos de la presente investigación) en los cuales se obtienen los gastos “pico” pluviales o avenidas extraordinarias que al aplicarlos en conjunto con recomendaciones constructivas, permiten la conservación y mantenimiento de la red de tuberías. Dichos métodos pueden tener variables a juicio del proyectista, que cambia especialmente, la forma de calcular la lluvia y los correspondientes gastos de diseño, sin dejar de lado la normatividad local existente.

El diseño de la red abarca en forma general, la determinación de la geometría de la red, incluyendo el perfil y trazo en planta, los cálculos de diámetro y pendientes de cada tramo y la magnitud de las caídas necesarias en los pozos.

La definición de la geometría de la red se inicia con la ubicación de los posibles sitios de descarga, el trazo de colectores y atarjeas. Para ello, se siguen normas de carácter práctico, basándose en la topografía de la zona y el trazo urbano de la localidad. Por lo común, se aplican las reglas siguientes:

- a)** Los colectores de mayor diámetro se ubican en las calles más bajas para facilitar el drenaje de las zonas altas con atarjeas o colectores de menor diámetro.
- b)** El trazo de los colectores y las atarjeas se ubica sobre el eje central de las calles, evitando su cruce con edificaciones. Su trazo debe ser lo más recto posible procurando que no existan curvas. Cuando la calle sea amplia, se pueden disponer dos atarjeas, una a cada lado de la calle.
- c)** La red de alcantarillado debe trazarse buscando el camino más corto al sitio de vertido.
- d)** Las conducciones serán por gravedad. Se tratará de evitar las conducciones con bombeo.

Durante el diseño se lleva a cabo el cálculo del funcionamiento hidráulico del conjunto de tuberías a fin de revisar que los diámetros y pendientes propuestos sean suficientes para conducir el gasto de diseño de cada tramo. Además, se deben tener en cuenta las consideraciones y restricciones que sirven para disminuir los costos de construcción y evitar tanto fallas por razones estructurales como excesivos trabajos de mantenimiento.

En la elaboración de múltiples diseños, tal como se verá más adelante, se puede apreciar que el dimensionamiento de las tuberías depende principalmente del tamaño del área por servir y de su coeficiente de escurrimiento, de la intensidad de la lluvia de diseño, y del periodo económico de diseño.

2.1. Planeación del sistema de alcantarillado.

La planeación de un sistema de alcantarillado es un trabajo que requiere del conocimiento de los diversos factores que influyen en el funcionamiento del sistema. Por ello, debe contarse con la mayor cantidad de información sobre la zona de proyecto, con el fin de conocer a detalle la localidad y proponer opciones de proyecto que, además, de aprovechar la topografía de la zona, sean económicas y eficientes para el nivel de protección deseado.

Por lo general, al planear el sistema, es conveniente realizar las siguientes actividades:

2.1.1. Recopilación de la información básica.

Con el fin de definir los alcances y la magnitud de un proyecto de alcantarillado pluvial en una localidad, se debe contar con información que consiste en:

- a) Datos generales.** Localización geográfica, categoría política, economía, vías de comunicación y servicios públicos.
- b) Planos de la localidad.** Son esenciales para la elaboración del proyecto, pues de ellos depende el definir adecuadamente la configuración de la red,

por lo que en caso de no contar con ellos, deberán hacerse levantamientos topográficos para obtenerlos. Las escalas más usuales de los planos varían desde 1:2000 hasta 1:5000 en plantas, y en perfiles desde 1:2000 hasta 1:5000 en horizontal y de 1:200 a 1:500 en vertical. En la práctica, se recomienda obtener:

1. Plano topográfico actualizado de la localidad a escala 1:2000, donde se muestren las curvas de nivel a equidistancias de un metro y se indique: trazo urbano con nombre de las calles, elevaciones de terreno en los cruces de las calles y en los puntos donde existe cambio de pendiente o de dirección del eje de la calle.
2. Plano topográfico de la cuenca donde se ubique la localidad, con escala 1:5000 y equidistancias entre curvas de nivel de un metro. Es conveniente, indicar la hidrología de la zona definiendo las cuencas de aportación a la localidad, exteriores a su mancha urbana; las corrientes existentes (naturales y artificiales), y los posibles sitios de vertido señalando los niveles de agua máximo y mínimo extraordinarios, los gastos correspondientes y el sentido del escurrimiento.
3. Plano urbano de la localidad donde se muestren: tipos de pavimentos existentes, banquetas, áreas verdes, y usos del suelo, presentes y si es posible, futuros.

Además, es conveniente contar con:

4. Plano de la red existente de alcantarillado donde se señale el trazo de los colectores y atarjeas, las elevaciones del terreno y de las plantillas de las

tuberías en los pozos de visita, así como las características de las tuberías en los pozos de visita, indicar la ubicación de las estructuras especiales y sus principales características, como por ejemplo, estaciones de bombeo, canales, sifones, alcantarillas y bordos.

5. Plano geológico, indicando clasificación y tipo de suelo, ubicación de sondeos y sus resultados, y profundidades del manto freático.
6. Planos adicionales de instalaciones subterráneas (agua potable, gas, etc.).

c) Información climatológica de la zona y registros pluviométricos y pluviográficos de las estaciones locales y aledañas a la zona de estudio.

De ésta información deberán obtenerse las intensidades máximas anuales de lluvia para diferentes duraciones de tiempo: 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 80, 100 y 120 minutos, para obtener curvas intensidad-duración-tiempo de retorno.

- d) Operación actual.** En caso de existir, es útil considerar la información de operación que se disponga sobre el sistema actual de desalojo de aguas pluviales y de los problemas de drenaje que se hayan presentado en la localidad, así como de sus causas y posibles soluciones.

2.1.2. Definición de cuencas.

En los planos disponibles, se identificarán los parteaguas que definen las áreas de aportación a la localidad; además, se determinarán las superficies de esas áreas, y los puntos donde los escurrimientos ingresen a la localidad.

En los planos de la localidad se definirá la red de drenaje interna, considerando el funcionamiento superficial que presente la red vial como conductora

de las aguas pluviales, definiendo los puntos de concentración, a los que deberá darse solución especial, así como a las áreas de aportación a las calles.

En todos los casos es importante dar el mantenimiento adecuado a cada uno de los elementos propuestos.

2.1.3. Ubicación de estructuras de descarga.

Las estructuras de descarga deberán quedar por arriba de los niveles que tome el agua en condiciones extremas en el cauce donde se vierten las aguas.

2.1.4. Posibilidades de reuso.

Debido al crecimiento de las poblaciones y de las industrias, se demandan caudales cada vez mayores para el suministro de agua potable, por lo que se debe contemplar la posibilidad de utilizar las aguas pluviales, bajo un estricto control técnico y sanitario, en ciertos usos industriales, en la agricultura y para recargar lagos y acuíferos subterráneos; disminuyendo el consumo de agua potable y permitiendo la recarga de los cuerpos de agua.

2.1.5. Datos básicos de proyecto.

<u>DATO</u>	<u>UNIDAD</u>
a) Periodo de retorno	años
b) Área por drenar	ha
c) Sistema	aguas pluviales
d) Coeficiente de escurrimiento	adimensional

e) Intensidad de lluvia	mm/h
f) Método de diseño	Racional, gráfico alemán, R. R. L., hidrograma unitario (instantáneo, sintético), curva S, chicao.
g) Fórmulas usadas	Manning, continuidad, y las propias empleadas para cada método.
h) Gasto de diseño	m ³ /s
i) Velocidad mínima	m/s
j) Velocidad máxima	m/s
k) Sistema de eliminación	gravedad/bombeo
l) Tipo de tubería	concreto, polietileno, etc.
m) Sitio de Descarga	-----.

2.2. Trazo de la red de alcantarillado pluvial.

Por razones de economía, el trazo de una red de alcantarillado debe tender a ser réplica subterránea del drenaje superficial natural. El escurrimiento debe de ser por gravedad, excepto en aquellas zonas donde sea necesario el bombeo.

En el trazo de una red de alcantarillado se inicia con la definición del sitio o de los sitios de descarga a partir de los cuales puede definirse el trazo de colectores y emisores. Una vez definido esto, se traza la red de atarjeas. En ambos casos, pueden elegirse varias configuraciones o trazos.

2.2.1. Configuraciones de un sistema de alcantarillado.

Se le denomina configuración de un sistema de alcantarillado al trazo definido para los colectores y emisores de la red, el cual depende, principalmente, de la

topografía de la zona, del trazo de las calles en la localidad, de la ubicación de los sitios de vertido y de la disposición final de las aguas.

Los métodos de configuración de colectores y emisores más usuales, se agrupan en los siguientes tipos:

- a) **Modelo perpendicular.** Se utiliza en comunidades que se ubican a lo largo de una corriente, con el terreno inclinado hacia ella, por lo que las tuberías se colocan perpendicularmente a la corriente y descargan a colectores o a la corriente. Este modelo se utiliza para buscar la trayectoria más corta hacia los canales superficiales o hacia los colectores.

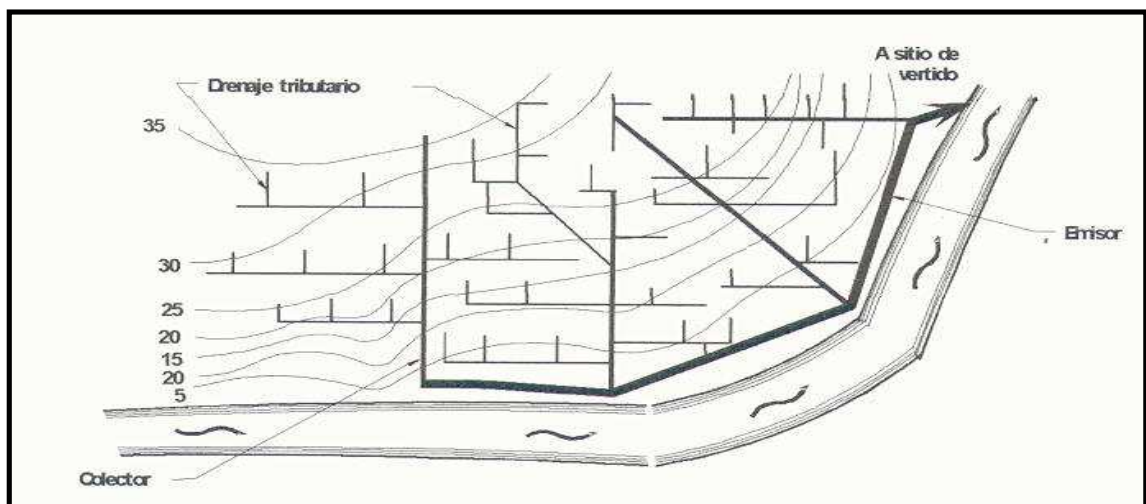


FIGURA 2.1 Modelo perpendicular de un trazo.

- b) **Modelo radial.** En este modelo la pendiente del terreno baja del centro del área por drenar hacia los extremos, por lo que la red de atarjeas descarga a colectores perimetrales que llevan el agua al sitio de vertido.

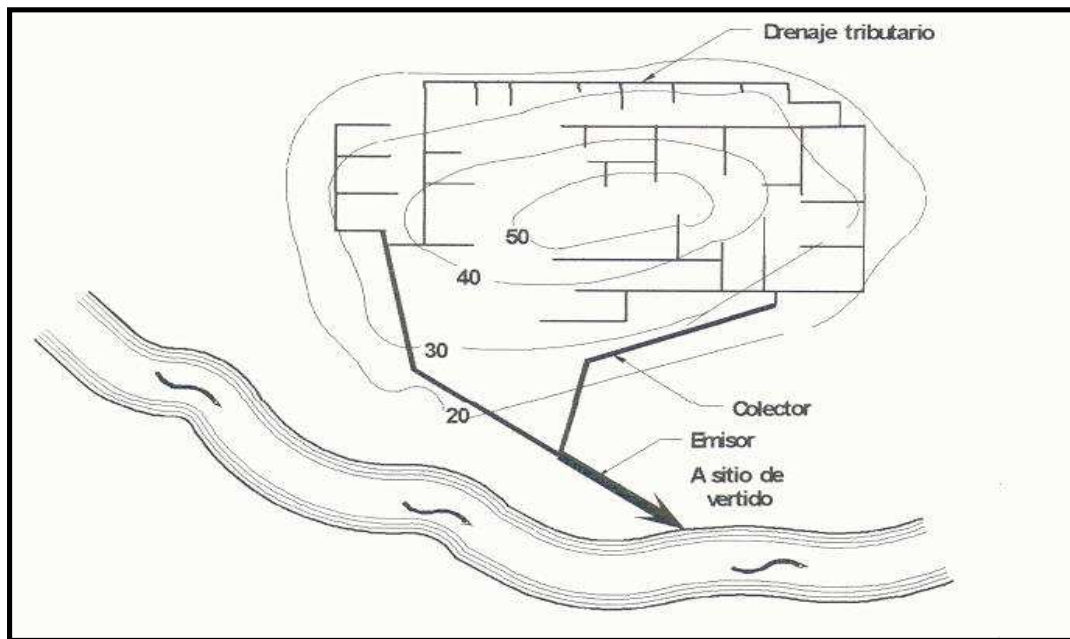


FIGURA 2.2 Modelo radial.

c) **Modelo de interceptores.** Se emplea para recolectar aguas pluviales en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas; el agua se capta con colectores cuyo trazo es transversal a las curvas de nivel, que descargan a un interceptor o emisor que lleva el agua al sitio de vertido.

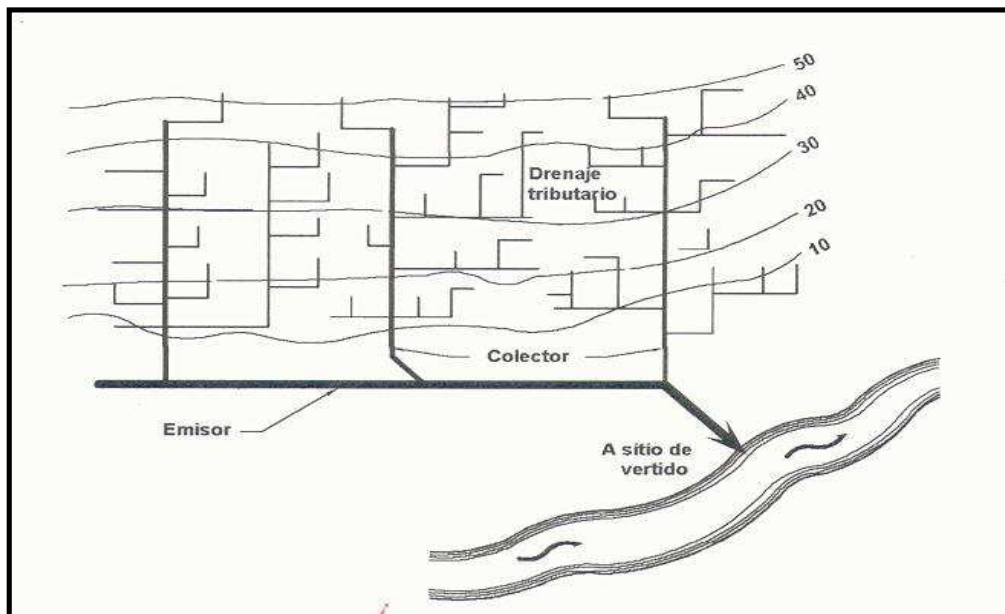


FIGURA 2.3 Modelo de interceptores.

d) **Modelo en abanico.** Cuando la localidad se encuentra ubicada en un valle, se traza la red de atarjeas ubicando el centro del valle y mediante un colector se traslada el agua pluvial a la zona de vertido.

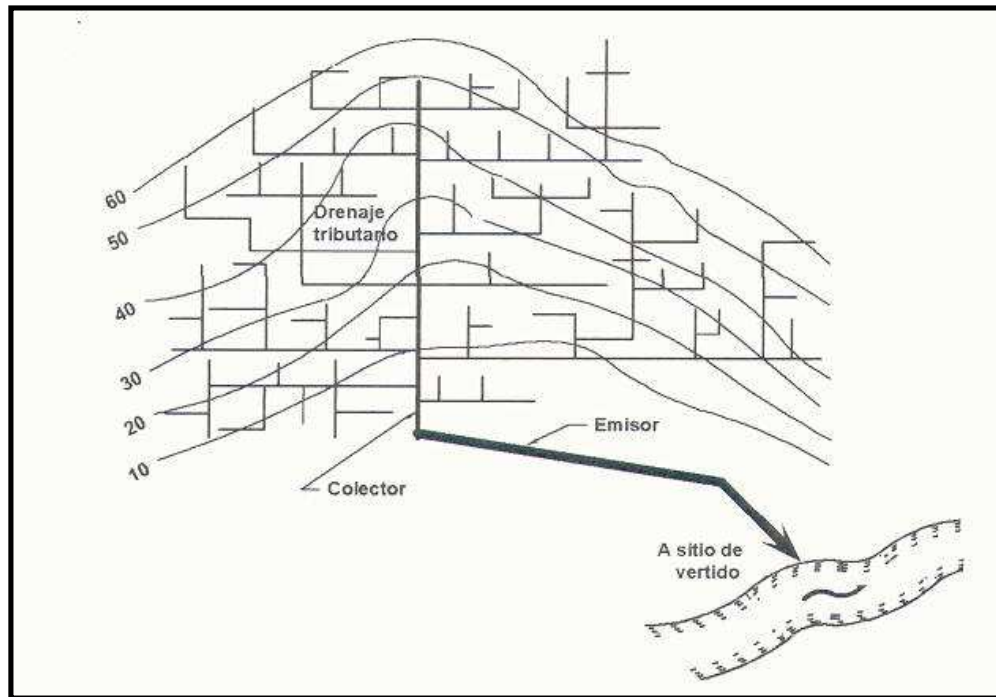


FIGURA 2.3 Modelo en abanico.

2.3. Ubicación de bocas de tormenta (o coladeras pluviales).

Como se señaló en el capítulo anterior, existen varios tipos de bocas de tormenta o coladeras pluviales. De acuerdo a su diseño y ubicación en las calles, se clasifican en coladeras de: piso, banqueta, piso y banqueta, longitudinales de banqueta y transversales de piso.

La instalación de un tipo de coladera o de una combinación de ellas, depende de la pendiente longitudinal de las calles y del caudal por coleccionar. Las coladeras de banqueta se instalan cuando la pendiente de la acera es menor del 2 %; cuando se

tienen pendientes entre 2 y 5 % se instalan coladeras de piso y banqueteta, y para pendientes mayores del 5 % se instalan únicamente coladeras de piso. Las coladeras de tipo longitudinal de banqueteta y transversales se instalan cuando las pendientes son mayores del 5 % y los caudales por captar son grandes.

Si las pendientes de las calles son mayores del 3%, entonces es necesario que en las coladeras de piso y de banqueteta o de piso solamente, se haga una depresión en la cuneta para obligar al agua a entrar en la coladera. Como estas depresiones son molestas al tránsito se debe procurar hacerlas lo más ligeras posible. Para ubicar las coladeras se procura que su separación no exceda de 100 m, dependiendo de la zona de la población de que se trate. En cualquier circunstancia se debe tratar de ponerlas cercanas a las esquinas o en los cruces de las calles.

Cuando se tienen pavimentos de adoquín o empedrados, donde se tengan velocidades bajas de tránsito, y que, además, permitan dar las pendientes de las cunetas con mayor facilidad, se recomienda una separación máxima de 50 m. En calles con pendiente menor al 2%, se instalan coladeras de banqueteta como se ilustra en la Figura 2.4; en calles con pendiente mayor al 5% se instalan coladeras de piso, ver Figura 2.5; en calles con pendiente entre 2 y 5% se instalan coladeras de piso y banqueteta, ver Figura 2.6.

El tipo de coladera longitudinal de banqueteta se instala cuando el caudal por coleccionar es demasiado grande y se tiene una pendiente mayor al 5% (Figura 2.7), el

tipo de coladera transversal de piso se instala en calles con anchos de 6 m y menores, ver Figura 2.8.

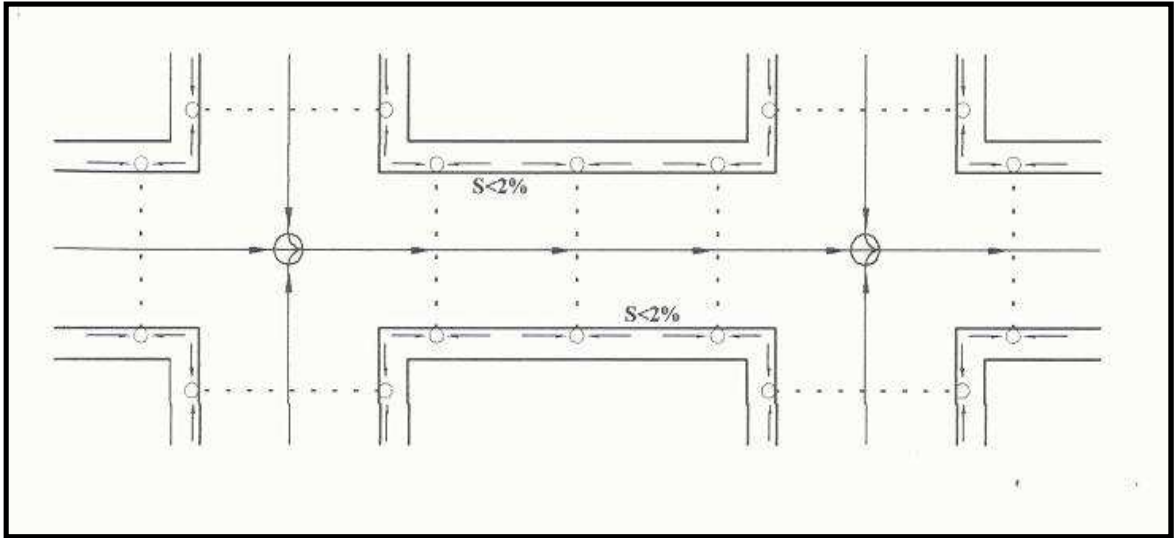


FIGURA 2.4 Ubicación de coladeras de banquetas.

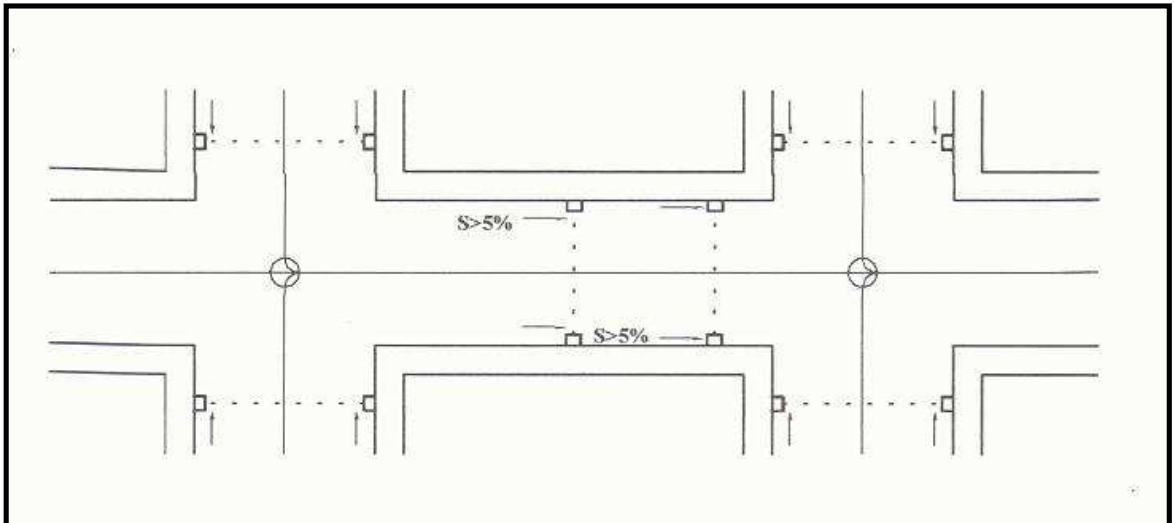


FIGURA 2.5 Ubicación de coladeras de piso.

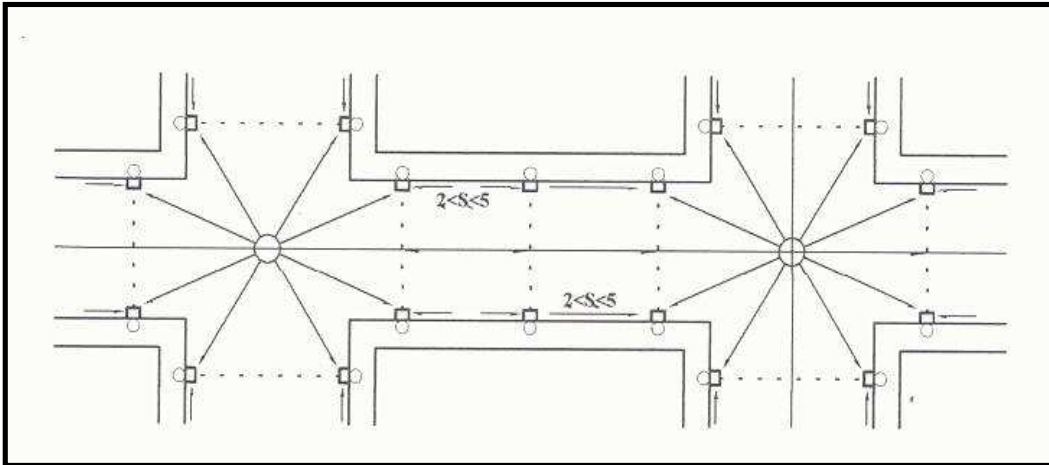


FIGURA 2.6 Ubicación de coladeras de piso y banqueta.

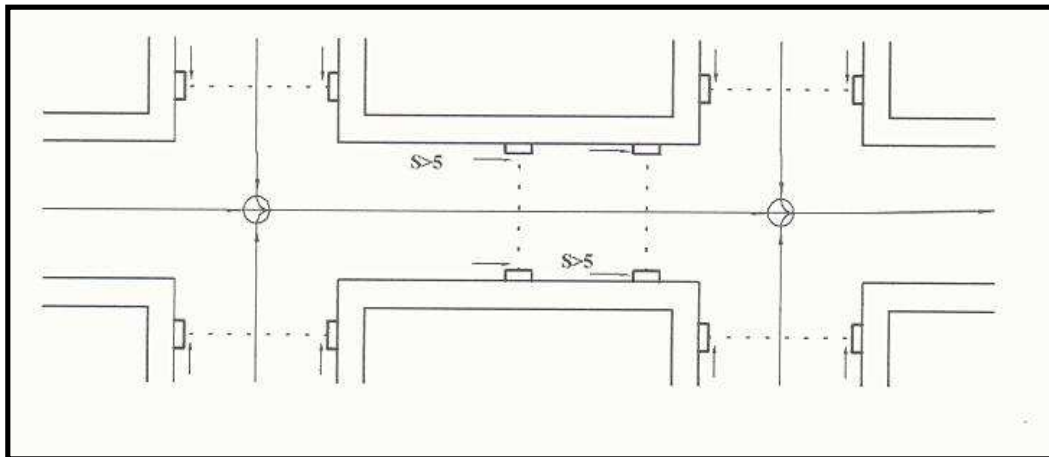


FIGURA 2.7 Ubicación de coladeras longitudinales de banqueta.

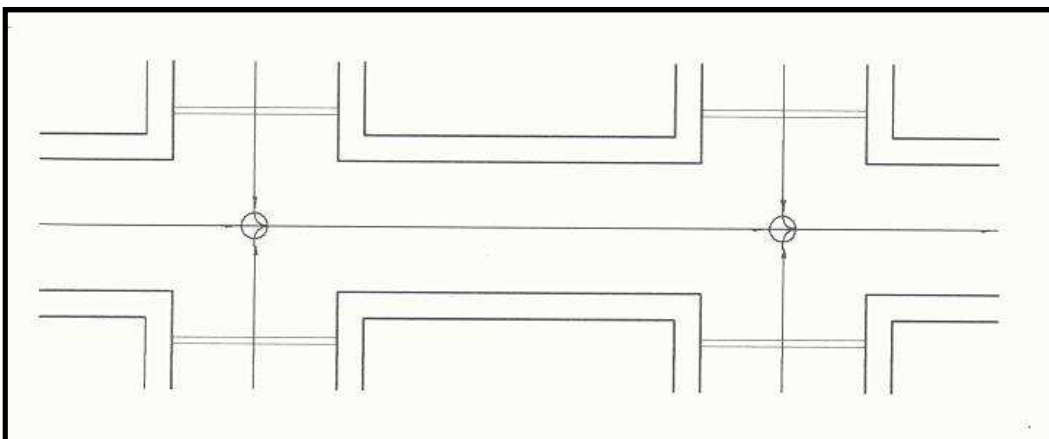


FIGURA 2.8 Ubicación de coladeras transversales de piso.

2.4. Colectores y emisores.

Por razones de economía, los colectores y emisores deben de ser una réplica subterránea del drenaje superficial natural. El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en condiciones particulares donde se requiera el bombeo.

Se denomina modelo de configuración para colectores o emisores al trazo que seguirán estas tuberías, dependiendo, principalmente, de la topografía dominante, del trazo de las calles de la localidad, de él o los sitios de vertido y de la disposición final de las aguas pluviales.

2.5. Condiciones óptimas de diseño y de funcionamiento hidráulico.

Durante el diseño de una red de alcantarillado, se pretende que los costos de construcción no sean elevados y, por otra parte, que la red sea funcional en aspectos relacionados con la operación y el mantenimiento de la misma.

Es conviene que antes de iniciar con el procedimiento de diseño de una red de alcantarillado, se revisen las recomendaciones prácticas para lograr un diseño económico y eficiente. En general, puede afirmarse que una red de alcantarillado ha sido bien diseñada cuando:

1. Se han trazado atarjeas, colectores y emisores reduciendo las distancias de recorrido hacia los sitios de vertido.
2. Existe el menor número posible de descargas por bombeo, tratando de que el sistema trabaje exclusivamente por gravedad.

3. Las pendientes de las tuberías dan al flujo velocidades aceptables en un rango específico donde se evita por una parte, la sedimentación y azolve de las tuberías, y por otra, la erosión en las paredes de los conductos.
4. Se tienen volúmenes de excavación reducidos, procurando dar a las tuberías la profundidad mínima indispensable para resistir cargas vivas y evitar su ruptura.
5. Es sencillo inspeccionar y dar un mantenimiento adecuado a la red de tuberías.

Lo aspectos anteriores permiten un diseño económico y funcional de la red en aspectos relacionados con la construcción de la misma.

A continuación se mencionan los lineamientos de diseño:

a) Diámetro mínimo de diseño de las tuberías.

El diámetro mínimo que se recomienda para atarjeas en alcantarillado pluvial es de 30 cm (12") \emptyset , con el fin de evitar frecuentes obstrucciones en las tuberías abatiendo por así los costos de conservación y operación del sistema.

b) Velocidades permisibles de escurrimiento.

Las velocidades límite del escurrimiento son aquellas para las cuales, por una parte se evita la sedimentación y azolvamiento de la tubería y por otra, se evita la erosión de las paredes del conducto. A estas velocidades se les llama mínima y máxima, respectivamente.

A tubo parcialmente lleno, la velocidad mínima permisible es de 60 cm/s; cuando el flujo es a tubo lleno, es de 90 cm/s. La velocidad máxima permisible varía de 3 a 5 m/s, e incluso más dependiendo de la resistencia del material de la tubería. (Tabla 2.1).

Tipo de tubería	Velocidad máxima (m/s)
Concreto simple hasta 45 cm de diámetro	3.0
Concreto reforzado de 61 cm de diámetro o mayores	3.5
Fibro cemento	5.0
Poli (cloruro de vinilo) P V C	5.0
Polietileno de alta densidad	5.0

TABLA 2.1 Velocidades máximas permisibles.

En casos especiales, en tramos aislados de tubería, se presentan velocidades de hasta 8 m/s, y se pueden aceptar con la debida autorización del proyecto, por lo que se tendrá que realizar un estudio del funcionamiento hidráulico y de la resistencia del material de las paredes del conducto.

c) Pendientes de diseño.

La pendiente de las tuberías debe ser lo más semejante, en la medida de lo posible, a las del terreno natural con objeto de tener excavaciones mínimas, pero tomando en cuenta lo siguiente:

d) Pendientes mínimas.

Casos normales. Son en las que se dispone del desnivel topográfico necesario. Se acepta como pendiente mínima la que produce una velocidad de 90 cm/s a tubo lleno.

Casos especiales. Se consideran aquellas pendientes en que debido a un desnivel pequeño, con el objeto de evitar la construcción de una planta de bombeo, es preciso sacrificar la eficiencia de la atarjea. Se acepta como pendiente mínima aquella que produce una velocidad de 60 cm/s, con un tirante igualo mayor de 3.00 cm.

e) Pendientes máximas.

Son aquellas pendientes que producen velocidades máximas de 3 a 5 m/s, trabajando normalmente. Debido a que la topografía en ocasiones es muy abrupta, el Instituto de Ingeniería de la UNAM ha efectuado estudios en tuberías de concreto reforzado, concluyendo que en casos excepcionales, para este material la velocidad máxima puede ser de hasta 8 m/s.

f) Zanjas para la instalación de tuberías.

Las tuberías se instalan superficialmente, enterradas o una combinación de ambas, dependiendo de la topografía, tipo de tubería y características del terreno. Normalmente las tuberías para drenaje pluvial se instalan enterradas. Para obtener la máxima protección de las tuberías se recomienda que ellas se coloquen en zanjas,

de acuerdo a lo señalado en las especificaciones de construcción del fabricante o a lo que se menciona a continuación.

g) Ancho de zanjas.

En la Tabla 2.2 se indica el ancho recomendable de la zanja para diferentes diámetros de tuberías. Es indispensable que a la altura del lomo la zanja tenga realmente el ancho que se indica; a partir de éste, puede dársele a las paredes el talud necesario para evitar el empleo del ademe. Sí es indispensable el empleo de éste, el ancho debe ser igual al indicado en la Tabla 2.3 más el ancho que ocupe el ademe.

Diámetro del tubo (cm)	Ancho de zanja (cm)
30	85
38	100
45	110
61	130
75	150
90	170
107	195
122	215
152	250
183	285
213	320
244	355

TABLA 2.2 Ancho de zanja.

h) Profundidad de zanjas.

La profundidad de las excavaciones de la zanja para las tuberías queda definida por los factores siguientes:

- Profundidad mínima o colchón mínimo. Depende de la resistencia de la tubería a las cargas exteriores.
- Topografía y trazo. Influyen en la profundidad máxima que se le da a la tubería.
- Velocidad máxima y mínima. Están relacionadas con las pendientes de proyecto.
- Existencia de conductos de otros servicios.
- Economía en las excavaciones.

➤ **Profundidad mínima.**

La profundidad mínima la determina el colchón mínimo (desde el lomo del tubo) necesario para la tubería, con el fin de evitar rupturas de ésta ocasionadas por cargas vivas. En la práctica se recomiendan los valores siguientes para establecer el colchón mínimo, según la Tabla siguiente:

Diámetro del Tubo	Colchón Mínimo (cm)
Tuberías con diámetro de 0.30 y hasta 1.22	120
Tuberías con diámetros mayores a 122 cm	150

TABLA 2.3 Colchón mínimo para tuberías.

Los colchones mínimos indicados anteriormente, podrán modificarse en casos especiales previo análisis particular y justificando para cada caso. Los factores

principales que intervienen para modificar el colchón son el tipo de tubería a utilizar, el tipo de terreno en la zona de estudio y las cargas vivas que puedan presentarse.

➤ **Profundidad máxima.**

La profundidad es función de la topografía del lugar, se debe evitar excavar demasiado. Si la topografía tiene pendientes fuertes, se debe hacer un estudio económico comparativo entre el costo de excavación contra el número de pozos de visita.

i) Plantilla o cama.

Con el fin de satisfacer las condiciones de estabilidad y asiento de la tubería, es necesaria la construcción de un encamado en toda la longitud de la misma. Deberá excavarse cuidadosamente las cavidades o conchas para alojar la campana o cople de las juntas de los tubos, con el fin de permitir que la tubería se apoye en toda su longitud sobre el fondo de la zanja o la plantilla apisonada.

El espesor de la plantilla o cama será de 10 cm, siendo el espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería de 5 cm.

j) Conexiones de tuberías.

Debido a los cambios de diámetro que existen en una red de tuberías, resulta conveniente definir la forma correcta de conectar las tuberías en los pozos de visita.

En la Figura 2.8 se indican las partes de un tubo.

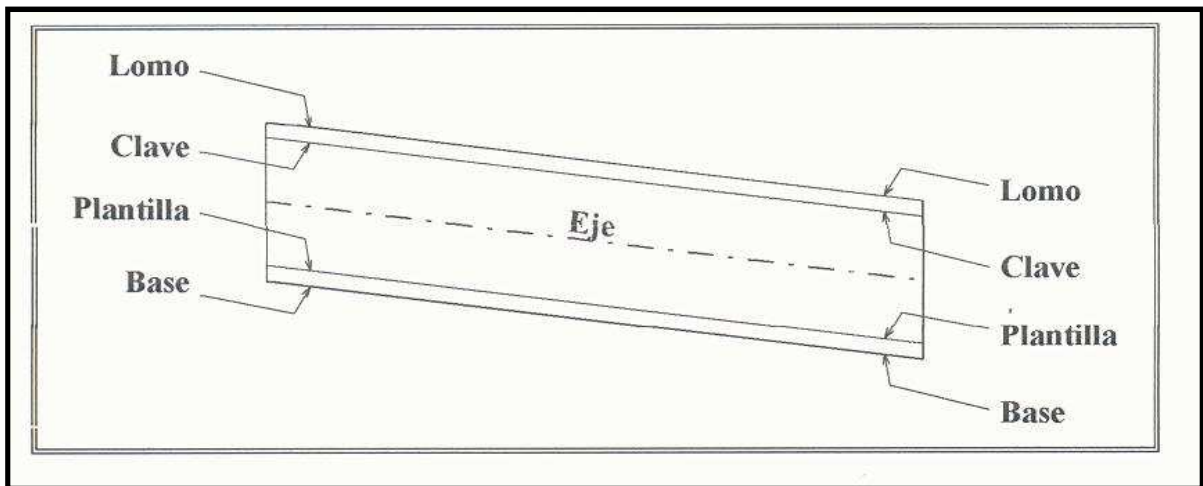


FIGURA 2.8 Partes de un tubo.

De acuerdo a las características del proyecto, se pueden efectuar las conexiones de las tuberías haciendo coincidir las claves, los ejes o las plantillas de los tramos de diámetro diferente.

2.6. Diseño hidráulico de la red de alcantarillado pluvial.

La selección de método adecuado para diseñar obras de protección contra inundaciones depende, en primera instancia, del tipo de problema por resolver (magnitud de la obra, precisión requerida, características de la cuenca etc.) y de la información disponible, de manera que el esfuerzo que se realice en el estudio debe corresponder a los beneficios que se esperan de la precisión en los resultados.

Por otra parte, existen factores subjetivos, como es la experiencia del diseñador en la aplicación de un método particular que influyen en la decisión adoptada.

Una vez definida la zona en estudio, se procederá a dividir en áreas de aportación donde se encontrará la red de atarjeas, la que deberá reconocer el subcolector que se localizará en la parte baja de dichas áreas. Los subcolectores

aportarán el caudal que conducen a los colectores y éstos finalmente al emisor que descargará el gasto en el sitio de vertido; en base a lo anterior, el sistema de drenaje pluvial lo podemos dividir para su diseño en:

- Red de atarjeas (red secundaria).
- Colectores (red primaria).
- Emisores (sistemas de desagüe).

Enseguida se describe el procedimiento que se recomienda para proyectos asociados a la clasificación anterior.

2.6.1. Diseño de colectores (red primaria).

- a) Determinar el periodo de retorno con el procedimiento descrito anteriormente. Determinar los gastos correspondientes a cada alternativa. Sí como es frecuente, solo se trata de revisar la red, se recomienda hacerlo para periodos de retorno de 3, 5, 10 Y 20 años.
- b) Estimar el tiempo de concentración, la lluvia de diseño y el coeficiente de escurrimiento correspondiente a cada subcuenca de aportación. Si el área de la cuenca es mayor de 10 km², la lluvia de diseño se deberá afectar por el factor de reducción por área.
- c) Determinar los hidrogramas de ingreso a la red, utilizando, el hidrograma unitario (triangular) correspondientes a la salida de los colectores secundarios.
- d) Transitar los hidrogramas por la red en estudio.

2.6.2. Diseño de emisores.

- a) Si se estudian elementos de conducción solamente, puede utilizarse un procedimiento análogo al descrito con anterioridad, pero utilizando hidrogramas unitarios deducidos de simulaciones o mediciones en las descargas de la red primaria.

- b) Si el sistema en estudio está alimentado por una cuenca rural o poco urbanizada, y además, contiene vasos de regulación, los hidrogramas de ingreso se calculan con el hidrograma unitario (triangular).

El coeficiente de escurrimiento se puede conocer haciendo mediciones en la cuenca o relacionando los valores que aparecen en la tabla siguiente.

Característica del área	Valor de k
Residencial urbano - Casas unifamiliares	0.30
Residencial urbano - Apartamentos con jardines	0.50
Comercial e industrial	0.90
Forestada (dependiendo del suelo)	0.05 - 0.20
Parques, prados, terrenos cultivados	0.05 - 0.30
Pavimentadas con asfalto o concreto	0.85 - 1.00
Terreno saturado por lluvias prolongadas	1.00

TABLA 2.4 Coeficiente de escurrimiento (wikipedia).

2.7. Elaboración del proyecto.

La elaboración de un proyecto de alcantarillado consta de varios pasos entre los que destacan los siguientes:

- a) Recopilar información.

- b) Redactar Memoria descriptiva.
- c) Especificar Datos de proyecto.
- d) Trazar la red de alcantarillado pluvial.
- e) Calcular la red de alcantarillado pluvial.
- f) Elaborar Planos de la red de alcantarillado pluvial.
- g) Elaborar Catalogo de conceptos, cantidades de obra y presupuesto.

2.8. Memoria descriptiva.

Deberá presentarse la memoria descriptiva justificativa de todos los elementos y datos de proyecto, que contempla la información y las consideraciones que se hicieron durante el proyecto para la comprensión de los trabajos constructivos del sistema de drenaje pluvial, se incluirá los datos básicos de proyecto.

a) Estudios efectuados.

La memoria descriptiva deberá contener lo relativo a estudios previos efectuados para la elaboración del proyecto.

b) Tablas y resúmenes de cálculo.

El proyecto deberá acompañarse de las tablas de cálculo hidráulico y geométrico de la red de atarjeas proyectada.

2.9. Planos constructivos.

Los planos constructivos de la red de atarjeas, colectores y emisores, se harán a escala adecuada no mayor de 1:2000; indicando en los pozos de visita las cotas del terreno y plantilla; en los tramos de tubería la longitud, pendiente y diámetro. Se

incluirá la simbología, las cantidades de obra correspondientes al plano, los datos de proyecto, notas y croquis de localización. En la Figura 2.9 se presenta la simbología convencional para proyectos de alcantarillado pluvial.

PROYECTO	
Emisor _____	
Colector _____	
Subcolector _____	
Atarjea _____	
Cabeza de atarjea _____	
Pozo de visita _____	
Estación de bombeo _____	
Línea a presión _____	
Elevación de terreno _____	
Elevación de plantilla _____	
Longitud-pendiente-díametro (m-miles.-cm) _____	120-2-30
Coladera de piso _____	
Coladera de banquetta _____	
Coladera longitudinal de banquetta _____	
Coladera transversal _____	

FIGURA 2.9 Simbología convencional para proyectos de alcantarillado pluvial.

Todo proyecto de redes de alcantarillado pluvial requiere de un diseño previo a su ejecución y operación, es por eso que en el presente capítulo se plantearon las características generales para su diseño.

Otro factor fundamental para el diseño es la localización, características y demás datos necesarios del lugar donde se realizará el proyecto; es por eso que en el siguiente capítulo se plantean dichos datos y características.

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN.

En el presente capítulo se plantearán las generalidades, el resumen ejecutivo, el entorno geográfico y el informe fotográfico del proyecto, con el fin de conocer más a fondo dichas características.

Además, se darán las alternativas de solución al problema, concluyendo con una única solución final, llegando así, al correcto funcionamiento del sistema de alcantarillado pluvial propuesto.

3.1. Generalidades.

En el presente trabajo de investigación se desarrolla el diseño y la revisión del colector pluvial “Lázaro Cárdenas”, ubicado en el Paseo Lázaro Cárdenas; entre la avenida Francisco Sarabia y la avenida Latinoamericana de la ciudad de Uruapan Michoacán.

3.1.1. Objetivo.

El objetivo de la presente investigación es diseñar y revisar un colector para desalojar el agua pluvial en la avenida Lázaro Cárdenas y algunas calles perpendiculares a ésta, solucionando así los problemas generados por el estancamiento de la misma; permitiendo a personas y vehículos transitar con mayor comodidad y seguridad.

3.1.2. Alcance del proyecto.

En la presente investigación se da a conocer el diseño y la revisión del colector pluvial antes mencionado, el cual es de gran importancia para la ciudad de Uruapan, pero más aún; para las personas y vehículos que transitan por las avenidas que presentan el problema de inundación pluvial.

El diseño y revisión del colector pluvial se hace necesario ya que actualmente se encuentran en malas condiciones los colectores existentes, haciendo que se acumule el agua en distintas zonas, así pues, se procederá a estudiar la topografía actual, continuando con el diseño de los componentes que conforman la red de alcantarillado, cabe mencionar que se seguirán los lineamientos marcados por la Comisión Nacional del Agua (CNA); logrando así un diseño óptimo de la red.

3.2. Resumen ejecutivo.

La información documental para realizar la presente investigación se obtuvo del Manual de diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (CNA), ya que es el organismo normativo que regula los proyectos de alcantarillado, dicha información consta de parámetros y datos necesarios para comenzar con el diseño de la red de alcantarillado.

Por otra parte, la información de campo como son planos, levantamientos, perfiles, secciones, registros pluviométricos, etc., fueron proporcionados por la CAPASU, siendo ésta el organismo normativo del municipio. La información de

campo es necesaria para poder, revisar y diseñar gastos; para así proponer tuberías y las demás obras requeridas del proyecto.

Para conocer más a detalle el problema de inundación pluvial, se visito el lugar para conocer las causas, además; se tiene el registro de la población de que se presentan grandes estancamientos de agua cuando llueve, cabe mencionar que estas inundaciones son causadas por la falta de drenaje pluvial en la zona crítica.

Los niveles topográficos de las avenidas resultan modificados debido a que se han aplicado capas de asfalto para su mantenimiento, resultando así poco escurrimiento por las calles, de aquí otra causa que genera el alto grado de estancamiento e inundación de agua pluvial.

Otra factor que afecta al problema de las inundaciones en la red de alcantarillado pluvial antes mencionada, es el taponamiento ocasionado por la basura que es generada en las calles, cabe mencionar que también las hojas que caen de los arboles contribuyen al taponamiento de las alcantarillas; es por eso que se hace necesario el mantenimiento y limpieza de las obras de alcantarillado.

El alcance primordial de este proyecto es solucionar el problema de estancamiento e inundación de las calles generado por las aguas pluviales, es por eso que una vez analizados las causas y los datos pluviométricos se realizará el cálculo de diámetro de tuberías y demás obras necesarias para el buen diseño de la red de alcantarillado pluvial.

3.3. Entorno geográfico.

En el presente tema se tratará de la macro y microlocalización de la zona del proyecto y de la ciudad de Uruapan, además, se planteara la topografía, la geología y la hidrología de dichas zonas.

3.3.1. Macrolocalización.

Según la página electrónica www.wikipedia.org Uruapan está en el eje neovolcánico mexicano, al centro-occidente del estado de Michoacán, tiene una extensión territorial total de 954.17 km². Limita con los municipios de Los Reyes, Charapan,

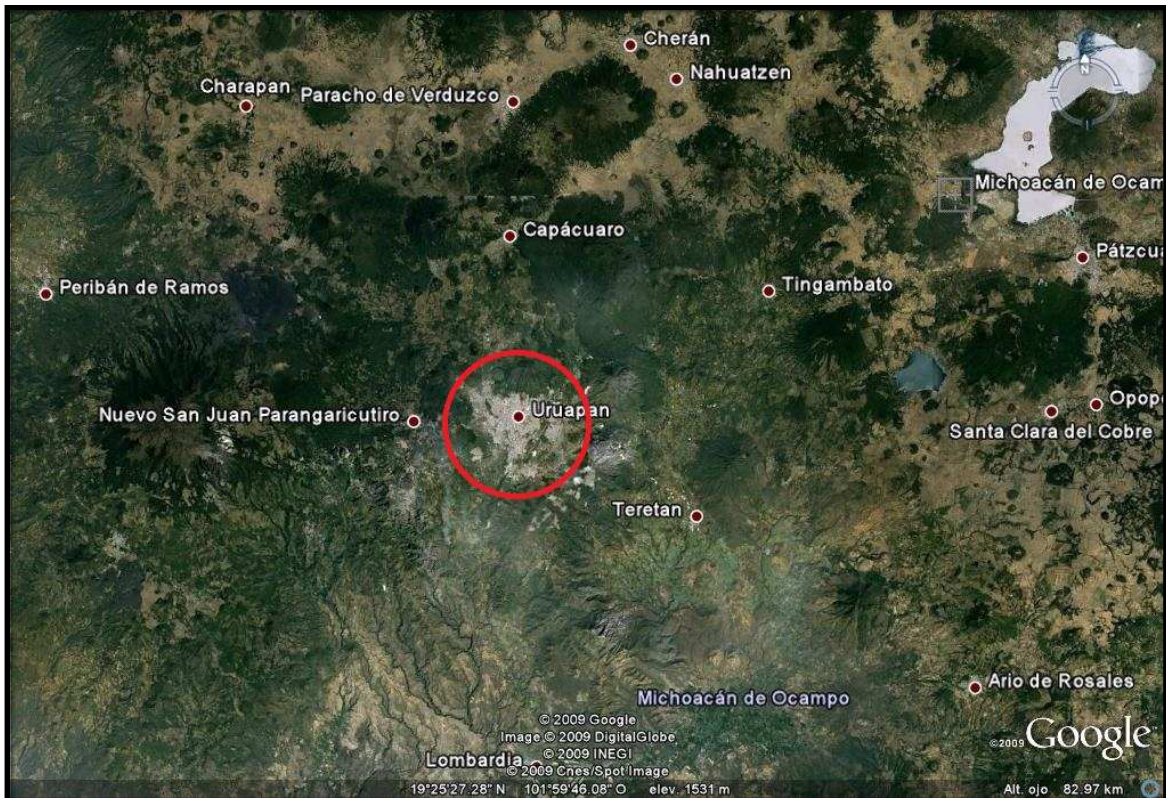


IMAGEN 3.1. Ubicación de la zona de Uruapan (Google Earth).

Paracho, Nahuatzen, Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan, Nuevo Urecho, Gabriel Zamora, Parácuaro, Nuevo Parangaricutiro, Tancítaro y Peribán.

3.3.2. Microlocalización.

La zona del proyecto se encuentra localizada en el Paseo Lázaro Cárdenas de la ciudad de Uruapan Michoacán, más aun, la zona de proyecto está delimitada entre la Avenida Francisco Sarabia y la Avenida Latinoamericana de la misma ciudad.

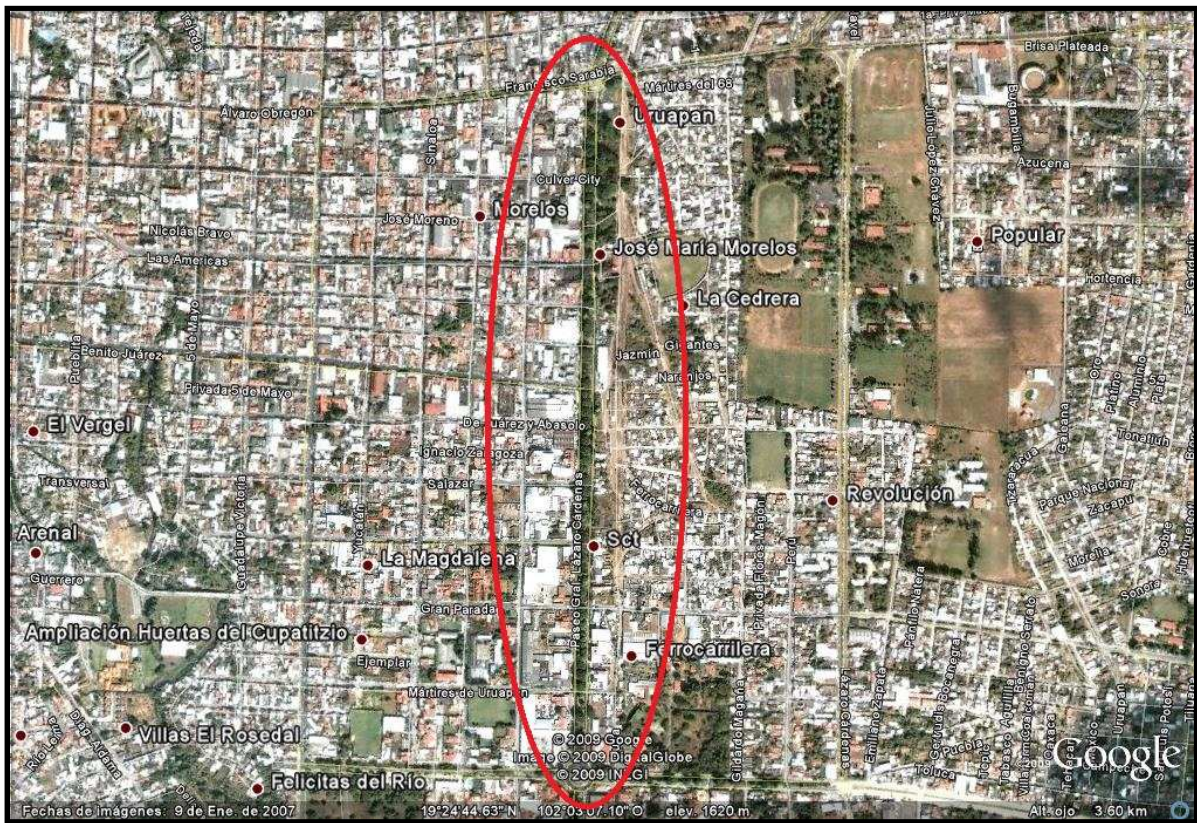
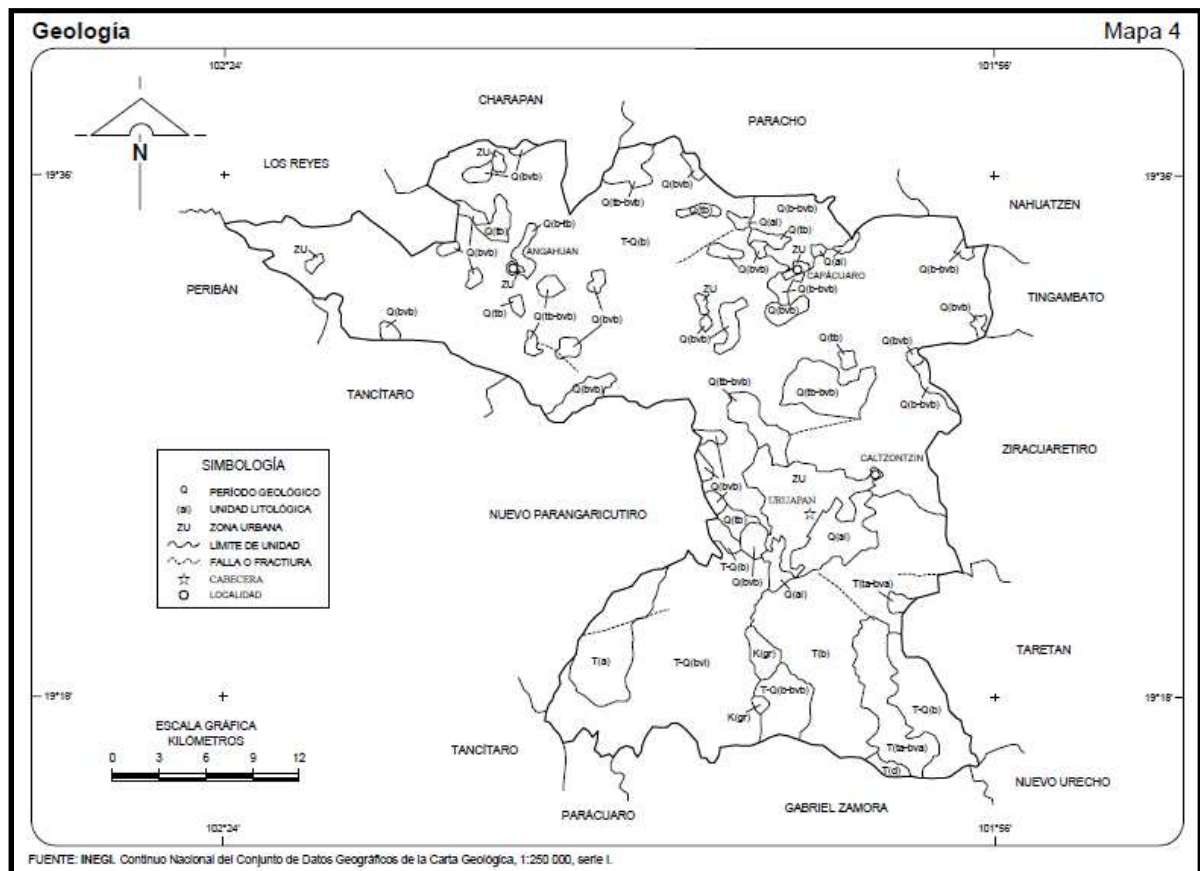


IMAGEN 3.2. Ubicación de la zona del colector pluvial dentro de Uruapan (Google Earth).

calles han sido modificados debido al mantenimiento de reencarpentamiento de las calles y avenidas aledañas a la zona de estudio.

3.3.4. Geología regional y de la zona del proyecto.

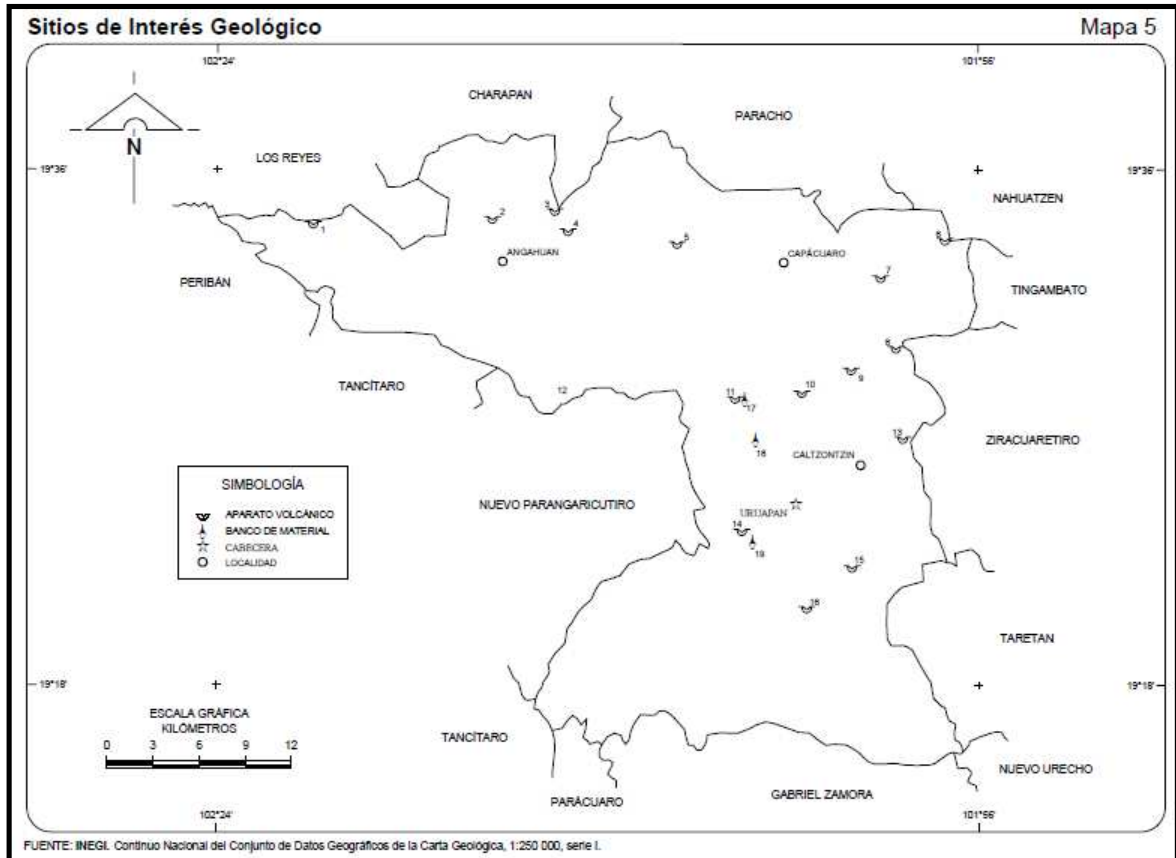
A continuación se presenta un mapa de la geología a nivel regional de Uruapan.



MAPA 3.2. Geología regional de Uruapan. (INEGI)

La zona del proyecto se encuentra dentro de la cabecera municipal de Uruapan y en este lugar no se presentan fallas geológicas, sin embargo, en la zona

general de Uruapan se localizan distintos aparatos volcánicos y bancos de materiales, siendo éstos, sitios de interés geológico.



MAPA 3.3. Sitios de interés geológico en Uruapan. (INEGI)

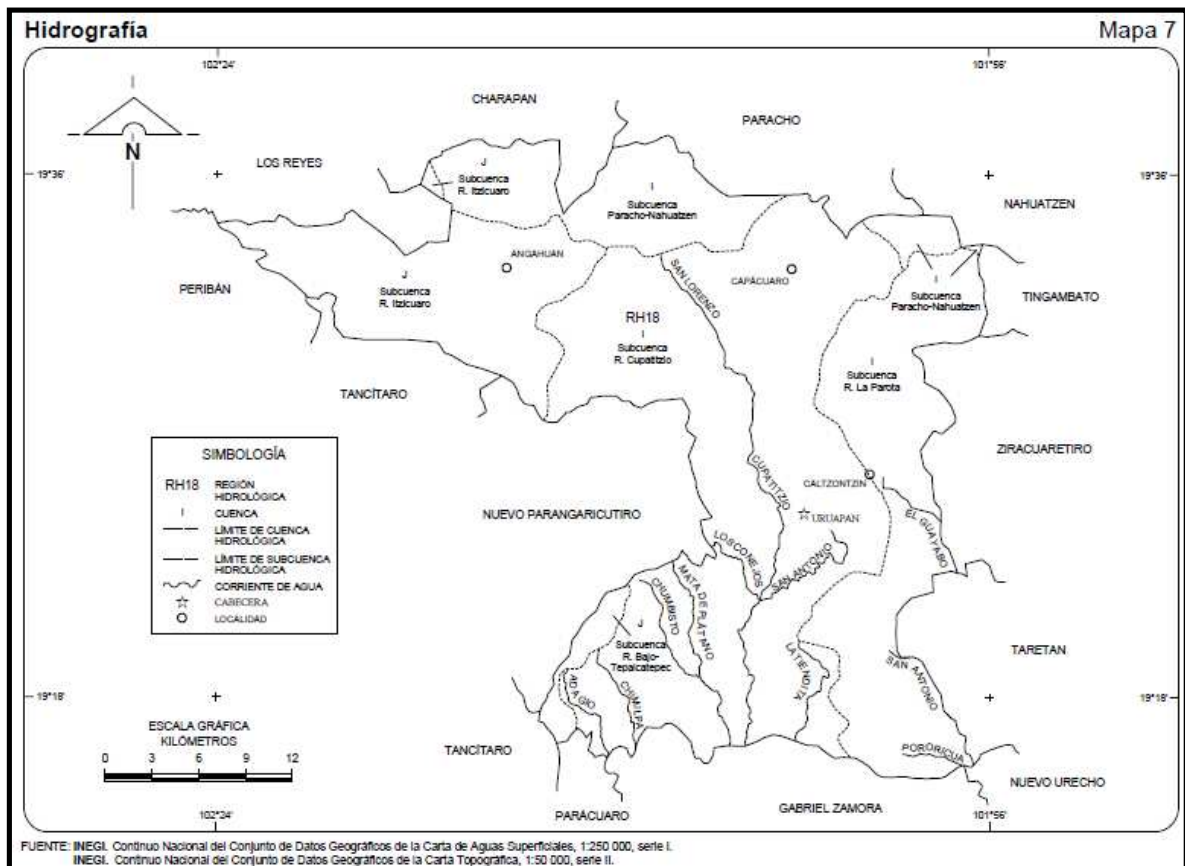
3.3.5. Hidrología regional y de la zona del proyecto.

Como lo dice la página electrónica www.wikipedia.org la principal corriente del municipio es el río Cupatitzio, que nace en el territorio y fluye en sentido norte a sur, existen además los embalses de Caltzontzin, Salto Escondido y Cupatitzio y una cascada conocida como La Tzaráracua. Todo el territorio del municipio con excepción de su extremo más occidental, forma parte de la Cuenca del río

Tepalcatepec-Infiernillo y el extremo oeste a la Cuenca del río Tepalcatepec, ambas forman parte de la Región hidrológica Balsas.

El objetivo final del diseño de la red de alcantarillado pluvial de la presente investigación, es conducir, evacuar y verter de manera eficiente las aguas pluviales, por tal motivo resulta importante que se ubique dentro de la ciudad el Río Cupatitzio, lugar donde se verterán dichas aguas.

El siguiente mapa muestra la hidrografía de la zona general de Uruapan.



MAPA 3.4.Hidrografía de Uruapan. (INEGI)

3.4. Informe Fotográfico.

En el siguiente apartado se mostrarán las fotografías del estado actual de la zona en estudio, comenzando en la Avenida Fco. Sarabia y terminando en la Avenida Latinoamericana, todas estas en la ciudad de Uruapan Michoacán.



La foto "A" muestra el estado actual de los cruces del Paseo Lázaro Cárdenas con la Avenida Fco. Sarabia. Este cruce sufre de inundaciones medianas, ya que las rejillas que tiene para este fin, son insuficientes y en ocasiones son

obstruidas por basura. En fotos más adelante se muestra este tipo de obstrucción en algunas alcantarillas ubicadas en la zona del proyecto.



FOTO "B" Y "C"

En las fotos "B" y "C" se muestra el cruce del Paseo Lázaro Cárdenas con la calle José María Morelos, en este cruce no se presenta gran estancamiento de agua

pluvial, sin embargo; se hace necesaria la revisión de los niveles de escurrimiento del agua.



En las fotografías "D" se muestra el cruce del Paseo Lázaro Cárdenas con la Avenida Américas, en el lugar se presenta un deterioro de la superficie de rodamiento causado por el taponamiento de los "baches" existentes.



Se observa en la fotografía "E" el estancamiento de agua en las banquetas, la alteración de los niveles y el taponamiento de las coladeras hace que el agua pluvial cause este tipo de problemas.



FOTO "F"

El problema causado por el taponamiento de las coladeras pluviales es debido a la falta de mantenimiento y limpieza, en la fotografía "F" se observa como la basura obstruye las rejillas de la coladera.



FOTO "G"

En la fotografía "G" se muestra el cruce del Paseo Lázaro Cárdenas con la calle Dr. Juan Alvarado, en esta zona los niveles de las calles han sido modificados considerablemente, además la coladera existente es insuficiente para desalojar el agua generada por la lluvia.

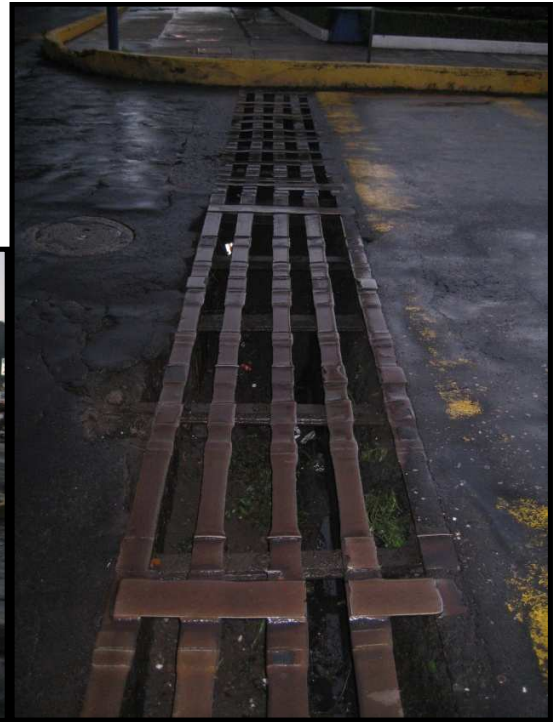


FOTO "H" E"1"

El mayor problema de inundación pluvial se presenta en el cruce del Paseo Lázaro Cárdenas con la Avenida Juárez, en este lugar se encuentra una coladera que atraviesa el ancho de la Avenida Juárez (FOTO "H").

La falta de mantenimiento genera taponamiento en las coladeras, presentándose así grandes inundaciones en las calles cercanas. El taponamiento es ocasionado por basura y tierra que se han ido atorando en la coladera (FOTO "I").



FOTO "J"

En la fotografía "J" (cruce del Paseo Lázaro Cárdenas con la calle Arteaga) se observa como los niveles modificados de las calles, esto aunado a la falta de

mantenimiento de las coladeras existentes, genera el estancamiento del agua de lluvia.



FOTO "K" Y "L"

Como se mencionó en el Capítulo 1, las bocas de tormenta dentro de un sistema de alcantarillado pluvial, son las estructuras que recolectan el agua que escurre sobre la superficie del terreno, la falta de estas ocasiona el estancamiento de agua a lo largo de las calles y banquetas. Fotografías "K" Y "L" (Paseo Lázaro Cárdenas).

En el cruce de la calle Salazar con el Paseo Lázaro Cárdenas se puede observar otro ejemplo de alcantarillas "toponeadas" con basura. Fotografías "M" y "N".

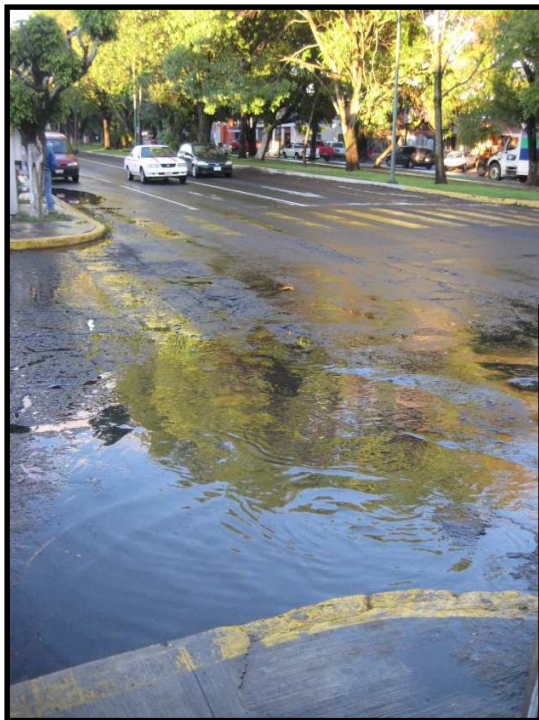


FOTO "M" Y"N"

La red actual de drenaje pluvial de la zona, tiene obras de captación que resultan deficientes, problemas como taponamiento y obstrucción de las alcantarillas es lo que hace que se haga necesario el planteamiento y calculo de una nueva red de alcantarillado pluvial. En las siguientes fotografías, además del problema de taponamiento y obstrucción, se muestran la modificación de los niveles de escurrimiento.



Calles Mazatlán esq. Salazar y Paseo Lázaro Cárdenas esq. González Ortega



Paseo Lázaro Cárdenas esq. Calle Gran Parada.



Paseo Lázaro Cárdenas esq. Avenida Latinoamericana.

3.5. Alternativas de solución.

El sistema de drenaje pluvial existente en la zona del proyecto, resulta deficiente ya que se notan las grandes inundaciones cuando es época de lluvias, se propone un sistema único de colector pluvial que desaloje las aguas hacia un lugar más adecuado para su vertido.

En base a los registros pluviométricos y demás datos, se comienza a diseñar la red de drenaje y demás obras necesarias, es por eso que el capítulo 5 del presente trabajo, se desarrolla a detalle el proceso de diseño y se llega a la solución final del proyecto.

En el siguiente capítulo se muestra la metodología utilizada para la elaboración de la presente investigación.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA.

En el presente capítulo se planteará la metodología utilizada para el desarrollo de este trabajo de tesis, primeramente se describirá el método empleado, después se planteará tanto el enfoque de la investigación como el alcance de la misma, posteriormente se verá el diseño de la investigación, continuando con instrumentos de recopilación de datos y por último se describirá el proceso de investigación.

4.1. Método empleado.

La aplicación de cálculos para diferentes situaciones, es desarrollada por el método matemático, es por eso que en la presente investigación se usará dicho método por tratarse, en este caso; del cálculo de una red de alcantarillado pluvial en la ciudad de Uruapan Michoacán.

Además se emplea la observación y análisis de diferentes hechos, es por eso que el método matemático se verá apoyado en el presente trabajo por el método analítico.

4.1.1. Método matemático.

En el método matemático se trabaja con números, los cuales se aplican a una serie de cálculos para llegar a un resultado y poder tener una comparación con la cual obtengamos nociones derivadas, de importancia, de valor económico y de capacidad.

Es importante señalar que se utiliza para los fines de este trabajo de investigación el método matemático cuantitativo, ya que como dice Mendieta (2005); que en cualquier investigación que asiente números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones y éstas se tomen en cuenta para afirmar o negar algo, se está aplicando el método cuantitativo.

4.1.2. Método analítico.

Además de utilizar el método matemático, éste se ve apoyado por el método analítico, el cual se encarga de la observación y examen de hechos, esto con el fin de realizar un análisis de datos realizando la descomposición de un todo en sus elementos.

Como lo menciona Jurado Rojas (2005), el método analítico distingue los elementos de un fenómeno, permitiendo así, la revisión de cada uno de ellos por separado, tal como lo realiza la química, la física y la biología. A partir de esto y de la experimentación de numerosos casos, se pueden establecer leyes universales.

Para la realización de una investigación analítica, se deben de cubrir ordenadamente diferentes fases de manera continua, las cuales son:

1. Observación.
2. Descripción.
3. Descomposición del fenómeno.
4. Enumeración de sus partes.
5. Ordenación.

6. Clasificación.

4.2. Enfoque de la investigación.

La presente investigación se enfoca a una investigación cuantitativa, en la cual se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables, de acuerdo con Hernández Sampieri (2004), este tipo de investigación ofrece una generalización de los resultados más ampliamente, otorgando así un control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteo y magnitudes de éstos. Además brinda la posibilidad de réplica y un enfoque en puntos específicos, facilitando así la comparación entre estudios similares.

El presente trabajo de tesis trata del cálculo de una red de alcantarillado pluvial, para esto se está partiendo de datos pluviométricos existentes de la zona del proyecto. Actualmente la zona de estudio cuenta con una red de alcantarillado deficiente, es por eso que en base a datos obtenidos se va a realizar una comparativa entre ambos sistemas de drenaje, el actual y el propuesto.

Una vez propuesto el nuevo sistema de alcantarillado, se realizará la comparación de resultados y se especificará una solución adecuada, de aquí el por qué se utiliza el enfoque cuantitativo.

4.2.1. Alcance.

El alcance de la presente investigación es descriptivo, ahora bien, según a Hernández Sampieri (2004), el planteamiento se desarrolla describiendo situaciones, eventos y hechos, es decir; como es y cómo se manifiesta cada fenómeno estudiado.

Al realizarse un estudio descriptivo, se especifican propiedades, características y perfiles de importancia de personas, grupos, comunidades o cualquier cosa que se involucre en el análisis. Además, cabe mencionar que se miden, evalúan y recolectan datos sobre varios puntos de lo que se investiga.

En la presente investigación, se hace necesaria la recolección de datos de la problemática existente, así como de datos necesarios para la revisión y ejecución del proyecto a realizar, se deben de tomar las normas y especificaciones de un sistema de alcantarillado pluvial, llegando así a conclusiones que permitan comparar y analizar el cálculo realizado con respecto al estado actual del sistema de alcantarillado.

En sí, en un estudio descriptivo se recolecta toda la información, ya sea de manera independiente o conjunta sobre todos los conceptos a estudiar y necesarios del tema, además se selecciona una serie de cuestiones y se describe lo que se investiga.

4.3. Diseño de la investigación.

Según Hernández Sampieri (2004), esta investigación es **no experimental**, ya que se clasifica por su dimensión temporal o un número de momentos o puntos en el tiempo, en el cual se recopilan datos importantes para la investigación.

Además, en el diseño no experimental, el investigador observa los fenómenos tal y como ocurren naturalmente, sin intervenir en su desarrollo.

El diseño no experimental, se puede clasificar en transversal o longitudinal, que para la presente investigación, se empleará la transversal.

4.3.1. Investigación transversal.

Continuando con Hernández Sampieri (2004), la investigación transversal recolecta datos en un sólo momento, en un tiempo único, además describe variables y analiza su incidencia e interrelación en un momento dado, es como si se tomara una fotografía de algo que sucede.

4.4. Instrumentos de recopilación de datos.

En una investigación documental, para la recopilación de datos se realiza una observación cuantitativa ya que en ésta según Hernández Sampieri (2004), es frecuente que se incluyan varios tipos de cuestionamientos en el mismo tiempo, además de pruebas necesarias y recolección de algunos contenidos para el análisis estadístico. A diferencia de la observación cuantitativa, en la observación cualitativa se usan entrevistas, observaciones y documentos para tener diferentes apreciaciones sobre variables, contextos y personas.

La recolección de datos implica lo siguiente:

1. Seleccionar uno o varios métodos disponibles, ya sean cualitativos o cuantitativos, dependiendo del tipo de estudio, de su planteamiento y de los alcances que tendrá la investigación.
2. Aplicar los instrumentos necesarios para su ejecución.

3. Preparar correctamente las mediciones que se obtuvieron o los datos recolectados en el levantamiento de los mismos, esto con el fin de que sean analizados correctamente.

Ahora bien:

- ❖ En el enfoque cuantitativo, la recopilación de datos equivale a medir, a su vez; medir es el proceso de vincular los conceptos con indicadores empíricos mediante una clasificación, siempre se miden las variables contenidas en las hipótesis propuestas.
- ❖ En toda recopilación de datos, debe existir una confiabilidad y una validez cuantitativa respectivamente, la confiabilidad cuantitativa se refiere al grado de que la aplicación repetida de un instrumento de medición al mismo sujeto, de resultados iguales, y respecto a la validez cuantitativa; se refiere al grado en que el instrumento mide realmente la variable. La validez cuantitativa se ve afectada cuando se usa la improvisación, además de utilizar instrumentos hechos en el extranjero y que nos han sido validadas para nuestro contexto.
- ❖ En cuestiones de medición, no existe medición perfecta, pero en si el error que se presente, debe de estar en los límites tolerables.
- ❖ La confiabilidad cuantitativa se determina calculando un coeficiente de confiabilidad, este valor varía entre 0 y 1, aplicándose que 0=nula confiabilidad y 1=total confiabilidad.
- ❖ La validez cuantitativa se obtiene comparando los resultados de la aplicación del instrumento de medición adoptado contra los resultados de algún criterio externo.

- ❖ El procedimiento que se sigue para la elaboración de un instrumento de medición es:
 - a) Enlistar las variables a medir.
 - b) Revisar sus definiciones conceptuales y operacionales.
 - c) Elegir un instrumento ya desarrollado o se construye uno propio.
 - d) Indicar niveles de medición de las variables (nominal, ordinal, por intervalos y de razón).
 - e) Indicar como se habrán de recopilar los datos.
 - f) Aplicar una prueba piloto.
 - g) Construir la versión definitiva del instrumento de medición.

En la presente tesis, es necesaria la utilización de programas computacionales, primeramente el Auto CAD, ya que el proyecto de alcantarillado pluvial requiere de un trazo para poderse llevar a cabo, por otra parte, se requiere la utilización de la hoja de cálculo de EXCEL, siendo ésta indispensable para el procesamiento de los cálculos de la red de alcantarillado.

Aunado al Auto CAD y dentro del mismo, se utiliza un programa denominado Civil CAD, éste se utiliza para el trazo y la elaboración especializada de proyectos de ingeniería, siendo en este caso; una red de alcantarillado pluvial.

4.5. Descripción del procedimiento de investigación.

Primeramente, el presente proyecto de tesis partió de la ubicación y selección del proyecto a estudiar, posteriormente se verificó si se contaba con otro proyecto

relacionado con el tema en estudio, esto para poder tener una comparativa entre ambos.

Después de recurrir a la investigación documental para recopilar la información teórica que soportara la presente tesis, se hizo necesario el establecimiento metodológico para plasmar el alcance y los instrumentos de recopilación de datos.

Aunado a lo anterior, se realizó la captura de datos usando el programa Auto CAD y dentro de éste mismo, el Civil CAD, estos se usaron especialmente para el trazo en general de la red de alcantarillado pluvial, posteriormente se usó el programa EXCEL para el procesamiento de los datos recopilados, se hizo una comparativa con la teoría existente y se analizaron los resultados, esto con el fin de establecer conclusiones que den cumplimiento al objetivo y a la pregunta de investigación de la presente tesis.

En el siguiente capítulo se plantearán los datos recopilados, para así mismo analizarlos e interpretar los resultados obtenidos y así, llegar a una solución final.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE DATOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

En el presente capítulo se abordará el procedimiento para realizar el cálculo del colector pluvial mencionado en la presente tesis. Primeramente se comenzará por la obtención de la intensidad de lluvia (i) en base a formulas para ciudades importantes, que en este caso se tomará la de la Ciudad de México por ser la ciudad más importante del país, continuando con la estimación de gastos y demás datos necesarios para el cálculo de la red de alcantarillado pluvial. Después de realizados los cálculos, se analizarán e interpretarán los resultados para así llegar a la solución final.

Es importante señalar que para iniciar con el cálculo de una red de alcantarillado pluvial, es necesario comenzar siempre con el estudio de los datos pluviométricos y pluviográficos.

5.1. Datos básicos de pluviómetros y pluviógrafos.

La función de un sistema de alcantarillado para aguas pluviales es la remoción del agua de lluvia que se capta en las calles y áreas verdes para prevenir daños e inundaciones.

El ingeniero civil se encuentra ante la problemática de elegir la tormenta adecuada para poder diseñar el sistema de alcantarillado pluvial, además, el problema del proyecto se complica por el hecho de que a medida que una ciudad se

edifica, aumentan las áreas impermeables; aumentando así el escurrimiento de las lluvias futuras.

Para conocer la cantidad de agua de lluvia se utilizan los pluviómetros o los pluviógrafos. El pluviómetro en su forma usual consiste en un recipiente cilíndrico de lámina de aproximadamente 20 cm de diámetro de 60 cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces menor que la de la tapa.

Lo anterior permite medir la altura de lluvia en la probeta con una aproximación de hasta decimos de milímetro, ya que cada centímetro medido en la probeta corresponde a un milímetro de altura de lluvia; para medirla se saca la probeta y se introduce una regla graduada, con la cual se toma la lectura; generalmente se acostumbra a tomar una lectura cada 24 horas, por lo cual los datos no se pueden relacionar con el tiempo de lluvia.

Por medio del pluviógrafo se hace un registro de altura de lluvia contra tiempo. Los más comunes son de forma cilíndrica, y el embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores, que originan el movimiento de una aguja sobre un papel registrador montado en un sistema de reloj. Como el papel registrador tiene un cierto rango en cuanto a la altura de registro, una vez que la aguja llega al borde superior automáticamente regresa al borde inferior y sigue registrando. La grafica trazada con los datos de un pluviógrafos se llama pluviograma.

5.2. Intensidad de lluvia.

La cantidad promedio de lluvia que cae en una tormenta, se mide al dividir el volumen total de lluvia precipitada entre el tiempo de duración de la tormenta, pero esto no proporciona la información necesaria para proyectar un sistema de alcantarillado pluvial, en cambio, para poder proyectarlo; se requiere la rapidez de la variación de la altura de lluvia con respecto al tiempo, a este dato se le llama intensidad de lluvia (i).

En general, la intensidad de una lluvia se refiere al valor medio de la misma y corresponde a la relación entre la altura total de precipitación ocurrida y el tiempo de duración de la tormenta, es decir:

$$i = \frac{h}{t}$$

En donde:

i = intensidad de lluvia (mm/hora)

h = altura de lluvia (cm)

t = tiempo de duración de la lluvia (min)

Existen ecuaciones para calcular la intensidad de lluvia, para el caso del presente trabajo, se tomará la ecuación para la Ciudad de México ya que es la que rige por tener lluvias muy parecidas a la de la ciudad de Uruapan, las ecuaciones son:

- Para lluvias ordinarias: (del Ingeniero Roberto Gayol)

$$i = \frac{448}{t+22} \cdot \frac{\text{mm}}{\text{hora}} \quad (\text{t es el tiempo de concentración en minutos})$$

- Para lluvias extraordinarias: (del Ingeniero Raúl E. Ochoa)

$$i = \frac{500}{t^{0.5}} \cdot \frac{\text{mm}}{\text{hora}} \quad (\text{t es el tiempo de concentración en minutos})$$

5.3. Coeficientes de escurrimiento.

No toda el agua que cae cuando llueve escurre por la superficie. Primeramente en lugares donde hay vegetación, esta es detenida por las hojas, después de evapora dependiendo de la temperatura ambiente. Después de lo anterior se evapora en el suelo y por ultimo escurrirá por la superficie. A esta parte de la lluvia se le denomina lluvia en exceso y representa solamente un parte del total de la lluvia que cae.

El coeficiente de escurrimiento es la relación que hay entre el volumen de agua que escurre por la superficie y el volumen llovido, y se le representa por la letra "C".

Los principales factores que determinan el coeficiente de escurrimiento son: la permeabilidad, evaporación, vegetación y la distribución no uniforme de la lluvia.

Como se mencionó en el capítulo 2, el coeficiente de escurrimiento se puede conocer haciendo mediciones en la cuenca o relacionando lo valores de la tabla mostrada en dicho capitulo.

Para el caso del presente cálculo, se toma el valor para áreas pavimentadas con asfalto o concreto, dicho valor es: **$C = 0.85$ a 1.00**

5.4. Estimación de gastos.

Para la estimación de los gastos pluviales existen varios métodos, en los cuales se consideran el área de captación, la intensidad de lluvia, que a su vez está en función del tiempo de concentración.

El tiempo de concentración (t_c) es el tiempo que teóricamente tardaría la gota más alejada que cae en el área de aportación, en llegar al punto de concentración.

En un sistema de alcantarillado, el tiempo de concentración (t_c) es definido por dos tiempos, el primero llamado tiempo de ingreso (t_i) y el segundo llamado tiempo de escurrimiento (t_e).

$$t_c = t_i + t_e$$

El tiempo de ingreso (t_i) se define como el tiempo que tarda teóricamente en escurrir una gota, desde el punto más alejado del área de captación, hasta entrar a la primer coladera de una atarjea. Este tiempo depende de lo rugoso que sea el terreno y de la pendiente del área, del tamaño de las manzanas entre otros factores.

Como resulta imposible conocer el tiempo de ingreso con exactitud, se acostumbra tomarlo con una duración de 3 a 20 minutos, sin embargo suelen utilizarse los siguientes valores prácticos:

- a) En poblaciones pavimentadas ($T_i = 5$ minutos).**

- b) En zonas comerciales con pendientes suaves y distancias grandes entre coladeras (**Ti = 10 a 15 minutos**).
- c) En áreas residenciales planas (**Ti = 20 hasta 30 minutos en casos excepcionales**).

El tiempo de escurrimiento (t_e) es el tiempo que tarda en escurrir la gota de agua dentro de la atarjea, generalmente se toma el tiempo entre dos pozos de visita consecutivos. Figura 5.1.

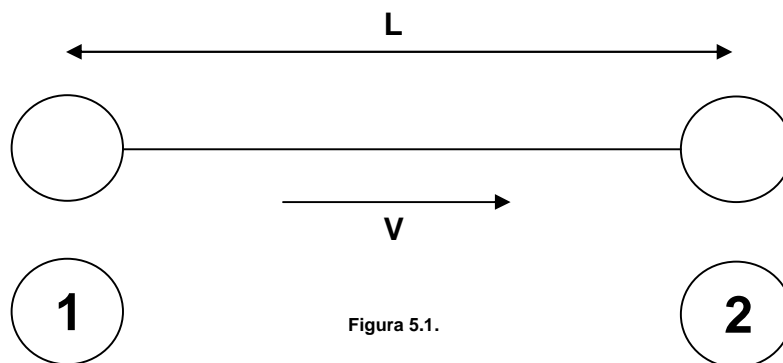


Figura 5.1.

El tiempo de escurrimiento (t_e) se calcula con la siguiente fórmula:

$$t_e = \frac{L}{V}$$

En donde

t_e = tiempo de escurrimiento en la tubería (minutos).

L = longitud del tramo de tubería (metros).

V= velocidad media propuesta en la tubería (mts/seg.).

Como la velocidad del agua no se puede establecer a “piori “se pueden hacer tanteos y suponerla de acuerdo a la pendiente del terreno, la cual está sujeta a revisión.

Tal como se mencionó anteriormente, existen diferentes métodos para la estimación de los gastos pluviales de un sistema de alcantarillado, algunos son:

- METODO RACIONAL AMERICANO.
- METODO GRAFICO ALEMAN.
- METODO DE BURKLI-ZIEGLER.
- ENTRE OTROS.

Para los fines del presente calculo, se usará el Método Racional Americano, dicho método consiste en aplicar la siguiente fórmula “axiomática”:

$$Q = K. C. i. A$$

En donde:

Q = Gasto pluvial en lts/seg

C = Coeficiente de escurrimiento.

i = intensidad de lluvia en mm/hora.

A = Área por drenar en hectáreas.

K = Constante con valor de 2.778 que uniformiza las unidades utilizadas para obtener el gasto en litros/segundo.

5.5. Elaboración del proyecto para el sistema de alcantarillado pluvial denominado Colector Pluvial “Lázaro Cárdenas”.

El cálculo de la red tiene por objeto determinar el diámetro de las tuberías que conducirán el agua pluvial estancada a los diversos sitios de vertido.

Al efectuar los cálculos es necesario tabular los datos y los resultados, es por eso que se realiza una tabla de cálculo mostrada posteriormente en la memoria descriptiva.

Es importante señalar que el cálculo de la tabla se realiza según lo dice Lara González Jorge Luis (1991), en su libro “Alcantarillado”, siendo un procedimiento tabular explicado en dicho libro.

5.5.1. Calculo hidráulico de la red.

Para poder comenzar con el cálculo hidráulico del sistema de alcantarillado pluvial, se requiere del plano topográfico de la localidad, para en base a éste, localizar los puntos relevantes y poder obtener las elevaciones del terreno.

Para el trazo de la distribución de áreas se tomará una manzana y de acuerdo con el escurrimiento natural del terreno se divide de tal manera que se tengan los recorridos mínimos de agua, es decir, que se obtengan los menores tiempos de ingreso. (Ver ANEXO 1: áreas de aportación).

Una vez obtenidas las áreas de aportación, se señala el sentido de escurrimiento del área. (Ver ANEXO 2: sentido de escurrimientos del área).

Una vez conocidos los puntos donde se captará el agua, se traza geométricamente la red para después diseñar hidráulicamente las tuberías.

Para calcular hidráulicamente la red se utiliza la fórmula de Manning revisando que la velocidad que se presenta para el gasto pluvial en el tramo calculado está dentro del rango permisible para la pendiente y el diámetro propuesto.

- **Cálculo de las áreas de aportación.**

Del ANEXO 1 se obtienen las áreas de aportación, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

AREAS DE APORTACIÓN					
Numeración	Área (Ha)	Numeración	Área (Ha)	Numeración	Área (Ha)
1	4.517	20	0.172	39	0.251
2	0.600	21	0.170	40	0.456
3	0.225	22	0.802	41	0.254
4	0.578	23	0.172	42	0.468
5	0.215	24	0.922	43	0.238
6	0.468	25	0.201	44	0.526
7	0.200	26	0.279		
8	0.470	27	0.210		
9	0.191	28	0.276		
10	0.139	29	0.214		
11	0.190	30	0.242		
12	0.137	31	0.220		
13	0.172	32	0.247		
14	0.893	33	0.227		
15	0.171	34	0.312		
16	0.866	35	0.231		
17	0.189	36	0.308		
18	0.179	37	0.239		
19	0.187	38	0.452		

5.5.2. Memoria descriptiva.

El buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado pluvial está basado en el aprovechamiento de las condiciones topográficas favorables, logrando así, el escurrimiento superficial en la parte más larga de la calle. Es por eso, que se propone recolectar las aguas superficiales en los cruces de las calles en estudio y evacuar el agua estancada hacia un lugar más adecuado para su vertido.

Se propondrán las pendientes de las plantillas de tal manera que se respeten las velocidades mínima y máxima permisibles, siguiendo en lo posible la pendiente del terreno, esto con el fin de llevar el paralelismo y evitar excavaciones profundas, además; se tratara de que el gasto pluvial ocupe solamente la mitad de la sección de la tubería.

Se utilizará como material para las tuberías el polietileno de alta densidad, con los diámetros comerciales resultantes del cálculo. Como se mencionó con anterioridad, para la obtención del diámetro de tuberías y demás datos necesarios del proyecto pluvial, se utilizaron las siguientes formulas:

- Intensidad: $i = \frac{448}{t+22} \cdot \frac{\text{mm}}{\text{hora}}$ (mm/hora)
- Tiempo de escurrimiento: $te = \frac{L}{V_{real}}$ (min)
- Manning: $V = \frac{1}{n} \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} (S)^{1/2}$ (m/s)
- Continuidad: $Q = AV$: (lts/seg)

Una vez aplicadas las formulas anteriores, se realiza el procesamiento de datos en forma tabular, para así obtener el diámetro de las tuberías que conformarán el colector pluvial en estudio.

Cabe señalar que el colector pluvial arrojó un diámetro de 120 cm. en su parte más baja, es ahí donde comienza otro colector de un diámetro igual., teniendo así; las condiciones optimas para conectar uno con otro a través de un pozo de visita y así poder guiar las aguas pluviales a un lugar más seguro para su vertido. Los diámetros del colector pluvial “Lázaro Cárdenas” son los siguientes:

- **TRAMO 1-2:** 60 cm.
- **TRAMO 2-3:** 60 cm.
- **TRAMO 3-4:** 60 cm.
- **TRAMO 4-5:** 60 cm.
- **TRAMO 5-6:** 90 cm.
- **TRAMO 6-7:** 90 cm.
- **TRAMO 7-8:** 90 cm.
- **TRAMO 8-9:** 90 cm.
- **TRAMO 9-10:** 90 cm.
- **TRAMO 10-11:** 120 cm.
- **TRAMO 11-12:** 120 cm.

A continuación se presenta la tabla de cálculo correspondiente al colector pluvial “Lázaro Cárdenas”.

TABLA DE CÁLCULOS.

AL "LÁZARO CÁRDENAS"						
PENDIEN TE DE	DIAMETR O ϕ (cm.)	CONDICION DE		VELOCIDADES (m/s)		COTA INICIAL
		VELOCIDAD (m/s)	GASTO (l/s)	REAL	PROPUESTA	
16	17	18	19	20	21	22
15	60	3.84	1086.24	2.50	1	1613.95
				2.50	2.50	
15	60	3.84	1086.24	2.69	1	1611.51
				2.69	2.69	
9	60	2.98	841.39	2.38	1	1609.16
				2.38	2.38	
9	60	2.98	841.39	2.08	2	1608.42
5	90	2.91	1849.01	1.89	1	1607.79
				1.89	1.89	
3	90	2.25	1432.24	1.58	1	1607.32
				1.58	1.58	
3	90	2.25	1432.24	1.58	1	1607.12
				1.58	1.58	
1	90	1.30	826.90	1.04	1	1606.78
4	90	2.60	1653.81	1.82	1	1606.67
				1.82	1.82	
6	120	3.86	4362.15	2.12	2	1606.19
21	120	7.22	8160.84	3.97	1	1605.29
				3.97	3.97	

Después de realizados los cálculos, es necesario la elaboración del plano general del colector pluvial "Lázaro Cárdenas", donde se indican las cotas de terreno y plantilla, pendiente de plantilla, diámetro utilizado y la simbología utilizada. Además se indica la ubicación de algunas coladeras transversales de piso mencionadas en el capítulo 2, coladeras que son de gran importancia para la recepción del agua de lluvia hacia los pozos de visita (Ver ANEXO 3: Plano general).

Se anexa detalle de pozo de visita. ANEXO 4.

CONCLUSIONES.

Desde un principio el objetivo de la presente tesis era diseñar y revisar la red de alcantarillado denominada Colector Pluvial "Lázaro Cárdenas" en la ciudad de Uruapan, Mich., para evitar inundaciones y estancamientos de agua pluvial en la Avenida Lázaro Cárdenas y algunas de las calles perpendiculares a ésta.

Tras la recopilación y el procesamiento de datos, se llega a la solución más adecuada, siendo ésta la obtención de los diámetros más adecuados en las tuberías del colector, es importante señalar que el diámetro final del colector resulto de 120 cm, pudiendo así, conectar con el colector que existe al final del tramo en estudio, ya que tiene el mismo diámetro de 120 cm y desemboca en el Río Cupatitzio, evitando así las inundaciones que se presentan cuando ocurren lluvias en la zona de estudio.

A continuación se presentan los objetivos particulares que se perseguían, así como también se indica si se cumplió o no:

- **En base a la evaluación de los problemas actuales de inundación, diseñar una red de alcantarillado que elimine dichos problemas, que pueden ser de taponamiento en las alcantarillas generado por basura, o más aun, niveles topográficos alterados por el reencarpetamiento de las calles.** Además de la obtención de los diámetros en las tuberías del colector, es importante que se realice a futuro limpieza en los pozos de visita y en las coladeras pluviales planteados, además de respetar y cuidar los niveles de carpeta asfáltica cuando se haga mantenimiento de la misma, evitado así;

inundaciones futuras. Ahora bien, calculados los diámetros correspondientes y siguiendo las recomendaciones de mantenimiento, se logra el diseño del colector pluvial "Lázaro Cárdenas".

- **Solucionar por completo el problema de inundación y estancamiento del agua pluvial en el lugar, permitiendo a personas y vehículos transitar con mayor seguridad y comodidad.** Después de analizar los objetivos general y particulares, se llega a la solución del problema, permitiendo a personas y vehículos transitar por las calles, aún cuando se presenten lluvias en la zona de estudio.

El problema de inundación y estancamiento de agua pluvial en la ciudad de Uruapan, Mich., se ha venido agrandando al paso de los años.

La avenida Lázaro Cárdenas es una avenida por la cual transita gran número de personas y vehículos que tienen dificultades cuando se presentan lluvias de mediana a gran intensidad, es por esto que se planteó la siguiente pregunta:

¿El cálculo y revisión de la red de alcantarillado del tramo en estudio, es el adecuado en términos técnicos, económicos y sobre todo funcionales para los usuarios?

En relación a lo técnico, se obtuvieron diámetros diferentes para cada tramo, haciendo de esto que el cálculo sea el correcto, más aún, en cuanto a lo económico, el uso de diámetros diferentes hace que se tengan ahorros considerables al momento de llevar a cabo la construcción del colector.

La funcionalidad del colector es la más adecuada, ya que al momento de utilizar los diámetros correctos, se asegura el buen funcionamiento y la satisfacción total de los usuarios.

El diseño y construcción de una red de alcantarillado es un trabajo de ingeniería donde se busca la eficiencia y la economía. Para un buen diseño, óptimo y eficiente de la red de alcantarillado, es importante señalar los siguientes puntos:

- a)** Los colectores de mayor diámetro se ubican en las calles más bajas para facilitar el drenaje de las zonas altas con atarjeas o colectores de menor diámetro.
- b)** El trazo de los colectores y las atarjeas se ubica sobre el eje central de las calles, evitando su cruce con edificaciones. Su trazo debe ser lo más recto posible procurando que no existan curvas. Cuando la calle sea amplia, se pueden disponer dos atarjeas, una a cada lado de la calle.
- c)** La red de alcantarillado debe trazarse buscando el camino más corto al sitio de vertido.
- d)** Las conducciones serán por gravedad. Se tratará de evitar las conducciones con bombeo.
- e)** Que sea sencillo inspeccionar y dar un mantenimiento adecuado a la red de tuberías.

Lo aspectos anteriores permiten un diseño económico y funcional de la red en aspectos relacionados con la construcción de la misma.

Ahora bien, el diseño del colector pluvial “Lázaro Cárdenas” resultará muy eficiente ya que en la zona donde se encuentra, se presentan grandes inundaciones que serán eliminadas y darán una gran satisfacción a los habitantes de la ciudad de Uruapan Mich.

BIBLIOGRAFIA.

Cisneros Rosas, José Antonio y Cols. (2008)

Alcantarillado Sanitario y Pluvial para tuberías corrugadas de PAD.

Facultad de Ingeniería de la BUAP. México.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2004)

Metodología de la Investigación.

Ed. Mc Graw Hill. México.

Jurado Rojas, Yolanda. (2005)

Técnicas de Investigación Documental.

Ed. Thomson. México.

Lara González Jorge Luis (1991)

Alcantarillado.

Fac. Ingeniería UNAM. México.

Mendieta Alatorre, Ángeles (2005)

Métodos de Investigación y manual académico.

Ed. Porrúa, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN:

- <http://www.siapa.gob.mx/capitulos/Capitulo3.2.htm>
- <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem06/info/mic/m102/mapas.pdf>
- <http://www.conlima.es/ALCANTARILLADO.htm>
- Programa Satelital Google Earth
- **pdf.** COMISION NACIONAL DE AGUA.

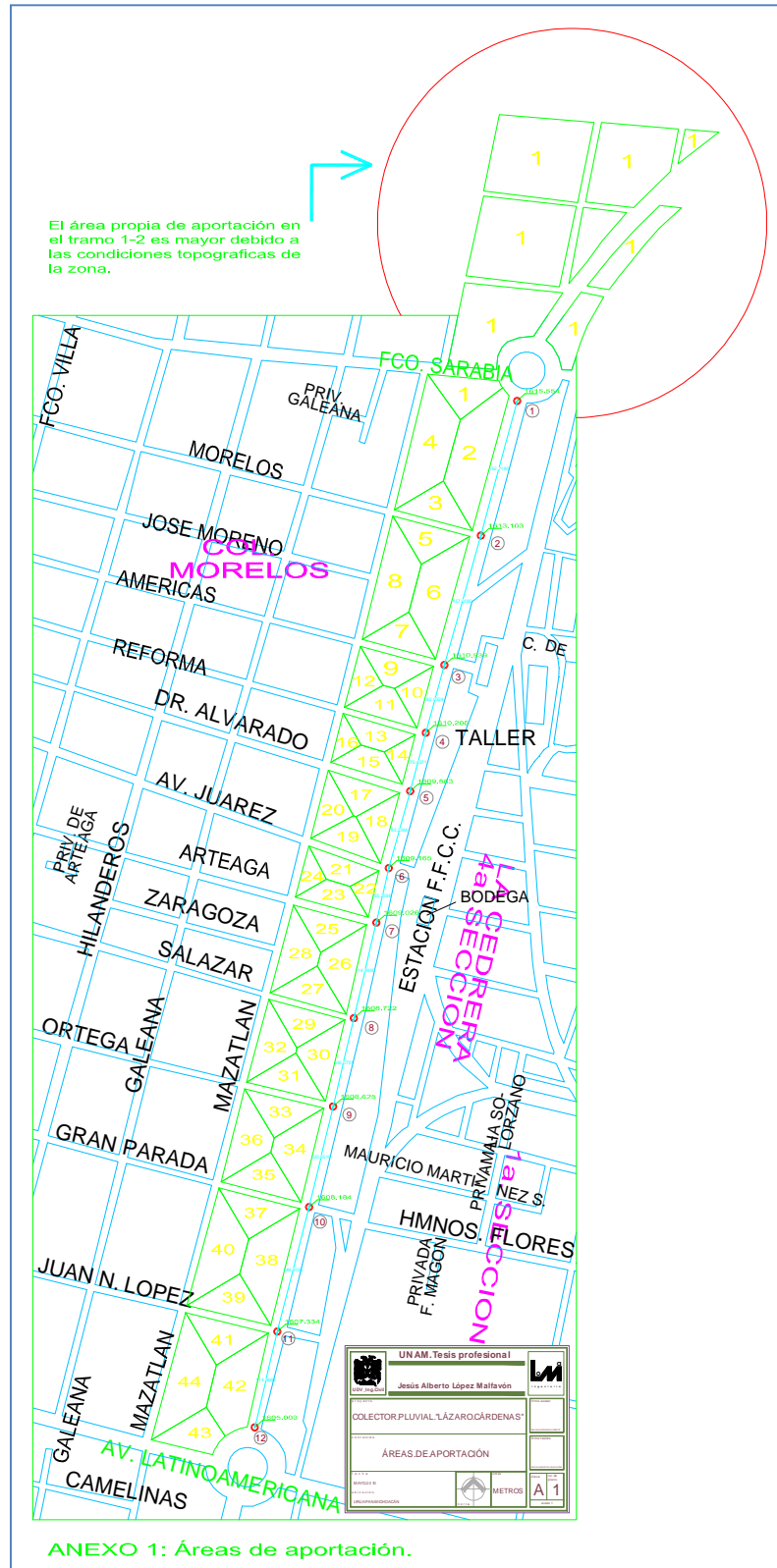
SUBDIRECCION GENERAL TECNICA.

Gerencia de Ingeniería Básica y Normas Técnicas.

Manual de diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

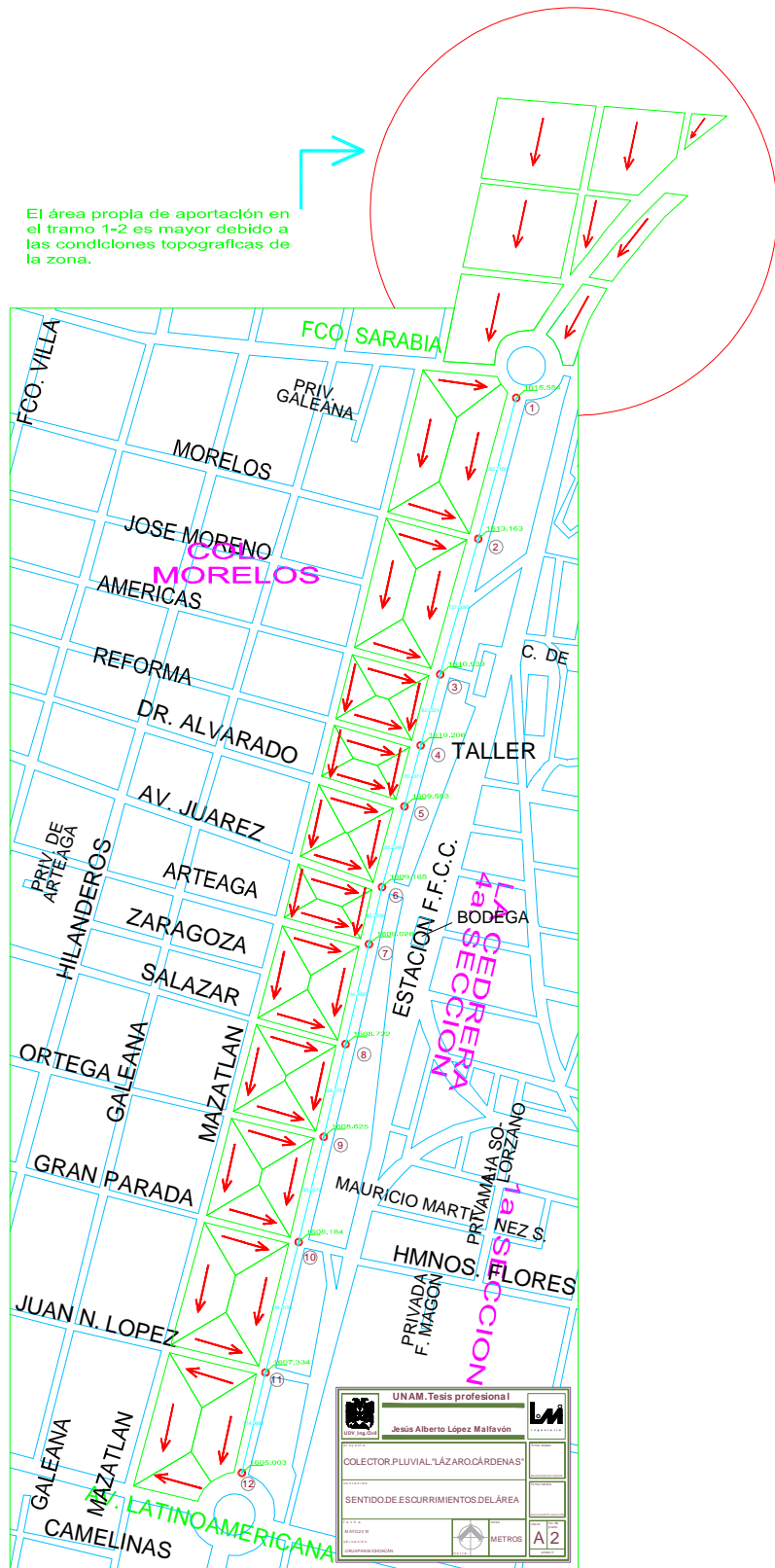
ANEXOS

ANEXO 1.

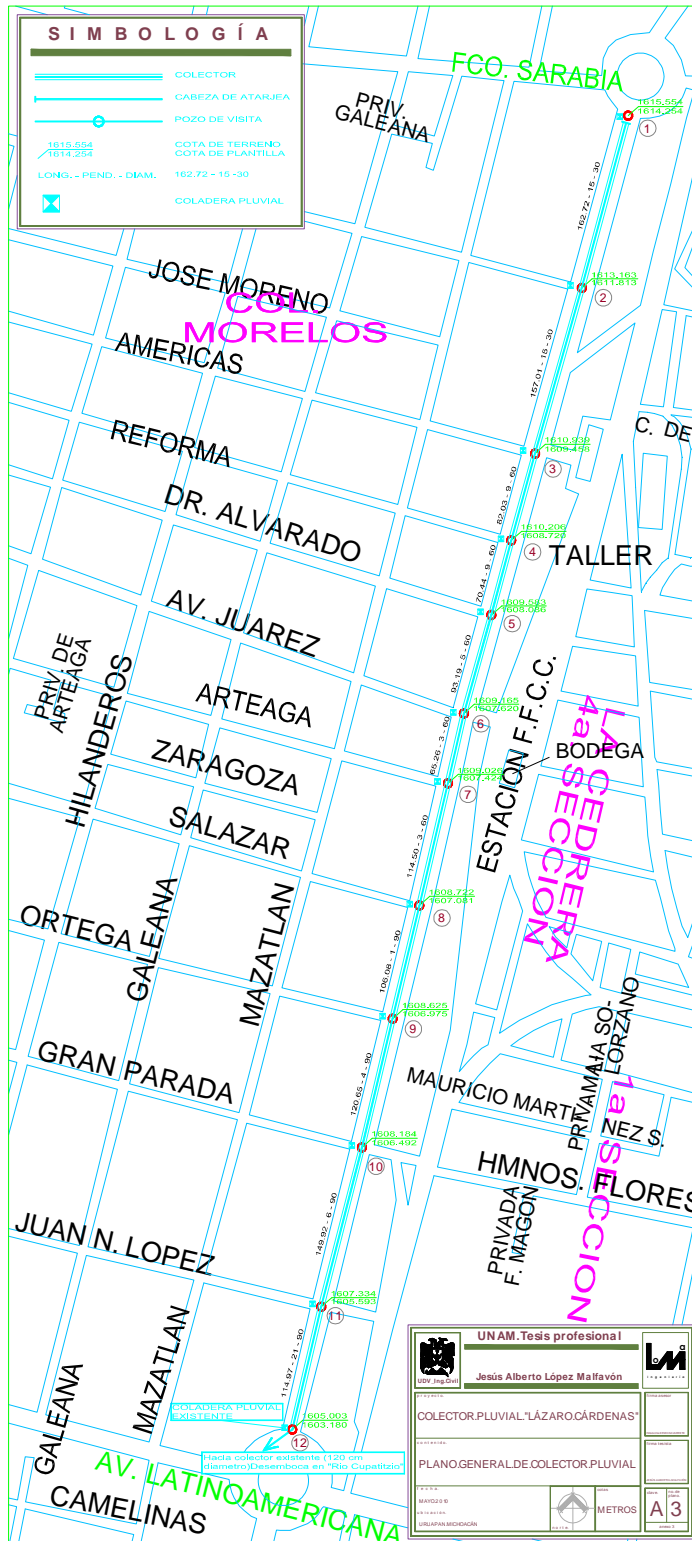


ANEXO 2.

El área propia de aportación en el tramo 1-2 es mayor debido a las condiciones topográficas de la zona.



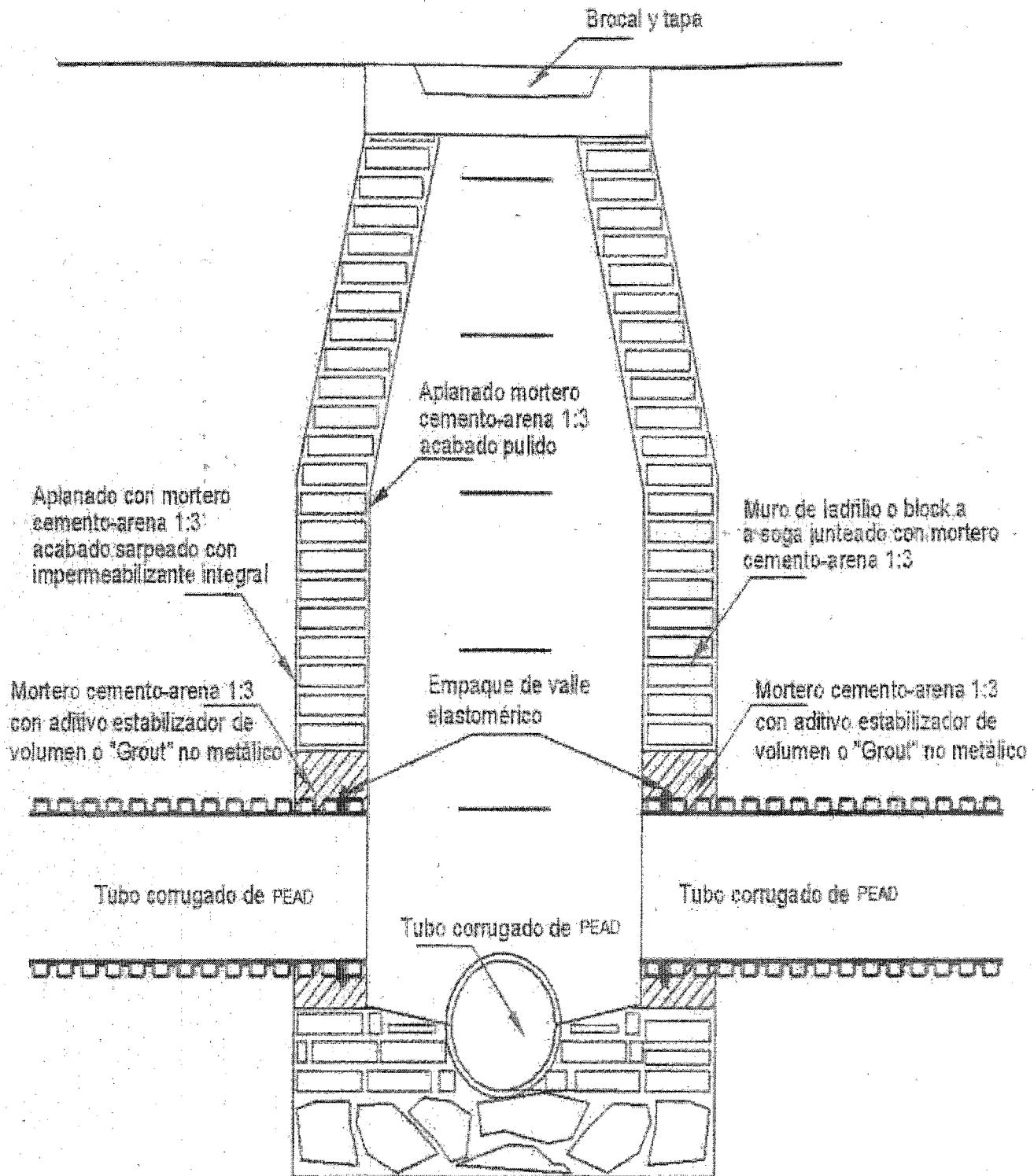
ANEXO 2: Sentido de escurrimientos del área.



ANEXO 3.

ANEXO 3: Plano general de colector pluvial L.C.

ANEXO 4



ANEXO 4.

