



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

“Proyecto de alcantarillado sanitario para la población de
Bellas Fuentes, Mpio. de Coeneo, Michoacán”.

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

Marycarmen Lira Alarcón

ASESOR:

M. en C. Ing. Ricardo Ruiz Chávez

MORELIA MICHOACÁN, FEBRERO DEL 2019.





AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera; por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres:

- Papá: gracias por ser mi papá y apoyarme a lo largo de todo mi recorrido académico, por el esfuerzo, y lo más importante por creer en mí.
- Mamá: no me equivoco si digo que es la mejor mamá del mundo, gracias por todo su apoyo, esfuerzo, confianza y dedicación que día a día depositó en mí; gracias porque siempre ha estado cerca de mí en todo momento.

A mi pequeño travieso Santiago gracias mi niño por darme los momentos más felices de mi vida y hacer mejores mis días; por ser mi fuente de motivación e inspiración para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un mejor futuro.

Parece que como si nunca hubiéramos estado en paz; siempre batallando por cualquier cuestión sin embargo siempre llegaron los momentos en los que nuestra lucha cesó e hicimos una tregua para lograr metas conjuntas; gracias hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar, a los dos (Cynthia y Saúl) son los mejores hermanos del mundo que una pequeña persona como yo puede tener, gracias por apoyarme en todo momento y seguir conmigo hasta el final y cuando más lo he necesitado.

A mi cuñado Sigifredo que más que un cuñado te considero mi hermano, gracias por estar ahí siempre tan cerca pero tan lejos, por esa fortaleza que transmites, por la confianza y el gran apoyo que me has brindado.

A mis sobrinos César y Dylan por darme las mejores sonrisas y momentos, por esas risas tan inolvidables, los quiero mucho por de diablillos.



A Ernesto gracias haberme dado el mejor regalo del mundo, por apoyarme en las buenas y en las malas; así como en los momentos más felices de mi vida, sabes que te amo y eres una parte muy importante en mi vida.

A mi tía Araceli gracias por su apoyo incondicional en cada una de las distintas etapas a lo largo de los años, por todo su gran amor y cariño igual al de una mamá para mí, por todo su apoyo incondicional, sus grandes consejos y toda esa inmensa bondad que existe en usted.

A Marco muchas gracias por la confianza y el afecto que me tienes, así como el apoyo brindado en cada duda y situación, por los consejos y el apoyo para iniciar mi vida laboral como profesionista.

A Javier gracias por el apoyo en cada momento, de verdad que no hay mejor consejo que sea con personas tan atentas y trabajadoras, gracias a ti por recordar con cariño todas mis travesuras en la infancia y por esos consejos que me han ayudado mucho y espero de verdad que sigamos con esa amistad de años que tenemos contigo y toda tu familia.

A mis suegros de corazón muchas gracias por el poco pero muy agradecido apoyo, por quizá la poca confianza y tiempo de convivencia con ustedes.

A mis amigos del Pet quienes sin esperar nada a cambio comparten su conocimiento, alegrías y tristezas, gracias cobijarme en esta pequeña pero gran familia laboral.

- Lic. Gaby: gracias por la confianza, el apoyo y creer en mi para desempeñar cada una de las distintas actividades; sin duda alguna más que una Jefa es una gran amiga y persona.
- Jonathan: gracias por la confianza y por ser un excelente mejor amigo; más por ser como mi segundo hermano, por haber llegado a mi vida como una mano derecha, te agradezco todas tus excelentes ayudas y aportes a toda dificultad que se me presenta, al igual que los buenos momentos; muchas gracias por ser así
- Ing. Nava e Ing. Pascual: les agradezco su ayuda durante todo este tiempo, por estrecharme la mano cuando lo necesité, por aportar conocimientos nuevos, por el apoyo incondicional, por guiarme y aconsejarme, simplemente por compartir el día



a día lo bueno y lo malo, las alegrías y las risas que los distinguen, gracias por su amistad y compañía.

- Alma: el tiempo sigue pasando, y ahí estas, cerca de mi ofreciendo lo mejor que tienes, gracias no sólo por tu apoyo y por la ayuda brindada en todo momento, sino también por todos los momentos que hemos compartido, por tus esfuerzos por mantener siempre viva la amistad, te doy las gracias por todos y cada uno de esos lindos detalles, que me has ofrecido; eres una gran persona y me encanta tenerte a mi lado como una gran amiga.
- Luis, Lalo, Shaggy, Ing. Felipe: les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes momentos de felicidad, gracias por hacer mi carcajada más sonora, mi risa más brillante y mi estancia con ustedes más feliz.

A mis profesores no solo de la Universidad sino de toda la vida gracias porque de alguna manera forman parte de lo que soy ahora.

A Adriana gracias por haber sido una excelente compañera de trabajo y haberme tenido la paciencia necesaria para obtener una buena nota al presentar dicho proyecto.

A mi asesor de tesis M.C. en Ing. Ricardo Ruiz Chávez por los aprendizajes, el apoyo, la paciencia y la oportunidad de presentar este proyecto para poder concluir esta etapa de mi vida.

En realidad faltan muchas personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida; algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón. Sin importar en donde estén o si alguna vez llegan a leer estas dedicatorias quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.



Contenido

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo General:	12
2.2 Objetivo particular:	12
3. ANTECEDENTES	14
3.1 Marco Físico	14
3.1.1 Historia:	15
3.1.2 Localización:	15
3.1.3 Clima Predominante:	16
3.1.4 Principales Ecosistemas:	17
3.1.5 Recursos Naturales:	18
3.1.6 Características y uso de suelo:	18
3.2 Marco Social:	19
3.2.2 Estructura Económica:	20
4. ESTUDIOS PRELIMINARES	24
4.1 Topografía:	24
4.2 Infraestructura Existente:	24
4.2.1 Calles Pavimentadas:	26
4.2.2 Cruce de Carreteras:	26
4.2.3 Puentes:	27
5. DISEÑO GEOMÉTRICO	29
5.1 Tipos de tuberías y velocidades asociadas:	29
5.2 Pozos de Visita:	32
5.3 Descargas Domiciliarias:	35
6. DISEÑO HIDRÁULICO	38
6.1 Antecedentes del diseño hidráulico:	38
6.2 Determinación de la población actual y proyecto:	39
6.3 Determinación de gastos de diseño:	42
6.4 Planeación del sistema de Alcantarillado:	47
6.5 Pozos de visita y componentes del sistema:	49



6.6	Pendientes y diámetros de la red:	52
6.7	Revisión hidráulica del diseño definitivo.....	53
6.8	PLANOS CONSTRUCTIVOS	58
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:.....	60
8.	BIBLIOGRAFÍA:	62



RESUMEN

En la Ingeniería Civil el diseño de una red de Sanitario es un uno de los tantos ejemplos de los que es una obra civil, ya que gracias a su importancia es fundamental hoy en día para la sociedad; dicho sistema está compuesto por tuberías y obras complementarias las cuales ayudan a evacuar de manera fácil, rápida y segura las aguas residuales (doméstica, comercial y de servicios) hacia una planta de tratamiento para su futura disposición.

Un Sistema de Alcantarillado está integrado por todos o algunos de los siguientes elementos: atarjeas, subcolectores, colectores, interceptores, emisores, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, descarga final y obras accesorias.

El destino final de las aguas residuales, deberá ser un cuerpo receptor, en el que se descargará previo tratamiento, el agua proveniente del emisor. Esta descarga deberá cumplir con las condiciones particulares de descarga de acuerdo a la normatividad vigente.

En la comunidad de “Bellas Fuentes”, Mpio. de Coeneo, Michoacán, la red de alcantarillado es de suma importancia, ya que alguna parte de la población no cuenta con este tipo de servicio, razón por la cual se vio la necesidad de realizar este proyecto en esta localidad.

Palabras clave: atarjea, colector, emisor, alcantarillado, población.



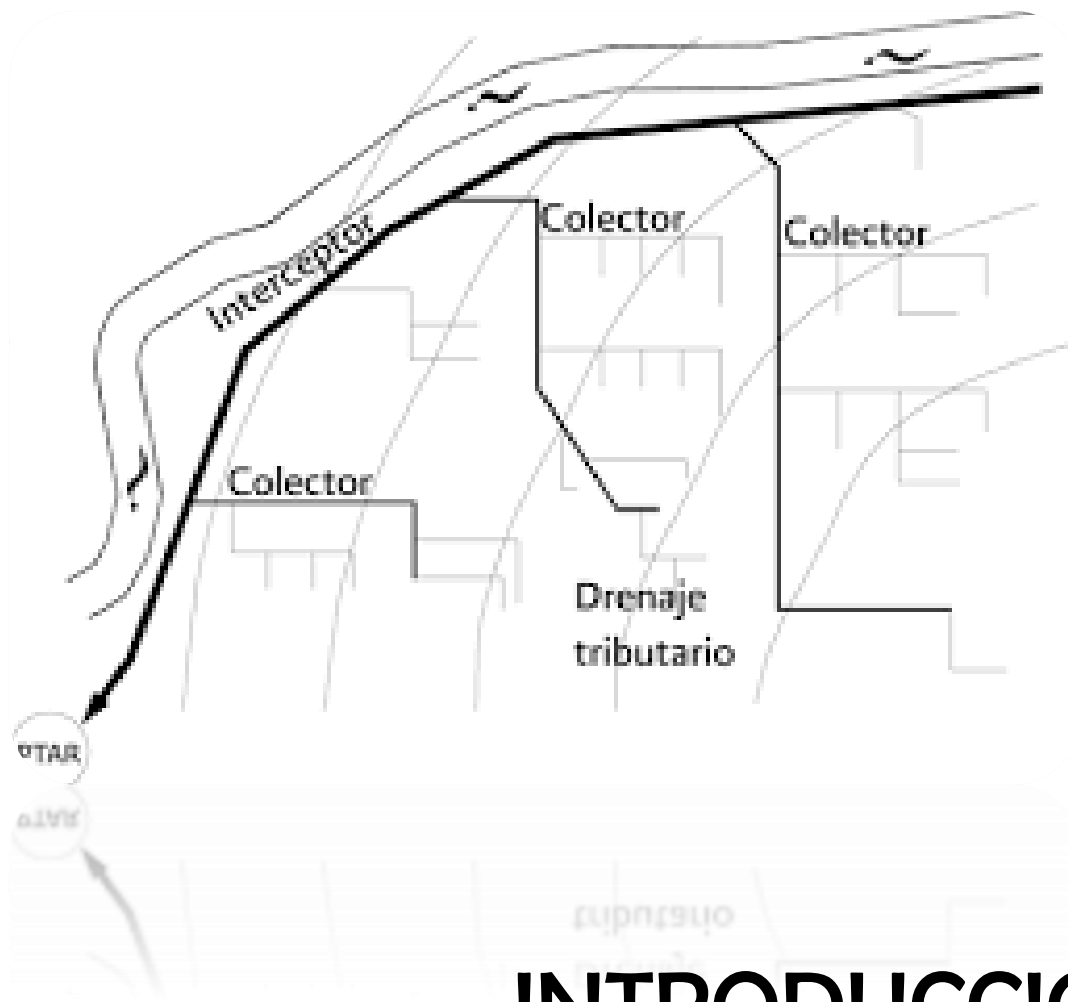
ABSTRACT

In Civil Engineering the design of a Sanitary network is one of the many examples of which it is a civil work, since thanks to its importance is fundamental today for the society; this system is composed of pipes and complementary works which help to evacuate the wastewater (domestic, commercial and service) in an easy, fast and safe way to a treatment plant for its future disposal.

A Sewer System consists of all or some of the following elements: sewers, subcollectors, collectors, interceptors, emitters, treatment plants, pumping stations, final discharge and accessory works.

The final destination of the waste water, must be a receiving body, in which will be unloaded after treatment, the water coming from the issuer. This discharge must comply with the particular discharge conditions in accordance with current regulations.

In the community of "Bellas Fuentes", Mpio. of Coeneo, Michoacán, the sewage network is of utmost importance, since some part of the population does not have this type of service, which is why it was necessary to carry out this project in this locality.



INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alcantarillado, nacen de la necesidad de evacuar y alejar adecuadamente de las viviendas, las aguas residuales que contengan todo aquel material orgánico e inorgánico de desecho, que perjudique la salud de los pobladores y provoque molestias, tales como, mal aspecto y olores desagradables, que a su vez impidan alcanzar las condiciones relacionadas con el desarrollo y mejoramiento del nivel de vida de la población.

El sistema de alcantarillado sanitario se compone por todos o algunos de los siguientes elementos: la red de atarjeas, los colectores, los interceptores, emisores, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, descarga final y obras accesorias. El destino final de las aguas servidas podrá ser, previo tratamiento, desde un cuerpo receptor hasta el reúso o la recarga de acuíferos, dependiendo del tratamiento que se realice y de las condiciones particulares de la zona de estudio.

En el presente documento se mostrará de manera básica, la relación de los estudios técnicos necesarios para la construcción e implementación de una red de alcantarillado sanitario, en este caso, para resolver la problemática de la población conocida como “BELLAS FUENTES”.

Esta población está ubicada al noroeste del Estado de Michoacán; en el municipio de Coeneo. Dicho proyecto se realizó siguiendo los lineamientos técnicos establecidos en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (M.A.P.A.S.) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), del Gobierno Federal.

En este trabajo se plasman conocimientos de topografía, proyección estadística de la población, estudio socio-económico, diseño hidráulico, planeación del sistema, catálogo de conceptos, especificaciones de construcción, relación de planos con escalas de dibujo; todos estos conocimientos tendientes a resolver el problema de alcantarillado sanitario en la población.



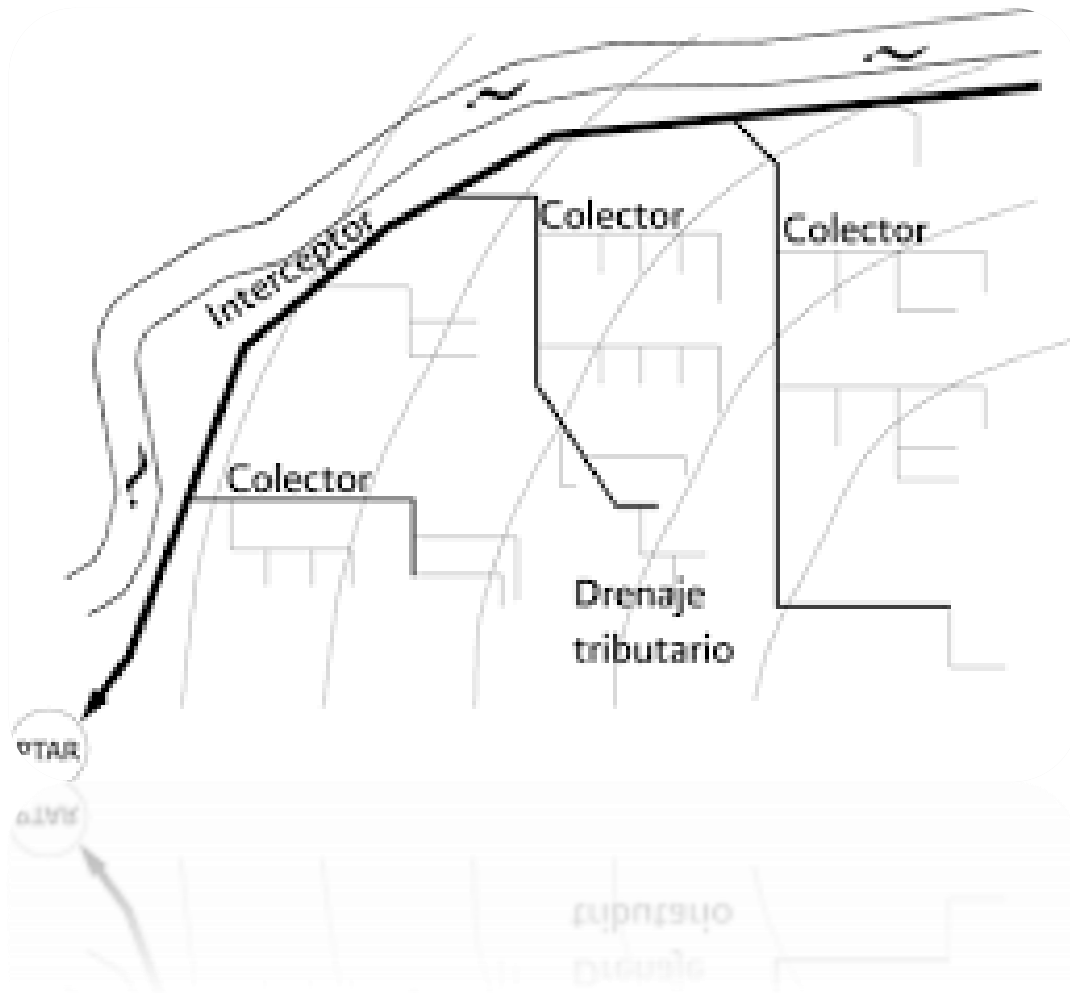
Parte fundamental del éxito de un proyecto de ingeniería, es la base de datos; en este caso se recurrió a información oficial y de visita de campo; tal como el INEGI: de esta dependencia se derivaron aspectos topográficos, poblacionales y algunos servicios existentes. Esta información resulta ser útil para fines de elaboración de un anteproyecto como es el caso de este trabajo; se requiere realizar trabajos de campo, para fines de esta tesis se optó por la información disponible por parte de dependencias oficiales. (Oliver, 2016)

Un anteproyecto es un proyecto muy próximo a la realidad, actualmente gracias al apoyo de las tecnologías que se han desarrollado; nos permite obtener muy buena resolución en la información generada, como es el caso de las imágenes de satélite.

De igual manera se presenta a manera de ejemplo, los planos constructivos de la red de Alcantarillado Sanitario; los cuales muestran las profundidades de pozo, pendientes de atarjeas, sistema de subcolectores, colectores y emisor; para su entrega en un sitio propuesto para el tratamiento de las aguas residuales que se generarán.

Es una necesidad de toda población contar con un servicio básico, como lo es el sistema de alcantarillado sanitario; por tal motivo dicho proyecto pretende ser un anteproyecto que sirva quizá en un futuro a la población para fines de alcanzar los recursos económicos para su ejecución, toda vez que la población actualmente carece de este servicio.

Finalmente, con este proyecto se logrará la conservación de los recursos naturales, esto como consecuencia del manejo adecuado de las aguas residuales hacia un punto en específico para su tratamiento; con esto evitando la contaminación del suelo y de las aguas freáticas; redundando en una mejor calidad de vida para la población.



OBJETIVOS



2. OBJETIVOS

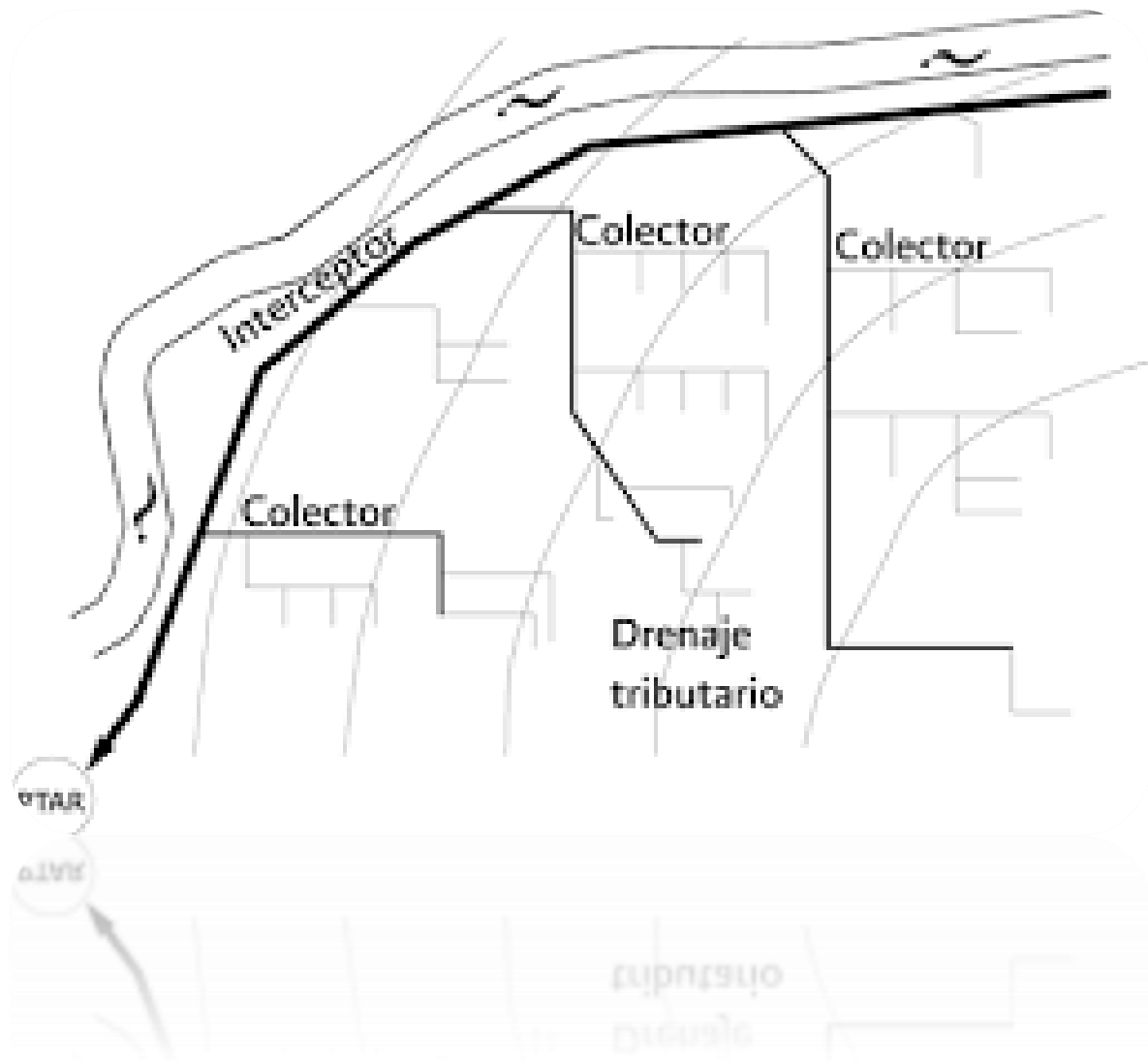
2.1 Objetivo General:

Realizar el proyecto de un sistema de alcantarillado sanitario adecuado a las necesidades de la población de “BELLAS FUENTES”, perteneciente al municipio de Coeneo, Michoacán.

2.2 Objetivo particular:

Los objetivos particulares a cumplir con el sistema de alcantarillado sanitario para la población de “BELLAS FUENTES” son:

- Mejorar las condiciones sanitarias locales, evitando posibles focos de infección para la salud de la población, revirtiendo la contaminación del agua freática y la contaminación del suelo.
- Recolectar y desalojar rápido y seguro de las aguas residuales, el sistema de conducción de alcantarillado garantiza una entrada y salida rápida de la red de atarjeas, esto se logra garantizando un sistema por gravedad.
- Diseñar un sistema de alcantarillado acorde a las condiciones topográficas de la población, buscando la solución técnica y económicamente factible.



ANTECEDENTES



3. ANTECEDENTES

3.1 Marco Físico

Coeneo de la Libertad municipio donde se localiza la Población de “BELLAS FUENTES”, dicho municipio se localiza en la zona centro norte de Michoacán, en la denominada meseta Purépecha, tiene una extensión territorial de 393.16 kilómetro cuadrados que equivalen a 0.66% de la superficie total del estado de Michoacán; sus límites corresponden al norte con el municipio de Huaniqueo y con el municipio de Jiménez; al este con el municipio de Morelia; al sur con el municipio de Quiroga y con el municipio de Erongarongarícuaro y al oeste con el municipio de Zacapu.

El territorio de Coeneo es montañoso, correspondiendo al Eje Volcánico Transversal; la principal elevación es el Pico del Tzirate perteneciente a la Sierra de Comanja; las principales corrientes son el río de la Patera y una serie de corrientes menores como el arroyo de Tzirate y los cuerpos de agua como son: el Lago de Bellas Fuentes y la presa de Tungüitiro.

Todo el territorio de Coeneo pertenece a la Región Hidrológica Lerma - Santiago y se encuentra dividido en dos diferentes cuencas; el tercio más oriental del territorio integra la Cuenca del Lago de Pátzcuaro – Cuitzeo y la Laguna de Yuriria, y el resto a la Cuenca del Río Lerma - Chapala.

El municipio de Coeneo registra un clima Templado subhúmedo con lluvias en verano, especialmente en el área conocida como el Tzirate sierra colindando a el poblado de Tungüitiro; la temperatura media anual va de los 16 a los 24 °C en la mayor parte del municipio con la excepción del sureste donde el promedio va de los 12 a los 16 °C; la precipitación promedio anual es de 800 a 1,000 mm, difiriendo en la zona sur donde es de 1,000 a 1,200 mm.

Entre las principales especies de flora del municipio en sus zonas bajas son los matorrales, sin embargo, la gran mayoría del territorio municipal se encuentra dedicado a la agricultura con excepción de las zonas elevadas del sureste, cubiertas de bosque de pino y encino; entre los principales ejemplares animales se encuentran: la liebre, conejo, ardilla, venado, coyote, zorro y tlacuache.



3.1.1 Historia:

Coeneo de la libertad es una localidad en el estado de Michoacán; su nombre proviene del vocablo purépecha “cuini” que significa pájaro, por lo que etimológicamente Coeneo significa “Lugar de Pájaros”; fue un pueblo que formó parte del dominio territorial del señorío tarasco durante la época prehispánica, al derrumbarse el señorío mencionado, fue evangelizado por la orden religiosa de los franciscanos y en el año de 1530, fray Martín de la Coruña, fundó el actual pueblo de Coeneo.

En 1631, la familia Infante tenía dos haciendas: la del Cortijo de San Juan de la Vega y la de “Bellas Fuentes”, estas haciendas pasaron a manos ajenas de la familia a finales de 1677; no se sabe cómo Francisco Infante Samaniego formó la hacienda independiente de “Bellas Fuentes”.

Después de 67 años que las haciendas pasaron a manos de gente de Nahuatzen, “Bellas Fuentes” paso a manos de los Ramírez de Morelia.

Coeneo se constituyó como municipio el 10 de diciembre de 1831; fue el primer pueblo en levantarse en armas en pro del Plan de Ayutla el 5 de mayo de 1854 en contra de la dictadura de Antonio López de Santa Anna, encabezado por el General Epitacio Huerta y el General Rafael Garnica. (México, 2000).

3.1.2 Localización:

La localidad se encuentra a una mediana altura de 2000 metros sobre el nivel del mar. La población de Bellas Fuentes se localiza en el Mpio. de Coeneo del estado de Michoacán; y se encuentra en las coordenadas:

- Longitud: -101.679444 Oeste
- Latitud: 19.821389 Norte

3.1.2.1 Macro localización:

En la figura 3.1 se ilustra con color morado el territorio abarcado por el Municipio de Coeneo, perteneciente al Estado de Michoacán.

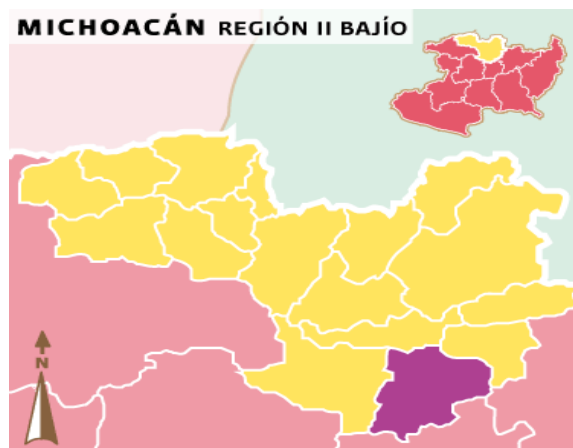


Figura 3.1 Municipio de Coeneo. Fuente inafed, 2017

3.1.2.2 Micro localización:

Para fines de referencia de ubicación de la población de “Bellas Fuentes”, se muestra a continuación las principales poblaciones aledañas, así como sus vías de acceso, tal como se muestra en la figura 3.2.



Figura 3.2 Micro localización de la localidad de “Bellas fuentes”, Michoacán. Fuente: SCT 2017

3.1.3 Clima Predominante:

La región de Bellas Fuentes, presenta un clima templado sub húmedo con lluvias en verano; tiene una precipitación pluvial anual de 791.4 milímetros y temperaturas que oscilan de 4.8° a 26.2° centígrados.

A continuación, se muestra en la figura 3.3 los climas en el Estado de Michoacán.

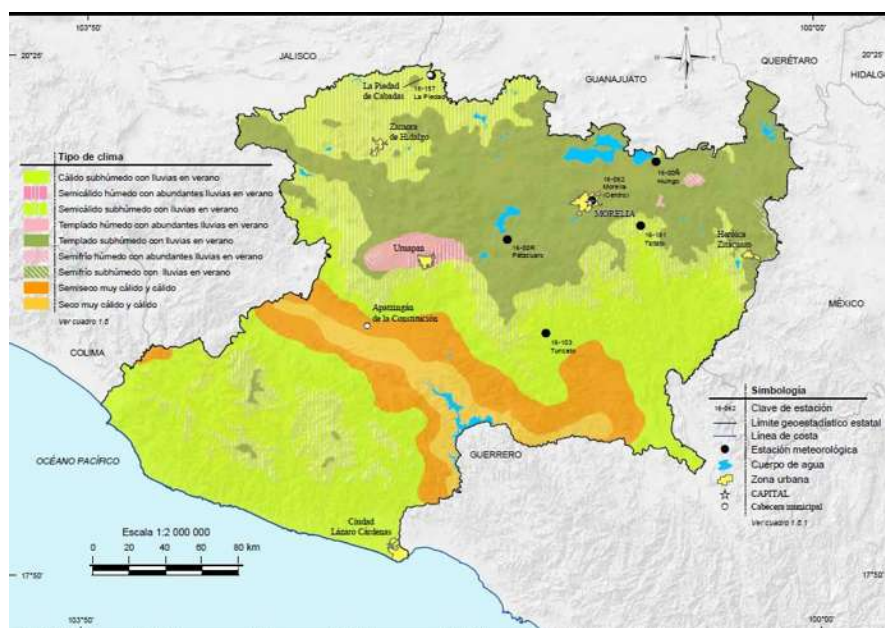


Figura 3.3 Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Climas Escala 1:1000000, serie I. Fuente: INEGI

3.1.4 Principales Ecosistemas:

En la población predomina el bosque mixto con pino, encino y aile; su fauna la conforman la liebre, conejo, ardilla, venado, coyote, zorro y tlacuache.

En las figuras se muestra los principales bosques y su fauna predominante en la región de Coeneo, Michoacán.



Figura 3.4 – 3.5 bosque y fauna predominante de la región. Fuente: Flora y fauna de

3.1.5 Recursos Naturales:

La superficie forestal maderable es ocupada por pino y encino, y en el caso de la no maderable, por matorrales de distintas especies.

En las siguientes imágenes se muestra un poco de la superficie forestal existente en la población de Bellas Fuentes.



Figura 3.6 – 3.7. Recursos Naturales de la Población. Fuente: Marisa Anguiano. 2017

3.1.6 Características y uso de suelo:

Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y plioceno; corresponden principalmente a los del tipo de pradera y de montaña. Su uso es primordialmente agrícola y en menor proporción ganadera y forestal.

En la siguiente imagen se muestra un poco de la agricultura de la región.



Figura 3.8; Principales actividades de la región. Fuente: Biodiversidad de Michoacán.



3.2 Marco Social:

3.2.1 Estructura Social:

3.2.1.1 Población de Bellas Fuentes:

La Comunidad ocupa el tercer lugar de las principales localidades con 1,104 pobladores para el 2010, cubriendo un 5.39 % del municipio de Coeneo, en la población hay 601 mujeres y 503 hombres.

En la siguiente tabla se muestra la población total de la población, así como sus claves tanto de municipio como de localidad, su grado de marginación y el ámbito en el que se encuentra.

Clave entidad	Nombre de la entidad	Clave del municipio	Nombre del municipio	Clave de la localidad	Nombre de la localidad	Población 2010	Grado de marginación de la localidad 2010	ZAP rural	Cobertura PDZP	Estatus	Ámbito
16	Michoacán de Ocampo	016	Coeneo	160160004	Bellas Fuentes	1,104	Medio	No	No	Activa	Rural

Tabla 3.1 Municipios y Localidades con el programa de la Cruzada Nacional del Hambre. Fuente: CONAPO 2010

3.2.1.2 Escolaridad de la Población:

Aparte de que hay 86 analfabetos de 15 y más años, 8 de los jóvenes entre 6 y 14 años no asisten a la escuela.

De la población a partir de los 15 años 90 no tienen ninguna escolaridad, 448 tienen una escolaridad incompleta, 150 tienen una escolaridad básica y 41 cuentan con una educación post-básica.

Un total de 24 de la generación de jóvenes entre 15 y 24 años de edad han asistido a la escuela, la mediana escolaridad entre la población es de 5 años.

3.2.1.3 Edades de la Población:

Los ciudadanos se dividen en 421 menores de edad y 683 adultos, de cuales 241 tienen más de 60 años.

3.2.2 Estructura Económica:

En Bellas Fuentes hay un total de 295 hogares, de estos 293 viviendas, 32 tienen piso de tierra y unos 0 consisten de una sola habitación; 280 de todas las viviendas tienen instalaciones sanitarias, 290 son conectadas al servicio público, 289 tienen acceso a la luz eléctrica.

La estructura económica permite a 10 viviendas tener una computadora, a 125 tener una lavadora y 271 tienen una televisión. (INEGI, 2010)

3.2.2.1 Actividades Económicas:

Sus principales actividades son la agricultura, teniendo como principales cultivos el maíz, lenteja, frijol y janamargo; una mínima parte la ocupa el turismo en sus manantiales y áreas de recreo.

A continuación, se muestra una fotografía del manantial de la población de Bellas Fuentes.



Figura 3.9 Manantial de la Población de Bellas Fuentes. Fuente: Marisa Anguiano 2017

3.2.2.2 Actividades Culturales y Sociales:

- Fiestas Patronales o Feria del Pueblo:

En la Comunidad de “Bellas Fuentes” festejan a la Divina Providencia o Santísima Trinidad, con la danza de los chinelos, música de viento, misas de función con la asistencia del Arzobispo de Morelia, quema de castillo, algunos juegos y puestos de comida, y sin faltar el baile, también celebran el 14 de septiembre al Señor de la Misericordia y el 12 de diciembre a la Virgen de Guadalupe.

En la siguiente imagen se muestra la Parroquia de la Santísima Trinidad de la población de Bellas Fuentes, celebrando a su santo patrono.



Fig. 3.10 Celebración de la misa del Santo Patrono. Fuente: Norma Alcaraz 2017

- Costumbres:

En la comunidad se acostumbra en diciembre hacer 3 días de jaripeos 25, 26 y 27 inician sus festividades a partir de las 10 de la mañana para finalizarlas en la madrugada del día siguiente; en las cuales las muchachas acostumbran a utilizar atuendos de guares bailando por todo el pueblo con los sones de música de viento.

En las siguientes figuras se muestran las festividades de diciembre de la localidad.



Fig. 3.11 – 3.12, Festividades de Diciembre. Fuente: Facebook Bellas Fuentes

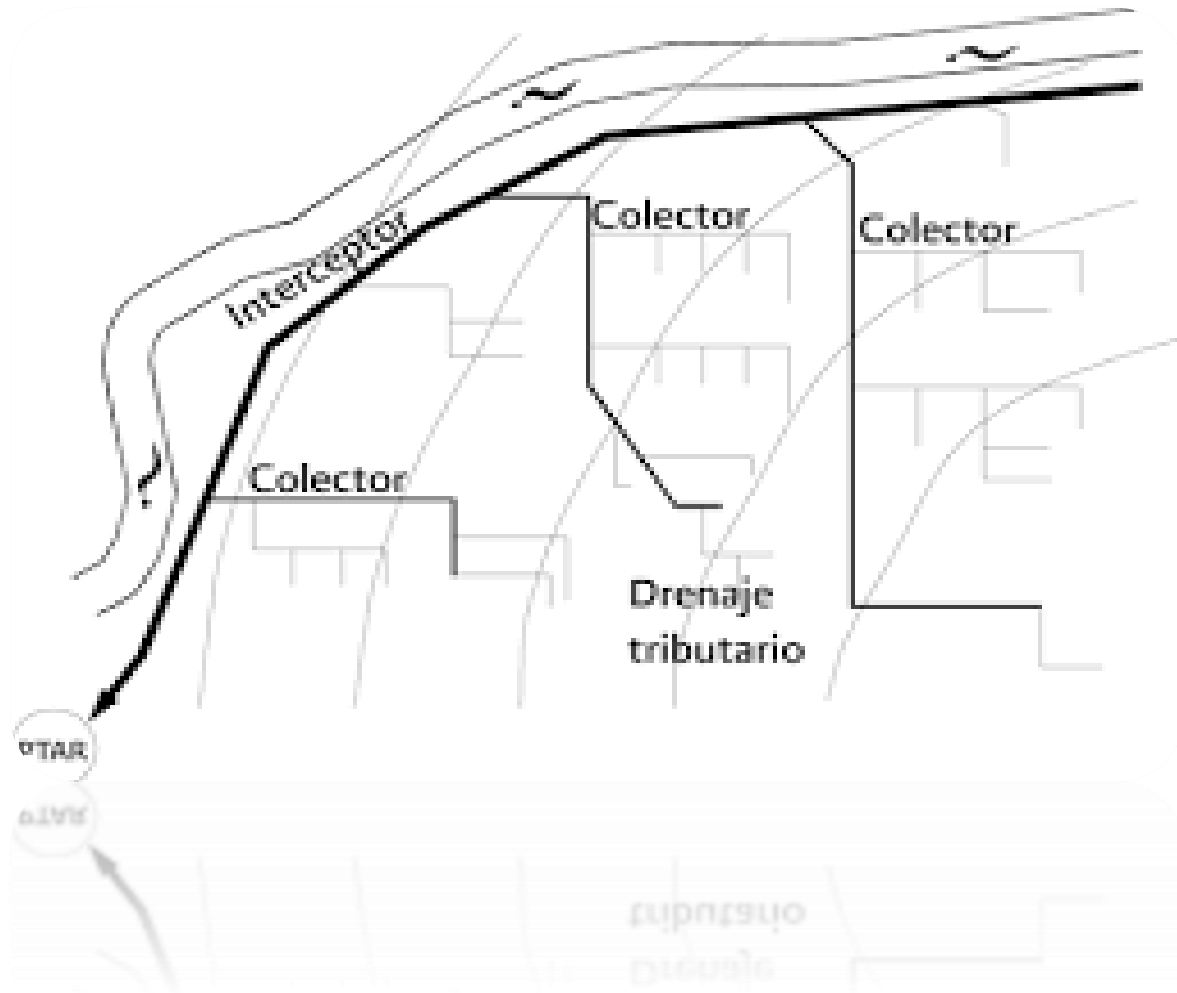
- Tradiciones:

Cada 1 y 2 de noviembre los pobladores de la localidad acuden al panteón a lavar y adornar con diferentes flores las tumbas de sus difuntos y celebran misa en el campo santo.

Se muestra una imagen desde el cementerio de la población en la celebración del día de muertos.



Fig. 3.13 Día de Muertos en Bellas Fuentes. Fuente: Norma Alcaraz



ESTUDIOS PRELIMINARES

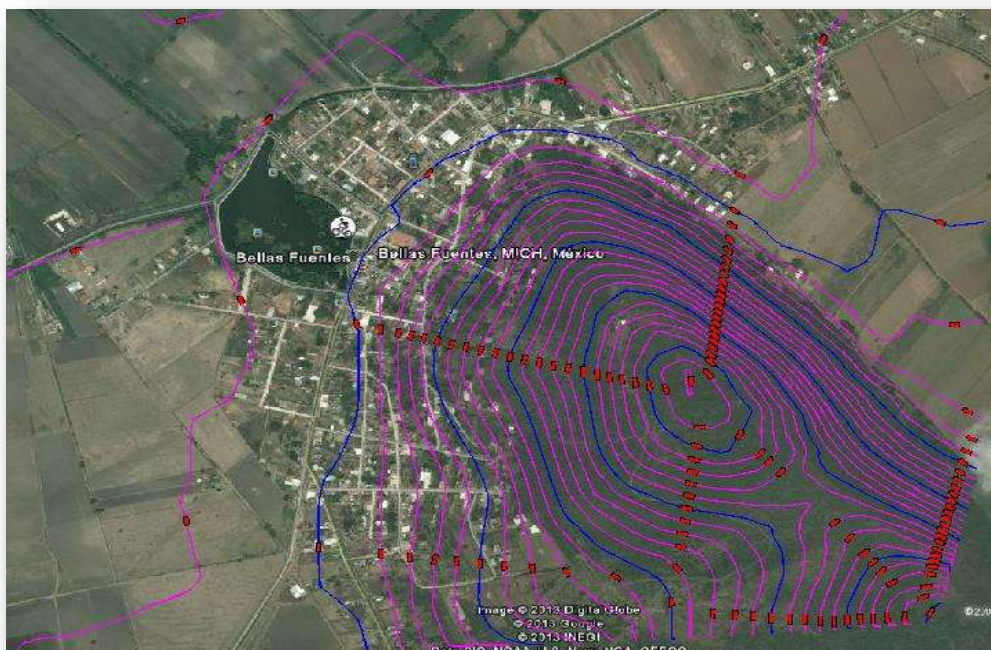
4. ESTUDIOS PRELIMINARES

4.1 Topografía:

Su relieve lo constituye el sistema volcánico transversal, al que corresponden la sierra de Comanja, con el pico Tzirate; cerros de Catayo, Ermitaño y Pelón.

A continuación, se muestra una vista de la topografía de la localidad, dichos datos los obtuvimos del INEGI.

Fig. 4.1 Topografía de la Población. Fuente: Global Mapper



4.2 Infraestructura Existente:

La infraestructura hidráulica existente en la población de “Bellas Fuentes” es la red de agua potable que llega y abastece a toda la comunidad; aunque este sistema de abastecimiento no abarca las 24 horas del día, se utiliza un sistema de tandeo para dar abasto a toda la población; esto quiere decir que llega diario pero a unas horas determinadas del día (9:00 a.m. – 13:00 p.m.), el agua que se utiliza en la población es extraída del manantial ubicado en la población, y esto conlleva a que no cuente con el tratamiento adecuado para el agua potable.

La red de agua potable consiste en un conjunto de tuberías y conexiones especiales subterráneas que transportan el agua potable; así como sus respectivas ramificaciones para cada vivienda de la población.

En cuanto a la red de alcantarillado sanitario se tiene cobertura de un 85% de la población, solamente un 15% de la población carece de este servicio, la ubicación de esta población que no cuenta con dicho servicio se ubica al noreste y el sur de la población.

En las siguientes figuras se muestra el depósito regulador semienterrado existente en la población, así como el equipo de bombeo que facilita el transporte del agua hacia el tanque.



Fig. 4.2 – 4.3 Equipo de bombeo. Fuente: Marisa Anguiano. 2017

Fig. 4.4 Tanque semi enterrado de la población. Fuente: Marisa Anguiano. 2017



4.2.1 Calles Pavimentadas:

La población de Bellas Fuentes cuenta en su totalidad con todas las calles pavimentadas, sin mencionar que solo hay escasas 5 brechas que la gente ideo para acortar distancia a sus viviendas.

A continuación, se muestra una fotografía de las calles sin pavimentar en la población, mediante una vista satelital, obtenida de la red.

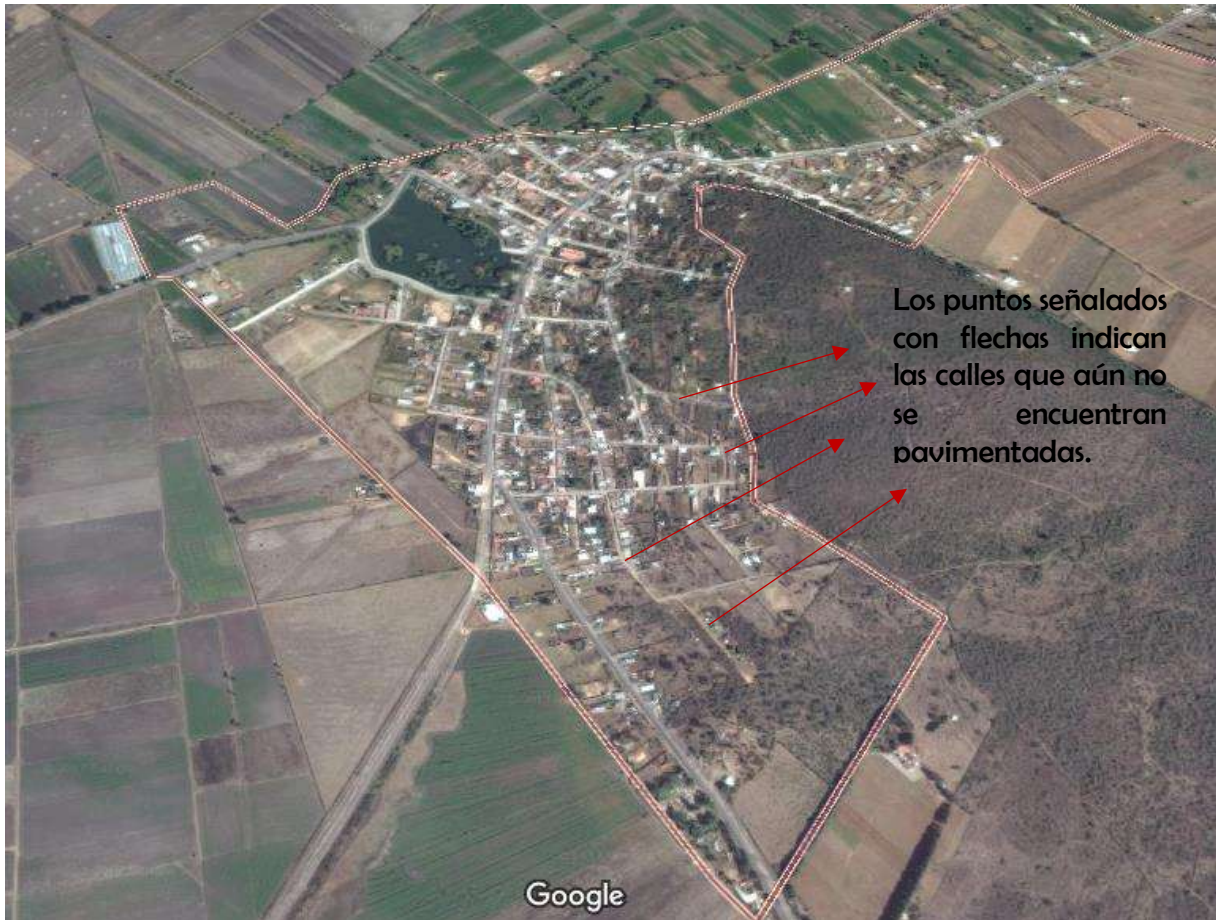


Fig. 4.5 Vista satelital de la población de estudio "Bellas Fuentes". Fuente: Google Maps

4.2.2 Cruce de Carreteras:

La población cuenta con cruce de carreteras municipales así, como con cruce de carreteras federales al noroeste con la carretera federal Zamora – Guadalajara y al noreste con Huaniqueo – Morelia.

A continuación, se muestra una imagen de los cruces de carreteras municipales que pasan por la población de Bellas Fuentes.

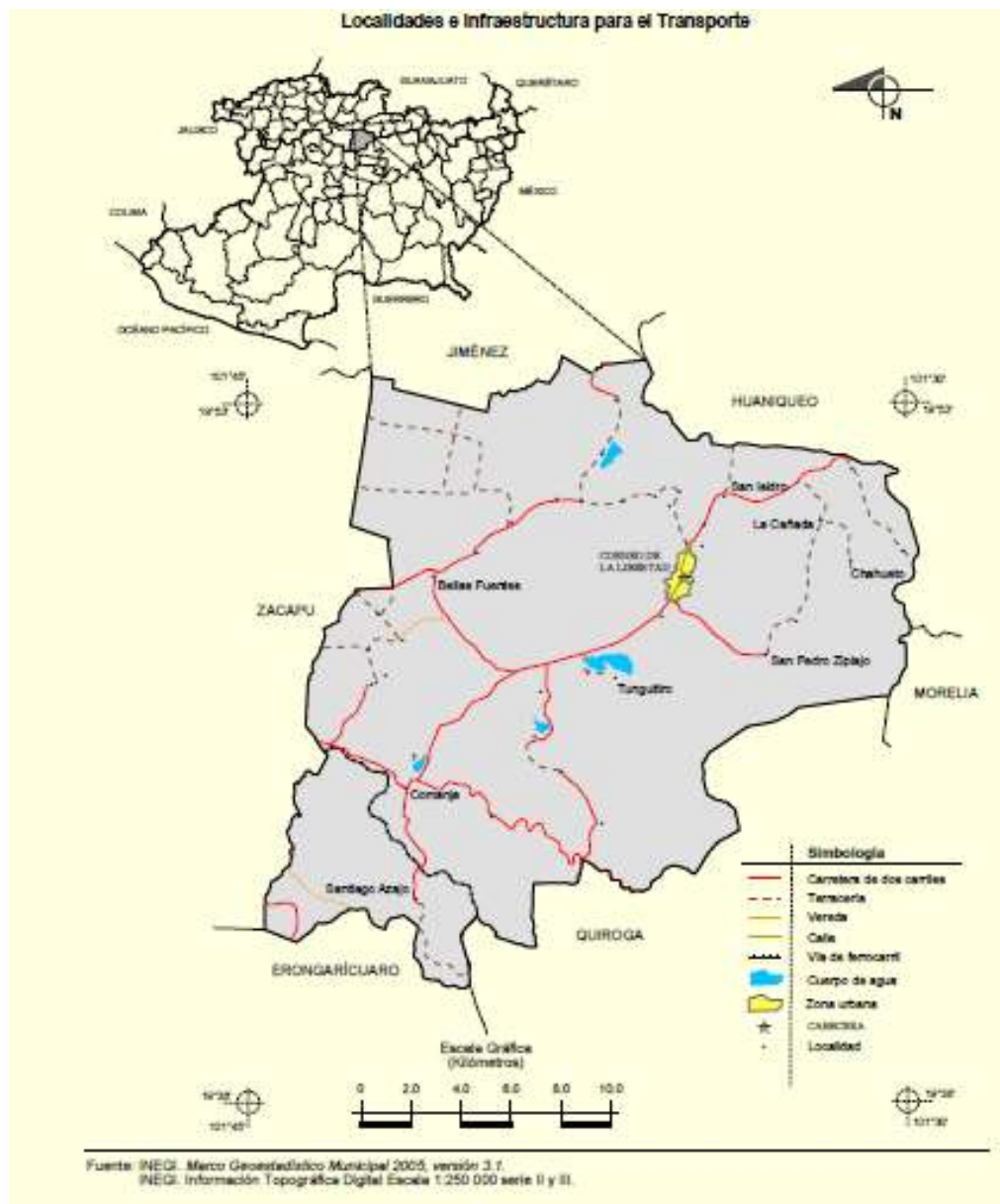
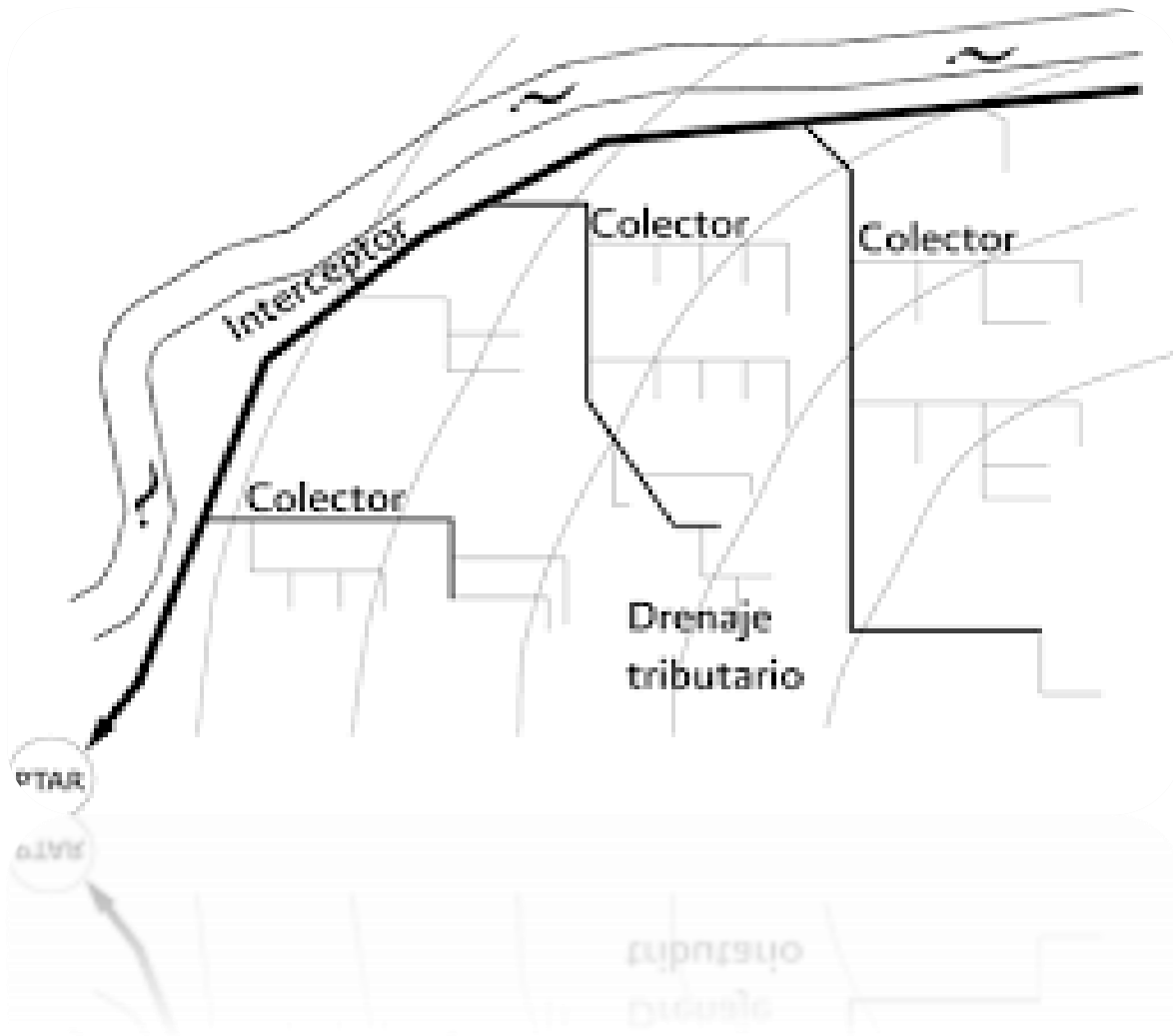


Fig. 4.6 Localidades e Infraestructura para el Transporte. Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal. 2017

4.2.3 Puentes:

En la población de Bellas Fuentes no se encuentra ningún tipo de puente.



DISEÑO GEOMÉTRICO



5. DISEÑO GEOMÉTRICO

5.1 Tipos de tuberías y velocidades asociadas:

La tubería de alcantarillado se compone de tubos y conexiones acoplados mediante un sistema de unión hermético, el cual permite la conducción de las aguas residuales. (Manual de agua potable, 2007)

En la selección del material de la tubería de alcantarillado, intervienen diversas características tales como: resistencia mecánica, resistencia estructural del material, durabilidad, capacidad de conducción, características de los suelos y agua, economía, facilidad de manejo, colocación e instalación, flexibilidad en su diseño y facilidad de mantenimiento y reparación. (Manual de agua potable, 2007)

Las tuberías para alcantarillado sanitario se fabrican de diversos materiales, tales como: (Manual de agua potable, 2007)

- Acero
- Concreto simple (CS) y concreto reforzado (CR)
- Concreto reforzado con revestimiento interior (CRRi)
- Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).
- Poli (cloruro de vinilo) (PVC) (pared sólida y estructurada)
- Fibrocemento (FC)
- Polietileno de alta densidad (PEAD) (pared sólida corrugada y estructurada)

En los sistemas de alcantarillado sanitario a presión se pueden utilizar diversos tipos de tuberías para conducción de agua potable, siempre y cuando reúnan las características para conducir aguas residuales. (Manual de agua potable, 2007)

Las velocidad mínima que se considera es aquella con la cual no se presentan depósitos de solidos suspendidos en las atarjeas que provoquen azolves y taponamientos. La velocidad mínima permisible es de 0.3 m/s, considerando el gasto mínimo y su tirante correspondiente.



La velocidad máxima es el límite superior de diseño, será de 3 m/s, 5 m/s y 7 m/s en casos especiales, con el cual se trata de evita la erosión de las paredes de los conductos y estructuras. (Elidier, 2017)

A continuación, se muestra una tabla con los valores de velocidades máximas y mínimas de acuerdo al material de la tubería.

Material	Velocidad (m/s)	
	Máxima	Mínima
acero (sin revestimiento, revestido y galvanizado)	3	0.3
Concreto reforzado	5	
Concreto simple		
Fibrocemento		
Polietileno alta densidad (PEAD)		
Poli (cloruro de vinilo) (PVC)		
Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)	3	

Tabla 5.1 Velocidades máximas y velocidades mínimas en la relación con el material de la tubería. Fuente: CONAGUA. MAPAS.

- PENDIENTES:

El objeto de limitar los valores de pendientes es evitar, hasta donde sea posible, el azolve y la erosión de las tuberías.

Para el caso de pendientes pronunciadas, donde no se pueda seguir la pendiente del terreno, será necesario hacer escalonamientos en el perfil de la línea de drenaje, utilizando para este caso tuberías que no sean afectadas por el sulfuro de hidrogeno que se produce en las caídas libres, gas toxico que aumenta los malos olores de las aguas residuales, propiciando la contaminación ambiental.

Las pendientes de las tuberías deberán seguir hasta donde sea posible el perfil del terreno, con objeto de tener excavaciones mínimas, pero tomando en cuenta las restricciones de velocidad y de tirantes mínimos del apartado anterior y la topografía de los lotes a los que se darán servicio.



En los casos especiales en donde las pendientes del terreno sean muy fuertes, es conveniente que para el diseño se consideren tuberías de materiales que soporten velocidades altas y se debe hacer un estudio técnico económico de tal forma que se pueda tener sólo en casos extraordinarios y en tramos cortos velocidades de hasta 8 m/s.

A continuación, se muestra el ejemplo del cálculo obtenido con este diseño; con la finalidad de mostrar de manera más clara el análisis realizado.

POZO NO.	PROFUNDIDAD DE POZO (m)	COTA DE TERRENO (m)	COTA DE PLANTILLA (m)	POZO NO.	PROFUNDIDAD DEL POZO (m)	COTA DE TERRENO (m)	COTA DE PLANTILLA (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE (milésimas)
1	1.21	2041.69	2040.48	2	1.50	2033.98	2032.48	93.00	86.00
2	2.00	2033.98	2031.98	3	1.54	2028.70	2027.16	61.00	79.00
3	2.99	2028.70	2025.71	3a	1.50	2026.44	2024.94	9.00	86.00
3a	2.29	2026.44	2024.15	3b	1.50	2024.88	2023.38	9.00	86.00
3b	2.70	2024.88	2022.18	3c	1.50	2022.91	2021.41	9.00	86.00
3c	2.34	2022.91	2020.57	3d	1.50	2021.30	2019.80	9.00	86.00
3d	2.18	2021.30	2019.12	3e	1.50	2019.85	2018.35	9.00	86.00
3e	2.78	2019.85	2017.07	4	1.50	2017.80	2016.30	9.00	86.00
4	2.29	2017.80	2015.51	4a	1.50	2015.98	2014.48	12.00	86.00
4a	2.31	2015.98	2013.67	4b	1.50	2014.14	2012.64	12.00	86.00
4b	2.53	2014.14	2011.61	4c	1.50	2012.08	2010.58	12.00	86.00
4c	2.16	2012.08	2009.92	4d	1.50	2010.39	2008.89	12.00	86.00
4d	2.07	2010.39	2008.32	4e	1.50	2008.79	2007.29	12.00	86.00
4e	2.15	2008.79	2006.64	4f	1.50	2007.11	2005.61	12.00	86.00
4f	2.14	2007.11	2004.97	4g	1.50	2005.44	2003.94	12.00	86.00
4g	1.88	2005.44	2003.56	4h	1.50	2004.03	2002.53	12.00	86.00
4h	1.93	2004.03	2002.10	4i	1.50	2002.57	2001.07	12.00	86.00
4i	1.89	2002.57	2000.68	5	1.50	2001.15	1999.65	12.00	86.00
5	1.93	2001.15	1999.22	5a	1.50	1998.48	1996.98	26.00	86.00
5a	2.94	1998.48	1995.54	6	1.50	1995.92	1994.42	26.00	43.00
6	1.20	1994.97	1993.77	6	2.38	1995.92	1993.54	78.00	3.00
6	2.38	1995.92	1993.54	7	1.51	1994.23	1992.72	21.00	39.00
7	1.51	1994.23	1992.72	8	1.52	1991.13	1989.62	66.00	47.00
8	1.52	1991.13	1989.62	9	1.63	1991.10	1989.47	47.00	3.00
9	1.63	1991.10	1989.47	10	1.54	1990.99	1989.45	7.00	3.00
10	1.54	1990.99	1989.45	11	1.50	1990.30	1988.80	73.00	9.00
11	1.50	1990.30	1988.80	12	1.54	1990.04	1988.50	73.00	4.00
12	1.54	1990.04	1988.50	13	1.58	1990.00	1988.42	5.00	17.00
13	1.58	1990.00	1988.42	14	1.63	1990.00	1988.37	17.00	3.00
14	1.63	1990.00	1988.37	15	1.76	1990.00	1988.24	42.00	3.00
15	1.76	1990.00	1988.24	16	1.86	1990.00	1988.14	34.00	3.00

Tabla 5.2 Ejemplo de pendientes de los pozos del proyecto “Bellas Fuentes”

- Diámetros:

Diámetro mínimo:

La experiencia en la conservación y operación de los sistemas de alcantarillado a través de los años ha demostrado que, para evitar obstrucciones, el diámetro mínimo en las tuberías



debe ser de 20 cm (8 in), para casos especiales previamente justificados podrá emplearse un diámetro mínimo de 15 cm (6 in).

Diámetro máximo:

Está en función de varios factores, entre los que destacan: el gasto máximo extraordinario de diseño, las características topográficas y de mecánica de suelos de cada localidad en particular, el tipo de material de la tubería y los diámetros comerciales disponibles en el mercado.

La selección del diámetro dependerá de las velocidades permisibles, aprovechando al máximo la capacidad hidráulica del tubo trabajando a superficie libre.

5.2 Pozos de Visita:

Los pozos de visita son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado, se utilizan para la unión de dos o más tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente, así como para las ampliaciones o reparaciones de las tuberías. (Manual de agua potable, 2007)

Los pozos de visita son fabricados en el sitio de la obra o bien prefabricados, los tipos de pozos se clasifican en:

- Pozos de visita común:

Están formados por una chimenea de forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior, y son utilizados hasta 800 mm. Todos los pozos de visita comunes deben asentarse sobre una plantilla de material base compactada al 95% PROCTOR con espesor mínimo de 10 cm. En terrenos suaves esta plantilla se construye de concreto armado.

En cualquier caso, la media caña y las banquetas del pozo pueden ser aplanadas con mortero o con el mismo material del pozo.

El acceso a la superficie se protege con un brocal con tapa de fierro fundido, concreto, polietileno u otros materiales de acuerdo a la carga exterior de la vialidad.

A continuación se muestra un ejemplo del pozo de visita común

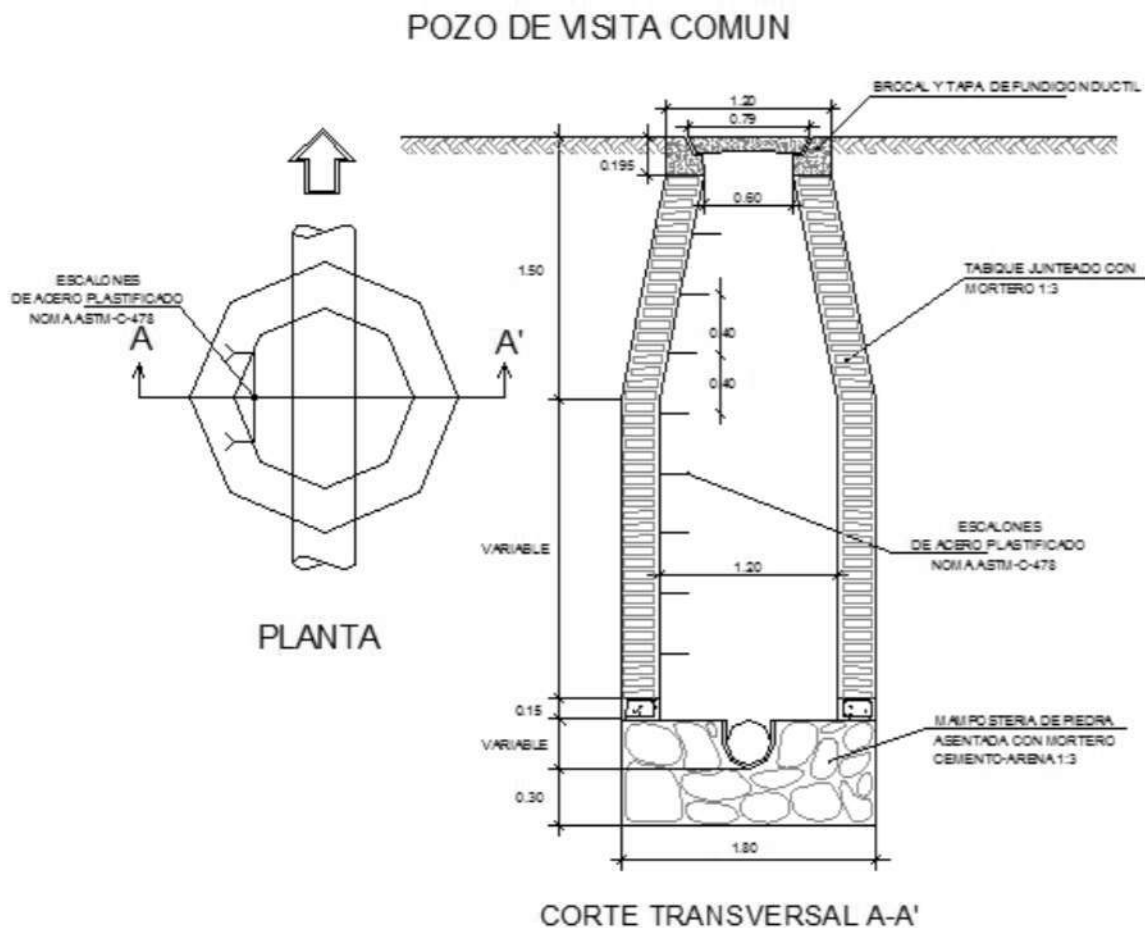


Fig. 5.1 Ejemplo de pozo de visita común. Fuente: MAPAS. 2015

- Pozo con caída adosada:

Son pozos de visita comunes, a los cuales lateralmente se les construye una estructura que permite la caída en tuberías de 0.20 y 0.25 m (20 – 25 cm) de diámetro con un desnivel de hasta 2.00 m.

A continuación, se muestra un ejemplo del pozo de visita caída adosada

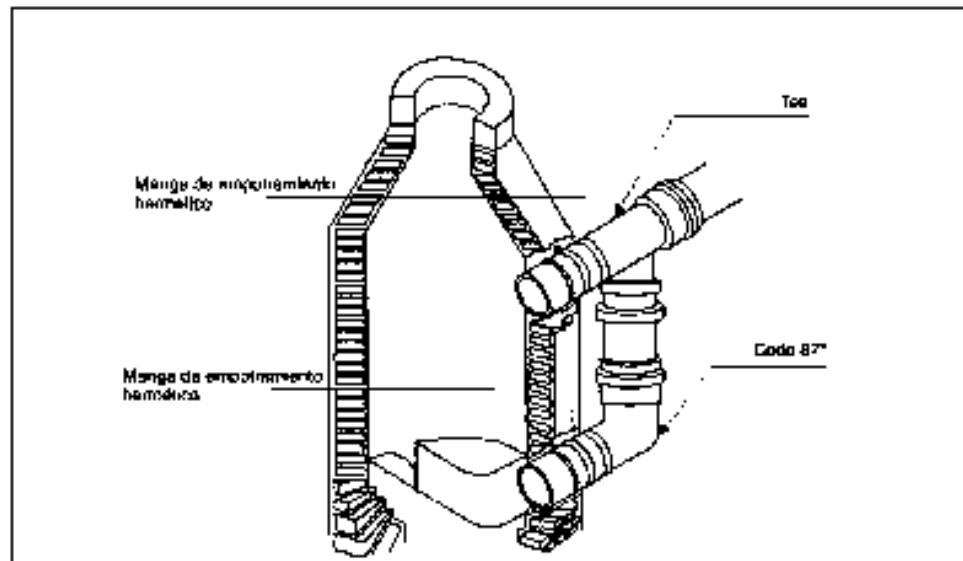


Fig. 5.2 Ejemplo de pozo de visita caída adosada. Fuente: CONAGUA 2017

- Pozo con caída libre:

Se permiten caídas de hasta 0.50 m (50 cm) dentro del pozo sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial.

A continuación, se muestra un ejemplo del pozo de visita caída libre.

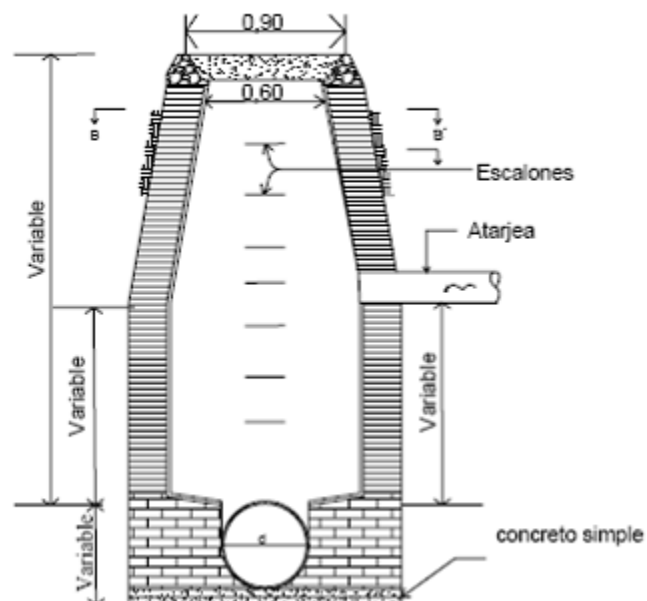


Fig. 5.3 Ejemplo de pozo de visita caída libre. Fuente: Secretaría de Obras y Servicios D.F. 2010

- Pozos construidos en sitio:

Los pozos que se construyen en el lugar de la obra comúnmente utilizan tabique, concreto reforzado o mampostería de piedra. Cuando se usa tabique de concreto o ladrillo, el espesor mínimo debe de ser de 28 cm a cualquier profundidad.

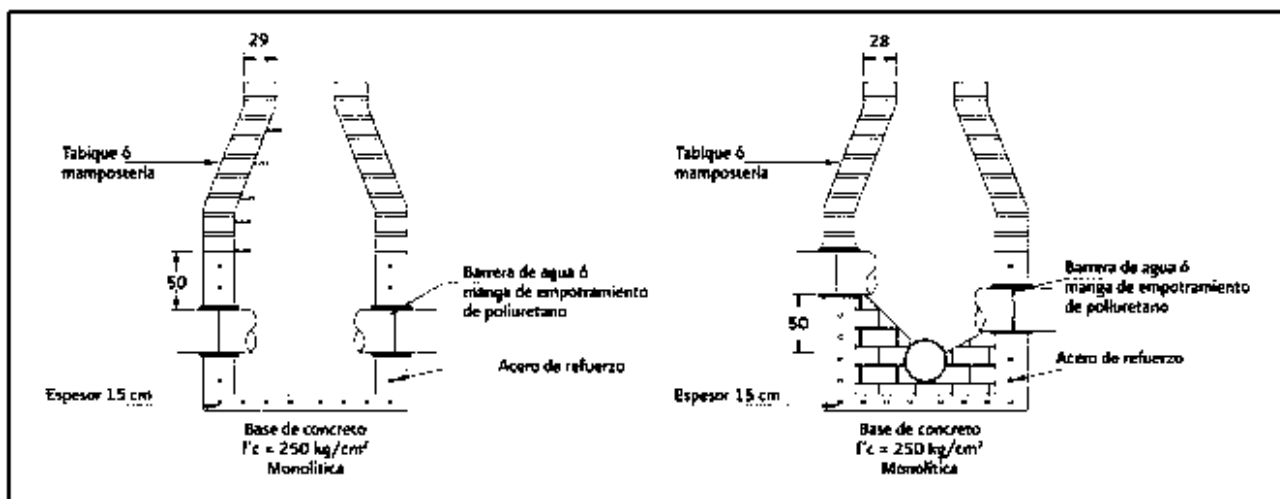


Fig. 5.4 Ejemplo de pozo de visita construidos en sitio. Fuente: CONAGUA. MAPAS.

5.3 Descargas Domiciliarias:

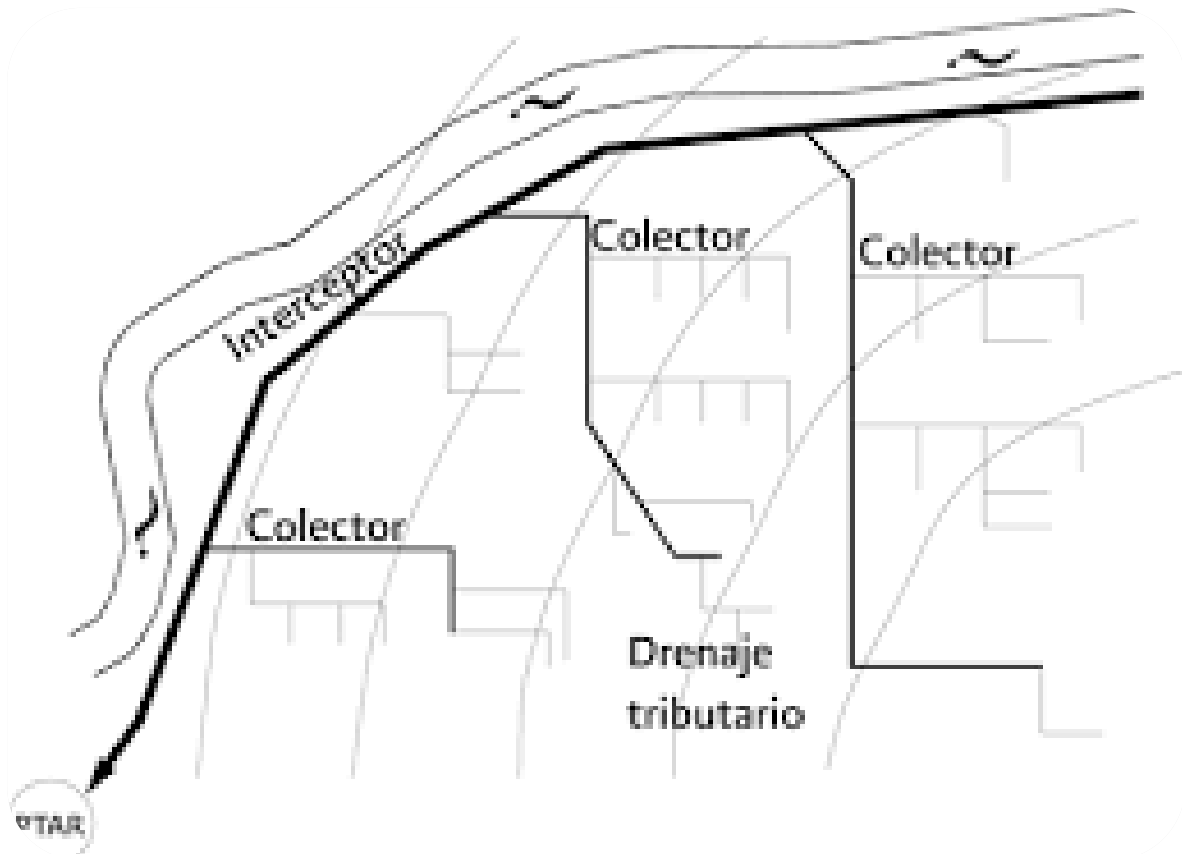
La descarga domiciliaria o “albañal exterior”, es una tubería que permite el desalojo de las aguas servidas, del registro domiciliario a la atarjea. El diámetro del albañal en la mayoría de los casos es de 15 cm, siendo el mínimo recomendable, sin embargo, esta dimensión puede variar en función de las disposiciones de las autoridades locales, la conexión entre el albañal y atarjea debe ser hermética y la tubería de interconexión debe de tener una pendiente mínima de 1%. (Manual de agua potable, 2007)

En caso de que el diámetro del albañal sea de 10 cm, se debe considerar una pendiente del 2%. Se debe garantizar que la conexión del albañal a la atarjea sea hermética. (Manual de agua potable, 2007)



Tipos de conexiones domiciliarias según el tipo de material:

- En tubería de concreto, tipo Yee o Silleta.
- En tubería de fibrocemento.
- En tubería de poli (cloruro de vinilo PVC), tipo silleta clic o silleta cementar 90°.
- En tubería de polietileno de alta densidad, tipo Yee, Yee doble, bota de inserción y silleta.
- Descargas domiciliarias conectadas a diferentes materiales.



DISEÑO HIDRÁULICO



6. DISEÑO HIDRÁULICO

6.1 Antecedentes del diseño hidráulico:

En alcantarillado, generalmente se presenta la condición de flujo a superficie libre, para simplificar el diseño del alcantarillado, se consideran condiciones de flujo establecido. La fórmula de continuidad para un escurrimiento continuo permanente es: (Manual de agua potable, 2007)

$$Q = VA$$

Donde:

Q --- es el gasto en m³/s

V --- es la velocidad en m/s

A --- es el área transversal del flujo en m²

Para el cálculo hidráulico del alcantarillado se utiliza la fórmula de Manning.

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

Donde:

V --- es la velocidad en m/s

R_h --- es el radio hidráulico en m

S --- es la pendiente del gradiente hidráulico de la tubería adimensional

N --- es el coeficiente de fricción

El radio hidráulico se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_h = \frac{A}{P_m}$$

Donde:

R_h --- es el radio hidráulico en m

A --- es el área transversal del flujo en m²

P_m --- es perímetro mojado en m



El coeficiente de fricción n , representa las características internas de la superficie de la tubería, su valor depende del tipo de material, calidad del acabado y el estado de conservación de la tubería.

En la tabla 6.1 siguiente, se muestran valores de n para ser utilizados en la fórmula de Manning.

Material	$n(\text{Manning})$
Concreto	0.012
Concreto con revestimiento de PVC/PEAD	0.009
Acero soldado con recubrimiento interior (pinturas)	0.011
Acero sin revestimiento	0.014
Fibrocemento	0.010
Polietileno pared solida	0.009
polietileno corrugado/estructurado	0.012
PVC pared solida	0.009
PVC pared corrugada/estructurado	0.009
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0.009

Tabla 6.1 Coeficiente de fricción de Manning de acuerdo con el material utilizado. Fuente: CONAGUA. MAPAS.

6.2 Determinación de la población actual y proyecto:

- Población Actual:

La población actual se refiere a datos censales que proporciona el Instituto Nacional de Estadística, Geometría e Informática (INEGI), esta información se valida con la que resulta del número de contratos de servicios y la densidad de población. Es necesario auxiliarse de visitas de reconocimiento en la población.



A continuación, en la tabla 6.2 se muestran, los datos de censos tomados del INEGI.

AÑO	HABITANTES
2010	1104
2005	1064
2000	1187
1995	1148
1990	1417

Tabla 6.2 Censos realizados por el INEGI. Fuente: INEGI.

- Población Proyecto:

La población proyecto es la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del periodo de diseño del sistema alcantarillado, se considera un periodo de 20 años de vida útil, empezando por el año 2017 hasta el 2037.

Para obtener la población para el año 2037 (considerando periodo de diseño de 20 años), se aplicará la predicción de población según el apartado de la norma técnica NT-011-CNA-2001 y los dos últimos datos de los censos de la tabla: 6. 2.

De acuerdo con la (CONAGUA, NT-011-CNA-2001, Métodos de proyección de población, 2001), se tiene el caso C-1 en la clasificación de métodos.

En este caso se caracteriza con ausencia de proyección del CONAPO, pero hay censos y acceso a datos de organismos locales (INEGI), se considera que en el periodo del proyecto permanecerá la misma estructura socioeconómica. Siguiendo la NT-011-CNA-2001 se calcula primero la tasa de crecimiento entre los dos últimos que consta de conteo y censo, de los años 2010 y 2018, de la Tabla:

$$T_{C\%} = \left[\left(\frac{P_i + n}{P_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] 100 = \%$$



Donde:

P_i : población que existe al iniciar el periodo de tiempo “i” (hab)

P_{i+n} : Población que habrá “n” periodos después del tiempo “i” (hab)

T_c : Tasa de crecimiento promedio entre par de periodos consecutivos (%)

Considerando los dos últimos datos de la Tabla: y sustituyendo en la formula tenemos por resultado un 0.74%, de tasa de crecimiento

$$T_{c\%} = \left[\left(\frac{1104}{1064} \right)^{\frac{1}{5}} - 1 \right] 100 = 0.74$$

La proyección de la población se realizará para el periodo de diseño de 20 años (n), se utilizará la misma tasa de crecimiento de 0.74% de acuerdo a las recomendaciones de la NT-011-CNA-2001 ya que no se cuentan con datos de la CONAPO.

Con esta tasa de crecimiento la población proyecto se calcula por la ecuación mostrada. La población estimada para el periodo (2018-2038) se presenta en la tabla siguiente:

$$P_{i+n} = P_i(1 + T_c)^n$$

Donde:

P_i : población iniciar “i” (hab)

P_{i+n} : Población que habrá “n” periodos después del tiempo “i” (hab)

T_c : Tasa de crecimiento promedio entre par de periodos (adimensional)



A continuación, se muestra un ejemplo del cálculo de las poblaciones proyecto

Población existente al 2018 y periodo de diseño

$$P_{2010} = 1104 \text{ hab}$$

$$n = 20 \text{ años}$$

Cálculo de tasa de crecimiento

$$P_{2010} = 1104 \text{ hab}$$

$$P_{2005} = 1064 \text{ hab}$$

$$n = 5 \text{ años}$$

$$T_c\% = 0.74$$

Población proyectada a un periodo de diseño de 20 años (2038).

$$P_{2018} = 1171 \text{ hab}$$

$$P_{2038} = 1357 \text{ hab}$$

La población estimada para el final de la vida útil de la red de alcantarillado resultado de la población proyecto es de 1357 habitantes.

La estimación de población proyecto es aceptable dado que sus referencias y datos están validados por el INEGI.

6.3 Determinación de gastos de diseño:

Los gastos de diseño que se emplean en los proyectos de alcantarillado sanitario son:

- Gasto medio:

El gasto medio es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año. En función de la población y de la aportación, el gasto medio de aguas residuales en cada tramo de la red, se calcula con:

$$Q_{med} = \frac{A_p \times P}{86400}$$



Donde:

Q_{med} --- es el gasto medio de aguas residuales en l/s.

A_p --- es la Aportación de aguas residuales por día, en l/hab.

P --- es la Población, en número de habitantes.

86400 --- son el número de Segundos en un día.

Para localidades con zonas industriales, comerciales y publicas que aportan al sistema de alcantarillado volúmenes considerables, se debe obtener el porcentaje de aportación para cada una de estas zonas, independientemente de las habitacionales.

En función del área y la aportación, el gasto medio de aguas residuales en cada tramo de la red se calcula con:

$$Q_{med} = \frac{A_p \times A}{86400}$$

Donde:

Q_{med} --- Es el gasto medio de aguas residuales en l/s.

A_p --- Es la Aportación en litros por metro cuadrado al día o litros por hectárea al día.

A --- Es el área de la zona industrial, comercial o pública.

86400 --- Son el número de Segundos en un día.

- Gasto mínimo:

El gasto mínimo, Q_{min} es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presenta en un conducto. Se acepta que este valor es igual a la mitad del gasto medio. El gasto mínimo Q_{min} se calcula con la siguiente formula:

$$Q_{min} = 0.5Q_{med}$$

El gasto mínimo corresponde a la descarga de un excusado de 8 litros, dando un gasto de 1.0 lt/seg; y para un excusado de 18 litros, el gasto es de 1.5 lt/seg. Este será el gasto mínimo al inicio de una atarjea.



Donde:

$Q_{\min}$ --- es gasto mínimo

Q_{med} --- es gasto medio

- Gasto máximo instantáneo:

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Su valor, es producto de multiplicar el gasto medio de aguas residuales por un coeficiente M, que en el caso de la zona habitacional es el coeficiente de Harmon.

$$Q_{\text{max-inst}} = M \times Q_{\text{med}}$$

En el caso de zonas habitacionales el coeficiente de Harmon (M), está dado por la siguiente formula:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{p}}$$

Donde:

P --- es la población servida acumulada hasta el punto final (aguas abajo) del tramo de tubería considerada, en miles de habitantes.

Este coeficiente de variación máxima instantánea se aplica considerando que:

En tramos con una población acumulada hasta menor de 1000 habitantes, el coeficiente M es constante e igual a 3.8.

Para una población acumulada mayor que 63,454 habitantes, el coeficiente M se considera constante e igual a 2.17, es decir, se acepta que su valor a partir de esa cantidad de habitantes no sigue la Ley de variación establecida por Harmon.

El coeficiente M en zonas industriales, comerciales o publicas presenta otra ley de variación. Siempre que sea posible, debe hacerse un aforo del caudal de agua residual en las tuberías existentes para determinar sus variaciones reales. De no disponer de esta información, el coeficiente M podrá ser de 1.5 en zonas comerciales e industriales.



- Gasto máximo extraordinario:

El gasto máximo extraordinario es el caudal de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como por ejemplo bajadas de aguas pluviales de azoteas, patios, o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado.

En función de este gasto se determina el diámetro adecuado de las tuberías, ya que brinda un margen de seguridad para prever los excesos en las aportaciones que pueda recibir la red, bajo esas circunstancias.

La expresión para el cálculo del gasto máximo extraordinario resulta:

$$Q_{\text{Max-ext}} = C_s Q_{\text{Max-inst}}$$

Donde:

$Q_{\text{max ext}}$ --- gasto máximo extraordinario, en l/s

C_s --- coeficiente de seguridad adaptado

$Q_{\text{max inst}}$ --- gasto máximo instantáneo

En los casos que se diseñe un sistema nuevo apegado a un plan de desarrollo urbano que impida un crecimiento desordenado y se prevea que no existan aportaciones pluviales de los predios vecinos, ya que estas serán manejadas por un sistema de drenaje pluvial por separado, el coeficiente de seguridad C_s será, 1.

En los casos en que se diseñe la ampliación de un sistema existente de tipo combinado, previendo las aportaciones extraordinarias de origen pluvial, se podrá usar un coeficiente de seguridad C_s igual a 1.5.

A continuación, se muestra los gastos (Q) obtenidos para este diseño:

Consumo: Doméstico; para obtener el consumo por (l/hab/día), se utilizó la tabla 5.3 donde el clima de la población es templado. (Manual de agua potable, 2007)



CLIMA	CONSUMO POR CLASE SOCIOECONÓMICA (l/hab/día)		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
CALIDO	400	230	185
SEMICÁLIDO	300	205	130
TEMPLADO	250	195	100

Tabla 6.3. Tabla de consumos domésticos per cápita. Fuente: MAPAS 2015

Dichos datos los obtendremos multiplicando el valor de cada clase (tabla de consumos domésticos), por el porcentaje (%) mostrado en la tabla anterior y, a su vez multiplicando por la población proyecto (1357 habitantes), para finalmente dividirlo entre la misma población proyecto.

Poblacion proyectada a un periodo de diseño de 20 años

$$P_{2038} = 1357 \text{ hab}$$

Dotación calculada para la población proyectada

$$\text{Dotación}_{2037} = 145.00 \text{ l/hab/día}$$

$$\text{Aportación} = 108.75$$

Teniendo todos estos datos ahora si podemos calcular los diferentes tipos de gastos, los cuales sus fórmulas fueron puestas anteriormente, y sus resultados son los siguientes:

Gastos para el diseño del proyecto de alcantarillado a 20 años.

$$Q_{med} = 2.33 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{min} = 1.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$M = 3.71$$

$$Q_{maxinst} = 8.63 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{maxext} = 12.95 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 6.5 Tabla de Gastos calculados para el proyecto.



6.4 Planeación del sistema de Alcantarillado:

La red de alcantarillado tiene por objeto recolectar y transportar las aportaciones de las descargas de aguas residuales domésticas, hacia los colectores.

La red está constituida por un conjunto de tuberías por las que son conducidas las aguas residuales captadas. El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a lo largo de la red, acumulándose los caudales, lo que da lugar a ampliaciones sucesivas de la sección de los conductos en la medida en que se incrementa los caudales. De esta manera se obtienen en el diseño las mayores secciones en los tramos finales de la red. No es admisible diseñar reducciones en los diámetros en el sentido del flujo cuando se mantiene la pendiente de la tubería siendo caso contrario cuando la pendiente se incrementa podrá diseñarse un diámetro menor siempre cubriendo el gasto de diseño y los límites de velocidad.

La red se inicia con la descarga domiciliaria o albañal, a partir del paramento exterior de las edificaciones. El diámetro del albañal en la mayoría de los casos es de 15 cm, siendo este el mínimo recomendable, sin embargo, esta dimensión puede variar en función de las disposiciones de las autoridades locales.

La conexión entre albañal y atarjea debe ser hermética y la tubería de interconexión debe de tener una pendiente mínima del 1%. En caso de que el diámetro del albañal sea de 10 cm, se debe considerar un pendiente de 2%.

A continuación, se tiene las atarjeas, localizadas generalmente al centro de las calles, las cuales van recolectando las aportaciones de los albañales.

El diámetro mínimo que se utiliza en la red de atarjeas de un sistema de drenaje separado es de 20 cm, y su diseño, en general debe seguir la pendiente natural del terreno, siempre y cuando cumpla con los límites máximos y mínimos de la velocidad y la condición mínima de tirante.

La estructura típica de liga entre dos tramos de la red es el pozo de visita, que permite el acceso del exterior para su inspección y maniobras de limpieza; también tiene la función



de ventilación de la red para la eliminación de gases. Las uniones de la red de las tuberías con los pozos de visita deben ser herméticas. Los pozos de visita deben localizarse en todos los cruceros, cambios de dirección, pendiente y diámetro y para dividir tramos que excedan la máxima longitud recomendada para las maniobras de limpieza y ventilación.

A continuación, en la tabla 6.5 se muestra la separación máxima entre pozos de visita:

SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE POZOS DE VISITA	
Diámetro en metros	Separación en metros
0.20 – 0.76	125 – 135
0.90 – 1.22	175 – 190
Mayores de 1.22	250 – 275

Tabla 6.5 Separación máxima entre pozos de visita. Fuente: M.A.P.A.S.

El trazo de atarjeas generalmente se realiza coincidiendo con el eje longitudinal de cada calle y de la ubicación de los frentes de los lotes. (CONAGUA, Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario, 2009).

- Tipo de Trazo:

Se propone un trazo en peine, este se forma cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo, empieza su desarrollo en una cabeza de atarjea. Descargando su contenido en una tubería común de mayor diámetro. Garantiza aportaciones rápidas y directas de las cabezas de atarjea a la tubería común de cada peine, y de estas a los colectores, propiciando rápidamente un régimen hidráulico establecido. Tiene una amplia gama de valores para las pendientes de las cabezas de atarjeas, lo cual resulta útil en el diseño cuando la topografía es muy irregular.

6.5 Pozos de visita y componentes del sistema:

Los pozos de visita usados en este proyecto son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado, se utilizan para la unión de dos o más tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente, así como para las ampliaciones o reparaciones de las tuberías.

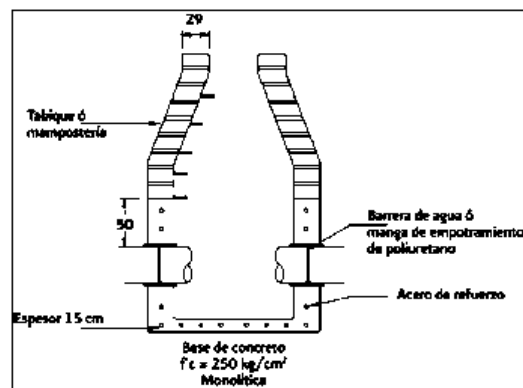
Los pozos de visita son fabricados en el sitio de la obra o bien prefabricados, los tipos de pozos que se usaron en este proyecto son los siguientes:

- *Pozo de visita común*
- *Pozo de caída libre*

- Pozos de visita común:

Están formados por una chimenea de forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior, y son utilizados hasta 800 mm. Todos los pozos de visita comunes deben asentarse sobre una plantilla de material base compactada al 95% PROCTOR con espesor mínimo de 10 cm. En terrenos suaves esta plantilla se construye de concreto armado. En cualquier caso, la media caña y las banquetas del pozo pueden ser aplanadas con mortero o con el mismo material del pozo. El acceso a la superficie se protege con un brocal con tapa de fierro fundido, concreto, polietileno u otros materiales de acuerdo a la carga exterior de la vialidad.

Fig. 5.5 Ejemplo de pozo de visita común. Fuente: MAPAS



- Pozo con caída libre y caída adosada.

Por razones de carácter topográfico o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías, suele presentarse la necesidad de construir estructuras que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel.

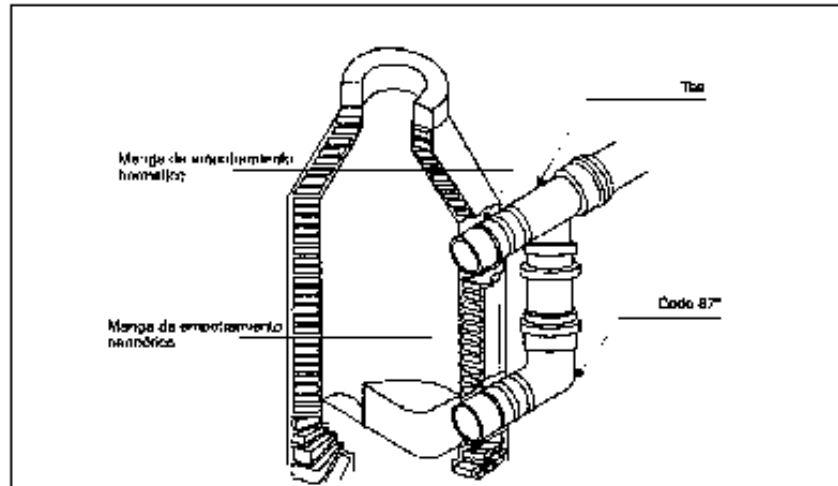


Fig. 5.6 Ejemplo de pozo de visita caída adosada. Fuente: CONAGUA 2017

- Pozo con caída libre.

Se permiten caídas de hasta 0.50 m (50 cm) dentro del pozo sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial.

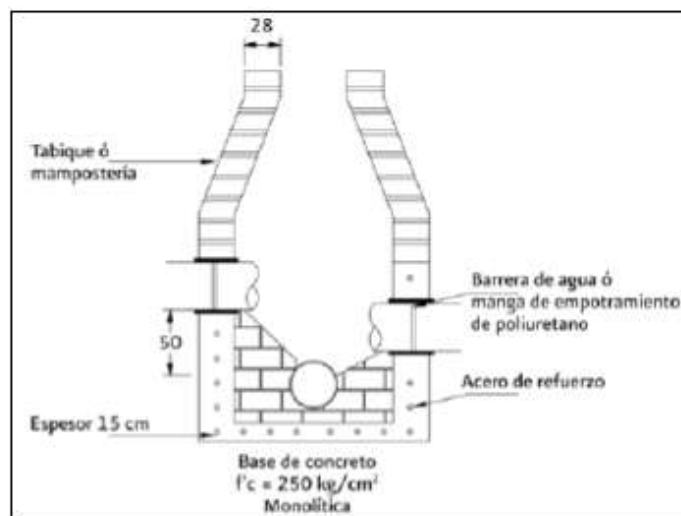


Fig. 5.7 Ejemplo de pozo de visita caída libre. Fuente: CONAGUA 2017

Los componentes esenciales de un pozo de visita son:

- a) Base, que incluye campanas de entrada de tubería, espigas de salida de tubería, medias cañas, y banqueta;
- b) Cuerpo, el cual puede ser monolítico o contar con extensiones para alcanzar la profundidad deseada mediante escalones,
- c) Cono de acceso (concéntrico o excéntrico),
- d) Brocal
- e) Tapa

A continuación, se muestra un ejemplo del pozo de visita caída libre.

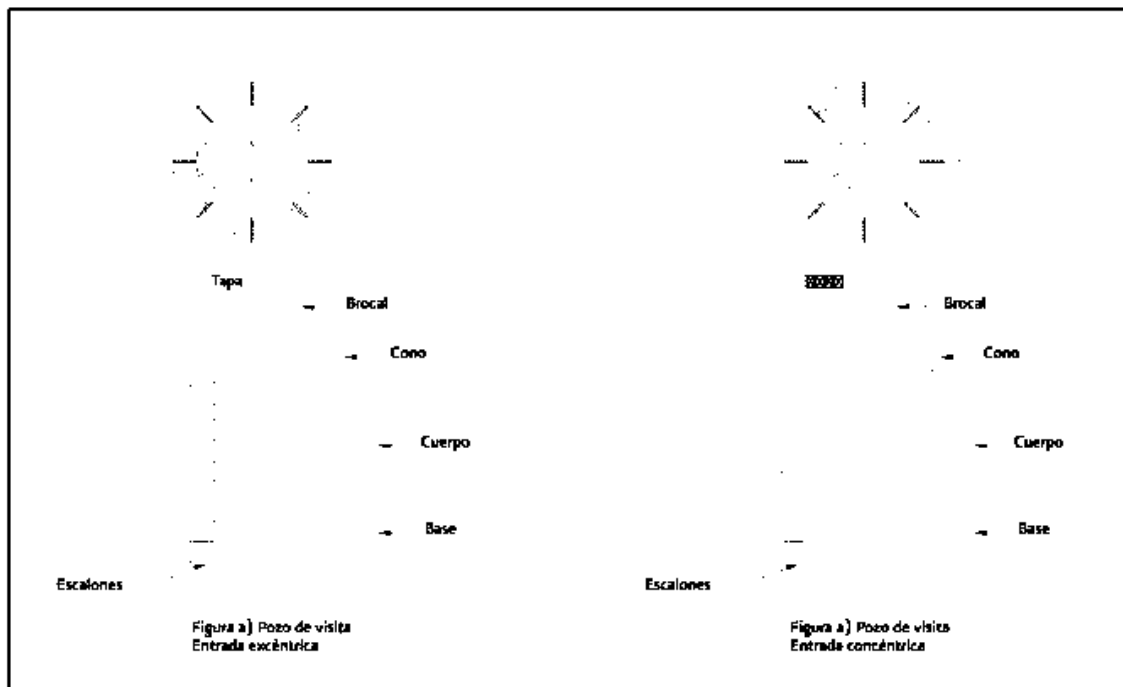


Fig. 5.8 Componentes de un pozo de visita. Fuente: MAPAS

- Pozos construidos en sitio.

Los pozos que se construyen en el lugar de la obra comúnmente utilizan tabique, concreto reforzado o mampostería de piedra. Cuando se usa tabique de concreto o ladrillo, el espesor mínimo debe de ser de 28 cm a cualquier profundidad.

La figura siguiente muestra un ejemplo de un pozo de visita construido en sitio.

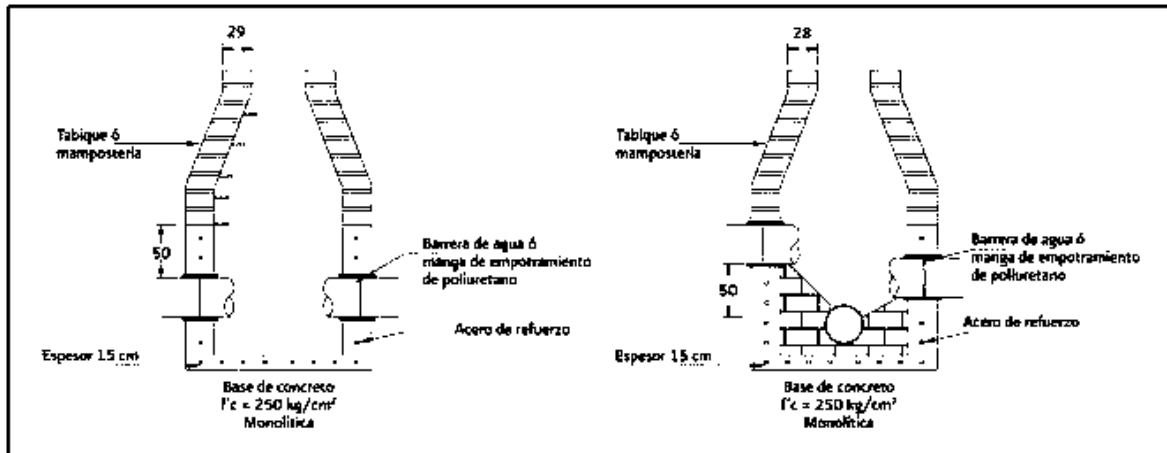


Fig. 5.9 Ejemplo de pozo de visita contruidos en sitio. Fuente: MAPAS.

6.6 Pendientes y diámetros de la red:

Las pendientes y diámetros de la red deben cumplir con los parámetros ya mencionados en subcapítulos anteriores. Los diámetros propuestos para red de atarjeas serán como mínimo de 20 cm (8 in), los diámetros para subcolectores se propondrán igual para las atarjeas y en cuantos colectores y emisor el diámetro propuesto será de 25 cm. Estos diámetros serán puestos a revisión hidráulica y cumplan con los parámetros de diseño.

Las pendientes y diámetros son unas de las variables hidráulicas de una red de alcantarillado estas influyen directamente en los costos, mayores pendientes implican mayor volumen de excavación, hay que tener en cuenta estas variables para tener un proyecto económicamente factible y además que cumpla con las variables hidráulicas ya establecidas.

El procedimiento a realizar para los cálculos de las pendientes con las cotas de las plantillas de los pozos, en los pozos se propone las profundidades dependiendo el tipo de pozo que para este proyecto arrojó tres tipos (pozo común, cabeza de atarjea exterior, cabeza de atarjea interior):

$$S_{(Pendiente)} = \frac{Cota\ de\ plantilla\ mayor - Cota\ de\ plantilla\ menor}{Longitud\ del\ tramo}$$



Para después calcular la nueva diferencia de cotas de plantilla o desnivel (H_{ajust}) esta resulta ser:

$$H_{ajust} = (Longitud\ del\ tramo)(S_{pendiente})$$

Una vez calculada la nueva diferencia de cotas de plantilla o desnivel (H_{ajust}), se deberá mantener fija la cota del pozo inicial del tramo de interés y restarle el desnivel (H_{ajust}) para determinar la nueva cota de plantilla del pozo final con la pendiente calculada:

$$Nueva\ cota\ de\ plantilla\ del\ pozo\ final = CPPF_{ajust} = Cota\ del\ pozo\ inicial - H_{ajust}$$

$$Nueva\ profundidad\ del\ pozo\ final = Cota\ de\ elevación\ del\ pozo\ final - CPPF_{ajust}$$

Esta nueva profundidad del pozo final deberá cumplir con especificación mínima de profundidad para cada tipo de pozo, mostrada en la tabla siguiente:

Tipo de pozo	Profundidad mínima
Común	1.50
Cabeza de atarjea interior	1.30
Cabeza de atarjea exterior	1.20

Tabla 6.6 Profundidades mínimas de pozos de visita. Fuente: M.A.P.A.S.

6.7 Revisión hidráulica del diseño definitivo

Para la revisión hidráulica se propone utilizar una tabla bastante simple y funcional dando en ella parámetros mínimos y máximos para las diferentes condiciones de los tramos y la red en general, extraída de (Apuntes de Alcantarillado Sanitario y Pluvial).

Se propone de manera tabular *la columna 1*, que representa al número de pozo de visita asignado desde el diseño geométrico, y que es de donde inicia el análisis hidráulico por tramos de la red de sub colectores, colectores y emisor (cualquiera que aplique de los anteriores).

La columna 2 se refiere al tramo o segmento correspondiente motivo de análisis, y que interconectara con el número de pozo de origen y el número de pozo de destino.



Las columnas 3, 4 y 5 se refieren las longitudes expresadas en metros. La columna 3 se refiere a la longitud propia del tramo definida como la distancia entre pozo de visita de origen a pozo de visita de destino.

La columna 4 será las longitudes que tributan (si fuese el caso) en el pozo de visita. Nótese que las longitudes se plasman en el pozo en el cual llega el ramal de atarjeas correspondientes.

La columna 5 se refiere a la longitud acumulada para el tramo en cuestión, que será la longitud propia del tramo más las tributarias aguas arriba del tramo.

La columna 6 corresponde a la población servida por el tramo en cuestión, expresada en habitantes. Para obtener este valor, bastara multiplicar la densidad de población obtenida al inicio por la longitud acumulada de la columna 5 en el tramo en cuestión. En esta columna es necesario mencionar que por obvias razones se deberá manejar al entero. Una manera de cuadrar resultados, es que, al finalizar la columna, esta deberá coincidir con la población de proyecto. Si no es así, se advierte algún error de análisis de tramos.

Las columnas 7, 8, 9 y 10, corresponderán a los gastos por tramo de aguas negras, expresados en litro/ segundo. Así, la columna 7 corresponderá al gasto medio en el tramo, obtenido con la formula ya mencionada en capítulos anteriores. El gasto se determinará con los datos de la aportación y la población del tramo en análisis.

La columna 8 será el gasto mínimo en el tramo, aplicando la formula correspondiente. Cuando resulten valores de gasto mínimo menores a 1.5 l/s, se debe usar este valor en el diseño. Este criterio viene del M.A.P.A.S. de la CONAGUA. La columna 9 corresponde al gasto máximo instantáneo, por lo que se deberá determinar el coeficiente de Harmon para cada tramo en estudio y calcular el gasto máximo instantáneo esperado en este tramo.

La columna 10 se refiere al gasto máximo extraordinario para el tramo en estudio. Aplicando la formula correspondiente.



Las columnas 11 y 12 corresponderán a los datos geométricos por tramo de estudio, plasmados como $L-S-\Phi$; de aquí, la columna 11 se refiere a la pendiente del tramo expresada en milésimas de metro, y la columna 12 corresponderá al diámetro nominal propuesto en el tramo, expresado en centímetros.

Las columnas 13, 14, 15 y 16 corresponden al funcionamiento hidráulico del tramo, de esta manera, las columnas 13 y 14 se refieren a las condiciones de tubo lleno, asumiendo que este se encuentra al 100% de su capacidad hidráulica.

Para continuar el análisis hidráulico de la red, se usará un método básico y elemental, es aplicar los monogramas de Manning, los cuales permiten determinar las diferentes variables hidráulicas necesarias para la revisión.

Se define como nomograma al instrumento gráfico de cálculo, consiste de un diagrama bidimensional que permite el cálculo gráfico y aproximado de una función de cualquier número de variables. En su concepción general el nomograma representa, simultáneamente, el conjunto de las ecuaciones que definen determinado problema y el rango total de sus soluciones.

Para obtener las condiciones de gasto (columna 13), y de velocidad (columna 14), a tubo lleno, es necesario ingresar a la primera parte del nomograma. Para esto en el extremo izquierdo se deberá ubicar la pendiente del tramo, una vez ubicada la pendiente (en milésimas de metro), se deberá trazar una línea recta que una con el diámetro propuesto en el tramo; al trazar esta línea podemos observar que toca las escalas de gasto y velocidad: estos valores interceptados por la línea recta trazada corresponden a las condiciones establecidas y buscadas para tal efecto. Se deberá tomar la lectura y plasmarla en la tabla, en el tramo correspondiente.

En este caso se utilizara el nomograma correspondiente a tuberías plásticas con índice de rugosidad (n) de 0.009. (Oliver, 2016)

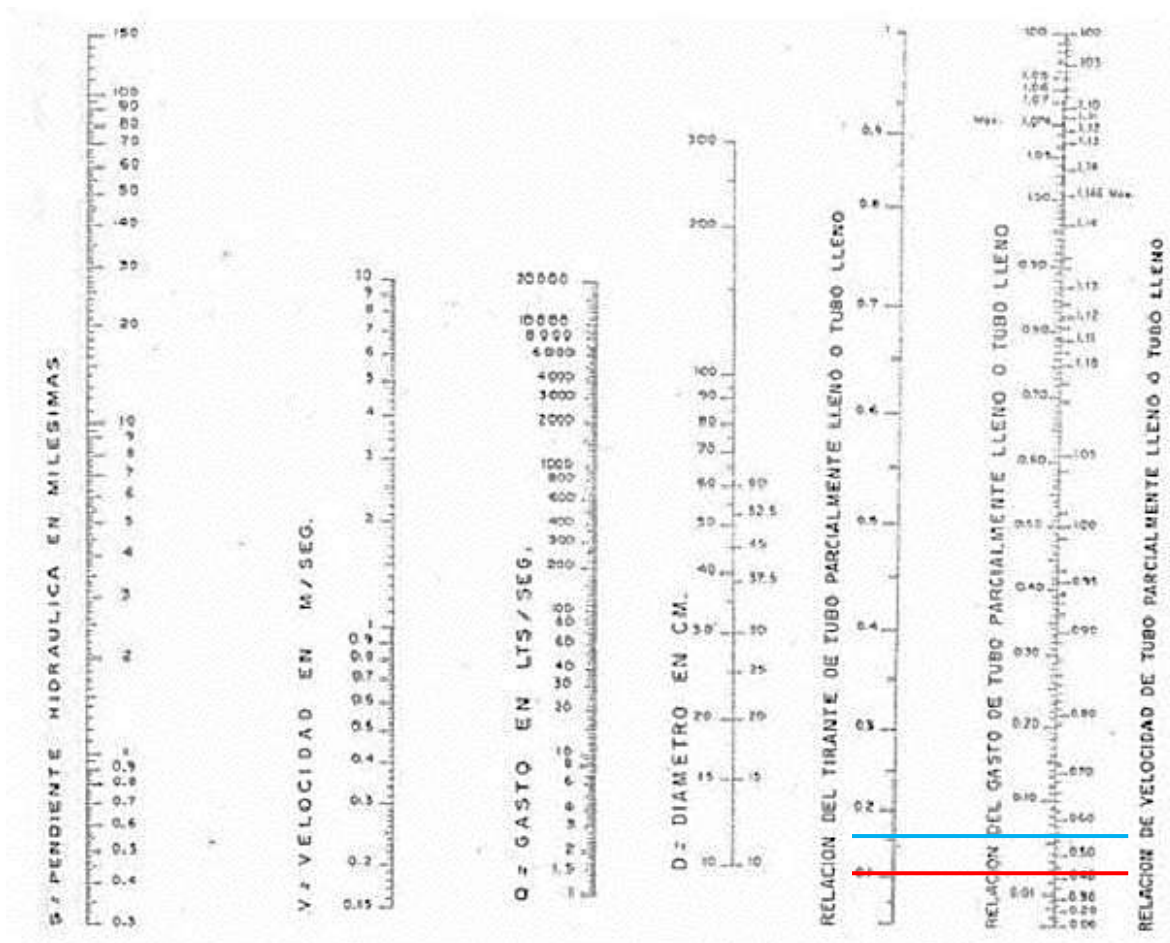


Fig. 5.9 Nomograma de Manning para tubería de PVC.

Las columnas 15 y 16 a la velocidad efectiva, tanto a condiciones de gasto mínimo que ocurrirá en el tramo, como el gasto máximo extraordinario en el mismo tramo. La finalidad de análisis de estas columnas es la de revisar que cumpla la velocidad mínima en el sistema de alcantarillado, así como la máxima permisible; y que estas velocidades no comprometan su funcionamiento, ya sea por cuestiones de obturación por acumulación de sedimentos, o bien por erosión y/o socavación por exceso de velocidad.

Para el caso de estas columnas, es necesario advertir la necesidad de algunas relaciones establecidas de fácil compresión; y que por regla de tres y despeje simple puede determinarse los parámetros buscados.

$$\frac{\text{Área}}{\text{Área a tubo lleno}} : \frac{\text{Radio hidráulico}}{\text{Radio hidráulico a tubo lleno}} : \frac{\text{Velocidad}}{\text{Velocidad a tubo lleno}}$$

$$\frac{\text{Gasto}}{\text{Gasto a tubo lleno}} : \frac{\text{Tirante}}{\text{Tirante a tubo lleno}}$$



Así, de esta manera se determinan las condiciones de velocidad, partiendo de que se conoce ya los gastos para las diversas condiciones; con esto se obtiene la relación de gasto mínimo y la relación de gasto máximo instantáneo; por lo que se tendrá:

$$\text{Relación a } Q_{\min}: \frac{Q_{\min}}{Q_{\text{lleno}}} = RQ_{\min}, \text{ que corresponde a la Columna 17}$$

$$\text{Relación a } Q_{\max \text{ Ext}}: \frac{Q_{\max \text{ Ext}}}{Q_{\text{lleno}}} = RQ_{\max \text{ Ext}}, \text{ que corresponde a la Columna 18}$$

Con las relaciones de gasto para ambas condiciones (mínimas y máximas extraordinarias); se deberá de ingresar al nomograma de Manning en su segunda parte, y se deberá trazar una línea horizontal. Con esta línea horizontal se determinará las relaciones de velocidad y tirante a las condiciones de lectura establecidas.

Por lo que dando un ejemplo resulta:

- Para $RQ_{\min} = 0.028$, $RV_{\min} = 0.41$ y $RT_{\min} = 0.105$
- Para $RQ_{\max \text{ ext}} = 0.057$, $RV_{\max \text{ ext}} = 0.56$ y $RT_{\max \text{ ext}} = 0.155$

Entonces, la velocidad efectiva a gasto mínimo (*columna 15*) resulta de multiplicar la relación de velocidad a gasto mínimo ($RV_{\min}$) por la velocidad a tubo lleno (*columna 14*). De igual manera, para el caso de la velocidad efectiva a gasto máximo (*columna 16*) resultara de multiplicar la relación de velocidad a gasto máximo ($RV_{\max \text{ ext}}$) por la velocidad a tubo lleno (*columna 14*). En este caso deberá cuidar que las velocidades tanto mínima como máxima estén dentro de los parámetros ya mencionados.

En el caso de las *columnas 19 y 20* referentes a los tirantes que se presentaran con las condiciones establecidas de gasto, que procederá de la misma manera que las columnas anteriores, utilizando las relaciones de tirante a determinadas en el nomograma.

Por lo que el tirante a gasto mínimo (*columna 19*) resultara de multiplicar la relación de tirante a gasto mínimo ($RT_{\min}$) por el diámetro del tubo propuesto (*columna 12*). De igual manera, para el caso del tirante a gasto máximo (*columna 20*) resultara de multiplicar la relación de tirante a gasto máximo ($RT_{\max \text{ ext}}$) por el diámetro propuesto (*columna 12*). En este caso deberá de cuidar que el tirante mínimo sea menor que el máximo; y que el



máximo no exceda el diámetro propuesto, en caso de exceder, significa que es insuficiente para que circule el gasto máximo instantáneo, en este caso se deberá modificar por el diámetro superior y revisar nuevamente. Este ajuste se deberá plasmar de igual manera en el proyecto geométrico y donde aplique, es decir en tuberías siguientes hacia aguas abajo.

6.8 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 longitudinal, pendiente y diámetro. Se incluirá la simbología, las cantidades de obra correspondientes al plano, los datos de proyecto, notas y croquis de localización.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Con el diseño de la red de alcantarillado para la población de “Bellas de Fuentes”, se logra cumplir con el objetivo principal del tema, es decir, se presenta el diseño a nivel de proyecto, mismo que servirá para que las autoridades municipales gestionen los recursos económicos para la ejecución de la obra de alcantarillado sanitario, indispensable para la población.

Al ejecutar la obra, se resolverán los problemas de saneamiento de la población, siempre y cuando se construya la planta de tratamiento; de lo contrario el problema se transferirá al sitio de la descarga del emisor.

Tocará hacer la gestión posterior de la planta de tratamiento de agua residual; en cuanto al tratamiento es recomendable un sistema a base de “Humedales Artificiales”. Esto se dedujo debido a la disponibilidad de espacio en la zona del emisor; además de que este tipo de sistemas de tratamiento, resultan ser económicos y sustentables para pequeñas poblaciones, siendo entonces una opción factible técnica y económicamente.

En el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, se cuidó aspectos de velocidades y tirantes; esto con la finalidad de garantizar la operación adecuada del sistema, tal como se mostró en las tablas de revisión hidráulica.



BIBLIOGRAFÍA



8. BIBLIOGRAFÍA:

CONAGUA. (2001). NT-011-CNA-2001, Métodos de proyección de población.

CONAGUA. (2015). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento:

Alcantarillado sanitario. México, D.F.: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONEVAL. (2013). Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Obtenido de <http://www.coneval.org.mx>

DENUE. (agosto de 2016). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/inv/default.aspx>

INAFED. (2016). Enciclopedia de los Municipios. Obtenido de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16096a.html>

INAFED. (Agosto de 2016). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Obtenido de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16096a.html>

INEGI. (2009). Portuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tumbiscatío.

INEGI. (Agosto de 2016). Guía para la Interpretación de Cartografía Edafología. Obtenido de www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/EdafIII.pdf

Rosario Castro, R. P. (2009). Saneamiento rural y salud. En Tecnologías para disposición de excretas y aguas residuales.

UNAM. (1988). Mejoras al método usual de diseño hidráulico de alcantarillas.