

# **UNIVERSIDAD DON VASCO, A. C.**

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

## **REVISIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE CAPACUARO, MICHOACÁN.**

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

presenta:

**Ricardo Medina Martínez.**

**Asesora: I.C. Sandra Natalia Parra Macías.**

Uruapan, Michoacán, Marzo del 2010.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## ÍNDICE

### **Introducción.**

Antecedentes. . . . .	1
Planteamiento del problema. . . . .	4
Objetivos. . . . .	4
Pregunta de investigación. . . . .	5
Justificación. . . . .	5
Delimitación. . . . .	6
Marco de referencia. . . . .	7

### **Capítulo 1. Datos básicos.**

1.1. Generales. . . . .	8
1.1.1. Población de proyecto. . . . .	8
1.1.1.1. Método de crecimiento por comparación. . . . .	8
1.1.1.2. Método de mínimos cuadrados.. . . .	11
1.1.2. Periodo de diseño. . . . .	15

1.1.2.1. Vida útil. . . . .	16
1.2. Proyectos de agua potable. . . . .	17
1.2.1. Consumo. . . . .	17
1.2.1.1. Consumo doméstico. . . . .	18
1.2.1.2. Consumo no doméstico. . . . .	18
1.2.2. Demanda. . . . .	20
1.2.2.1. Demanda actual. . . . .	20
1.2.2.2. Pérdidas físicas. . . . .	22
1.2.2.3. Predicción de la demanda. . . . .	23
1.2.3. Dotación. . . . .	24
1.2.4. Coeficientes de variación. . . . .	25
1.2.5. Gastos de diseño. . . . .	26
1.2.5.1. Gasto medio diario. . . . .	26
1.2.5.2. Gastos máximos diario y horario. . . . .	27
1.2.6. Velocidades máxima y mínima. . . . .	28

## **Capítulo 2. Redes de distribución de agua potable.**

2.1. Fluidos y sólidos. . . . .	29
2.2. Presión y densidad. . . . .	30
2.3. Variación de la presión en un fluido en reposo. . . . .	31
2.4. Principio de Pascal y Principio de Arquímedes. . . . .	32
2.5. Medición de la presión. . . . .	33
2.6. Tensión superficial. . . . .	34
2.7. Conceptos generales del flujo de los fluidos. . . . .	35
2.8. Trayectoria de una corriente y la ecuación de continuidad. . . . .	36
2.9. La ecuación de Bernoulli. . . . .	37
2.10. Viscosidad, turbulencia y flujo caótico. . . . .	38
2.11. Obras de conducción. . . . .	39
2.11.1. Conducción por gravedad. . . . .	40
2.11.2. Consideraciones generales. . . . .	42
2.12. Obras de regularización. . . . .	43
2.12.1. Consideraciones generales. . . . .	43
2.12.2. Capacidad de regularización. . . . .	44

2.12.3. Capacidad del tanque para demanda de incendio. . . . .	45
2.12.4. Capacidad de almacenamiento para otros casos de emergencia. . . . .	45
2.12.5. Tanques superficiales. . . . .	45
2.12.6. Tanques elevados.. . . .	46
2.13. Distribución. . . . .	46
2.13.1. Generalidades. . . . .	46
2.13.2. Componentes del sistema de distribución. . . . .	48
2.13.3. Presiones requeridas y velocidad de flujo en la red. . . . .	50

### **Capítulo 3. Resumen ejecutivo de Macro y Micro localización.**

3.1. Generalidades. . . . .	52
3.2. Resumen ejecutivo. . . . .	53
3.3. Entorno geográfico. . . . .	53
3.3.1. Macrolocalización. . . . .	53
3.3.2. Microlocalización. . . . .	54
3.3.3. Topografía regional y de la zona de estudio. . . . .	55
3.3.4. Geología regional y de la zona de estudio. . . . .	56

3.3.5. Hidrología regional y de la zona en estudio. . . . .	57
3.3.6. Uso del suelo. . . . .	58
3.4. Informe fotográfico. . . . .	58
3.4.1. Tipo de terreno y cobertura vegetal. . . . .	59
3.4.2. Estado actual. . . . .	59

#### **Capítulo 4. Metodología, análisis e interpretación de resultados.**

4.1. Método empleado. . . . .	61
4.2. Enfoque de la investigación. . . . .	62
4.2.1. Alcance. . . . .	62
4.3. Diseño de la investigación. . . . .	63
4.4. Instrumentos de recopilación de datos. . . . .	63
4.5. Descripción del proceso de investigación. . . . .	66
4.6. Análisis e interpretación de resultados. . . . .	67
<b>Conclusiones.</b> . . . . .	79
<b>Bibliografía.</b> . . . . .	81

#### **Anexos.**

# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

Al consultar la página de internet [www.lenntech.es](http://www.lenntech.es), se encontró que durante siglos los seres humanos han almacenado y distribuido el agua. En los tiempos en que el hombre era cazador y recolector utilizaba el agua de río para beber.

En Jericó, hace aproximadamente 7000 años, se empezaron a desarrollar sistemas de transporte y distribución de agua. Primeramente se hacía el transporte de ésta a través de canales sencillos excavados en la arena y las rocas, posteriormente se implementaron tubos huecos de diferentes materiales. En Egipto utilizaban árboles huecos de palmera, mientras en China y Japón se empleaba el bambú, con el tiempo implementaron cerámica, madera y metal.

En la antigua Grecia el agua proveniente de la lluvia y la extraída de pozos se utilizaba desde épocas tempranas. Como consecuencia del aumento de la población se vieron obligados al almacenamiento y distribución (a través de la construcción de una red de distribución) de la misma.

Fueron los romanos los más grandes arquitectos en construcciones de redes de distribución de agua que han existido a lo largo de la historia. Ellos aprovechaban los recursos de agua subterránea, ríos y agua de escorrentía para su aprovisionamiento.

Alrededor del año 1804, Jonh Gibb construye en Paisley, Escocia, el primer suministro de agua potable a una ciudad completa. Tres años más tarde se comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow.

El inglés James Simplón construyó en 1827 un filtro de arena para la purificación del agua potable. Hasta la fecha este filtro es considerado el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública.

“Una red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de regularización hasta la entrada de los predios de los usuarios” (Zacarías; 2002: 95)

En la Universidad Don Vasco A.C. existen algunas tesis relacionadas con este tema, como la elaborada por Carlos Alberto Caballero García en el año 2001, titulada: Sistema de agua potable para la colonia La Santa Cruz, en la que se diseña el sistema de agua potable para la colonia La Santa Cruz, proponiendo una red combinada con un circuito principal del que se derivan líneas secundarias para abarcar la totalidad de la colonia, el cálculo de la red primaria se realizó aplicando el método de Hardy-Cross, para obtenerse el gasto que teóricamente correrá por la tubería.

También se encuentra en esta biblioteca la tesis realizada por Felipe Zacarías Gómez en el año 2002, titulada: “Abastecimiento de agua potable y red de distribución para las colonias y fraccionamientos de San Rafael en la zona oriente de Uruapan, Mich.”, en ésta se realiza el cálculo de la red de abastecimiento de agua

potable y red de distribución para las colonias y fraccionamientos en San Rafael en la zona oriente de Uruapan Michoacán, empleando el método de Hardy-Cross.

Existe una tesis digital proveniente de la Universidad de Sonora, elaborada en 1996 por José Carlos Morales Soto y Octavio Caro Fabela, titulada: Red de agua potable del desarrollo habitacional Lic. Manlio Fabio Beltrones Rivera, Navojoa Sonora, en la cual se tiene como objetivo, proyectar y diagnosticar el funcionamiento hidráulico de la red de abastecimiento de agua potable para el desarrollo habitacional Lic. Manlio Fabio Beltrones Rivera en la ciudad de Navojoa Sonora. Como conclusión se encontró que los diámetros de las tuberías ya instaladas determinan los que se propusieron en ese trabajo para aquellas líneas aún no construidas. El estudio manifestó que los dos puntos de conexión a la red existente considerados son determinantes para evitar presiones excesivamente bajas sobre todo en la sección oriente del circuito; aún así, la solución hidráulica obtenida muestra valores de presiones no recomendados en esa parte de la red, con un alto riesgo de consecuencias desfavorables para el fraccionamiento Villa Dorada para cuando el desarrollo poblacional Lic. Manlio Fabio Beltrones Rivera se encuentre totalmente habitado.

## **Planteamiento del problema.**

Debido a la importancia que tiene el sistema de la red de agua potable en una comunidad, resulta de suma trascendencia el realizar un proyecto adecuado para cada una de éstas, de modo que al construir el sistema, éste sea eficiente y cumpla la función para la cual se elaboró.

Así, con esta investigación se pretende revisar si el proyecto de la red general de distribución de agua potable de la localidad de Capacuaro Michoacán es el adecuado o existe alguna mejora.

## **Objetivos.**

En el presente estudio se buscará dar cumplimiento a los siguientes objetivos.

### **Objetivo general.**

Revisar el proyecto de la red de distribución general de agua potable en la comunidad de Capacuaro, Michoacán.

Así mismo, se mencionan a continuación los objetivos específicos que han de cumplirse con este trabajo.

### **Objetivos específicos.**

- a) Definir conceptualmente qué es una red de distribución de agua potable.
- b) Mencionar los tipos de redes de distribución para el suministro de agua potable.

- c) Establecer si la red de distribución de agua potable de Capacuaro trabaja dentro de los rangos aceptables de funcionamiento.

### **Pregunta de investigación.**

¿El diseño de la red de distribución general de agua potable de Capacuaro Michoacán es el más adecuado o existirá alguna mejora?

### **Justificación.**

La revisión de la red general de distribución de agua potable en la localidad de Capacuaro Michoacán, es de suma importancia debido a que esta comunidad se encuentra en desarrollo y es conveniente saber que tan adecuado es el sistema que se implementó. Con esta investigación se beneficia el investigador, pues en base a ésta se podrá resolver la duda que la originó, así como todas aquellas personas que se interesen en el tema y acudan a este trabajo. También se benefician los alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco A.C., ya que cuentan con mayor material para profundizar en futuras investigaciones relacionadas al tema.

Se benefician además todos los habitantes de la comunidad, debido a que al contar con un proyecto adecuado a sus necesidades, su nivel de vida en cuanto a servicios se incrementa y por añadidura el factor salud se ve beneficiado de la misma manera en la comunidad, así como en las comunidades aledañas a ésta, de igual forma esto se ve reflejado a nivel país en el ámbito económico.

**Delimitación.**

La presente investigación comprende la red general de distribución de agua potable de Capacuaro, Michoacán.

Se trabajará partiendo de la existencia del proyecto de la red de distribución de agua potable de Capacuaro, proporcionado por la CAPASU, realizando una revisión del mismo, empleando como herramienta el programa CivilCAD. Cabe mencionar que no se profundizará en los aspectos relacionados a las piezas especiales.

### **Marco de referencia.**

El proyecto en estudio se encuentra localizado en Capacuaro, a 21 km de Uruapan, ambos en el estado de Michoacán. El estudio involucra a las colonias de la localidad completa. Capacuaro cuenta con 7,674 habitantes.

La orografía de la localidad está conformada de terrenos accidentales con una topografía montañosa, lomas, mesetas y llanuras.

La vegetación de Capacuaro está compuesta principalmente por un bosque de pino-encino, predominando el primero.

# **CAPÍTULO 1**

## **DATOS BÁSICOS**

En el presente capítulo se desarrollará lo referente a los conceptos básicos, como son: población de proyecto, periodo de diseño, consumo, demanda, dotación, coeficientes de variación, gastos de diseño así como velocidades máxima y mínima.

### **1.1. Generales.**

#### **1.1.1. Población de proyecto.**

De acuerdo a CNA (1994), este concepto se refiere a la totalidad del número de personas que se espera tener en una población al terminar el periodo de diseño del sistema de agua potable y alcantarillado.

El cálculo de la población futura se realiza para cada grupo demográfico, basándose en los censos pasados, tasas de crecimiento, planes de desarrollo urbano, expectativa de su desarrollo económico y la migración que presenta.

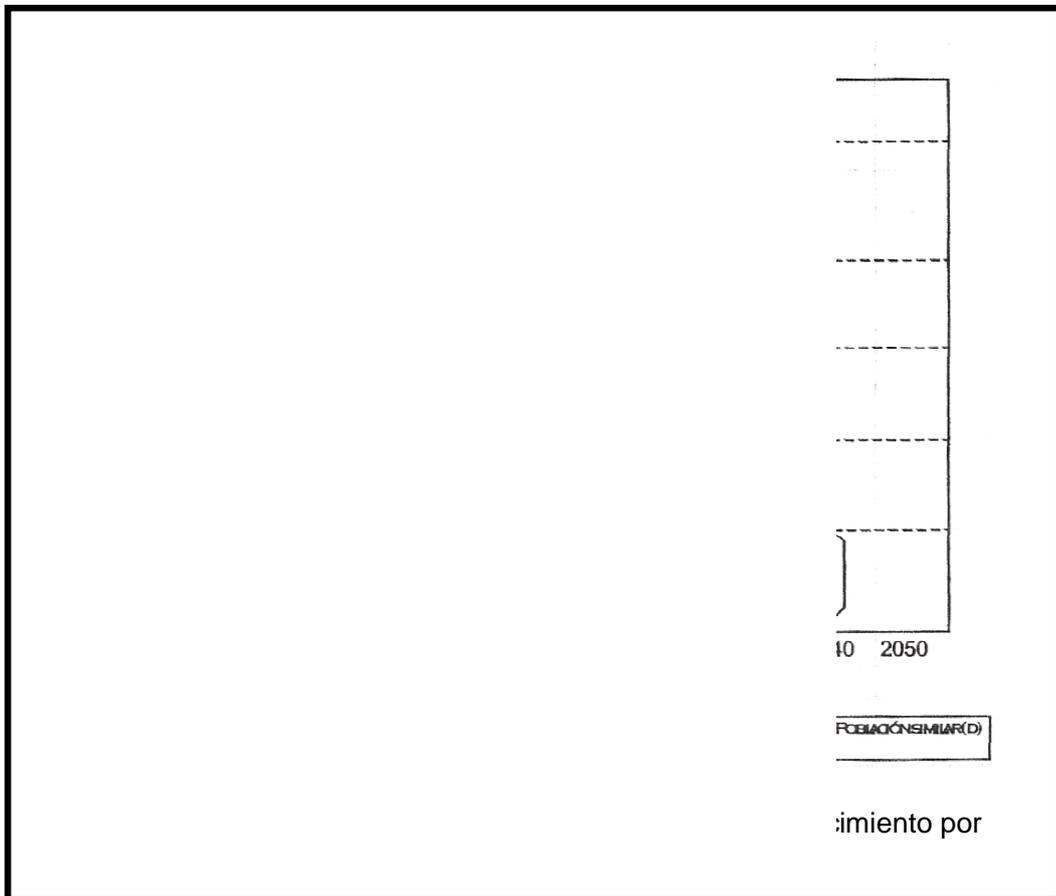
Para llevar a cabo este cálculo se recomiendan los métodos presentados a continuación:

- Método de crecimiento por comparación
- Método de ajuste por mínimos cuadrados

##### **1.1.1.1. Método de crecimiento por comparación.**

Éste consiste en hacer una comparación de la propensión del crecimiento de la población en estudio y la de otras poblaciones con más personas, que sean

parecidas en lo que respecta a lo socioeconómico, para determinar la tasa media de crecimiento de ellas. En la lámina 1 se presenta la forma gráfica de dicho método.



Los factores a tomar en cuenta para determinar la similitud son: proximidad geográfica, actividad económica, porcentajes de población de cada nivel socioeconómico, clima, costumbres, etc.

En la lámina 2 se muestra el comportamiento de la tasa de crecimiento de la población de un país en un lapso de 60 años, donde se percibe un incremento de ésta de 1950 a 1970 y donde en los últimos años la tasa de crecimiento ha bajado a pesar de que la población sigue aumentando.

Para obtener la tasa de crecimiento de la población entre dos datos de censos dados o para el año , se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{P_2 - P_1}{P_1} \times \frac{100}{n} \quad (1)$$

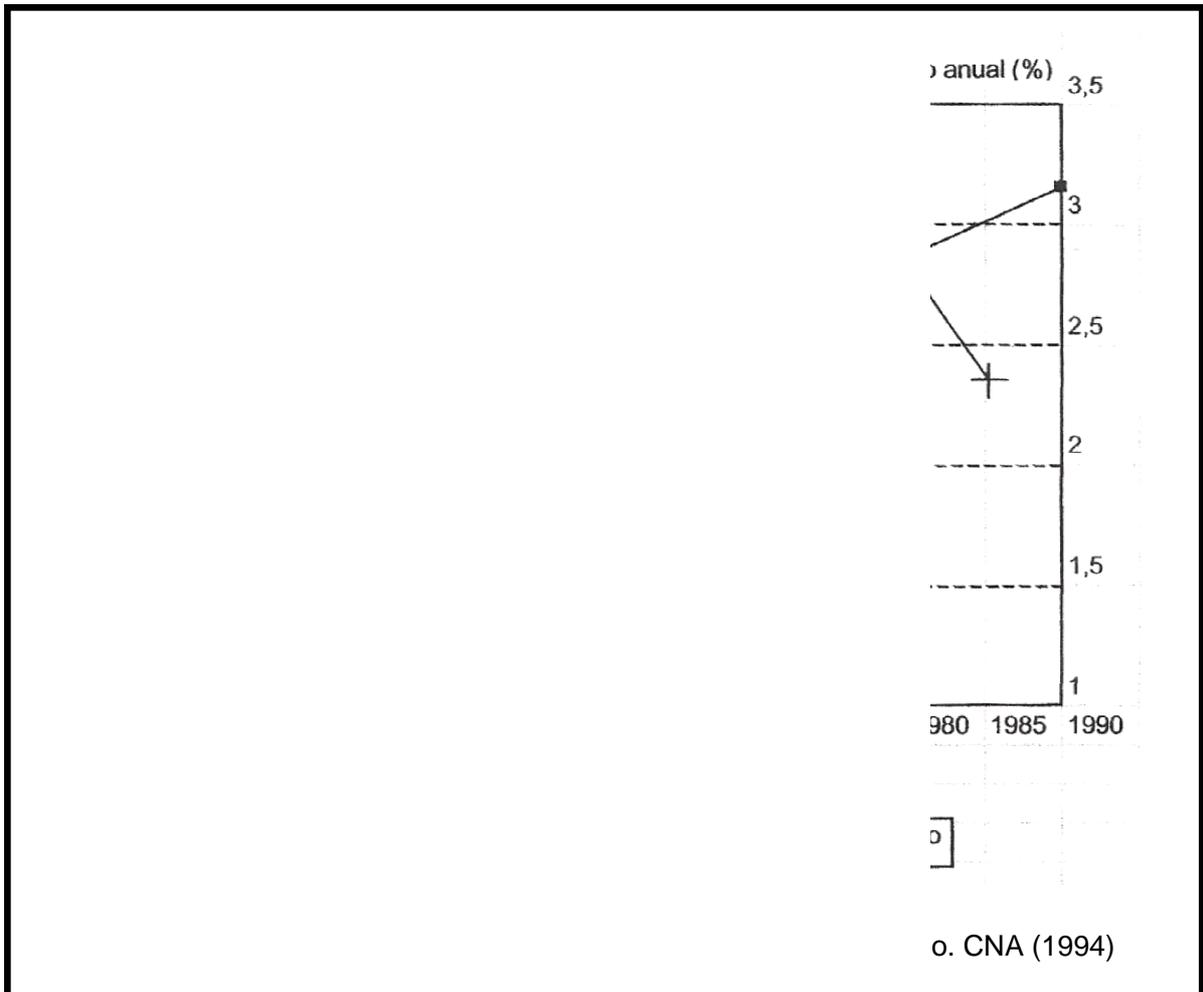
donde:

= tasa de crecimiento en el periodo

= población en al año

= población en el año

= número de años entre la población y la población



### **1.1.1.2 Método de mínimos cuadrados.**

Para este método, según CNA (1994), se requiere calcular la población de proyecto a partir de una adaptación de los resultados de censos de años pasados, a una recta o curva, de tal manera que los puntos que pertenezcan a éstas difieran lo menos posible de los datos observados.

Para establecer la población de proyecto se tendrá que elegir el modelo matemático que mejor represente el comportamiento de los datos de los censos históricos de población (lineal, exponencial, logarítmica o potencial) obteniendo las constantes "a" y "b" conocidos como coeficientes de regresión.

Hay un criterio que ayuda a determinar que tan acertada fue la elección de la curva o recta de ajuste a los datos de los censos, a este se le llama coeficiente de correlación "r", su rango de variación es de -1 a +1 y según su valor absoluto se acerque más al 1 el ajuste del modelo a los datos será más aceptable.

Ahora se presentarán varios modelos de ajuste, donde se definen las expresiones para el cálculo de los coeficientes "a", "b" y "r".

#### **Ajuste lineal**

Éste se da en el caso de que los valores de los censos pasados, graficados como población en el eje de las ordenadas y los años en el de las abscisas se ajusten a una recta, se utiliza la siguiente expresión característica, que da el valor de la población para calcular el año, "t":

$$P = a + bt \quad (2)$$

Para determinar los valores de “a” y “b” se utilizarán las ecuaciones que se expresan a continuación:

$$a = \frac{\sum P_i - b \sum t_i}{N} \quad (3)$$

$$b = \frac{N \sum t_i P_i - \sum t_i \sum P_i}{N \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} \quad (4)$$

donde:

N = Número total de datos

$\sum t_i$  = Suma de los años con información

$\sum P_i$  = Suma del número de habitantes

Cuando ya se obtuvo el comportamiento histórico de los datos censales mediante el ajuste lineal, se calcula la población para cualquier año posterior, sustituyendo el valor de “t” en la ecuación 2.

El coeficiente de correlación “r” para el ajuste lineal se calcula de la siguiente manera:

$$r = \frac{N \sum t_i P_i - \sum t_i \sum P_i}{\sqrt{[N \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2][N \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2]}} \quad (5)$$

## Ajuste no lineal

Esto es cuando los datos de los censos pasados se conforman en una curva, en lugar de línea recta, estos datos se pueden acoplar a una curva exponencial, una logarítmica o una potencial.

### a) Ajuste exponencial:

La expresión general es:

$$P = ae^{bt} \quad (6)$$

donde a y b son las constantes que se obtienen mediante las ecuaciones:

$$a = e^{\left[\frac{\sum \ln P_i - b \sum t_i}{N}\right]} \quad (7)$$

$$b = \frac{N \sum t_i \ln P_i - \sum t_i \sum \ln P_i}{N \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} \quad (8)$$

donde:

ln= Logaritmo natural

Los valores de las sumatorias se obtienen de manera similar a las del ajuste lineal. Y reemplazando el valor "t" deseado se predice la población futura.

Cuando se ha obtenido el comportamiento histórico de los datos censales mediante el ajuste exponencial, se calcula la población para cualquier año posterior, reemplazando el valor del tiempo "t" en la ecuación 6.

El coeficiente de correlación para este modelo se calcula con:

$$= \frac{N \sum t_i (\ln P_i) - \sum t_i \sum \ln P_i}{\sqrt{[N \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2][N \sum (\ln P_i)^2 - (\sum \ln P_i)^2]}} \quad (9)$$

b) Ajuste logarítmico:

La expresión general de éste, es la siguiente:

$$P = a + b(\ln t) \quad (10)$$

Y la solución de los coeficientes “a” y “b” se consiguen con:

$$a = \frac{\sum P_i - b \sum \ln t_i}{N} \quad (11)$$

$$b = \frac{N \sum \ln t_i P_i - \sum \ln t_i \sum P_i}{N \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2} \quad (12)$$

Quando se consigue el comportamiento histórico de los datos censales a través del acoplamiento logarítmico, se calcula la población para cualquier año próximo, sustituyendo el valor del tiempo “t” en la ecuación 10.

El coeficiente de correlación esta dado por:

$$r = \frac{N \sum (\ln t_i) P_i - \sum \ln t_i \sum P_i}{\sqrt{[N \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2][N \sum P_i^2 - (\sum P_i)^2]}} \quad (13)$$

c) Ajuste potencial:

La expresión general está dada por:

$$P = at^b \quad (14)$$

La solución de los coeficientes “a” y “b” se obtienen como sigue:

$$a = e^{\left[\frac{\sum \ln P_i - b \sum \ln t_i}{N}\right]} \quad (15)$$

$$b = \frac{N \sum (\ln t_i)(\ln P_i) - \sum \ln t_i \sum \ln P_i}{N \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2} \quad (16)$$

Ya alcanzado el comportamiento histórico de los datos censales mediante el ajuste potencial, se calcula la población para cualquier año futuro, sustituyendo el valor del tiempo “t” en la ecuación 14.

El coeficiente de correlación esta dado por:

$$r = \frac{N \sum (\ln t_i)(\ln P_i) - \sum \ln t_i \sum \ln P_i}{\sqrt{[N \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2][N \sum (\ln P_i)^2 - (\sum \ln P_i)^2]}} \quad (17)$$

La tasa de crecimiento de la población, lograda con cualquiera de las ecuaciones de ajuste para el año “t<sub>i+1</sub>” se calcula con la ecuación 1.

Una vez que se tiene la tasa de crecimiento se puede comparar con la tasa de crecimiento histórica de la misma población o con el de otras poblaciones vecinas y determinar cuál de las correlaciones es la que más se acomoda al crecimiento de la población.

### 1.1.2. Periodo de diseño.

Se le llama así al intervalo de tiempo en el cual se calcula que la obra por construir llega a su nivel de saturación, este lapso debe ser menor que la vida útil.

Los periodos de diseño están relacionados con las situaciones económicas, que están en función del costo del dinero, o sea, de las tasas de interés real, entendiéndose ésta última como el costo del dinero en el mercado menos la inflación. Mientras más elevada es la tasa de interés es mejor diferir las inversiones, lo que conlleva a disminuir los periodos de diseño. Es necesario tenerse en cuenta que no se deben dejar de lado los aspectos financieros, es decir, los flujos de efectivo del organismo operador que pagará por las obras y que la selección del periodo de diseño habrá de atender tanto al monto de las inversiones en valor presente como a los flujos de efectivo.

Conociendo lo anterior, es recomendable que el periodo de diseño sea de 5 años, a excepción de aquellas obras en que no se puedan tener proyectos modulares (obras que son difíciles de ampliar).

Cada que se pueda se deberán hacer proyectos modulares, que dejen diferir las inversiones en el mayor tiempo posible.

#### **1.1.2.1. Vida útil.**

Éste es el tiempo que se estima que la obra sirva para los fines de diseño, sin tener gastos de operación y mantenimiento elevados, que hagan muy caro su costo o que requiera ser eliminada por deficiencia.

A este periodo lo determinan la duración misma de los materiales de los que están hechos los componentes, por lo que este periodo es más extenso que el periodo de diseño. Otros factores determinantes de la vida útil de las obras de agua

potable y alcantarillado son la calidad del agua a manejar y la operación y mantenimiento del sistema.

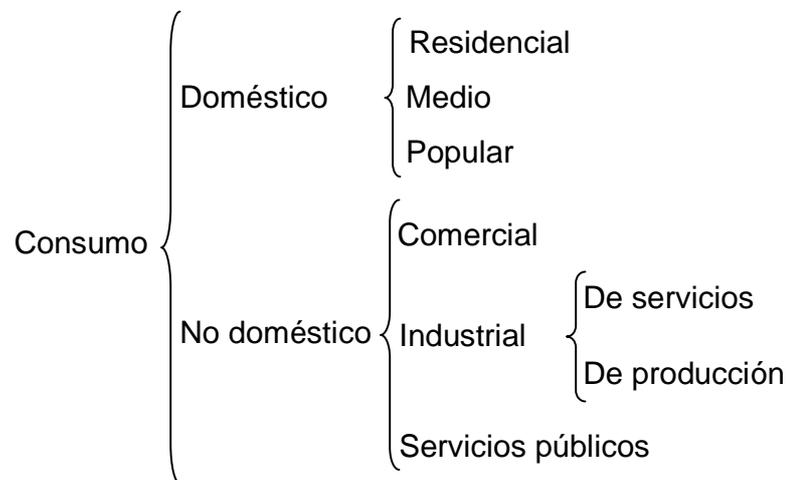
Para satisfacer adecuadamente el periodo de vida útil de cada una de las partes del sistema de agua potable, alcantarillado y saneamiento, se deben tomar en cuenta todos los factores, características y riesgos que conlleva cada proyecto.

## 1.2. Proyectos de Agua Potable.

### 1.2.1. Consumo.

Según la CNA (1994), se le llama consumo a la cantidad de agua que los usuarios utilizan, sin considerar las pérdidas en el sistema. Se expresa en unidades de  $m^3/día$  ó  $l/día$ , o cuando se trata de consumo per cápita se utiliza  $l/hab/día$ .

El consumo se determina dependiendo el tipo de usuarios, el cual se divide en doméstico y no doméstico. El consumo doméstico a su vez se divide según las clases socioeconómicas de la población en residencial, medio y popular. El consumo no doméstico incluye al comercial, industrial y de servicios públicos, y por otra parte el industrial se clasifica en industria de servicio e industria de producción.



### 1.2.1.1. Consumo doméstico.

Es el agua utilizada en las casas. Este consumo depende generalmente del clima y la clase socioeconómica de los usuarios. El consumo doméstico medio de una clase socioeconómica puede tener diferencias por diversos factores, entre las cuales están la presión de la red, la intermitencia en el servicio, la suficiencia del abastecimiento de agua, la existencia de alcantarillado sanitario y el precio del agua.

La CNA, a través del IMTA, realizó un estudio de actualización de dotaciones en el país, en el cual se obtuvieron como resultado varios valores de consumo doméstico por clase socioeconómica y clima, que se dan de una manera que ayuda al ingeniero proyectista de guía, para los casos en que éstos no cuentan con tal información de la población en estudio.

Tabla 1. Tipos de usuarios domésticos. CNA (1994)	
CLASE SOCIOECONÓMICA	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE VIVIENDA
Residencial	Casas solas o departamentos de lujo, que cuentan con 2 o más baños, jardín de 50m <sup>2</sup> o más, cisterna, lavadora.
Media	Casas y departamentos, que cuenten con uno o dos baños, jardín de 15 a 35 m <sup>2</sup> y tinaco.
Popular	Vecindades y casas habitadas por una o varias familias, que cuentan con jardín de 2 a 8 m <sup>2</sup> , con un baño o compartiéndolo.

### 1.2.1.2. Consumo no doméstico.

Consumo comercial

Se utiliza en zonas de comercio y servicios por personas que no habitan en ellas.

## Consumo Industrial

Este está constituido por el consumo por parte de de las empresas, fábricas y hoteles, se determina según el tipo de industria.

Como ya se vio en la actividad industrial, el consumo se divide en dos tipos, industrial de servicios e industrial de producción. En el primero están contemplados los hoteles y el consumo personal de los empleados y los segundos de acuerdo al tipo de industria que se trate.

No es raro que se encuentren industrias en las que el suministro de agua sea complementado con fuentes auxiliares, lo cual ayuda a disminuir el consumo de agua municipal. En estos casos es necesario determinar la cantidad de agua de la red municipal que se destinará para dicho fin, y cuánta será proporcionada por las otras fuentes, para que sólo se considere dentro del gasto de diseño el volumen que abastecerá la red.

## Usos públicos

Aquí se considera el agua que entra para el servicio de las instituciones de salud, educación, recreación, seguridad, riego de parques y jardines, combate de incendios, etc. En poblaciones pequeñas, existiendo algunas excepciones, no se cree necesario proyectar sistemas de abastecimientos de agua potable que incluyan protección contra incendios. En poblaciones medianas y grandes debe ser estudiado y justificado en cada caso, de acuerdo con las características particulares, en coordinación con el H. Cuerpo de Bomberos.

## **1.2.2. Demanda.**

### **1.2.2.1 Demanda actual.**

Es la suma de los consumos para cada tipo de usuario más las pérdidas físicas.

Se puede conseguir el tipo de usuarios de la siguiente manera:

- Consumo doméstico: multiplicando el consumo per cápita de cada sector socioeconómico por la población correspondiente.
- Consumo comercial: es el resultado del consumo de cada local por el total de locales, de los comercios que existen en el sistema.
- Consumo industrial de servicios: es el resultado de multiplicar los consumos de cada trabajador por el total de trabajadores de cada una de las industrias de la zona. Hablando de hoteles, será el consumo de cada cuarto, por el número total de cuartos.
- Consumo industrial de producción: es de acuerdo a cada industria y sus necesidades o multiplicando el consumo por unidad de producción por su volumen de producción de cada fábrica.
- Consumos públicos: resultado del consumo en hospitales y escuelas, de cada paciente o estudiante por el total de enfermos o alumnos, se debe tener en cuenta también el consumo de parques y servicios de bomberos.
- Pérdidas de agua: merma del volumen en el sistema de distribución.

La demanda está dada por cuestiones como la clase social, porcentaje de población de cada estrato socioeconómico, número de habitantes, clima, existencia de alcantarillado sanitario, tipo de abastecimiento, calidad del agua y costo del agua.

- Clase socioeconómica: esta demanda aumenta cada que el nivel económico es mayor, ya que cambian la práctica de usos del agua.
- Porcentaje de cada clase socioeconómica: mientras más residenciales mayor es el consumo.
- Tamaño de la población: mientras más crece la población mayor es la demanda, ya que aumenta el consumo de agua para uso público e industrial.
- Características de la población: el consumo per cápita depende de la actividad principal y costumbres de la población.
- Clima: en las regiones de temperatura alta es mayor la demanda que en los climas templados.
- Existencia de alcantarillado: cuando una región cuenta con un sistema como éste, aumenta la demanda de agua potable.
- Tipo de abastecimiento: cuando se cuenta con un sistema formal de abastecimiento, la demanda es mayor en comparación con las poblaciones que cuentan con un sistema más rudimentario.
- Calidad del agua: mientras más calidad tenga el agua mayor es la demanda, ya que tiene más usos.
- Precio del agua: cuando aumenta el precio del agua, la demanda baja.

### 1.2.2.2. Pérdidas físicas.

En este concepto entra el agua que se escapa por fugas en líneas de conducción, tanques, red de distribución y tomas domiciliarias.

En estudios realizados, se ha concluido que estas pérdidas se determinan a partir de muestreos de inspección y aforo (fugas en tomas domiciliarias); de medición en sectores controlados, distritos hidrométricos (fugas en tuberías principales y secundarias y pérdidas en tomas clandestinas); y de verificación de un grupo de micromedidores domiciliarios (pérdidas por mala medición).

El volumen diario de pérdidas físicas,  $V_p$ , para determinar el cálculo de las demandas y dotaciones se obtiene con la siguiente fórmula:

$$V_p = V_{fr} + V_{ft} \quad (18)$$

donde:

$V_p$ = Volumen de pérdidas, en  $m^3$

$V_{fr}$ = Volumen de fugas en red, en  $m^3$

$V_{ft}$ = Volumen de fugas en tomas domiciliarias, en  $m^3$

Las pérdidas de agua están condicionadas por factores como la presión de trabajo, calidad de la tubería y de los accesorios, proceso constructivo, tipo de material, antigüedad de los elementos del sistema y el mantenimiento preventivo y correctivo que se le aplique al sistema.

Existen factores que ayudan al proyectista para evaluar los porcentajes de las pérdidas, como los siguientes: si se cuenta con tiempo y dinero se puede establecer el valor de las pérdidas basados en un estudio de valuación, utilizando los criterios del control de fugas. También se puede considerar un valor promedio del volumen diario de pérdidas, obtenido de acuerdo a una o varias localidades parecidas en cuanto a nivel socioeconómico, tamaño de la población, número de fugas, etc., que ya tengan un estudio similar. En caso de que no se tenga información, se puede considerar un valor comprendido entre el 40% y el 60% del volumen suministrado, que es el estudio de campo realizado en 21 ciudades de la República Mexicana.

Se ha observado a nivel nacional e internacional que cuando las comunidades cuentan con un programa de detección y control de fugas, se ha reducido el porcentaje de fugas entre el 1% y 2% anual, por lo que se puede decir que en un plazo medio, es decir entre 5 y 10 años las fugas comprendan un 30%, sin embargo si este programa es eficaz y eficiente se puede llegar a reducir hasta el 20%, como ha pasado en algunas ciudades de Europa y del país, y en ciudades muy desarrolladas como es el caso de Estados Unidos de América y Canadá llega a reducirse hasta el 15% o menos.

### **1.2.2.3. Predicción de la demanda.**

Es muy importante determinar cuál será la demanda. Ésta se puede calcular en base a los consumos de las diferentes clases socioeconómicas, el comercio de la

región, industria, la demanda actual, el pronóstico de crecimiento de la población y su actividad económica.

Se deben tomar en cuenta los siguientes factores para predecir la demanda:

La proyección del volumen doméstico total se hace multiplicando los valores de las proyecciones de población de cada clase socioeconómica, por sus respectivos consumos per cápita para cada año, dentro del horizonte del proyecto.

En el caso de la industria, turismo y comercio cuando las demandas de éstos son poco significativas en relación a la demanda doméstica, y no haya proyecto de desarrollo para estos sectores, quedarán incluidas en las demandas domésticas. Pero si las demandas de estos sectores son importantes, se deberán considerar las tendencias de crecimiento histórico con los censos económicos o con proyectos de desarrollo, del sector público o de la iniciativa privada, y se aplicarán los consumos de cada sector a las proyecciones correspondientes.

Hablando de las pérdidas físicas de agua, su valor se calculará a partir de su comportamiento histórico tomando en cuenta los proyectos de mantenimiento y rehabilitación, así como el establecimiento de un programa controlador de fugas.

### **1.2.3. Dotación.**

Es la cantidad de agua que se concederá a cada habitante, teniendo en cuenta todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas del sistema, en un día medio anual. Sus unidades están dadas en l/hab/día.

La dotación media de una población se obtiene dividiendo el consumo total, que incluye el servicio doméstico, comercial, industrial y de servicios públicos, y las pérdidas físicas de agua, entre el número de habitantes de la región. Para diseñar los elementos del sistema de agua potable se calculará la dotación particular que le corresponda a cada zona, es decir habitacional, comercial o industrial.

#### **1.2.4. Coeficientes de Variación.**

Éstos se derivan de la variación de la demanda debido a los días laborales y otras actividades. La demanda del agua varía en forma diaria y horaria. Es muy importante tomar en cuenta estas variaciones para abastecer agua potable, por lo que es necesario obtener los gastos Máximo Diario y Máximo Horario, los cuales se determinan multiplicando el coeficiente de variación diaria por el gasto medio diario y el coeficiente de variación horaria por el gasto máximo diario respectivamente. La tabla 2 muestra los gastos utilizados para el diseño de las estructuras en los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Para obtener los coeficientes de variación diaria y horaria lo mejor es hacer un estudio de demanda de la localidad, haciendo uso de los criterios descritos en el estudio de actualización de dotaciones en el país. Si no pudiera llevarse a cabo esto, se deben considerar los coeficientes de variación diaria y horaria medios que se obtuvieron del estudio de actualización de dotaciones en el país llevado a cabo por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, donde se determinó la variación del consumo por hora y por día durante un periodo representativo en cada una de las estaciones del año, calculándose los coeficientes por clase socioeconómica y por

clima. Haciendo un análisis de este trabajo se nota que no existía alguna diferencia importante entre el tipo de usuarios, clima y estaciones del año, por lo que es posible utilizar los valores promedio, dados en la tabla 3.

Tabla 2. Gastos de diseño para estructuras de agua potable. CNA (1994)		
Tipo de estructura	Diseño con gasto máximo diario	Diseño con gasto máximo horario
Fuentes de abastecimiento	X	
Obra de captación	X	
Línea de conducción antes del tanque de regularización	X	
Tanque de regularización	X	
Línea de alimentación de la red		X
Red de distribución		X

Tabla 3. Coeficientes de variación diaria y horaria. CNA (1994)	
CONCEPTO	VALOR
Coeficiente de variación diaria ( $CV_d$ )	1.40
Coeficiente de variación horaria ( $CV_h$ )	1.55

### 1.2.5. Gastos de diseño.

#### 1.2.5.1. Gasto medio diario.

Es la cantidad de agua que se necesita para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio. El gasto medio diario es:

$$Q_{med} = \frac{DP}{86,400} \quad (19)$$

donde:

$Q_{med}$  = Gasto medio diario en l/s.

D = Dotación, en l/hab/día.

P = Número de habitantes.

86,400= Segundos/día.

### 1.2.5.2. Gastos máximos diario y horario.

Estos gastos son los requeridos para satisfacer las necesidades de la población en un día de máximo consumo, y a la hora de máximo consumo en un año tipo, respectivamente. Los gastos máximo diario y máximo horario se obtienen a partir del gasto medio con las siguientes expresiones:

$$Q_{Nd} = CV_d \cdot Q_{med} \quad (20)$$

$$Q_{Mh} = CV_h \cdot Q_{Md} \quad (21)$$

donde:

$Q_{Md}$  = Gasto máximo diario en l/s.

$Q_{Mh}$  = Gasto máximo horario en l/s.

$CV_d$  = Coeficiente de variación diaria.

$CV_h$  = Coeficiente de variación horaria.

$Q_{med}$  = Gasto medio diario en l/s.

### 1.2.6. Velocidades máxima y mínima.

Las velocidades aceptables del líquido en un conducto están dadas por las características del material conductor y la magnitud de los fenómenos transitorios. Hay límites 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 4 se presentan los valores de estas velocidades para diferentes materiales de tubería.

Tabla 4. Velocidades máxima y mínima permisibles en tuberías. CNA (1994)		
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:** La velocidad máxima es considerando que se han resuelto los problemas asociados a fenómenos transitorios.

## CAPÍTULO 2

### REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

En este capítulo se abordará lo referente a los conceptos comprendidos en la estática de los fluidos, dinámica de los fluidos así como los conceptos referentes a las redes de distribución de agua potable, siendo algunos de éstos, los tipos de sistemas de redes existentes, los componentes del sistema de distribución y las presiones requeridas y velocidad de flujo en la red.

#### 2.1. Fluidos y sólidos.

“El sólido conserva su forma pero el fluido fluye para adoptar la forma de su recipiente” (Resnick: 1999; 419)

De acuerdo a Resnick (1999), algunas sustancias no se pueden clasificar tan fácilmente, un ejemplo claro es el vidrio, este fluye durante un largo tiempo aunque parezca que este mantiene su forma.

La arcilla es otra sustancia en la que se mantiene su forma relativamente bien, lo cual haría pensar que es nula la posibilidad de clasificarla como un fluido, pero al emplear presión sobre esta se puede forzar a tener la forma de su recipiente.

Hay otra fase de la materia que no se puede clasificar fácilmente como sólido, líquido o gas. Un *plasma* es un gas en el que los átomos están ionizados, de tal manera que forman una mezcla eléctricamente neutra que tiene números de iones iguales cargados positivamente y electrones cargados negativamente. Esto hace que la forma en que se comporta sea diferente a la de un gas común.

Los sólidos tienen la capacidad de resistir una cantidad de esfuerzos, como pueden ser la tensión, compresión, corte, entre otros, debido a que existen fuerzas fuertes entre sus moléculas y sus moléculas están colocadas de forma ordenada.

En líquidos, las distancias intermoleculares son mayores que en los sólidos, entonces las fuerzas intermoleculares son más débiles en los líquidos que en sólidos.

En gases, las moléculas interactúan de manera débil por lo que no pueden emitir esfuerzos estáticos de tensión o de corte; por lo tanto son más compresibles que los sólidos y los líquidos.

## **2.2. Presión y densidad.**

Presión.

De acuerdo con Resnick (1999), la capacidad de fluir ocasiona que el fluido no sea capaz de resistir un esfuerzo cortante, y en circunstancias estáticas la única componente de la fuerza que se debe tomar en cuenta es la actuante en forma normal o perpendicular a la superficie del fluido.

“La magnitud de la fuerza normal por unidad de área superficial se llama presión” (Resnick: 1999; 420). La presión es una cantidad escalar (sin propiedades direccionales).

Un fluido sujeto a presión realiza una fuerza hacia afuera sobre cualquier superficie que este en unión con éste.

La fuerza  $\Delta F$  ejercida por el fluido sobre una superficie depende de la presión  $p$  de acuerdo con:

$$\Delta F = \rho \Delta A$$

donde:

$$\rho = \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

Densidad.

La densidad  $\rho$  es la masa  $\Delta m$  del elemento dividida entre su volumen  $\Delta V$ :

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

La densidad no tiene propiedades direccionales y es un escalar. Si en todos los puntos de un objeto la densidad es la misma, la densidad del objeto es igual a su masa dividida por su volumen:  $\rho = \frac{m}{V}$ , esto según Resnick (1999).

### **2.3. Variación de la presión en un fluido en reposo.**

“Si un fluido está en equilibrio, cada porción del fluido está en equilibrio”, (Resnick: 1999; 422). Si se considera una pequeña porción de volumen del fluido sumergido dentro del cuerpo del fluido, las fuerzas aplicadas sobre la porción por el fluido que lo rodea son perpendiculares a su superficie en cada punto.

La resultante horizontal es igual a cero debido a que la porción carece de aceleración horizontal. Las fuerzas horizontales son debidas a la presión del fluido y por simetría esta presión debe ser igual en todos los puntos del plano horizontal en y.

En un líquido la presión incrementa con la profundidad, pero en todos los puntos con la misma profundidad es la misma.

#### **2.4. Principio de Pascal y Principio de Arquímedes.**

“La presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente a todas las partes del fluido y a las paredes del recipiente que lo contiene”, (Resnick: 1999; 426).

En otras palabras, si se incrementa la presión en algún lugar sobre un fluido, cualquier otra parte de este fluido es afectada por el mismo incremento de presión.

Este principio es de mucha utilidad ya que es la base de la operación de los mecanismos que transmiten fuerza hidráulica, como los que hay en la maquinaria para movimiento de tierras o el sistema de frenos de automóviles. Esto hace que una fuerza pequeña se vuelva mayor para poder subir un peso mucho más grande.

La palanca es un claro ejemplo, es un aparato que se usa para levantar un cuerpo pesado aplicando una fuerza a un embolo pequeño que puede producir una fuerza mucho mayor sobre otro embolo grande, de acuerdo con Resnick (1999).

#### **Principio de Arquímedes**

“Todo cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido sufre un empuje de abajo hacia arriba por una fuerza de magnitud igual a la del peso del fluido que desaloja”, (Resnick: 1999; 428).

Un cuerpo que tiene mayor densidad que el agua expulsa un volumen de agua cuyo peso es menor que el peso del cuerpo. Por lo tanto, el cuerpo se hunde en el agua debido a que la fuerza que empuja es menor que el peso del cuerpo.

Un cuerpo que tiene una densidad menor que la del agua percibe una fuerza neta hacia arriba cuando está sumergido en su totalidad, porque el peso del agua expulsado es mayor que el peso del cuerpo. En estas condiciones el cuerpo flota en equilibrio.

## **2.5. Medición de la presión.**

En conformidad con Resnick (1999), la presión practicada por un fluido se puede medir utilizando técnicas estáticas o dinámicas. Las técnicas dinámicas están basadas en la velocidad del flujo de un fluido en movimiento.

La mayoría de los dispositivos de medición de la presión utilizan la presión atmosférica como nivel de referencia y miden la diferencia de esta presión con la presión real, a lo que se le llama presión manométrica. A la presión real en un punto de un fluido se le llama presión absoluta, que es entonces la presión atmosférica más la presión manométrica.

La presión manométrica se da arriba o debajo de la atmosférica, puede ser positiva o negativa, mientras que la absoluta siempre es positiva.

El barómetro de mercurio es un tubo largo de vidrio, lleno de mercurio y luego invertido dentro de una cubeta que contiene el mismo metal.

El barómetro es utilizado para evaluar la presión de la atmosfera, po. La columna de mercurio del barómetro tiene una altura de unos 760 mm al nivel del mar. La presión de 1 atmosfera es igual a la ejecutada por una columna de mercurio de 760 mm de altura a 0°C a gravedad normal. La densidad del mercurio a esta temperatura es de  $1.35955 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$ . 1 atmosfera equivale a:

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \text{ (} 1.013 \times 10^5 \text{ Pa)}.$$

En ocasiones las lecturas del barómetro son expresadas en torr.

$$1 \text{ torr} = 133.326 \text{ Pa}.$$

El manómetro de tubo abierto mide la presión manométrica. Está conformado por un tubo en forma de U lleno de líquido, este tubo tiene un lado que está abierto a la atmosfera y el otro conectado al sistema donde se desea medir la presión.

## **2.6. Tensión superficial.**

Frecuentemente se observa a las hojas o insectos flotar sobre la superficie del agua. No están parcialmente sumergidos, entonces no absorben el empuje como lo anuncia el principio de Arquímedes. El objeto se encuentra por completo en la superficie y nada de él está sumergido.

El objeto se mantiene flotando a causa de la tensión superficial del líquido.

Un objeto que flota, ocasiona una liviana depresión en la capa superficial del líquido, estirándola, incrementando así su energía potencial. La superficie estirada realiza una fuerza de restitución, cuya componente vertical mantiene un equilibrio con el peso del objeto.

La tensión superficial ocasiona que unas gotas suspendidas de un líquido tomen una forma esférica. Para una gota de una masa o volumen dados, la energía superficial es menor cuando el área es menor y una esfera tiene la razón de superficie/volumen más pequeña de todas las formas geométricas.

## **2.7. Conceptos generales del flujo de los fluidos.**

Algunas características generales del flujo de los fluidos:

1. El flujo de los fluidos puede ser estacionario o no estacionario. Describiendo al flujo en términos de valores de variables como presión, densidad y la velocidad del flujo en cada punto del fluido, se infiere que: si estas variables son constantes con el tiempo, entonces se dice que el flujo es estacionario. En el flujo no estacionario las velocidades  $v$  son funciones del tiempo.
2. El flujo de un fluido puede ser compresible e incompresible. Si la densidad  $\rho$  de un fluido es constante, su flujo se llama flujo incompresible. Entonces se puede suponer habitualmente que los líquidos fluyen incompresiblemente.
3. El flujo de los fluidos puede ser viscoso o no viscoso. Cuando un fluido fluye de tal manera que no desprenda energía a través de fuerzas viscosas, se dice que el fluido es no viscoso. En algunos temas, la viscosidad no es de mucha importancia y si se desprecia, se puede manejar una descripción menos complicada como flujo no viscoso.
4. El flujo de los fluidos puede ser rotatorio o no rotatorio. Si una sección del fluido en movimiento no rota alrededor de un eje que pase por el centro de la sección, el flujo es no rotatorio. Esto de acuerdo con Resnick (1999).

## 2.8. Trayectoria de una corriente y la ecuación de continuidad.

Debido a que  $v$  y  $P$  no varía con el tiempo en flujos estacionarios, cada partícula del fluido que llegue a  $P$  transitará con una velocidad igual y en una misma dirección. El tránsito de cada partícula que pase por  $P$  sigue una misma trayectoria, a la que se le llama línea de corriente.

No se pueden cruzar dos líneas de corriente entre sí, de lo contrario el flujo no sería estacionario. Suponiendo un flujo estacionario, se elige un número determinado de líneas de corriente para formar un haz en forma tubular. Esta región es llamada tubo de flujo. El límite de este tubo son líneas de corriente en donde la velocidad de las partículas fluidas es tangente. Entonces ningún fluido puede atravesar el límite del tubo de flujo, y éste se comporta como tubería, el fluido debe entrar por un lado y salir por el otro, como menciona Resnick (1999).

La ecuación de continuidad

En conformidad con Resnick (1999), esta ecuación es una ley de conservación de la materia. Esta dice que si no hay fuentes, ni sumideros la masa  $dm$  incluida en cualquier volumen  $dV$ , permanece constante.

Una ecuación de continuidad general es:

$$\frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} + \frac{\partial\rho}{\partial t} = 0$$

El elemento de volumen persiste fijo en el espacio mientras que el fluido fluye a través de él. Los tres primeros términos, cuando se los multiplican por  $dV$  dan el

flujo de salida neto de la masa de fluido que proviene del volumen en términos de su componente de velocidad  $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v_z$ .

Las ecuaciones de continuidad son comunes en física y son muy importantes no sólo en mecánica de fluidos, sino también en cualquier tema en el cual interviene el flujo.

## **2.9. La ecuación de Bernoulli.**

Esta ecuación se deriva de las leyes básicas de la mecánica newtoniana.

Se toma en cuenta un flujo estacionario, incompresible, no viscoso y no rotatorio de un fluido a lo largo de una tubería. Esta tubería consta de una sección transversal  $A_1$  a la izquierda. Esta sección es horizontal con una elevación  $y_1$  sobre algún nivel de referencia.

Progresivamente se va haciendo más ancho y se eleva hasta llegar a la parte de la derecha donde tiene una sección transversal  $A_2$ . Esa sección es horizontal y con una elevación  $y_2$ . En todos los puntos de la parte angosta de la tubería la presión es  $p_1$  y la velocidad  $v_1$ , mientras que en la parte ancha la presión es  $p_2$  y la velocidad  $v_2$ .

El teorema de trabajo-energía establece: “el trabajo efectuado por la fuerza resultante que actúa sobre un sistema es igual al cambio en la energía cinética del sistema”, (Resnick: 1999; 445).

Las fuerzas que realizan un trabajo sobre el sistema, sin tomar en cuenta las fuerzas viscosas, son las fuerzas de la presión  $p_1A_1$  y  $p_2A_2$  que se ejercen sobre los extremos a mano izquierda y derecha del sistema y la fuerza de la gravedad.

## **2.10. Viscosidad, turbulencia y flujo caótico.**

De acuerdo con Resnick (1999), la viscosidad en el flujo de los fluidos es parecida a la fricción en el meneo de los objetos sólidos. Al mover a un cuerpo sólido sobre otro, se debe suministrar una fuerza externa  $F$  que se oponga al rozamiento  $f$  si es que se quiere conservar el objeto en movimiento a una velocidad que sea constante.

La viscosidad en los líquidos surge por las fuerzas de cohesión intermoleculares. Al incrementar la temperatura, la viscosidad de un líquido baja, debido a que la energía cinética creciente de las moléculas debilita el esfuerzo de las fuerzas intermoleculares. Caso contrario es en los gases donde la viscosidad aumenta conforme aumenta la temperatura.

### Turbulencia

“Una corriente de fluido que pase por un obstáculo se rompe en remolinos y torbellinos, que dan al flujo componentes de velocidad irregulares transversales a la dirección del flujo.”, (Resnick: 1999; 454)

Un claro ejemplo de esto puede ser el ondear de una bandera al aire, como el flujo del aire no es estacionario hace un movimiento de aleteo transversal de la bandera.

En un fluido viscoso, el flujo a poca velocidad se puede clasificar como estacionario, quiere decir que las capas se resbalan suaves una sobre otra. Pero cuando la velocidad del flujo se incrementa, el movimiento es irregular, y a eso se le llama flujo turbulento, según Resnick (1999).

### Flujo caótico

Como menciona Resnick (1999), la teoría del caos logra un punto de vista diferente para explicar el origen de la turbulencia. El movimiento turbulento surge de la teoría del caos, es verdaderamente aperiódico, no simplemente la combinación de un gran número de movimientos periódicos. Hay una diferencia entre los dos casos. Si el cambio de flujo estacionario a turbulento parte por medio de un proceso de movimientos habituales ordenados, dos partículas de fluido que tienen movimiento similar en el flujo estacionario se mantendrán en estado de movimiento conectados profundamente durante el cambio al flujo turbulento.

Si el estado medio puede describirse como caótico, entonces el movimiento deja de ser susceptible de presentimiento y las dos partículas pueden hallarse en el flujo turbulento en estados de movimiento muy diferentes.

### **2.11. Obras de Conducción.**

De acuerdo a UNAM (1974), "línea de conducción" es la parte del sistema formada por la combinación de conductos, obras de arte y accesorios consignados a transportar el agua que proviene de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización, una planta potabilizadora, o la red de distribución. Su capacidad se calculará con el gasto

máximo diario, o con el que se crea más favorable tomar de la fuente de abastecimiento.

### **2.11.1. Conducción por gravedad.**

1. UNAM (1974), si se tienen canales abiertos, se ubicarán acompañando las curvas de nivel que permitan una pendiente adecuada, para que la velocidad del agua no genere erosiones ni azolves.
2. Tuberías. El uso de tuberías en conducciones admite hacer el análisis hidráulico de los conductos trabajando como canal o a presión, dependiendo de las características topográficas que existan. La velocidad mínima de escurrimiento es de 0.5 m/s, esto para evadir asentamientos de partículas que arrastra el agua.
3. El cálculo hidráulico de la tubería cuando esta actúa como canal será utilizando la formula de Manning:

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

En donde:

V = velocidad del agua, en m/s

n = coeficiente de rugosidad

R = radio hidráulico, en m.

4. Si la tubería funciona a presión, el cálculo hidráulico de la línea será usando la carga disponible para aniquilar las pérdidas por fricción solamente, aquí las pérdidas secundarias se desprecian por ser mínimas.

La fórmula que se utiliza es:

$$h_f = KLQ^2$$

en donde:

$h_f$  = pérdidas por fricción, en m.

$$K = \frac{10.3n^2}{D^{16/3}}$$

L = longitud de la conducción, en m.

Q = gasto en m<sup>3</sup>/s.

n = coeficiente de rugosidad.

D = diámetro del tubo, en m.

Conducción por bombeo

El cálculo hidráulico está basado en la fórmula:

$$h_f = KLQ^2$$

En líneas de conducción por bombeo se empleará el estudio de diámetro más económico, estableciendo el costo total de operación anual para diferentes opciones de diámetro cuyo valor mínimo será el que tenga un diámetro más barato.

Para proteger el equipo de bombeo y la tubería de conducción del golpe de ariete, es aconsejable emplear válvulas aliviadoras de presión, torres de oscilación o tanques neumáticos.

Para que se tenga un servicio continuo se deben de tener por lo menos dos equipos de bombeo en operación. Esto de acuerdo a UNAM (1974).

#### **2.11.2. Consideraciones generales.**

1. La tubería de asbesto cemento debe colocarse en zanja para tener una máxima protección y solo en algunas excepciones se instalará superficialmente.
2. Siendo cualquiera que sea el material de tuberías lo mejor sería que fueran alojadas en zanjas para su mejor protección y seguridad, pero las tuberías de acero o fierro fundido se pueden instalar superficialmente garantizando su protección y seguridad.

Las tuberías de P.V.C. siempre se instalarán en zanja.

3. Cuando el agua tenga características incrustantes, se deberá estabilizar para evitar la incrustación de tuberías.
4. Cuando el estudio económico establezca que la conducción puede ser un canal, este podrá ser abierto si la conducción agregada es muy poca y que las

pérdidas de agua no afecten el caudal a entregar. Aquí se debe potabilizar el agua.

5. Cuando la prioridad es conservar la calidad bacteriológica del agua, la conducción puede ser canal abierto y revestido.
6. Las tuberías de P.V.C. y accesorios que se utilicen deben de considerar las normas de calidad vigentes para abastecimiento de agua potable. Todo esto en conformidad con UNAM (1974).

## **2.12. Obras de Regularización.**

### **2.12.1. Consideraciones generales.**

El tipo de materiales que se desean utilizar para este tipo de obras, se deben elegir de acuerdo con un estudio económico de anteproyectos estructurales, considerando los materiales que se pueden adquirir en el lugar, calidad de mano de obra.

Para adquirir leyes de demanda y aportación de caudal, deben de colocarse medidores en tomas domiciliarias, en la captación y medidores registradores en tanques.

En lugares donde el sistema sea por gravedad y cuando la fuente tenga la capacidad necesaria para suministrar el gasto máximo horario puede excluirse el tanque regulador.

Para el cálculo estructural de distintos ejemplares de tanques deben utilizarse las especificaciones tomadas por la Subdirección de Proyectos de la Dirección General de Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillados.

Para casos donde se pueden tener futuras ampliaciones se pueden tener tanques de dos cámaras.

Es bueno que los tanques de regularización sean decorados con elementos que sean características de la S.A.H.O.P. para tener una buena forma estética.

Es aconsejable que la losa de techo tenga una pendiente del 2 por ciento para un buen escurrimiento y evitar enladrillados.

Todos los tanques deben tener algún dispositivo de medición. De conformidad con UNAM (1974)

### **2.12.2. Capacidad de regularización.**

Según UNAM (1974), la capacidad del tanque depende del gasto máximo diario y la ley de demandas de la localidad.

La capacidad de regularización se determinará en conformidad con el estudio económico del acumulado de obras integradas en el sistema.

En la memoria descriptiva y plano del proyecto de tanque, se tiene que mostrar el horario de bombeo que se tomó en cuenta para el cálculo de la capacidad de regularización del tanque.

### **2.12.3. Capacidad del tanque para demanda de incendio.**

Para ciudades donde es conveniente tomar en cuenta la demanda de incendio, la capacidad adicional del terreno regulador se establecerá de la siguiente manera:

Capacidad de incendio: 2 horas o más, según estudio hecho en cada caso del consumo para incendio, en m<sup>3</sup>.

Consumo de incendio:  $Q = \text{número de hidrantes en uso simultáneo} \times \text{gasto por hidrante}$ . Esto de acuerdo a UNAM (1974).

### **2.12.4. Capacidad de almacenamiento para otros casos de emergencia.**

En aprobación con UNAM (1974), se acepta tener un depósito de almacenamiento con la finalidad de tener agua como provisión para suministrar a una población durante el tiempo en que se interrumpa el servicio de la conducción debido a daños de la obra de captación o en el caso de aprovechamiento de canales de riego que no tienen agua todo el tiempo.

### **2.12.5. Tanques superficiales.**

Es preferible tener un depósito a nivel.

Se colocara en una elevación natural que tenga la cercanía de la zona urbana, de tal forma que la diferencia de nivel del piso del tanque al punto más alto sea de 15 metros mientras que a los puntos más bajos a suministrar sea de 45 metros. Esto en concordancia con UNAM (1974).

### **2.12.6. Tanques elevados.**

Según UNAM (1974), es aceptable construir un tanque elevado cuando no se puede instalar un tanque superficial debido a la falta de una zona urbana a una elevación natural adecuada.

La altura de la torre del tanque puede ser de 10, 15 y 20 metros como máximo, esto según la elevación del terreno en donde se va a construir y las presiones que se requieran.

### **2.13. Distribución.**

#### **2.13.1. Generalidades.**

Cuando ya se dispone de agua potable en un tanque de regularización, ésta se debe poner a disposición de los habitantes, distribuyéndola por toda la población, a través de una red de distribución. Un sistema de distribución adecuado debe ser capaz de suministrar agua potable en la cantidad adecuada y a la presión suficiente cuándo y dónde sea necesaria dentro de la zona de servicio, de conformidad con Valdez (1990).

Generalmente las redes de distribución se clasifican como sistemas en malla, sistemas ramificados y sistemas combinados. “La configuración que se dé al sistema depende principalmente de la trayectoria de las calles, topografía, grado y tipo de desarrollo del área y localización de las obras de tratamiento y regulación” (Valdez: 1990; 203).

## Sistema ramificado.

En el sistema ramificado la estructura es similar a la de un árbol. La principal fuente de suministro de agua es la línea troncal, y de ésta se derivan todas las ramas.

“Aunque estos sistemas son simples de diseñar y construir, no son favorecidos en la actualidad por las siguientes razones: 1) en los extremos finales de las ramas se pueden presentar crecimientos bacterianos y sedimentación debido al estancamiento; 2) es difícil que se mantenga una dosis de cloro residual en los extremos muertos de la tubería; 3) cuando tienen que hacerse reparaciones a una línea individual en algún punto, deben quedar sin servicio las conexiones que se encuentran más allá del punto de reparación hasta que ésta sea efectuada; y 4) la presión en los puntos terminales de las ramas puede llegar a ser indeseablemente baja conforme se hacen ampliaciones a la red.

El sistema ramificado se tiene generalmente cuando la topografía y el alineamiento de las calles no permitan tener circuitos, o bien, en comunidades con predios muy dispersos.” (Valdez: 1990; 203)

## Sistema en malla.

El rasgo característico del sistema en malla es que todas las tuberías están interconectadas y no existen terminales o extremos muertos. “En estos sistemas, el agua puede alcanzar un punto dado desde varias direcciones, superando todas las dificultades del sistema ramificado, discutido previamente. La desventaja es que el diseño de estos sistemas es algo más complicado.” (Valdez: 1990; 203)

Sistema combinado.

Dependiendo de las características de la zona, algunas ocasiones es necesario hacer ampliaciones a la red de distribución en malla con ramas abiertas, dando como resultado un sistema combinado.

“Este tipo de sistema, tiene la ventaja de permitir el uso de alimentadores en circuito que suministran agua a un área desde más de una dirección” (Valdez: 1990; 203).

### **2.13.2. Componentes del sistema de distribución.**

Tuberías.

Un sistema de distribución se conforma por una red de tuberías, ésta a su vez se compone de tuberías de alimentación, principales y secundarias; dicha designación está dada en función de su diámetro y de su posición relativa con respecto a las demás tuberías.

- a) Líneas de alimentación. “Cuando la red trabaja por gravedad, la línea de alimentación parte del tanque de regularización y termina en el lugar donde se hace la primera derivación. En esta línea fluye el total del gasto considerado, por lo tanto resulta la de diámetro mayor; esto sucede cuando se ha de proyectar un solo tanque de regularización. Cuando hay más de uno, habrá tantas líneas de alimentación como tanques se tengan, pero en todo caso, la suma de los gastos que fluye en estas líneas debe ser igual al gasto máximo horario. Cuando el sistema es por bombeo directo a la red con excedencias al

tanque, las líneas de alimentación se originan en las estaciones de bombeo y terminan en la primera inserción” (Valdez: 1990; 205).

- b) Tuberías primarias. “En el sistema de malla, son las tuberías que forman los circuitos, localizándose a distancias entre 400 y 600 m. En el sistema ramificado es la tubería troncal de donde se hacen las derivaciones. A estas líneas están conectadas las líneas secundarias o de relleno” (Valdez: 1990; 205).
- c) Tuberías secundarias o de relleno. “Una vez localizadas las tuberías de alimentación, a las tuberías restantes para cubrir el área de proyecto se les llama secundarias o de relleno” (Valdez: 1990; 205).
- d) Tomas domiciliarias. “Es la parte de la red gracias a la cual los habitantes de la población tienen agua en su propio predio” (Valdez: 1990; 205).

En función del gasto máximo horario se determinan los diámetros de las tuberías de alimentación y primarias. El diámetro mínimo a utilizar es de 100 mm, a excepción de las colonias urbanas populares, donde se puede aceptar 75 mm, y en zonas rurales hasta 50 mm de diámetro. Las tuberías que se pueden emplear son de fibrocemento clase A-5, PVC y polietileno.

“La red secundaria no se calcula hidráulicamente. Las tuberías secundarias o de relleno son de 75 ó 100 mm de diámetro mínimo. Sólo en localidades urbanas populares puede ser de 50 a 60 mm. Los materiales son los mismos que para las tuberías primarias” (Valdez: 1990; 205).

Válvulas.

Las válvulas más empleadas para redes de distribución son las de compuerta, de expulsión de aire y de retención. En tuberías que concurren en cruceros generalmente se emplean tres válvulas de compuerta y dos válvulas en todas las té. El propósito principal de estas válvulas es aislar subsecciones del sistema para reparaciones y mantenimiento. “En los puntos bajos de la red para desagüe y en los sitios altos se colocan válvulas de expulsión de aire; las válvulas de retención se usan para limitar el flujo del agua hacia una dirección. En los cruceros con válvulas debe construirse una caja adecuada para su operación, en función del diámetro, número de válvulas y su ubicación” (Valdez: 1990; 205).

### **2.13.3. Presiones requeridas y velocidad de flujo en la red.**

La buena funcionalidad de un sistema de distribución se juzga con base en las presiones disponibles para un gasto especificado. Las presiones deberán ser altas para cubrir las necesidades de los usuarios y por otra parte no deberán ser excesivas para no elevar los costos y no dañar la red interior de los edificios.

Valores de presión usuales en la red de distribución. Valdez (1990).	
Zonas	Presión disponible (kg/cm <sup>2</sup> )
Residencial de 2a.	1.5 a 2.0
Residencial de 1a.	2.0 a 2.5
Comercial	2.5 a 4.0
Industrial	3.0 a 4.0

“En el proyecto, las presiones resultantes se calculan con relación al nivel de la calle en cada cruceo de las tuberías primarias o de circuito. La presión

mínima debe ser de 15 m de columna de agua y máxima de 50 m. En el caso de localidades urbanas pequeñas se puede admitir una presión mínima de 10 m de columna de agua. Para el cálculo de la presión máxima se partirá de la elevación máxima del agua en el tanque” (Valdez; 1990: 207).

“En las localidades que presentan cambios bruscos de su topografía, es común dividir el sistema de distribución en dos o más zonas de servicio, una zona de presión alta y una zona de presión baja. Con esto se evitan las presiones excesivas en las zonas bajas cuando se requieren mantener al mismo tiempo presiones razonables en las zonas altas. Normalmente se interconectan los sistemas para casos de emergencia” (Valdez; 1990: 207).

La velocidad de flujo en la red, se recomienda para diseño partir de valores comprendidos entre 1.2 y 1.8 m/s, éstos se ajustarán en cada caso particular.

Para el diseño de la red de distribución, es necesario contar con un plano topográfico de la población a escala 1:2000 con curvas de nivel de equidistancia en los alrededores de 0.50 m o cuando menos con cotas en las intersecciones de las calles.

## CAPÍTULO 3

### RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se definirán las características del lugar donde se realizó el proyecto para conocer las condiciones en las que se encuentra, se definirá su entorno geográfico, haciendo mención a su micro y macrolocalización, así como el tipo de topografía e hidrología regional, se presentará además un informe fotográfico para conocer la situación del proyecto.

#### 3.1. Generalidades.

De acuerdo al portal de internet [www.michoacan.gob.mx](http://www.michoacan.gob.mx), la extensión territorial de Michoacán es de 59,864 km<sup>2</sup>, alrededor del 3% de la superficie total de la República Mexicana, su capital es Morelia. Michoacán se localiza en la parte centro occidente de la República Mexicana, sobre la costa meridional del Océano Pacífico, entre los 17°54'34" y 20°23'37" de latitud norte y los 100°03'23" y 103°44'09" de longitud oeste. Michoacán limita con varios estados, por el norte lo hace con Jalisco, Guanajuato y Querétaro de Arteaga, por el este con Querétaro de Arteaga, México y Guerrero, por el sur con Guerrero y el Océano Pacífico y por el oeste con el Océano Pacífico, Colima y Jalisco.

El municipio de Uruapan mantiene durante el transcurso del año y a través de sus diferentes situaciones geográficas, climas con temperaturas promedio diferentes como; Cálido sub húmedo con lluvias en verano con una temperatura promedio de 23.4 grados y una precipitación pluvial promedio anual de 1,127 mm; Semicálido

subhúmedo con lluvias en verano con una temperatura de 23 grados, precipitación promedio anual de 1,622 mm; y Templado húmedo con abundante lluvias en verano y una temperatura de 18.8°C.

### **3.2. Resumen Ejecutivo.**

Para la realización del presente proyecto se parte de la existencia del proyecto de la red de agua potable así como de las obras de la red misma, proporcionados por la CAPASU, por lo que se ha realizado el levantamiento topográfico del lugar con cotas en las intersecciones de calles.

Al visitar el lugar se observó que el suministro de agua se realiza mediante un tanque superficial localizado en la tenencia. Se observó que algunas de las tomas domiciliarias son relativamente nuevas pues varias calles se encuentra en proceso de pavimentación por lo que es necesario en muchos casos sustituir las tomas antiguas por nuevas a causa del proceso constructivo.

### **3.3. Entorno Geográfico.**

En este apartado se definirán las características geográficas, la macro y microlocalización, topografía, hidrología y geología de la región.

#### **3.3.1. Macrolocalización.**

Capacuaro, se ubica a 21 km de Uruapan Michoacán y es tenencia de la misma, cuenta con 7,674 habitantes. Uruapan se localiza al oeste del Estado, en las coordenadas 19°25' de latitud norte y 102°03' de longitud oeste, a una altura de 1,620 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Charapan, Paracho y

Nahuatzen, al este con Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan, al sur con Gabriel Zamora, y al oeste con Nuevo Parangaricutiro, Peribán y Los Reyes. Su distancia a la capital del Estado es de 120 km. La superficie de Uruapan es de 954.17 km<sup>2</sup> y representa 1.62 por ciento del total del Estado. Capacuaro cuenta con una altitud de 2,240 m. Colinda por el norte con Nurio y Paracho de Verduzco, al sur con Uruapan, al este con Turicuaro y al Oeste con San Lorenzo, como se aprecia en la figura 3.1.

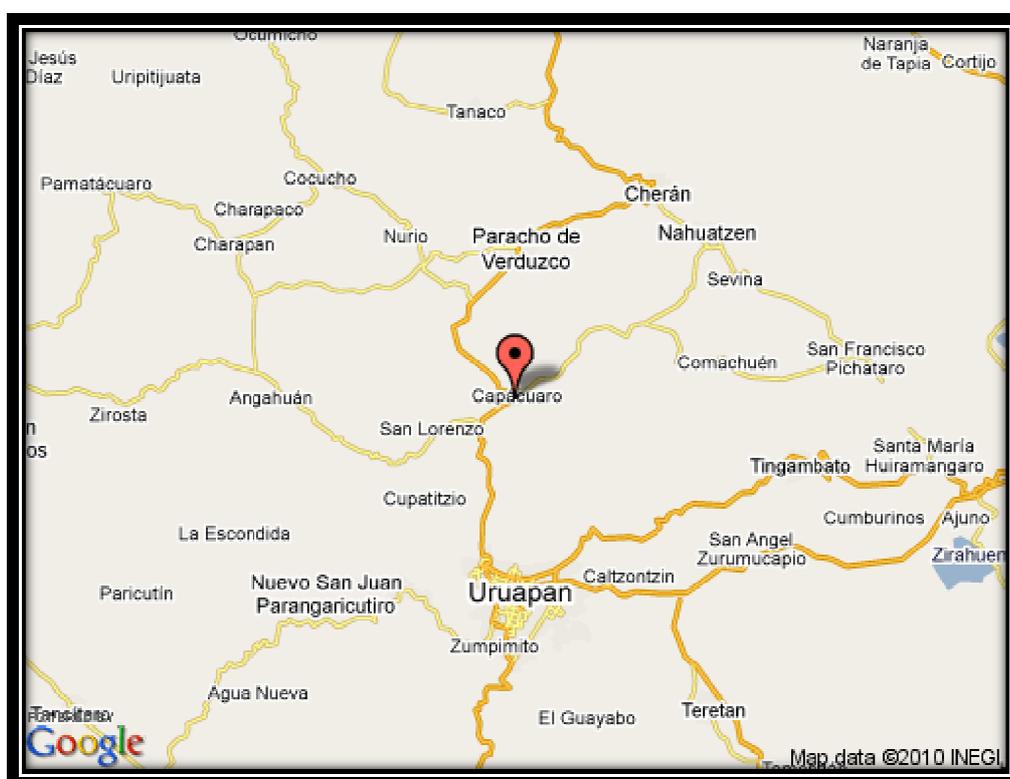


Fig. 3.1. Localización de Capacuaro Michoacán.

### 3.3.2. Microlocalización.

En la figura 3.2. se presenta una imagen satelital de Capacuaro Michoacán, objeto de la presente investigación.



Fig. 3.2. Imagen satelital Capacuaro Michoacán.

### 3.3.3. Topografía regional y de la zona de estudio.

De acuerdo a [www.e-local.gob.mx](http://www.e-local.gob.mx) la fisiografía del territorio michoacano es una de las más accidentadas de México, como consecuencia de la confluencia de cinco grandes unidades naturales, dos son las más grandes regiones montañosas: la Sierra Madre del Sur y el Sistema Volcánico Transversal.

Uruapan se incluye dentro de la sierra volcánica transversal, siendo el principal sistema montañoso del estado. La orografía de este municipio está conformada de terrenos accidentales con una topografía montañosa, lomas, mesetas y llanuras.

Las principales elevaciones del municipio de Uruapan son cinco: El Brinco con una altitud de 300 m; el cerro Angahuan con una altitud de 3,280 m; cerro El Metate 2,900 m, y cerro El Horno con 2,900 m y el cerro de la Cruz cuenta con una altitud de 2,300 m.

#### **3.3.4. Geología regional y de la zona de estudio.**

Como se mencionó anteriormente, Michoacán cuenta con dos zonas geológicas: la Sierra Madre del Sur que también pasa por Colima, Jalisco, Guerrero y México y el Sistema Volcánico Transversal que pasa también por Jalisco, Guanajuato, Querétaro y México.

Las zonas lacustres del Estado tienen una influencia muy importante en la actividad tectónica y volcánica.

Datos obtenidos en la página [cofom.michoacan.gob.mx](http://cofom.michoacan.gob.mx), dicen que la geología está constituida por rocas de un basamento metamórfico, rocas sedimentarias originadas en el Mesozoico y rocas ígneas intrusivas y extrusivas del Cenozoico. En la superficie del Eje Neovolcánico se encuentran rocas extrusivas como los basaltos, además de depósitos lacustres y depósitos de pie de monte y aluvión.

En Uruapan los suelos predominantes son andosol 74.4%, litosol 8.8%, vertisol 8%, luvisol 3.4%, feozem 2.9%, otros como acrisol, regosol y cambrisol 2.1%. Según [www.oeidrus-portal.gob.mx](http://www.oeidrus-portal.gob.mx).

### **3.3.5. Hidrología regional y de la zona en estudio.**

La hidrología de Michoacán forma parte de cuatro regiones hidrológicas: la región Lerma-Santiago al Norte del Estado; en la parte central la región del Río Balsas; al Sur Armería-Coahuayana, entre la Sierra de Coalcomán y la Zona Costera; y Ríos de la Costa. El Lerma y el Balsas son las principales arterias del Estado.

Uruapan tiene cinco ríos entre los principales, y la superficie que recorren en el mismo son: Río Cupatitzio con una superficie del municipio de 58.4%, Río Paracho con 19.6%, Río La Parota con una superficie del municipio de 15.3%, Río Itzícuaró con una superficie del municipio del 6.0% y Río Bajo Tepalcatepec ocupando una superficie en el municipio de 0.7%.

Entre los manantiales, aprovechamientos y canales más importantes del municipio se encuentran: Llanos de Uruapan, Matanguarán, Santa Bárbara, Los Conejos, La Cofradía, El Vainillo, El Cangrejo, El Sauce, Cario, La Loma, Tejerías, Jicalán, Tamacua, entre otros.

Los manantiales del Río Cupatitzio que dotan a la ciudad de agua son: Revelero 1 y 2, El Pescadito, La Hierbabuena, Gandarillas, La Piedra Ancha en la zona oriente.

El municipio cuenta con dos presas: Presa de Cupatitzio y la Presa de Caltzontzin.

### **3.3.6. Uso del suelo.**

De acuerdo al inventario nacional forestal periódico del 2000, la clasificación de las superficies y uso del suelo de la entidad es: 3'314,466 has (56.4%) forestal; 1'710,092 has (29.1%) agrícola; 715,571 has (12.2%) pecuario; y 138,645 has (2.3%) corresponden a cuerpos de agua y asentamientos humanos.

En lo referente a vegetación, Michoacán cuenta con bosques de coníferas a una altitud de entre 2,600 y 3,500 m en las principales sierras del estado; bosques mixtos constituidos por pinos y encinos a una altitud de entre 1,000 y 2,600 m siendo la más común en el estado. Existen también zonas de matorrales y pastizales en el norte y en la zona de la depresión del Balsas del Estado. En el sur se encuentran selvas secas en las partes bajas de la Sierra de Coalcomán y en la zona costera se encuentran los Palmares.

La vegetación de Capacuaro está compuesta por un bosque de pino-encino, predominando el primero; entre las hojosas se encuentran dos especies de encino; fresno, eucalipto, capulín, casuarina y algunas especies arbustivas.

### **3.4. Informe fotográfico.**

En este apartado se presentarán de forma gráfica las características de la red de agua potable, objeto de este estudio, analizando las condiciones en que se encuentra.

### 3.4.1. Tipo de terreno y cobertura vegetal.

La zona en estudio presenta un tipo de terreno en lomerío con cubierta vegetal de pinos y encinos predominantemente, como se puede observar en la imagen 3.3.



Fig. 3.3. Tipo de terreno y vegetación.

### 3.4.2. Estado actual.

En las imágenes se puede apreciar el tanque superficial del que se suministra el agua para la localidad (fig. 3.4). Se observa también que muchas de las tomas domiciliarias se encuentran en mal estado debido a que se encuentran colocadas superficialmente, como el caso

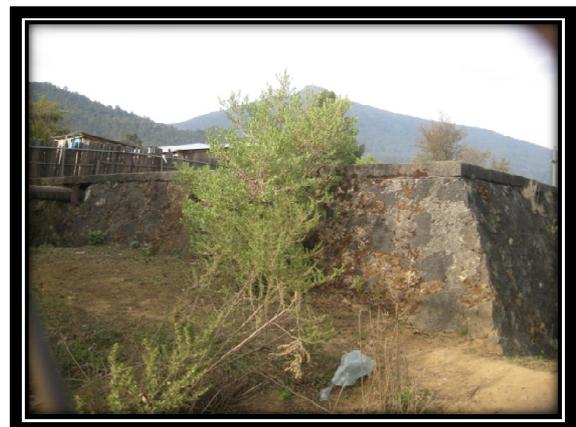


Fig. 3.4. Tanque superficial.

de la figura 3.5. Muchas otras se encuentran prácticamente nuevas pues varias calles están en proceso de pavimentación (fig. 3.6)

Se nota también que se ha tenido el cuidado de colocar tomas en los predios que no se encuentran habitados a la fecha (fig. 3.7).



Fig. 3.5. Tomas dañadas.



Fig. 3.6. Tomas reemplazadas.



Fig. 3.7. Tomas en predios sin ocupación.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En el presente capítulo se mostrará la metodología de la investigación empleada en este trabajo de tesis, definiendo el tipo de método utilizado, el enfoque, así como el procedimiento de investigación y el análisis e interpretación de resultados.

#### **4.1 Método empleado.**

De acuerdo a Tamayo (2000), no es posible hablar de investigación sin tener que mencionar el método científico. El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos en concreto, ser razonamiento riguroso y verificable son unas de sus características, su importancia principal es saber cómo se llegó a determinada verdad, cuál fue el procedimiento para llegar a un enunciado.

El método matemático es una subdivisión del método científico. La noción de cantidad es una de las primeras nociones que entiende el ser humano, según Mendieta (2005). En esta investigación es posible decir que se emplea el método matemático, pues en ésta se utilizan relaciones numéricas constantes, varias comprobaciones e iteraciones necesarias para determinar las conclusiones.

## **4.2. Enfoque de la investigación.**

Para realizar una investigación existen dos tipos de enfoque, el cualitativo y el cuantitativo. El enfoque cualitativo depende de la percepción del observador (interpretativa), y el cuantitativo lleva un mayor control sobre los fenómenos, es por esto que es el más empleado en las ciencias exactas como la Física, Química o Biología, brinda la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente así como un punto de conteo y magnitud de los fenómenos, como menciona Hernández (2005).

A pesar de que ambos enfoques emplean procedimientos diferentes los dos son empíricos pues recogen datos de los fenómenos que se estudian.

En esta investigación el enfoque cuantitativo será el utilizado, ya que los cálculos matemáticos son medulares para la revisión de la red de distribución de agua potable.

### **4.2.1. Alcance.**

La división de los alcances del estudio en la investigación son: exploratorios, descriptivos y correlacionales. El tipo de estudio va depender de la estrategia de la investigación, debido a que el diseño, la recolección de datos, la forma de conseguirlos, entre otros componentes del proceso de investigación son diferentes en estudios exploratorios, descriptivos o correlacionales.

El estudio descriptivo consiste en describir una situación, evento o hecho. Busca especificar las propiedades y características del fenómeno a analizar, midiendo, evaluando o recolectando datos sobre las proporciones o componentes del objeto a investigar con la precisión más alta posible.

De acuerdo al tipo de proyecto, el alcance del estudio es de tipo descriptivo, pues se pretende describir la forma como se presenta el fenómeno, se busca especificar las características de funcionamiento de la red de suministro de agua potable.

#### **4.3. Diseño de la investigación.**

Existen dos tipos de diseños, los experimentales y los no experimentales. En este proyecto no se experimenta, sino que se analiza el estado de las diversas variables de la red de agua potable. Tomando esto en consideración se establece que el diseño de la investigación es no experimental, con un enfoque transversal, ya que se estudia la variable en un momento dado y en un punto determinado.

#### **4.4. Instrumentos de recopilación de datos.**

En esta investigación se empleará como recurso para la recopilación de datos la observación cuantitativa, la investigación documental y la investigación de campo, capturándose en programas como Word y Excel para las cuestiones teóricas y AutoCAD, CivilCAD y Excel para la parte de los cálculos.

#### A) Observación cuantitativa.

La observación consiste en un registro sistemático, válido y confiable que se puede emplear como instrumento de medición.

Es utilizado para recolectar los datos necesarios para un estudio. Un método clásico de investigación es la observación, además, es la forma básica a través de la cual se obtiene información acerca del entorno.

Principios básicos para llevar a cabo una observación:

1. Debe tener un propósito específico.
2. Debe ser planeada cuidadosa y sistemáticamente.
3. Debe llevarse un control cuidadoso de la misma (por escrito).
4. Deben especificarse su duración y frecuencia.
5. Debe seguir los principios básicos de confiabilidad y validez.

Entre las ventajas de la observación, se tiene que determinada conducta se describe en el momento exacto en que está ocurriendo. Además es posible realizar las observaciones independientemente de que las personas están dispuestas a cooperar o no, a diferencia de otros métodos en los que sí es necesario contar con la cooperación de personas para obtener la información deseada.

También existen algunas desventajas, como la dificultad para observar un comportamiento específico al momento de realizar la observación. Además por lo general son limitadas las conductas que se encuentran sujetas a observación.

Debido a su utilidad, la observación es un método que se puede emplear junto con otros para recabar información. Un ejemplo de esto es emplear la observación en un estudio exploratorio, y para el estudio final se pueden emplear métodos como cuestionarios, entrevistas, entre otros, de acuerdo a [alumno.uco.mx](http://alumno.uco.mx).

#### B) Investigación documental.

Haciendo referencia al portal de internet [www.mitecnologico.com](http://www.mitecnologico.com), este tipo de investigación es la que se realiza soportándose en fuentes de carácter documental, en documentos de cualquier especie. La bibliográfica, la hemerográfica y la archivística son subtipos de esta investigación. La bibliográfica se basa en la consulta de libros, la hemerográfica en artículos o ensayos de revistas y periódicos y la archivística en documentos encontrados en los archivos como cartas, oficios, circulares, expedientes, entre otros.

La investigación documental se puede definir como la presentación de un escrito formal que sigue una metodología reconocida. Principalmente consiste en la presentación selectiva de lo que ya han dicho expertos sobre algún tema determinado. Además puede presentar la posible conexión de ideas entre varios autores e ideas del investigador. La preparación de éste requiere que se reúnan, interpreten, evalúen y reporten datos e ideas en forma imparcial, honesta y clara.

El predominante empleo de registros gráficos y sonoros como fuente de información es lo que caracteriza a la investigación documental. Normalmente se le identifica con el manejo de mensajes registrados en la forma de manuscritos e impresos, por lo cual generalmente se le asocia con la investigación archivística y

bibliográfica. El concepto de documento es más amplio, por ejemplo cubre: micropelículas, microfichas, diapositivas, planos, discos, cintas y películas.

#### C) Investigación de campo.

Mediante la manipulación de una variable no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causas se produce una situación o acontecimiento particular, se presenta la investigación de campo.

También se le conoce como investigación in situ a la investigación de campo, pues se realiza en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio. Esto permite al investigador tener el conocimiento más profundo, permitiéndole esto manejar los datos con más seguridad y poder así soportarse en diseños explorativos, descriptivos y experimentales, creando una situación de control en la que manipula sobre una o más variables independientes.

#### **4.5. Descripción del proceso de investigación.**

La presente investigación se desarrolla a partir de la necesidad de revisar la red de suministro de agua potable de Capacuaro Michoacán, construida en esta tenencia de Uruapan, para tener una base que sirva para determinar que tan adecuada es ésta, o qué mejoras se pueden hacer al proyecto existente. Para esto se recurrió en parte a la observación y a la investigación de campo, para conocer las condiciones actuales de la red. De igual manera fue necesaria la investigación documental para desarrollar la teoría que dará soporte al marco teórico.

Una vez recopilada la información se inició la elaboración de cálculos de revisión, empleando para esto programas computacionales como Excel, AutoCAD y CivilCAD.

Al final se obtuvieron las conclusiones que dan respuesta a la interrogante en la pregunta de investigación así como en los objetivos.

#### **4.6. Análisis e interpretación de resultados.**

En este apartado se presentan las hojas de cálculo de la red de distribución de agua potable de Capacuaro Michoacán que se revisó, empleando el programa CivilCAD, así como una breve descripción del proceso realizado para llegar a los respectivos resultados.

PROYECTO: REVISIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE EN CAPACUARO MICHÍ. PROYECTISTA: RICARDO MEDINA MARTÍNEZ METODO HARDY-CROSS/DARCY-WEISBACH

DESCRIPCIÓN		LONGITUD (m)		DIAMETRO INTERIOR (mm)		DIAMETRO EFECTIVO (mm)		COEF. RUGOSIDAD		GASTO INICIAL (lps)		GASTO FINAL (lps)		VELOCIDAD (m/s)		PERDIDA DE CARGA TOTAL (m)		COTA DE LN (m)		COTA PIEZOMÉTRICA (m)		CARGA DISPONIBLE (m)		OBSERVACIONES
De	a																		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
1	2		203.2	203.2	50.830	50.830	1.567	0.315	205.050	201.510	206.735	206.735	6.225	6.225										
2	3		77.000	203.2	0.01504	50.692	0.01504	0.711	206.510	191.340	206.735	206.024	6.225	6.225										
3	4		4.000	152.4	0.01676	22.012	0.01676	1.207	22.012	191.340	191.900	206.024	14.684	14.684										
3	63		30.000	152.4	0.01594	28.367	0.01594	1.555	28.367	191.340	189.990	206.024	14.684	14.684										
4	5		150.000	152.4	0.01677	152.4	0.01677	1.206	152.4	191.900	194.980	205.991	14.091	14.091										
5	6		38.000	50.8	0.04311	0.158	0.04311	0.158	0.158	194.980	194.850	204.768	9.788	9.788										
5	7		8.000	152.4	0.01689	21.229	0.01689	1.164	21.229	194.980	194.320	204.768	9.788	9.788										
7	8		44.000	152.4	0.01689	21.196	0.01689	1.162	21.196	194.320	189.570	204.371	14.801	14.801										
8	9		111.000	152.4	0.01692	21.018	0.01692	1.152	21.018	189.570	180.310	204.371	14.801	14.801										
9	40		210.000	76.2	0.01816	7.473	0.01816	1.639	7.473	180.310	181.860	203.537	15.027	15.027										
9	10		15.000	101.6	0.01716	13.094	0.01716	1.615	13.094	180.310	180.260	203.537	23.227	23.227										
10	11		102.000	101.6	0.01717	13.033	0.01717	1.608	13.033	180.260	178.110	203.200	22.940	22.940										
11	38		221.000	50.8	0.02432	1.348	0.02432	0.665	1.348	178.110	178.270	200.928	22.818	22.818										
11	12		11.000	101.6	0.01769	11.272	0.01769	1.390	11.272	178.270	178.030	200.928	22.818	22.818										
12	13		106.000	101.6	0.01771	11.227	0.01771	1.385	11.227	178.030	176.960	200.739	22.709	22.709										
13	35		230.000	63.5	0.02429	1.693	0.02429	0.534	1.693	176.960	175.800	198.932	21.972	21.972										
13	14		17.000	101.6	0.01850	9.104	0.01850	1.123	9.104	176.960	176.840	198.932	21.972	21.972										
14	27		231.000	63.5	0.01998	3.978	0.01998	0.978	3.978	176.840	175.900	198.733	21.893	21.893										
14	15		108.000	76.2	0.01973	5.058	0.01973	1.109	5.058	175.900	176.210	196.979	21.893	21.893										
15	18		242.000	63.5	0.02033	3.677	0.02033	0.942	3.677	176.210	175.120	196.979	20.769	20.769										
15	16		162.000	50.8	0.02653	0.942	0.02653	0.465	0.942	175.120	175.270	196.979	20.769	20.769										
16	17		70.000	50.8	0.03646	0.284	0.03646	0.284	0.284	175.270	174.970	196.048	20.928	20.928										
18	26		230.000	50.8	0.02659	0.934	0.02659	0.461	0.934	174.970	175.660	190.350	16.382	16.382										
18	19		9.000	50.8	0.02283	1.762	0.02283	1.762	1.762	175.660	175.630	191.652	16.382	16.382										
19	20		50.000	50.8	0.02294	1.725	0.02294	1.725	1.725	175.630	175.540	191.496	15.866	15.866										
20	21		50.000	50.8	0.02461	1.283	0.02461	1.283	1.283	175.540	175.370	190.662	15.262	15.262										
20	25		59.000	50.8	0.03830	0.239	0.03830	0.239	0.239	175.370	174.880	190.662	16.051	16.051										
21	23		62.000	50.8	0.02767	0.796	0.02767	0.796	0.796	174.880	177.560	189.903	14.798	14.798										
21	22		70.000	50.8	0.03646	0.284	0.03646	0.284	0.284	177.560	173.490	190.168	14.798	14.798										
23	24		134.000	50.8	0.03053	0.544	0.03053	0.544	0.544	173.490	175.190	189.903	12.343	12.343										
27	29		182.000	63.5	0.02191	2.634	0.02191	0.832	2.634	175.190	176.720	192.885	16.985	16.985										
27	28		100.000	50.8	0.03302	0.408	0.03302	0.408	0.408	176.720	175.940	192.885	16.985	16.985										
29	30		40.000	50.8	0.02256	1.855	0.02256	1.855	1.855	175.940	176.540	189.790	13.828	13.828										
30	31		29.000	50.8	0.02304	1.693	0.02304	1.693	1.693	176.540	176.700	189.322	12.870	12.870										
31	33		14.000	50.8	0.02466	1.270	0.02466	1.270	1.270	176.700	176.960	189.322	12.870	12.870										
31	32		75.000	50.8	0.03576	0.304	0.03576	0.304	0.304	176.960	175.630	189.322	12.622	12.622										
33	34		299.000	50.8	0.02493	1.214	0.02493	0.599	1.214	175.630	176.960	186.503	12.226	12.226										
35	36		7.000	50.8	0.02800	0.759	0.02800	0.759	0.759	176.960	175.830	197.651	21.851	21.851										
36	37		180.000	50.8	0.02828	0.731	0.02828	0.731	0.731	175.830	177.250	196.960	21.793	21.793										
38	39		111.000	50.8	0.03210	0.451	0.03210	0.451	0.451	177.250	175.960	196.367	20.273	20.273										
40	42		107.000	76.2	0.01889	6.190	0.01889	6.190	6.190	189.322	184.980	194.195	15.027	15.027										
40	41		106.000	50.8	0.03250	0.430	0.03250	0.430	0.430	184.980	178.570	196.687	17.961	17.961										
42	43		50.000	50.8	0.03157	0.479	0.03157	0.479	0.479	178.570	185.830	194.195	10.115	10.115										
42	46		8.000	76.2	0.01955	5.277	0.01955	5.277	5.277	185.830	184.480	194.054	10.115	10.115										
43	44		30.000	50.8	0.03163	0.122	0.03163	0.122	0.122	184.480	187.310	194.106	8.276	8.276										
43	45		38.000	50.8	0.04286	0.154	0.04286	0.154	0.154	187.310	185.240	194.106	8.857	8.857										
46	47		19.000	76.2	0.01958	5.244	0.01958	5.244	5.244	185.240	184.270	193.725	9.574	9.574										
47	54		68.000	63.5	0.02027	3.726	0.02027	3.726	3.726	184.270	183.160	193.725	9.455	9.455										
47	48		63.000	50.8	0.02393	1.441	0.02393	1.441	1.441	183.160	182.010	192.960	10.950	10.950										
48	53		58.000	50.8	0.03849	0.235	0.03849	0.235	0.235	182.010	181.320	192.960	11.610	11.610										
48	49		50.000	50.8	0.02647	0.950	0.02647	0.950	0.950	181.320	180.530	192.669	12.139	12.139										

**TABLA DE CALCULO DE REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE METODO HARDY-CROSS/DARCY-WEISBACH**

PROYECTO: REVISIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE EN CAPACUARO MICH. PROYECTISTA: RICARDO MEDINA MARTÍNEZ

No. de tramos: 140

No. de nodos: 141

DESCRIPCIÓN	TRAMO		LONGITUD (m)	DIAMETRO INTERIOR(mm)	DIAMETRO EFECTIVO(mm)	COEF. RUGOSIDAD	GASTO INICIAL(PS)	GASTO FINAL(PS)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA DE CARGA TOTAL(m)	COTA DE T.N.(m)		COTA PIEZOMETRICA(m)		CARGA DISPONIBLE(m)		OBSERVACIONES
	De	a									INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
	49	52	59.000	50.8	50.8	0.038300	0.239	0.239	0.118	0.032	180.530	180.600	192.669	192.637	12.133	12.037	
	49	50	63.000	50.8	50.8	0.03109	0.507	0.507	0.250	0.123	180.530	178.410	192.669	192.545	12.139	14.135	
	50	51	62.000	50.8	50.8	0.03776	0.252	0.252	0.124	0.036	178.410	176.600	192.545	192.509	14.135	13.909	
	54	55	233.000	63.5	63.5	0.02062	3.450	3.450	1.089	4.579	183.160	177.600	192.193	187.614	9.033	10.014	
	55	56	98.000	63.5	63.5	0.02216	2.504	2.504	0.791	1.091	177.600	177.470	187.614	186.524	10.014	9.054	
	56	57	168.000	63.5	63.5	0.02307	2.107	2.107	0.665	1.377	177.470	177.490	186.524	185.147	9.054	7.657	
	57	58	22.000	50.8	50.8	0.03720	0.089	0.089	0.044	0.002	177.490	177.490	185.147	185.147	7.657	6.995	
	57	59	50.000	50.8	50.8	0.02437	1.335	1.335	0.659	0.531	177.490	176.700	185.147	184.616	7.657	7.916	
	59	60	13.000	50.8	50.8	0.03109	0.507	0.507	0.250	0.025	176.700	176.800	184.616	184.590	7.916	7.730	
	59	62	154.000	50.8	50.8	0.02944	0.625	0.625	0.308	0.433	176.700	177.410	184.616	184.183	7.916	6.773	
	60	61	112.000	50.8	50.8	0.03202	0.455	0.455	0.224	0.181	176.860	178.250	184.590	184.409	7.730	6.159	
	63	64	94.000	152.4	152.4	0.01702	20.453	20.453	1.121	0.673	189.990	186.760	205.637	204.965	15.647	18.205	
	63	118	220.000	101.6	101.6	0.01913	7.792	7.792	0.961	1.951	189.990	191.890	205.637	203.687	15.647	11.807	
	64	65	22.000	152.4	152.4	0.01708	20.072	20.072	1.100	0.152	186.760	185.430	204.965	204.812	18.205	19.382	
	65	117	225.000	50.8	50.8	0.02673	0.913	0.913	0.451	1.226	185.430	180.390	204.812	203.587	19.382	23.197	
	66	66	12.000	152.4	152.4	0.01774	16.695	16.695	0.915	0.060	185.430	185.320	204.812	204.753	19.382	19.433	
	66	114	224.000	63.5	63.5	0.02244	2.375	2.375	0.750	2.269	185.430	182.570	204.812	202.544	19.382	19.974	
	66	67	70.000	152.4	152.4	0.01775	16.646	16.646	0.913	0.346	185.320	182.980	204.753	204.406	19.433	21.426	
	67	88	34.000	101.6	101.6	0.01793	10.570	10.570	1.304	0.520	182.980	182.710	204.406	203.886	21.426	21.176	
	67	88	41.000	76.2	76.2	0.01916	5.792	5.792	1.270	0.848	182.980	183.050	204.406	203.558	21.426	20.508	
	68	69	95.000	50.8	50.8	0.02969	0.605	0.605	0.298	0.252	183.050	180.610	203.558	203.306	20.508	22.696	
	68	72	11.000	76.2	76.2	0.01976	5.021	5.021	1.101	0.176	183.050	183.580	203.306	203.382	20.508	20.122	
	69	70	11.000	50.8	50.8	0.03931	0.219	0.219	0.108	0.005	180.610	180.720	203.306	203.301	22.696	22.581	
	70	71	43.000	50.8	50.8	0.04270	0.175	0.175	0.088	0.014	180.720	178.630	203.301	203.288	22.581	24.658	
	72	73	38.000	76.2	76.2	0.01990	4.976	4.976	1.091	0.600	183.260	182.430	202.782	202.782	20.122	20.352	
	73	74	7.000	76.2	76.2	0.01994	4.822	4.822	1.057	0.104	182.430	182.540	202.782	202.678	20.352	20.138	
	74	75	125.000	63.5	63.5	0.02288	2.184	2.184	0.690	1.092	182.540	178.830	202.678	201.586	20.138	22.756	
	74	80	23.000	63.5	63.5	0.02196	2.610	2.610	0.824	0.275	182.540	181.590	202.678	202.403	20.138	20.813	
	75	79	61.000	50.8	50.8	0.03793	0.248	0.248	0.122	0.035	178.830	178.290	201.586	201.552	22.756	23.262	
	75	76	141.000	63.5	63.5	0.02530	1.429	1.429	0.451	0.583	178.830	178.330	201.586	201.003	22.756	22.673	
	76	77	187.000	50.8	50.8	0.02717	0.856	0.856	0.423	0.910	178.330	178.090	201.003	200.093	22.673	22.003	
	77	78	24.000	203.2	203.2	0.13641	0.097	0.097	0.003	0.000	178.090	178.190	200.093	200.093	22.003	21.903	
	80	81	117.000	63.5	63.5	0.02214	2.517	2.517	0.795	1.313	181.590	179.790	202.403	201.089	20.813	21.299	
	81	82	106.000	50.8	50.8	0.03250	0.430	0.430	0.212	0.156	179.790	178.460	201.089	200.933	21.299	22.473	
	81	83	9.000	63.5	63.5	0.02458	1.611	1.611	0.509	0.046	179.790	179.980	201.089	201.043	21.299	21.063	
	83	84	270.000	63.5	63.5	0.02471	1.575	1.575	0.497	1.325	179.980	181.290	199.718	199.718	21.063	18.428	
	84	85	14.000	50.8	50.8	0.03157	0.479	0.479	0.236	0.025	181.290	199.718	199.694	199.694	18.428	18.684	
	85	86	78.000	50.8	50.8	0.03267	0.422	0.422	0.208	0.111	181.010	178.320	199.694	199.583	18.684	21.263	
	86	87	26.000	50.8	50.8	0.03148	0.106	0.106	0.052	0.002	178.320	178.100	199.583	199.580	21.263	21.480	
	88	89	38.985	101.6	101.6	0.01798	10.432	10.432	1.287	0.582	182.710	181.630	203.886	203.304	21.476	21.674	
	89	111	23.000	50.8	50.8	0.02516	1.169	1.169	0.577	0.193	181.630	181.190	203.304	203.111	21.674	21.921	
	89	90	41.000	101.6	101.6	0.01850	9.104	9.104	1.123	0.480	181.630	181.300	203.304	202.824	21.674	21.524	
	90	91	36.000	101.6	101.6	0.01858	8.938	8.938	1.102	0.408	181.300	181.100	202.824	202.416	21.524	21.306	
	91	92	75.000	101.6	101.6	0.01864	8.792	8.792	1.084	0.825	181.110	177.770	202.416	201.591	21.306	23.821	
	92	108	59.000	50.8	50.8	0.02691	0.889	0.889	0.439	0.307	177.770	178.450	201.591	201.284	23.821	22.834	
	92	93	15.000	76.2	76.2	0.01809	7.598	7.598	1.666	0.504	177.770	177.750	201.591	201.087	23.821	23.337	
	93	104	219.000	50.8	50.8	0.02691	0.889	0.889	0.439	1.138	177.750	176.760	201.087	199.949	23.337	23.189	
	93	94	105.000	63.5	63.5	0.02553	4.416	4.416	1.394	3.203	177.750	175.650	201.087	197.884	23.337	22.234	
	93	105	225.000	63.5	63.5	0.02276	2.232	2.232	0.705	2.043	177.750	178.210	201.087	199.044	23.337	20.834	
	94	103	216.000	50.8	50.8	0.02701	0.877	0.877	0.433	1.096	175.650	176.160	197.884	196.789	22.234	20.629	
	94	95	71.000	50.8	50.8	0.02812	0.747	0.747	0.368	0.272	175.650	175.350	197.884	197.121	22.234	22.262	
	94	99	223.000	63.5	63.5	0.02245	2.366	2.366	0.747	2.245	175.350	175.100	197.884	195.639	22.234	18.539	
	95	96	23.000	50.8	50.8	0.03194	0.459	0.459	0.226	0.038	175.350	175.200	197.884	197.574	22.262	22.374	
	96	97	35.000	50.8	50.8	0.03388	0.365	0.365	0.180	0.039	175.200	175.090	197.574	197.535	22.374	22.445	
	97	98	55.000	50.8	50.8	0.03909	0.223	0.223	0.110	0.026	175.090	174.950	197.535	197.509	22.445	22.559	

DESCRIPCION	TRAMO		LONGITUD (m)	DIAMETRO INTERIOR(mm)	DIAMETRO EFECTIVO(mm)	COEF. RUGOSIDAD	GASTO		VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA DE CARGA TOTAL(m)	COTA DE T.M.(m)		COTA PIEZOMETRICA(m)		CARGA DISPONIBLE(m)		OBSERVACIONES
	De	a					INICIAL	FINAL			INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL			
99	100	100	10.000	50.8	50.8	0.03223	0.394	0.394	0.194	0.013	177.100	177.110	195.627	195.627	18.539	18.517	
99	102	102	263.000	63.5	63.5	0.02718	1.068	1.068	0.337	0.652	177.100	175.320	195.639	194.987	18.539	19.667	
100	101	101	87.000	50.8	50.8	0.03430	0.353	0.353	0.174	0.091	177.110	176.350	195.627	195.536	18.517	19.186	
105	106	106	96.000	50.8	50.8	0.03339	0.390	0.390	0.192	0.119	178.210	177.190	198.044	198.925	20.834	21.735	
105	107	107	229.000	63.5	63.5	0.02815	0.930	0.930	0.294	0.446	178.210	177.370	199.044	198.598	20.834	21.228	
108	109	109	6.000	203.2	203.2	0.04316	0.649	0.649	0.020	0.000	178.450	178.560	201.284	201.284	22.834	22.724	
109	110	110	154.000	50.8	50.8	0.02944	0.625	0.625	0.308	0.433	178.560	177.010	201.284	200.851	22.724	23.841	
111	113	113	158.000	50.8	50.8	0.02924	0.641	0.641	0.316	0.464	181.190	178.240	203.111	202.646	21.921	24.406	
111	112	112	107.000	50.8	50.8	0.03242	0.434	0.434	0.214	0.160	181.190	178.820	203.111	202.951	21.921	24.131	
114	115	115	111.000	50.8	50.8	0.03210	0.451	0.451	0.222	0.177	182.570	180.070	202.544	202.367	19.974	22.297	
114	116	116	250.000	50.8	50.8	0.02605	1.015	1.015	0.501	1.638	182.570	186.980	202.544	200.905	19.974	13.925	
118	120	120	106.000	50.8	50.8	0.03250	0.430	0.430	0.212	0.156	191.880	183.230	203.687	203.531	11.807	20.301	
118	119	119	60.000	50.8	50.8	0.03812	0.244	0.244	0.120	0.033	191.880	200.140	203.687	203.653	11.807	3.513	
118	121	121	237.000	101.6	101.6	0.02008	6.226	6.226	0.768	1.408	191.880	194.060	203.687	202.278	11.807	8.218	
121	140	140	44.000	50.8	50.8	0.03549	0.313	0.313	0.154	0.037	194.060	197.020	202.278	202.241	8.218	5.221	
121	122	122	115.000	76.2	76.2	0.01982	4.951	4.951	1.086	1.798	194.060	187.240	202.278	200.480	8.218	13.240	
122	123	123	111.000	50.8	50.8	0.03210	0.451	0.451	0.222	0.177	187.240	181.700	200.480	200.303	13.240	18.603	
122	124	124	28.000	76.2	76.2	0.02074	4.034	4.034	0.885	0.304	187.240	188.660	200.176	200.176	13.240	11.516	
124	133	133	48.000	50.8	50.8	0.02266	1.818	1.818	0.897	0.879	188.660	190.230	200.176	199.297	11.516	9.067	
124	125	125	114.000	63.5	63.5	0.02308	2.102	2.102	0.664	0.930	188.660	183.180	200.176	199.246	11.516	16.066	
125	126	126	16.000	50.8	50.8	0.02322	1.639	1.639	0.809	0.244	183.180	182.500	199.246	199.002	16.066	16.502	
126	127	127	52.770	50.8	50.8	0.02344	1.574	1.574	0.777	0.749	182.500	179.890	199.002	198.253	16.363	18.363	
127	128	128	74.000	50.8	50.8	0.02426	1.360	1.360	0.671	0.811	179.890	177.390	198.253	197.442	18.363	20.052	
128	129	129	17.000	50.8	50.8	0.02743	0.824	0.824	0.407	0.077	177.390	177.240	197.442	197.365	20.052	20.125	
128	132	132	58.000	50.8	50.8	0.03949	0.235	0.235	0.116	0.030	177.390	177.720	197.442	197.412	20.052	19.692	
129	130	130	104.999	50.8	50.8	0.02804	0.755	0.755	0.372	0.410	177.240	175.350	197.365	196.955	20.125	21.605	
130	131	131	81.000	50.8	50.8	0.03499	0.329	0.329	0.162	0.075	175.350	176.590	196.955	196.880	21.605	20.290	
133	134	134	20.000	50.8	50.8	0.02327	1.624	1.624	0.801	0.300	190.230	191.310	199.297	198.997	9.067	7.687	
134	135	135	125.000	50.8	50.8	0.03109	0.507	0.507	0.280	0.244	191.310	183.690	198.997	198.753	7.687	15.063	
134	136	136	21.000	50.8	50.8	0.02592	1.035	1.035	0.511	0.142	191.310	192.690	198.997	198.855	7.687	6.265	
136	137	137	69.000	50.8	50.8	0.02647	0.950	0.950	0.469	0.403	192.590	194.620	198.855	198.452	6.265	3.832	
137	138	138	146.000	50.8	50.8	0.02985	0.953	0.953	0.292	0.374	194.620	186.940	198.452	198.078	3.832	11.138	
137	139	139	19.000	50.8	50.8	0.04308	0.077	0.077	0.038	0.001	194.620	195.200	198.452	198.451	3.832	3.251	
140	141	141	33.000	50.8	50.8	0.03707	0.134	0.134	0.066	0.005	197.020	199.030	202.241	202.236	5.221	3.206	

PROYECTO: REVISIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE EN CAPACUARO MICH. PROYECTISTA: RICARDO MEDINA MARTINEZ

NO. DE NODOS: 141  
NO. DE TRAMOS: 140

TABLA DE CALCULO DE REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE METODO HARDY-CROSS/DARCY-WEISSBACH

DESCRIPCIÓN		TRAMO		LONGITUD (m)	DIAMETRO INTERIOR(mm)		DIAMETRO EFECTIVO(mm)		COEF. H-WILLIAMS	GASTO INICIAL(lps)	GASTO FINAL(lps)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA DE CARGA TOTAL(m)	COTA DE T.N.(m)		COTA PIEZOMÉTRICA(m)		CARGA DISPONIBLE(m)		OBSERVACIONES
De	a	Interior	Exterior		Inicial	Final	Inicial	Final						Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
1	2	34.000	203.2	150	50.830	1.567	0.319	205.050	200.510	207.050	206.731	2.000	6.221	2.000	6.221	2.000	6.221			
2	3	77.000	203.2	150	50.692	1.563	0.720	200.510	191.340	206.731	206.011	6.221	14.671	6.221	14.671	6.221	14.671			
3	4	4.000	152.4	150	22.012	1.207	0.032	191.340	191.900	206.011	205.978	14.671	14.078	14.671	14.078	14.671	14.078			
3	63	30.000	152.4	150	28.367	1.555	0.389	191.340	189.990	206.011	205.622	14.671	15.632	14.671	15.632	14.671	15.632			
4	5	150.000	152.4	150	21.996	1.206	1.213	191.900	194.980	208.978	204.766	14.078	9.786	14.078	9.786	14.078	9.786			
5	6	39.000	50.8	150	0.158	0.078	0.007	194.980	194.850	204.766	204.758	9.786	9.908	9.786	9.908	9.786	9.908			
5	7	8.000	152.4	150	21.229	1.164	0.061	194.980	194.320	204.766	204.705	9.786	10.385	9.786	10.385	9.786	10.385			
7	8	44.000	152.4	150	21.196	1.162	0.332	194.320	189.570	204.705	204.373	10.385	14.803	10.385	14.803	10.385	14.803			
8	9	11.000	152.4	150	21.018	1.162	0.825	189.570	180.310	204.373	203.548	14.803	23.238	14.803	23.238	14.803	23.238			
9	40	210.000	76.2	150	7.473	1.639	6.727	180.310	181.660	203.548	196.821	23.238	15.161	23.238	15.161	23.238	15.161			
9	10	15.000	101.6	150	13.094	1.615	0.334	180.310	180.260	203.548	203.213	23.238	22.953	23.238	22.953	23.238	22.953			
10	11	102.000	101.6	150	13.033	1.608	2.255	180.260	178.110	203.213	200.959	22.953	22.849	200.959	22.849	200.959	22.849			
11	38	221.000	50.8	150	1.348	0.685	2.138	178.110	178.270	200.959	198.821	22.849	20.551	198.821	20.551	198.821	20.551			
11	12	11.000	101.6	150	11.272	1.390	0.186	178.110	178.030	200.959	200.773	22.849	22.743	200.773	22.849	22.743	22.849			
12	13	106.000	101.6	150	11.227	1.385	1.777	178.030	176.960	200.773	198.995	22.743	22.035	198.995	22.743	198.995	22.035			
13	35	230.000	63.5	150	1.693	0.534	1.145	176.960	175.800	198.995	197.851	22.035	22.051	197.851	22.035	197.851	22.051			
13	14	17.000	101.6	150	9.104	1.123	0.193	176.960	176.840	198.995	198.802	22.035	21.962	198.802	22.035	198.802	21.962			
14	27	378.000	63.5	150	3.978	1.256	5.594	176.840	175.900	198.802	193.208	21.962	17.308	193.208	21.962	193.208	17.308			
14	15	108.000	76.2	150	5.058	1.109	1.679	176.840	176.210	198.802	197.123	21.962	20.913	197.123	21.962	197.123	20.913			
15	18	242.000	63.5	150	3.677	1.161	5.088	176.210	175.270	197.123	192.055	20.913	16.785	192.055	20.913	192.055	16.785			
15	16	162.000	50.8	150	0.942	0.942	0.807	175.270	175.120	197.123	196.316	20.913	21.196	196.316	20.913	196.316	21.196			
16	17	70.000	50.8	150	0.284	0.140	0.038	175.120	174.970	196.316	196.278	21.196	21.308	196.278	21.196	196.278	21.308			
18	26	230.000	50.8	150	0.934	0.461	1.128	175.270	175.760	192.055	190.928	16.785	15.168	192.055	16.785	190.928	15.168			
18	19	9.000	50.8	150	1.762	0.869	0.143	175.760	175.630	192.055	191.912	16.785	16.282	191.912	16.785	191.912	16.282			
19	20	50.000	50.8	150	1.725	0.851	0.764	175.630	175.400	191.912	191.148	16.282	15.748	191.148	16.282	191.148	15.748			
20	21	50.000	50.8	150	1.283	0.633	0.441	175.400	175.370	191.148	190.707	15.748	15.337	190.707	15.748	190.707	15.337			
20	25	59.000	50.8	150	0.239	0.118	0.023	175.370	174.580	191.148	191.425	15.337	16.545	191.425	15.337	191.425	16.545			
21	23	62.000	50.8	150	0.796	0.393	0.226	175.370	177.560	190.707	190.481	15.337	12.921	190.481	15.337	190.481	12.921			
21	22	20.000	50.8	150	0.284	0.140	0.038	175.370	173.490	190.707	190.669	15.337	17.179	190.669	15.337	190.669	17.179			
23	24	134.000	50.8	150	0.544	0.268	0.242	177.560	175.190	190.481	190.239	12.921	15.049	190.239	12.921	190.239	15.049			
27	29	192.000	63.5	150	2.634	0.832	2.168	175.900	176.720	193.208	191.040	14.320	14.320	191.040	14.320	191.040	14.320			
27	28	100.000	50.8	150	0.406	0.200	0.105	175.900	175.340	193.208	193.103	17.308	17.763	193.103	17.308	193.103	17.763			
29	30	40.000	50.8	150	1.855	0.915	0.699	176.720	176.920	191.040	190.341	14.320	13.421	190.341	14.320	190.341	13.421			
30	31	29.000	50.8	150	1.693	0.835	0.428	176.920	176.700	190.341	189.913	13.421	13.213	189.913	13.421	189.913	13.213			
31	33	14.000	50.8	150	1.270	0.627	0.121	176.700	176.960	189.913	189.791	13.213	12.831	189.791	13.213	189.791	12.831			
31	32	75.000	50.8	150	0.304	0.150	0.046	176.700	175.630	189.913	189.867	13.213	14.237	189.867	13.213	189.867	14.237			
33	34	289.000	50.8	150	1.214	0.599	2.383	176.960	176.090	189.791	187.409	12.831	11.319	187.409	12.831	187.409	11.319			
35	36	7.000	50.8	150	0.759	0.374	0.023	176.090	176.830	197.851	197.827	22.051	21.997	197.827	22.051	197.827	21.997			
36	37	180.000	50.8	150	0.731	0.360	0.560	175.830	177.250	197.827	197.267	21.997	20.017	197.267	21.997	197.267	20.017			
38	39	11.000	50.8	150	0.451	0.222	0.141	178.270	175.960	198.821	198.821	20.551	22.720	198.821	20.551	198.821	22.720			
40	42	107.000	76.2	150	6.190	1.357	2.418	181.660	184.080	196.821	194.403	15.161	10.323	194.403	15.161	194.403	10.323			
40	41	106.000	50.8	150	0.430	0.212	0.124	181.660	178.570	196.821	196.697	15.161	18.127	196.697	15.161	196.697	18.127			
42	43	50.000	50.8	150	0.479	0.236	0.071	184.080	185.830	194.403	194.331	10.323	8.501	194.331	10.323	194.331	8.501			
42	46	8.000	76.2	150	5.277	1.157	0.135	184.080	184.480	194.403	194.268	10.323	9.788	194.268	10.323	194.268	9.788			
43	44	30.000	50.8	150	0.122	0.060	0.003	185.830	187.310	194.331	194.328	8.501	7.018	194.328	8.501	194.328	7.018			
43	45	38.000	50.8	150	0.154	0.076	0.007	185.830	185.240	194.331	194.325	8.501	9.085	194.325	8.501	194.325	9.085			
46	47	19.000	76.2	150	5.244	1.150	0.071	184.480	184.270	194.268	194.268	9.788	9.682	194.268	9.788	194.268	9.682			
47	54	68.000	63.5	150	3.726	1.177	1.459	184.270	183.160	193.952	192.493	9.682	9.333	192.493	9.682	192.493	9.333			
47	48	63.000	50.8	150	1.441	0.711	0.690	184.270	182.010	193.952	193.262	11.252	11.252	193.262	11.252	193.262	11.252			
48	53	58.000	50.8	150	0.235	0.116	0.022	182.010	181.320	193.262	193.262	11.252	11.252	193.262	11.252	193.262	11.252			
48	49	50.000	50.8	150	0.950	0.469	0.253	182.010	180.530	193.262	193.009	11.252	12.479	193.009	11.252	193.009	12.479			
49	52	59.000	50.8	150	0.239	0.118	0.023	180.530	180.530	193.009	192.986	12.479	12.386	192.986	12.479	192.986	12.386			
49	50	63.000	50.8	150	0.507	0.250	0.100	180.530	178.410	193.009	192.909	12.479	14.499	192.909	12.479	192.909	14.499			

PROYECTO: REVISIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE EN CAPACUARO MICH. PROYECTISTA: RICARDO MEDINA MARTÍNEZ METODO HARDY-CROSSHAZEN-WILLIAMS No. de tramos: 140 No. de nodos: 141

DESCRIPCIÓN	TRAMO		LONGITUD (m)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	DIAMETRO EFECTIVO (mm)	H-WILLIAMS	COEF.	GASTO INICIAL (lps)	GASTO FINAL (lps)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA DE CARGA TOTAL (m)	COTA DE T.M. (m)		COTA PIEZOMÉTRICA (m)		CARGA DISPONIBLE (m)		OBSERVACIONES
	De	a										INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
	50	51	62.000	50.8	50.8	150	0.252	0.252	0.252	0.027	178.410	178.600	192.909	192.883	14.489	14.283		
	54	55	233.000	63.5	63.5	150	3.450	3.450	1.089	4.335	183.160	177.600	192.493	188.158	9.333	10.558		
	55	56	98.000	63.5	63.5	150	2.504	2.504	0.791	1.008	177.600	177.470	188.158	187.150	10.558	9.680		
	56	57	188.000	63.5	63.5	150	2.107	2.107	0.685	1.254	177.470	177.490	187.150	185.896	9.680	8.406		
	57	58	22.000	50.8	50.8	150	0.089	0.089	0.044	0.001	177.490	178.150	185.896	185.896	8.406	7.745		
	57	59	50.000	50.8	50.8	150	1.335	1.335	0.659	0.476	177.490	176.700	185.896	185.421	8.406	8.721		
	59	60	13.000	50.8	50.8	150	0.507	0.507	0.350	0.021	176.700	178.860	185.421	185.400	8.721	8.540		
	59	62	154.000	50.8	50.8	150	0.625	0.625	0.208	0.359	176.700	177.410	185.421	185.062	8.721	7.652		
	60	61	112.000	50.8	50.8	150	0.455	0.455	0.224	0.145	176.860	178.250	185.400	185.255	8.540	7.005		
	63	64	94.000	152.4	152.4	150	20.453	20.453	1.121	0.664	189.990	186.760	205.622	204.958	15.632	18.198		
	63	118	220.000	101.6	101.6	150	7.792	7.792	0.961	1.876	189.990	191.880	205.622	203.746	15.632	11.866		
	64	65	22.000	152.4	152.4	150	20.072	20.072	1.100	0.150	186.760	185.430	204.958	204.808	18.198	19.378		
	65	117	225.000	50.8	50.8	150	0.913	0.913	0.451	1.059	185.430	180.390	204.808	203.749	19.378	23.359		
	65	66	12.000	152.4	152.4	150	16.695	16.695	0.915	0.058	185.430	185.320	204.808	204.750	19.378	19.430		
	65	114	224.000	63.5	63.5	150	2.375	2.375	0.750	2.087	185.430	182.570	204.808	202.721	19.378	20.151		
	66	67	70.000	152.4	152.4	150	16.646	16.646	0.913	0.338	185.320	182.980	204.750	204.412	19.430	21.432		
	67	88	34.000	101.6	101.6	150	10.570	10.570	1.304	0.510	182.980	182.710	204.412	203.902	21.432	21.192		
	67	68	41.000	76.2	76.2	150	5.792	5.792	1.270	0.819	182.980	183.050	204.412	203.582	21.432	20.542		
	68	69	95.000	50.8	50.8	150	0.605	0.605	0.298	0.208	183.050	180.610	203.582	203.384	20.542	22.774		
	68	72	11.000	76.2	76.2	150	5.021	5.021	1.101	0.169	183.050	183.260	203.582	203.424	20.542	20.164		
	69	70	11.000	50.8	50.8	150	0.219	0.219	0.108	0.004	180.610	180.720	203.384	203.380	22.774	22.660		
	70	71	43.000	50.8	50.8	150	0.175	0.175	0.086	0.009	180.720	178.630	203.380	203.371	22.660	24.741		
	72	73	38.000	76.2	76.2	150	4.976	4.976	1.091	0.573	183.260	182.420	202.850	202.164	20.164	20.420		
	73	74	7.000	76.2	76.2	150	4.822	4.822	1.057	0.100	182.420	182.540	202.850	202.751	20.211	22.924		
	74	75	125.000	63.5	63.5	150	2.184	2.184	0.690	0.997	182.540	178.630	202.751	201.754	20.211	22.924		
	74	80	23.000	63.5	63.5	150	2.610	2.610	0.824	0.255	182.540	181.590	202.751	202.495	20.211	20.905		
	75	79	61.000	50.8	50.8	150	0.248	0.248	0.122	0.026	178.630	178.290	201.754	201.728	22.924	23.438		
	75	76	141.000	63.5	63.5	150	1.429	1.429	0.451	0.513	178.330	178.330	201.754	201.724	22.924	22.911		
	76	77	187.000	50.8	50.8	150	0.856	0.856	0.423	0.781	178.330	178.090	201.241	200.459	22.911	22.369		
	77	78	24.000	203.2	203.2	150	0.097	0.097	0.003	0.000	178.090	178.190	200.459	200.459	22.369	22.269		
	80	81	117.000	63.5	63.5	150	2.517	2.517	0.795	1.214	181.590	179.790	202.495	201.282	20.905	21.492		
	81	82	106.000	50.8	50.8	150	0.430	0.430	0.212	0.124	179.790	178.460	201.282	201.158	21.492	22.698		
	81	83	9.000	63.5	63.5	150	1.611	1.611	0.509	0.041	179.790	179.980	201.282	201.241	21.492	21.261		
	83	84	270.000	63.5	63.5	150	1.575	1.575	0.497	1.176	179.980	181.290	201.241	200.065	21.261	18.775		
	84	85	14.000	50.8	50.8	150	0.479	0.479	0.236	0.020	181.290	181.010	200.065	200.045	18.775	19.035		
	85	86	78.000	50.8	50.8	150	0.422	0.422	0.208	0.088	181.010	178.320	200.045	199.957	19.035	21.637		
	86	87	26.000	50.8	50.8	150	0.106	0.106	0.052	0.002	178.320	178.100	199.957	199.955	21.637	21.855		
	88	89	38.985	101.6	101.6	150	10.432	10.432	1.287	0.571	182.710	181.630	203.902	203.331	21.192	21.701		
	89	111	23.000	50.8	50.8	150	1.169	1.169	0.577	0.171	181.630	181.190	203.331	203.160	21.701	21.970		
	89	90	41.000	101.6	101.6	150	9.104	9.104	1.123	0.466	181.630	181.300	203.331	202.865	21.701	21.565		
	90	91	36.000	101.6	101.6	150	8.938	8.938	1.102	0.396	181.300	181.110	202.865	202.469	21.565	21.359		
	91	92	75.000	101.6	101.6	150	8.792	8.792	1.084	0.800	181.110	177.770	202.469	201.670	21.359	23.900		
	92	108	59.000	50.8	50.8	150	0.889	0.889	0.439	0.264	177.770	178.450	201.670	201.405	23.900	22.955		
	92	93	15.000	76.2	76.2	150	7.598	7.598	1.666	0.496	177.770	177.750	201.405	201.174	23.900	23.424		
	93	104	219.000	50.8	50.8	150	0.889	0.889	0.439	0.990	177.750	176.760	201.174	200.194	23.424	23.434		
	93	94	105.000	63.5	63.5	150	4.416	4.416	1.394	3.086	177.750	175.650	201.174	198.088	23.424	22.438		
	93	105	225.000	63.5	63.5	150	2.232	2.232	0.705	1.870	177.500	178.210	201.174	199.304	23.424	21.094		
	94	103	216.000	50.8	50.8	150	0.877	0.877	0.433	0.943	175.650	176.160	198.088	197.145	22.438	20.985		
	94	95	71.000	50.8	50.8	150	0.747	0.747	0.368	0.230	175.650	175.350	198.088	197.858	22.438	22.508		
	94	99	223.000	63.5	63.5	150	2.366	2.366	0.647	2.064	175.350	177.100	198.088	196.024	22.438	18.924		
	95	96	23.000	50.8	50.8	150	0.459	0.459	0.226	0.030	175.350	175.200	197.858	197.827	22.508	22.627		
	96	97	35.000	50.8	50.8	150	0.365	0.365	0.180	0.030	175.200	175.090	197.827	197.797	22.627	22.707		
	97	98	55.000	50.8	50.8	150	0.223	0.223	0.110	0.019	175.090	174.950	197.797	197.778	22.707	22.828		

DESCRIPCION		TRAMO		LONGITUD (m)	DIAMETRO INTERIOR(mm)	DIAMETRO EFECTIVO(mm)	COEF. H-WILLIAMS	GASTO INICIAL(psa)	GASTO FINAL(psa)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA DE CARGA TOTAL(m)	COTA DE T.N.(m)		COTA PIEZOMETRICA(m)		CARGA DISPONIBLE(m)		OBSERVACIONES
De	a	INICIAL	FINAL									INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL			
99	100	10.000	50.8	150	0.394	0.194	177.100	177.110	196.024	18.924	18.904							
99	102	283.000	63.5	150	1.068	0.337	177.100	175.320	196.024	195.466	18.924	20.146						
100	101	87.000	50.8	150	0.353	0.174	177.110	176.350	196.014	195.943	18.904	19.593						
105	106	96.000	50.8	150	0.390	0.192	178.210	177.190	199.304	198.211	21.094	22.021						
105	107	229.000	63.5	150	0.930	0.294	178.210	177.370	199.304	198.929	21.094	21.559						
108	109	6.000	203.2	150	0.649	0.200	178.450	178.560	201.405	201.405	22.845	22.845						
109	110	154.000	50.8	150	0.625	0.308	178.560	177.010	201.405	201.046	22.845	24.036						
111	113	158.000	50.8	150	0.841	0.316	181.190	178.240	203.160	202.774	21.970	24.534						
111	112	107.000	50.8	150	0.434	0.214	181.190	178.820	203.160	203.033	21.970	24.213						
114	115	111.000	50.8	150	0.451	0.222	182.570	180.070	202.721	202.580	20.151	22.510						
114	116	250.000	50.8	150	1.015	0.301	182.570	186.980	202.721	201.281	20.151	14.311						
118	120	106.000	50.8	150	0.430	0.212	191.880	183.230	203.746	203.623	11.866	20.383						
118	119	60.000	50.8	150	0.244	0.120	191.880	200.140	203.746	203.722	11.866	3.562						
118	121	237.000	101.6	150	6.226	0.768	191.880	194.060	203.746	202.413	11.866	8.353						
121	140	44.000	50.8	150	0.313	0.154	194.060	197.020	202.413	202.384	8.353	5.364						
121	122	115.000	76.2	150	4.951	1.086	171.719	194.060	187.240	202.413	200.694	13.454						
122	123	111.000	50.8	150	0.451	0.222	187.240	181.700	200.694	200.563	13.454	18.853						
122	124	28.000	76.2	150	4.034	0.885	187.240	188.660	200.694	200.408	13.454	11.748						
124	133	48.000	50.8	150	1.818	0.897	188.660	190.230	200.408	199.599	11.748	9.369						
124	125	114.000	63.5	150	2.102	0.664	188.660	183.180	200.408	199.561	11.748	16.381						
125	126	16.000	50.8	150	1.639	0.909	183.180	182.500	199.561	199.338	16.381	16.838						
126	127	52.770	50.8	150	1.574	0.777	182.500	179.890	199.338	198.658	16.838	18.768						
127	128	74.000	50.8	150	1.360	0.671	179.890	177.390	198.658	197.930	18.768	20.540						
128	129	17.000	50.8	150	0.824	0.407	177.390	177.240	197.930	197.864	20.540	20.624						
128	132	58.000	50.8	150	0.235	0.116	177.390	177.720	197.930	197.908	20.540	20.188						
129	130	104.999	50.8	150	0.755	0.372	177.240	175.950	197.864	197.516	20.624	22.166						
130	131	81.000	50.8	150	0.329	0.162	175.950	176.990	197.516	197.459	22.166	20.869						
133	134	20.000	50.8	150	1.624	0.801	190.230	191.310	199.599	199.326	9.369	8.016						
134	135	125.000	50.8	150	0.507	0.250	191.310	183.690	199.326	199.128	8.016	15.438						
134	136	21.000	50.8	150	1.035	0.511	191.310	192.590	199.326	199.201	8.016	6.611						
136	137	69.000	50.8	150	0.950	0.469	192.590	194.620	199.201	198.852	6.611	4.232						
137	138	146.000	50.8	150	0.593	0.292	194.620	186.940	198.852	198.543	4.232	11.603						
137	139	19.000	50.8	150	0.077	0.038	194.620	195.200	198.852	198.851	4.232	3.651						
140	141	33.000	50.8	150	0.134	0.066	197.020	199.030	202.384	202.380	5.364	3.360						

PROYECTO: REVISIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE EN CAP PROYECTISTA: RICARDO MEDINA MARTÍNEZ

No. de tramos: 140 No. de nodos: 141

CRIP	TRAMO	De	a	LONGITUD (m)	DIAMETRO INTERIOR(mm)	DIAMETRO EFECTIVO(mm)	COEF. RUGOSIDAD	GASTO INICIAL(lps)	GASTO FINAL(lps)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA DE CARGA TOTAL(m)	COTA DE T.N.(m)		COTA PIEZOMETRICAL(m)		CARGA DISPONIBLE(m)		OBSERVACIONES
												INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
	1	2	34.000	203.2	203.2	0.00900	50.830	50.830	1.567	0.360	200.510	206.690	200.510	206.690	2.000	6.180		
	2	3	77.000	203.2	203.2	0.00900	50.692	50.692	1.563	0.810	200.510	206.690	200.510	206.690	6.180	14.540		
	3	4	4.000	152.4	152.4	0.00900	22.012	22.012	1.207	0.037	191.340	205.880	191.340	205.880	14.540	13.944		
	3	63	30.000	152.4	152.4	0.00900	28.367	28.367	1.555	0.458	191.340	205.880	191.340	205.880	14.540	15.432		
	4	5	150.000	152.4	152.4	0.00900	21.996	21.996	1.206	1.378	191.340	205.880	191.340	205.880	13.944	9.486		
	5	6	39.000	50.8	50.8	0.00900	0.158	0.158	0.078	0.007	194.980	204.466	194.980	204.466	9.486	9.609		
	5	7	8.000	152.4	152.4	0.00900	21.229	21.229	1.164	0.068	194.980	204.466	194.980	204.466	10.077	10.077		
	7	8	44.000	152.4	152.4	0.00900	21.196	21.196	1.162	0.375	189.570	204.397	189.570	204.397	10.077	14.452		
	8	9	111.000	152.4	152.4	0.00900	21.018	21.018	0.931	0.931	189.570	204.022	189.570	204.022	14.452	22.781		
	9	40	210.000	76.2	76.2	0.00900	7.473	7.473	1.639	8.976	180.310	194.115	180.310	194.115	22.781	12.455		
	9	10	15.000	101.6	101.6	0.00900	13.094	13.094	1.615	0.424	180.310	202.667	180.310	202.667	22.781	22.407		
	10	11	102.000	101.6	101.6	0.00900	13.033	13.033	1.608	2.860	178.110	199.807	178.110	199.807	22.407	21.697		
	11	38	221.000	50.8	50.8	0.00900	1.348	1.348	0.865	2.671	178.110	199.807	178.270	199.807	21.697	18.866		
	11	12	11.000	101.6	101.6	0.00900	11.272	11.272	1.390	0.231	178.110	199.807	178.030	199.807	21.697	21.546		
	12	13	106.000	101.6	101.6	0.00900	11.227	11.227	1.385	2.205	178.030	199.576	178.030	199.576	21.546	20.411		
	13	35	230.000	63.5	63.5	0.00900	1.693	1.693	0.534	1.334	176.960	197.371	176.960	197.371	20.411	20.237		
	13	14	17.000	101.6	101.6	0.00900	9.104	9.104	1.123	0.233	176.960	197.371	176.840	197.371	20.411	20.298		
	14	27	231.000	63.5	63.5	0.00900	3.978	3.978	1.256	7.398	176.840	189.740	175.900	189.740	20.298	13.840		
	14	15	108.000	76.2	76.2	0.00900	5.058	5.058	1.109	2.115	176.840	195.024	176.210	195.024	20.298	18.814		
	15	18	242.000	63.5	63.5	0.00900	3.677	3.677	1.161	6.624	176.210	188.399	175.270	188.399	18.814	13.129		
	15	16	162.000	50.8	50.8	0.00900	0.942	0.942	0.465	0.956	176.210	195.024	175.120	195.024	18.814	18.948		
	16	17	70.000	50.8	50.8	0.00900	0.284	0.284	0.140	0.038	175.120	194.030	174.970	194.030	18.948	19.060		
	18	26	230.000	50.8	50.8	0.00900	0.934	0.934	0.461	1.334	175.270	187.066	175.760	187.066	13.129	11.306		
	18	19	9.000	50.8	50.8	0.00900	1.762	1.762	0.869	0.186	175.270	188.214	175.630	188.214	13.129	12.584		
	19	20	50.000	50.8	50.8	0.00900	1.725	1.725	0.851	0.990	175.630	187.224	175.400	187.224	12.584	11.824		
	20	21	50.000	50.8	50.8	0.00900	1.283	1.283	0.633	0.547	175.400	186.676	175.370	186.676	11.824	11.306		
	20	25	59.000	50.8	50.8	0.00900	0.239	0.239	0.118	0.023	175.400	187.224	174.580	187.224	11.306	12.621		
	21	23	62.000	50.8	50.8	0.00900	0.796	0.796	0.393	0.261	175.370	186.676	177.560	186.676	11.306	8.855		
	21	22	70.000	50.8	50.8	0.00900	0.284	0.284	0.140	0.038	175.370	186.639	173.490	186.639	11.306	13.149		
	23	24	134.000	50.8	50.8	0.00900	0.544	0.544	0.268	0.264	177.560	186.415	175.190	186.415	8.855	10.961		
	27	29	192.000	63.5	63.5	0.00900	2.634	2.634	2.697	0.046	176.700	185.574	176.960	185.574	8.874	8.464		
	27	28	107.000	50.8	50.8	0.00900	0.406	0.406	0.200	0.110	175.900	189.740	175.340	189.740	13.840	10.323		
	29	30	40.000	50.8	50.8	0.00900	1.855	1.855	0.915	0.916	176.720	186.127	176.920	186.127	10.323	9.207		
	30	31	29.000	50.8	50.8	0.00900	1.693	1.693	0.835	0.553	176.920	185.574	176.700	185.574	9.207	8.874		
	31	33	14.000	50.8	50.8	0.00900	1.270	1.270	0.627	0.150	176.700	185.574	176.960	185.574	8.874	8.464		
	31	32	75.000	50.8	50.8	0.00900	0.304	0.304	0.150	0.046	176.700	185.574	175.630	185.574	8.874	9.898		
	33	34	299.000	50.8	50.8	0.00900	1.214	1.214	0.599	2.930	176.960	182.494	176.090	185.424	8.464	6.404		
	35	36	7.000	50.8	50.8	0.00900	0.759	0.759	0.374	0.027	175.800	196.037	175.830	196.037	20.237	20.180		
	36	37	180.000	50.8	50.8	0.00900	0.731	0.731	0.360	0.639	177.250	195.371	176.090	195.371	20.180	18.121		
	38	39	111.000	50.8	50.8	0.00900	0.451	0.451	0.222	0.150	178.270	196.986	175.960	196.986	18.866	21.026		
	40	42	107.000	76.2	76.2	0.00900	6.190	6.190	1.357	3.138	181.660	194.115	184.080	194.115	12.455	6.896		
	40	41	106.000	50.8	50.8	0.00900	0.430	0.430	0.212	0.131	181.660	193.984	184.080	193.984	12.455	15.414		
	42	43	50.000	50.8	50.8	0.00900	0.479	0.479	0.236	0.076	184.080	190.976	185.830	190.976	6.896	5.070		
	42	46	8.000	76.2	76.2	0.00900	5.277	5.277	1.157	0.171	184.080	190.806	184.480	190.806	6.326	6.326		
	43	44	30.000	50.8	50.8	0.00900	0.122	0.122	0.060	0.003	185.830	190.897	187.310	190.897	5.070	3.587		
	43	45	38.000	50.8	50.8	0.00900	0.154	0.154	0.076	0.006	185.830	190.894	185.240	190.894	5.070	5.654		
	46	47	19.000	76.2	76.2	0.00900	5.244	5.244	1.150	0.400	184.480	190.406	184.270	190.406	6.326	6.136		
	47	54	68.000	63.5	63.5	0.00900	3.726	3.726	1.177	1.911	184.270	188.495	183.160	188.495	6.136	5.335		
	47	48	63.000	50.8	50.8	0.00900	1.441	1.441	0.711	0.870	184.270	189.535	182.010	189.535	6.136	7.525		
	48	53	58.000	50.8	50.8	0.00900	0.235	0.235	0.116	0.021	182.010	189.535	181.320	189.535	7.525	8.194		
	48	49	50.000	50.8	50.8	0.00900	0.950	0.950	0.469	0.300	182.010	189.235	180.530	189.235	7.525	8.705		
	49	52	59.000	50.8	50.8	0.00900	0.239	0.239	0.118	0.023	180.530	189.213	180.600	189.213	8.705	8.613		
	49	50	63.000	50.8	50.8	0.00900	0.507	0.507	0.250	0.108	180.530	189.235	178.410	189.235	8.705	10.717		

**TABLA DE CALCULO DE REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE METODO HARDY-CROSS/MANNING**

PROYECTO: REVISIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE EN CAP PROYECTISTA: RICARDO MEDINA MARTÍNEZ

No. de tramos: 140

No. de nodos: 141

CRIP	TRAMO	De	a	LONGITUD (m)	DIAMETRO INTERIOR(mm)	DIAMETRO EFECTIVO(mm)	DIAMETRO	COEF. RUGOSIDAD	GASTO INICIAL(lps)	GASTO FINAL(lps)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA DE CARGA TOTAL(m)	COTA DE T.N.(m)		COTA PIEZOMETRICA(m)		CARGA DISPONIBLE(m)		OBSERVACIONES
													INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
50	51	62.000	50.8	0.00900	0.252	0.252	0.124	178.410	178.600	189.127	189.101	10.717	10.501						
54	55	233.000	63.5	0.00900	3.450	3.450	1.089	183.160	177.600	188.495	188.481	5.335	5.281						
55	56	98.000	63.5	0.00900	2.504	2.504	0.791	177.600	177.470	182.881	181.637	5.281	4.167						
56	57	168.000	63.5	0.00900	2.107	2.107	0.665	177.470	177.490	181.637	180.128	4.167	2.638						
57	58	22.000	50.8	0.00900	0.089	0.089	0.044	177.490	178.150	180.128	180.126	2.638	1.976						
57	59	50.000	50.8	0.00900	1.335	1.335	0.659	177.490	176.700	180.128	179.534	2.638	2.834						
59	60	13.000	50.8	0.00900	0.507	0.507	0.250	176.700	176.860	179.534	179.512	2.834	2.652						
59	62	154.000	50.8	0.00900	0.625	0.625	0.308	176.700	177.410	179.534	179.134	2.834	1.724						
60	61	112.000	50.8	0.00900	0.455	0.455	0.224	176.860	178.250	179.512	179.358	2.652	1.108						
63	64	94.000	152.4	0.00900	20.453	20.453	1.121	189.990	186.760	205.422	204.675	15.432	17.915						
63	118	220.000	101.6	0.00900	7.792	7.792	0.961	189.990	191.880	205.422	203.217	15.432	11.337						
64	65	22.000	152.4	0.00900	20.072	20.072	1.100	186.760	185.430	204.675	204.507	17.915	19.077						
65	117	225.000	50.8	0.00900	0.913	0.913	0.451	185.430	180.390	204.507	203.258	19.077	22.868						
65	66	12.000	152.4	0.00900	16.695	16.695	0.915	185.430	185.320	204.507	204.444	19.077	19.124						
65	114	224.000	63.5	0.00900	2.375	2.375	0.750	185.430	182.570	204.507	201.951	19.077	19.381						
66	67	70.000	152.4	0.00900	16.646	16.646	0.913	185.320	182.980	204.444	204.075	19.124	21.095						
67	88	34.000	101.6	0.00900	10.570	10.570	1.304	182.980	182.710	204.075	203.449	21.095	20.739						
67	68	41.000	76.2	0.00900	5.792	5.792	1.270	182.980	183.050	203.022	203.022	21.095	19.972						
68	69	95.000	50.8	0.00900	0.605	0.605	0.298	183.050	180.810	203.022	202.791	19.972	22.181						
68	72	11.000	76.2	0.00900	5.021	5.021	1.101	183.050	183.260	203.022	202.810	19.972	19.550						
69	70	11.000	50.8	0.00900	0.219	0.219	0.108	180.810	180.720	202.791	202.788	22.181	22.068						
70	71	49.000	50.8	0.00900	0.175	0.175	0.086	180.720	178.630	202.779	202.779	22.068	24.149						
72	73	38.000	76.2	0.00900	4.976	4.976	1.091	183.260	182.430	202.810	202.090	19.550	19.660						
73	74	7.000	76.2	0.00900	4.822	4.822	1.057	182.430	182.540	202.090	201.965	19.660	19.425						
74	75	125.000	63.5	0.00900	2.184	2.184	0.690	182.540	178.830	201.965	200.759	19.425	21.929						
74	80	23.000	63.5	0.00900	2.610	2.610	0.824	182.540	181.590	201.965	201.648	19.425	20.058						
75	79	61.000	50.8	0.00900	0.248	0.248	0.122	178.830	178.290	200.759	200.734	21.929	22.444						
75	76	141.000	63.5	0.00900	1.429	1.429	0.451	178.330	178.330	200.759	200.176	21.929	21.846						
76	77	187.000	50.8	0.00900	0.856	0.856	0.423	178.330	178.090	200.176	199.263	21.846	21.173						
77	78	24.000	203.2	0.00900	0.097	0.097	0.003	178.090	178.190	199.263	199.263	21.173	21.073						
80	81	117.000	63.5	0.00900	2.517	2.517	0.795	181.590	179.790	200.148	200.148	20.058	20.358						
81	82	106.000	50.8	0.00900	0.430	0.430	0.212	179.790	178.460	200.148	200.018	20.358	21.588						
81	83	9.000	63.5	0.00900	1.611	1.611	0.509	179.790	179.980	200.148	200.101	20.358	20.121						
83	84	270.000	63.5	0.00900	1.575	1.575	0.497	179.980	181.290	200.101	198.745	20.121	17.455						
84	85	14.000	50.8	0.00900	0.479	0.479	0.236	181.290	181.010	198.745	198.724	17.455	17.714						
85	86	78.000	50.8	0.00900	0.422	0.422	0.208	181.010	178.320	198.724	198.632	17.714	20.312						
86	87	26.000	50.8	0.00900	0.106	0.106	0.052	178.320	178.100	198.632	198.630	20.312	20.530						
88	89	38.985	101.6	0.00900	10.432	10.432	1.287	182.710	181.630	203.449	202.748	20.530	21.118						
89	111	23.000	50.8	0.00900	1.169	1.169	0.577	181.630	181.190	202.748	202.539	21.118	21.349						
89	90	41.000	101.6	0.00900	9.104	9.104	1.123	181.630	181.300	202.748	202.187	21.118	20.887						
90	91	36.000	101.6	0.00900	8.938	8.938	1.102	181.300	181.110	202.187	201.713	20.887	20.603						
91	92	75.000	101.6	0.00900	8.792	8.792	1.084	181.110	177.770	201.713	200.756	20.603	22.986						
92	108	59.000	50.8	0.00900	0.889	0.889	0.439	177.770	178.450	200.756	200.446	22.986	21.996						
92	93	15.000	76.2	0.00900	7.598	7.598	1.666	177.770	177.750	200.756	200.093	22.986	22.343						
93	104	219.000	50.8	0.00900	0.889	0.889	0.439	177.750	176.760	200.093	198.942	22.343	22.182						
93	94	105.000	63.5	0.00900	4.416	4.416	1.394	177.750	175.650	200.093	195.948	22.343	20.298						
93	105	225.000	63.5	0.00900	2.232	2.232	0.705	177.750	178.210	200.093	197.823	22.343	19.613						
94	103	216.000	50.8	0.00900	0.877	0.877	0.433	175.650	176.160	195.948	194.843	20.298	18.683						
94	95	71.000	50.8	0.00900	0.747	0.747	0.368	175.650	175.350	195.948	195.685	20.298	20.335						
94	99	233.000	63.5	0.00900	2.366	2.366	0.747	175.350	177.100	195.948	193.421	20.335	16.321						
96	97	35.000	50.8	0.00900	0.459	0.459	0.226	175.350	175.200	195.685	195.652	20.335	20.452						
96	97	35.000	50.8	0.00900	0.365	0.365	0.180	175.200	175.090	195.652	195.621	20.452	20.531						
97	98	55.000	50.8	0.00900	0.223	0.223	0.110	175.090	174.950	195.621	195.603	20.531	20.653						

TRAMO		LONGITUD (m)	DIAMETRO		DIAMETRO EFECTIVO(mm)	DIAMETRO EFFECTIVO(mm)	COEF. RUGOSIDAD	GASTO INICIAL(lps)	GASTO FINAL(lps)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA DE CARGA TOTAL(m)	COTA DE T.N.(m)		COTA PIEZOMETRICA(m)		CARGA DISPONIBLE(m)	OBSERVACIONES
De	a		INTERIOR(mm)	EXTERIOR(mm)								INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
99	100	10.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.394	0.394	0.194	0.010	177.100	177.110	193.421	193.410	16.321	16.300	
99	102	263.000	63.5	63.5	63.5	0.00900	1.068	1.068	0.337	0.607	177.100	175.320	193.421	192.814	16.321	17.494	
100	101	87.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.353	0.353	0.174	0.072	177.110	176.350	193.410	193.338	16.300	16.988	
105	106	96.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.390	0.390	0.192	0.097	178.210	177.190	197.823	197.726	19.613	20.536	
105	107	229.000	63.5	63.5	63.5	0.00900	0.930	0.930	0.294	0.400	178.210	177.370	197.823	197.423	19.613	20.053	
108	109	6.000	203.2	203.2	203.2	0.00900	0.649	0.649	0.200	0.000	178.450	178.560	200.446	200.446	21.996	21.886	
109	110	154.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.625	0.625	0.308	0.400	178.560	177.010	200.446	200.045	21.886	23.035	
111	113	158.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.641	0.641	0.316	0.432	181.190	178.240	202.539	202.107	21.349	23.867	
111	112	107.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.434	0.434	0.214	0.134	181.190	178.820	202.539	202.405	21.349	23.585	
114	115	111.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.451	0.451	0.222	0.150	182.570	180.070	201.951	201.801	19.381	21.731	
114	116	250.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	1.015	1.015	0.501	1.713	182.570	186.980	201.951	200.238	19.381	13.258	
118	120	106.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.430	0.430	0.210	0.131	191.880	183.230	203.217	203.087	11.337	19.857	
118	119	60.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.244	0.244	0.120	0.024	191.880	200.140	203.217	203.194	11.337	3.054	
118	121	237.000	101.6	101.6	101.6	0.00900	6.226	6.226	0.768	1.516	191.880	194.060	203.217	201.701	11.337	7.641	
121	140	44.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.313	0.313	0.154	0.029	194.060	197.020	201.701	201.673	7.641	4.653	
121	122	115.000	76.2	76.2	76.2	0.00900	4.951	4.951	1.086	2.158	194.060	187.240	201.701	199.543	7.641	12.303	
122	123	111.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.451	0.451	0.222	0.150	187.240	181.700	199.543	199.394	12.303	17.694	
122	124	28.000	76.2	76.2	76.2	0.00900	4.034	4.034	0.885	0.349	187.240	188.660	199.543	199.195	12.303	10.535	
124	133	48.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	1.818	1.818	0.897	1.056	188.660	190.230	199.195	198.139	10.535	7.909	
124	125	114.000	63.5	63.5	63.5	0.00900	2.102	2.102	0.664	1.019	188.660	183.180	199.195	198.176	10.535	14.996	
125	126	16.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	1.639	1.639	0.809	0.286	183.180	182.500	198.176	197.890	14.996	15.390	
126	127	52.770	50.8	50.8	50.8	0.00900	1.574	1.574	0.777	0.870	182.500	179.890	197.890	197.020	15.390	17.130	
127	128	74.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	1.360	1.360	0.671	0.910	179.890	177.390	197.020	196.109	17.130	18.719	
128	129	17.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.824	0.824	0.407	0.077	177.390	177.240	196.109	196.032	18.719	18.792	
128	132	58.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.235	0.235	0.116	0.021	177.390	177.720	196.109	196.088	18.719	18.368	
129	130	104.999	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.755	0.755	0.372	0.398	177.240	175.350	196.032	195.634	18.792	20.284	
130	131	81.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.329	0.329	0.162	0.058	175.350	176.590	195.634	195.576	20.284	18.986	
133	134	20.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	1.624	1.624	0.801	0.351	190.230	191.310	198.139	197.788	7.909	6.478	
134	135	125.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.507	0.507	0.250	0.214	191.310	183.690	197.788	197.574	6.478	13.884	
134	136	21.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	1.035	1.035	0.511	0.150	191.310	192.590	197.788	197.638	6.478	5.048	
136	137	69.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.950	0.950	0.469	0.414	192.590	194.620	197.638	197.224	5.048	2.604	
137	138	146.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.593	0.593	0.292	0.341	194.620	196.940	197.224	196.883	2.604	9.943	
137	139	19.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.077	0.077	0.038	0.001	194.620	195.200	197.224	197.223	2.604	2.023	
140	141	33.000	50.8	50.8	50.8	0.00900	0.134	0.134	0.066	0.004	197.020	199.030	201.673	201.669	4.653	2.639	

Para realizar la revisión del cálculo hidráulico de la red de distribución de agua potable, fue necesario contar con el plano topográfico de la localidad para apreciar los datos pertinentes.

El plano topográfico proporcionado por la CAPASU (ver anexos), presenta cotas en las intersecciones de las calles, donde se puede observar que se tienen zonas con pendientes suaves y algunas otras con algunos cambios bruscos en las mismas, por lo que se puede apreciar que el funcionamiento de la red se basa principalmente en el aprovechamiento de las condiciones topográficas favorables.

Capacuaro Michoacán cuenta con una población de 7,674 habitantes, de acuerdo al censo de población realizado por el INEGI en el año 2005. Se tomó como punto de partida el plano del cálculo de la red proporcionado por la CAPASU. En éste se observa que la red de distribución es ramificada, abastecida por un tanque superficial, suministrando un gasto de 50.83 lps a través de una tubería de 8" hasta el nodo 3, de donde empiezan a disminuir los diámetros.

Los pasos realizados para la revisión de la red son los siguientes:

1. Definir la escala y límites del dibujo empleando la rutina "Preparar hoja".
2. Trazar la red de distribución utilizando el comando LINE (LÍNEA) de AutoCAD.
3. Hacer uso de la rutina del CivilCAD, Redes de agua potable, circuitos, reconocer.
4. Numerar los nodos de la red con la rutina, Nodos, Numerar.

5. Indicar el nodo de alimentación con la rutina, Nodos, Indicar nodo de alimentación. En este paso se debe indicar el gasto de alimentación, para lo cual se proporcionó el gasto que indica el plano de la CAPASU (50.83 lps) en el nodo 1, así como la presión en m (2 m).
6. Se procede a calcular el circuito de la red con la rutina, Circuitos, Calcular. En este paso se deben indicar los parámetros como son: las presiones mínima y máxima en los nodos, así como las velocidades mínima y máxima en las tuberías. También se selecciona el método a emplear y la distribución de caudal en las tuberías. Se consideró para esta revisión la presión mínima en nodos de 10 m al ser una localidad pequeña y máxima 50 m, y velocidades mínima y máxima de 0.5 m/s y 5 m/s respectivamente. Se utilizaron los tres métodos manejados por el CivilCAD (Hazen-Williams, Darcy-Weisbach y Manning) y la distribución de caudal en las tuberías se seleccionó como proporcional a la longitud del tramo.
7. Se generan las tablas del cálculo.

Al obtenerse los resultados se presentaron diferencias entre los contenidos en el plano de la CAPASU y los obtenidos en la revisión. Las diferencias se vieron reflejadas en las presiones disponibles, variando por citar un ejemplo en el nodo 117, en el que se tiene una carga de 14.98 m en el plano de la CAPASU contra 13.23 m obtenido de la revisión empleando el método de Manning, 14.31 m con el de Hazen y 13.93 m con el de Darcy.

Se observa que las presiones disponibles al final de las ramificaciones son insuficientes respecto a la mínima establecida.

## CONCLUSIONES

Uno de los objetivos de esta investigación era revisar si el diseño de la red de distribución general de agua potable en la localidad de Capacuaro Michoacán, es el suficiente, este objetivo se cumplió pues se pudo establecer que es insuficiente.

También se dio respuesta a los objetivos específicos, definiéndose conceptualmente lo que es una red de distribución de agua potable y mencionar los tipos en que ésta se puede clasificar.

A lo largo de esta investigación se lograron recopilar los datos necesarios que permitieron realizar los cálculos, y así determinar las características, que debería tener el sistema de la red de distribución de agua potable de Capacuaro.

La investigación documental consistió en averiguar lo referente a los antecedentes y las condiciones actuales de la red de distribución de agua potable, señalando también las características con que debe cumplir una buena red de distribución, lo anterior sirvió para dar respuesta a la pregunta de investigación de esta tesis. Y la investigación de campo se llevó a cabo para hacer un reconocimiento del sitio en cuestión, para conocer datos como las condiciones geográficas, topográficas y climatológicas del lugar.

Por medio de los cálculos realizados se encontró que varias líneas de la red no cumplen con la carga mínima disponible para el correcta dotación a los usuarios. Se encontraron también tramos en la red con una velocidad de flujo baja, respecto a los límites recomendables.

Como se mencionó en la teoría, en la actualidad las redes abiertas no son muy recomendables pues favorecen el crecimiento bacteriano en los extremos de la misma.

Con los argumentos ya mencionados se llegó a la conclusión que la red de distribución general de agua potable de Capacuaro Michoacán es insuficiente.

## BIBLIOGRAFÍA

Caballero García, Carlos Alberto. (2001)

Sistema de agua potable para la colonia La Santa Cruz

Tesis inédita de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, A.C.

Uruapan Michoacán, México.

César Valdez, Enrique. (1990)

Abastecimiento de agua potable

Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Comisión Nacional del Agua. (1994)

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

González Luna, Héctor. (1986)

Fugas en redes de distribución de agua potable

Tesis inédita de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, A.C.

Uruapan Michoacán, México.

Hernández Samperi, Roberto y Cols. (2005)

Metodología de la investigación

Editorial Mc Graw Hill. México.

Manual de normas de proyecto para obras de aprovisionamiento de agua potable en localidades urbanas de la República Mexicana. (1979)

Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Mendieta Alatorre, Ángeles. (2005)

Métodos de investigación y manual académico

Editorial Porrúa. México.

Morales Soto, José Carlos. (1996)

Red de agua potable del desarrollo habitacional Lic. Manlio Fabio Beltrones Rivera, Navojoa Sonora.

Tesis del departamento de Ingeniería Civil y Minas de la Universidad de Sonora, Sonora, México.

Resnick, Robert y Cols. (1999)

Física 1

Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México

Saldarriaga, Juan. (2007)

Hidráulica de tuberías. Abastecimiento de agua, redes, riegos.

Editorial Alfaomega. Bogotá.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2000)

El proceso de la investigación científica

Editorial Limusa. México.

Zacarías Gómez, Felipe. (2002)

Abastecimiento de agua potable y red de distribución para las colonias y fraccionamientos de San Rafael en la zona oriente de Uruapan, Mich.

Tesis inédita de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, A.C.

Uruapan Michoacán, México.

## **OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN**

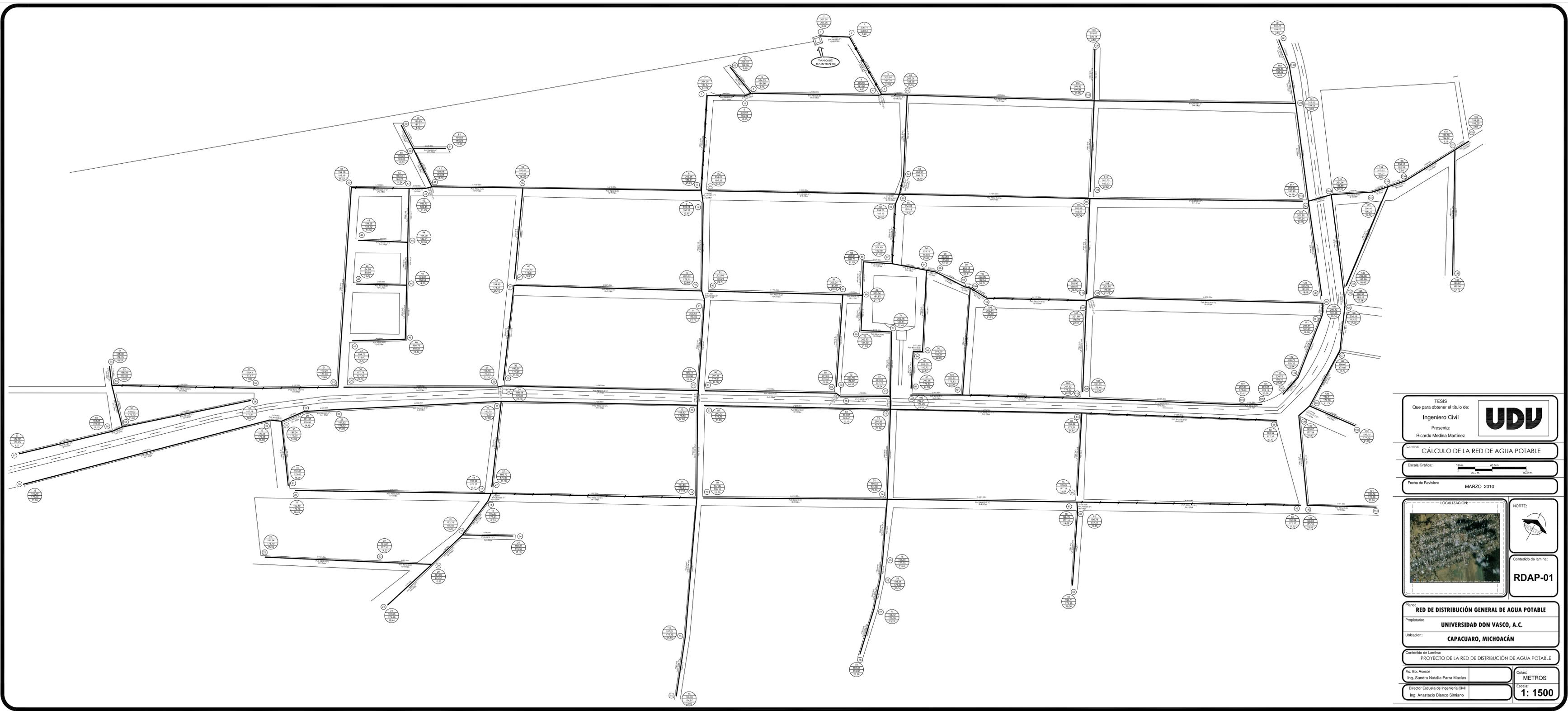
[http://www.michoacan.gob.mx/municipios/85medio\\_fisico.htm](http://www.michoacan.gob.mx/municipios/85medio_fisico.htm)

[http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_michoacan](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_michoacan)

<http://www.mitecnologico.com/Main/InvestigacionDocumental>

<http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-tratamiento-agua-potable.htm>

# **ANEXOS**



TESIS  
 Que para obtener el título de:  
**Ingeniero Civil**  
 Presenta:  
 Ricardo Medina Martínez



Lamina: **CÁLCULO DE LA RED DE AGUA POTABLE**



Fecha de Revisión: **MARZO 2010**



Contenido de lamina:  
**RDAP-01**

Plan: **RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE**

Propietario: **UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.**

Ubicación: **CAPACUARO, MICHOACÁN**

Contenido de Lamina:  
PROYECTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Vo. Bo. Asesor  
Ing. Sandro Natalia Parra Macías

Cotas:  
**METROS**

Director Escuela de Ingeniería Civil  
Ing. Anastasio Blanco Similano

Escala:  
**1: 1500**

