



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**“PROYECTO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA
LA POBLACIÓN DE ZURUMBENEO, MUNICIPIO DE
CHARO MICHOACÁN.”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA CIVIL

PRESENTA:

EMIRETH VÁZQUEZ PÉREZ

ASESOR:

DR. ROBERTO GARCÍA ACEVEDO

Morelia, Mich. octubre 2022

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco al creador; Dios, por haberme permitido hacer realidad uno de mis anhelos y sueños, por darme sabiduría y fuerzas para llegar a este punto de mi la vida...

Agradezco infinitamente a mi familia por acompañarme en este recorrido, ya que, con el apoyo diferente de cada uno, hicieron realidad todo. A mi madre Adela Pérez López por todo el trabajo y sacrificio que hizo para llegar a la meta, por su educación y por su gran ejemplo de trabajo arduo, honesto y ejemplar, a mi Padre Rigoberto Gonzalo Vazquez López, por haberme dado lo que buenamente pudo, que para mí fue mucho y más que suficiente, por darme una de las herramientas que sin duda me ayudaron a llegar hasta aquí; la educación, a mis hermanos: Zuemmy, Laura, Seydi, Nayda, Viviana y Alejandro, también tengo que agradecer a mis abuelos

Agradezco a mis profesores, que en todo este tiempo me han formado y me han ayudado a ser una mejor persona.

Sin dejar de mencionar mi agradecimiento para las grandes personas que me acompañaron en este recorrido, no solo como compañeros si no que como verdaderos amigos; Nadia Carolina, Enrique Custodio, Dianita, Juan Calderón, José Manuel Ramos, Josefina Mejía, Saul Blancas, David Navarro e Ivanhoe.

Dedicatoria

Dedico el presente a mis padres, son mi inspiración más grande, mi gran ejemplo de vida, ya que desde siempre han estado conmigo, escuchándome, guiándome con sus sabios consejos y sobre todo llenándome de mucho amor.

Con el más grande amor y cariño

Emireth Vázquez Pérez

Contenido

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS	11
2.1. OBJETIVO GENERAL	11
2.2. OBJETIVOS PARTICULARES	11
3. ANTECEDENTES	13
3.1. MARCO FÍSICO	13
3.1.1. HISTORIA	14
3.1.2. LOCALIZACIÓN Y GEOGRAFÍA	15
3.1.3. HIDROGRAFÍA E HIDROLOGÍA	16
3.1.4. GEOLOGÍA	18
3.1.5. EDAFOLOGÍA	21
3.1.6. CLIMA	22
3.2. MARCO SOCIOECONÓMICO	24
3.2.1. NIVEL SOCIOECONÓMICO	24
3.2.2. ACTIVIDADES ECONÓMICAS	27
3.2.3. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS	28
4. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO	31
4.1. COBERTURA DE LOS SERVICIO DE AGUA POTABLE	31
4.2. COBERTURAS DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADO	32
5. ESTUDIOS PRELIMINARES	34
5.1. TOPOGRAFÍA	34

5.2. CONFIGURACIÓN DE LA TRAZA URBANA Y LÍMITE DE CRECIMIENTO.	35
5.3. SOBREPOSICIÓN DE LA INFORMACIÓN PRELIMINAR	37
6. DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO	39
6.1. VARIABLES HIDRÁULICAS	39
6.2. DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN ACTUAL Y DE PROYECTO, PERIODO DE DISEÑO Y VIDA ÚTIL (2021-2041)	45
6.3. APORTACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	49
6.4. DETERMINACIÓN DE GASTOS DE DISEÑO (AGUA RESIDUAL)	50
6.5. PLANEACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO (TIPO DE TRAZO CON BASE EN LA TOPOGRAFÍA)	55
6.5.1 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO	55
6.5.2 TRAZO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO	65
6.6. PROYECTO GEOMÉTRICO (PROFUNDIDADES Y COTAS DE POZOS, LONGITUDES, PENDIENTES Y DIAMETROS DE TUBERÍAS)	67
6.6.1 COMPONENTES DEL SISTEMA Y POZOS DE VISITA	67
6.6.2 DIÁMETROS DE LA RED Y PENDIENTES	74
6.7. REVISIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE DISEÑO.	79
6.8. PLANOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	81
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
7.1. CONCLUSIONES	90
7.2. RECOMENDACIONES	91
8. REFERENCIAS	92
9. ANEXOS	95

RESUMEN

Posteriormente al diseño de una red de agua potable aparece la necesidad de diseñar una red de alcantarillado sanitario, ya que después de utilizar el agua potable se tienen que desalojar las aguas negras para que a su vez se les dé una disposición final adecuada. El diseño de estas redes, tanto de agua potable como alcantarillado sanitario, son trabajo del Ingeniero Civil.

En esta tesis, se muestra el proceso de diseño de la red de alcantarillado sanitario de la población de Zurumbeneo, municipio de Charo, Michoacán, mostrando la parte técnica del proyecto: planeación, diseño geométrico y diseño hidráulico.

Después del diseño, y como parte esencial del proyecto ejecutivo, debe realizarse un análisis de costos, considerando un catálogo de conceptos y precios unitarios, para llevarnos al costo real de la obra.

Palabras clave: alcantarillado, Zurumbeneo, diseño geométrico, diseño sanitario, revisión hidráulica.

ABSTRACT

After the design of a drinking water network, there is a need to design a sewage system, since after using the drinking water, the sewage has to be evacuated so that it can be properly disposed of. The design of these networks (both drinking water and sanitary sewerage) is the work of the Civil Engineer.

In this research, the design process of the sewerage network of the town of Zurumbeneo, municipality of Charo, Michoacán, is shown the technical part of the project: planning, geometric design and hydraulic design.

After the design, and as an essential part of the executive project, a cost analysis must be performed, considering a catalog of concepts and unit prices, to carry out to the real cost of the work.

Keywords: sewerage, Zurumbeneo, geometric design, sanitary design, hydraulic review.

1. INTRODUCCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



1. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento esencial para la vida. Y el hombre no es ajeno a sus efectos en su entorno, por lo tanto, es necesario desalojar dicho elemento cuando ya es utilizado, debido a que uno de sus efectos después de ser utilizada puede ser; ocasionando enfermedades y provocando complicaciones a la población en general.

Por lo tanto, se presenta la necesidad de crear un sistema que desaloje el agua ya utilizada, es decir las aguas residuales, el sistema que se construye para llevar a cabo el desalojo; es el de "Alcantarillado Sanitario". Esto es para conducir las aguas residuales, que una población en general puede producir, ya sea en viviendas hasta industrias, a un sitio de tratamiento antes de ser vertida al suelo.

Históricamente hablando, el alcantarillado sanitario ha tenido grandes cambios desde su inicio; que fue en la época de los romanos, con la finalidad de mejorar e implementar técnicas que los seres humanos hemos ido aprendiendo con las experiencias vividas en el paso de los años.

En el presente trabajo de tesis, se desarrollarán y mencionarán los estudios que conforman la ingeniería básica como parte de los trabajos para la posterior construcción e implementación de la red de Alcantarillado Sanitario para la población de "Zurumbeneo", municipio de Charo, ubicado al noroeste del estado de Michoacán. El proyecto se lleva a cabo siguiendo los lineamientos técnicos establecidos en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) versión 2019, de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), del gobierno federal.

Para poder obtener resultados óptimos en el proyecto, se tomaron en cuenta diferentes variables como lo son la población total de la localidad de "Zurumbeneo"; esto con la finalidad de que la nueva red diseñada este bien proyectada. De esa misma forma se aportan algunos de los conocimientos obtenidos en los cursos de la licenciatura de Ingeniería Civil. Como por ejemplo la presentación y proyección de planos topográficos, cálculos necesarios para el buen diseño y funcionamiento de la red de alcantarillado en la población de Zurumbeneo, entre otras.

Cabe destacar que para llevar a cabo el proyecto de "Alcantarillado Sanitario de la localidad de Zurumbeneo" se recurrió a la base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), obteniendo de ella la topografía. Si se toma en cuenta los datos de INEGI, se obtendrá un anteproyecto, por lo tanto, se entiende que para llevar a cabo un proyecto como tal, se debe realizar visitas de campo y hacer el respectivo levantamiento topográfico, pero debido a que no se dispone de recursos, se optó por tomar en cuenta los datos que INEGI puede otorgar, recalcando que los datos que otorga INEGI son apegados a la realidad con ciertas limitaciones a un permisibles para un ante proyecto.

Es así como se presentarán los planos de la población de "Zurumbeneo", y los cálculos necesarios para el diseño de la red de Alcantarillado Sanitario del mismo.

Para dar fin al proyecto presentado se contempla la salida del agua residual a un punto llamado "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales", esto con la finalidad de preservar el medio ambiente.

2. OBJETIVOS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Llevar a cabo el proyecto de ingeniería básica para el diseño de la red de Alcantarillado Sanitario para la población de Zurumbeneo, Municipio De Charo, Michoacán. Satisfaciendo y apegándome a las necesidades de la población, en la manera de que dicho sistema sea funcional, eficiente y cumpliendo las normativas aplicables a este proyecto para satisfacer dichas necesidades.

2.2. OBJETIVOS PARTICULARES

Los objetivos particulares del sistema de Alcantarillado Sanitario de la población de Zurumbeneo, a los que se planea cumplir son los siguientes:

1. Obtener los datos de la población, haciendo uso de la base de datos de INEGI, imagen satelital, límite de crecimiento y traza urbana, para poner en contexto real la población de Zurumbeneo, municipio de Charo, esto para que el proyecto atienda a los lineamientos normativos, sociales, económicos y culturales de la comunidad y así llegar a la planeación de la red.
2. Hacer el diseño geométrico de la red de Alcantarillado Sanitario, tomando en cuenta la topografía y traza urbana esto para obtener longitudes, pendientes, diámetros de las tuberías, así como las profundidades y cotas de pozos de visita, y obtener una red funcional, eficiente; que satisfaga los lineamientos normativos.
3. Comprobar que se cumplan las diferentes variables hidráulicas para estar acorde a la normatividad vigente.

3. ANTECEDENTES

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



3. ANTECEDENTES

3.1. MARCO FÍSICO

La población de "Zurumbeneo" se encuentra ubicada en el municipio de Charo y se localiza al norte del Estado de Michoacán en las coordenadas 19°42'02" de latitud norte y 101°00'34" de longitud oeste, a una altura de 1,980 metros sobre el nivel del mar.

Distancia de la cabecera municipal 6.42 Km., teniendo como categoría política la de Pueblo.

Limita al norte con el municipio de Tarímbaro y con el municipio de Álvaro Obregón, al este con Indaparapeo; al sur con Tzitzio y al oeste y suroeste con Morelia. Se encuentra a 15 km de la capital del Estado.



Fuente: Google maps

Imagen 1: Calles de Zurumbeneo

3.1.1. HISTORIA

El municipio de Charo fue fundado en 1455, su fundación se atribuye a los Matlatzincas (llamados también pirindas, significa en náhuatl 'señores de la red'). A la llegada de los españoles y frailes misioneros, la orden de los agustinos construyó el convento y la iglesia en el año de 1550, y permanecieron en Charo hasta 1758. La Iglesia, posteriormente, pasó al clero secular.

Charo, en el siglo XVI, fue República de los Indígenas y corregimiento. Durante la guerra de independencia, se encontraron ahí los caudillos Hidalgo y Morelos, después de haberse entrevistado en Indaparapeo, y se presupone, que, en este lugar, el 20 de octubre de 1810, Hidalgo confirmó a Morelos su grado de general y el mando del ejército del sur.

En 1825, con la primera Ley Territorial, aparece como cabecera de partido. Se constituyó en tenencia, el 10 de diciembre de 1831 y el 24 de



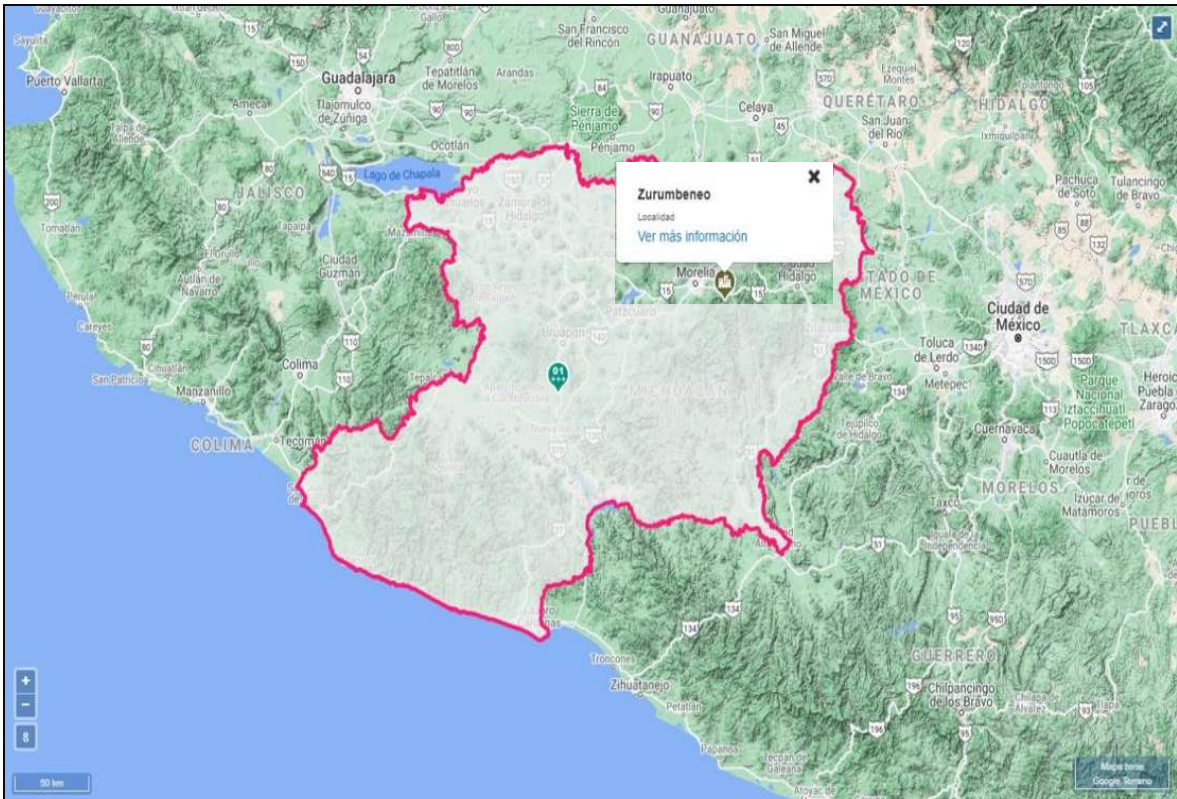
Fuente: <http://mediateca.inah.gob.mx/>
Imagen 2: Encuentro de Hidalgo y Morelos, en Charo

enero de 1930, se le otorgó el rango de municipio. La lengua indígena Matlatzinca se habló en Charo hasta principios de siglos, el último hablante fluyente de esta lengua murió en 1932, y los más ancianos del lugar recordaban aún en esa fecha numerosas expresiones en la lengua del lugar.

Cita: <https://www.charo.gob.mx/tu-municipio/historia>

3.1.2. LOCALIZACIÓN Y GEOGRAFÍA

El mapa de la República Mexicana indica que geográficamente la población de Zurumbeneo municipio de Charo, se localiza al norte del estado de Michoacán y se encuentra a 15 kilómetros de distancia de la capital del estado, como en la imagen 3 se indica la ubicación de la población.



Fuente: INEGI, Áreas geográficas
Imagen 3: Microlocalización de Charo, Michoacán

En la imagen 4 se puede visualizar que el área urbana en Zurumbeneo es de 33 hectáreas aproximadamente y en la cual no se identifican componentes urbanos que la distinguan, es considerada en su totalidad con el nombre propio de la localidad.



Fuente: Captura tomada en Google Maps

Imagen 4: Traza urbana de la población de Zurumbeneo

3.1.3. HIDROGRAFÍA E HIDROLOGÍA

El territorio del estado de Michoacán se enmarca dentro de tres regiones hidrológicas principales: la del sur o Costa de Michoacán, donde destacan los ríos Coahuayana, Ostula y Chuta; la del centro o del Balsas, cuyos ríos principales son el Tepalcatepec y el Balsas y la región septentrional o Lerma-Santiago, cuyo río principal El Lerma abarca una zona de influencia que comprende los lagos Cuitzeo y Tepuxtepec en las inmediaciones de los municipios del noreste Michoacano.

Dentro de este marco hidrológico, el municipio Charo se encuentra situado en el límite de dos regiones hidrológicas: la del Balsas al sur representada por las corrientes y drenajes como los arroyos El Aguacate, La Arboleda y Colorado que fluyen hacia el sur y sureste desde la serranía de Mil Cumbres y que alimentan al Río Grande más al sur, mismo que fluye y desemboca en el Río Balsas y la del Lerma-Santiago, al norte,

representada acá por la Cuenca de Cuitzeo, que ocupa una superficie dentro del estado de Michoacán de 3,618 Km² y que tiene como principales afluentes los ríos Grande de Morelia y Queréndaro, siguiendo un curso de dirección de sur a norte.

El sistema hidrográfico de esta parte norte del municipio, está constituido por arroyos como La Lobera, El Vado Blanco y El Rile, que fluyen hacia el norte y desembocan en el Río Grande de Morelia, tributario importante de la Laguna de Cuitzeo. El tipo de drenaje que se observa es radial y paralelo-principalmente. La descarga de los acuíferos se efectúa de manera natural por medio de estos pequeños ríos y arroyos en el área del municipio.

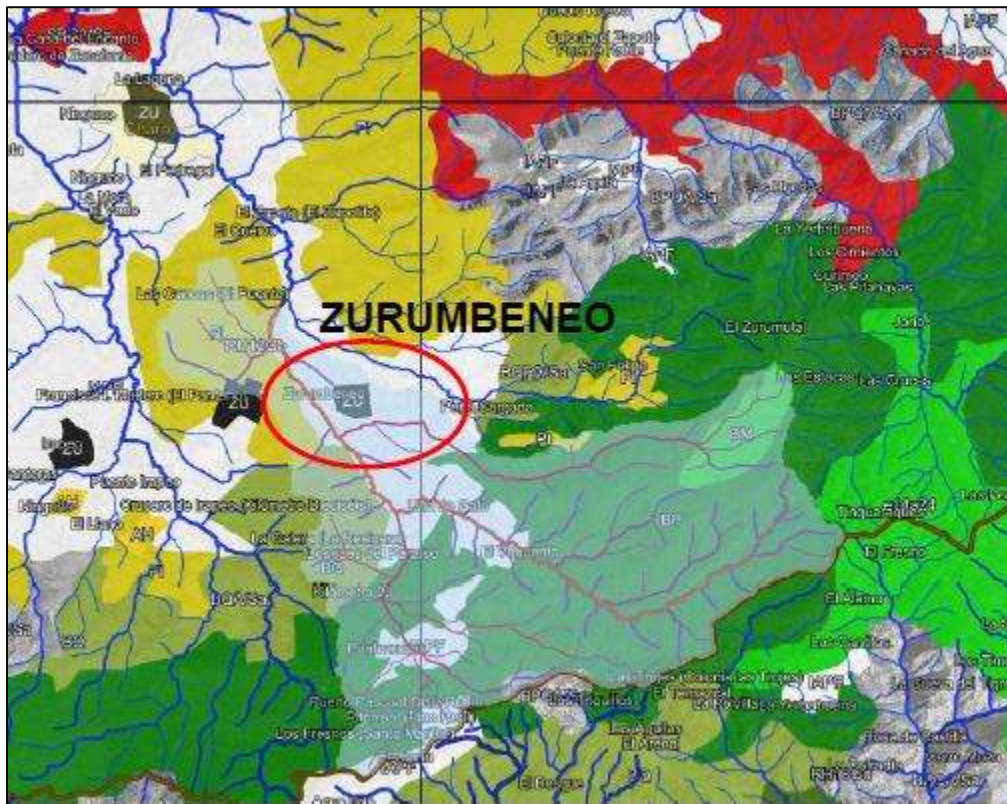
A continuación, se presenta la tabla 1 de los datos hidrográficos del municipio de Charo, Michoacán.

Tabla 1: Hidrografía de Charo, Michoacán.

Hidrografía	
Región hidrológica	<ul style="list-style-type: none"> • Lerma-Santiago (61.87%) • Balsas (38.13%)
Cuenca	<ul style="list-style-type: none"> • L. de Pátzcuaro-Cuitzeo • L. de Yuriria (61.87%) • R. Cutzamala (38.13%)
Subcuenca	<ul style="list-style-type: none"> • L. de Pátzcuaro (61.87%) • R. Purungueo (38.13%)
Corrientes de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Perenne: Patámbaro • Intermitentes: El Vaquerito, El Rile, Jerahuaro, Jaripeo, El Salto, Arboles Verdes y La Lobera

Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, INEGI, 2009

La zona de estudio tiene como punto de salida una cuenca hidrográfica de aproximadamente 8 Km², la cuenca con una pendiente media de 16%. Cuenta además con ramificaciones de otras dos cuencas pequeñas de menos de 5 Km². En la imagen 5 se muestra la zona de la cuenca en la que se encuentra el municipio de Zurumbeneo.



Fuente: SIATL, INEGI, 2019

Imagen 5: Cuenca hidrográfica en la zona de estudio

3.1.4. GEOLOGÍA

El municipio de Charo está cubierto en su mayor parte por rocas pertenecientes a las secuencias volcánicas conformadas en el área desde el Oligoceno hasta el Plioceno. Las originadas en el Oligoceno corresponden al sistema de la Sierra Madre Occidental y las que se formaron desde el Mioceno al Reciente constituyen las etapas más

recientes del arco volcánico continental representado por el Eje Neovolcánico.

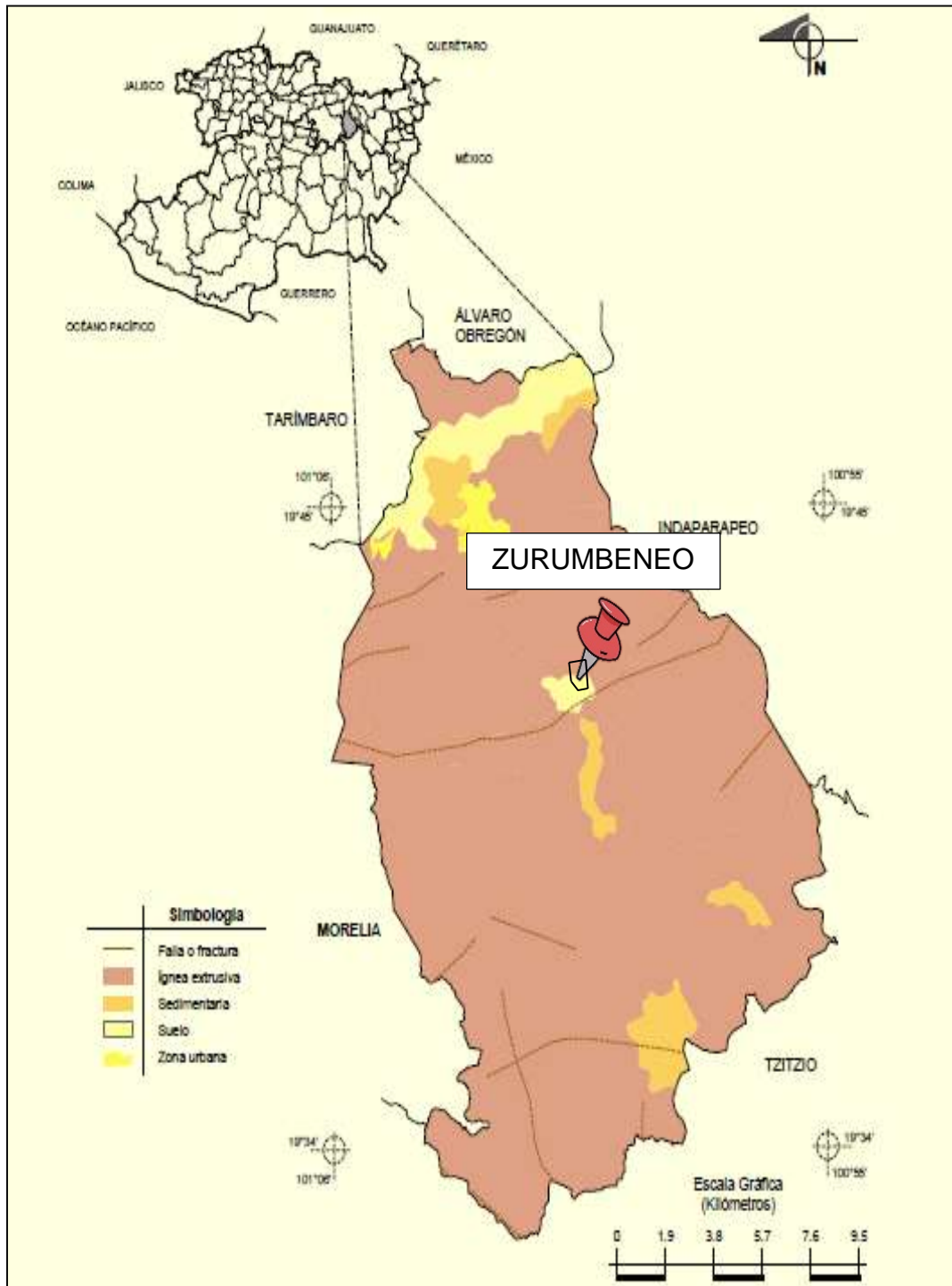
El municipio de Charo cuenta con una geología la cual pertenece a varios periodos geológicos los cuales son: Neógeno (91.74%), Cuaternario (5.56%), Paleógeno (5.67%). A continuación, en la tabla 2, se presenta la clasificación geológica del municipio de Charo, Mich. según (INEGI, Portuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, 2009) se presentan a continuación:

Tabla 2: Geología de Charo, Michoacán.

Geología	
Roca	<p><i>Ígnea extrusiva:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Andesita-brecha volcánica intermedia (47.48%)</i> • <i>Brecha volcánica intermedia (16.64%)</i>
	<p><i>Sedimentaria:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Arenisca-conglomerado (1.69%) • Limonita-arenisca (1.42%) • Conglomerado (1.16%)
	<p><i>Suelo:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Aluvial (4.33%)</i>

Fuente: Prontuario, INEGI, 2019

La región septentrional del estado de Michoacán, donde se encuentra el municipio de Charo, se localiza en la provincia geológica conocida como Cinturón Volcánico Mexicano (CVM) o Eje Volcánico TransMexicano, que corresponde a una secuencia de vulcanismo miocénico-cuaternario y definido como una secuencia de rocas volcánicas de carácter calcoalcalino producto de la subducción de la placa Cocos con la de Norteamérica. En la imagen 6 se presenta el mapa de la clasificación de rocas del municipio de Charo, Michoacán



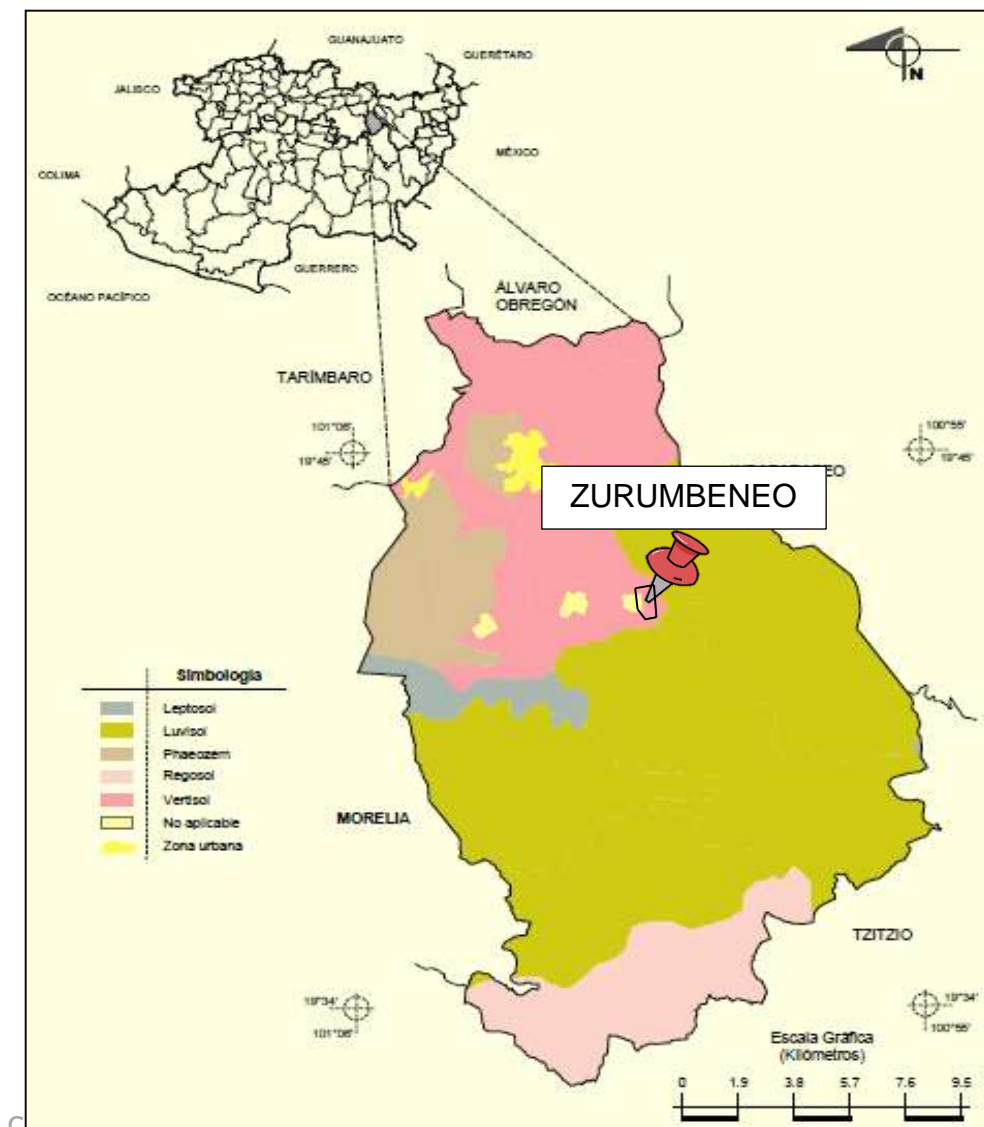
Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, INEGI, 2009

Imagen 6: Geología (Clasificación de rocas del Municipio de Charo, Mich.)

3.1.5. EDAFOLOGÍA

En el municipio de Charo, Michoacán el suelo dominante es el Luvisol con un 55.99%, con 21.32% de Vertisol y el restante es de otros tipos de suelo.

En el siguiente mapa edafológico (Imagen 7) se puede observar que el tipo de suelo dominante en la población de Zurumbeneo es el "Vertisol".



Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, INEGI, 2009

Imagen 7: Edafología del Municipio de Charo, Mich.

3.1.6. CLIMA

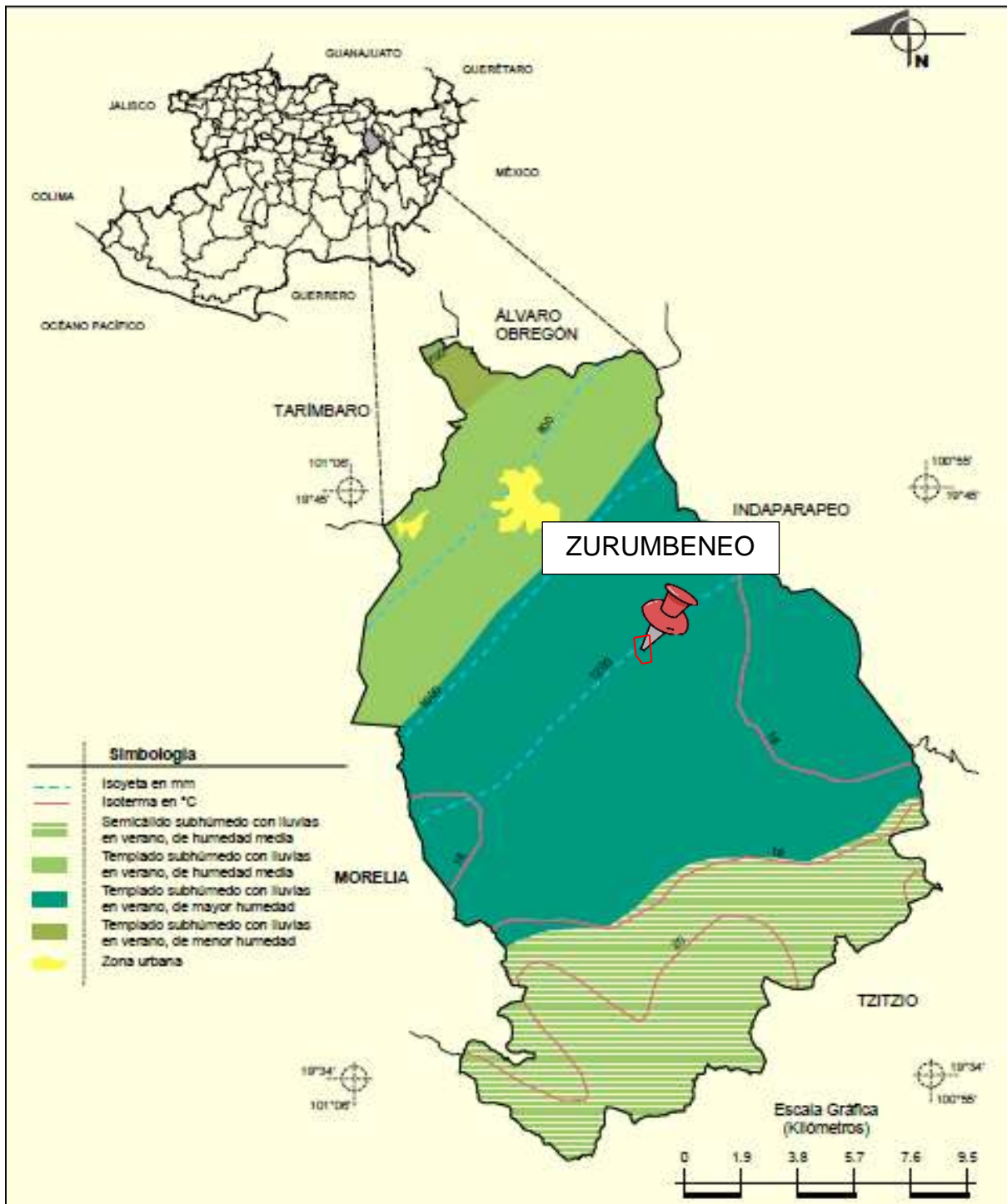
El clima presente en el centro de población al igual que en el municipio, es templado sub húmedo con lluvias en verano, presentando un gradiente de incremento de humedad y descenso de temperatura que va de Norte a Sur, correspondiendo a la amplitud del relieve presente de los valles y bajíos hasta las sierras de Mil Cumbres.

Principales parámetros: la temperatura media anual es de alrededor de 14°C, del mes más cálido 36.4°C siendo en mayo, el mes más frío de 4.5°C en enero.

El promedio anual de precipitación pluvial es menor a 1,000 mm. Los días de lluvia en los meses de noviembre a abril son de 0 a 29 en tanto de mayo a octubre son de 90 a 119 días. Fenómenos climatológicos que se presentan en el lugar, granizadas de 0 a 2 días anuales y de 5 a 20 días al año la frecuencia de heladas ligeras durante la época de invierno.

Durante la mayor parte del año los vientos dominantes son los provenientes del Sur, con una velocidad moderada.

Los factores anteriores condicionan los proyectos de edificación, en cuanto a su condicionamiento climático o confort y del dimensionamiento de la capacidad de la red de drenaje.



Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, INEGI, 2009

Imagen 8: Clima (Clasificación climática del Municipio de Charo, Mich.)

3.2. MARCO SOCIOECONÓMICO

3.2.1. NIVEL SOCIOECONÓMICO

La población total del municipio de acuerdo a la Encuesta Intercensal 2015 elaborada por el INEGI, fue de 21,784 personas, siendo 11,128 del género femenino, que representa el 51.1 % de la población y 10,656 del género masculino, que representa el 48.9% de la población.

La razón de dependencia por edad, es del 63.6% lo que indica que casi 64 personas están en dependencia por su edad, de cada 100 en edad productiva. La edad promedio representativa es de 25 años, la densidad de población es de 67.4 habitantes por Km², el municipio representa el 0.6% del territorio estatal y el 0.5% de la población total en el estado

Se tiene una tasa bruta de natalidad de 2.10 promedio en el 2015, es decir, en el municipio se registran 453 nacimientos vivos por año, de los cuales 227 corresponden a mujeres y 226 hombres. Se tiene una tasa bruta de mortalidad de 0.45% registrándose 99 defunciones promedio por año, las cuales corresponden a 44 mujeres y 55 hombres, el descenso de la mortalidad no se ha producido de manera uniforme en toda la población.

Las desigualdades socioeconómicas rurales y urbanas, así como las desventajas de ciertos grupos poblacionales reflejan las diferencias de mortalidad por edad y sexo, mismas que prevalecen en relación con las causas de muerte en la población. La pobreza y el rezago social repercuten en la esperanza de vida de la población del municipio

En el municipio de Charo, la población ubicada en algún nivel de pobreza representa el 87.4% del total de la población, como se indica en la tabla

Tabla 3: Comparativo pobreza 2010-2020 del municipio de Charo Mich.

AÑO	2010	2015	2020
Población	21,793	23,564	25,138
Pobreza%	46.3	56.3	63.7
Carencias promedio	2.5	2.2	2.0
Personas	10,095	13,269	16,013
Pobreza extrema	7.0	8.6	8.4
Carencias promedio	3.8	3.5	3.0
Personas	1,515	2,021	2,100
Pobreza moderada	39.4	47.7	62.5
Carencias promedio	2.3	2.0	1.8
Personas	8,580	11,247	15,700
Sin pobreza	7.4	12.6	18.3
Personas	1,603	2,793	4,600

Fuente: Periódico oficial del gobierno constitucional del Edo.
De Michoacán de Ocampo en conjunto con INEGI

Como resultado, las comunidades marginadas presentan niveles elevados de vulnerabilidad social, que difícilmente pueden mitigarse con acciones individuales, puesto que sus causas están relacionadas con un modelo productivo que no brinda a todas las mismas oportunidades. Como se muestra la tabla 4 las desventajas ocasionadas por la marginación son acumulables, configurando escenarios cada vez más desfavorables.

Tabla 4: Grado de marginación de Zurumbeneo, Municipio de Charo Michoacán dentro de los parámetros de la Cruzada Nacional contra el Hambre, 2014.

Población	Población total	Grado de marginación	Ámbito	Grado de rezago social de la localidad
Zurumbeneo	3086	Bajo	Rural	Muy bajo

Fuente: Elaborado con información de la Cruzada Nacional Contra el Hambre (2014)

En lo que respectan los servicios, la localidad cuenta con el 67.2% de calles pavimentadas, de las cuales el 59% son de superficie de empedrado y el 8.20 % de concreto hidráulico. El 32.8 % del total de calles en condiciones de terrecería, es debido a la deficiente consolidación de viviendas y los servicios correspondientes en su introducción y en lo que respecta al servicio de Alumbrado Público, se considera que el 95 % de las calles actuales cuentan con luminarias que dan el servicio.

Zurumbeneo tiene 318 casas habitadas, se realizó un conteo reciente en la población, las cuales 72% cuentan con los servicios de agua potable y 72.30% con electricidad, cabe señalar que el 72% de las casas cuentan con abastecimiento de agua de potable la cual a través de tubería de polietileno, hacen llegar hasta las casas el agua, el 70% con red de drenaje y alcantarillado. De las 318 casas solo 85% cuentan con servicio telefónico, un 80% de las casas cuentan con algún servicio de televisión de paga satelital.

Además, también cuenta con un centro de salud que atiende los siete días de la semana. El nivel educativo de las personas es el básico con: población mayor de 30 años alcanzó un nivel hasta la primaria, población menor de 30 años con un nivel hasta la preparatoria.

3.2.2 ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Principales actividades económicas del municipio:

Sector primario	{	<ul style="list-style-type: none">• Agricultura• Ganadería• Silvicultura• Pesca
Sector secundario, industria	{	<ul style="list-style-type: none">• Manufactura• Construcción• Electricidad• Agua
Sector terciario (servicio)	{	<ul style="list-style-type: none">• Comercio• Transporte• comunicaciones

El municipio cuenta con suficientes atractivos naturales, edificaciones históricas y arquitectónicas de todo tipo, lo cual atrae a muchos visitantes y esto representa un importante factor en el desarrollo económico para convertirse, en poco tiempo, en un destino solicitado por los viajeros nacionales e internacionales.

Lugares de interés

- Parque nacional "José Ma. Morelos"
- Zona arqueológica. Exconvento e Iglesia Agustina del siglo XVI
- Templo del Hospital del siglo XVI
- Puente de cantera labrada del siglo XVIII

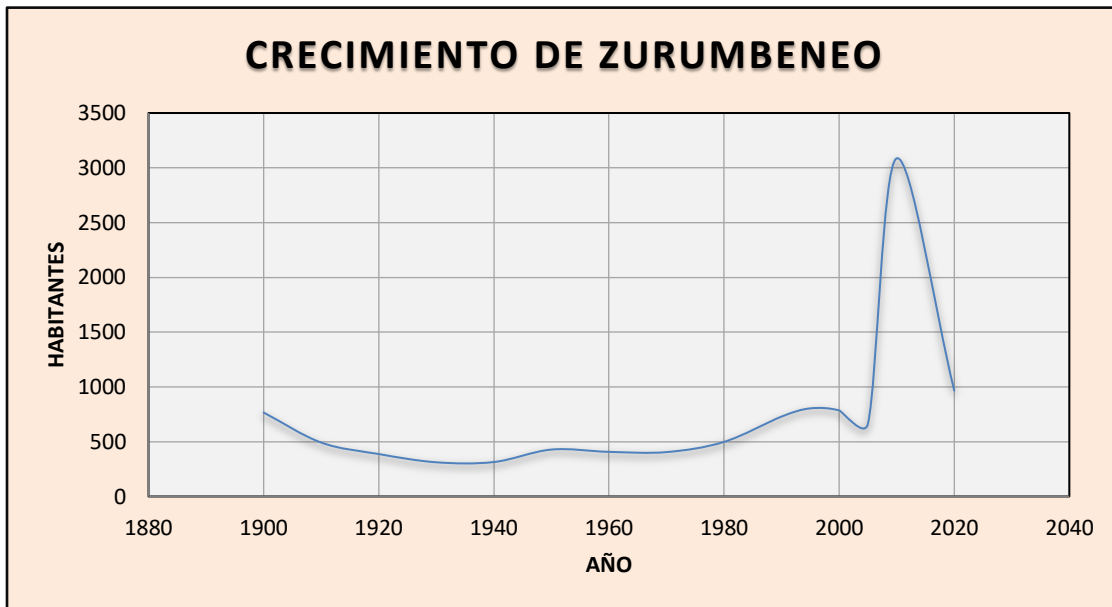
3.2.3. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

El Censo de población del 2020 se registró en el Municipio de Charo 25,138 habitantes, de las cuales 3,703 habitantes son pertenecientes a la población de Zurumbeneo.

Tabla 5: Censos poblacionales de INEGI

Evento Censal	Fuente	Total, de Habitantes	Hombres	Mujeres
1900	INEGI	766	427	339
1910	INEGI	492	252	240
1920	INEGI	387	187	200
1930	INEGI	312	150	162
1940	INEGI	314	157	157
1950	INEGI	428	218	210
1960	INEGI	407	210	197
1970	INEGI	405	-----	-----
1980	INEGI	498	246	252
1990	INEGI	729	369	360
1995	INEGI	804	393	411
2000	INEGI	785	374	411
2005	INEGI	663	293	370
2010	INEGI	3086	2443	643
2020	INEGI	967	465	502

Fuente: INEGI, 2020



Grafica 1: Crecimiento de población

Fuente: INEGI, 2020

Tabla 6: Índice de desarrollo humano 2015

Indicador	Valor
Índice de Desarrollo Humano	0.66
Grado de Desarrollo Humano	Medio
Posición a nivel nacional	1,077

Fuente: Prontuario, INEGI, 2019

Tabla 7: Indicadores de desarrollo humano 2015

Indicador	Valor
Tasa de mortalidad infantil	22.60
Ingreso per cápita anual ajustado a cuentas nacionales (dólares PPC)	1,871
Índice de salud	0.882
Índice de educación	0.4920
Índice de ingreso	0.7100

Fuente: Prontuario, INEGI, 2019

4 . ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



4. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

4.1. COBERTURA DE LOS SERVICIO DE AGUA POTABLE

La fuente de abastecimiento del vital líquido proviene de un manantial ubicado al Oriente de la localidad, se cuenta con un tanque regulador elevado, prácticamente toda la población es suministrada, aún las granjas avícolas existentes (agroindustria). Se cuenta con la perforación de un pozo profundo el cual no está equipado por no contarse con el permiso correspondiente

La Población Zurumbeneo, municipio de Charo, Michoacán hasta el año 2020 contaba con un total de 385 viviendas particulares y colectivas de las cuales 280 están habitadas, de las cuales 279 de las 280 viviendas habitadas, cuenta con servicio de red de agua potable entubada, el servicio de abastecimiento consiste en tandeo dividiendo a la población en dos para abastecerla, tal como se presenta en la tabla 8, también se muestra en la tabla 8 la tasa de crecimiento anual, entres los conteos y censos.

Tabla 8: Datos de viviendas con servicio de agua potables.

Año	Viviendas Habitadas	Viviendas con agua potable	Cobertura %	Tasa de crecimiento anual %
1980	98	90	91.8	-
1990	141	135	95.7	4.14
1995	175	171	97.7	4.84
2000	186	175	94.1	0.46
2005	176	172	97.7	-0.34
2020	280	279	99.6	4.58

Fuente: INEGI, 2020

4.2. COBERTURAS DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADO

Zurumbeneo, municipio de Charo, Michoacán hasta el año 2020 contaba con un total de 385 viviendas particulares y colectivas, de ellas 280 están habitadas y de las cuales 279 viviendas cuentan con el servicio de drenaje. La cobertura de la red se considera del 72.5 % para el área urbanizada y el 99.6% de la población asentada.

Tabla 9: Datos de viviendas con servicio de alcantarillado sanitario.

Año	Viviendas Habitadas	Viviendas con drenaje	Cobertura %	Tasa de crecimiento anual %
1980	98	8	91.8	-
1990	141	115	95.7	30.5
1995	175	159	97.7	6.69
2000	186	172	94.1	1.58
2005	176	169	97.7	-0.35
2020	280	279	99.6	5.68

Fuente: INEGI 2020

5. ESTUDIOS PRELIMINARES

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

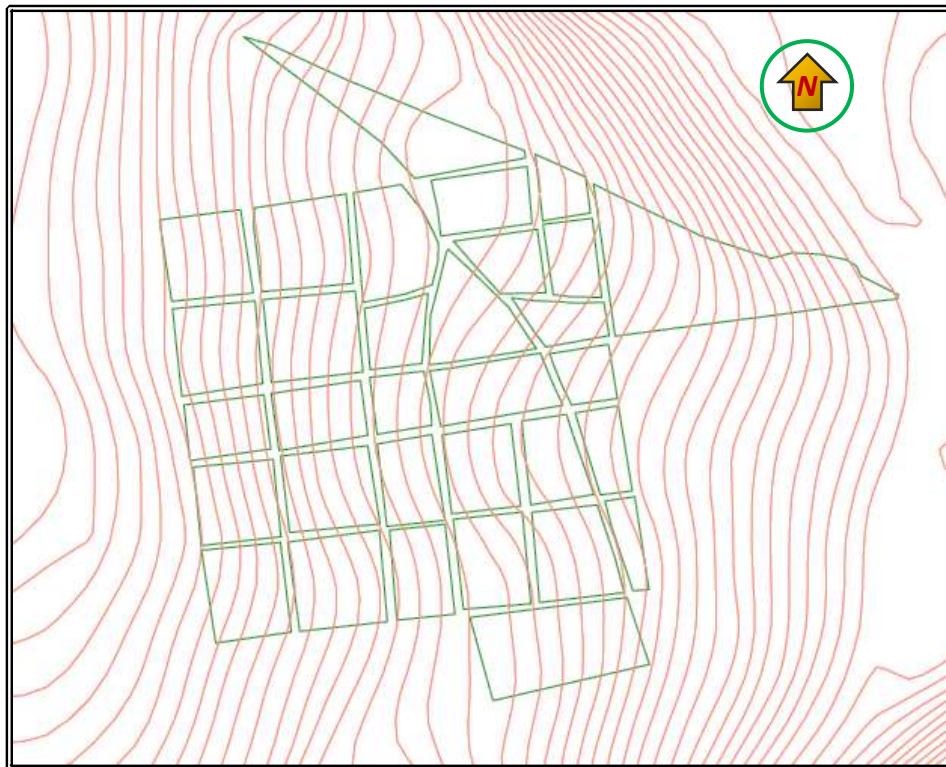


5. ESTUDIOS PRELIMINARES

5.1. TOPOGRAFÍA

En la población de Zurumbeneo, municipio de Charo, Michoacán se tiene una topografía de tipo "Ondulado" debido a que la pendiente radica entre el 2 y 8%, las cotas van desde 1961 a 2001 metros dentro de la población, dando un desnivel de 40 metros. A unos kilómetros cerca de la localidad "El Vaquerito" se encuentra el pozo de agua que abastece la comunidad.

En el plano 1 se muestra la topografía de Zurumbeneo, la traza urbana de la población se muestra en color verde, seguido de las curvas de nivel de color rojo.



Plano 1: Topografía y traza urbana de Zurumbeneo

5.2. CONFIGURACIÓN DE LA TRAZA URBANA Y LÍMITE DE CRECIMIENTO.

En la imagen 9 se presenta la configuración de la traza urbana que corresponde a las manzanas, que se obtuvieron de la base de datos de INEGI, también se tomó una captura satelital en GOOGLE EARTH de la población y sobre la captura se encimo la traza urbana con la herramienta de AutoCAD bajo la misma escala, haciendo una actualización: adicionando las manzanas faltantes que en la imagen satelital se observan.



Fuente de la imagen: Google Eart

Imagen 9: Traza urbana de Zurumbeneo

A continuación, se define el límite del crecimiento de la población de Zurumbeneo en base a los límites de crecimiento de los terrenos y en el uso que se le esté dando.

Quedando la propuesta como se presenta en la imagen 10:

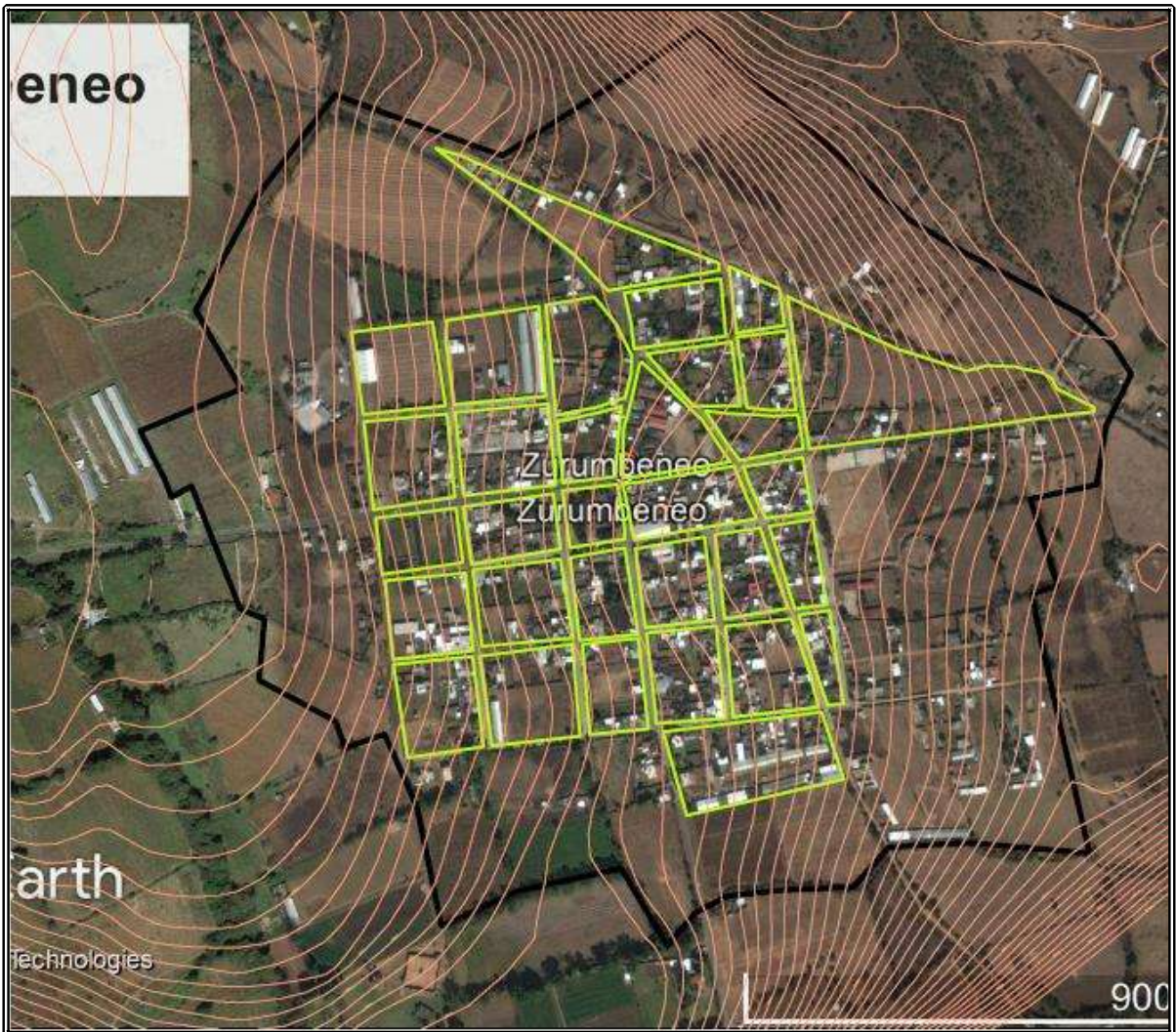


Fuente de la imagen: Google Earth

Imagen 10: Traza urbana, Limite de crecimiento de Zurumbeneo y Foto satelital

5.3. SOBREPOSICIÓN DE LA INFORMACIÓN PRELIMINAR

Los datos preliminares como son: los datos de topografía, traza urbana, límite de crecimiento y la fotografía satelital, como se muestra en el plano 2, son de suma importancia ya que en base a ellos se proyectará y se definirá el diseño.



Plano 2: Traza urbana, Límite de crecimiento, Foto Satelital y Curvas de nivel de la población de Zurumbeneo

6. DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



6. DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO

6.1. VARIABLES HIDRÁULICAS

Los datos que a continuación se presentan son obtenidos del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: particularmente hablando del apartado de Alcantarillado Sanitario (CONAGUA, 2019).

En la red de atarjeas, en las tuberías, solo debe presentarse 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:

$$Q = V \cdot A$$

Dónde:

- Q es el gasto en m³/s
- V es la velocidad en m/s
- A es el área transversal del flujo en m²

El cálculo hidráulico del alcantarillado se lleva a cabo con la fórmula de Manning

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

Dónde:

- 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

Para el Radio Hidráulico se utiliza la siguiente fórmula.

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

Dónde:

- R_h es el radio hidráulico en m
- A es el área transversal del flujo en m^2
- P_m es perímetro mojado en m

En la Ilustración 1 podemos apreciar una ayuda de diseño que nos permite determinar las propiedades hidráulicas y geométricas para el cálculo de la red de alcantarillado usando secciones circulares.

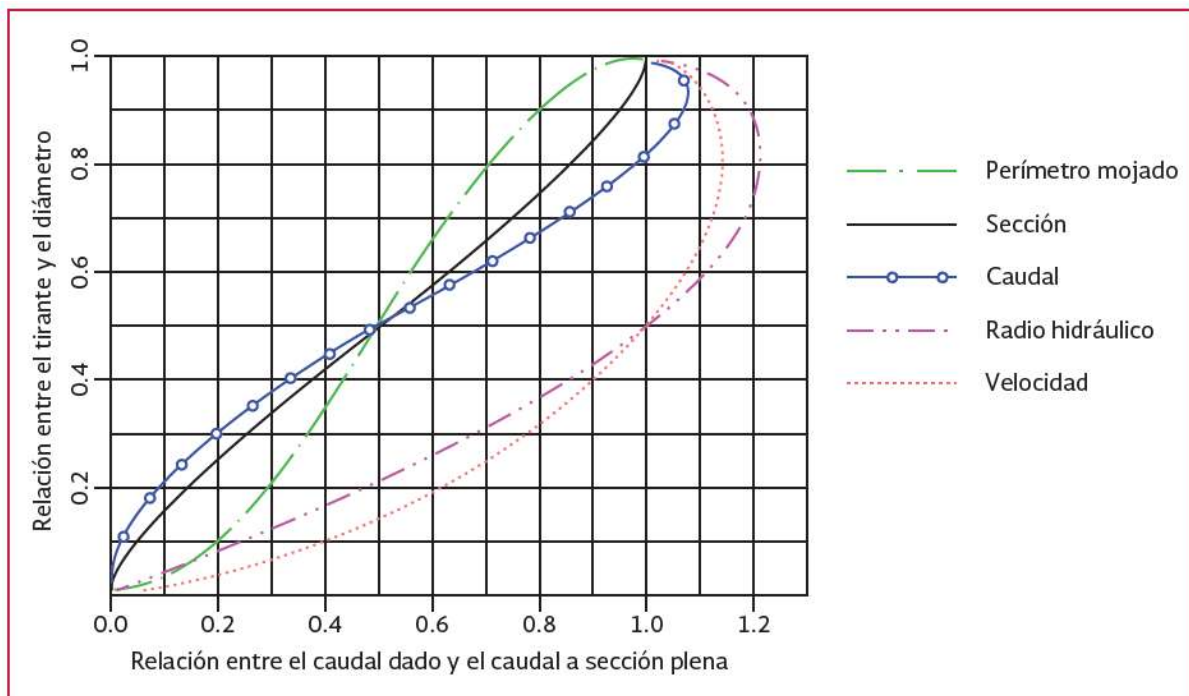


Ilustración 1: Elementos hidráulicos de la sección circular

Fuente: MAPAS 2019

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 10, se dan los valores de n para ser usados en la fórmula de Manning.

Tabla 10: Coeficiente de fricción n (Manning).

Material	n(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

Para el cálculo de los elementos geométricos de secciones circulares que trabajan parcialmente llenas se pueden usar las siguientes fórmulas, las cuales representan los datos de la Ilustración 2:

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left(1 - \frac{d}{r} \right)$$

$$d = r \left(1 - \frac{\cos \theta}{2} \right)$$

$$Pm = (\pi)(D) \left(\frac{\theta}{360} \right)$$

$$R_h = \frac{r}{2} \left(1 - \frac{360(\sin \theta)}{2\pi\theta} \right)$$

$$A = r^2 \left(\frac{\pi\theta}{360} - \frac{\sin \theta}{2} \right)$$

Dónde:

d = Tirante hidráulico, en m

D = Diámetro, en m

A = Área de la sección transversal, en m²

Pm = Perímetro mojado, en m

Rh = Radio hidráulico, en m

θ = Ángulo en grados

r = D/2, en m

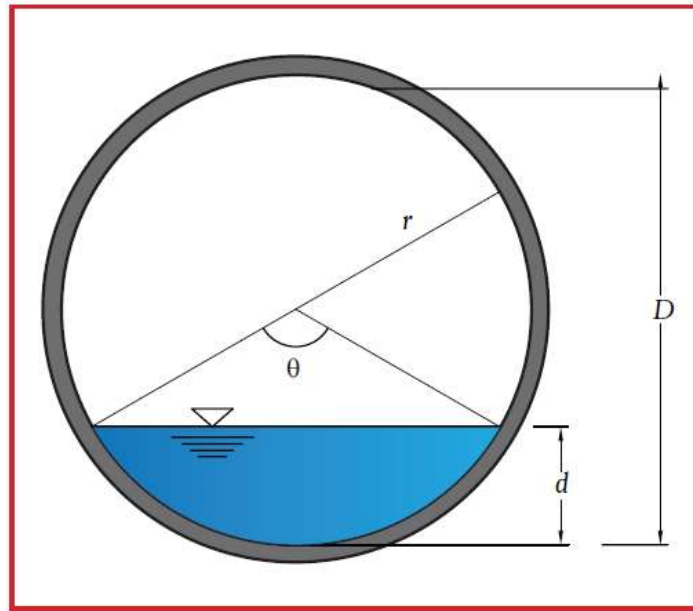


Ilustración 2: Características hidráulicas de una tubería

Fuente: MAPAS, INEGI, 2019

Variables hidráulicas permisibles

Velocidades

a) Velocidad mínima:

La velocidad mínima es aquella que no permite depósito de sólidos en las atarjeas, que provoque azolves y taponamientos. La velocidad mínima permisible es de 0.3 m/s. Adicionalmente, debe asegurarse que el tirante calculado bajo estas condiciones tenga un valor mínimo de 1.0 cm, en casos de pendientes fuertes, y de 1.5 cm, en casos normales.

b) Velocidad máxima:

La velocidad máxima es el límite superior de diseño, con el cual se trata de evitar la erosión de las paredes de las tuberías y estructuras de drenaje sanitario. La velocidad máxima permisible para los diferentes tipos de material se muestra en la tabla 11. Para su revisión se utiliza el gasto máximo extraordinario.

Tabla 11: Velocidades máximas y mínimas permisibles en tuberías

Material de la tubería	Velocidades (m/s)	
	Máxima	Mínima
Concreto simple	3	0.3
Concreto reforzado	3.5	0.3
Acero	5	0.3
Fibro cemento	5	0.3
Polietileno	5	0.3
Policloruro de vinilo (PVC)	5	0.3

Fuente: MAPAS, 2019

Pendientes

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

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 ubicación y topografía de los lotes a los que se darán servicio.

En los casos especiales en donde la pendiente del terreno sea muy fuerte, es conveniente que para el diseño se consideren tuberías que permitan 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 5 m/s.

Diámetros

a. Diámetro mínimo

La experiencia en la conservación y operación de los sistemas de alcantarillado ha demostrado que, para evitar obstrucciones, el diámetro mínimo que se recomienda en la red de atarjeas de un sistema de drenaje separado es de 200 mm (20 cm ó 8 in), sin embargo, solo en casos particulares se puede considerar como mínimo un diámetro de 300 mm, de acuerdo con la reglamentación local y las condiciones específicas del sitio.

b. 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.

En cualquier caso, la selección del diámetro depende de las velocidades permisibles, aprovechando al máximo la capacidad hidráulica del tubo trabajando a superficie libre.

6.2. DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN ACTUAL Y DE PROYECTO, PERIODO DE DISEÑO Y VIDA ÚTIL (2021-2041)

La población actual, se refiere a los datos censales que proporciona el INEGI para el año en que se hizo el levantamiento de la información.

A continuación, en la tabla 12 podemos observar los datos de los censos para la población de Zurumbeneo, municipio de Charo, Michoacán, proporcionados por INEGI actualizados al año 2020

Tabla 12: Censos poblacionales Oficiales de INEGI

Evento Censal	Fuente	Total de Habitantes	Hombres	Mujeres
1900	INEGI	766	427	339
1910	INEGI	492	252	240
1920	INEGI	387	187	200
1930	INEGI	312	150	162
1940	INEGI	314	157	157
1950	INEGI	428	218	210
1960	INEGI	407	210	197
1970	INEGI	405	-----	-----
1980	INEGI	498	246	252
1990	INEGI	729	369	360
2000	INEGI	785	374	411
2010	INEGI	3086	2443	643
2020	INEGI	967	465	502

Fuente: INEGI 2020

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 20 años de periodo de diseño, para este caso del año 2021 hasta el 2041.

Para obtener la población que se espera en el año 2041 (considerando el periodo de diseño de 20 años antes mencionado), se aplicará la predicción de población según el apartado de la norma técnica NT-011-CNA-2001 y tomando dos censos consecutivos de la tabla 12.

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

Se calcula primero la tasa de crecimiento utilizando dos censos de la tabla 12.

Esto se calcula como sigue:

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

Dónde:

- *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 (%)*

A continuación, se describe el proceso para obtener la tasa de crecimiento.

Se calcula la tasa de crecimiento utilizando los intervalos de población del año 1990-2000

Sustituyendo:

$$TC(\%) = \left[\left(\frac{785}{729} \right)^{\frac{1}{10}} - 1 \right] 100$$

$$TC(\%) = 0.7428 \%$$

La proyección de la población se realizará para periodos de 5 años (n), se utilizará la misma tasa de crecimiento de 0.74% de acuerdo con las recomendaciones de la NT-011-CNA-2001 ya que no se cuentan con datos de la CONAPO. Con la tasa de crecimiento que se obtiene se calcula la

población proyecto con la siguiente ecuación y la población estimada para el periodo (2021-2041) se presenta en la Tabla 12. Población estimada para el periodo (2021-2041).

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

Dónde:

P_i: población inicial "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)

Tabla 13: Población estimada para el periodo (2021-2041)

Año	Población Inicial	Población proyecto	Tasa de crecimiento (%)	Periodo
2021	974	974	0.7428	2020-2021
2026		1011		2021-2026
2031		1049		2026-2031
2036		1088		2031-2036
2041		1130		2036-2041

La población proyectada para el final del periodo de diseño de la red de alcantarillado resultó que será de 1130 habitantes. La estimación de población proyecto es aceptable dado que sus referencias y datos están validados por el INEGI.

6.3. APORTACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Es el volumen diario de agua residual entregado a la red de alcantarillado.

Considerando lo anterior, se adopta como aportación de aguas negras el 75% de la dotación de agua potable (en l/hab/día), considerando que el 25% restante se consume antes de llegar a las atarjeas.

Entonces, para determinar la aportación de aguas residuales, es necesario determinar la dotación de agua potable, para ello, nos apoyaremos en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS), mismo que nos muestra la siguiente tabla:

Clima	Consumo l/hab/d			Subtotal por Clima
	Bajo	Medio	Alto	
Cálido Húmedo	198	206	243	201
Cálido Subhúmedo	175	203	217	191
Seco o Muy Seco	184	191	202	190
Templado o Frío	140	142	145	142

Debido a que el clima en Zurumbeneo es templado sub húmedo con lluvias en verano y considerando un grado de rezago social bajo, podemos concluir que la dotación promedio para la población de Zurumbeneo es de 140 l/hab/día.

Como ya se mencionó anteriormente, considerando la aportación de agua residual como el 75% de la dotación :

$$Ap = \text{Aportación de agua} = (0.75) * (140 \text{ l/hab/día})$$

$$Ap = 105.00 \text{ l/hab/día} \therefore$$

6.4. DETERMINACIÓN DE GASTOS DE DISEÑO (AGUA RESIDUAL)

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

- a. Gasto medio
- b. Gasto mínimo
- c. Gasto máximo instantáneo
- d. Gasto máximo extraordinario

Los tres últimos se determinan a partir del primero.

El sistema de alcantarillado sanitario, debe cumplir con la NOM-001-CONAGUA-2011, por lo que no se adicionará al caudal de aguas residuales el volumen por infiltraciones.

a. 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:

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

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.

86,400 segundos/día.

Gasto medio para Zurumbeneo en el año 2041

$$Q_{med} = \frac{A_p P}{86400} = \frac{(105.0 \text{ l/hab/día}) * (1,130 \text{ hab})}{86400 \text{ s/día}}$$

$$Q_{med} = 1.37 \text{ l/s}$$

b. 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:

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

El gasto mínimo corresponde a la descarga de un excusado de 6 litros, dando un gasto de 1.0 lt/seg, por lo que se podrá utilizar este último valor en algunos tramos iniciales de la red, siempre y cuando se asegure que en dichos tramos existen este tipo de aparatos.

Gasto mínimo para Zurumbeneo en el año 2041

$$Q_{min} = 0.5 Q_{med} = (0.5) * (1.37 \text{ l/s})$$

$$Q_{min} = 0.685 \text{ l/s}$$

c. Gasto máximo instantáneo

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Para evaluar este gasto se considera la cantidad de habitantes servidos y no tiene relación con las condiciones socioeconómicas de la población.

El gasto máximo instantáneo se obtiene con las siguientes ecuaciones:

$$Q_{max_{inst}} = M Q_{med}$$

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

Donde:

Q_{med}: es el gasto medio en l/s

M: es el coeficiente de Harmon.

Para el coeficiente de Harmon (M), se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- *P* es la población servida acumulada hasta el punto final (aguas abajo) del tramo de tubería considerada, en miles de habitantes.
- 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 100 000, el coeficiente M se considera constante e igual a 2.0, es decir, se acepta que su valor a partir de esa cantidad de habitantes, no sigue la Ley de variación establecida por Harmon

Gasto máximo instantáneo para Zurumbeneo en el año 2041

Dado que la población supera los 1,000 habitantes el coeficiente de Harmon tuvo que ser calculado con uso de la fórmula antes mencionada:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{1130}{1000}}}$$

$$M = 3.77$$

$$Q_{max_{inst}} = (3.77) (1.37 \text{ l/s})$$

$$Q_{max_{inst}} = 5.17 \text{ l/s}$$

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.

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 será de 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 de 1.5.

La expresión para el cálculo del gasto máximo extraordinario resulta:

$$Q_{max_{ext}} = C_s Q_{max_{inst}}$$

Dónde:

- $Q_{max_{ext}}$: es el Gasto máximo extraordinario, en l/s.
- C_s : es el coeficiente de seguridad adaptado

Gasto máximo extraordinario para Zurumbeneo en el año 2041

$$Q_{max_{ext}} = C_S Q_{max_{inst}} = (1.5) * (5.17 \text{ l/s})$$

$$\mathbf{Q_{max_{ext}} = 7.76 \text{ l/s}}$$

6.5. PLANEACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO (TIPO DE TRAZO CON BASE EN LA TOPOGRAFÍA)

6.5.1 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

Los componentes principales de las redes que integran los alcantarillados, son las siguientes:

- a) Red de atarjeas.*
- b) Subcolectores.*
- c) Colectores.*
- d) Emisores*



Fuente: Tesista
Imagen 11: Pozo de visita

a) Red de Atarjeas.

La red de atarjeas tiene por objeto recolectar y transportar las descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, para conducir los caudales acumulados hacia los colectores, interceptores o emisores. Esta red está constituida por un conjunto de tuberías por las que circulan las aguas residuales. 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 incrementan los caudales. De esta manera se obtienen los mayores diámetros 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 valor mínimo aceptable del diámetro del albañal es de 150 mm (6"), y así ocurre en la mayoría de los casos. La conexión entre albañal y atarjea debe ser hermética y cumplir con la prueba que se especifica en la NOM-001-CONAGUA-2011, la tubería de interconexión debe tener una pendiente mínima de 1 por ciento (0.01).

A continuación, se tienen las atarjeas, localizadas generalmente al centro de las calles, las cuales van recolectando las aportaciones de los albañales. El diámetro mínimo que se recomienda en la red de atarjeas de un sistema de drenaje separado es de 200 mm, sin embargo, solo en casos particulares se puede considerar como mínimo un diámetro de 300 mm, de acuerdo con la reglamentación

local y las condiciones específicas del sitio. Su diseño en general debe seguir la pendiente natural del terreno, siempre y cuando cumpla con los límites máximos y mínimos de velocidad y la condición mínima de tirante, para el caudal generado por una descarga de inodoro.

La estructura típica de liga entre dos tramos de la red es el pozo de visita, que permite el acceso de personas del exterior para su inspección y maniobras de limpieza; también tiene la función de ventilar la red para eliminar los gases. Las uniones de la red de las tuberías con los pozos de visita deben ser herméticas según la NOM-001- CONAGUA- 2011.

Los pozos de visita deben localizarse en todos los cruceros, cambios de dirección, pendiente y diámetro, y para dividir tramos que exceden la máxima longitud recomendada para las maniobras de limpieza y ventilación. Las separaciones máximas entre pozos de visita se indican en la siguiente tabla:

Tabla 14: Separación máxima entre pozos de visita

Diámetro en metros	Separación en metros
0.20-0.61	100
0.61-1.22	125
1.22-3.05	150

Fuente: MAPAS, 2019.

Con objeto de aprovechar al máximo la capacidad de los tubos, en el diseño de las atarjeas se debe dimensionar cada tramo con el diámetro mínimo que cumpla las condiciones hidráulicas definidas por el proyecto, siempre que éste no sea menor al del tramo

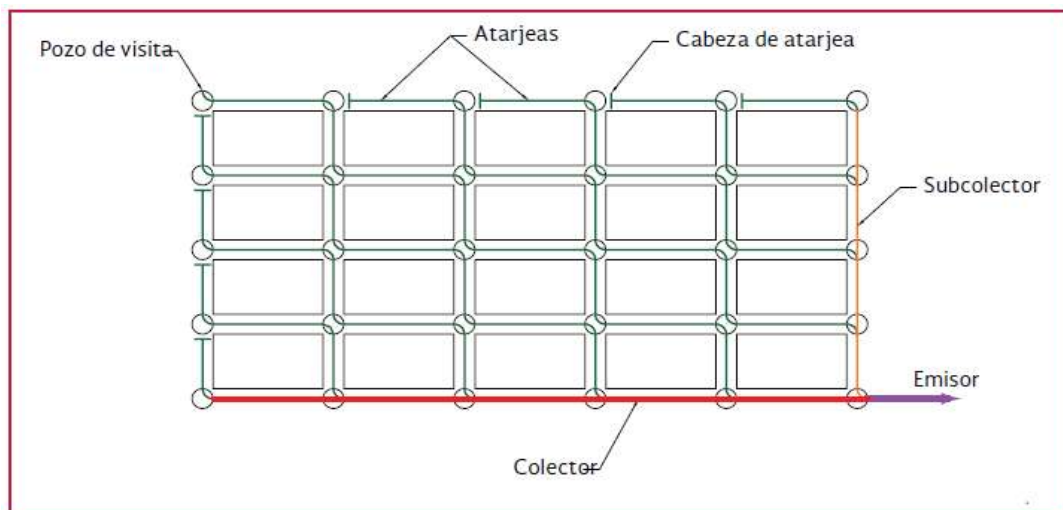
anterior. Para realizar un análisis adecuado de la red de atarjeas, se requiere considerar, en forma simultánea, las posibles alternativas de trazo y funcionamiento de colectores, emisores y descarga final, como se describe en las secciones correspondientes.

Modelos de configuración de atarjeas.

No existe una regla general para el trazo de una red de alcantarillado, ya que se debe ajustar casi siempre a la topografía de cada lugar. Sin embargo, a continuación, se presentan algunos tipos de trazos que pueden ser utilizados como guías:

- *Trazo en bayoneta*

Se denomina así al trazo que inicia en una "cabeza" de atarjea y se desenvuelve en zigzag ó en escalera. Como en la imagen 12 se muestra a continuación:



Fuente: MAPAS 2019

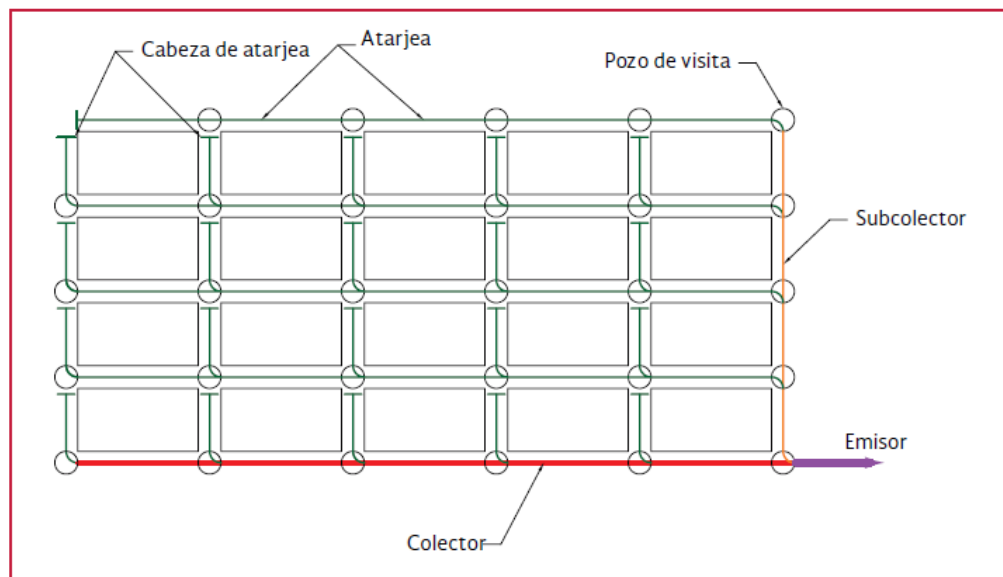
Imagen 12: Trazo de la red de atarjeas en bayoneta

Las ventajas de utilizar este tipo de trazo son reducir el número de cabezas de atarjeas y permitir un mayor desarrollo de las

atarjeas, incrementando el número de descargas para facilitar que los conductos adquieran un régimen hidráulico establecido, logrando con ello aprovechar adecuadamente la capacidad de cada uno de los conductos. Sin embargo, la dificultad que existe en su utilización es que el trazo requiere terrenos con pendientes más o menos estables y definidas. Este trazo se recomienda para alcantarillas en donde existan terrenos muy planos en donde resultan velocidades de flujo muy bajas.

- *Trazo en peine.*

Es el trazo que se forma cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo, empiezan su desarrollo en una cabeza de atarjea descargando su contenido en una tubería común de mayor diámetro perpendicular a ellas.



Fuente: MAPAS 2019

Imagen 13: Trazo de la red de atarjeas en peine

En la imagen 13 se aprecia que se garantizan aportaciones rápidas y directas de las cabezas de atarjeas a la tubería común

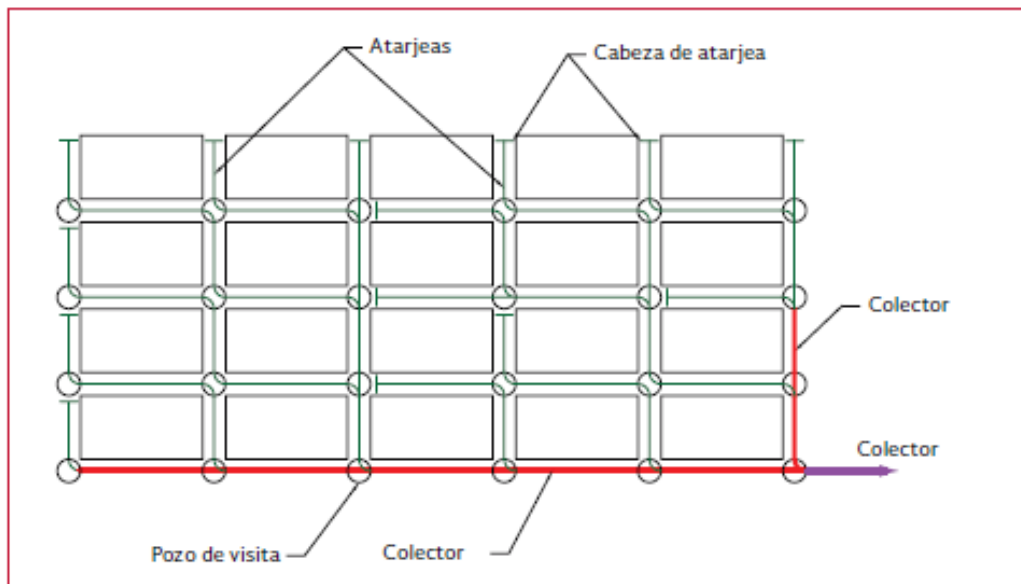
de cada peine, y de estas a los colectores, propiciando que se presente rápidamente un régimen hidráulico establecido.

Se 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.

La desventaja sería que debido al corto desarrollo que generalmente tienen las atarjeas iniciales antes de descargar a un conducto mayor, es común que trabajen por abajo de su capacidad, por lo que se desaprovecha parte de dicha capacidad.

- *Trazo combinado*

Corresponde a una combinación de los dos trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona, como en la imagen 14 se muestra.



Fuente: MAPAS, 2019

Imagen 14: Trazo de la red de atarjeas combinado

b) Subcolectores

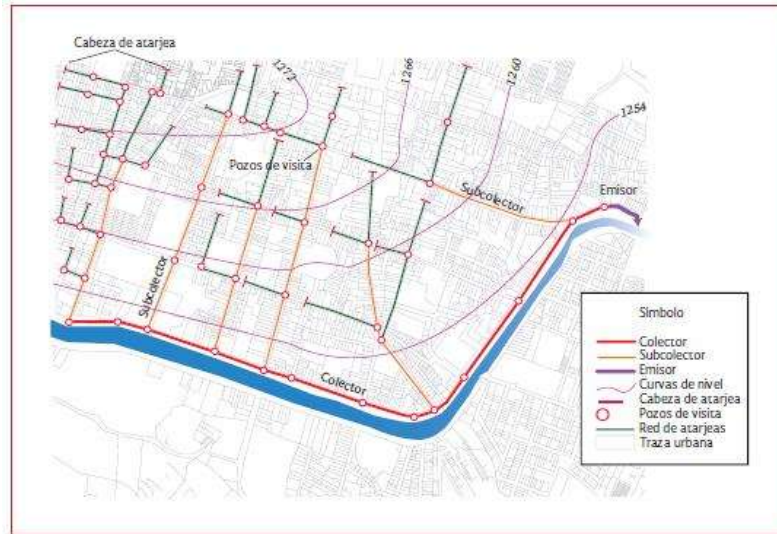
Es la tubería que recibe las aguas negras de las atarjeas para después conectarse a un colector. Su diámetro generalmente es menor a 61 cm por lo que no es necesario utilizar madrinas.

c) Colectores.

Es la tubería que recoge las aguas negras de las atarjeas. Puede terminar en un interceptor, en un emisor o en la planta de tratamiento. No es admisible conectar los albañales directamente a un colector; en estos casos el diseño debe prever atarjeas paralelas a los colectores. Por lo tanto, se describirán los modelos de configuración más usuales:

I. Modelo perpendicular

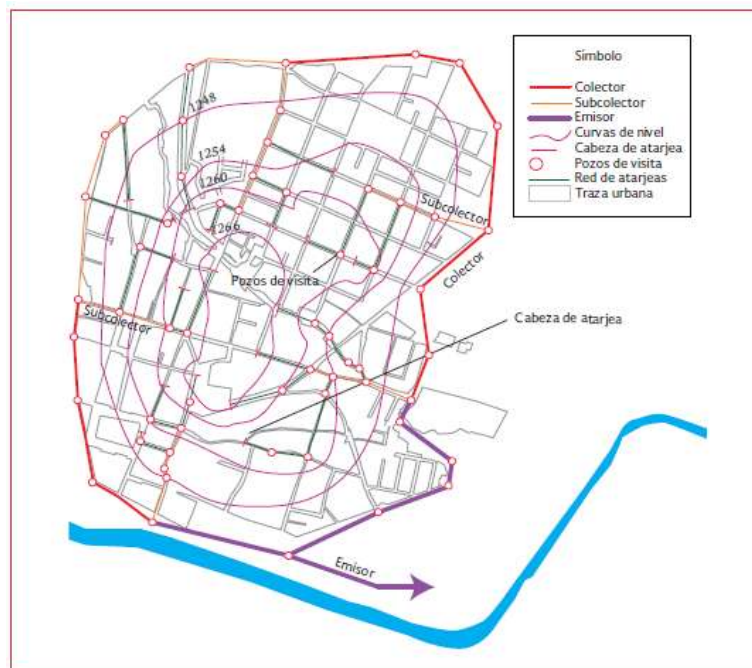
En el caso de una comunidad paralela a una corriente, en terreno con una suave pendiente hacia esta, la mejor forma de coleccionar las aguas residuales es colocar tuberías perpendiculares a la corriente. Además, debe analizarse la conveniencia de conectar los colectores a un interceptor paralelo a la corriente, para tener el menor número de descargas.



Fuente: MAPAS 2019
Imagen 15: Modelo perpendicular

II. Modelo radial

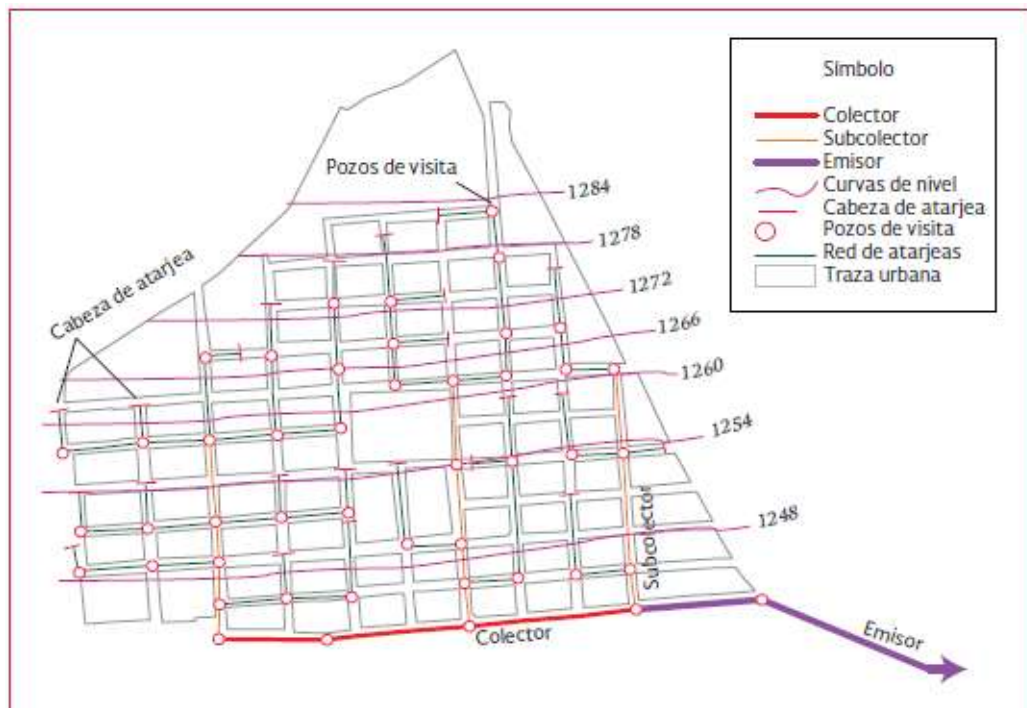
En este modelo las aguas residuales fluyen hacia el exterior de la localidad, en forma radial a través de colectores



Fuente: MAPAS 2019
Imagen 16: Modelo radial

III. Modelo de interceptores

Este tipo de modelo se emplea para recolectar aguas residuales en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas, sin grandes desniveles y cuyas tuberías principales (colectores) se conectan a una tubería mayor (interceptor) que es la encargada de transportar las aguas residuales hasta un emisor o una planta de tratamiento.

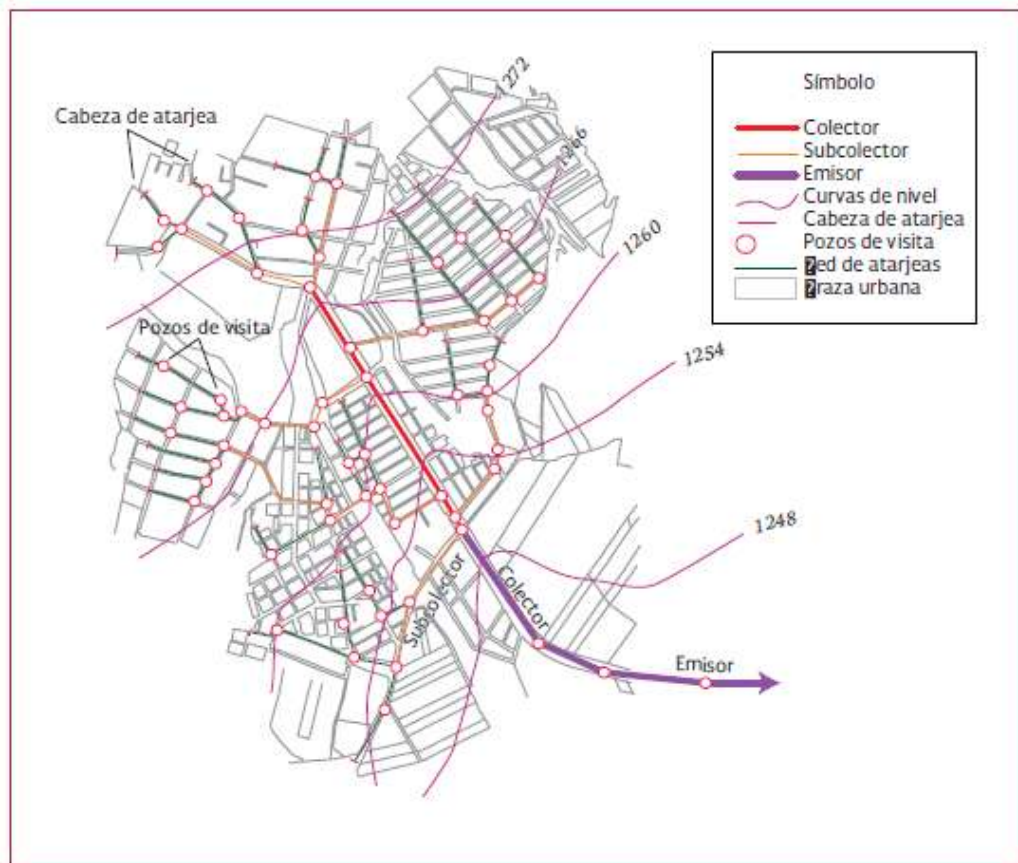


Fuente: MAPAS 2019

Imagen 17: Modelo de interceptores

IV. Modelo de abanico

Cuando la localidad se encuentra ubicada en un valle, se pueden utilizar las líneas convergentes hacia una tubería principal (colector) localizada en el interior de la localidad, originando una sola tubería de descarga.



Fuente: MAPAS 2019

Imagen 18.: Modelo de abanico

d) *Emisores.*

Emisor es el conducto que recibe las aguas de uno o más colectores ó interceptores, no recibe ninguna aportación adicional (atarjeas o descargas domiciliarias) en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la planta de tratamiento. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la planta de tratamiento al sitio de descarga o al sistema de reusó.

El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en condiciones muy particulares donde se requiere el bombeo, es decir para:

- a) Elevar las aguas residuales de un conducto profundo a otro más superficial, cuando constructivamente no es económico continuar con las profundidades resultantes
- b) Conducir las aguas residuales de una cuenca a otra
- c) Entregar las aguas residuales a una planta de tratamiento o a una estructura determinada de acuerdo con condiciones específicas que así lo requieran

A continuación, se describen brevemente los emisores por gravedad y los emisores a presión

1. *Emisores a gravedad:*

Las aguas residuales de los emisores que trabajan a gravedad generalmente se conducen por tuberías o canales, o bien por estructuras diseñadas especialmente cuando las condiciones de proyecto (gasto, profundidad, etc.) lo ameritan.

2. *Emisores a presión:*

Cuando la topografía no permite que el emisor funcione por gravedad, en parte o en su totalidad, será necesario utilizar un emisor a presión; también la localización de la planta de tratamiento o del sitio de vertido, puede obligar a tener un tramo de emisor a bombeo.

6.5.2 TRAZO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Para la población de Zurumbeneo se propone un trazo de red mixta, esto debido a la traza de la localidad en la mayor parte del desarrollo urbano el terreno es regular por así decirlo y optó por el trazo en peine, pero hay zonas que, aunque son muy pequeñas el terreno es irregular y se opta por el trazo en bayoneta, cabe destacar que cada

trazo quedó definido con respecto a las ventajas y al mayor provecho de cada una.

En el caso particular de nuestro proyecto, se puede notar como es que el tamaño y distribución de manzanas no es tan regular en una parte pequeña del centro de la población, esto generó poquita controversia debido a que se debe tener un pozo de visita en cada cambio de dirección y se tiene cambios de dirección muy seguido, debido a lo mencionado se propusieron pozos de hasta a cada 8 metros de distancia y con ellos se obtuvo pozos un poquito más profundos, ya que se tuvo que aumentar la pendiente, dicho esto recalcaremos que las especificaciones optimas se respetaron y se llevaron a cabo a pesar del caso presente.

En el proyecto se logra una buena distribución debido a que la topografía se inclina, aunque muy poco, pero si hacia el lado superior izquierdo, gracias a ello el sistema en general cuenta con tres subcolectores, mismos que cumplen la función de llevar el agua residual por medio de gravedad a un solo colector y a su vez, este a un emisor y en seguida a la planta de tratamiento, para dicho desarrollo los elementos que se obtienen son lo más precisos y necesarios.


6.6. PROYECTO GEOMÉTRICO (PROFUNDIDADES Y COTAS DE POZOS, LONGITUDES, PENDIENTES Y DIAMETROS DE TUBERÍAS)

6.6.1 COMPONENTES DEL SISTEMA Y POZOS DE VISITA

Descripción de los componentes del sistema


A continuación, se presentan parte de la simbología que representa los diversos elementos antes mencionados que son parte de una Red de Alcantarillado.


Albañal interior 

Albañal exterior 

Atarjea 

Cabeza de atarjea 

Pozo de visita común 

Pozo de visita especial 

Pozo con caída adosada 

Pozo con caída libre 

Pozo caja 

Subcolector 

Colector 

Emisor 

Planta Tratadora de Aguas Residuales 

Descripción de los pozos de visita

Los pozos de visita son estructuras construidas sobre las tuberías, a cuyo interior se tiene acceso por la superficie de la calle.

Los pozos de visita tienen por función la inspección, limpieza y ventilación de las tuberías. Atendiendo al diámetro interior de las tuberías de llegada y /o salida los pozos de visita se clasifican en comunes y especiales.

Su forma es cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior, son suficientemente amplias para darle paso a un hombre y permitirle maniobrar en su interior (el piso es una plataforma con canales que prolongan los conductos y encauzan sus corrientes). Una escalera de peldaños de fierro fundido empotrados en las paredes del pozo permite el descenso y ascenso al personal encargado de la operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial.

A profundidades de 1.50 m o menores los pozos de visita tienen forma de botella y a mayores de 1.50 m se construye en la parte cilíndrica con el diámetro interior necesario de acuerdo con los diámetros de las tuberías que a él concurran y la parte troncocónica con paredes inclinadas a 60° que rematará con otra cilíndrica de 0.60 m de diámetro interior y 0.25 m de altura aproximada la cual recibirá al brocal y su tapa.

Los pozos de visita pueden ser contruidos "in situ" o prefabricados, su elección depende de un análisis económico y en el caso de alcantarillado sanitario se debe asegurar la hermeticidad de la estructura y de la conexión de la tubería.

Los pozos de visita se pueden clasificar en:

- a) Pozos de visita tipo común
- b) Pozos con caída libre
- c) Pozos con caída adosada

Los componentes esenciales de un pozo de visita se muestran en la ilustración 3 y son:

- i. Base, que incluye campanas de entrada de tubería, espigas de salida de tubería, medias cañas y banqueteta
- ii. Cuerpo, el cual puede ser monolítico o contar con extensiones para alcanzar la profundidad deseada mediante escalones
- iii. Cono de acceso (concéntrico o excéntrico)
- iv. Brocal
- v. Tapa

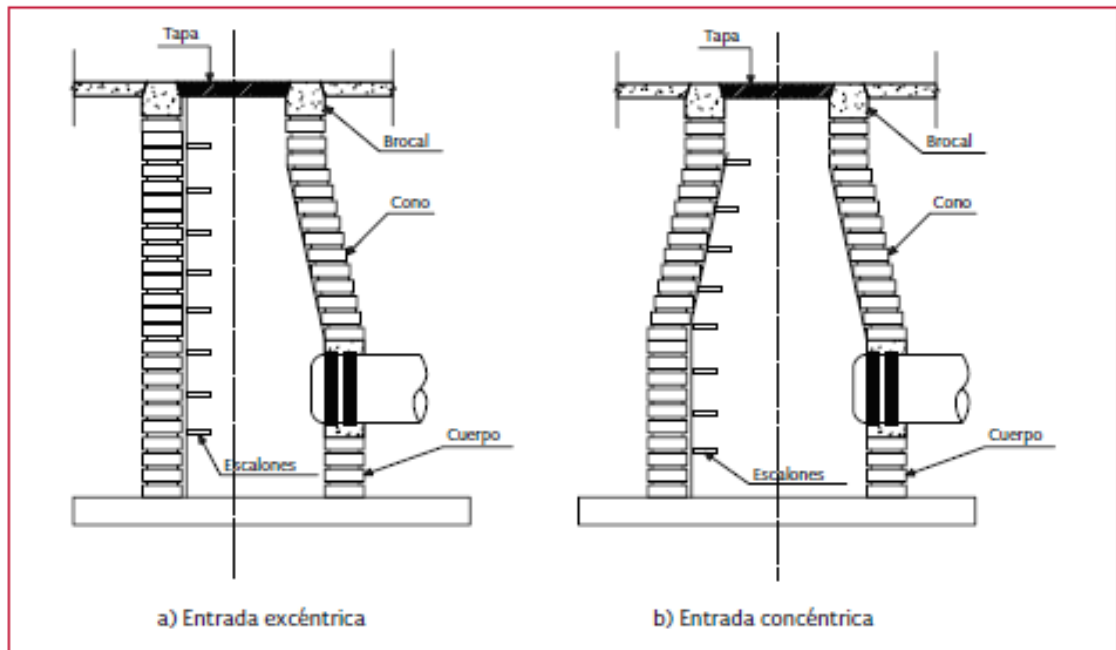


Ilustración 3: Componentes de los pozos de visita

Fuente: MAPAS 2019

Tipos de pozos de Visita

a) Pozos de visita tipo común

Los pozos de visita comunes están formados por una chimenea de forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior, y son utilizados hasta 800 cm.

Todos los pozos comunes deben de asentarse sobre una base plantilla de material base compactada a 95% 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; estas tapas deben ser con respiraderos, con lo cual se permita la ventilación del pozo y la salida de gases.

La media caña de los pozos de visita comunes debe formar un conducto que continúe el flujo de las tuberías incidentes y cuyos lados formen las banquetas donde se pararan las personas que entren a los pozos. Opcionalmente y en función del tamaño del pozo de visita pueden incorporarse escalones de material no corrosible, acero o de fierro fundido plastificados empotrados en las paredes del pozo, que permitan el descenso y ascenso seguro del personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado.

Los pozos de visita comunes tienen un diámetro interior de 1.2 m, se utilizan con tubería de hasta 610 mm de diámetro, con

entronques de hasta 0.45 m de diámetro y permiten una deflexión máxima en la tubería de 90 grados. Tal como se muestra en la ilustración 4

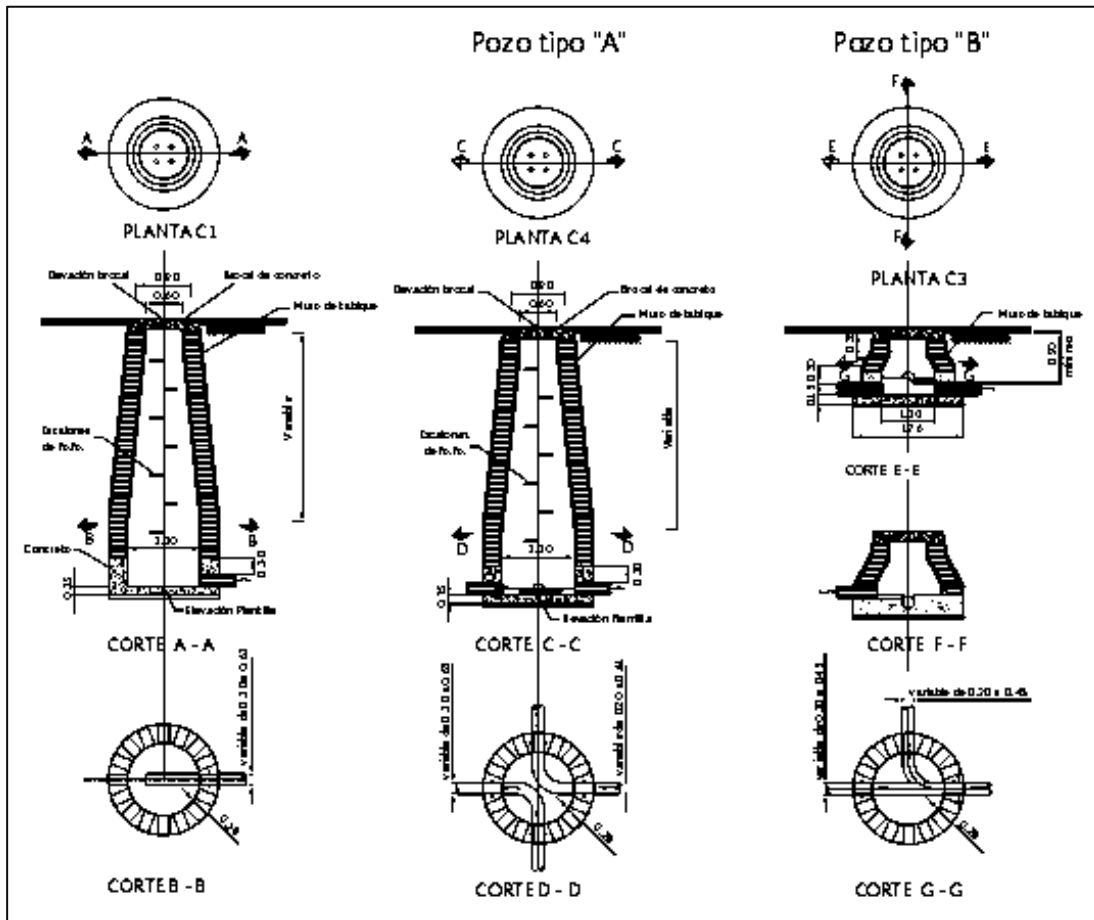


Ilustración 4: Componentes de los pozos de visita tipo común
Fuente: MAPAS 2019

b) Pozos con caída libre

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 haciendo necesario la construcción de estructuras de caída.

Las estructuras de caída que se utilizan son:

- Caídas libres. Se permiten caídas de hasta 0.50 m dentro del pozo sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial. Como a continuación se muestra en la ilustración 5:

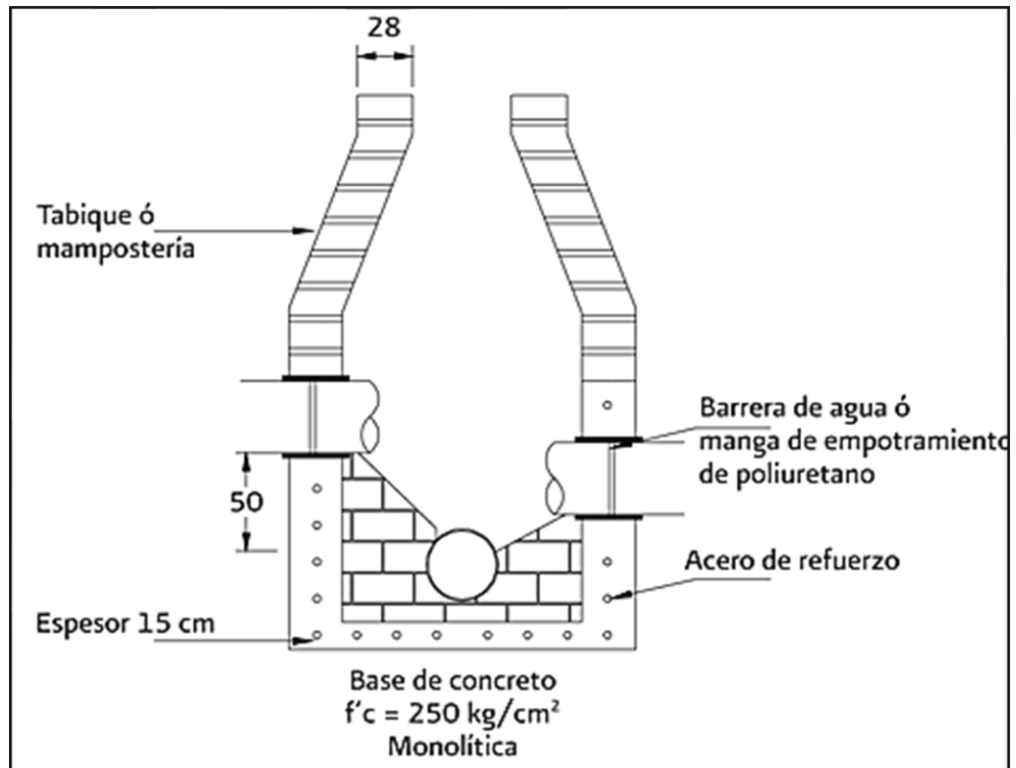


Ilustración 5: Componentes de los pozos de visita con caída libre

Fuente: Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades. Alcantarillado Sanitario. Gobierno de Jalisco.9

c) Pozos con caída adosada

Son pozos de visita comunes, a los que se les construye lateralmente una estructura que permite la caída en tuberías de 0.20 y 0.25 m de diámetro, con un desnivel de hasta 2.00 m., como se muestra a continuación en la ilustración 6:

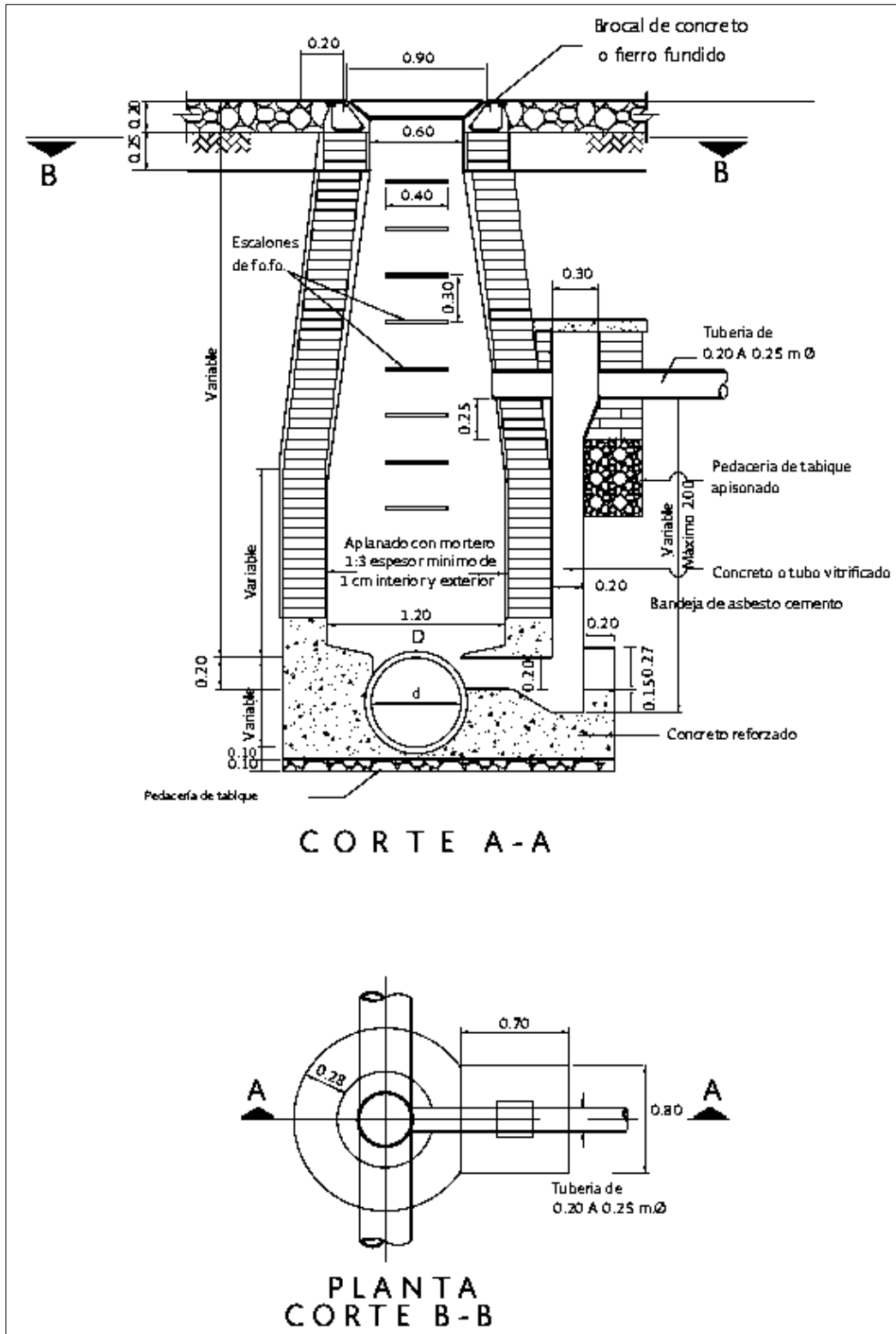


Ilustración 6: Componentes de los pozos de visita con caída adosada

Fuente: MAPAS 2019

6.6.2 DIÁMETROS DE LA RED Y PENDIENTES

Los diámetros propuestos para red de atarjeas serán como mínimo de 20 cm (8 in), los diámetros para subcolectores se propondrán igual que 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, 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.

$$[Nueva\ Cota\ de\ Plantilla\ de\ Pozo\ Final] = CPPF_{ajust} = [Cota\ del\ Pozo\ Inicial] - H_{ajust}$$

$$[Nueva\ Profundidad\ del\ Pozo\ Final] = [Cota\ de\ Elevación\ del\ Pozo\ Final] - CPPF_{ajust}$$

Esta nueva profundidad del pozo final deberá cumplir con la especificación mínima de profundidad para cada tipo de pozo. A continuación, se muestran las profundidades mínimas en la tabla 15.

Tabla 15: Profundidades mínimas para pozos de visita.

Tipo de pozo	Profundidad mínima (en metros)
<i>Común</i>	1.50
<i>Cabeza de atarjea interior</i>	1.30
<i>Cabeza de atarjea exterior</i>	1.20

Fuente: MAPAS, 2019.

Las estructuras de caída 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.

Por otra parte, para tuberías de PVC (material que se propone utilizar), la pendiente mínima será de 2 milésimas y la máxima de 83 milésimas.

En el presente proyecto a pesar de que se tiene considerado material de tipo PVC se utilizó una pendiente mínima de 3 milésimas debido a que a veces tenemos mucho ingreso de basuras en la red de alcantarillado, lo que provoca que la rugosidad del PVC se vea afectada y es por eso requiere una mayor pendiente.

A continuación, dado que el proyecto cuenta con 74 pozos de visita, se muestra solo un segmento de la Tabla 16 donde muestra las pendientes, profundidades de pozos y estructuras de caída calculadas de la red de alcantarillado.

En la tabla 16 se muestra el cálculo de ajuste de pendientes, así como las cotas de plantilla definitivas para su construcción final:

Tabla 16: Profundidades de pozos y pendientes de la red de alcantarillado de Zurumbeneo.

TRAMOS	LONGITUD m	POZO FIJO	ELEVACIÓN T.N. (m)	PROF. I. (m)	COTA PLANTILLA (m)	POZO A DISEÑAR	ELEVACIÓN (m)	S PENDIENTE	COTA PLANTILLA AJUST. (m)	PROFUNDIDAD (FINAL) (m)
59-60	65.76	59	1999.01	1.2	1997.81	60	1998.73	0.009	1997.22	1.51
60-61	100.45	60	1998.73	1.51	1997.22	61	1992.73	0.060	1991.19	1.54
61-62	70.58	61	1992.73	1.54	1991.19	62	1988.64	0.058	1987.10	1.54
62-63	131.02	62	1988.64	1.54	1987.10	63	1983.29	0.041	1981.73	1.56
49-63	44.27	49	1982.8	1.30	1981.50	63	1983.29	0.003	1981.37	1.92
63-64	71.19	63	1983.29	1.92	1981.37	64	1980.94	0.028	1979.37	1.57
64-58	16.27	64	1980.94	1.57	1979.37	58	1980.85	0.003	1979.32	1.53
64-65	79.08	64	1980.94	1.30	1979.64	65	1979.44	0.022	1977.90	1.54
65-66	83.54	65	1979.44	1.54	1977.90	66	1977.44	0.024	1975.90	1.54
66-67	84.48	66	1977.44	1.54	1975.90	67	1974.12	0.039	1972.61	1.51
67-68	54.74	67	1974.12	1.51	1972.61	68	1970.05	0.075	1968.50	1.55
68-69	38.29	68	1970.05	1.55	1968.50	69	1971.05	0.003	1968.39	2.66
56-71	46.38	56	1978.77	1.30	1977.47	71	1977.86	0.024	1976.36	1.50
71-70	114.41	71	1977.86	1.50	1976.36	70	1973.78	0.036	1972.24	1.54
70-69	82.43	70	1973.78	1.54	1972.24	69	1971.05	0.041	1968.86	2.19
69-72	102.50	69	1971.05	2.19	1968.86	72	1969.36	0.010	1967.84	1.52

Tabla 17: Cálculo de caídas libres de la red de alcantarillado para la población de Zurumbeneo.

CAIDAS LIBRES											
TRAMOS	LONGITUD	POZO 1	ELEVACIÓN T.N.	PROF.	COTA PLANTILLA	POZO 2	ELEVACIÓN T.N.	Pendiente	COTA PLANTILLA	PROF.	CAIDA LIBRE
	m		m	m	m		m		m	m	m
62-63	131.02	62	1988.64	1.54	1987.10	63	1983.29	0.041	1981.73	1.56	0.36
70-69	82.43	70	1973.78	1.54	1972.24	69	1971.05	0.041	1968.86	2.19	0.47
46-50	81.03	46	1982.61	1.50	1981.11	50	1981.15	0.018	1979.65	1.50	0.04
50-58	66.68	50	1981.15	1.54	1979.61	58	1980.85	0.004	1979.34	1.51	0.02
31-45	70.28	31	1983.73	1.30	1982.43	45	1981.31	0.057	1978.42	2.89	0.17
50-51	103.23	50	1981.15	1.30	1979.85	51	1979.34	0.02	1977.79	1.55	0.34
38-54	101.18	38	1971.89	1.30	1970.59	54	1971.75	0.004	1970.19	1.56	0.01
58-57	118.30	58	1980.85	1.53	1979.32	57	1979.12	0.015	1977.55	1.57	0.04
54-53	105.46	54	1971.75	1.57	1970.18	53	1966.51	0.049	1965.01	1.50	0.05
33-32	73.01	33	1987.73	1.59	1986.14	32	1985.72	0.033	1983.73	1.99	0.48
20-31	69.58	20	1985.32	1.30	1984.02	31	1983.73	0.026	1982.21	1.52	0.02
41-40	47.60	41	1978.47	1.52	1976.95	40	1976.97	0.031	1975.47	1.50	0.45
24-27	71.59	24	1972.57	1.30	1971.27	27	1972.63	0.003	1971.05	1.57	0.35
30-29	68.83	30	1982.00	1.52	1980.48	29	1979.33	0.039	1977.80	1.53	0.35
29-28	66.75	29	1979.33	1.53	1977.80	28	1977.59	0.031	1975.73	1.86	0.49
27-26	98.04	27	1972.63	1.92	1970.71	26	1967.16	0.062	1964.63	2.53	0.28
21-16	98.77	21	1983.73	1.30	1982.43	16	1983.26	0.007	1981.74	1.52	0.12
16-15	85.19	16	1983.26	1.30	1981.96	15	1980.19	0.039	1978.64	1.55	0.01
14-7	101.79	14	1980.13	1.51	1978.62	7	1979.72	0.004	1978.21	1.51	0.03
23-13	96.46	23	1977.88	1.30	1976.58	13	1977.12	0.01	1975.62	1.50	0.04

6.7. REVISIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE DISEÑO.

Para hacer la revisión hidráulica del sistema de alcantarillado diseñado, partimos con un dato importante para el cálculo: la densidad de la red.

La densidad de la red la calculamos de la siguiente manera:

$$Densidad = \frac{Poblacion\ proyecto}{Longitud\ total\ de\ la\ red}$$

Anteriormente ya determinamos la población proyecto, la cual corresponde a 1129 habitantes, y, por otra parte, la longitud total de la red es de 8192.14 m

$$Densidad = \frac{Poblacion\ proyecto}{Longitud\ total\ de\ la\ red} = \frac{1130\ hab.}{8192.14\ m} = 0.13\ hab/m$$

Considerando la aportación de aguas residuales calculada con anterioridad $A_p = 105\ l/hab/dia$, podemos determinar si los tramos cumplen con lo estipulado en el M.A.P.A.S.

En la siguiente tabla se muestra las revisiones de los diferentes tramos de la red de alcantarillado:

Tabla 18: Revisión hidráulica de la red

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	19	20	21	22	
POZO	TRAMO	LONGITUDES (m)			POBLACIÓN SERVIDA (ACUMULADA HABITANTES)	GASTOS DE AGUAS NEGRAS					PENDIENTE MILESIMAS	DIAMETRO cm	FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO				TIRANTE	
		PROPIA DEL TRAMO	TRIBUTARIA DEL CRUCERO	ACUMULADA PARA EL TRAMO		MEDIO (l/s)	MÍNIMO (l/s)	M (HARMON)	MÁX. INT. (l/s)	MÁX. EXT. (l/s)			TUBO LLENO		VELOCIDAD EFECTIVA A GASTO		A GASTO MÍNIMO (cm)	A GASTO MÁXIMO (cm)
													GASTO (l/s)	VEL. (m/s)	MÍNIMO (m/s)	MÁXIMO (m/s)		
S U B C O L E C T O R I																		
57			1360.94															
	57-56	19.59		1380.53	190	0.23	1.5	3.8	0.88	1.32	15	20	58.02	1.85	0.74	0.70	2.09	1.96
	56-55	59.11		1439.64	199	0.24	1.5	3.8	0.92	1.38	35	20	88.63	2.82	0.98	0.95	1.68	1.61
	55-54	111.34		1550.98	214	0.26	1.5	3.80	0.99	1.48	45	20	100.50	3.20	1.06	1.06	1.58	1.57
54			101.18															
	54-53	105.46		1757.62	242	0.29	1.5	3.80	1.12	1.68	49	20	104.87	3.34	1.09	1.13	1.54	1.63
S U B C O L E C T O R I I																		
29			786.51															
	29-28	66.75		853.26	118	0.14	1.5	3.8	0.54	0.82	31	20	83.41	2.66	0.94	0.77	1.74	1.27
28			284.87															
	28-27	106.83		1244.96	172	0.21	1.5	3.8	0.79	1.19	47	20	102.71	3.27	1.08	1.00	1.56	1.38
27			71.59															
	27-26	98.04		1414.59	195	0.24	1.5	3.8	0.90	1.35	62	20	117.96	3.75	1.18	1.14	1.45	1.38
S U B C O L E C T O R I I I																		
7			1422.84															
	7-8	74.31		1497.15	207	0.25	1.5	3.8	0.96	1.43	39	20	93.56	2.98	1.01	1.00	1.64	1.60
8			274.1															
	8-9	105.54		1876.79	259	0.31	1.5	3.80	1.20	1.79	42	20	97.09	3.09	1.04	1.10	1.61	1.76
	9-10	90.66		1967.45	271	0.33	1.5	3.80	1.25	1.88	39	20	93.56	2.98	1.01	1.09	1.64	1.84
C O L E C T O R																		
53			800.98															
	53-37	100.42		2659.02	367	0.45	1.5	3.80	1.69	2.54	3	25	47.05	0.96	0.41	0.49	2.91	3.83
37			308.19															
	37-26	104.55		3071.76	424	0.52	1.5	3.80	1.96	2.94	3	25	47.05	0.96	0.41	0.51	2.91	4.12
10			0															
	10-11	108.99		2076.44	286	0.35	1.50	3.80	1.32	1.98	20	25	121.48	2.47	0.77	0.85	1.79	2.06
11			308.85															
	11-25	89.33		2474.62	341	0.41	1.50	3.80	1.57	2.36	3	25	47.05	0.96	0.41	0.48	2.91	3.68
25			962.88															
	25-26	71.11		3508.61	484	0.59	1.50	3.80	2.24	3.35	3	25	47.05	0.96	0.41	0.54	2.91	4.42
E M I S O R																		
26			0															
	26-73	123.01		8117.97	1120	1.36	1.50	3.77	5.13	7.69	45	25	182.22	3.71	1.01	1.74	1.45	3.37
	73-74	74.17		8192.14	1130	1.37	1.50	3.77	5.17	7.76	3	25	47.05	0.96	0.41	0.70	2.91	6.84

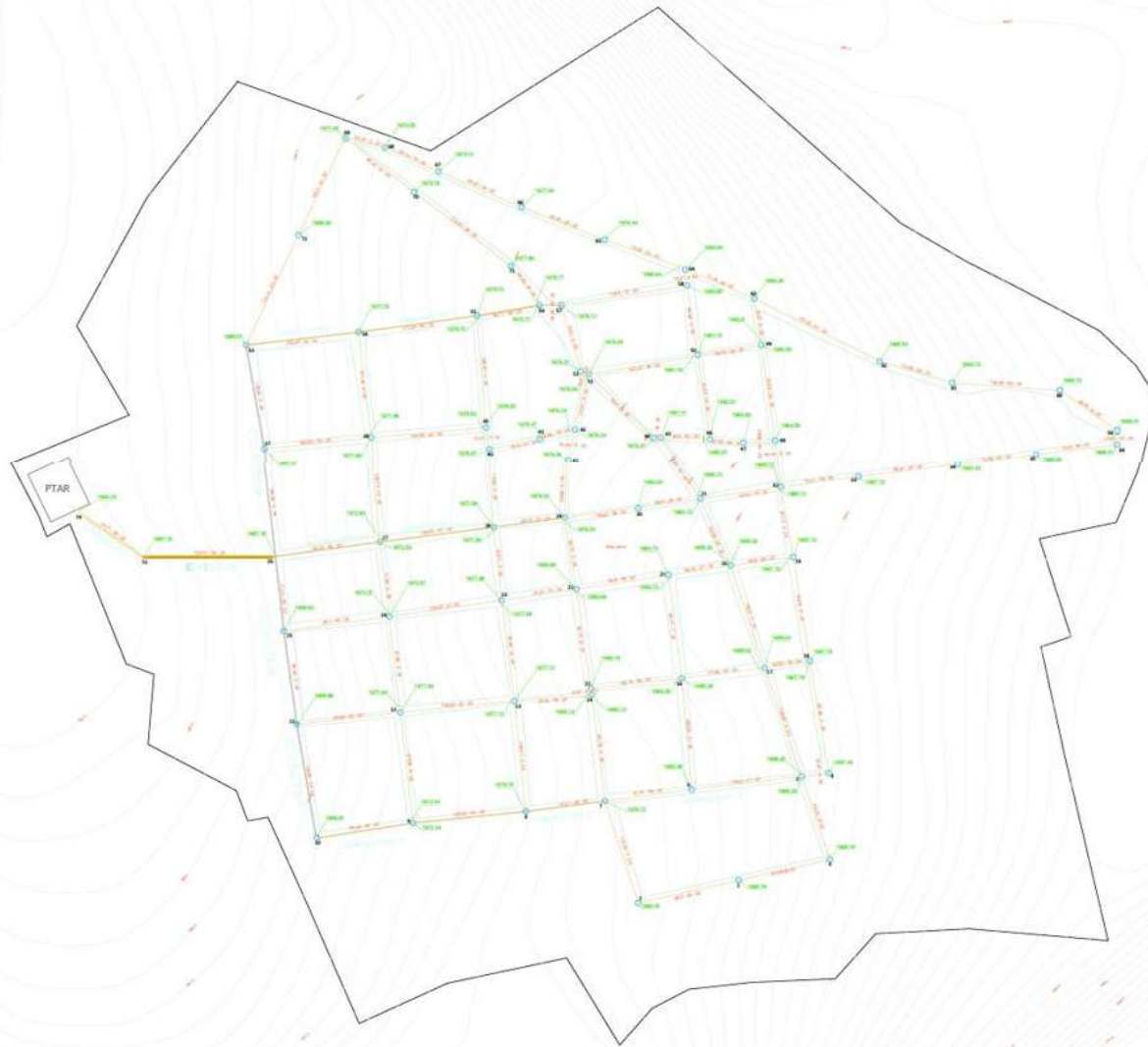
Debido a la revisión hidráulica, los diámetros de tuberías propuestos en la red son adecuados, ya que cumplen con los requerimientos en las distintas variables hidráulicas conforme a la normativa.

6.8. PLANOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Los planos que a continuación se presentarán son el resultado de una serie de cálculos y de la toma de decisiones en las cuales siempre procurando que la red de alcantarillado sanitario cumpla su propósito de la mejor manera posible. En ellos se estipula la información que servirá para la construcción de dicha red, ya que para desarrollar un proyecto de construcción es necesario contar con un plano donde se muestre la ubicación, el diseño y las dimensiones con precisión, así como la relación de todos los elementos del proyecto. Como a continuación se describe las características de los planos:

- En el plano 3 se muestran los datos preliminares que son base para los cálculos y planos posteriores. Estos datos preliminares son: Traza urbana, topografía y límite de crecimiento.
- El plano 4 comprende lo que es el proyecto geométrico, en el cual se encontrarán las alturas de terreno, así como las pendientes y cotas de plantillas corregidas en cada uno de los pozos y tramos del sistema de alcantarillado.
- En el plano 5 (revisión hidráulica), el cual contiene las pendientes y los diámetros propuestos de los subcolectores, colector y emisor, así como también las longitudes tributarias y acumuladas para cada tramo. Todos los datos mencionados anteriormente, son necesarios para realizar el cálculo en la revisión hidráulica.

Topografía y traza urbana y límite de crecimiento de Zurumbeneo





**UNIVERSIDAD
MICHOCANA DE SAN
NICOLÁS DE
HIDALGO, FACULTAD
DE INGENIERÍA CIVIL**

RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD DE ZURUMBENEO.

Proyecto:

DOCTOR ROBERTO GARCÍA ACEVEDO

Asesor de tesis:

VÁZQUEZ PÉREZ EMIRETH

Tesista:

1542445D

Matrícula:

LOCALIZACIÓN

LA LOCALIDAD ZURUMBENEO, SE ENCUENTRA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE CHARO, MICHOCÁN DE OCAMPO.







1:100

METROS

15 MARZO 2022

Escala Acotamiento Fecha

	LÍNEA DE LÍMITE
	LÍNEA DE CALLE
	LÍNEA DE ALcantarillado
	SEÑAL DE ALcantarillado
	LÍNEA DE ALcantarillado
	LÍNEA DE ALcantarillado
	LÍNEA DE ALcantarillado
	LÍNEA DE ALcantarillado
	LÍNEA DE ALcantarillado
	LÍNEA DE ALcantarillado
	LÍNEA DE ALcantarillado
	LÍNEA DE ALcantarillado

Desarrollo del 20% Probabilidad de pasar por la zona de estudio
Desarrollo del 50% Probabilidad de pasar por la zona de estudio
Desarrollo del 80% Probabilidad de pasar por la zona de estudio

Plano 3: Topografía y traza urbana y límite de crecimiento de Zurumbeneo

En la imagen anterior podemos observar el plano topográfico y planeación del sistema; como se especificó anteriormente, los planos serán mostrados en una escala mayor en el apartado de anexos, al final del presente trabajo. Se puede apreciar a grandes rasgos las curvas de nivel, el trazado de calles, la red de atarjeas propuestas, así como también los elementos complementarios como los subcolectores, los colectores y el emisor, así como su respectiva Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la zona más baja de la población, pero dentro del límite de crecimiento de la misma.

En el Noroeste de la población de Zurumbeneo se proyecta la planta de tratamiento de aguas residuales, debido a la topografía que lo permitía y al crecimiento urbano de dicha población. El agua que se obtenga de la PTAR podrá ser utilizado para la misma población; regando los plantíos, para darle mantenimiento al campo de futbol o puede ser depositada en el cuerpo de agua más cercano

También se presenta una serie de pequeños detalles de cada uno de los planos anteriormente mencionados:

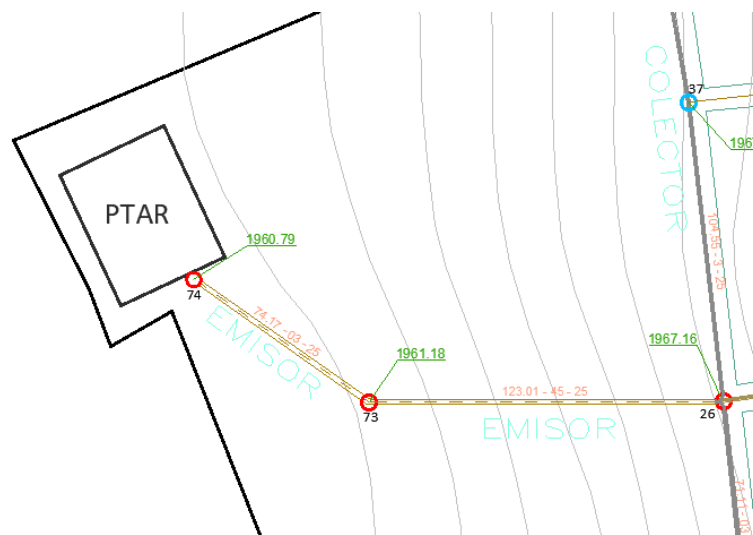
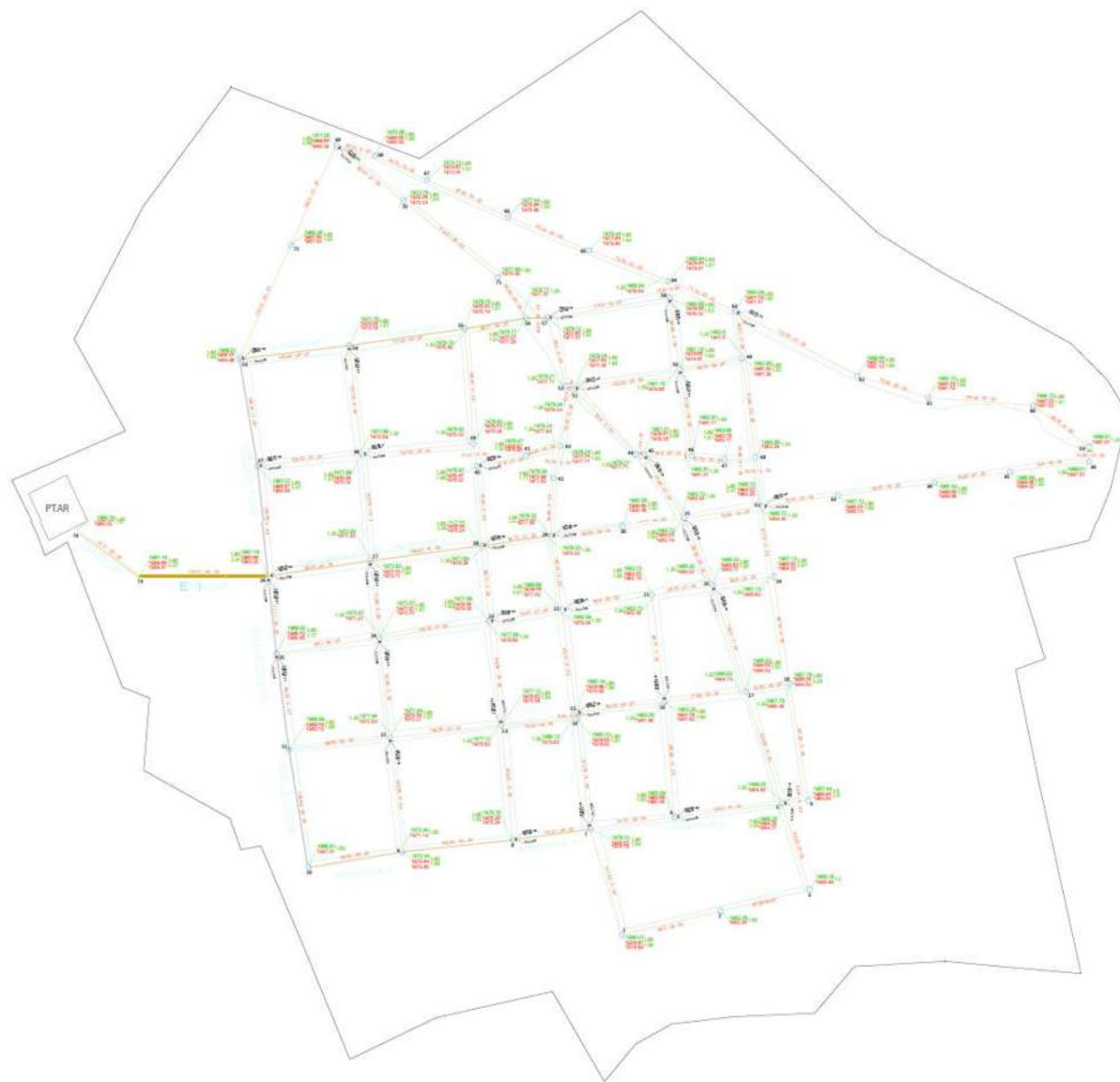


Ilustración 7: Detalle de ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales

Proyecto geométrico de la población de Zurumbeneo





**UNIVERSIDAD
MICHOCANA DE SAN
NICOLÁS DE
HIDALGO, FACULTAD
DE INGENIERÍA CIVIL**

RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD DE ZURUMBENEO.

Proyecto:

DOCTOR ROBERTO GARCÍA ACEVEDO

Asesor de tesis:

VÁZQUEZ PÉREZ EMIRETH

Tesista:

1542445D

Materia:

LOCALIZACIÓN

LA LOCALIDAD ZURUMBENEO, SE ENCUENTRA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE CHARO, MICHOCÁN DE OCAMPO.







1:100 METROS 15 MARZO 2022

Escala Acomodados Fecha

SIMBOLOGÍA

- Línea de alcantarillado
- Línea de agua
- Línea de drenaje
- Línea de gas
- Línea de electricidad
- Línea de fibra óptica
- PTAR Línea de tratamiento
- Manhole
- Límite del terreno
- Dirección del 100% Profundidad del agua en caso de lluvia
- Dirección del 100% Profundidad del agua en caso de incendio

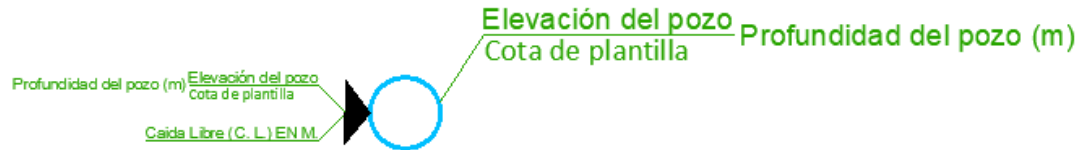
Plano 4. Proyecto geométrico

En los siguientes detalles, se hace un acercamiento, esto para observar las propiedades de los pozos de visita de las tuberías.

- Pozos de visita común



- Pozos con caídas libres



- Tubería



Detalles del proyecto geométrico

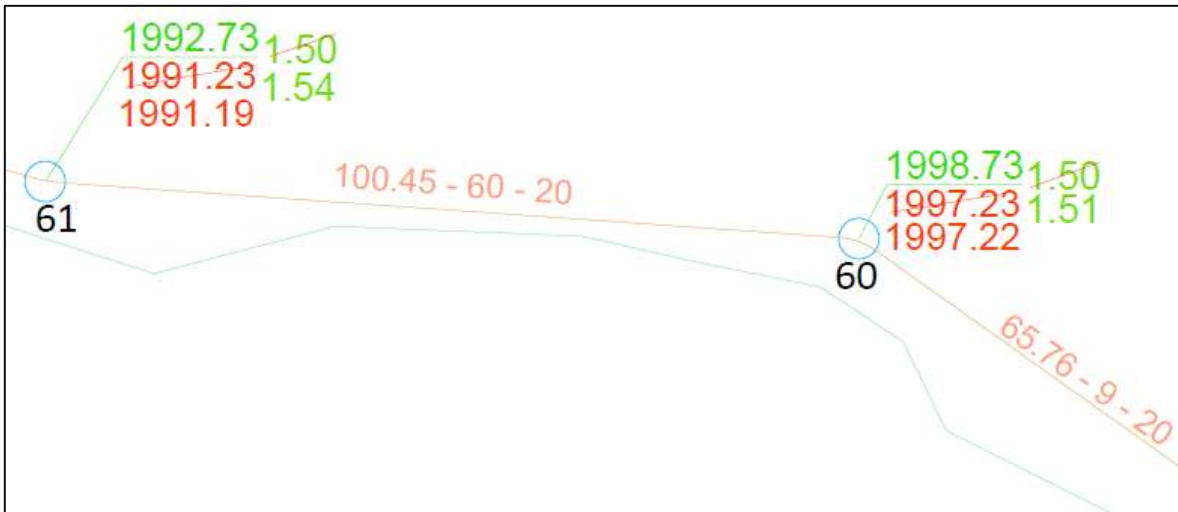


Ilustración 8: Acercamiento en el plano del proyecto geométrico.

En la ilustración 8 se hace un acercamiento de ajustes de plantilla, apreciándose también los valores de la pendiente, longitud propia del tramo y diámetro de tubería

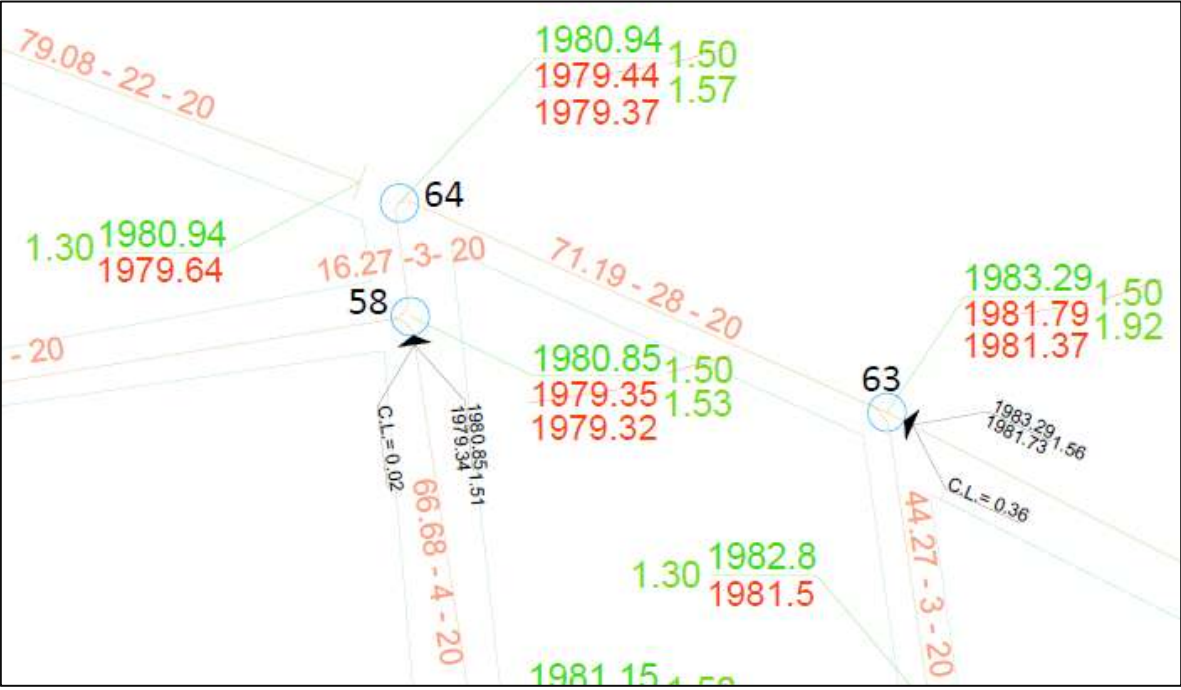
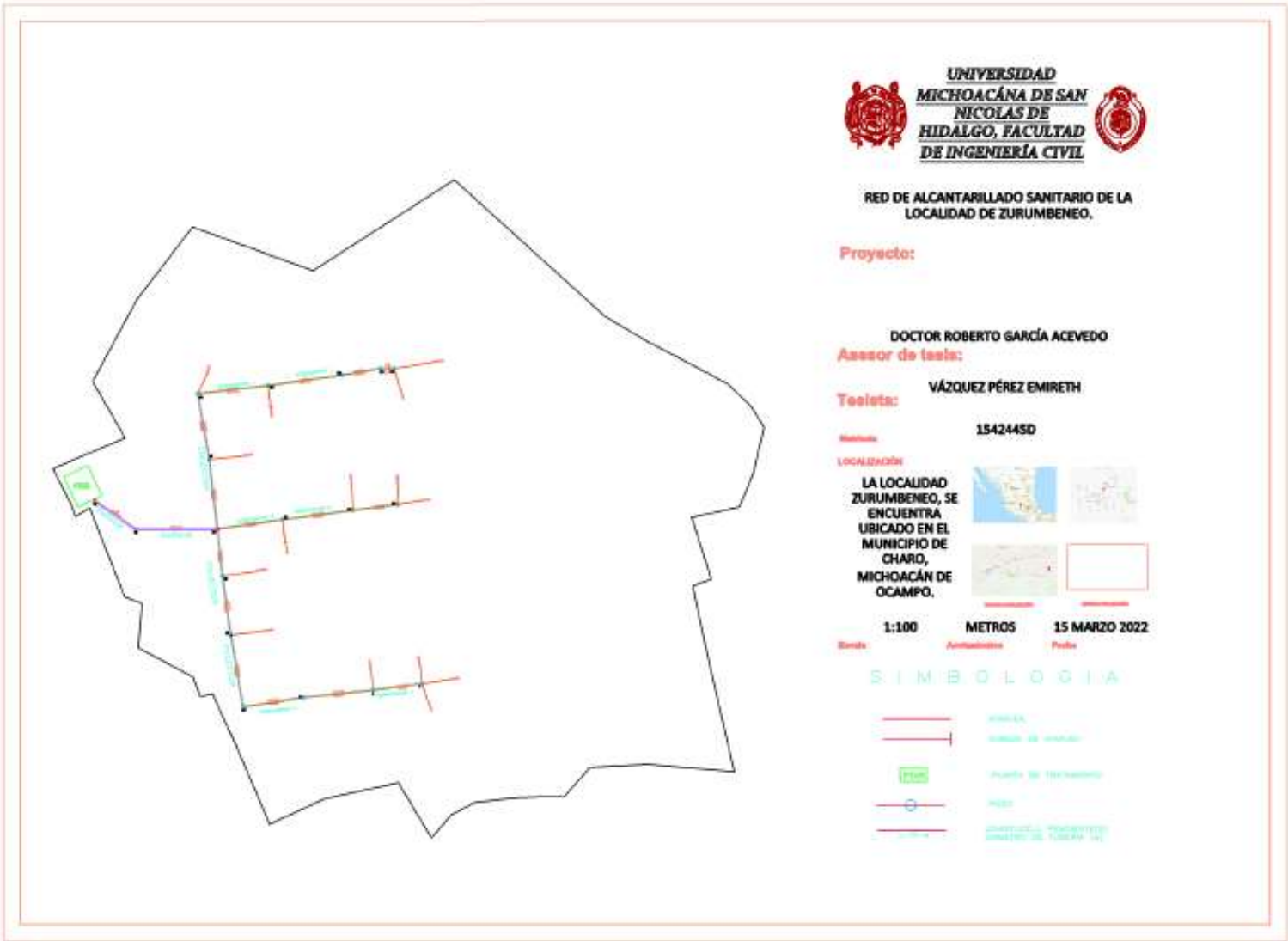


Ilustración 9: Acercamiento en el plano del proyecto geométrico con caídas libres.

En la ilustración 9 se calculó la altura de caída libre en el pozo 63 que es de 36 cm y también se puede ver la cota de plantilla que genera dicha caída que es de 1981.73 y llega con una profundidad de 1.56m



Plano 5. Revisión hidráulica

Los datos presentados, son necesarios para llevar acabo el desarrollo de la tabla 17; revisión hidráulica.

Detalles del plano de revisión hidráulica

A continuación, en la ilustración 10, se muestran las propiedades de la tubería determinadas en el proyecto geométrico (longitud, pendiente y diámetro), así como las longitudes tributarias (Lt) y longitudes acumuladas (La).

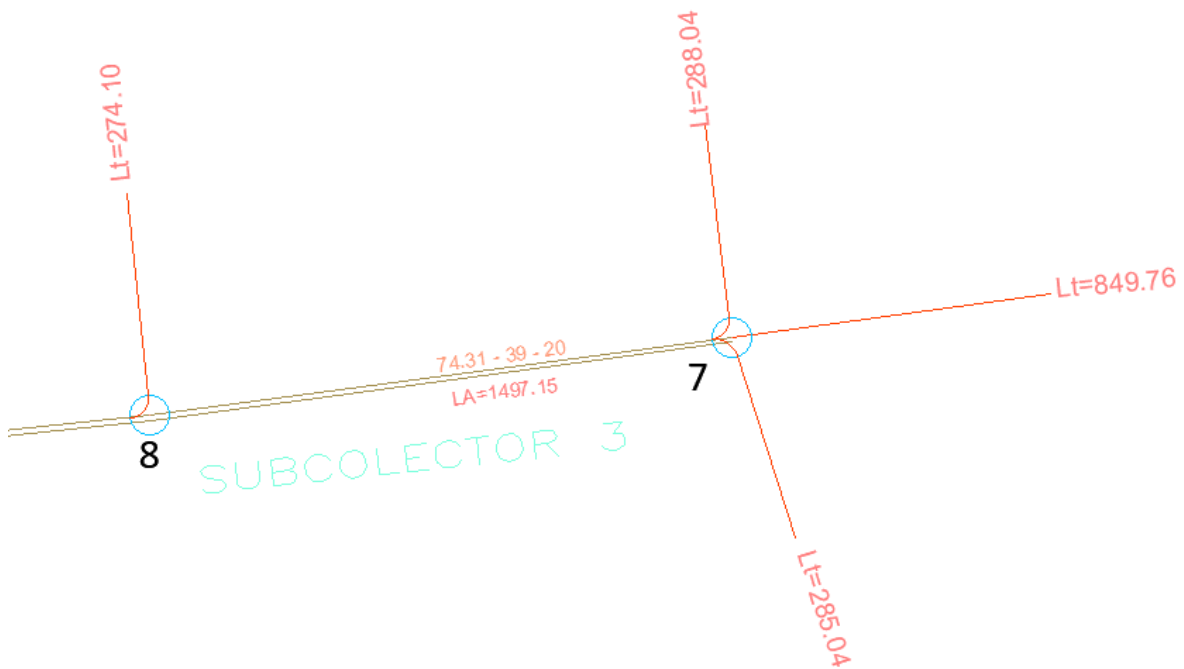


Ilustración 10: Acercamiento en el plano de revisión hidráulica

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

Al término del proyecto concluyó con que todos los objetivos mencionados al principio se llevaron a cabo satisfactoriamente.

La topografía de la población ayudó a que se tuviera el proyecto que funcione por gravedad haciéndolo así; óptimo, rentable y sobre todo funcional. Respetando también el marco socioeconómico ya que gracias al diseño y con la topografía que se presenta y cumpliendo también con la normativa vigente se llega a lo más óptimo

Al elaborar el proyecto se logra la planeación y cálculo geométrico de la red de drenaje para la comunidad de Zurumbeneo, atendiendo a las condiciones de la topografía.

Se obtuvieron los planos, que son indispensables para la construcción de la red, siendo este el objetivo principal de este trabajo. Así mismo, las propuestas hechas en los planos se revisaron de acuerdo a la normatividad vigente y se cumplió con los requisitos en las distintas variables hidráulicas.

Si se construye este proyecto conforme a las normas y respetando cada detalle mencionado en el proyecto al finalizar el periodo de diseño del mismo, se estará beneficiando a 5430 personas de la población de Zurumbeneo y algo muy indispensable es que se estaría logrando evitar focos de infección en la población, toda vez que se estaría desalojando un caudal de 32.24 l/seg, mismo que posteriormente se llevaría a un sistema de tratamiento con lo que las condiciones sanitarias de la zona se mejorarían, al mismo tiempo que se reduce la contaminación en el cuerpo receptor de la descarga.

7.2. RECOMENDACIONES

Se debe contemplar que el proyecto desarrollado, solamente contempla la ingeniería básica, que es la base para un proyecto ejecutivo. Ya que para gestionar recursos económicos para la población se necesita que el presente este a nivel ejecutivo.

En primera instancia debo recomendar que para que este proyecto desarrollado se pase a nivel ejecutivo, se deberá revisar la topografía y actualizarla para hacer los ajustes correspondientes.

Para que una red de alcantarillado sea de mayor utilidad se debe hacer con materiales de buena calidad y siguiendo el proyecto a pie de la letra, todo esto es para que se tenga el periodo de diseño contemplado y un buen funcionamiento, ya que al final de cuentas son desechos que de una u otra manera si están expuestas pueden hasta causar enfermedades mortíferas. Por todo esto se recomienda llevar a cabo el proyecto con todo lo especificado en él.

Sabemos que la construcción de una planta tratadora de aguas residuales es algo costosa, pero se recomienda hacer la gestión necesaria para conseguir los recursos completos, ya que hemos contaminado demasiados cuerpos de agua que en algún futuro son de consumo, al igual que los suelos.

8. REFERENCIAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



8. REFERENCIAS

- CONAGUA. (2019). Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento; Libro 4. Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado.
- CONAGUA. (2019). Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento; Libro 20. Alcantarillado Sanitario.
- CONAPO. - Índice de Marginación 1995-2010 http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos_Abiertos_del_Indice_de_Marginacion
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Cruzada Nacional contra el Hambre. Recuento 2013-2018. Ciudad de México: CONEVAL, 2018
- García Acevedo, R., & Ruíz Chávez, R. (2016). Apuntes de Alcantarillado Sanitario y Pluvial. Morelia, Michoacán.
- Gobierno F. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. 2009, de los Estados Unidos Mexicanos Sitio web: <https://docplayer.es/60504-Prontuario-de-informacion-geografica-municipal-de-los-estados-unidos-mexicanos-morelia-michoacan-de-ocampo-clave-geoestadistica-16053.html>
- GOOGLE MAPAS, Zurumbeneo, municipio de charo, <https://www.google.com.mx/maps/place/Zurumbeneo,+Mich./@19.7000597,-101.013874,16z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x842d15d914a1c5a9:0xdf677977276bad22!8m2!3d19.7003102!4d-101.0107042>
- H. Ayuntamiento constitucional de charo, Michoacán. (lunes 14 de enero de 2019). Tercera sección periódico oficial del gobierno constitucional del estado de Michoacán de Ocampo, 15-70

- INEGI. (2020). Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas. México Recuperado de https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/
- INEGI. (agosto de 2016). Guía para la Interpretación de Cartografía Edafología. Obtenido de www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/EdafIII.pdf
- INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1., . (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Charo, Michoacán de Ocampo*. México: INEGI
- Instituto Nacional de Antropología e Historia. (). FOTOTECA NACIONAL. Hamburgo 135, Colonia Juárez. CP 06600, Ciudad de México. Coordinación Nacional de Desarrollo Institucional Recuperado de https://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/
- Moisés Guzmán Pérez. (16 Marzo 2016). Cádiz, la insurgencia y la crisis del señorío jurisdiccional en Nueva España. El caso de la Villa de Charo, 1808-1825 Relaciones. Estudios de historia y sociedad. Morelia, Michoacán. El Colegio de Michoacán Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/137/13753194004/html/>
- Norma técnica NT-011-CNA-2001, métodos de proyección de población, CONAGUA, instituto Mexicano de tecnología del agua.
- Ruíz Chávez, R., & García Acevedo, R. (agosto 2016). Apuntes de la Materia de Abastecimiento de Agua Potable. Morelia Michoacán: Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

9. ANEXOS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL





COMISION NACIONAL
DEL AGUA

NORMA TÉCNICA

NT-011-CNA-2001

MÉTODOS DE PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

JUNIO, 2001

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA

GERENCIA DE INGENIERÍA BÁSICA
Y NORMAS TÉCNICAS



3. CAMPO DE APLICACIÓN

La proyección de población se aplica en proyectos hidráulicos referentes a: planes hidráulicos, análisis de fuentes de abastecimiento y de riesgos de agotamiento o sobreexplotación de acuíferos, necesidades de expansión o refuerzo de infraestructura, dimensionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales, posibilidades de financiamiento, impacto de contaminantes en aguas servidas, necesidad de intensificar programas de uso eficiente o reúso de agua, convenios e intercambio de usos del agua entre diferentes sectores, etc.

Aun tratándose exclusivamente de temas de agua potable y alcantarillado, los datos de número de habitantes son esenciales para: estudios de prefactibilidad, diseños ejecutivos, operación rutinaria de la red, decisiones de ampliación o rehabilitación de infraestructura, estudios tarifarios, ampliaciones o conservación de fuentes de abastecimiento, políticas y estrategias de uso eficiente del agua y otros recursos.

4. DEFINICIONES

- 4.1. **Censo:** Padrón o inventario de todos los elementos del universo en estudio. Particularizándolo a personas, los censos o conteos oficiales, en México, son los que efectúa y publica el INEGI cada 10 o 5 años.
- 4.2. **Clase socioeconómica:** Subdivisión y clasificación de una población según la posición social o prestigio, determinado con criterios como el nivel de educación, la ocupación, los ingresos familiares o el tipo de vivienda que habita. Usualmente se manejan: clase alta o rica, media, y baja. La clase baja, en algunos casos se subdivide en pobre y marginal.
- 4.3. **Clase alta:** Grupo social con buenos niveles de educación, ocupación e ingresos, con viviendas confortables y amplias, que supera los estándares de la vida contemporánea¹.
- 4.4. **Clase baja:** Grupo de personas que frecuentemente enfrenta dificultades para tener alimentación, vivienda, salud, y un nivel de vida aceptable en la comunidad. Donde el nivel de ingreso familiar es entre uno y dos salarios mínimos (otro criterio es si tienen ingresos inferiores al 50% del "producto interno bruto" PIB per capita) ¹.
- 4.5. **Clase marginal:** Grupo de personas con escasa educación, sin ocupación permanente, con riesgos o niveles de desnutrición, sin vivienda o con alguna en muy malas condiciones, con altos niveles de hacinamiento, con deficientes servicios públicos. A nivel urbano habita en "cinturones de miseria", o en la vía pública. El nivel de ingreso familiar es inferior a un salario mínimo ¹.
- 4.6. **Clase media:** Personas que habitualmente satisfacen sus necesidades de salud, vivienda y educación, y habitan en zonas con servicios urbanos apropiados. Si ingreso familiar oscila entre 2 y 15 veces el salario mínimo ¹.
- 4.7. **Corto plazo:** Horizonte de planeación para un futuro cercano. Generalmente no supera 5 años.

- 4.8. **Crecimiento natural:** Tendencia resultante al considerar la dinámica de natalidad y la de mortalidad de una localidad, sin incluir los movimientos migratorios.
- 4.9. **Delimitación geográfica:** Espacio geográfico bordeado por rasgos naturales, culturales, legales (políticos), o convencionales; sean permanentes y reconocibles en el terreno, o únicamente indicados en mapas con coordenadas geodésicas, que circunscribe al área física correspondiente a la proyección de población.
- 4.10. **Horizonte de planeación:** Fecha en el futuro, hasta la cual se quiere estimar la población. También equivale al lapso de tiempo que abarcan los datos conocidos de partida, y los datos proyectados.
- 4.11. **Largo plazo:** Horizonte de planeación (ver libro V 1ª sección "Datos Básicos" del Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento). Convencionalmente puede considerarse entre 10 a 25 años.
- 4.12. **Mediano plazo:** Horizonte de planeación que puede tomarse entre 5 a 10 años.
- 4.13. **Migración:** Movimientos de cambios de residencia de las personas, incluye la entrada o salida de éstas de los límites geográficos en considerados. Es inmigración cuando llegan, y emigración cuando parten. Normalmente se expresa en porcentaje respecto a la población residente (promedio) durante el mismo periodo analizado.
- 4.14. **Población flotante:** Personas que no radican de manera continua o permanente en la localidad (estudiantes, turistas, trabajadores eventuales).
- 4.15. **Proceso interdisciplinario:** Conjunción de diferentes disciplinas, argumentos e información, para confrontar y evaluar propósitos diversos, tales como: políticas demográficas, potencial y limitantes de recursos naturales y planes hidráulicos, estrategias de fomento a cierto tipo de industria o actividad, factibilidad técnica y financiera de proyectos, aspectos de tenencia de la tierra, viabilidad de crear empleos, etc.
- 4.16. **Proyección:** Evaluación, cuantitativa y cualitativa, de algún escenario posible en el futuro, partiendo de una situación presente, con datos conocidos, y el planteamiento de alguna hipótesis de evolución. Algunos sinónimos son: prospección, predicción, pronóstico, o regulación.
- 4.17. **Tasa de crecimiento:** Valor índice de la magnitud y velocidad de cambio de una población. Representa el aumento o disminución del número de habitantes durante un cierto periodo. Usualmente se expresa en porcentaje anual.

5. FUNDAMENTOS

Normalmente los datos de población se utilizan para obtener demandas, consumos, o aportaciones de agua. Sin embargo frecuentemente es importante conocer directamente el número de habitantes, por clases socioeconómicas, edades, sexos, o actividades laborales. Por ejemplo, los habitantes de colonias residenciales consumen más agua, que los de las colonias populares; o las actividades industriales requieren más agua que las comerciales.

En algunas ciudades puede ser difícil precisar una sola cifra como la representativa del total de habitantes, ya que más bien depende del enfoque y tipo de proyecto en consideración. Tal es el caso de las ciudades con gran cantidad de población flotante, o las localidades eminentemente: turísticas, estudiantiles, agrícolas, industriales (empacadoras) o piscícolas, que están sujetas a variaciones según la temporada.

Con esta norma se pretende tener un criterio lógico, según el tipo, nivel de detalle y trascendencia del proyecto. Generalmente la proyección de población requiere de procesos interdisciplinarios². Hay tres aspectos fundamentales, que deben definirse y acordarse antes de efectuar cualquier proyección: el año y época inicial, el horizonte de planeación, y la delimitación geográfica.

6. PROCEDIMIENTOS

6.1. VISIÓN GENERAL

La metodología a emplear depende de la aplicación e impacto de los resultados. Su elección depende de diversos factores, y del criterio del proyectista, entre los que están:

- 6.1.1. Importancia de la obra o proyecto
- 6.1.2. Modularidad de las acciones u obras
- 6.1.3. Horizonte de planeación
- 6.1.4. Información disponible
- 6.1.5. Estructura social y cultural
- 6.1.6. Estructura de edades y sexos, y migración
- 6.1.7. Nivel de saturación inicial
- 6.1.8. Limitantes al crecimiento
- 6.1.9. Impacto ambiental

A continuación se describen y ejemplifican cada uno de estos factores:

6.1.1. Importancia de la obra o proyecto

La trascendencia e impacto de las proyecciones, regirán el grado requerido en su desglose y precisión (no siempre ligadas al tamaño o importancia de la localidad). Se requiere un método estricto y completo cuando los resultados servirán para formalizar cuantiosos programas de inversión. Por el contrario, puede usarse un método sencillo si los resultados se quieren únicamente para juzgar la necesidad o conveniencia de alguna acción u obra de poca envergadura (prefactibilidad).

6.1.2. Modularidad de las acciones u obras

Este aspecto se refiere a si la aplicación de los resultados, llevarán a cierta determinación o decisión definitiva (ley, acción u obra); o si, mas bien, habrá un proceso gradual de decisiones y acciones, que permitirán ir haciendo ajustes. Aunque parecería razonable siempre proceder gradualmente, ello puede no ser lo mejor para fines prácticos, financieros y estratégicos.

Ejemplos de acciones definitivas son: dimensionar un tanque elevado de regulación, adquirir terreno para una planta de tratamiento, negociar los derechos para una batería de pozos, o la emisión de un decreto sobre las asignaciones de un embalse.

Ejemplos de acciones graduales son: instalar algunos ramales de una red de agua, equipar parcialmente una estación de bombeo, o ir construyendo estructuras de una planta de tratamiento de aguas negras, conforme el crecimiento de la localidad lo requiera.

6.1.3. Horizonte de planeación

El horizonte rige el detalle y método a emplear. Habrá un proceso y cuidado diferente para una proyección a 5 años, que para otra a 50 años. No puede decirse que las proyecciones a largo o mediano plazo sean más importantes o costosas, que otra a corto plazo. Cualquier estudio tiene su razón e importancia. Los métodos a emplear son distintos dependiendo del horizonte elegido. Una proyección a corto plazo requiere estudios más detallados y específicos, mientras que una a largo plazo, aunque de menos detalle, suele ser mas compleja y demanda mayor "amplitud de criterio" e interdisciplinariedad (los cambios tecnológicos, legales y en hábitos sociales son mas difíciles de vislumbrar para un futuro remoto).

Muchas proyecciones requieren que los resultados se presenten con desgloses en años intermedios, o para diferentes temporadas del año (lugares con fuerte migración o población flotante), especialmente aquellos que regirán proyectos modulares.

6.1.4. Información disponible

El desarrollo de un estudio de "proyección" puede limitarse a transcribir (más que proyección sería recopilación) y reportar lo que haya publicado alguna institución reconocida como CONAPO, Colegio de México, u otra institución especializada en demografía y sociología. Desde luego habrá que revisar que la delimitación geográfica, año inicial, horizonte de planeación, y que las hipótesis de desarrollo coincidan con las indicadas en los requerimientos del estudio.

Cuando algún aspecto difiera, o no haya publicaciones para el estudio, tendrá que hacerse una proyección, con algun método apropiado, según el tipo de información alterna disponible, como por ejemplo: censos o conteos de población de INEGI, padrón de usuarios del organismo de agua potable; así como padrones, muestreos o estudios de crecimiento observado por diferentes fuentes indirectas, tales como³: oficina del registro civil en la localidad, Comisión Federal de Electricidad (CFE), Secretaría de Educación Pública (SEP), Instituto Federal Electoral (IFE), Instituto Mexicano del Seguro Social, Secretaría de Salud, Gobierno Estatal, etc. En caso de recurrir a diferentes fuentes, y antes de elegir las que se adoptarán, conviene analizar la congruencia y el complemento recíproco entre ellas.

6.1.5. Estructura social y cultural

Los valores de cambio demográfico serán función de la composición socioeconómica local. No crece igual una ciudad mayoritariamente obrera, o con bajo índice educacional, que otra con mayor diversidad cultural. Normalmente las poblaciones con altos índice de marginalidad tienen: menores esperanzas de vida, mayores tasas de natalidad, y movimientos migratorios característicos. Aun cuando histórica y culturalmente hayan existido altas tasas de crecimiento, los mayores niveles educativos y/o el deterioro económico pueden rápidamente producir otro comportamiento.

6.1.6. Estructura de edades, sexos y migración

El potencial de aumento o decremento poblacional va relacionado a la pirámide de edades en la ciudad. Cuando hay un marcado predominio de niños y jóvenes sobre la cantidad de adultos, es improbable esperar descensos substanciales en las tasas de crecimiento en el mediano plazo. El sexo e intervalo de edades típicos en los movimientos migratorios puede influir en las tasas de natalidad y mortalidad posteriores. Deben investigarse y evaluarse la fortaleza e impacto de programas, políticas y leyes relacionadas a la migración y al control natal; asimismo las acciones de atención a la salud y su impacto en la esperanza de vida de adultos. Puede ser distinto el método y los valores a usar para ciudades de auge industrial, turísticas, fronterizas, administrativas, etc.

6.1.7. Nivel de saturación inicial

El crecimiento de una ciudad con disponibilidad de espacios libres y sin mayores problemas topográficos o de recursos naturales, difiere de otra saturada, donde es difícil adquirir vivienda o terrenos, y con conflictos o limitantes en el agua u otros satisfactores (la alta densidad es independiente del tamaño de la ciudad). Aun entre sitios con las mismas formas culturales, habrá mayor emigración desde la que esté más saturada.

Esto puede ser un importante factor distintivo sobre el método de proyección a emplear (valores de tasa de crecimiento y su evolución gradual).

6.1.8. Limitantes al crecimiento

El agua juega un papel central en los fenómenos demográficos. Donde hay escasez o fuerte competencia por el agua, debería haber poco crecimiento, aun si históricamente tuvo auge. En cualquier estudio de proyecciones será requisito indispensable el revisar o argumentar, al menos cualitativamente, las cifras "oficiales" (CONAPO, planes estatales, etc.), bajo la perspectiva de limitantes en empleos, agua, suelo (tenencia, topografía, reservas), aire (contaminación), o

cualquier circunstancia fundamental en la región. Cuando no existan proyecciones oficiales para el sitio u horizonte en consideración, y se prevea algún factor limitante (principalmente el agua al hablar de planes o proyectos hidráulicos), deberá analizarse a profundidad la sustentabilidad de cualquier hipótesis de crecimiento bajo la perspectiva de escasez y conflictos impuestos por ese factor.

6.1.9. Impacto ambiental

Para los estudios u obras en los que se requiere evaluar la proyección de la población es conveniente que en forma paralela se efectúe un análisis del Impacto ambiental que dicho estudio u obra tendrá sobre la zona, considerando las consecuencia sobre el medio ambiente.

6.2. CRITERIOS

La mayoría de los procedimientos de proyección se basan en la siguiente fórmula⁴, que permite conocer la población que habrá en un lugar, después de pasado determinado número⁵ de periodos de tiempo (meses, estaciones, semestres, años). Esta fórmula requiere conocer la población inicial, y sólo cubre el caso de tasa constante durante todo el periodo:

$$P_{i+n} = P_i (1 + Tc)^n \quad \text{----- (1)}$$

Donde:

- P_i** Población que existe al iniciar el periodo de tiempo "i". Se recomienda expresar la cantidad de habitantes en miles, para ciudades medianas, y en millones para grandes metrópolis. En ambos casos con sólo un decimal.
- P_{i+n}** Población que habrá "n" periodos después de tiempo "i". Es decir para el mes, año o ciclo o temporada i + n. El resultado estará en miles o millones, según como se haya anotado P_i.
- Tc** Tasa de crecimiento promedio entre cada par de periodos consecutivos⁶, expresada en valor real (no en porcentaje, por ejemplo 3.7 % se expresa como 0.037). Frecuentemente los periodos y tasas son anuales, sin embargo la fórmula es aplicable a cualquier otro periodo de tiempo (la formula 3 indica como calcular Tc en %).
- n** Número de periodos que hay entre P_i y P_{i+n}. Es decir, el tiempo transcurrido entre la condición inicial y final, medido en ciclos homogéneos (meses, años, semestres, etc.). Ver nota⁵.

Cuando durante el periodo se esperan diferentes tasas de crecimiento, se puede aplicar la misma fórmula anterior, pero de manera gradual, para periodos menores. Por ejemplo aplicándola periodo a periodo sería (no aparece el exponente, en este caso vale 1):

$$\begin{aligned} P_2 &= P_1 (1 + Tc_1) \\ P_3 &= P_2 (1 + Tc_2) \\ &\dots \dots \\ P_n &= P_{n-1} (1 + Tc_{n-1}) \end{aligned} \quad \text{----- (2)}$$

Nota: Los significados de las variables son los mismos que para la fórmula 1, variando el periodo "n" desde 1 hasta "n".

El ritmo (tasa) de crecimiento actual se determina aplicando la fórmula 3; debiéndose emplear en ella los datos de población más recientes de que se disponga. Preferentemente se deben analizar los cambios ocurridos los dos o tres últimos años. No deben emplearse tendencias deducidas de censos de más de 15 años de antigüedad, ya que la tendencia actual, y las necesidades de planeación, pueden diferir radicalmente de lo ocurrido antes.

$$Tc\% = ((P_{i+n} / P_i)^{1/n} - 1) 100 \quad \text{----- (3)}$$

El significado de las variables es igual que en la fórmula 1.

Debe tenerse claro que la tasa observada en el último quinquenio o década, no necesariamente es la misma que la tasa actual. Es decir, el índice de crecimiento decenal promedio, no es igual al índice del último año del periodo. Evidentemente tampoco este último representará lo que sucederá el siguiente año, y menos en la siguiente década.

En el caso de requerirse predecir la población para cada nivel socioeconómico (marginal, popular, media y alta), puede aplicarse, de manera independiente para cada clase socioeconómica, la fórmula 1 (con los datos para el futuro), estimando antes sus respectivas tasas de crecimiento, del pasado reciente, con la fórmula 3. Las tasas de crecimiento serán distintas para cada estrato, y deberán involucrar los crecimientos netos (natalidad, mortalidad, migración). Algo similar puede aplicarse para la población flotante de la localidad. El total de personas en un determinado ciclo de tiempo, se calcula sumando las diferentes poblaciones estimadas para ese mismo instante, como se indica en la fórmula 4.

$$Pt = Pg + Pp + Pm + Pa + Pf \quad \text{----- (4)}$$

Donde:

Pt	Población total en la localidad
Pg	Población marginal (muy pobre)
Pp	Población clase popular (pobre)
Pm	Población clase media (media alta y media baja)
Pa	Población clase alta
Pf	Población flotante