



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

---

---

CUERPO ACADÉMICO DE GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA

DISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE DE JESÚS DEL MONTE,  
MUNICIPIO DE MORELIA, MICHOACÁN

TESIS PROFESIONAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

PRESENTA  
JAVIER MORENO CRUZ

ASESOR  
DR. BENJAMÍN LARA LEDESMA  
Doctor en ingeniería hidráulica y medio ambiente



Morelia, Michoacán, mayo de 2018

## DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mi madre **Francisca Cruz Hernández** que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mi tío **Domingo Cruz Hernández** y mi tía **María del Carmen López Díaz, Manuela Moreno Gómez**, por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

A mi padre **Jerónimo Moreno Gómez**, que siempre lo he sentido presente en mi vida. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

A mis **hermanos Moreno Cruz** que siempre han estado junto a mí y brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre.

A la **Dra. Érika Marisol Moreno López**, por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con ella.

A **mi familia en general**, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Y a dos amigos, **Ing. Sebastián** y **Juanito**, que gracias a su apoyo, y conocimientos, hicieron de esta experiencia una de las más especiales.

Al **Dr. Benjamín Lara Ledesma**, director de mi tesis, por su valiosa guía y asesoramiento en la realización de la misma.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

## RESUMEN

Jesús del Monte es una comunidad en la que su población ha aumentado, su crecimiento demanda de servicios y entre ellos el de agua potable, es necesario realizar un proyecto de remodelación y ampliación para ayudar a la comunidad a conducirse hacia un futuro urbano próspero en términos económicos y ambientales. La problemática de distribución de agua de Jesús del Monte que se divide en tres sectores, proporcionan agua por cierto tiempo para cada sector, no es suficiente para los usuarios. La red de distribución de Jesús del Monte es proponer un tanque elevado para poder abastecer de agua, para poder cumplir el criterio que rige la Comisión Nacional de Agua, como presiones y velocidades, así como tener un buen funcionamiento de la red de agua potable, y dar mantenimiento a las tuberías, ya que en varios tramos se tienen fugas debido a que ha culminado su vida útil. La realidad que se nos presenta hoy, nos obliga a reflexionar sobre la problemática del agua. El agua es un asunto de seguridad nacional. Gobiernos y sociedad deben realizar esfuerzos decididos para mejorar la calidad del agua, garantizar su acceso a todos los mexicanos y preservarla para beneficio de todos. El problema del agua potable no tiene solución permanente, por lo que en este aspecto siempre se debe estar buscando nuevas fuentes de aprovisionamiento, realizando estudios hidrológicos o geohidrológicos para tener a la mano la forma de ampliar el sistema. El aumento de la población y el ascenso de su nivel cultural y social hacen insuficiente en poco tiempo las obras proyectadas, pues las fuentes actuales van haciéndose incapaces y es necesario utilizar las que están situadas a mayor distancias u otras cuyas aguas requieren una potabilización más rigurosa para hacerlas adecuadas para el consumo humano.

**PALABRAS CLAVE:** Agua, Tubería, Jesús del Monte, Diseño, Análisis.

## **ABSTRACT**

Jesus del Monte is a community in which his population has increased, his growth demands of services and between them that of drinkable water, it is necessary to realize a project of remodeling and extension to help to the community him to drive towards an urban prosperous future in economic and environmental terms. The problematics of Jesus del Monte is water distribution that is divided in three sectors, they provide water certainly time for every sector, it is not sufficient for the users. Jesus del Monte is distribution network is to propose a tank raised to be able to supply of water, to be able to fulfill the criterion that governs the National Commission of Water, as pressures and speeds, as well as have a good functioning of the network of drinkable water, and give maintenance to the pipelines, since in several sections escapes are had due to the fact that it has reached his useful life. The reality that us one presents today, forces us to think about the problematics of the water. The water is a matter of national safety. Governments and company must realize efforts decided to improve the quality of the water, to guarantee his access to all the mexicans and to preserve it for benefit from all. The problem of the drinkable water does not have permanent solution, for what in this aspect always one must be looking for new sources of supply, realizing hydrological studies or geohydrologics to have to the hand the way of extending the system. The increase of the population and the ascent of his cultural standard and social they make the projected works insufficient in a little time, since the current sources go becoming incapable and it is necessary to use those who are placed to major distances or others which waters need a more rigorous drinkable to make them adapted for the human consumption.

## ÍNDICE

|    |                                |    |
|----|--------------------------------|----|
| 1. | Introducción                   | 6  |
| 2. | Objetivo y justificación       | 8  |
| 3. | Antecedentes                   | 9  |
| 4. | Caso de estudio                | 17 |
| 5. | Caracterización de la región   | 19 |
| 6. | Estudios de oficina            | 34 |
| 7. | Elaboración del proyecto       | 45 |
| 8. | Conclusiones y recomendaciones | 53 |
|    | Bibliografía                   | 54 |

# 1. INTRODUCCIÓN

Si se toma en cuenta el dicho de que “El agua es vida”, fácilmente se puede explicar por qué los asentamientos humanos se localizaban donde este elemento estaba disponible. Con el paso del tiempo y debido al crecimiento poblacional ha sido necesario realizar obras cada día de mayor tamaño con la finalidad de abastecer de este preciado líquido a las poblaciones que día a día lo solicitan en mayor cantidad y de mejor calidad, para sus necesidades.

Pero, el abastecer de agua a los conglomerados humanos, tiene como consecuencia el retiro de la mayor parte de ella, una vez que ha sido utilizada y por ende contaminada.

Para ello es necesario que el ingeniero civil, tome en consideración una serie de elementos, que le permitan mediante estudios y trabajos especializados satisfacer de manera efectiva y sustentable la necesidad que se tiene del servicio del agua potable, proporcionándolo en forma ininterrumpida, en cantidad y con la calidad apropiada.

Punto importante a considerar es la lejanía de las fuentes de abastecimiento, motivado principalmente por la localización del agua en nuestro planeta, que generalmente ya se encuentra apartada de los centros urbanos.

De la misma manera, el desalojo del agua que ya fue utilizada, es necesario para evitar enfermedades de tipo hídrico a la población, cuidando siempre de no contaminar a las fuentes que otras comunidades utilicen para su abastecimiento.

## Información estadística

Para tener una idea más precisa de los datos que en este apartado se presentarán, es necesario entender el término disponibilidad. Este término se emplea para conocer, lo fácil o difícil, cercanía o lejanía, cantidad y calidad de agua que pueda utilizarse para abastecer a una población, pero en el caso de los sistemas de agua potable, se considera la cantidad que de este elemento le corresponde a cada persona del volumen disponible, cantidad que año con año se ve disminuida por el crecimiento poblacional y la contaminación, en México la disponibilidad es del orden de 4 574 metros cúbicos por habitante al año, ocupando un lugar medio a nivel mundial.

Dado que la escasez del agua se piensa como el problema ambiental más alarmante del siglo XXI, se debe considerar que la crisis no se debe a la falta de ella ya que la cantidad es la misma desde que se formó la tierra tomando en cuenta el ciclo hidrológico, si no a la contaminación que actualmente presenta y al aumento poblacional, lo anterior basado en el principio del científico francés Antoine-Laurent (1743-1794), que dice “la materia no se crea ni se destruye, se transforma”.

El agua en nuestro planeta se estima en unos 1 358 millones de kilómetros cúbicos, cifra que tiene el propósito de dar una idea de la magnitud del recurso y se encuentra dividida de la siguiente manera, Tabla 1.

Tabla 1. Distribución del agua en la Tierra

| <b>Fuente</b>            | <b>Volumen(km<sup>3</sup>)</b> | <b>Porcentaje</b> |
|--------------------------|--------------------------------|-------------------|
| Océanos                  | 1 320 500 000                  | 97.220            |
| Capas de hielo           | 29 000 000                     | 2.130             |
| Agua subterránea         | 8 300 000                      | 0.611             |
| Glaciares                | 210 000                        | 0.015             |
| Lagos de agua dulce      | 125 000                        | 0.009             |
| Mares internos (salados) | 104 000                        | 0.008             |
| Humedad de la Tierra     | 67 000                         | 0.005             |
| Atmósfera                | 13 000                         | 0.001             |
| Ríos                     | 1 250                          | 0.001             |
| Total                    | 1 358 320 250                  | 100.000           |

Hasta hace algunos años, en México el tema sobre el servicio de agua y alcantarillado (hidráulica urbana), era considerado totalmente técnico, pero en la última década, se ha transformado en un problema prioritario de carácter social, al tratar de combatir la crisis (mundial) del agua, para tener un uso sustentable.

En la parte sur de nuestro país, se concentra el 69% de la disponibilidad del agua y solamente el 23% de la población, mientras que en las zonas norte y centro se encuentra el 77% de los habitantes con sólo el 31% de la disponibilidad de agua.

Por lo tanto, la disponibilidad y uso de sistemas de abastecimiento de agua potable adecuados, así como medios higiénicos de colocación apropiada de residuos, son partes integrales de la atención de la salud. Debido a que en muchos lugares los sistemas de agua y saneamiento están a cargo de autoridades no ligadas al sector salud, el diseño del proyecto y la construcción de los sistemas hidráulicos urbanos requerirán una atención especial en este rubro sanitario.

Por lo anterior se puede deducir que los sistemas de abastecimiento de aguas y disposición de aguas residuales son factores necesarios para prevenir y reducir las enfermedades de tipo hídrico y además deben ser adecuados cuantitativamente y cualitativamente, confiables y accesibles si se desea que sean eficaces sanitariamente y es requisito indispensable que realmente se utilicen.

Un sistema de abastecimiento de agua, tiene también una función económica importante, ya que al carecer de él, se invierte una gran cantidad de tiempo en ir a la fuente de abastecimiento para llevar el agua a sus hogares, especialmente las mujeres y los niños son los que lo invierten y cuando el sistema existe, ese tiempo se puede emplear en otras labores productivas.

## **2. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN**

Uno de los objetivos principales de la Administración Estatal, es asegurar la salud de la población, por ello es de sumo interés, mantener la cobertura del 98% por en el servicio de agua potable, para que la entidad continúe recibiendo el servicio con la cantidad y calidad requerida y lograr con ello que Michoacán se mantenga a nivel nacional en los primeros lugares en este rubro. En este contexto, es imperante realizar la integración de un Programa Hidráulico que permita definir las acciones y en su caso determinar el tipo de obra necesaria para cubrir los requerimientos de agua de los usuarios, preservar las fuentes de abastecimiento y contribuir a propiciar el desarrollo económico y social del Estado.

Con el objeto de reducir los riesgos a la salud de la población por las aguas contaminadas, se han destinado recursos para la construcción, rehabilitación y ampliación de las redes de agua potable, en la zona rural y urbana de la entidad, lo que ha permitido que nuestra entidad se situé en los primeros lugares a nivel nacional, en este servicio al lograr una cobertura del 98% en este rubro.

Jesús del Monte es una comunidad en la que su población ha aumentado, su crecimiento demanda de servicios y entre ellos el de agua potable, es necesario realizar un proyecto de remodelación y ampliación para ayudar a la comunidad a conducirse hacia un futuro urbano próspero en términos económicos y ambientales.

Un sistema de abastecimiento de agua potable consiste en un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales hasta las viviendas de los habitantes que serán favorecidos con dicho sistema.

Un correcto diseño del sistema de abastecimiento de agua potable conlleva al mejoramiento de la calidad de vida, salud y desarrollo de la población. Por esta razón un sistema de abastecimiento de agua potable debe cumplir con normas y regulaciones vigentes para garantizar su correcto funcionamiento.

La problemática de distribución de agua de Jesús del Monte que se divide en tres sectores, proporcionan agua por cierto tiempo para cada sector, no es suficiente para los usuarios.

La red de distribución de Jesús del Monte es proponer un tanque elevado para poder abastecer de agua, para poder cumplir el criterio que rige la Comisión Nacional del agua (CONAGUA), como presiones y velocidades, así como tener un buen funcionamiento de la red de agua potable, y dar mantenimiento a las tuberías, ya que en varios tramos tienen fugas debido a que ha culminado su vida útil.

### 3. ANTECEDENTES

Desde los tiempos más remotos el agua ha constituido un factor fundamental en el desarrollo y la estructuración política, social y económica de los pueblos, considerando que el agua es uno de los elementos fundamentales para la vida, gracias a ella el hombre puede desarrollarse y transformarse.

El hombre utiliza grandes cantidades de agua para sus actividades cotidianas (beber, cocinar, lavar, WC, aseo personal, etc.) pero mucho más para producir alimentos, papel, ropa y demás productos que consume. La huella hídrica de un país se define como el volumen total de agua que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por sus habitantes.

El concepto de huella hídrica fue introducido con el fin de proporcionar información sobre el uso de agua por los diferentes sectores.

Los principales factores que determinan la huella hídrica de un país son:

- a) El consumo de agua promedio per cápita, relacionado con el ingreso nacional bruto;
- b) Los hábitos de consumo de sus habitantes;
- c) El clima, en particular la demanda evaporativa; y,
- d) Las prácticas agrícolas.

La huella hídrica mundial por categoría de consumo en el año 2001 fue de: uso doméstico 4.6%, industrial 9.6% y agricultura 85.8%. La dueña de nuestras vidas es el agua, porque constituye un importante porcentaje en la composición de los tejidos de nuestro cuerpo y de todos los seres vivos. El cuerpo humano de una persona adulta está compuesto en un 60% por agua. El cuerpo de un niño contiene aproximadamente 75% de agua.

El cuerpo humano puede vivir varias semanas sin alimentos, pero puede sobrevivir sólo unos pocos días sin agua. Unos 220 millones de personas que viven en ciudades de países en desarrollo carecen de una fuente de agua potable cerca de sus hogares. El 90% de las aguas de las ciudades de los países en desarrollo se descarga sin tratar en ríos, lagos y cursos de aguas costeras. El hombre requiere de 50 y 250 litros de agua diariamente para satisfacer sus necesidades de tipo doméstico.

La agricultura consume entre el 60% y el 80% de los recursos de agua dulce en la mayoría de los países, y hasta el 90% en otros. Para la generación de un kilowatt-hora se emplean 4 000 litros promedio. En la industria, para producir un litro de petróleo se necesitan consumir 10 litros de agua; para un kilogramo de papel 100 litros; para una tonelada de cemento 4 500 litros; y para una tonelada de acero se requieren 20 mil litros.

La realidad que se nos presenta hoy, nos obliga a reflexionar sobre la problemática del agua. El agua es un asunto de seguridad nacional. Gobiernos y sociedad deben realizar esfuerzos decididos para mejorar la calidad del agua, garantizar su acceso a todos los mexicanos y preservarla para beneficio de todos.

## **Acceso al agua potable**

El acceso al agua potable se mide por el número de personas que pueden obtener agua potable con razonable facilidad, expresado como porcentaje de la población total. Es un indicador de la salud de la población del país y de la capacidad del país de conseguir agua, purificarla y distribuirla.

El agua es esencial para la vida. Sin embargo, más de mil millones de personas carecen de acceso al agua potable. Casi dos mil millones de personas carecen de acceso a servicios de saneamiento.

La mayoría de esas personas vive en países de ingreso bajo y medio, ¿qué es el agua potable y por qué es importante? El agua potable es el agua de superficie tratada y el agua no tratada pero sin contaminación que proviene de manantiales naturales, pozos y otras fuentes. Sin agua potable, la gente no puede llevar una vida sana y productiva. Abundar en el tema de la calidad del agua se torna todavía más complejo, si entendemos que diariamente alrededor de cinco mil personas mueren en el planeta a causa de una enfermedad de origen hídrico y que de éstas, el 90% son niños.

El agua potable escasea porque generalmente se le valora muy poco y se utiliza en forma ineficiente. A medida que la economía de un país se hace más fuerte, y a medida que aumenta su producto nacional bruto per cápita, generalmente un mayor porcentaje de la población tiene acceso a agua potable y servicios de saneamiento.

En promedio, una persona necesita unos 20 litros de agua potable todos los días para satisfacer sus necesidades metabólicas, higiénicas y domésticas.

Históricamente, el desarrollo de los pueblos ha estado estrechamente vinculado con el agua. Los primeros asentamientos humanos de importancia se ubicaron donde el agua estaba disponible. De esta manera tuvieron fácil acceso a ella para usos agrícolas, urbanos y pre-industriales.

Cuando el crecimiento urbano asociado con el incremento de las actividades industriales y del sector terciario llega a superar la disponibilidad del agua local o cercana, se alteran los usos del agua. Así, la empleada en riego, se cambia a la industria o a las ciudades, o bien, resulta obligado el importarla de otras cuencas, a distancias considerables y con altos costos económicos y a veces sociales.

El concepto “cultura del agua” se relaciona con la cantidad de información y los conocimientos que uno tiene sobre el recurso, porque sólo así uno toma conciencia sobre la realidad del agua en el mundo y sobre el verdadero problema que enfrentamos como humanidad.

Cuando estamos conscientes de que en el mundo sólo el 1% es agua dulce disponible para nuestro uso y que con ella debemos vivir más de seis mil millones de personas, entonces la atención se vuelve mayor.

¿Se acabará el agua? La respuesta es no, sin embargo cada día hay que traerla de más lejos y es menos suficiente para todos. La población crece, pero la cantidad de agua es la misma desde siempre.

El ciclo hidrológico hace lo suyo, pero nosotros debemos aprender a respetar la vida de las generaciones futuras. Si bien es cierto que con recursos se podría construir mucha infraestructura, ésta no serviría de nada.

¿Cuánto pagaríamos por el agua si no lauviésemos? El agua que desperdiciamos, se la estamos quitando a alguien más.

¿Es necesario tener a la persona enfrente y negarle un vaso de agua para saber lo que hacemos? Aprendamos más sobre el agua y asumamos la responsabilidad: cuidarla, cobrarla, pagarla o legislar a su favor. Sólo así protegeremos la vida en nuestro planeta.

## **El agua en México**

En los últimos cincuenta años, México pasó de ser considerado como un país con alta disponibilidad de agua per cápita, a ser considerado como uno de baja disponibilidad, debido, principalmente, al crecimiento demográfico. Así, mientras que la disponibilidad anual promedio de agua per cápita en Europa es de 8 576 m<sup>3</sup>, en Norte América 15 369 m<sup>3</sup>, en Latinoamérica 38 562 m<sup>3</sup>, y en África 5 488 m<sup>3</sup>, en México 4 986 m<sup>3</sup>. De hecho, en algunas cuencas hidrográficas del país, como la del Valle de México, la disponibilidad es de al menos cinco veces el promedio mundial.

En México, se precipita anualmente una lámina promedio de 772 mm sobre el territorio nacional, que equivalen a un volumen de 1 511 km<sup>3</sup> de agua, pero dos terceras partes de ella ocurren en forma torrencial de junio a septiembre, lo que hace muy difícil su aprovechamiento. Además, el 30% de la superficie del país, en el norte, se genera tan sólo el 4% del escurrimiento, mientras que en el 20% del territorio, en el sureste y zonas costeras, se genera el 50% del escurrimiento.

Estas irregularidades espaciales y temporales plantean un reto especial en el manejo del agua. La distribución de la población y de las actividades económicas agravan ese desequilibrio natural. Así, en las regiones que alojan al 76% de la población y que generan cerca del 77% del producto interno bruto, la precipitación pluvial representa solamente el

20% del total en el país. Esto ha producido una muy fuerte competencia por el recurso, contaminación y sobreexplotación de acuíferos.

De acuerdo con los últimos balances disponibles, se estima que el 76.3% del volumen de agua consumido en México se destina a la agricultura, el 17% al uso público, el 5.1% a la industria, el 1.4% a la acuicultura y el 0.2% a procesos de enfriamiento en plantas termoeléctricas.

La cobertura nacional de agua potable es del 86% y la de alcantarillado, del 72%, por lo que cerca de 13 millones de habitantes carecen de agua potable y 27 millones, de alcantarillado. La situación es aún más preocupante en el medio rural, en el que se estima que las coberturas son de 64% para agua potable y 32% para alcantarillado. Las pérdidas de agua potable por fugas se han estimado en una cifra promedio del 35%. Esto implica que de los 13.5 km<sup>3</sup> que se consumen anualmente para uso público, se desperdician 4.7 km<sup>3</sup> (esto es, 4 700 000 000 000 litros). Adicionalmente, sólo el 22% de las aguas residuales municipales reciben tratamiento.

En la mayor parte del territorio se emplean ineficientes métodos de riego. Se ha estimado que la eficiencia promedio de riego es del 37%. Dicha cifra incluye las pérdidas de conducción, distribución y aplicación parcelaria, e implica que de los 60.5 km<sup>3</sup> de agua que se consumen anualmente para uso agrícola, se desperdician 38.1 km<sup>3</sup> (esto es, 38 100 000 000 000 litros) al año. La deficiente aplicación del agua en zonas de riego ha provocado el ensalitramiento de alrededor de 600 mil hectáreas en los distritos de riego, es decir, casi el 20% de las 3.4 millones de hectáreas que se ubican en ellos. Esto ha provocado una importante disminución en la producción de las tierras afectadas.

El cobro de derechos por uso agrícola es nulo. A los usuarios agrícolas del recurso sólo se les cobra una cuota por el servicio de riego. La falta de cobro de derechos por el uso agrícola del agua ha fomentado una cultura de desperdicio del líquido en la agricultura.

La descarga de aguas residuales industriales genera tres millones de toneladas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) al año, que representan el 170% de la carga contaminante de las aguas residuales municipales de todo el país. Únicamente el 21% de las aguas residuales industriales recibe tratamiento previo a sus descargas.

La contaminación puntual del agua, producida por la industria y las poblaciones, palidece ante la contaminación difusa, producida principalmente por la agricultura. En México no existen indicadores a este respecto, pero se estima que en Estados Unidos de América la carga de contaminación difusa es 16 veces mayor que la correspondiente a la contaminación puntual.

La problemática del agua en nuestro país es enorme. Es urgente atenderla, no solamente a través de planes y programas de gobierno, sino también mediante la participación social y la educación. Es indispensable que el estado mexicano y la sociedad en su conjunto unan esfuerzos para enfrentar la severa crisis hídrica en la que está inmersa nuestra nación.

De no hacerlo en el cortísimo plazo, la escasez del recurso en cantidad y calidad apropiadas seguirá siendo un freno de magnitud creciente para el desarrollo del país. Por ello, la Ley de Aguas Nacionales de 1992 contempla la creación de Consejos de Cuenca, como instrumentos de coordinación y concertación entre la CONAGUA, instancias federales, estatales y municipales, y los representantes de los usuarios de la respectiva cuenca hidrológica.

La lógica de gestión del agua es distinta de la correspondiente a otros recursos naturales o producidos por el hombre. Se puede vivir sin electricidad, se puede vivir sin petróleo, pero nunca sin agua. El agua no sólo es un recurso natural vulnerable y finito, también es un insumo y como tal, debe tener un valor económico. El agua toca todas las esferas de la actividad humana.

De acuerdo con la Global Water Partnership, la gestión moderna del agua debe ser integral, sustentable, eficiente, incluyente y equitativa, y por cuenca. La gestión integral relaciona los aspectos físicos, con los institucionales, con los económicos y de participación social.

La gestión sustentable busca aprovechar el recurso de modo que se logre el crecimiento económico y la equidad social, con respecto al medio ambiente. La gestión eficiente aspira lograr una mayor productividad del agua. La gestión incluyente y equitativa promueve la participación social en la toma de decisiones y la vía de la negociación entre usos y usuarios en conflicto, de modo que se logre el mayor beneficio para los habitantes de una cuenca.

La gestión por cuenca reconoce la unidad geográfica natural que capta las aguas precipitadas de la atmósfera y, como tal, se constituye en eslabón prominente del ciclo hidrológico amén de ser el marco más apropiado para el balance de aguas, y por lo tanto, de la planeación hídrica.

## **Problemática del agua en México**

La crisis del agua potable en el país alcanza cada vez niveles más preocupantes: cada año se pierden 5 mil millones de metros cúbicos debido a fugas y tomas clandestinas, lo que representa un costo financiero de alrededor de 20 mil millones de pesos; es decir, unos 55 millones de pesos diarios aproximadamente, según información del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## **Recursos financieros**

Los problemas que enfrenta el país en la materia también tienen que ver con las altas necesidades de inversión y la escasez de recursos financieros.

A esto se suma la necesidad de sustituir y rehabilitar gran parte de la infraestructura que ha rebasado su vida útil, alguna data de principios de la segunda década del siglo pasado,

además de la baja eficiencia operativa de los sistemas. Uno de los puntos centrales es que los usuarios no pagan el costo real del líquido.

En virtud de que el servicio es cada vez más caro, fundamentalmente en 38 ciudades del país (entre ellas la Ciudad de México, Ensenada, Monterrey, Acapulco y Zimapan) donde independientemente de la sobreexplotación de los mantos se requiere una mayor inversión para traer agua de otros sitios.

Además se suma la insuficiencia de los servicios de cobro, es decir, que no se factura la totalidad de los metros cúbicos de agua que se utilizan en el país. Cabe mencionar que mil litros de agua representan un metro cúbico, cantidad que en promedio contienen los tinacos de casas habitación.

## **Sobreexplotación**

En el país existen 102 acuíferos que se encuentran sobreexplotados; es decir, la extracción es mayor a su recarga en por lo menos 10%. Desde 1975 ha aumentado sustancialmente el número de acuíferos sobreexplotados: 32 en 1975, 36 en 1981, 80 en 1985, 97 en 2001, y 102 en 2003. De ellos se extrae aproximadamente 57% del agua subterránea para todos los usos.

Además, debido a la sobreexplotación, la reserva de agua subterránea se está minando a un ritmo de cerca de seis kilómetros cúbicos por año.

## **Contaminación**

En México se han destinado más esfuerzo para suministrar agua para el consumo humano que para el alcantarillado y drenaje. En 2004, la cobertura nacional de alcantarillado fue de 77.5%.

La cobertura en las zonas urbanas de este servicio ese mismo año fue de 90.7% y en las zonas rurales fue de 38.5%. El tratamiento de aguas residuales municipales es aún bajo en nuestro país. En 2003 se contaba con una capacidad instalada para procesar 89.6 m<sup>3</sup>/s en los sistemas municipales, pero sólo se trataron alrededor de 60.2 m<sup>3</sup>/s. En ese mismo año, los centros urbanos generaron 255 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales, de las cuales 80% se colectó en alcantarillas y de éstas sólo 29.7% fue tratada antes de ser vertidas a los cuerpos de agua. En 2003, las industria en todo el país descargaron alrededor de 8 km<sup>3</sup> (258 m<sup>3</sup>/s) de aguas residuales. Esto equivale a más de 9.5 millones de toneladas de DBO, de las cuales sólo el 18% se removieron mediante los sistemas de tratamiento.

A diciembre de 2004 el país contaba con 1 875 plantas de tratamiento de aguas residuales industriales, las cuales procesaban cerca de 27.4 m<sup>3</sup>/s (10.6%) del volumen generado. La contaminación del agua por materia orgánica se evalúa por medio de la DBO, que refleja la cantidad de este gas que se requiere para descomponer este tipo de desechos.

Las bacterias coliformes fecales no suelen causar enfermedades, pero son buenos indicadores de la contaminación por descargas de aguas residuales domésticas y pecuarias y son fáciles de detectar. El escurrimiento del agua hacia la parte baja de las cuencas hidrológicas acarrea nutrientes y pesticidas procedentes de superficies agrícolas y pecuarias, junto con los aportados en las descargas de aguas residuales, contribuyen a que se deteriore la calidad del agua de ríos y lagos.

## **Cobertura de agua potable y suministro de agua**

La cobertura de agua potable en México fue en 2004 de 89.5% . Sin embargo, la cobertura de este servicio aún es mucho mayor en zonas urbanas (95.6%) que en zonas rurales (71.3%). El suministro de agua de buena calidad en los sistemas de abastecimiento es importante para la salud e higiene de la población. A nivel nacional, se suministraron más de 320 mil litros de agua por segundo para consumo humano, de los cuales el 95% fue desinfectado.

En promedio se suministran 264 litros diarios por habitante. Por entidad federativa, algunos estados como Hidalgo y Puebla apenas sobrepasan los 150 litros diarios por habitante y en Oaxaca reciben apenas 100 litros diarios por habitante, en promedio.

## **Extracción de acuíferos**

Más de 100 mantos del país se encuentran sobreexplotados, lo que significa que la extracción es superior a la recarga, al menos 10%. El agua no se encuentra disponible en cantidad suficiente o con la calidad adecuada, ni en todos los sitios donde se requiere, ni durante todo el tiempo que se necesita; es decir, la distribución espacial y temporal del agua no coincide necesariamente con la distribución de su demanda, aunque este elemento tiene la propiedad de que puede almacenarse y transportarse con el objeto de hacer coincidir su oferta y demanda.

## **Es necesario crear una clara conciencia del valor del agua**

Necesitamos contemplar el agua no sólo como un recurso que requerimos para vivir, para beber, para limpiar, para la industria, para la generación de energía eléctrica, sino hay que ver al agua como un recurso que forma parte de una dinámica muy compleja en el planeta entero. Necesitamos como sociedad promover el ahorro del agua entre los usuarios, ya que es urgente la concientización de la población sobre la necesidad de cuidar el agua, ahorrarla, reportar y eliminar las fugas que existen en los domicilios, y denunciar el clandestinaje.

## **Realidad de la oferta y la demanda**

Para que la gente pueda tener suficiente abastecimiento de agua potable debe considerarse una combinación a menudo compleja de aspectos sociales, económicos y ambientales. En los últimos años, las familias, las industrias, los agricultores y los gobiernos han comenzado a reconocer que el agua es un bien económico y no un recurso ilimitado “gratis”. Y al ser un bien económico, hay una gran variedad de calidad y el nivel de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento que la gente desea y está dispuesta a pagar.

Si todos los grupos de usuarios adoptan decisiones bien pensadas, generalmente mejora el abastecimiento de agua para toda la población, a precio económico.

El problema del agua potable no tiene solución permanente, por lo que en este aspecto siempre se debe estar buscando nuevas fuentes de aprovisionamiento, realizando estudios hidrológicos o geohidrológicos para tener a la mano la forma de ampliar el sistema. El aumento de la población y el ascenso de su nivel cultural y social hacen insuficiente en poco tiempo las obras proyectadas, pues las fuentes actuales van haciéndose incapaces y es necesario utilizar las que están situadas a mayor distancias u otras cuyas aguas requieren una potabilización más rigurosa para hacerlas adecuadas para el consumo humano.

## 4. CASO DE ESTUDIO

La localidad de Jesús del Monte está situado en el Municipio de Morelia (en el Estado de Michoacán de Ocampo), Figura 1.

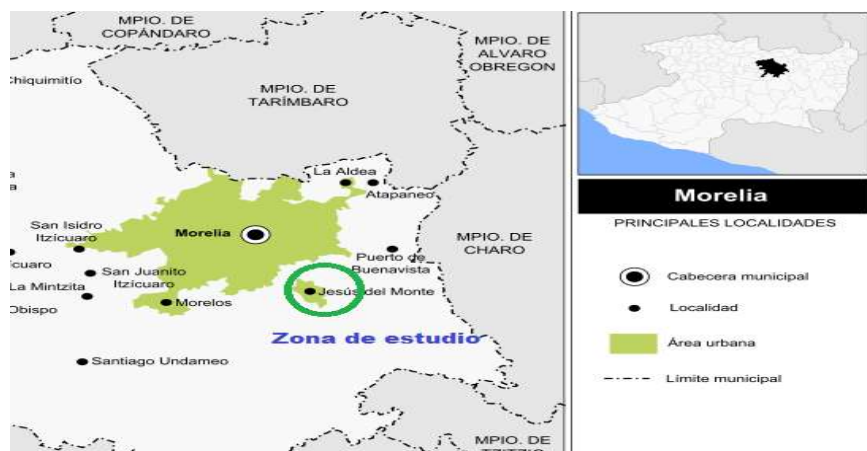


Figura 1. Croquis de la comunidad de Jesús del Monte

El origen de Jesús del Monte es el de un pueblo indígena Matlatzinca o Pirinda, además de Purépecha, Nahuatl, Mazahua y Otomí, como pueblos originarios de la entidad. Desde 2009 comenzó una lucha por el reconocimiento de los Pirindas, principalmente ubicados en Huetamo y Charo, dado que la forma de determinar la existencia de indígenas en una región por parte de dependencias gubernamentales es sólo a través del lenguaje, al dejar de lado todo el resto de prácticas culturales y sociales de un pueblo originario.

En el caso de los Pirindas-Matlatzincas, actualmente existen diversos trabajos etnográficos y antropológicos para rescatar la lengua y otros aspectos culturales de este pueblo originario de Michoacán, cuyos integrantes se distribuyen en diez municipios de la entidad, principalmente en Tierra Caliente. Cabe destacar que los Pirindas fueron aliados guerreros de los Purépechas y en el último reino de esta etnia varias localidades fueron entregadas a los Pirindas, entre ellas algunas localizadas en el Valle de Guayangareo, como Charo, y otras en Tierra Caliente, como Huetamo.

Incluso, en la década de 1880 se tiene el registro de varios asentamientos Pirindas en territorios que actualmente son del municipio de Morelia, como Jesús del Monte, Santa María y Santiago Undameo, según un artículo académico elaborado por Martha Delfín Guillaumin, de la Escuela Nacional de Antropología e Historia del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Actualmente la localidad es una de las 14 tenencias del municipio de Morelia, siendo el propio Jesús del Monte la cabecera de la tenencia del mismo nombre, a la cual se suman, Río Bello, El Laurelito, San José de las Torres, Tumbisca y Los Pirules.

También cabe señalar que al día de hoy Jesús del Monte sigue conservando sus usos y costumbres en cuanto al uso de su agua eligiendo cada tres años a su comité de autoadministración y mantenimiento en una asamblea general de su localidad donde solamente asisten los usuarios registrados como cabeza de familia los cuales eligen a los miembros de dicho órgano de viva voz y a mano alzada.

## **Estudio socioeconómico**

Las actividades primarias no tienen tanta relevancia actualmente, ya que paulatinamente los terrenos para cultivo y pastoreo han sido abandonados, convirtiéndolos en lotes urbanizables, incluso la localidad de Jesús del Monte presentan también un comportamiento económico similar al centro de población, con una predominancia de unidades económicas del sector terciario con actividades de comercio al por menor.

Del análisis de la información recabada a través del Directorio Nacional de Unidades Económicas (DENUE, versión 03/2011), se pudo identificar que la mayor parte de las unidades económicas de la zona sur pertenecen al sector terciario, resultando ser aquellas relativas al comercio al por menor y las de servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas las que prevalecen en la zona sur.

## **Escuelas en Jesús del Monte**

Escuela secundaria Belisario Domínguez y la escuela primaria Redención. Aparte de que hay 168 analfabetos de 15 y más años, 43 de los jóvenes entre 6 y 14 años no asisten a la escuela. De la población a partir de los 15 años, 158 no tienen ninguna escolaridad, 879 tienen una escolaridad incompleta, 468 tienen una escolaridad básica y 300 cuentan con una educación post-básica. Un total de 159 de la generación de jóvenes entre 15 y 24 años de edad han asistido a la escuela, la mediana escolaridad entre la población es de 7 años.

## **Evolución demográfica**

En la localidad hay 2 074 hombres y 2 108 mujeres. La relación mujeres/hombres es de 1.02, y el índice de fecundidad es de 2.53 hijos por mujer. Del total de la población, el 6.81% proviene de fuera del Estado de Michoacán de Ocampo. El 3.80% de la población es analfabeta (el 3.42% de los hombres y el 4.17% de las mujeres). El grado de escolaridad es del 8.46 (8.42 en hombres y 8.50 en mujeres).

## **5. CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN**

### **Geografía**

El estado de Michoacán cuenta con una red de carreteras, caminos revestidos y brechas que dan acceso a los 113 municipios de la entidad; existen varias vías férreas especialmente al norte del Estado, tres aeropuertos nacionales y uno internacional, además de diversos aeródromos. Con 228 km de costa, presenta salida al Océano Pacífico a través de un puerto marítimo industrial importante. La infraestructura vial permite, en general, el transporte y comercio de las materias primas que se producen en diversos lugares del estado.

En Michoacán existen 22 centrales hidroeléctricas y dos centrales geotérmicas para un total de 85 unidades de generación de energía eléctrica que abastecen a una gran parte de su territorio. Los combustibles son proporcionados mediante una red de distribución y almacenaje. La entidad presenta características geomorfológicas, geológicas y climáticas que propician el desarrollo de las distintas actividades económicas, destacando entre ellas la minerometalúrgica, la agrícola y la turística.

### **Localización y extensión territorial**

El estado de Michoacán, se ubica en la parte centro-occidental de la República Mexicana, con una extensión territorial de 58,599 km<sup>2</sup>, que corresponde al 3% de la superficie del país. Cuenta con 228 km de litoral a lo largo del Océano Pacífico (INEGI, 2010). Limita al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al noreste con el estado de Querétaro, al este con el estado de México, al sureste con el estado de Guerrero, al oeste con el estado de Colima y parte sur de Jalisco y al sur con el Océano Pacífico.

### **División municipal y población**

Según el censo de población del 2010, el estado de Michoacán tiene 4 351 037 habitantes, correspondiente al 3.9% del total nacional, de los cuales, 2 102 109 son hombres y 2 248 928 son mujeres (INEGI, 2011), distribuidos en la zona urbana el 69% y 31% de la población, en la zona rural; a nivel nacional el dato es de 78 y 22%, respectivamente. A nivel nacional, el estado ocupa la posición nueve por su número de habitantes.

La densidad promedio de población es de 74 habitantes por km<sup>2</sup>, lo que coloca a Michoacán por arriba de la densidad media nacional que es de 57 habitantes por km<sup>2</sup>; la tasa de crecimiento poblacional ha ido disminuyendo desde los años sesenta, en esa década fue de 2.4%, en los años ochenta fue de 1.9%; en el lustro 1990-1995 disminuyó a 1.5%; y para los años de 1995 al 2000, decreció a tan sólo 0.7%, para el periodo 2000-2010, aumentó a 0.9%, (IEESA, 2012).

La entidad está constituida por 113 municipios, distribuidos en seis regiones económicas: Centro, Ciénega, Occidente, Oriente, Tierra Caliente y Costa. Los municipios con mayor concentración de población son: Morelia, 729 279 habitantes; Uruapan, 315 350 habitantes; Lázaro Cárdenas, 178 817 habitantes; y Zamora, 186 102 habitantes; (INEGI, 2012). Lo que corresponde al 32% del total de la población del estado. Otros municipios importantes por su población y economía son: Zitácuaro, Apatzingán, Hidalgo y Jacona.

## **Vías de comunicación**

El estado de Michoacán posee una excelente infraestructura en comunicaciones al contar con 12 782 km de carreteras, beneficiando principalmente las partes septentrional y meridional del Estado, quedando menos comunicada la porción de la Sierra Madre del Sur. La comunicación se ve complementada por 1 242 km de vías férreas (INEGI, 2012). Así mismo, cuenta con transportación aérea, destacando un aeropuerto internacional, que comunica a la ciudad de México, interior del país y al extranjero, tres aeropuertos nacionales y varios aeródromos. Un puerto marítimo industrial que sirve como eslabón para el movimiento de carga de otros puertos del país y para transportación internacional.

## **ENERGÍA**

El estado de Michoacán es una de las entidades del país que posee mayor potencial eléctrico, pues cuenta con 28 plantas hidroeléctricas y 12 unidades geotermoelectricas, entre otras plantas generadoras, que en total producen 606.19 MW.

El estado de Michoacán es una de las entidades del país que posee mayor potencial eléctrico, pues cuenta con 85 unidades principales de generación distribuidas en 56 para hidroeléctricas y 29 unidades para las centrales geotermoeléctrica, con una capacidad efectiva instalada de 2 532 MW, que en total producen 11 588 GW/h (INEGI, 2012).

El gran potencial geotérmico del Estado que inicio en el año de 1982, se localiza principalmente en el campo de Los Azufres, en una superficie aproximada de 112 km<sup>2</sup>. En la actualidad existen 100 pozos productores, inyectores, para reparación, en estudio y fallidos y 14 unidades instaladas con una capacidad efectiva instalada de 190 MW y se proyectan 40 más. Se han calculado unas reservas del campo de 54.5 km<sup>3</sup> con temperaturas de 22.5 °C o más.

Con respecto al uso del servicio eléctrico en la entidad, el principal consumo se realiza por la industria, con un gasto a diciembre del 2011 de 5 218 195 MW/h, seguido del servicio alumbrado público, bombeo de aguas y agrícola con 1 813 290 y el doméstico con 1 526 200 MW/h (INEGI, 2012).

## **Climatología**

Existen en el estado de Michoacán nueve tipos principales de climas; cálido subhúmedo, semicálido húmedo, semicálido subhúmedo, templado húmedo, templado subhúmedo, semifrio húmedo, semifrio subhúmedo, semiseco y seco (INEGI, 2012).

Los climas cálidos prevalecen al suroeste, centro y sureste del estado, con una temperatura media anual de 23 °C y una precipitación pluvial media de 800 a 1 000 mm. Los climas semicálidos se desarrollan en la porción más septentrional del Estado con temperaturas medias al año que oscilan entre 18.1 y 21.9 °C; su precipitación en el mismo lapso alcanza de 720 a 1 699 mm. Los climas templados se registran, por lo general, en las porciones septentrional y central del Estado con un régimen térmico aproximado de 14 a 18 °C y una precipitación pluvial total anual de 700 a 1 000 mm.

Los climas semisecos se presentan hacia el centro y sureste del Estado, sobre todo en los cauces de los ríos Tepalcatepec y Balsas y sobre el embalse de la presa El Infiernillo. Su precipitación total anual fluctúa entre 500 y 700 mm y su temperatura media oscila entre 28 y 30 °C.

## **Vegetación**

En el Estado existen varios tipos de vegetación, determinados por las condiciones climáticas y características fisiográficas del territorio. Las partes septentrional y central del Estado, se caracterizan por tener amplias áreas serranas como Mil Cumbres, la sierra Tarasca, las laderas meridionales del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, que presentan extensos bosques de coníferas, encinos y asociaciones de ambos. En las zonas de baja a mediana altitud, sobre todo en laderas y en muchas áreas de las dos depresiones de Tierra Caliente, así como al sur del estado, es frecuente la selva baja de caducifolia, que junto con algunos otros matorrales constituyen la típica vegetación de estos sectores.

Bordeando los cauces de los ríos Tepalcatepec y Balsas, predomina la selva baja espinosa, lugares que han sido aprovechados para desarrollar zona agrícolas de riego.

Por último, se tienen zonas de matorrales subtropicales, localizadas hacia la parte septentrional del Estado, las que se caracterizan por sus cultivos de temporal.

## **Hidrología**

De acuerdo al tipo de clima y la precipitación pluvial, existen en el Estado diversas corrientes perennes en la porción central y septentrional, que drenan hacia los ríos Tepalcatepec-Balsas y Lerma respectivamente, así como, otras corrientes de tipo intermitente que se localizan en el sur de la entidad, que conforman los escurrimientos de la sierra de Coalcomán.

## **Aguas superficiales**

El estado de Michoacán cuenta con cuatro regiones hidrológicas principales: la septentrional Lerma-Santiago (RH-I2), cuyo río principal es el Lerma, que abarca una zona de influencia donde se encuentran los lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro, Chapala y Tepuxtepec, se subdivide en ocho subcuencas; la cuenca del centro o cuenca del Balsas (RH-18), cuyos ríos principales son el Tepalcatepec y el Balsas, que comprende la laguna de Zirahuén, con presas como El Bosque, El Infiernillo y José M<sup>a</sup> Morelos (La Villita), con desembocadura en el océano Pacífico, dividida en ocho subcuencas; la cuenca del sur o Costa de Michoacán (RH-17), donde destacan los ríos Coahuayana, Ostula, Chuta y Acalpica, drenando todos hacia la costa del Pacífico, dividida en dos subcuencas; y la región hidrológica de Armería-Coahuayana (RH-16), en la porción suroccidental de la entidad, drenada principalmente por el río Coahuayana.

Por otro lado, la entidad cuenta con 260 vasos, entre presas y bordos de almacenamiento, que están clasificados por su utilidad en: presas de almacenamiento para generación de energía eléctrica (7); y presas de almacenamiento para riego y control de avenidas (252), entre las que destaca el lago de Cuitzeo; algunas de ellas, se usan también como fuente de agua potable, como en el caso del lago de Chapala, Cointzio, del Bosque, José Ma. Morelos, y una de ellas para el depósito de desperdicios (Laguna Verde). En la que, se enuncian los principales cuerpos de agua y corrientes superficiales.

## **Aguas subterráneas**

El estado de Michoacán cuenta con un importante potencial de aguas subterráneas, especialmente en el norte, donde se ubican los valles de Maravatío, Zamora, Zacapu, Queréndaro y Pastor Ortiz, en los que se explotan acuíferos en basaltos y sedimentos terciarios.

En la Ciénega de Chapala, los acuíferos favorables se encuentran en los flancos del valle. En el resto del norte del Estado, las condiciones geohidrológicas son desfavorables: La Meseta Tarasca, por ejemplo, está constituida por basaltos de permeabilidad alta; sin embargo, debido a su altitud, el nivel del agua se encuentra demasiado profundo.

En la porción meridional del Estado, la conformación de mantos acuíferos es pobre, por la baja precipitación debido al tipo de rocas de baja permeabilidad predominantes en el área. Es notorio en la porción norte del Estado, la existencia de algunas zonas que se han sobre explotado, lo que ha generado la implementación de zonas de veda a la explotación del recurso hídrico, incrementándose en los últimos años, lo que genera racionalización del vital líquido.

La disponibilidad del agua subterránea al 2012. El consumo de agua en la entidad, está distribuido como sigue: Agrícola 835 743 940 m<sup>3</sup>; público urbano 113 891 342 m<sup>3</sup>; industrial 67 860 753 m<sup>3</sup>; doméstico 10 380 646 m<sup>3</sup>; pecuario 2 959 310 m<sup>3</sup>; entre otros (CONAGUA, 2005).

## **Fisiografía**

La fisiografía del estado de Michoacán está constituida por dos grandes provincias: la parte occidental del Eje Neovolcánico conformada por siete subprovincias y la Sierra Madre del Sur, subdividida en cinco. (INEGI 2012).

La provincia de la Sierra Madre del Sur ocupa la parte meridional del estado y es la más extensa de las dos provincias fisiográficas. Está representada por un sistema montañoso cuyas alturas varían desde cero metros en la línea de costa, hasta 2 650 m en el cerro La Bufa. El relieve es variado, constituido por sierras complejas y cumbres tendidas, disecadas por corrientes fluviales que en su trayectoria labran valles ramificados con lomeríos, así como llanuras con cañadas, llanuras aluviales y lomeríos con cañadas.

La provincia del Eje Neovolcánico comprende toda la parte norte del estado de Michoacán. Existe un total predominio de construcciones volcánicas, con elevaciones que alcanzan los 3 800 m, como es el caso del volcán Tancitaro. Algunas formaciones volcánicas en esta provincia son de origen reciente, como el volcán Parícutín. Las llanuras aluviales y lacustres son otros rasgos morfológicos que conforman esta provincia, donde se ubican los lagos de Cuitzeo, Patzcuaro, Zirahuén y Chapala en su parte sudoriental.

## **Geología regional**

La estructura geológica del estado de Michoacán se encuentra constituida, en términos generales, por rocas de un basamento metamórfico, rocas sedimentarias mesozoicas y rocas ígneas intrusivas y extrusivas cenozoicas. Al SW y NE del estado se encuentran rocas metamórficas mesozoicas que se consideran como las rocas más antiguas y constituyen el llamado complejo metamórfico.

El Mesozoico está representado, en su mayoría, por una secuencia clástica marina, en cuya base se ubica la Formación Angao, del Jurásico Superior. Rocas ígneas intrusivas y extrusivas del Cretácico están distribuidas al este y suroeste del estado, además de un paquete vulcano sedimentario; en el sureste existen rocas sedimentarias marinas correspondientes a las formaciones San Lucas, Morelos y Mal Paso.

En la entidad, el Cenozoico está constituido por una secuencia sedimentaria continental, perteneciente al Grupo Balsas, constituida por rocas volcánicas de diversa composición e ígneas intrusivas de composición intermedia a ácida.

El Cuaternario está representado por rocas extrusivas que constituyen el Eje Neovolcánico, tales como basaltos, además de depósitos lacustres y depósitos de pie de monte y aluvión. Desde el punto de vista tectónico, existen en Michoacán grandes provincias estructurales con evidencias y rasgos particulares, como la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico.

## Geología local

El Municipio de Morelia y la Tenencia Jesús del Monte está inmersa en el sector centro poniente de la Faja Volcánica Transmexicana que muestra alineamientos tectónicos bien definidos. La Provincia Fisiográfica se caracteriza por presentar fosas de edad Cuaternaria, como lo son las de Chapala, Cuitzeo, que está limitada por estructuras rígidas de los escudos Tarasco y de Guanajuato, (G. Pascuare, L. Vezzoli y A. Zanchi, 1987).

Suelos residuales (Qre) ubicados en las mesetas; depósitos fluviales (Qfl) rellenando los cauces de los arroyos; depósitos aluviales (Qal), lavas, brechas y aglomerados volcánicos de origen andesítico (Tvb), y tobas e ignimbritas riolíticas (Ttr ó Ta).

En algunas zonas las riolitas, y andesitas, generalmente son cubiertas por basaltos y en otras, al oriente, sur y sureste de la ciudad, se tienen brechas volcánicas cubierta por las riolitas y andesitas, y forman la masa de las montañas; pero los valles, donde se encuentra la mayor parte de la ciudad, que originalmente fueron cuencas lacustres, han sido llenados por materiales de origen fluvial y lacustre, tales como arcillas, arcillas limosas y limos arcillosos, debido a la presencia del río grande y chiquito, que atraviesan la ciudad.

## Topografía de la zona

La topografía es la representación gráfica de la de la superficie en estudio, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales, se toman puntos y longitudes acotados, mostrando la elevación del terreno. La topografía es la parte más importante para cualquier proyecto de ingeniería, ya que nos arroja los datos necesarios para la realización de cualquier proyecto de ingeniería como es este caso el análisis y diseño de redes de agua potable, para este proyecto se utilizó una estación total marca Topcom. En la Figura 2 y 3 se muestra parte de la actividad realizada en el levantamiento topográfico.



Figura 2. Levantamiento topográfico



Figura 3. Levantamiento topográfico

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en el levantamiento topográfico realizado en la comunidad de Jesús del Monte.

Tabla 2. Datos obtenidos del levantamiento topográfico

| Punto | X<br>(m)  | Y<br>(m)  | Elevación<br>(m) | Tipo |
|-------|-----------|-----------|------------------|------|
| JM001 | 5,997,254 | 7,007,135 | 1,000,022        | TAPA |
| JM002 | 5,997,936 | 7,004,309 | 1,000,005        | TAPA |
| JM003 | 5,993,872 | 7,003,335 | 999.99           | TAPA |
| JM004 | 5,989,276 | 7,010,722 | 1,000,019        | LOSA |
| JM005 | 5,991,207 | 7,002,725 | 1,000,005        | LOSA |
| JM006 | 5983.13   | 7,000,856 | 999,999          | LOSA |
| JM007 | 5,994,566 | 7,002,007 | 997,767          | TAPA |
| JM008 | 6,001,064 | 6985.05   | 995,862          | EJE  |
| JM009 | 6,004,165 | 6,967,067 | 994.76           | EJE  |
| JM010 | 6,009,122 | 6,949,335 | 993.59           | EJE  |
| JM011 | 6,013,941 | 6,931,173 | 992,391          | EJE  |
| JM012 | 6,017,902 | 6,912,827 | 991,296          | EJE  |
| JM013 | 6,021,533 | 6,894,192 | 990.32           | EJE  |
| JM014 | 6,025,174 | 6,875,638 | 989,526          | EJE  |
| JM015 | 6,028,342 | 6,857,245 | 988,946          | EJE  |
| JM016 | 6,031,089 | 6,838,497 | 988,428          | EJE  |

Tabla 2. Datos obtenidos del levantamiento topográfico

| <b>Punto</b> | <b>X<br/>(m)</b> | <b>Y<br/>(m)</b> | <b>Elevación<br/>(m)</b> | <b>Tipo</b> |
|--------------|------------------|------------------|--------------------------|-------------|
| JM017        | 6,033,765        | 6,820,467        | 987,951                  | EJE         |
| JM018        | 6,034,898        | 6,806,735        | 987,682                  | EJE         |
| JM019        | 5,997,214        | 7,014,757        | 997,979                  | TERRENO     |
| JM020        | 6,000,591        | 7,002,861        | 997,006                  | TERRENO     |
| JM021        | 5,992,021        | 6,998,254        | 997,545                  | TERRENO     |
| JM022        | 5,981,603        | 6,998,697        | 997.72                   | TERRENO     |
| JM023        | 5,981,246        | 7,000,117        | 997,805                  | TERRENO     |
| JM024        | 5968.07          | 7,010,553        | 998,004                  | TERRENO     |
| JM025        | 5,952,855        | 7,001,755        | 997,711                  | TERRENO     |
| JM026        | 5,944,382        | 6,995,994        | 997,622                  | TERRENO     |
| JM027        | 5,964,663        | 7,003,127        | 997.92                   | EJE         |
| JM028        | 5,969,548        | 7,008,394        | 999,733                  | LOSA        |
| JM029        | 5,977,519        | 7,009,988        | 999,739                  | LOSA        |
| JM030        | 5,979,234        | 7002.01          | 999,718                  | LOSA        |
| JM031        | 5898.78          | 6,956,907        | 994,728                  | EJE         |
| JM032        | 5,911,731        | 6,956,317        | 993,906                  | EJE         |
| JM033        | 5,929,682        | 6,955,652        | 993,389                  | EJE         |
| JM034        | 5,948,016        | 6,954,931        | 993,114                  | EJE         |
| JM035        | 5966.38          | 6,954,627        | 993.15                   | EJE         |
| JM036        | 5,984,239        | 6,953,875        | 993,189                  | EJE         |
| JM037        | 5,998,971        | 6,953,618        | 993,388                  | EJE         |
| JM038        | 6,004,714        | 6,954,063        | 993,857                  | EJE         |
| JM039        | 5,924,739        | 6,816,485        | 986,825                  | EJE         |
| JM040        | 5,944,874        | 6,815,383        | 986.36                   | EJE         |
| JM041        | 5,965,698        | 6,814,244        | 986,251                  | EJE         |
| JM042        | 5,987,821        | 6,813,089        | 986,537                  | EJE         |
| JM043        | 6,010,134        | 6,811,815        | 986,972                  | EJE         |
| JM044        | 6,030,934        | 6,810,705        | 987,555                  | EJE         |
| JM045        | 6,049,605        | 6,809,179        | 987,462                  | EJE         |
| JM046        | 6,064,714        | 6,809,285        | 987.07                   | EJE         |
| JM047        | 6083.87          | 6,809,149        | 986.47                   | EJE         |
| JM048        | 6083.88          | 6,809,150        | 986.48                   | EJE         |
| JM049        | 6083.89          | 6,809,151        | 986.49                   | EJE         |
| JM050        | 6083.90          | 6,809,152        | 986.50                   | EJE         |
| JM051        | 6083.91          | 6,809,153        | 986.51                   | EJE         |
| JM052        | 6083.92          | 6,809,154        | 986.52                   | EJE         |
| JM053        | 6083.93          | 6,809,155        | 986.53                   | EJE         |
| JM054        | 6083.94          | 6,809,156        | 986.54                   | EJE         |

Tabla 2. Datos obtenidos del levantamiento topográfico

| <b>Punto</b> | <b>X<br/>(m)</b> | <b>Y<br/>(m)</b> | <b>Elevación<br/>(m)</b> | <b>Tipo</b> |
|--------------|------------------|------------------|--------------------------|-------------|
| JM055        | 6083.95          | 6,809,157        | 986.55                   | EJE         |
| JM056        | 6083.96          | 6,809,158        | 986.56                   | EJE         |
| JM057        | 6083.97          | 6,809,159        | 986.57                   | EJE         |
| JM058        | 6083.98          | 6,809,160        | 986.58                   | EJE         |
| JM059        | 6083.99          | 6,809,161        | 986.59                   | EJE         |
| JM060        | 6083.100         | 6,809,162        | 986.60                   | EJE         |
| JM061        | 6083.101         | 6,809,163        | 986.61                   | EJE         |
| JM062        | 6083.102         | 6,809,164        | 986.62                   | EJE         |
| JM063        | 6083.103         | 6,809,165        | 986.63                   | EJE         |
| JM064        | 6083.104         | 6,809,166        | 986.64                   | EJE         |
| JM065        | 6083.105         | 6,809,167        | 986.65                   | EJE         |
| JM066        | 6083.106         | 6,809,168        | 986.66                   | EJE         |
| JM067        | 6083.107         | 6,809,169        | 986.67                   | EJE         |
| JM068        | 6083.108         | 6,809,170        | 986.68                   | EJE         |
| JM069        | 6083.109         | 6,809,171        | 986.69                   | EJE         |
| JM070        | 6083.110         | 6,809,172        | 986.70                   | EJE         |
| JM071        | 6083.111         | 6,809,173        | 986.71                   | EJE         |
| JM072        | 6083.112         | 6,809,174        | 986.72                   | EJE         |
| JM073        | 6083.113         | 6,809,175        | 986.73                   | EJE         |
| JM074        | 6083.114         | 6,809,176        | 986.74                   | EJE         |
| JM075        | 6083.115         | 6,809,177        | 986.75                   | EJE         |
| JM076        | 6083.116         | 6,809,178        | 986.76                   | EJE         |
| JM077        | 6083.117         | 6,809,179        | 986.77                   | EJE         |
| JM078        | 6083.118         | 6,809,180        | 986.78                   | EJE         |
| JM079        | 6083.119         | 6,809,181        | 986.79                   | EJE         |
| JM080        | 6083.120         | 6,809,182        | 986.80                   | EJE         |
| JM081        | 6083.121         | 6,809,183        | 986.81                   | EJE         |
| JM082        | 6083.122         | 6,809,184        | 986.82                   | EJE         |
| JM083        | 6083.123         | 6,809,185        | 986.83                   | EJE         |
| JM084        | 6083.124         | 6,809,186        | 986.84                   | EJE         |
| JM085        | 6083.125         | 6,809,187        | 986.85                   | EJE         |
| JM086        | 6083.126         | 6,809,188        | 986.86                   | EJE         |
| JM087        | 6083.127         | 6,809,189        | 986.87                   | EJE         |
| JM088        | 6083.128         | 6,809,190        | 986.88                   | EJE         |
| JM089        | 6083.129         | 6,809,191        | 986.89                   | EJE         |
| JM090        | 6083.130         | 6,809,192        | 986.90                   | EJE         |
| JM091        | 6083.131         | 6,809,193        | 986.91                   | EJE         |
| JM092        | 6083.132         | 6,809,194        | 986.92                   | EJE         |

Tabla 2. Datos obtenidos del levantamiento topográfico

| <b>Punto</b> | <b>X<br/>(m)</b> | <b>Y<br/>(m)</b> | <b>Elevación<br/>(m)</b> | <b>Tipo</b> |
|--------------|------------------|------------------|--------------------------|-------------|
| JM093        | 6083.133         | 6,809,195        | 986.93                   | EJE         |
| JM094        | 6083.134         | 6,809,196        | 986.94                   | EJE         |
| JM095        | 6083.135         | 6,809,197        | 986.95                   | EJE         |
| JM096        | 6083.136         | 6,809,198        | 986.96                   | EJE         |
| JM097        | 6083.137         | 6,809,199        | 986.97                   | EJE         |
| JM098        | 6083.138         | 6,809,200        | 986.98                   | EJE         |
| JM099        | 6083.139         | 6,809,201        | 986.99                   | EJE         |
| JM100        | 6083.140         | 6,809,202        | 986.100                  | EJE         |
| JM101        | 6083.141         | 6,809,203        | 986.101                  | EJE         |
| JM102        | 6083.142         | 6,809,204        | 986.102                  | EJE         |
| JM103        | 6083.143         | 6,809,205        | 986.103                  | EJE         |
| JM104        | 6083.144         | 6,809,206        | 986.104                  | EJE         |
| JM105        | 6083.145         | 6,809,207        | 986.105                  | EJE         |
| JM106        | 6083.146         | 6,809,208        | 986.106                  | EJE         |
| JM107        | 6083.147         | 6,809,209        | 986.107                  | EJE         |
| JM108        | 6083.148         | 6,809,210        | 986.108                  | EJE         |
| JM109        | 6083.149         | 6,809,211        | 986.109                  | EJE         |
| JM110        | 6083.150         | 6,809,212        | 986.110                  | EJE         |
| JM111        | 6083.151         | 6,809,213        | 986.111                  | EJE         |
| JM112        | 6083.152         | 6,809,214        | 986.112                  | EJE         |
| JM113        | 6083.153         | 6,809,215        | 986.113                  | EJE         |
| JM114        | 6083.154         | 6,809,216        | 986.114                  | EJE         |
| JM115        | 6083.155         | 6,809,217        | 986.115                  | EJE         |
| JM116        | 6083.156         | 6,809,218        | 986.116                  | EJE         |
| JM117        | 6083.157         | 6,809,219        | 986.117                  | EJE         |
| JM118        | 6083.158         | 6,809,220        | 986.118                  | EJE         |
| JM119        | 6083.159         | 6,809,221        | 986.119                  | EJE         |
| JM120        | 6083.160         | 6,809,222        | 986.120                  | EJE         |
| JM121        | 6083.161         | 6,809,223        | 986.121                  | EJE         |
| JM122        | 6083.162         | 6,809,224        | 986.122                  | EJE         |
| JM123        | 6083.163         | 6,809,225        | 986.123                  | EJE         |
| JM124        | 6083.164         | 6,809,226        | 986.124                  | EJE         |
| JM125        | 6083.165         | 6,809,227        | 986.125                  | EJE         |
| JM126        | 6083.166         | 6,809,228        | 986.126                  | EJE         |
| JM127        | 6083.167         | 6,809,229        | 986.127                  | EJE         |
| JM128        | 6083.168         | 6,809,230        | 986.128                  | EJE         |
| JM129        | 6083.169         | 6,809,231        | 986.129                  | EJE         |
| JM130        | 6083.170         | 6,809,232        | 986.130                  | EJE         |

Tabla 2. Datos obtenidos del levantamiento topográfico

| <b>Punto</b> | <b>X<br/>(m)</b> | <b>Y<br/>(m)</b> | <b>Elevación<br/>(m)</b> | <b>Tipo</b> |
|--------------|------------------|------------------|--------------------------|-------------|
| JM131        | 6083.171         | 6,809,233        | 986.131                  | EJE         |
| JM132        | 6083.172         | 6,809,234        | 986.132                  | EJE         |
| JM133        | 6083.173         | 6,809,235        | 986.133                  | EJE         |
| JM134        | 6083.174         | 6,809,236        | 986.134                  | EJE         |
| JM135        | 6083.175         | 6,809,237        | 986.135                  | EJE         |
| JM136        | 6083.176         | 6,809,238        | 986.136                  | EJE         |
| JM137        | 6083.177         | 6,809,239        | 986.137                  | EJE         |
| JM138        | 6083.178         | 6,809,240        | 986.138                  | EJE         |
| JM139        | 6083.179         | 6,809,241        | 986.139                  | EJE         |
| JM140        | 6083.180         | 6,809,242        | 986.140                  | EJE         |
| JM141        | 6083.181         | 6,809,243        | 986.141                  | EJE         |
| JM142        | 6083.182         | 6,809,244        | 986.142                  | EJE         |
| JM143        | 6083.183         | 6,809,245        | 986.143                  | EJE         |
| JM144        | 6083.184         | 6,809,246        | 986.144                  | EJE         |
| JM145        | 6083.185         | 6,809,247        | 986.145                  | EJE         |
| JM146        | 6083.186         | 6,809,248        | 986.146                  | EJE         |
| JM147        | 6083.187         | 6,809,249        | 986.147                  | EJE         |
| JM148        | 6083.188         | 6,809,250        | 986.148                  | EJE         |
| JM149        | 6083.189         | 6,809,251        | 986.149                  | EJE         |
| JM150        | 6083.190         | 6,809,252        | 986.150                  | EJE         |
| JM151        | 6083.191         | 6,809,253        | 986.151                  | EJE         |
| JM152        | 6083.192         | 6,809,254        | 986.152                  | EJE         |
| JM153        | 6083.193         | 6,809,255        | 986.153                  | EJE         |
| JM154        | 6083.194         | 6,809,256        | 986.154                  | EJE         |
| JM155        | 6083.195         | 6,809,257        | 986.155                  | EJE         |
| JM156        | 6083.196         | 6,809,258        | 986.156                  | EJE         |
| JM157        | 6083.197         | 6,809,259        | 986.157                  | EJE         |
| JM158        | 6083.198         | 6,809,260        | 986.158                  | EJE         |
| JM159        | 6083.199         | 6,809,261        | 986.159                  | EJE         |
| JM160        | 6083.200         | 6,809,262        | 986.160                  | EJE         |
| JM161        | 6083.201         | 6,809,263        | 986.161                  | EJE         |
| JM162        | 6083.202         | 6,809,264        | 986.162                  | EJE         |
| JM163        | 6083.203         | 6,809,265        | 986.163                  | EJE         |
| JM164        | 6083.204         | 6,809,266        | 986.164                  | EJE         |
| JM165        | 6083.205         | 6,809,267        | 986.165                  | EJE         |
| JM166        | 6083.206         | 6,809,268        | 986.166                  | EJE         |
| JM167        | 6083.207         | 6,809,269        | 986.167                  | EJE         |
| JM168        | 6083.208         | 6,809,270        | 986.168                  | EJE         |

Tabla 2. Datos obtenidos del levantamiento topográfico

| <b>Punto</b> | <b>X<br/>(m)</b> | <b>Y<br/>(m)</b> | <b>Elevación<br/>(m)</b> | <b>Tipo</b> |
|--------------|------------------|------------------|--------------------------|-------------|
| JM169        | 6083.209         | 6,809,271        | 986.169                  | EJE         |
| JM170        | 6083.210         | 6,809,272        | 986.170                  | EJE         |
| JM171        | 6083.211         | 6,809,273        | 986.171                  | EJE         |
| JM172        | 6083.212         | 6,809,274        | 986.172                  | EJE         |
| JM173        | 6083.213         | 6,809,275        | 986.173                  | EJE         |
| JM174        | 6083.214         | 6,809,276        | 986.174                  | EJE         |
| JM175        | 6083.215         | 6,809,277        | 986.175                  | EJE         |
| JM176        | 6083.216         | 6,809,278        | 986.176                  | EJE         |
| JM177        | 6083.217         | 6,809,279        | 986.177                  | EJE         |
| JM178        | 6083.218         | 6,809,280        | 986.178                  | EJE         |
| JM179        | 6083.219         | 6,809,281        | 986.179                  | EJE         |
| JM180        | 6083.220         | 6,809,282        | 986.180                  | EJE         |
| JM181        | 6083.221         | 6,809,283        | 986.181                  | EJE         |
| JM182        | 6083.222         | 6,809,284        | 986.182                  | EJE         |
| JM183        | 6083.223         | 6,809,285        | 986.183                  | EJE         |
| JM184        | 6083.224         | 6,809,286        | 986.184                  | EJE         |
| JM185        | 6083.225         | 6,809,287        | 986.185                  | EJE         |
| JM186        | 6083.226         | 6,809,288        | 986.186                  | EJE         |
| JM187        | 6083.227         | 6,809,289        | 986.187                  | EJE         |
| JM188        | 6083.228         | 6,809,290        | 986.188                  | EJE         |
| JM189        | 6083.229         | 6,809,291        | 986.189                  | EJE         |
| JM190        | 6083.230         | 6,809,292        | 986.190                  | EJE         |
| JM191        | 6083.231         | 6,809,293        | 986.191                  | EJE         |
| JM192        | 6083.232         | 6,809,294        | 986.192                  | EJE         |
| JM193        | 6083.233         | 6,809,295        | 986.193                  | EJE         |
| JM194        | 6083.234         | 6,809,296        | 986.194                  | EJE         |
| JM195        | 6083.235         | 6,809,297        | 986.195                  | EJE         |
| JM196        | 6083.236         | 6,809,298        | 986.196                  | EJE         |
| JM197        | 6083.237         | 6,809,299        | 986.197                  | EJE         |
| JM198        | 6083.238         | 6,809,300        | 986.198                  | EJE         |
| JM199        | 6083.239         | 6,809,301        | 986.199                  | EJE         |
| JM200        | 6083.240         | 6,809,302        | 986.200                  | EJE         |
| JM201        | 6083.241         | 6,809,303        | 986.201                  | EJE         |
| JM202        | 6083.242         | 6,809,304        | 986.202                  | EJE         |
| JM203        | 6083.243         | 6,809,305        | 986.203                  | EJE         |
| JM204        | 6083.244         | 6,809,306        | 986.204                  | EJE         |
| JM205        | 6083.245         | 6,809,307        | 986.205                  | EJE         |
| JM206        | 6083.246         | 6,809,308        | 986.206                  | EJE         |

Tabla 2. Datos obtenidos del levantamiento topográfico

| <b>Punto</b> | <b>X<br/>(m)</b> | <b>Y<br/>(m)</b> | <b>Elevación<br/>(m)</b> | <b>Tipo</b> |
|--------------|------------------|------------------|--------------------------|-------------|
| JM207        | 6083.247         | 6,809,309        | 986.207                  | EJE         |
| JM208        | 6083.248         | 6,809,310        | 986.208                  | EJE         |
| JM209        | 6083.249         | 6,809,311        | 986.209                  | EJE         |
| JM210        | 6083.250         | 6,809,312        | 986.210                  | EJE         |
| JM211        | 6083.251         | 6,809,313        | 986.211                  | EJE         |
| JM212        | 6083.252         | 6,809,314        | 986.212                  | EJE         |
| JM213        | 6083.253         | 6,809,315        | 986.213                  | EJE         |
| JM214        | 6083.254         | 6,809,316        | 986.214                  | EJE         |
| JM215        | 6083.255         | 6,809,317        | 986.215                  | EJE         |
| JM216        | 6083.256         | 6,809,318        | 986.216                  | EJE         |
| JM217        | 6083.257         | 6,809,319        | 986.217                  | EJE         |
| JM218        | 6083.258         | 6,809,320        | 986.218                  | EJE         |
| JM219        | 6083.259         | 6,809,321        | 986.219                  | EJE         |
| JM220        | 6083.260         | 6,809,322        | 986.220                  | EJE         |
| JM221        | 6083.261         | 6,809,323        | 986.221                  | EJE         |
| JM222        | 6083.262         | 6,809,324        | 986.222                  | EJE         |
| JM223        | 6083.263         | 6,809,325        | 986.223                  | EJE         |
| JM224        | 6083.264         | 6,809,326        | 986.224                  | EJE         |
| JM225        | 6083.265         | 6,809,327        | 986.225                  | EJE         |
| JM226        | 6083.266         | 6,809,328        | 986.226                  | EJE         |
| JM227        | 6083.267         | 6,809,329        | 986.227                  | EJE         |
| JM228        | 6083.268         | 6,809,330        | 986.228                  | EJE         |
| JM229        | 6083.269         | 6,809,331        | 986.229                  | EJE         |
| JM230        | 6083.270         | 6,809,332        | 986.230                  | EJE         |
| JM231        | 6083.271         | 6,809,333        | 986.231                  | EJE         |
| JM232        | 6083.272         | 6,809,334        | 986.232                  | EJE         |
| JM233        | 6083.273         | 6,809,335        | 986.233                  | EJE         |
| JM234        | 6083.274         | 6,809,336        | 986.234                  | EJE         |
| JM235        | 6083.275         | 6,809,337        | 986.235                  | EJE         |
| JM236        | 6083.276         | 6,809,338        | 986.236                  | EJE         |
| JM237        | 6083.277         | 6,809,339        | 986.237                  | EJE         |
| JM238        | 6083.278         | 6,809,340        | 986.238                  | EJE         |
| JM239        | 6083.279         | 6,809,341        | 986.239                  | EJE         |
| JM240        | 6083.280         | 6,809,342        | 986.240                  | EJE         |
| JM241        | 6083.281         | 6,809,343        | 986.241                  | EJE         |
| JM242        | 6083.282         | 6,809,344        | 986.242                  | EJE         |
| JM243        | 6083.283         | 6,809,345        | 986.243                  | EJE         |
| JM244        | 6083.284         | 6,809,346        | 986.244                  | EJE         |

Tabla 2. Datos obtenidos del levantamiento topográfico

| <b>Punto</b> | <b>X<br/>(m)</b> | <b>Y<br/>(m)</b> | <b>Elevación<br/>(m)</b> | <b>Tipo</b> |
|--------------|------------------|------------------|--------------------------|-------------|
| JM245        | 6083.285         | 6,809,347        | 986.245                  | EJE         |
| JM246        | 6083.286         | 6,809,348        | 986.246                  | EJE         |
| JM247        | 6083.287         | 6,809,349        | 986.247                  | EJE         |
| JM248        | 6083.288         | 6,809,350        | 986.248                  | EJE         |
| JM249        | 6083.289         | 6,809,351        | 986.249                  | EJE         |
| JM250        | 6083.290         | 6,809,352        | 986.250                  | EJE         |
| JM251        | 6083.291         | 6,809,353        | 986.251                  | EJE         |
| JM252        | 6083.292         | 6,809,354        | 986.252                  | EJE         |
| JM253        | 6083.293         | 6,809,355        | 986.253                  | EJE         |
| JM254        | 6083.294         | 6,809,356        | 986.254                  | EJE         |
| JM255        | 6083.295         | 6,809,357        | 986.255                  | EJE         |
| JM256        | 6083.296         | 6,809,358        | 986.256                  | EJE         |
| JM257        | 6083.297         | 6,809,359        | 986.257                  | EJE         |
| JM258        | 6083.298         | 6,809,360        | 986.258                  | EJE         |
| JM259        | 6083.299         | 6,809,361        | 986.259                  | EJE         |
| JM260        | 6083.300         | 6,809,362        | 986.260                  | EJE         |
| JM261        | 6083.301         | 6,809,363        | 986.261                  | EJE         |
| JM262        | 6083.302         | 6,809,364        | 986.262                  | EJE         |
| JM263        | 6083.303         | 6,809,365        | 986.263                  | EJE         |
| JM264        | 6083.304         | 6,809,366        | 986.264                  | EJE         |
| JM265        | 6083.305         | 6,809,367        | 986.265                  | EJE         |
| JM266        | 6083.306         | 6,809,368        | 986.266                  | EJE         |
| JM267        | 6083.307         | 6,809,369        | 986.267                  | EJE         |
| JM268        | 6083.308         | 6,809,370        | 986.268                  | EJE         |
| JM269        | 6083.309         | 6,809,371        | 986.269                  | EJE         |
| JM270        | 6083.310         | 6,809,372        | 986.270                  | EJE         |
| JM271        | 6083.311         | 6,809,373        | 986.271                  | EJE         |
| JM272        | 6083.312         | 6,809,374        | 986.272                  | EJE         |
| JM273        | 6083.313         | 6,809,375        | 986.273                  | EJE         |
| JM274        | 6083.314         | 6,809,376        | 986.274                  | EJE         |
| JM275        | 6083.315         | 6,809,377        | 986.275                  | EJE         |
| JM276        | 6083.316         | 6,809,378        | 986.276                  | EJE         |
| JM277        | 6083.317         | 6,809,379        | 986.277                  | EJE         |
| JM278        | 6083.318         | 6,809,380        | 986.278                  | EJE         |
| JM279        | 6083.319         | 6,809,381        | 986.279                  | EJE         |
| JM280        | 6083.320         | 6,809,382        | 986.280                  | EJE         |
| JM281        | 6083.321         | 6,809,383        | 986.281                  | EJE         |
| JM282        | 6083.322         | 6,809,384        | 986.282                  | EJE         |

Tabla 2. Datos obtenidos del levantamiento topográfico

| Punto | X<br>(m) | Y<br>(m)  | Elevación<br>(m) | Tipo |
|-------|----------|-----------|------------------|------|
| JM283 | 6083.323 | 6,809,385 | 986.283          | EJE  |
| JM284 | 6083.324 | 6,809,386 | 986.284          | EJE  |
| JM285 | 6083.325 | 6,809,387 | 986.285          | EJE  |
| JM286 | 6083.326 | 6,809,388 | 986.286          | EJE  |
| JM287 | 6083.327 | 6,809,389 | 986.287          | EJE  |
| JM288 | 6083.328 | 6,809,390 | 986.288          | EJE  |
| JM289 | 6083.329 | 6,809,391 | 986.289          | EJE  |
| JM290 | 6083.330 | 6,809,392 | 986.290          | EJE  |
| JM291 | 6083.331 | 6,809,393 | 986.291          | EJE  |

Con esta información se pudo realizar la traza urbana de la comunidad de Jesús del Monte, Figura 4.

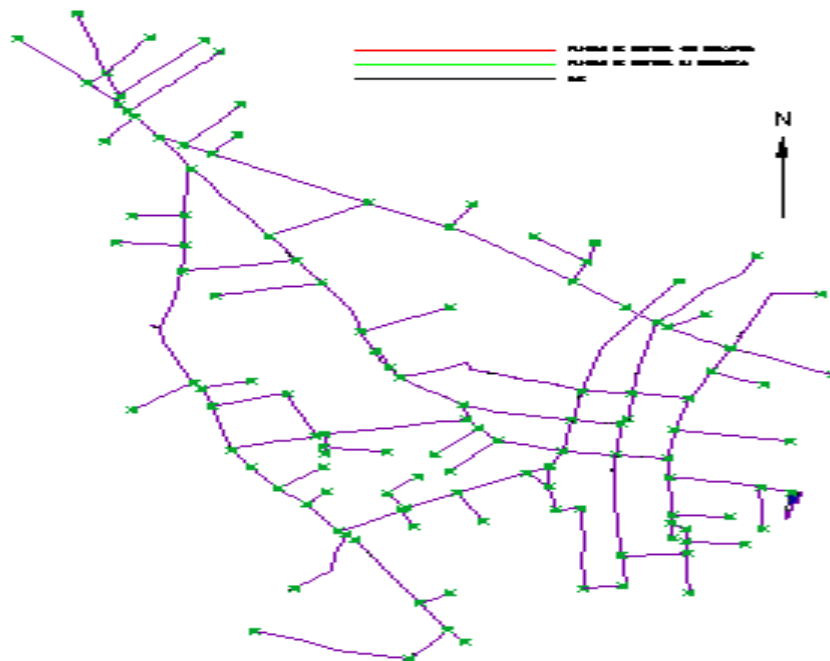


Figura 4. Trazo urbana de la comunidad de Jesús del Monte

## **6. ESTUDIOS DE OFICINA**

### **Estudio de la dotación**

La dotación es la cantidad de agua que se la asigna a cada habitante para su consumo, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual y sus unidades están dadas en L/habitante/día.

La dotación se obtiene por medio de un estudio de demandas, pero cuando esto no es posible se emplea la tabla de demandas que considera el número total de habitantes y la temperatura media anual de la localidad, proporcionada por la CONAGUA.

### **Consumo**

La parte del suministro de agua potable que se utiliza sin considerar las pérdidas, se conoce como consumo y se expresa en m<sup>3</sup>/día o L/habitante/día.

El consumo se valora de acuerdo al tipo de usuario y se divide según su uso en: doméstico y no-doméstico, éstos a su vez se subdividen según las clases socioeconómicas de la población.

### ***Consumo doméstico***

Es la cantidad de agua que se utiliza en las viviendas y depende básicamente del clima y de la clase socioeconómica de los usuarios y varía en algunos casos por las siguientes causas, presión del agua en la red, existencia de alcantarillado sanitario, costo del agua. Para utilizar los valores de este parámetro, se recomiendan los que el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), encontró en un estudio realizado en la República Mexicana.

Para el cálculo de la dotación a la población se define a partir de la clasificación socioeconómica de la población y del clima, Tablas 3 y 4, datos propuestos por la CONAGUA.

Tabla 3. Definición de la clase socioeconómica

| <b>Clase socioeconómica</b> | <b>Descripción del tipo de vivienda</b>                                                                                           |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Residencial                 | Casas solas o departamentos de lujo, que cuentan con dos o más baños, jardín grande, cisterna, lavadora, etc.                     |
| Media                       | Casas y departamentos que cuentan con uno o dos baños, jardín mediano y tinaco                                                    |
| Popular                     | Vecindades y casas habitadas por una o varias familias de las cuales cuentan con jardín pequeño con un solo baño o compartiéndolo |

Tabla 4. Definición del tipo de clima

| <b>Temperatura media anual en °C</b> | <b>Tipo de clima</b> |
|--------------------------------------|----------------------|
| Mayor de 22                          | Cálido               |
| De 18 a 22                           | Semicálidos          |
| De 12 a 17.9                         | Templado             |
| De 5 a 11.9                          | Semifrío             |
| Menor a 5                            | Frío                 |

Para elegir la dotación, se tiene que es una población media la cual presenta un clima semicálidos, por lo tanto se le asigna una dotación determinada por habitante al día tomando como referencia los valores de la Tabla 5.

Tabla 5. Dotación en litros por habitante al día

| <b>Clima</b> | <b>Residencial</b> | <b>Media</b> | <b>Popular</b> |
|--------------|--------------------|--------------|----------------|
| Cálido       | 400                | 230          | 185            |
| Semicálido   | 300                | 205          | 130            |
| Templado     | 200                | 195          | 100            |

## Población de proyecto

La población de proyecto, también conocida como población futura se definirá basándose en el crecimiento histórico de la localidad y los años a los que se proyectará irán de acuerdo con el tipo de población, considerando lo siguiente: población rural hasta 2 500 habitantes, se proyectará de 8 o 10 años. Población urbana mayor a 2 500 habitantes, se proyectará de 15 o 20 años. Considerando la información sobre las zonas habitacionales, es necesario definir la población actual correspondiente. Este dato se puede obtener mediante la revisión de los tres últimos censos elaborados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), realizando el cálculo conveniente, el valor obtenido deberá ser comparado con los datos que sobre las acometidas de energía eléctrica tenga registradas la Comisión Federal de Electricidad (CFE), o efectuando directamente un censo a la localidad en cuestión. La población más reciente es la del censo del año 2010, fue de 4 182 habitantes. La población a futuro se calculó para 20 años, o sea para el año 2036. Se calculó utilizando cuatro métodos y de los cuatro resultados se obtuvo el promedio, resultando una población de proyecto de 6 569 habitantes.

## Fuentes de abastecimiento

Visitamos el manantial “El Ojo de Agua”, Figura 5, el cual se encuentra dentro de las instalaciones del gimnasio del Instituto Tecnológico de Monterrey (ubicado en la zona de Altozano) y el cual descarga a un tanque de almacenamiento de aproximadamente 16 m<sup>3</sup>, actualmente dicho manantial sigue siendo parte de la localidad de Jesús del Monte teniendo los derechos de su usufructo por parte de la CONAGUA. En este manantial se realizó un aforo con un medidor electrónico al determinar la velocidad del flujo por el área de la sección transversal resultó un gasto de 0.0012 L/s.



Figura 5. Tanque de captación del manantial “El Ojo de Agua”

También se realizó una visita al manantial “El Mastranto”, Figura 6, el cual se alimenta del acuífero Ojo de Agua teniendo un tanque de aproximadamente 16 m<sup>3</sup>, con una bomba sumergible. Cuenta con un vertedor de excedencias que a su vez descarga a un humedal

natural en el cual abundan la chuspata, el carrizo, árboles como el pirul, el sauce, también habitan una comunidad de garzas todo esto como parte de la flora y fauna endémicas de la región. En este caso no fue posible medir el caudal debido a que el tanque tiene un nivel de agua de 2.60 m lo cual hizo inaccesible dado que la descarga con esa altura se encontraba ahogada dentro del tanque.



Figura 6. Manantial “El Mastranto”

Actualmente a pesar de contar con sistema de bombeo a la línea de abastecimiento, este flujo no entra en la red de agua potable debido a que se ubica en una zona baja y al existir vecinos propietarios en la parte superior de este sector descargan sus aguas residuales en fosas sépticas que ocasionan la infiltración por el terreno natural contaminando el líquido de este lugar siendo necesario resolver este problema para lo cual se propone que los colindantes cuenten con un sistema de bombeo de aguas residuales que descargue en un colector aguas arriba y que conecta a la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad.

En los manantiales “Ojo de Agüita” y “El Agua Zarca” no fue posible realizar un aforo dado que se trata de estanques naturales donde el agua se encuentra estática y su uso es meramente para abastecer una zona de lavaderos de uso doméstico para amas de casa cuando escasea el agua en la red de distribución.

“El Peral”, el manantial de dicho nombre se ubica en la sierra de San Miguel del Monte hacia el sur a unos cinco kilómetros de distancia de su vecino Jesús del Monte. La diferencia del alturas, entre el manantial y los tanques es de aproximadamente 62 metros. Actualmente el gasto de este manantial llega por gravedad de una población a otra hasta los tanques que abastecen la red en estudio.

## Elección de la tubería de la red de agua potable

La rugosidad de las paredes de los canales y tuberías se determina en función del material con que están contruidos, el acabado de la construcción y el tiempo de uso. Los valores son determinados en mediciones tanto de laboratorio como en el campo. La variación de este parámetro es fundamental para el cálculo hidráulico por un lado, y para el buen desempeño de las obras hidráulicas, Tabla 6. Para nuestro caso la tubería es de PVC y el factor de fricción seleccionado fue de 0.009 mm.

Tabla 6. Valores de la rugosidad para diferentes de materiales

| Material                                                 | Rugosidad (mm) |
|----------------------------------------------------------|----------------|
| PVC y polietileno de alta densidad                       | 0.009          |
| Asbesto-cemento nuevo                                    | 0.01           |
| Asbesto-cemento usado                                    | 0.011 a 0.015  |
| Fierro fundido nuevo                                     | 0.013          |
| Fierro fundido usado                                     | 0.017          |
| Concreto liso                                            | 0.012          |
| Concreto áspero                                          | 0.016          |
| Concreto pre-esforzado                                   | 0.012          |
| Concreto con buen acabado                                | 0.014          |
| Mampostería con mortero de cemento                       | 0.02           |
| Acero soldado con revestimiento interior a base de epoxy | 0.011          |
| Acero sin revestimiento                                  | 0.014          |
| Acero galvanizado nuevo o usado                          | 0.014          |

## Datos del proyecto

El período de diseño es el intervalo de tiempo durante el cual se estima que la obra por construir llega a su nivel de saturación; este período debe ser menor que la vida útil. Los períodos de diseño están vinculados con los aspectos económicos, que están en función del costo del dinero, esto es, de las tasas de interés real, entendiéndose por tasa de interés real el costo del dinero en el mercado menos la inflación. Mientras más alta es la tasa de interés es más conveniente diferir las inversiones, lo que implica reducir los períodos de diseño. Cabe señalar que no se deben desatender los aspectos financieros, estos es, los flujos de efectivo del Organismo Operador que habrá de pagar por las obras y que la selección del período de diseño habrá de atender tanto al monto de las inversiones en valor presente como a los flujos de efectivo.

Para definir el periodo de diseño de una obra o proyecto, la CONAGUA recomienda lo siguiente:

- a) Hacer un listado de las estructuras, equipos y accesorios relevantes que integren los sistemas, para su funcionamiento y operación;
- b) Tomando como base el listado anterior se determina la vida útil de cada elemento según la Tabla 7; y,
- c) Definir el periodo de diseño de acuerdo a las recomendaciones de la CONAGUA y a la consulta del estudio de factibilidad, que se haya elaborado para la localidad.

Tabla 7. Periodo de diseño de las obras

| <b>Elemento</b>                | <b>Período de diseño (años)</b> |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Fuente: pozo o presa           | 5 hasta 50                      |
| Línea de conducción            | de 5 a 20                       |
| Planta potabilizadora          | de 5 a 10                       |
| Estación de bombeo             | de 5 a 10                       |
| Tanque                         | de 5 a 20                       |
| Red de distribución primaria   | de 5 a 20                       |
| Red de distribución secundaria | A saturación                    |
| Red de atarjeas                | A saturación                    |
| Colector y emisor              | De 5 a 20                       |
| Planta de tratamiento          | De 5 a 10                       |

## Gastos de diseño

Los gastos de diseño se calcularán tomando en cuenta la dotación y los coeficientes correspondientes, las partes integrantes del sistema de agua potable se calcularán con los gastos presentados en la Tabla 8.

Tabla 8. Gastos empleados en las diferentes obras

| <b>Obra</b>           | <b>Gasto utilizado</b> |
|-----------------------|------------------------|
| Captación             | Gasto máximo diario    |
| Línea de conducción   | Gasto máximo diario    |
| Tratamiento           | Gasto máximo diario    |
| Regularización        | Gasto máximo diario    |
| Línea de alimentación | Gasto máximo horario   |
| Red de distribución   | Gasto máximo horario   |

### ***Gasto medio diario***

El gasto medio es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio. Resultó de 11.40 L/s.

### ***Gasto máximo diario***

Este gasto es el que debe de aportar como mínimo la fuente de abastecimiento, y es el que debe llevar la línea de conducción, y con el que se calcula la capacidad de la planta potabilizadora y del tanque de regulación. Resultó de 15.97 L/s.

### ***Gasto máximo horario***

Este gasto resulta de multiplicar el gasto máximo diario por un coeficiente de variación horaria, que tiene un valor de 1.55, el valor resultante de este gasto es de 24.74 L/s.

## **Parámetros de diseño**

### ***Velocidad permisible***

Las velocidades permisibles del líquido en un conducto están gobernadas por las características del material del conducto y la magnitud de los fenómenos transitorios. Existen límites tanto inferiores como superiores. La velocidad mínima de escurrimiento se fija, para evitar la precipitación de partículas que arrastre el agua.

La velocidad máxima será aquella con la cual no deberá ocasionarse erosión en las paredes de las tuberías. En la Tabla 9 se presentan valores de estas velocidades para diferentes materiales de tubería.

### ***Presiones mínimas y máximas***

La presión mínima no deber ser menor a 15 mca en poblaciones urbanas pequeñas hasta 2 500 habitantes actuales y 10 mca en poblaciones rurales (poblaciones menores a 2 500 habitantes).

La presión estática máxima será de 50 mca. Permitiéndose en puntos aislados, presiones estáticas hasta de 70 mca, cuando el área de servicio sea de topografía muy irregular.

Tabla 9. Velocidades máxima y mínima permisibles en tuberías

| MATERIAL DE LA TUBERÍA                            | VELOCIDAD (m/s) |        |
|---------------------------------------------------|-----------------|--------|
|                                                   | MÁXIMA          | MÍNIMA |
| Concreto simple hasta 45 cm de diámetro           | 3.00            | 0.30   |
| Concreto reforzado de 60 cm de diámetro o mayores | 3.50            | 0.30   |
| Concreto presforzado                              | 3.50            | 0.30   |
| Acero con revestimiento                           | 5.00            | 0.30   |
| Acero sin revestimiento                           | 5.00            | 0.30   |
| Acero galvanizado                                 | 5.00            | 0.30   |
| Asbesto cemento                                   | 5.00            | 0.30   |
| Fierro fundido                                    | 5.00            | 0.30   |
| Hierro dúctil                                     | 5.00            | 0.30   |
| Polietileno de alta densidad                      | 5.00            | 0.30   |
| PVC (policloruro de vinilo)                       | 5.00            | 0.30   |

Nota: Las velocidades altas incrementan la magnitud de los fenómenos transitorios. La velocidad máxima en la tabla es considerando que se han resuelto los problemas asociados a fenómenos transitorios. En el libro [“Fenómenos transitorios en líneas de conducción”](#) de este Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento” se explican los estudios correspondientes.

### ***Diámetro mínimo***

El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución será de 50 mm siempre y cuando se demuestre que su capacidad sea satisfactoria para atender la demanda máxima. En ramales abiertos en extremos de la red, para atender pocos usuarios de reducida capacidad económica y en zonas donde razonablemente no se vaya a producir un aumento de densidad de población, podrá usarse el diámetro mínimo de 37.5 mm en longitudes no mayores a los 100 m. En zonas rurales el diámetro mínimo es de 37.5 mm.

### ***Zanjas para instalación de tuberías***

Las tuberías se instalan sobre la superficie o enterradas, dependiendo de la topografía, clase de tubería y tipo de terreno. Para obtener la máxima protección de las tuberías se recomienda que éstas se instalen en zanja. Además de la protección contra el paso de vehículos, el tipo de instalación que se adopte, debe considerar otros factores relacionados con la protección de la línea, como son el deterioro o maltrato de animales, la exposición a los rayos solares, variación de la temperatura, etc.

Para determinar el ancho de la zanja para alojar las tuberías, se hará con cualquiera de los siguientes criterios: para tuberías con diámetro exterior menor a 50 cm, el ancho de la zanja será el diámetro exterior más 50 cm. Para tuberías con diámetro exterior mayor o igual a 50 cm, el ancho de la zanja será el diámetro exterior más 60 cm. Los anchos de zanja que resulten de los cálculos se deberán redondear a múltiplos de cinco.

En la Tabla 10 se presentan anchos de zanja que en general cumple con estos criterios, sin embargo los valores se deben verificar.

Tabla 10. Dimensiones de zanjas y plantillas para tubería de agua potable y alcantarillado

| DIÁMETRO NOMINAL |            | ANCHO      | PROFUNDIDAD | ESPESOR DE           | VOLUMEN DE           |
|------------------|------------|------------|-------------|----------------------|----------------------|
| (cm)             | (pulgadas) | Bd<br>(cm) | H<br>(cm)   | LA PLANTILLA<br>(cm) | EXCAVACIÓN<br>(m³/m) |
| 2.5              | 1          | 50         | 70          | 5                    | 0.35                 |
| 3.8              | 1½         | 55         | 70          | 5                    | 0.39                 |
| 5.1              | 2          | 55         | 70          | 5                    | 0.39                 |
| 6.3              | 2½         | 60         | 100         | 7                    | 0.60                 |
| 7.5              | 3          | 60         | 100         | 7                    | 0.60                 |
| 10.0             | 4          | 60         | 105         | 10                   | 0.63                 |
| 15.0             | 6          | 70         | 110         | 10                   | 0.77                 |
| 20.0             | 8          | 75         | 115         | 10                   | 0.86                 |
| 25.0             | 10         | 80         | 120         | 10                   | 0.96                 |
| 30.0             | 12         | 85         | 125         | 10                   | 1.06                 |
| 35.0             | 14         | 90         | 130         | 10                   | 1.17                 |
| 40.0             | 16         | 95         | 140         | 10                   | 1.33                 |
| 45.0             | 18         | 110        | 145         | 10                   | 1.60                 |
| 50.0             | 20         | 115        | 155         | 11                   | 1.78                 |
| 61.0             | 24         | 130        | 165         | 13                   | 2.15                 |
| 76.0             | 30         | 150        | 185         | 14                   | 2.77                 |
| 91.0             | 36         | 170        | 210         | 15                   | 3.57                 |
| 107.0            | 42         | 190        | 230         | 17                   | 4.37                 |
| 122.0            | 48         | 210        | 245         | 20                   | 5.14                 |
| 162.0            | 60         | 250        | 300         | 23                   | 7.50                 |
| 183.0            | 72         | 280        | 340         | 27                   | 9.52                 |
| 213.0            | 84         | 320        | 380         | 30                   | 12.16                |
| 244.0            | 98         | 350        | 415         | 34                   | 14.53                |

Nota: En la Figura 2.5 se presenta un esquema del relleno de la zanja y de la plantilla.

Es indispensable que a la altura del lomo del tubo, la zanja tenga realmente el ancho que se indica en el Tabla 10; a partir de este punto puede dársele a sus paredes el talud necesario para evitar el empleo de ademe. Si resulta conveniente el empleo de ademe, el ancho de la zanja debe ser igual al indicado en la Tabla 10 más el ancho que ocupe el ademe.

La profundidad mínima será de 70 cm en tuberías de hasta 51 mm de diámetro y en adelante será igual al diámetro exterior del tubo, más 5 cm, más el colchón indicado en la Tabla 10.

Por lo que se refiere a la profundidad máxima, esta variará en función de las características particulares de la resistencia de la tubería que se trate, tomando en cuenta el factor de carga proporcionado por la plantilla de apoyo que se use, el peso volumétrico del material de relleno y la carga viva en la superficie.

En la Figura 7 se presenta un esquema del relleno de la zanja y de la plantilla.

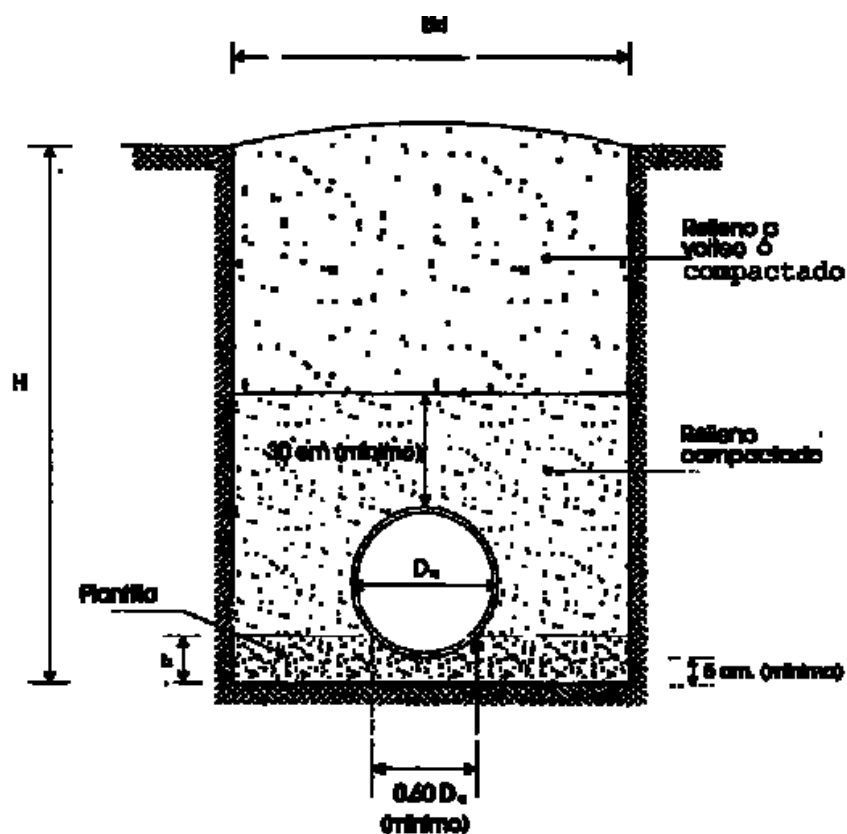


Figura 7. Esquema del relleno de la zanja y de la plantilla

La tubería de asbesto-cemento debe alojarse en zanja para obtener la máxima protección y sólo en casos excepcionales se podrá instalar superficialmente garantizando su protección y seguridad.

En el caso de tuberías de PVC su instalación se hará siempre en zanja. Por otro lado, las tuberías de acero, fierro galvanizado, concreto y fierro dúctil se podrán instalar superficialmente garantizando su protección y seguridad.

### ***Plantilla o cama***

Deberá colocarse una cama de material seleccionado libre de piedras, para el asiento total de la tubería, de tal forma que no se provoquen esfuerzos adicionales a ésta.

La plantilla o cama consiste en un piso de material fino, colocado sobre el fondo de la zanja, que previamente ha sido arreglado con la concavidad necesaria para ajustarse a la superficie externa inferior de la tubería, en un ancho cuando menos igual al 60% de su diámetro exterior (Figura 7).

El resto de la tubería debe ser cubierto hasta una altura de 30 cm arriba de su lomo con material granular fino colocado a mano y compactado cuidadosamente con equipo manual y humedad óptima, llenando todos los espacios libres abajo y adyacentes a la tubería (acostillado). Este relleno se hace en capas que no excedan de 15 cm de espesor (Figura 7). El resto de la zanja podrá ser relleno a volteo, o compactado según sea el caso: si la tubería se instala en zona urbana con tránsito vehicular intenso todo el relleno será compactado, y si se instala en zonas con pocos tránsitos vehiculares o rurales será a volteo.

Se excavará cuidadosamente las cavidades o conchas para alojar la campana o coplee de las juntas de los tubos, con el fin de permitir que la tubería se apoye en toda su longitud sobre el fondo de la zanja o de la plantilla apisonada.

Los espesores de plantilla (h) para tuberías de agua potable se muestran en la Tabla 10; el espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería será de 5 cm. En caso de instalar tubería de acero y si la superficie del fondo de la zanja lo permite, no es necesaria la plantilla. En lugares excavados en roca o tepetate duro, se preparará la plantilla de material suave que pueda dar un apoyo uniforme al tubo, con tierra o arena suelta.

## 7. ELABORACIÓN DEL PROYECTO

La red de agua potable está constituida por la línea de conducción y por la red de distribución.

### Línea de conducción

La denominada línea de conducción consiste en todas las estructuras civiles y electromecánicas cuya finalidad es la de llevar el agua desde la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización, una planta de potabilización o el sitio de consumo. La línea de conducción ya está construida y es la mostrada en la Figura 8.

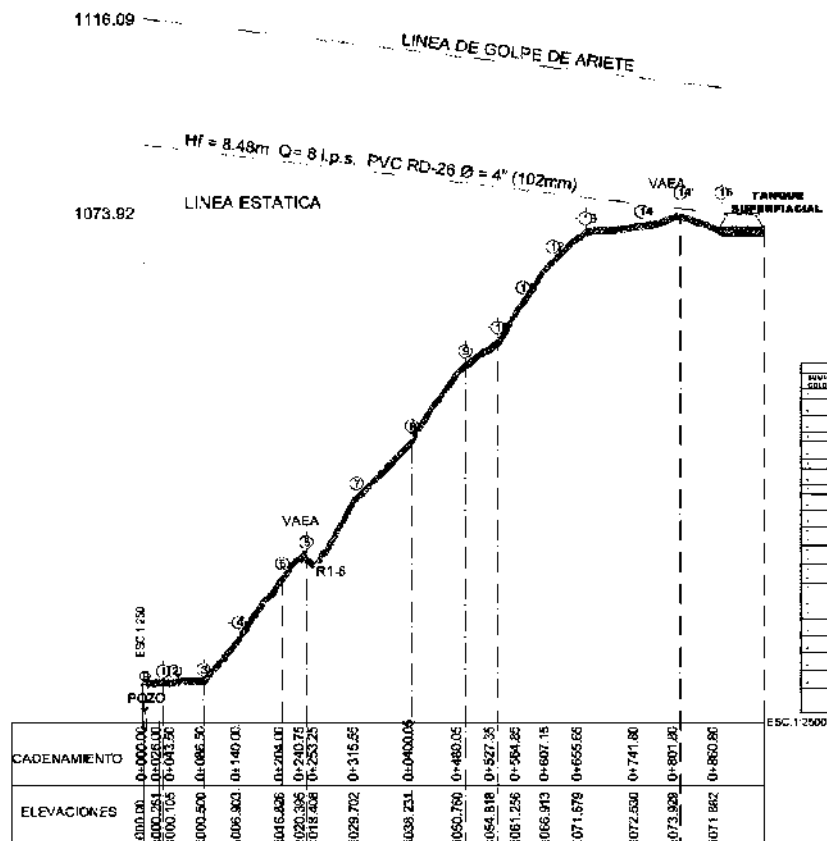


Figura 8. Línea de conducción

Como punto importante de este apartado, es indispensable establecer con claridad la diferencia entre los términos almacenamiento y regularización. La función principal del almacenamiento, es contar con un volumen de agua de reserva para casos de contingencia que tengan como resultado la falta de agua en la localidad y la regularización sirve para cambiar un régimen de abastecimiento constante a un régimen de consumo variable.

## Red de distribución de agua potable

Este sistema de tuberías es el encargado de entregar el agua a los usuarios en su domicilio, debiendo ser el servicio constante las 24 horas del día, en cantidad adecuada y con la calidad requerida para todos y cada uno de los tipos de zonas socio-económicas (comerciales, residenciales de todos los tipos, industriales, etc.) que tenga la localidad que se esté o pretenda abastecer de agua. El sistema incluye válvulas, tuberías, tomas domiciliarias, medidores y en caso de ser necesario equipos de bombeo. La propuesta de mejora de la red está dividida en dos partes: la abastecida por el tanque elevado y la abastecida por el tanque de regularización.

### *Funcionamiento general de la red de abastecimiento de agua potable*

El funcionamiento de la la red completa se muestra en la Figura 9. Donde se puede observar que se cumplen con las presiones recomendadas por la CONAGUA.

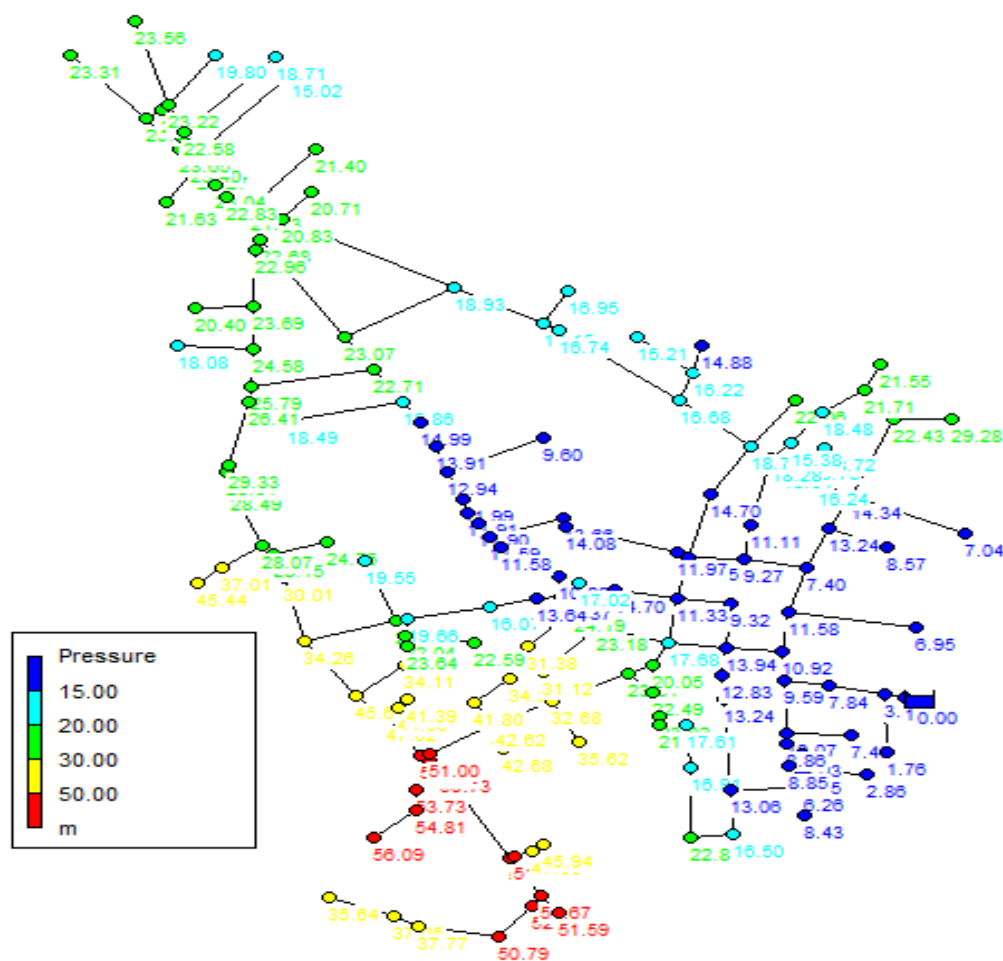


Figura 9. Funcionamiento hidráulico de la red de agua potable completa

### ***Red abastecida por el tanque elevado***

En la zona donde se tienen problemas de presión fue necesario proponer la construcción de un tanque elevado para incrementar las presiones. En la Figura 10 y en la Tabla 11 se muestran las presiones obtenidas en la red. Donde se puede observar que cumplen con las presiones recomendadas por la CONAGUA.

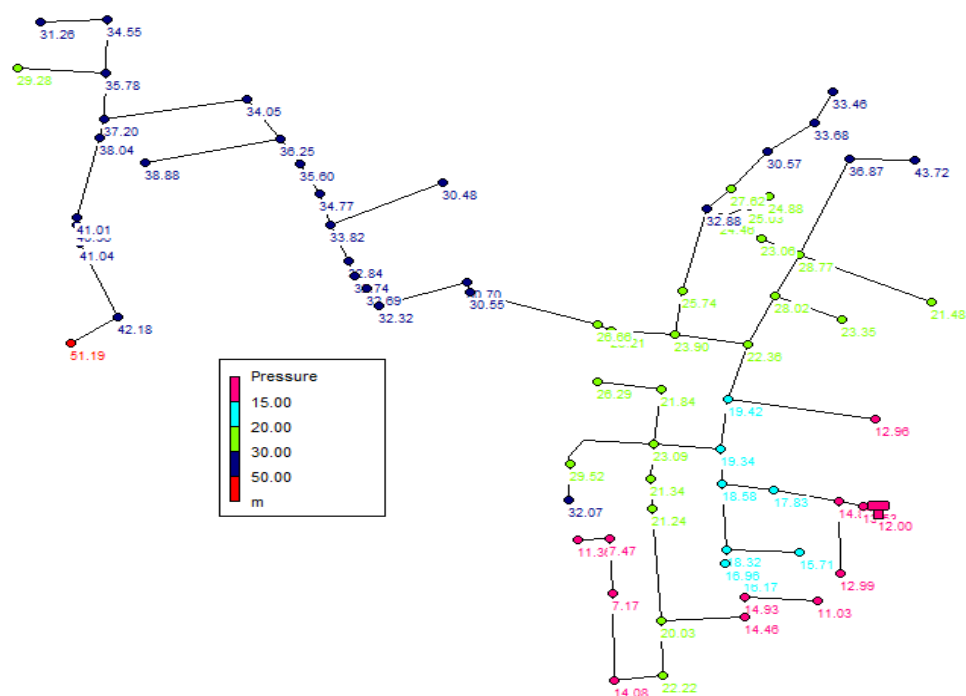


Figura 10. Red abastecida por el tanque elevado

Tabla 11. Red abastecida por el tanque elevado

| Identificador del nodo | Elevación (m) | Demanda base (L/s) | Demanda (L/s) | Carga (m) | Presión (m) |
|------------------------|---------------|--------------------|---------------|-----------|-------------|
| Junc 149               | 975.28        | 0.161              | 0.16          | 1004.8    | 29.52       |
| Junc 17                | 982.21        | 0.096              | 0.1           | 1005.3    | 23.09       |
| Junc 161               | 982.64        | 0.295              | 0.3           | 1004.48   | 21.84       |
| Junc 31                | 977.94        | 0.31               | 0.31          | 1004.23   | 26.29       |
| Junc 150               | 972.66        | 0.189              | 0.19          | 1004.73   | 32.07       |
| Junc 152               | 971.72        | 0.332              | 0.33          | 983.08    | 11.36       |
| Junc 153               | 975.74        | 0.072              | 0.07          | 983.21    | 7.47        |
| Junc 154               | 976.44        | 0.15               | 0.15          | 983.61    | 7.17        |
| Junc 155               | 970.64        | 0.239              | 0.24          | 984.72    | 14.08       |
| Junc 156               | 978.15        | 0.264              | 0.26          | 1000.37   | 22.22       |

Tabla 11. Red abastecida por el tanque elevado

| <b>Identificador del nodo</b> | <b>Elevación (m)</b> | <b>Demanda base (L/s)</b> | <b>Demanda (L/s)</b> | <b>Carga (m)</b> | <b>Presión (m)</b> |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|------------------|--------------------|
| Junc 14                       | 982.54               | 0.191                     | 0.19                 | 1002.57          | 20.03              |
| Junc 15                       | 982.38               | 0.31                      | 0.31                 | 1003.62          | 21.24              |
| Junc 16                       | 982.99               | 0.084                     | 0.08                 | 1004.33          | 21.34              |
| Junc 53                       | 964.72               | 0.13                      | 0.13                 | 998.77           | 34.05              |
| Junc 108                      | 965.84               | 0.133                     | 0.13                 | 1002.09          | 36.25              |
| Junc 116                      | 960.13               | 0.313                     | 0.31                 | 999.01           | 38.88              |
| Junc 52                       | 961.01               | 0.53                      | 0.53                 | 998.21           | 37.20              |
| Junc 100                      | 974.15               | 0.098                     | 0.1                  | 1002.92          | 28.77              |
| Junc 103                      | 975.69               | 0.275                     | 0.28                 | 1003.71          | 28.02              |
| Junc 20                       | 981.87               | 0.157                     | 0.16                 | 1004.23          | 22.36              |
| Junc 105                      | 980.86               | 0.324                     | 0.32                 | 1002.34          | 21.48              |
| Junc 101                      | 965.18               | 0.287                     | 0.29                 | 1002.05          | 36.87              |
| Junc 102                      | 958.26               | 0.148                     | 0.15                 | 1001.98          | 43.72              |
| Junc 99                       | 971.09               | 0.111                     | 0.11                 | 994.15           | 23.06              |
| Junc 98                       | 969.31               | 0.035                     | 0.04                 | 993.77           | 24.46              |
| Junc 106                      | 968.53               | 0.074                     | 0.07                 | 993.56           | 25.03              |
| Junc 107                      | 968.57               | 0.351                     | 0.35                 | 993.45           | 24.88              |
| Junc 92                       | 969.33               | 0.067                     | 0.07                 | 1002.21          | 32.88              |
| Junc 22                       | 978.42               | 0.145                     | 0.14                 | 1003.63          | 25.21              |
| Junc 21                       | 979.94               | 0.167                     | 0.17                 | 1003.84          | 23.90              |
| Junc 93                       | 977.73               | 0.354                     | 0.35                 | 1003.47          | 25.74              |
| Junc 94                       | 966.8                | 0.079                     | 0.08                 | 994.42           | 27.62              |
| Junc 95                       | 963.42               | 0.13                      | 0.13                 | 993.99           | 30.57              |
| Junc 96                       | 960.06               | 0.134                     | 0.13                 | 993.74           | 33.68              |
| Junc 97                       | 960.20               | 0.195                     | 0.19                 | 993.67           | 33.46              |
| Junc 104                      | 979.32               | 0.166                     | 0.17                 | 1002.67          | 23.35              |
| Junc 18                       | 986.18               | 0.244                     | 0.24                 | 1005.52          | 19.34              |
| Junc 19                       | 985.46               | 0.14                      | 0.14                 | 1004.88          | 19.42              |
| Junc 162                      | 989.92               | 0.336                     | 0.34                 | 1002.88          | 12.96              |
| Junc 6                        | 987.62               | 0.121                     | 0.12                 | 1006.2           | 18.58              |
| Junc 5                        | 989.53               | 0.148                     | 0.15                 | 1007.36          | 17.83              |
| Junc 3                        | 993.93               | 0.058                     | 0.06                 | 1008.8           | 14.87              |
| Junc 7                        | 986.62               | 0.184                     | 0.18                 | 1004.94          | 18.32              |
| Junc 164                      | 989.13               | 0.165                     | 0.17                 | 1004.84          | 15.71              |
| Junc 4                        | 994.73               | 0.2                       | 0.2                  | 1007.72          | 12.99              |
| Junc 2                        | 995.86               | 0.033                     | 0.03                 | 1009.39          | 13.53              |
| Junc 10                       | 988.41               | 0.051                     | 0.05                 | 1004.58          | 16.17              |
| Junc 11                       | 989.42               | 0.062                     | 0.06                 | 1004.35          | 14.93              |

Tabla 11. Red abastecida por el tanque elevado

| <b>Identificador del nodo</b> | <b>Elevación (m)</b> | <b>Demanda base (L/s)</b> | <b>Demanda (L/s)</b> | <b>Carga (m)</b> | <b>Presión (m)</b> |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|------------------|--------------------|
| Junc 12                       | 989.75               | 0.056                     | 0.06                 | 1004.21          | 14.46              |
| Junc 163                      | 993.22               | 0.165                     | 0.17                 | 1004.25          | 11.03              |
| Junc 8                        | 987.82               | 0.036                     | 0.04                 | 1004.78          | 16.96              |
| Junc 47                       | 954.79               | 0.038                     | 0.04                 | 996.97           | 42.18              |
| Junc 117                      | 945.73               | 0.131                     | 0.13                 | 996.92           | 51.19              |
| Junc 109                      | 966.71               | 0.082                     | 0.08                 | 1002.31          | 35.60              |
| Junc 110                      | 967.8                | 0.095                     | 0.09                 | 1002.57          | 34.77              |
| Junc 111                      | 968.82               | 0.088                     | 0.09                 | 1002.64          | 33.82              |
| Junc 115                      | 971.76               | 0.28                      | 0.28                 | 1002.24          | 30.48              |
| Junc 112                      | 969.89               | 0.106                     | 0.11                 | 1002.73          | 32.84              |
| Junc 113                      | 970.04               | 0.047                     | 0.05                 | 1002.78          | 32.74              |
| Junc 114                      | 970.13               | 0.099                     | 0.1                  | 1002.82          | 32.69              |
| Junc 26                       | 970.56               | 0.207                     | 0.21                 | 1002.88          | 32.32              |
| Junc 25                       | 972.43               | 0.03                      | 0.03                 | 1003.13          | 30.70              |
| Junc 24                       | 972.61               | 0.302                     | 0.3                  | 1003.16          | 30.55              |
| Junc 23                       | 976.92               | 0.037                     | 0.04                 | 1003.58          | 26.66              |
| Junc 48                       | 956.06               | 0.217                     | 0.22                 | 997.1            | 41.04              |
| Junc 49                       | 956.27               | 0.052                     | 0.05                 | 997.23           | 40.96              |
| Junc 50                       | 956.33               | 0.02                      | 0.02                 | 997.34           | 41.01              |
| Junc 51                       | 960.05               | 0.226                     | 0.23                 | 998.09           | 38.04              |
| Junc 64                       | 962.14               | 0.275                     | 0.28                 | 997.92           | 35.78              |
| Junc 65                       | 968.48               | 0.2                       | 0.2                  | 997.76           | 29.28              |
| Junc 63                       | 963.05               | 0.192                     | 0.19                 | 997.6            | 34.55              |
| Junc 66                       | 966.26               | 0.152                     | 0.15                 | 997.52           | 31.26              |
| Tank 1                        | 997.77               | #N/A                      | -11.97               | 1009.77          | 12.00              |

## Red abastecida por el tanque regularización

En la Figura 11 y en la Tabla 12 se muestran las presiones obtenidas en la red. Donde se puede observar que cumplen con las presiones recomendadas por la CONAGUA.

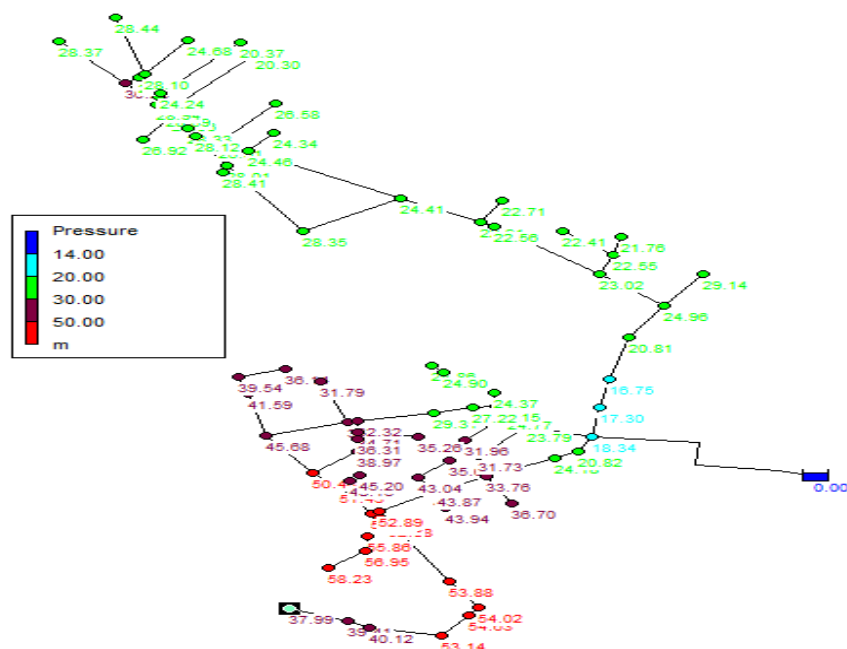


Figura 11. Red abastecida por el tanque de regularización

Tabla 12. Red abastecida por el tanque de regularización

| Identificador del nodo | Elevación (m) | Demanda base (L/s) | Demanda (L/s) | Carga (m) | Presión (m) |
|------------------------|---------------|--------------------|---------------|-----------|-------------|
| Junc 135               | 954.29        | 0.182              | 0.18          | 992.28    | 37.99       |
| Junc 134               | 953           | 0.071              | 0.07          | 992.41    | 39.41       |
| Junc 133               | 952.37        | 0.216              | 0.22          | 992.49    | 40.12       |
| Junc 132               | 940.1         | 0.134              | 0.13          | 993.24    | 53.14       |
| Junc 131               | 939.33        | 0.046              | 0.05          | 993.96    | 54.63       |
| Junc 130               | 940.01        | 0.153              | 0.15          | 994.03    | 54.02       |
| Junc 129               | 940.5         | 0.355              | 0.35          | 994.38    | 53.88       |
| Junc 128               | 942.02        | 0.037              | 0.04          | 994.9     | 52.88       |
| Junc 124               | 942.33        | 0.03               | 0.03          | 994.96    | 52.63       |
| Junc 125               | 938.91        | 0.105              | 0.1           | 994.77    | 55.86       |
| Junc 126               | 937.76        | 0.074              | 0.07          | 994.71    | 56.95       |
| Junc 127               | 936.415       | 0.143              | 0.14          | 994.64    | 58.23       |
| Junc 123               | 942.44        | 0.158              | 0.16          | 994.99    | 52.55       |
| Junc 140               | 942.28        | 0.024              | 0.02          | 995.17    | 52.89       |

Tabla 12. Red abastecida por el tanque de regularización

| <b>Identificador del nodo</b> | <b>Elevación (m)</b> | <b>Demanda base (L/s)</b> | <b>Demanda (L/s)</b> | <b>Carga (m)</b> | <b>Presión (m)</b> |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|------------------|--------------------|
| Junc 141                      | 951.11               | 0.189                     | 0.19                 | 995.64           | 44.53              |
| Junc 142                      | 951.69               | 0.087                     | 0.09                 | 995.63           | 43.94              |
| Junc 143                      | 951.78               | 0.013                     | 0.01                 | 995.65           | 43.87              |
| Junc 144                      | 952.53               | 0.089                     | 0.09                 | 995.57           | 43.04              |
| Junc 145                      | 959.9                | 0.123                     | 0.12                 | 995.53           | 35.63              |
| Junc 146                      | 962.03               | 0.165                     | 0.17                 | 995.79           | 33.76              |
| Junc 147                      | 959.01               | 0.155                     | 0.16                 | 995.71           | 36.7               |
| Junc 148                      | 971.84               | 0.22                      | 0.22                 | 996.02           | 24.18              |
| Junc 149                      | 975.28               | 0.161                     | 0.16                 | 996.1            | 20.82              |
| Junc 32                       | 977.87               | 0.305                     | 0.31                 | 996.21           | 18.34              |
| Junc 31                       | 977.94               | 0.31                      | 0.31                 | 995.24           | 17.3               |
| Junc 33                       | 972.26               | 0.195                     | 0.19                 | 996.05           | 23.79              |
| Junc 34                       | 964.15               | 0.207                     | 0.21                 | 995.88           | 31.73              |
| Junc 35                       | 971.227              | 0.084                     | 0.08                 | 996              | 24.77              |
| Junc 160                      | 963.92               | 0.179                     | 0.18                 | 995.88           | 31.96              |
| Junc 36                       | 970.739              | 0.123                     | 0.12                 | 995.89           | 25.15              |
| Junc 28                       | 971.31               | 0.181                     | 0.18                 | 995.68           | 24.37              |
| Junc 69                       | 965                  | 0.15                      | 0.15                 | 991.92           | 26.92              |
| Junc 68                       | 963.43               | 0.082                     | 0.08                 | 991.99           | 28.56              |
| Junc 70                       | 963.25               | 0.03                      | 0.03                 | 991.94           | 28.69              |
| Junc 71                       | 962.95               | 0.043                     | 0.04                 | 991.89           | 28.94              |
| Junc 72                       | 961.19               | 0.14                      | 0.14                 | 991.42           | 30.23              |
| Junc 73                       | 962.6                | 0.293                     | 0.29                 | 990.97           | 28.37              |
| Junc 81                       | 966.966              | 0.395                     | 0.4                  | 987.27           | 20.3               |
| Junc 77                       | 963.23               | 0.161                     | 0.16                 | 991.72           | 28.49              |
| Junc 74                       | 962.6                | 0.046                     | 0.05                 | 991.18           | 28.58              |
| Junc 75                       | 962.97               | 0.026                     | 0.03                 | 991.07           | 28.1               |
| Junc 76                       | 962.16               | 0.298                     | 0.3                  | 990.6            | 28.44              |
| Junc 80                       | 966.2                | 0.213                     | 0.21                 | 990.88           | 24.68              |
| Junc 78                       | 963.48               | 0.018                     | 0.02                 | 987.72           | 24.24              |
| Junc 79                       | 966.63               | 0.349                     | 0.35                 | 987              | 20.37              |
| Junc 58                       | 965.172              | 0.091                     | 0.09                 | 992.08           | 26.91              |
| Junc 59                       | 965.172              | 0.261                     | 0.26                 | 991.76           | 26.58              |
| Junc 56                       | 966.12               | 0.509                     | 0.51                 | 990.58           | 24.46              |
| Junc 57                       | 966.199              | 0.119                     | 0.12                 | 990.54           | 24.34              |
| Junc 55                       | 969.12               | 0.33                      | 0.33                 | 993.53           | 24.41              |
| Junc 82                       | 971.072              | 0.264                     | 0.26                 | 993.98           | 22.91              |
| Junc 83                       | 971.23               | 0.126                     | 0.13                 | 993.94           | 22.71              |

Tabla 12. Red abastecida por el tanque de regularización

| <b>Identificador del nodo</b> | <b>Elevación (m)</b> | <b>Demanda base (L/s)</b> | <b>Demanda (L/s)</b> | <b>Carga (m)</b> | <b>Presión (m)</b> |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|------------------|--------------------|
| Junc 85                       | 971.87               | 0.395                     | 0.4                  | 994.89           | 23.02              |
| Junc 86                       | 972.07               | 0.103                     | 0.1                  | 994.62           | 22.55              |
| Junc 88                       | 972.06               | 0.196                     | 0.2                  | 994.47           | 22.41              |
| Junc 87                       | 972.84               | 0.096                     | 0.1                  | 994.6            | 21.76              |
| Junc 84                       | 971.52               | 0.049                     | 0.05                 | 994.08           | 22.56              |
| Junc 54                       | 964.81               | 0.138                     | 0.14                 | 993.16           | 28.35              |
| Junc 61                       | 964.73               | 0.575                     | 0.57                 | 992.74           | 28.01              |
| Junc 89                       | 970.02               | 0.247                     | 0.25                 | 994.98           | 24.96              |
| Junc 91                       | 965.69               | 0.195                     | 0.19                 | 994.83           | 29.14              |
| Junc 90                       | 974.25               | 0.417                     | 0.42                 | 995.06           | 20.81              |
| Junc 22                       | 978.42               | 0.145                     | 0.14                 | 995.17           | 16.75              |
| Junc 122                      | 943.24               | 0.112                     | 0.11                 | 994.67           | 51.43              |
| Junc 45                       | 952.58               | 0.22                      | 0.22                 | 994.17           | 41.59              |
| Junc 46                       | 954.54               | 0.089                     | 0.09                 | 994.08           | 39.54              |
| Junc 119                      | 957.87               | 0.147                     | 0.15                 | 994.01           | 36.14              |
| Junc 44                       | 948.7                | 0.254                     | 0.25                 | 994.38           | 45.68              |
| Junc 121                      | 944.05               | 0.232                     | 0.23                 | 994.53           | 50.48              |
| Junc 159                      | 955.46               | 0.166                     | 0.17                 | 994.43           | 38.97              |
| Junc 157                      | 946.53               | 0.045                     | 0.05                 | 994.66           | 48.13              |
| Junc 158                      | 949.46               | 0.04                      | 0.04                 | 994.66           | 45.2               |
| Junc 43                       | 961.57               | 0.027                     | 0.03                 | 994.79           | 33.22              |
| Junc 39                       | 962.5                | 0.225                     | 0.23                 | 994.82           | 32.32              |
| Junc 40                       | 960.034              | 0.061                     | 0.06                 | 994.74           | 34.71              |
| Junc 41                       | 958.43               | 0.034                     | 0.03                 | 994.74           | 36.31              |
| Junc 42                       | 959.36               | 0.182                     | 0.18                 | 994.62           | 35.26              |
| Junc 38                       | 966.05               | 0.121                     | 0.12                 | 995.36           | 29.31              |
| Junc 37                       | 968.47               | 0.069                     | 0.07                 | 995.69           | 27.22              |
| Junc 26                       | 970.56               | 0.207                     | 0.21                 | 995.42           | 24.86              |
| Junc 27                       | 970.56               | 0.049                     | 0.05                 | 995.46           | 24.9               |
| Junc 120                      | 962.62               | 0.444                     | 0.44                 | 994.41           | 31.79              |
| Junc 62                       | 964.33               | 0.036                     | 0.04                 | 992.74           | 28.41              |
| Junc 67                       | 963.82               | 0.046                     | 0.05                 | 992.15           | 28.33              |
| Junc 60                       | 964.13               | 0.077                     | 0.08                 | 992.25           | 28.12              |
| Resvr1                        | 997.7                | #N/A                      | -13.9                | 997.7            | 0                  |

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La principal finalidad en la realización del proyecto fue la de diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable que satisfaga las necesidades y requerimientos de la localidad de Jesus del Monte, Morelia, Michoacán.

El plano de la red de agua potable se elaboró tomando como base un levantamiento topográfico, con el cual se actualizó la topografía de la comunidad.

La comunidad cuenta actualmente con un sistema de abastecimiento de agua potable que fue construido hace 28 años por lo que la necesidad de una rehabilitación es inminente.

La proyección de población fue determinada para 20 años, periodo en el cual la población de la comunidad de Jesús del Monte de 4 182 habitantes en el año 2016 pasará a ser de 6 569 habitantes en el año 2036.

Las tuberías utilizadas actualmente en la conducción del sistema de abastecimiento de la comunidad de Jesús del Monte, no son aptas para soportar las presiones a las que trabaja actualmente el sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

Abastecimiento de agua potable (Pedro Rodríguez.) Instituto tecnológico de Oaxaca

Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario (José Manuel Jiménez Terán).

Comisión Nacional del Agua (manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento).

Programa Parcial de Desarrollo Urbano de la Zona Sur de Morelia, Michoacán.

Hidráulica general, volumen 1, fundamentos / [Sotelo] / Edición 2003 / [Impreso en México].

Historia de los matlatzincas: <https://storify.com/valescamilla/rescate-de-la-gastronomia-indigena-matlatzinca>.

Breve historia/tomo 9: Jesús del Monte/[Archivo Histórico de Morelia], 2015.

Epanet 2.0, manual de usuario [United States Environmental Protección Agency / [Lewis A. Rossman, Watter supply and Wáter Resourses División, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and development, U.S. Environmental Protección Agency [Traducción al Español Grupo Interdisciplinar de Modelación de Fluidos Universidad Politécnica de Valencia España]/[[www.epanet.upv.es](http://www.epanet.upv.es)].