



UNIVERSIDAD
DON VASCO, A. C.

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No. 8727-15

a la Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA
POTABLE PARA LAS COLONIAS “EL PAREJO” Y “SANTA
CLARA”, DE LA LOCALIDAD DE SAN ÁNGEL ZURUMUCAPIO,
MICHOACÁN.**

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Juan Rivera García

Asesor: I.C. Carlos César Pérez Ángeles

Uruapan, Michoacán, a 11 de diciembre del 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

A mis padres.

A mi esposa.

A mis hermanos.

A mi asesor de tesis, Ing. Carlos César Pérez Ángeles.

A mis profesores, Ing. Anastacio Blanco Simiano.

Lic. Graciela Arroyo.

Ing. Sandra Natalia Parra Macías.

Ing. José Antonio Sánchez Corza.

Lic. Juan Luis Moreno Hurtado.

A mi amigo, José Salvador Ávila.

A la Universidad Don Vasco A.C.

Sabiendo que jamás existiera la forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constante. Agradezco a mis padres por el apoyo brindado durante mi formación profesional, que es la herencia más valiosa que pueda recibir de ustedes. Y a mi esposa e hija sólo deseo que entiendan que el logro mío es logro de ustedes, que mi esfuerzo es inspirado en ustedes y que el único ideal es ustedes.

Con amor, respeto y admiración.

¡Gracias!

ÍNDICE

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del problema.	3
Objetivo.	4
Pregunta de investigación.	5
Justificación.	5
Marco de referencia.	6

Capítulo 1.- Redes de distribución de agua potable.

1.1. Concepto de red de distribución.	7
1.2. Tipos de proyectos de redes.	9
1.3. Esquemas básicos de la red de distribución.	10
1.3.1. Esquema cerrado.	10
1.3.2. Esquema abierto.	10
1.3.3. Esquema combinado de una red de distribución.	11
1.4. División de una red de distribución.	11
1.4.1. Red primaria.	11

1.4.2. Red secundaria.	12
1.4.2.1. Red secundaria convencional.	12
1.4.2.2. Red secundaria en dos planos.	13
1.4.2.3. Red secundaria en bloques.	15
1.5. Componentes de una red de distribución.	16
1.5.1. Concepto de tubería.	17
1.5.1.1. Tuberías de plástico.	19
1.5.1.2. Tuberías de Fibro-Cemento.	26
1.5.1.3. Tuberías de Hierro Fundido.	30
1.5.1.4. Tuberías de concreto.	35
1.5.1.5. Tuberías de acero.	38
1.5.2. Concepto de piezas especiales.	44
1.5.3. Concepto de válvulas.	47
1.5.3.1. Válvulas de compuerta.	48
1.5.3.2. Válvulas de mariposa.	50
1.5.3.3. Válvulas de asiento.	51
1.5.3.4. Válvulas de altitud.	51
1.5.3.5. Válvulas para admisión y expulsión de aire.	53

1.5.3.6.	Válvulas controladoras de presión.	54
1.5.3.7.	Válvulas de globo.	55
1.5.3.8.	Válvulas de retención.	57
1.5.4.	Concepto de hidrantes.	58
1.5.5.	Concepto de tanques de distribución.	59
1.5.6.	Concepto de tomas domiciliarias.	60
1.6.	Concepto de presiones.	61
1.6.1.	Presiones disponibles.	62
1.6.2.	Presiones admisibles.	62
1.6.3.	Zonas de presión.	63

Capítulo 2.- Datos básicos para el sistema de redes de distribución de agua potable.

2.1.	Población actual.	65
2.2.	Población de proyecto.	66
2.3.	Periodo de diseño.	68
2.4.	Vida útil.	69
2.5.	Consumo.	69
2.5.1.	Consumo doméstico.	71

2.5.2. Consumo no-doméstico.	73
2.5.2.1. Consumo comercial.	73
2.5.2.2. Consumo industrial.	74
2.5.2.3. Consumo para servicios públicos.	75
2.6. Demanda.	77
2.6.1. Demanda actual.	77
2.6.2. Pérdidas físicas.	79
2.6.3. Predicción de la demanda.	81
2.7. Dotación.	82
2.8. Coeficientes de variación.	83
2.9. Gastos de diseño.	84
2.9.1. Gasto medio diario.	85
2.9.2. Gasto máximo diario y horario.	85
2.10. Velocidades máximas y mínimas.	86
2.11. Cálculo de pérdidas de energía.	88
2.11.1. Pérdidas de carga por fricción.	88
2.11.2. Ecuación de Darcy-Weisbach.	89
2.11.3. Ecuación modificada de Colebrook–White por Guerrero	91

2.12.	Zanjas para instalación de tubería.	93
2.12.1.	Ancho y profundidad de la zanja.	93
2.12.2.	Plantilla o cama.	96

Capítulo 3.- Resumen de macro y microlocalización.

3.1.	Generalidades.	98
3.1.1.	Objetivo.	98
3.1.2.	Alcance del proyecto.	99
3.2.	Resumen ejecutivo.	99
3.3.	Entorno geográfico..	100
3.3.1.	Micro y macrolocalización.	100
3.3.2.	Geología regional y de la zona en estudio.	104
3.3.3.	Hidrología regional y de la zona en estudio.	105
3.3.4.	Uso de suelo regional y de la zona en estudio..	106
3.4.	Informe fotográfico. .	107
3.4.1.	Problemática.	107
3.4.2.	Estado físico actual.	111
3.5.	Alternativas de solución.	122

3.5.1. Planteamiento de alternativas.	122
---------------------------------------	-----

3.6. Proceso de análisis.	123
---------------------------	-----

Capítulo 4.- Metodología.

4.1. Método empleado.	124
-----------------------	-----

4.1.1. Método matemático.	125
---------------------------	-----

4.2. Enfoque de la investigación.	126
-----------------------------------	-----

4.2.1. Alcance de la investigación.	127
-------------------------------------	-----

4.3. Diseño de la investigación.	128
----------------------------------	-----

4.4. Instrumentos de recopilación de datos.	130
---	-----

4.5. Descripción del proceso de investigación.	131
--	-----

Capítulo 5.- Cálculo, análisis e interpretación de datos.

5.1. Periodo de diseño o periodo económico.	133
---	-----

5.2. Vida útil.	134
-----------------	-----

5.3. Población actual o habitantes actuales.	134
--	-----

5.4. Población de proyecto.	135
-----------------------------	-----

5.5. Consumos de agua por tipo de usos.	136
---	-----

5.5.1. Consumo por uso doméstico.	136
5.5.2. Consumo por uso comercial.	138
5.5.3. Consumo por uso industrial.	139
5.5.4. Consumo por usos públicos.	141
5.5.5. Resumen de los consumos de agua por cada tipo de uso.	146
5.6. Demanda.	147
5.6.1. Demanda actual.	147
5.6.2. Pérdidas físicas actuales.	148
5.6.3. Predicción de la demanda.	149
5.6.4. Pérdidas físicas futuras.	150
5.7. Dotación.	150
5.8. Gastos de diseño.	151
5.8.1. Coeficientes de variación.	152
5.8.2. Gasto medio diario.	152
5.8.3. Gasto máximo diario.	153
5.8.4. Gasto máximo horario.	153
5.9. Levantamiento topográfico y dibujo en planta.	154
5.10. Cálculo y diseño de la red de distribución.	155

Conclusiones. 158

Bibliografía. 162

Otras fuentes de información. 163

Anexos

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

El agua es un componente esencial de la naturaleza para la supervivencia de todas las formas existentes de vidas y ha estado presente en la tierra por más de tres mil millones de años. Este líquido comprende tres cuartas partes de la superficie terrestre.

El término “agua” proviene del latín “aqua”, molécula que está formada por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno, por lo cual su fórmula química es; (H₂O), el agua se puede encontrar en tres tipos de fases, la fase más común en que se encuentra esta sustancia es líquida, también se encuentra esta sustancia en fase sólida, lo que es el hielo y, por último, se encuentra el agua en fase gaseosa, lo que es el vapor.

El abastecimiento de agua potable es fundamental en la actualidad para la subsistencia del ser humano. El ser humano necesita por naturaleza una cierta cantidad de agua al día para poder realizar sus actividades personales, domésticas y de trabajo. Para que el ser humano pueda hacer el uso del agua en la actividad que le corresponde es necesario la elaboración de sistemas de abastecimiento de agua potable, los cuales estos sistemas tienen la capacidad de abastecer una vivienda hasta toda una ciudad completa, por medio de una obra de ingeniería civil.

Un sistema de abastecimiento agua potable se comprende de varias etapas, en lo cual cada una de las etapas le corresponde un apartado especial de estudio, esto es por que cumplen una función importante cada una de las etapas. Las etapas

que comprenden el sistema completo de abastecimiento de agua potable son; obras de captación, líneas conducción, obras de tanques de regularización y por último la red de distribución.

Esta investigación se enfocará principalmente en el estudio de la última etapa del sistema de abastecimiento de agua potable; la red de distribución general que es aquella parte conformada por tuberías y accesorios que ayudan a la conducción del agua desde el tanque de regularización hasta el punto donde el usuario requiera darle el uso al agua.

Al consultar en la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C. de la ciudad de Uruapan, Michoacán, se encontraron varias tesis para la designación y la forma de que como abastecer a una sociedad de agua potable, entre las tesis que se encuentran son; “Sistema de Agua Potable para la Colonia La Santa Cruz”, publicada en el año 2001, por Carlos Alberto Caballero García, el cual hace mención del sistema que se empleó en esa colonia para su distribución. Otra de las tesis que se encuentran es el de “Revisión del Sistema de Agua Potable de la Localidad de Caltzontzin, Ubicado en el Municipio de Uruapan, Michoacán”, publicada en el año 2010, por José Gerardo Aguilar Román, que por lo consecuente cumple con uno de los objetivos específicos, el de definir una red de distribución y, por último, la tesis de “Revisión de la Red de Distribución General de Agua Potable de la Colonia Gobernadores en la Ciudad de Uruapan, Michoacán”, publicada en el año 2013, por Elí García González, el cual cumple con el objetivo de los tipos de distribución con los que cuenta la colonia y establece los tipos de tuberías para el suministro de agua potable.

Planteamiento del problema.

En la actualidad la localidad de San Ángel Zurumucapio ha ido expandiéndose con gran rapidez en todas sus direcciones, lo cual han ido surgiendo nuevas colonias, por lo que se tiene el problema con los habitantes en todos los servicios básicos, principalmente con el servicio de agua potable, el cual al no tener este servicio les impide realizar todas sus actividades tanto personales como domésticas y de trabajo para poder llevar a cabo una mejor calidad de vida.

Por ello surge la necesidad de realizar un sistema de redes de distribución de agua potable, las cuales permiten el traslado del agua desde un área de captación hasta las dos colonias o el lugar donde requiera el usuario proveer del servicio del agua potable.

Un diseño de red de distribución de agua potable exclusivamente para las dos colonias nuevas de la localidad de San Ángel Zurumucapio es de gran importancia, tanto para los habitantes de las dos colonias, así como para todos los habitantes de la misma localidad. Lo anterior surge debido a que los mismos habitantes de las dos colonias mencionadas anteriormente han ido instalando sus propias redes de distribución y las van añadiendo a la red general de la localidad sin tener el conocimiento técnico de cómo se deben de instalar y de cómo se va a comportar la red general de la localidad, lo cual ha inducido a la saturación de la red general de la localidad provocando que a todos los habitantes en general no le llegue la cantidad de agua apropiada para llevar a cabo sus actividades cotidianas, por lo que provocan que el servicio de agua potable se ineficiente para todos.

Un buen diseño de un sistema de red distribución de agua potable exclusivo para las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, mantiene a todos los habitantes de esta localidad con una gran satisfacción por el servicio que se les está ofreciendo, ya que el servicio será más eficiente para todos.

Objetivo.

A continuación, se describirán los objetivos tanto general como específicos de esta investigación que surgen a raíz del problema de la red de distribución de la localidad mencionada anteriormente y que se estima darán solución a la misma.

Objetivo general:

Diseñar el sistema de red de distribución de agua potable para las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, de la localidad de San Ángel Zurumucapio, en el Municipio de Ziracuaretiro, Michoacán.

Objetivos específicos:

1. Definir una red de distribución.
2. Definir el esquema de red de distribución.
3. Definir los componentes de una red de distribución.
4. Determinar las características topográficas de la zona donde se realizará la red de distribución.
5. Determinar las presiones a las que se someterán las tuberías.
6. Definir los tipos y clases de tuberías para la red de distribución.

Pregunta de investigación.

El sistema de red de distribución de agua potable que abastece a gran parte de la localidad de San Ángel Zurumucapio requiere de una solución para los problemas que se han venido presentando, siendo esta la principal razón que da origen a la investigación que trata la presente tesis.

Ahora bien, la pregunta que habrá de resolverse es:

¿Cómo debe de ser el diseño de la red de distribución general de agua potable para las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, de la localidad de San Ángel Zurumucapio, Michoacán?

Justificación.

La presente investigación percibe un estudio de cómo mejorar el sistema de agua potable para la localidad de San Ángel Zurumucapio ubicada en el municipio de Ziracuaretiro, del estado de Michoacán, la cual da un beneficio colectivo que es de suma importancia para todos los habitantes en general de dicha localidad, los cuales al obtener este servicio tienen la posibilidad de obtener una mejor calidad de vida.

Esta investigación es de gran importancia porque resolverá una necesidad básica para la sociedad en general de la localidad mencionada, en la cual se beneficiará de forma directa más de mil habitantes los cuales habitan en las dos colonias de la localidad mencionada anteriormente, además, también se beneficiará una Escuela Primaria, un Jardín de Niños y una Capilla. Y de forma indirecta se beneficiarán más de seis mil habitantes que son el resto de la población, así como de

la Iglesia principal, Jardines de Niños, Escuelas Primarias, Secundaria y una Preparatoria. También se beneficiará a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, de tal manera que van a poder tener un ejemplo de algo teórico que se lleva a la práctica, y que las conclusiones que se presentan sean de gran utilidad en futuras investigaciones relacionadas con el tema de las redes de distribución de agua potable.

Marco de referencia.

La presente investigación en estudio será de las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, que se encuentran dentro de la localidad de San Ángel Zurumucapio, perteneciente al municipio de Ziracuaretiro, en el Estado de Michoacán.

Las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, cuentan con una clase socioeconómica popular, por lo cual carecen de varios servicios, está dividida por lotes, los cuales no se encuentran habitados todos en su totalidad, estas colonias son creadas recientemente dentro de la localidad de San Ángel Zurumucapio.

La localidad de San Ángel Zurumucapio es una localidad de raíces purépechas, que en su dialecto purépecha significa lugar de espinas, es de clima templado con gran abundancia en vegetación de pinos, encinos y aguacates, San Ángel es un pueblo reconocido por su gran variedad de bandas, por lo que se le conoce como pueblo de bandas, también es reconocido por sus tradiciones, la localidad está dividida por cuatro cuarteles y cuatro colonias, para poder comunicarse con la localidad se puede hacer mediante dos maneras por la autopista siglo XXI y por la carretera libre federal 14.

CAPÍTULO 1

REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

En el presente capítulo se estudiarán los conceptos generales relacionados con las redes de distribución de agua potable, así como el concepto de red de distribución, sus tipos de proyectos de redes, esquemas básicos de red de distribución, división de una red de distribución, componentes de la red, así como los tipos de presiones.

1.1.- Concepto de red de distribución.

Se le denomina red de distribución al conjunto de tuberías por medio de circuitos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde los tanques de regularización o almacenamiento, hasta la toma domiciliaria o los hidrantes públicos, con el fin de proporcionar un servicio a los usuarios de consumo doméstico, comercial e industrial, de acuerdo con la CNA (a) (2007).

La red de distribución, todo el tiempo tiene que abastecer con la cantidad suficiente, calidad y una presión adecuada. Es por eso que para que el agua se pueda considerar como potable, se deben considerar los límites permisibles de calidad del agua que se establecen en la Norma Oficial Mexicana vigente NOM-127-SSA1, según lo indica la CNA (a) (2007).

De acuerdo con la CNA (b) (2007), este sistema se conforma con dos partes principales:

1. Instalaciones del servicio público (red y tomas domiciliarias).
2. Instalaciones privadas (instalación hidráulica de toda la edificación, que a partir del cuadro de la toma del usuario (domiciliaria), es responsabilidad de los propios usuarios.

La red de distribución debe satisfacer, los requerimientos siguientes, como lo establece la CNA (b) (2007):

- Suministrar agua en cantidad suficiente (gasto máximo horario de proyecto).
- El agua debe ser potable. Se debe tomar en cuenta lo indicado en las normas vigentes, referentes a la calidad del agua potable.
- Las presiones o cargas disponibles de operación en cualquier punto de la red deben estar comprendidas entre 1.5 y 5.0 kg/cm² (15 a 50 mca). Para localidades urbanas pequeñas se puede admitir una presión mínima de 1.0 kg/cm² (10 mca).
- Las tuberías de agua potable se ubican separadas de otros conductos subterráneos (alcantarillado, gas, electricidad y telecomunicaciones), a una distancia libre mínima de 20 cm vertical y horizontal, aunque para esta última es recomendable una separación de 40 cm. La tubería de agua potable siempre debe localizarse por encima del alcantarillado.

En función de la topografía de la localidad y de los tanques de regularización disponibles (existentes y de proyecto), se define el funcionamiento hidráulico de la red de distribución y en casos necesarios se divide en secciones o zonas

independientes entre sí. Se debe examinar el mantenimiento y la operación de la red en situaciones normales y extraordinarias, para diseñar los seccionamientos apropiadamente, como indica la CNA (a) (2007).

1.2.- Tipos de proyectos de redes.

Según la CNA (a) (2007), en la mayoría de los casos las obras que se hacen en las redes de distribución de las zonas urbanas o rurales, se realizan para el mejoramiento o ampliación de las redes con las que ya se cuenta, y sólo una pequeña cantidad se destina para dar servicio a zonas nuevas o aisladas. Es por eso que existen dos tipos de proyectos de redes de distribución: las redes nuevas y las redes de rehabilitación.

a) Proyectos nuevos:

Es cuando se solicita por primera vez el servicio de agua potable o cuando hay una ampliación de una red existente y por su longitud de proyecto, ya no puede ser considerada como una rehabilitación, según la CNA (a) (2007).

b) Proyectos de rehabilitación:

Es cuando hay la necesidad de modificar una parte de la red existente para mejorar su funcionamiento hidráulico o cuando existen cambios en el uso del suelo, también si de acuerdo a la zona de servicio se obliga a incrementar la capacidad de la zona de distribución, de acuerdo con la CNA (a) (2007).

1.3.- Esquemas básicos de la red de distribución.

Una red de distribución se basa en esquemas o configuraciones de tuberías para abastecer las tomas domiciliarias ya sea en una red cerrada, abierta o combinada por medio de circuitos que no es más que un conjunto de tuberías conectadas entre sí formando polígonos donde el agua fluye por todas las tuberías que la componen. Todo lo anterior depende de la planimetría de la localidad para elegir el tipo de esquema de red por diseñar, de acuerdo con la CNA (b) (2007).

1.3.1.- Esquema cerrado

Como cita la CNA (a) (2007), cuando una red es cerrada o tiene forma de malla, está conformada por lo menos por un circuito, formando una especie de malla, todas las tuberías están interconectadas y no hay terminales o extremos muertos por lo que en caso de una falla el agua fluye por otras tuberías sin dejar de abastecer la red, lo malo es que no es fácil de localizar las fugas.

1.3.2.- Esquema abierto

Según la CNA (a) (2007), es cuando las tuberías se ramifican en forma de árbol y sin formar circuitos, se utiliza este tipo de red cuando el poblado es muy disperso y cuando la topografía es muy irregular. Este tipo de red tiene la desventaja que pueden formarse crecimientos bacterianos a consecuencia de tener extremos muertos, también interrumpe el servicio cuando es necesario una reparación y baja presión cuando se tiene una ampliación de red.

1.3.3.-Esquema combinado de una red de distribución.

Así mismo, la CNA (a) (2007), le llama esquema de red combinado al presentar ambas configuraciones en el caso de emplear ramificaciones en redes cerradas y abiertas.

Como cita la CNA (b) (2007), lo recomendable es tener redes a base circuitos, por su eficiencia hidráulica y flexibilidad de operación.

1.4.- División de una red de distribución.

“Una red de distribución se divide en dos partes para determinar su funcionamiento hidráulico, que son la red primaria, que es la que rige en funcionamiento de la red, y la red secundaria o de relleno.” (CNA (a); 2007: 7)

1.4.1.- Red primaria.

Este tipo de redes se usa para conducir el agua por medio de líneas troncales o principales y alimentar a las líneas secundarias, según la CNA (b) 2007).

“Cuando la traza de las calles forme una malla que permita proyectar circuitos, su longitud deberá variar entre 400 y 600 m. El diámetro mínimo por utilizar es de 100 mm; sin embargo, en colonias urbanas populares se puede aceptar 75 mm y en zonas rurales hasta 50 mm.” (CNA (b); 2007: 126)

Así mismo, la CNA (b) (2007), indica que cálculo hidráulico de la red primaria se plasma para las condiciones estáticas; sin embargo, para las condiciones

dinámicas solo se calcula cuando es posible, lo que permite en la red verificar las presiones y los cambios de nivel en los tanques a través del tiempo. Los cálculos se elaboran con la ayuda de la computadora, por lo cual existen varios programas en el mercado.

1.4.2.- Red secundaria.

Además, la CNA (a) (2007) señala que este tipo de redes son para cubrir la totalidad de calles, distribuyen el agua hasta la toma domiciliaria. El diámetro de las redes secundarias para áreas urbanas populares debe ser de 50 o 60 mm, y para ciudades de importancia de 75 o 100 mm. Para la justificación de estos diámetros se considerará la densidad de población del área por servir.

Retomando lo dicho por el autor citado la red secundaria o de relleno no se calcula hidráulicamente, si no que se consideran tres arreglos: red convencional, red en dos planos y red en bloques.

1.4.2.1.- Red secundaria convencional.

Como menciona la CNA (a) (2007), en estas redes los conductos se unen a la red primaria y entre sí en cada cruce de calles, instalando válvulas de seccionamiento tanto en su conexión a la red primaria como en sitios estratégicos de la red secundaria, (funcionando como un esquema cerrado de red de distribución). Este arreglo da por resultado utilizar una gran cantidad de válvulas y piezas especiales, lo que representa un alto costo de los accesorios y una complicada

operación de las redes. En la figura 1.1 se muestra este tipo de red, así como algunas de sus características.

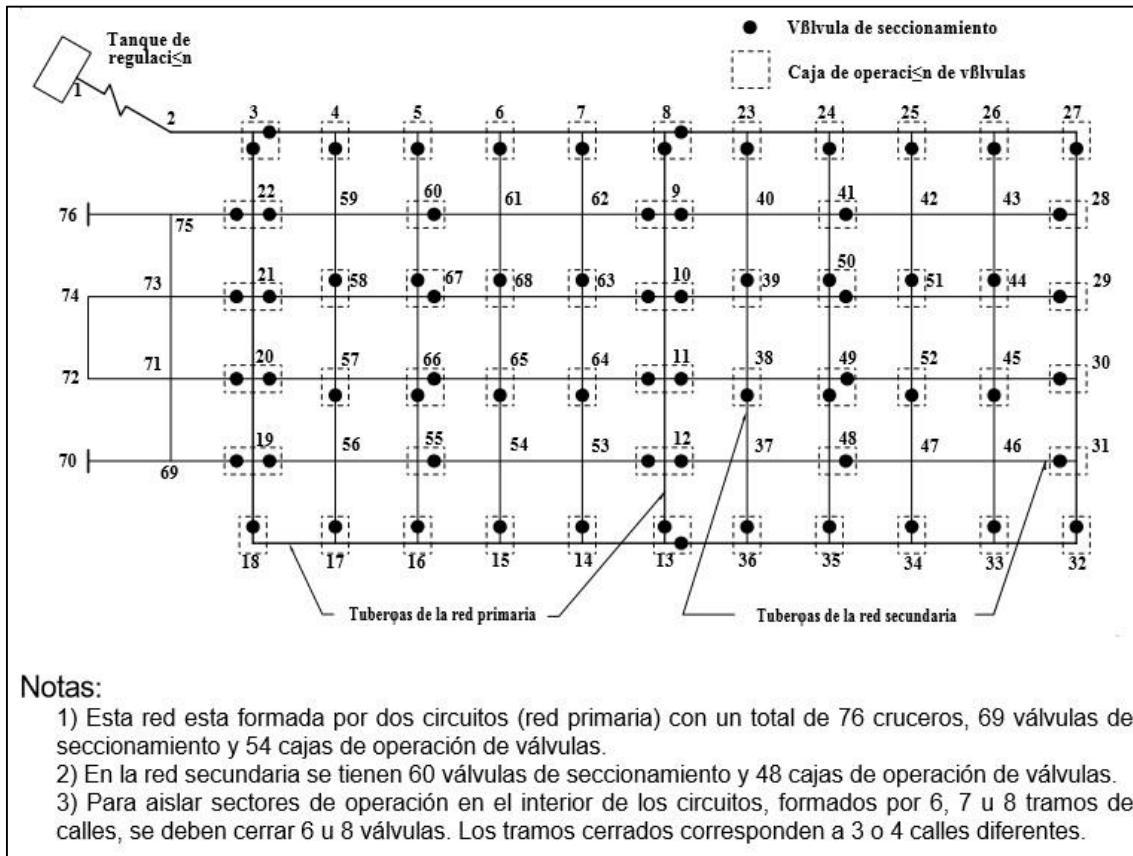


Figura 1.1.- Red secundaria convencional.

Fuente: CNA (a); 2007: 8.

1.4.2.2.- Red secundaria en dos planos.

Según la CNA (a) (2007), en estas redes, las tuberías se conectan a la red primaria en dos puntos opuestos cuando la red está situada en el interior de los circuitos o bien en un sólo cruce en los casos de líneas exteriores a ellos (funcionando como líneas abiertas). En condiciones topográficas favorables, la

longitud máxima de una red de distribución secundaria en dos planos debe estar entre 400 y 600 m, principalmente cuando tiene una sola conexión a la red primaria (funcionando como una de red de distribución de esquema abierto). En la figura 1.2 se muestra este tipo de red, así como algunas de sus características.

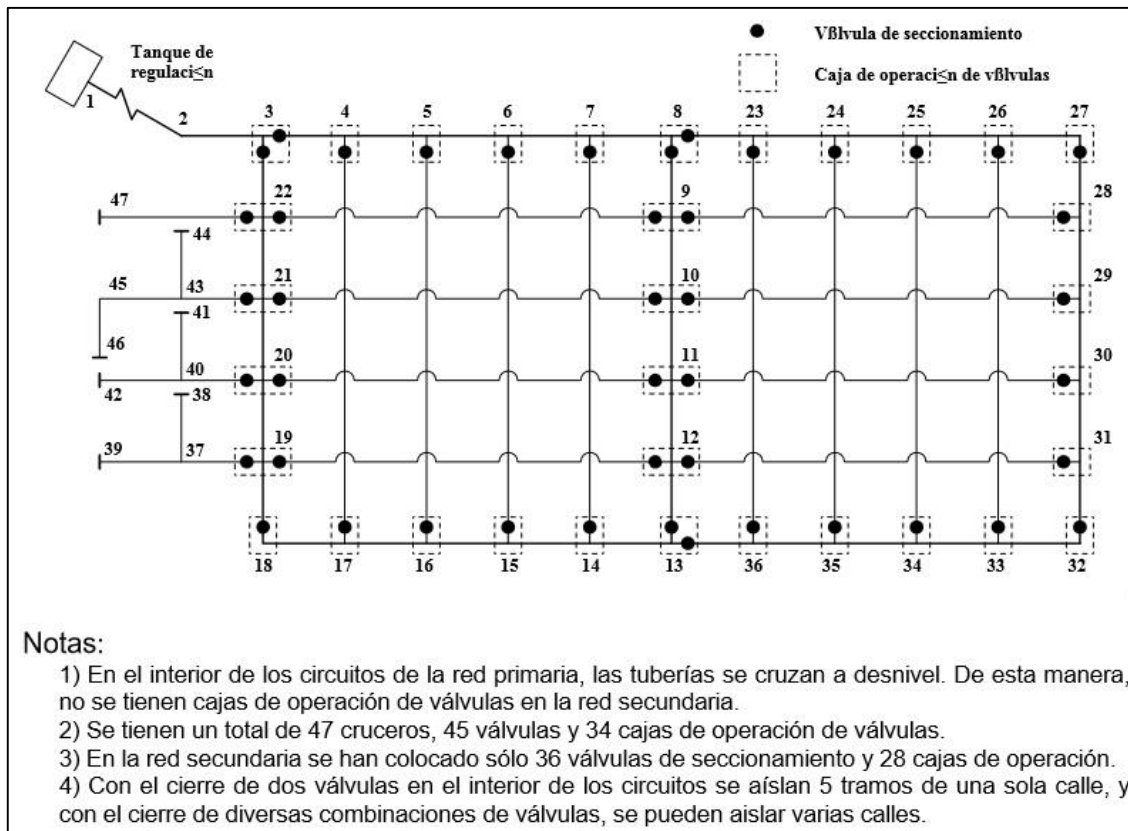


Figura 1.2.- Red secundaria en dos planos.

Fuente: CNA (a); 2007: 9.

1.4.2.3.- Red secundaria en bloques.

Esta subdivisión secundaria consiste en que las tuberías secundarias forman bloques que se conectan con la red primaria en dos puntos. La red principal no recibe conexiones domiciliarias. La longitud total de las tuberías secundarias dentro de un bloque normalmente es de 2,000 a 5,000 m. A su vez, la red secundaria dentro de un bloque puede ser convencional ver (Figura 1.3) o en dos planos ver (Figura 1.4), de acuerdo con la CNA (a) (2007).

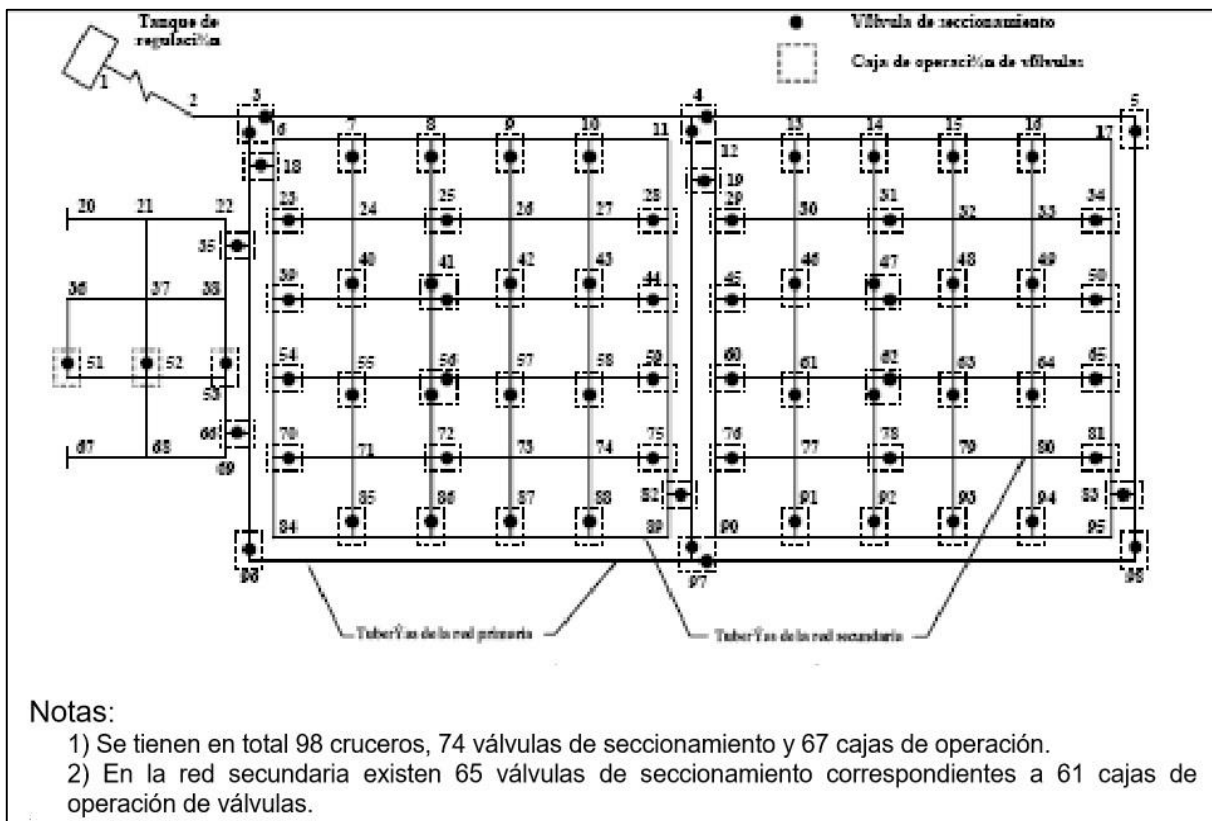


Figura 1.3.- Red secundaria convencional en bloques.

Fuente: CNA (a); 2007: 10.

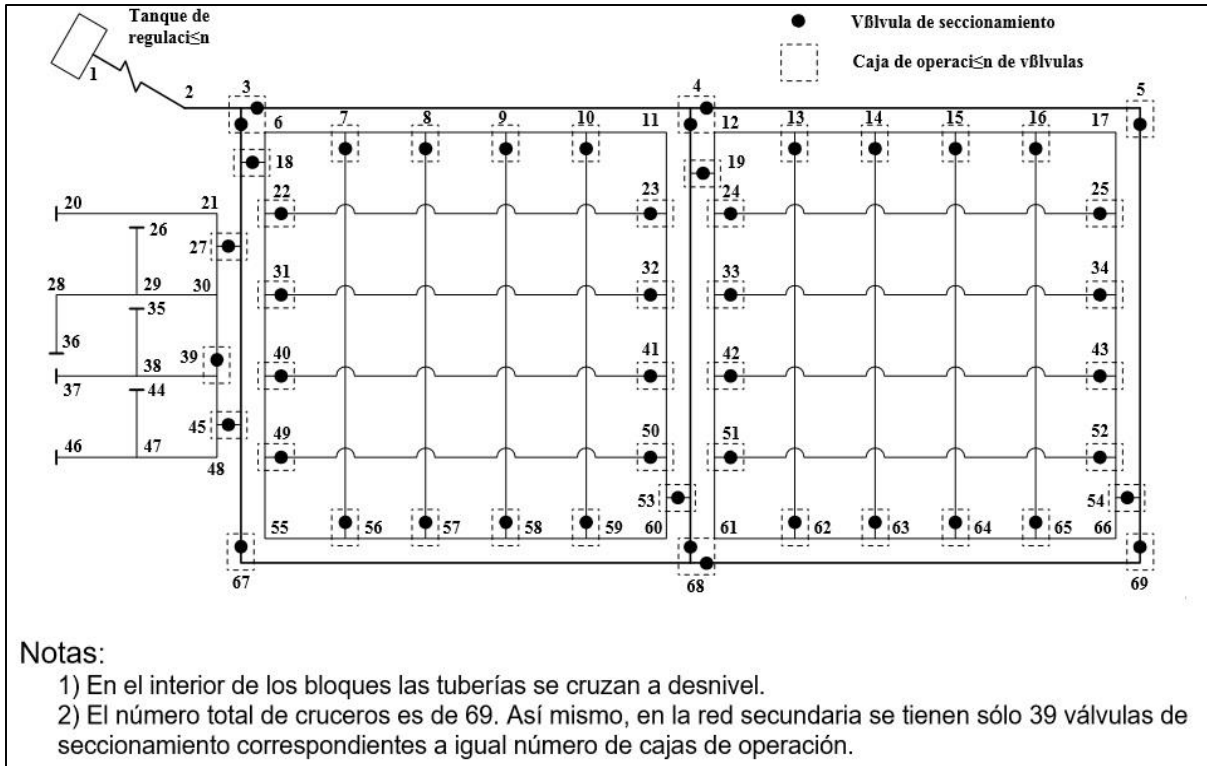


Figura 1.4.- Red secundaria en bloques y en dos planos.

Fuente: CNA (a); 2007: 10.

1.5.- Componentes de una red de distribución.

“Una red de distribución se compone a partir de tuberías, piezas especiales (agrupadas en cruces), válvulas de diversos tipos, hidrantes contra incendio y públicos (en pequeñas localidades), tanques de regularización, rebombemos, y accesorios complementarios que permiten su operación y mantenimiento.” (CNA (a); 2007: 14)

1.5.1.- Concepto de tubería.

Una tubería está formada de dos o más tubos ensamblados mediante un sistema de unión que permita la conducción adecuada de un fluido, existen diferentes tipos de tuberías de distintos materiales como: tuberías de plástico, tuberías de fibrocemento (asbesto), tuberías de hierro fundido, tuberías de concreto y tuberías de acero, según la CNA (a) (2007).

De acuerdo con la CNA (a) (2007), en la selección de una tubería intervienen características como: la resistencia mecánica, durabilidad, resistencia a la corrosión, capacidad de conducción, economía, facilidad de conexión y reparación, y en especial la conservación de la calidad del agua.

Reiterando con lo que dijo el autor antes citado, la resistencia mecánica de la tubería le permite soportar cargas externas, como cargas estáticas, (que no tienen movimiento, el relleno de la zanja) y cargas dinámicas (que tienen movimiento como el tráfico). Al mismo tiempo, le permite soportar cargas hidrostáticas (como las internas que se provocan dentro de la misma tubería, tanto de operación como transitorios (temporales) hidráulicos (golpe de ariete), aunque en las redes de distribución los transitorios son relativamente pequeños. La resistencia mecánica también influye en cuanto resiste contra daños durante su instalación.

Además, la CNA (a) (2007), señala que las tuberías deben de tener una resistencia mayor que a la carga estática la máxima que puede sometida la tubería. La carga estática máxima en un punto cualquiera de la red se calcula restando la cota de la tubería a la cota de la carga estática en dicho punto. En los tramos que se

encuentra con desniveles suaves, la carga estática máxima es el mayor valor de los calculados para sus dos extremos.

Así mismo, la CNA (a) (2007), dice que la durabilidad es el grado al cual la tubería provee un servicio eficaz y económico bajo las condiciones de uso a las que será sometida. Por lo tanto, esto implica una larga vida y hermeticidad (impermeabilidad), tanto en la tubería como en su sistema de unión.

La economía de la tubería está definida por diversos factores entre ellos los costos de adquisición, disponibilidad inmediata de tubos y piezas especiales, transporte, instalación y manejo de la misma, largos tiempos de entrega, dificultad en obtener material adicional, piezas dañadas o defectuosas por lo que todos estos factores mencionados incrementa el costo y tiempo del proyecto, según la CNA (a) (2007).

Como cita la CNA (a) (2007), una de las características principales e importantes que deben tener las tuberías son las de mantener la calidad del agua sin añadir sabores, olores, sustancias químicas (metales pesados) al agua transportada por cualquier tipo de tubería. Además, el sistema de unión y la tubería deberán evitar la infiltración de sustancias contaminantes durante su arrastre y que pudieran llegar a encontrarse en zonas específicas.

Así mismo, la CNA (a) (2007), menciona que se han utilizado diversos tipos de materiales para la fabricación de tubos, por lo que actualmente en México se utilizan con gran éxito para el abastecimiento de agua potable los tubos elaborados de: plástico Poli (Cloruro de Vinilo) (PVC) y Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Fibro-Cemento

(FC), antes denominado como Asbesto-Cemento (AC), hierro fundido, concreto pres forzado, así como acero. Aunque algunos de materiales mencionados son más utilizados en líneas de conducción, pero también pueden llegar a utilizarse en redes de gran tamaño o en líneas de alimentación.

A continuación, se mencionarán y detallarán las características de las tuberías y de los sistemas de unión de los diversos materiales, que se han empleado con éxito en nuestro país en el apartado de abastecimiento de agua potable. La elaboración y fabricación de cada tubería está regida por las normas o especificaciones, así como por el tipo de unión y sistema de medición empleado para su elaboración.

1.5.1.1.- Tuberías de plástico.

El uso de tubos de plástico en redes de distribución se ha extendiendo actualmente. Se fabrican de Poli Cloruro de Vinilo (PVC) y de Polietileno de Alta Densidad (PEAD), de acuerdo con la CNA (a) (2007).

I. Tubos de Poli Cloruro de Vinilo (PVC):

Los tubos de Poli Cloruro de Vinilo (PVC) (serie métrica) se fabrican en color blanco de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-E-143 vigente, donde se clasifican en relación a su sistema de unión en un solo tipo y un solo grado de calidad como Espiga-campana, y por su resistencia a la presión de trabajo en cinco clases como se muestran en la (tabla 1.1), como indica la CNA (a) (2007).

CLASE	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO*	
	Mpa	kgf/cm2
5	0.5	5
7	0.7	7
10	1.0	10
14	1.4	14
20	2.0	20

*Se considera que 10 kgf/cm2 equivalen a 1Mpa.

Tabla 1.1.- Presión máxima trabajo en tuberías de PVC.

Fuente: CNA (a); 2007: 15.

De acuerdo con lo mencionado por la CNA (a) (2007), la junta espiga-campana se forma al insertar el extremo liso del tubo en el extremo campana del siguiente tubo. Para poder garantizar la unión hermética se coloca un anillo de material elástico. Su función y ventaja es que funciona como junta de dilatación, así como el permitir deflexiones y realizar la prueba hidrostática al terminar su instalación. Este tipo de junta es ampliamente utilizada en la tubería de PVC, concreto y hierro fundido. En la (figura 1.5), se muestra la junta espiga-campana.

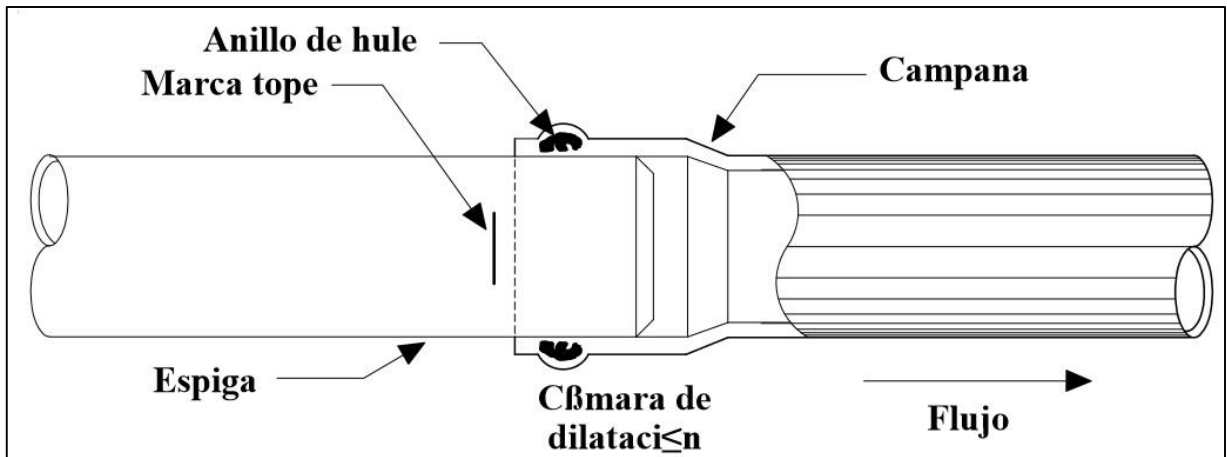


Fig. 1.5.- Unión espiga-campana en tubería de PVC.

Fuente: CNA (a); 2007: 17

Como cita la CNA (a) (2007), los tubos de PVC se fabrican por serie métrica en diámetros nominales de 50 a 630 mm (50, 63, 80, 100, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450, 500 y 630 mm), se fabrican también con una longitud útil de seis metros por lo cual es la más comercial (se pueden acordar otras longitudes con el fabricante con previo acuerdo en solicitud con el comprador). Las cinco clases existentes y mencionadas anteriormente en este capítulo se diferencian en el espesor de pared del tubo. Es importante señalar que es este tipo de tuberías el diámetro nominal del tubo es igual al diámetro exterior del tubo.

De acuerdo con la CNA (a) (2007), algunas de las ventajas importantes que incluyen en este tipo de tubos de PVC son:

- Hermeticidad: Por su naturaleza el PVC impide filtraciones y fugas, lo cual se garantiza si los aportan una junta hermética. Se recomienda usar la unión

espiga-campana con anillo de hule integrado por que actúa como junta de dilatación.

- Pared interior lisa: Presenta bajas pérdidas por fricción, por lo cual tiene alta eficiencia en la conducción de fluidos.
- Resistencia a la corrosión: El PVC es inmune a la corrosión química o electroquímica. Por lo que no requiere recubrimientos, forros y no se presentan formaciones de óxido.
- Resistencia química: El PVC es altamente resistente a los componentes o sustancias químicas que puedan tener los suelos agresivos, aguas conducidas y soluciones salinas. Además, no se producen algas, hongos y bacterias por no existir nutrientes en el PVC para su desarrollo.
- Ligereza: Es fácil de ser transportado, manejarlo y colocarlo.
- Flexibilidad: Soporta cierta deflexión durante su instalación.
- Resistencia a la Tensión: Presenta un buen comportamiento frente a movimientos sísmicos, cargas muertas y vivas, además sobre presiones momentáneas (golpe de ariete).
- No alteran la calidad del agua.

Algunas de sus principales desventajas de acuerdo con la CNA (a) (2007) se tienen:

- Susceptibilidad o daños durante su manejo: su resistencia puede ser afectada por raspaduras, o que alguna roca lo dañe durante la excavación o cuando se están rellenando la zanja.
- Temperaturas debajo de 0°C, el PVC reduce su resistencia al impacto.

- Temperaturas por encima de 25°C, se debe reducir la presión de trabajo.
- La exposición prolongada a los rayos del sol reduce su resistencia mecánica.

II. Tubos de Polietileno (PE):

“Los tubos de polietileno (PE), serie métrica, se fabrican de acuerdo a las especificaciones contenidas en la Norma Mexicana NMX-E-144 vigente, en color negro, cilíndricos y sin costura. Pueden utilizarse en la conducción de agua potable, agua para riego y residuos industriales a presiones y temperaturas variables.” (CNA (a); 2007: 18)

Según la CNA (a) (2007), estos tubos se clasifican en tres tipos, de acuerdo a la densidad de la materia prima:

- I. Tipo I: Tubos de Polietileno de Baja Densidad (PEBD) (0.91 a 0.925 g/cm³) con un esfuerzo de diseño de 2.45 MPa (25 kg/cm²).
- II. Tipo II: Tubos de Polietileno de Media Densidad (PEMD) (0.926 a 0.940 g/cm³) con un esfuerzo de diseño de 3.13 MPa (32 kg/cm²).
- III. Tipo III: Tubos de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) (mayor o igual a 0.941 g/cm³) con un esfuerzo de diseño de 4.90 MPa (50 kg/cm²) y por su presión máxima de trabajo en cinco clases, como se muestran en la (tabla 1.2).

Clase	Presión máxima de trabajo	
	MPa	kgf/cm ²
2.5	0.25	2.5
4	0.39	4
6	0.59	6
8	0.78	8
10	0.98	10

Tabla 1.2.- Presión máxima de trabajo en tuberías de PE.

Fuente: CNA (a); 2007: 18

El diámetro nominal de los tubos de Polietileno es el diámetro exterior, los más comerciales que se pueden encontrar en el mercado son desde 12 mm hasta 1000 mm (12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 560, 630, 710, 900 y 1000 mm). Para los espesores de pared del tubo varían en función del tipo de densidad y de la resistencia del tubo, como menciona la CNA (a) (2007).

Así mismo, la CNA (a) (2007) indica que, de los tres tipos disponibles de tubos de polietileno, se recomienda emplear el tipo III, polietileno de alta densidad (PEAD) para la construcción de redes de distribución de agua potable.

Como cita la CNA (a) (2007), los tubos de polietileno acreditan las mismas ventajas que los tubos de PVC: hermeticidad, alta capacidad de conducción, inmunidad a la corrosión, resistencia química, ligereza, flexibilidad, facilidad de

instalación, y no alteran la calidad del agua. Conjuntamente tienen otras ventajas como son:

- Reducción de Economía: Las excavaciones en zanjas son más angostas en comparación con otros tipos de tuberías, por lo tanto, se tienen bajos costos en rellenos y zanjeados. De acuerdo a la integración de la tubería y sus conexiones, así como a la sujeción brindada por los adaptadores bridados, pueden omitirse los atraques.
- Compresibilidad: Para diámetros medianos de 100 mm no se solicitan válvulas de seccionamiento, por lo que con este tipo de tubería se construye la caja de operación de válvulas (más reducida), pero no se instalan válvulas. En su lugar se utiliza una prensa portátil que al ejercer presión en la tubería corta el flujo. Para diámetros mayores a 100 mm se emplean válvulas, conectadas a la tubería mediante un adaptador bridado de polietileno
- Rapidez de instalación. Por su presentación en rollos de diámetros menores a 75 mm, requiere sólo una unión en tramos largos con lo cual se agiliza su instalación.
- Unión por Termofusión: En la cual las uniones se logran aplicando calor y uniendo las piezas con herramientas específicas, pero fáciles de utilizar (figura 1.6). Este procedimiento se detalla en los manuales e instructivos del fabricante. De esta forma no se requieren piezas especiales de hierro fundido, ya que en su lugar se utilizan conexiones especiales de polietileno unidas por termofusión.

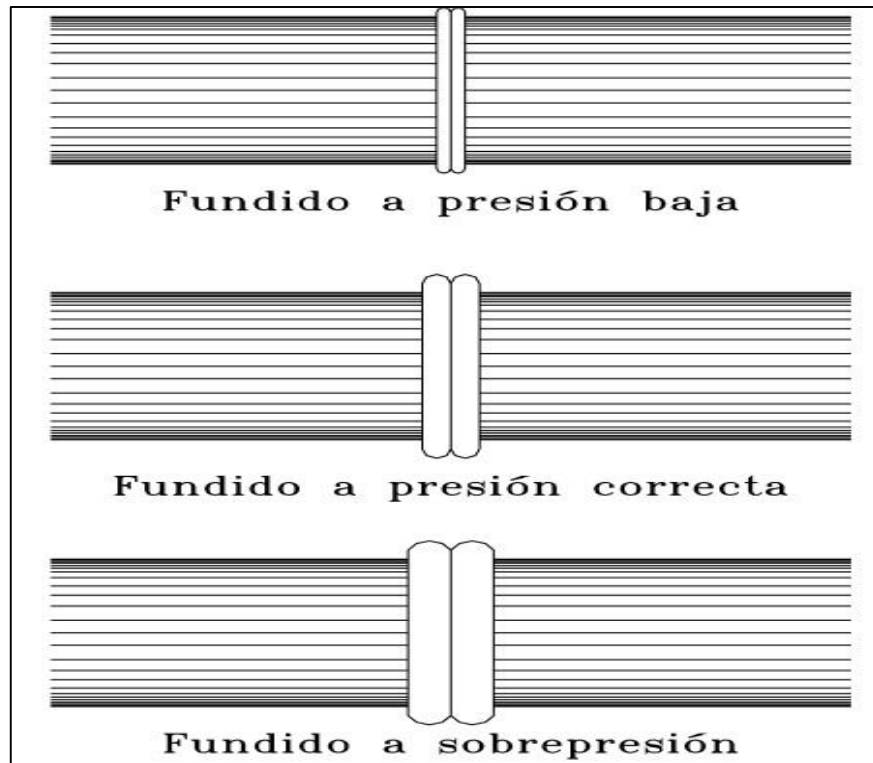


Figura 1.6.- Unión por termofusión.

Fuente: CNA (a); 2007: 19.

1.5.1.2.- Tuberías de Fibro-Cemento.

“Las tuberías de Fibro-Cemento (FC) se fabrican con cemento, fibras de asbesto y sílice, según las especificaciones señaladas en la Norma Mexicana NMX-C-012 vigente. De esta forma, se dispone de tubos de cuatro o cinco metros de longitud útil y coples de fibrocemento como sistema de unión, ambos en diámetros nominales desde 75 hasta 2,000 mm (75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 750, 900, 1000, 1050, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800,

1900 y 2000 mm). En este caso los diámetros nominales de los tubos corresponden al diámetro interior.” (CNA (a); 2007: 20)

Como cita la CNA (a) (2007), los coples son como un tubo muy corto con ambos extremos en disposición semejante a una unión campana (figura 1.7). Por lo tanto, los tubos son de extremos espiga. Este tipo de unión es empleado principalmente en las tuberías de fibrocemento.

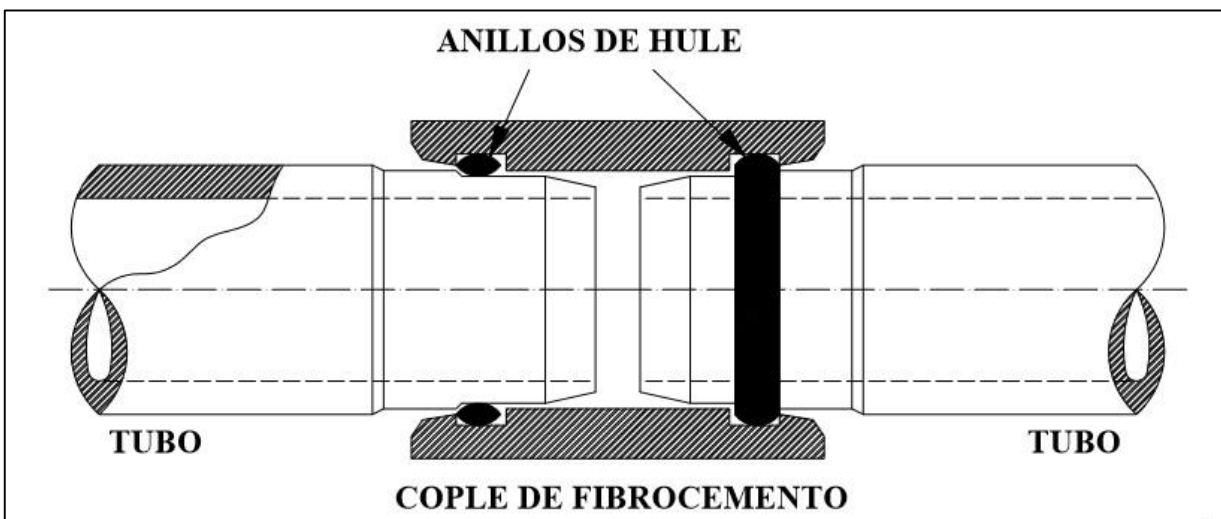


Figura 1.7.- Unión por medio de coples de fibrocemento

Fuente: CNA (a); 2007: 20

Así mismo, la CNA (a) (2007), menciona que para la unión de los tubos de fibrocemento con piezas especiales de hierro fundido y otros tipos de juntas mecánicas que permiten unir tuberías de extremos lisos se utiliza el sistema de las juntas Gibault. En la (figura 1.8) se presenta el sistema de juntas Gibault y sus componentes.

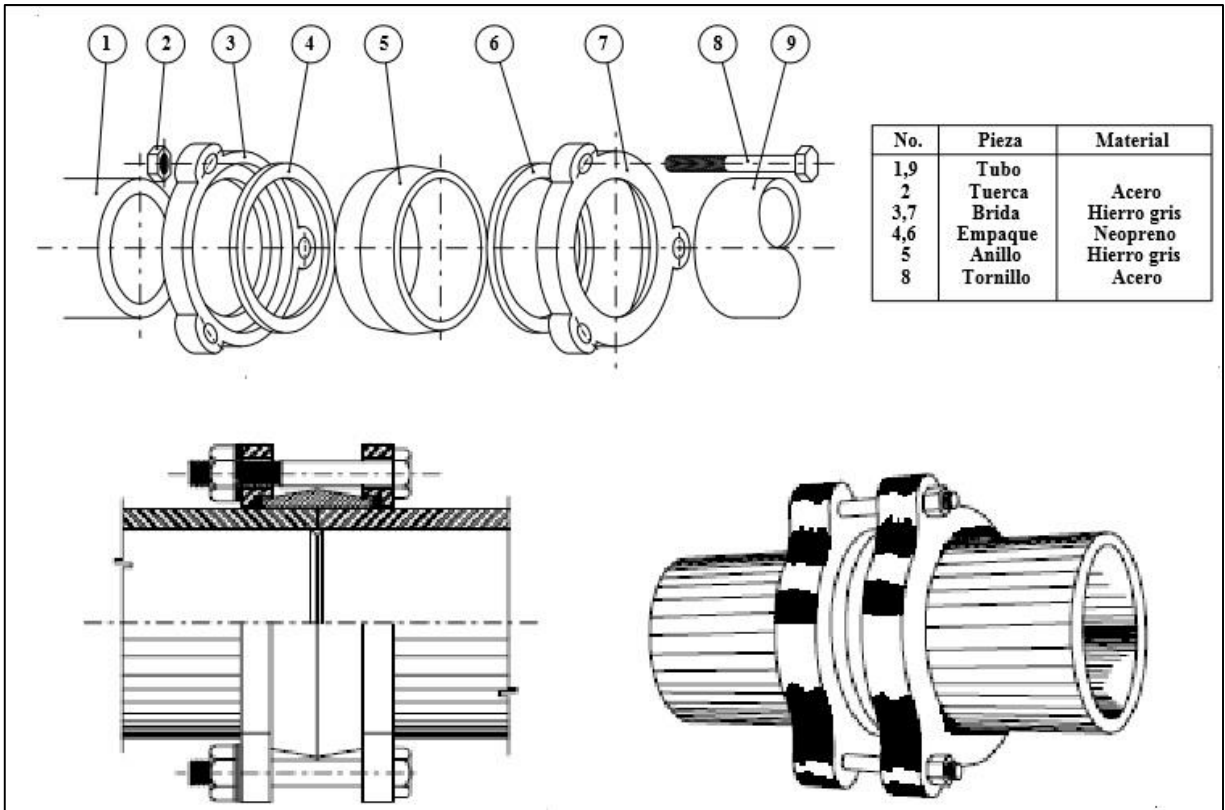


Figura 1.8.- Unión por junta Gibault.

Fuente: CNA (a); 2007: 21

De acuerdo con la CNA (a) (2007), los tubos de fibrocemento se clasifican en cinco clases, dependiendo de las presiones de trabajo (tabla 1.3) a las que se va a someter la tubería.

Clase	Presión interna de trabajo*	
	MPa	kg/cm ²
A - 5	0.5	5
A - 7	0.7	7
A - 10	1.0	10
A - 14	1.4	14
A - 20	2.0	20

Se considera que 10 kgf/cm² equivalen a 1 MPa.

Tabla 1.3.- Presión interna de trabajo de las tuberías de FC.

Fuente: CNA (a); 2007: 21.

Además, como indica la CNA (a) (2007), los tubos de fibrocemento se clasifican en dos tipos de acuerdo a su alcalinidad:

- I. Tipo I: Tubos con contenidos de hidróxido de calcio mayores al 1.0%.
- II. Tipo II: Tubos con contenidos de hidróxido de calcio menores al 1.0%.

Por otra parte, la selección de la tubería de fibrocemento, en función a su tipo, dependerá el daño del agua (interna y externamente a la tubería), más aun, así como de la presencia de sulfatos. Por otra parte, los tubos más resistentes a la agresividad del agua y a los sulfatos son el tipo II, con base en lo citado por la CNA (a) (2007).

Reiterando con lo que dijo el autor antes citado, indica que entre las ventajas de los tubos de fibrocemento se perciben:

- Ligereza. - Generalmente no se corroe (desgastan).
- Inmunidad a la corrosión electroquímica y a la tuberculización.

- Alta capacidad de conducción, es decir, bajo coeficiente de fricción.

Y entre sus desventajas:

- Fragilidad. Para su transporte e instalación de este tipo de tuberías se requieren cuidados especiales, más aún durante la etapa de conexiones domiciliarias.
- Número de coples. Entre menor sea la longitud del tubo se requieren mayor número de coples.
- En caso de requerir el perforado o cortado en obra, se sugiere el uso de mascarillas protectoras para no inhalar el polvo y así evitar problemas de salud con los trabajadores.

1.5.1.3.- Tuberías de Hierro Fundido.

El Hierro Fundido (HF) o colado ha sido adoptado para fabricar tuberías, piezas especiales y válvulas. Debido a la comparación de los menores costos con otros tipos de tuberías los tubos de hierro fundido han sido ejecutando en la construcción y elaboración de las redes de distribución. Por otra parte, se han seguido utilizando en estaciones de bombeo e instalaciones donde se requiere rigidez y resistencia al impacto y a la corrosión. Además, el hierro fundido se emplea aún en la fabricación de piezas especiales y válvulas, las cuales suelen ser usadas en tuberías de diversos tipos de materiales, según la CNA (a) (2007).

Además, la CNA (a) (2007), señala que en este tipo de tuberías se dispone de dos tipos de hierro fundido: el hierro gris y el hierro dúctil. El hierro dúctil es una

mejora al hierro gris, por el cual sometiéndolo a un tratamiento especial se logra un metal de mayor dureza y resistencia. Por lo que para mejorar aún más su resistencia a la corrosión se le aplica diversos revestimientos; en el interior se le aplica usualmente mortero de cemento, lo cual evita la tuberculización (formaciones de óxido), y por la parte exterior una capa asfáltica. En la actualidad todavía se fabrican piezas especiales de hierro gris, pero están siendo sustituidas por las de hierro dúctil.

Así mismo, la CNA (a) (2007), señala que las uniones de los tubos de hierro dúctil se pueden unir con varios tipos de juntas las cuales pueden ser: bridas, mecánica, enchufe-bola o submarina, y espiga-campana con anillo de hule.

Las juntas bridadas obtienen dos anillos idénticos hechos del material de la tubería (bridas) y son perforados para fijarse entre sí por medio de tornillos. Cada tubo por unir se fija en cada uno de sus extremos por algún método como puede ser el soldado o el roscado, en la (figura 1.9) se muestra este tipo de junta. Para mantener la estanquedad de la junta se coloca un anillo sellado entre ambas bridas. Las juntas bridadas son muy prácticas y sencillas de instalar y además no requieren herramientas especiales para su instalación. Son utilizadas en tuberías de hierro fundido y de acero. Así mismo, existen adaptadores de este tipo de unión en tuberías plásticas de acuerdo con la CNA (a) (2007).

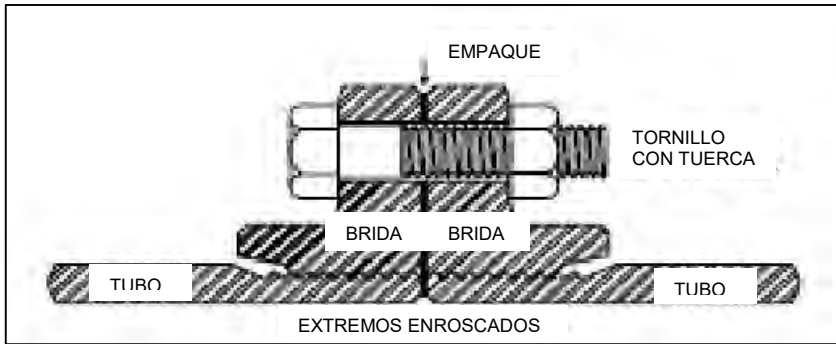


Figura 1.9.- Unión bridada.

Fuente: CNA (a); 2007: 23.

Además, la CNA (a) (2007), indica que las juntas mecánicas consisten en unir un tubo con un extremo bridado (brida fija) y en disposición campana con otro tubo espiga o liso empleando una contra brida (brida móvil) y un anillo de sellado en la (figura 1.10) se muestra claramente este tipo de junta.

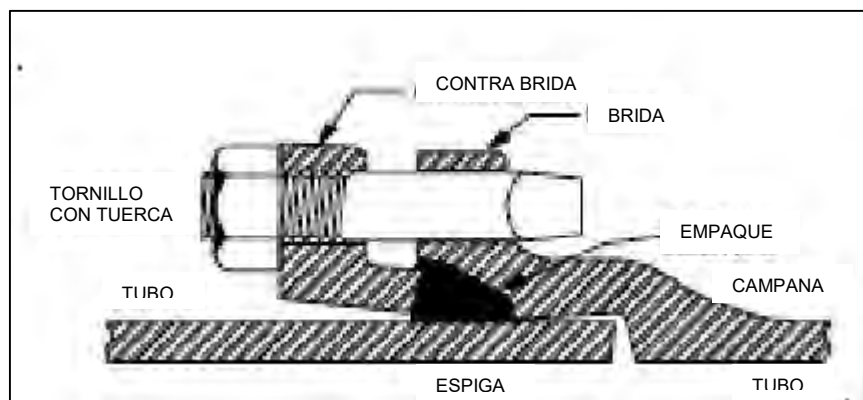


Figura 1.10.- Unión mecánica.

Fuente: CNA (a); 2007: 23.

Según la CNA (a) (2007), las juntas, enchufe-bola o submarinas se utilizan cuando se requiere que la tubería soporte fuertes deflexiones, como en el tendido de tuberías en el cruce de un río, donde se permite que la tubería se deposite en el fondo ajustándose a la sección transversal del río, en la (figura 1.11) se muestra como son este tipo de juntas.

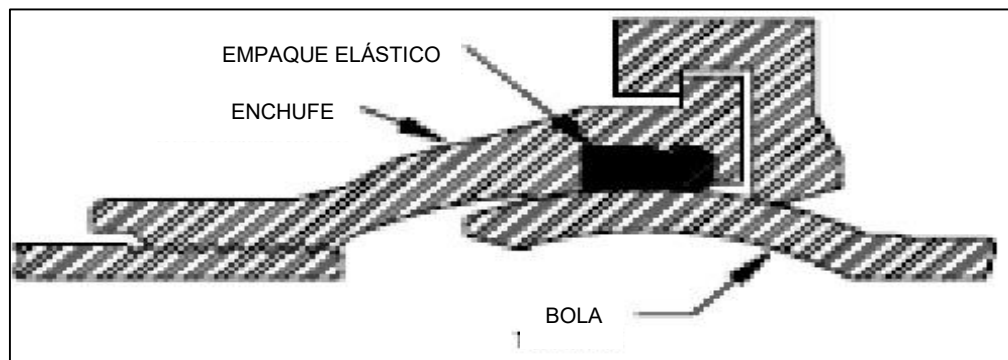


Figura 1.11.- Unión enchufe-bola o submarina.

Fuente: CNA (a); 2007: 24.

Por último, la CNA (a) (2007), menciona que las uniones que más comúnmente se utilizan son la espiga-campana ya mencionadas anteriormente en este capítulo, en la (figura 1.12) se muestra este tipo de unión en las tuberías de Hierro Fundido (HF).

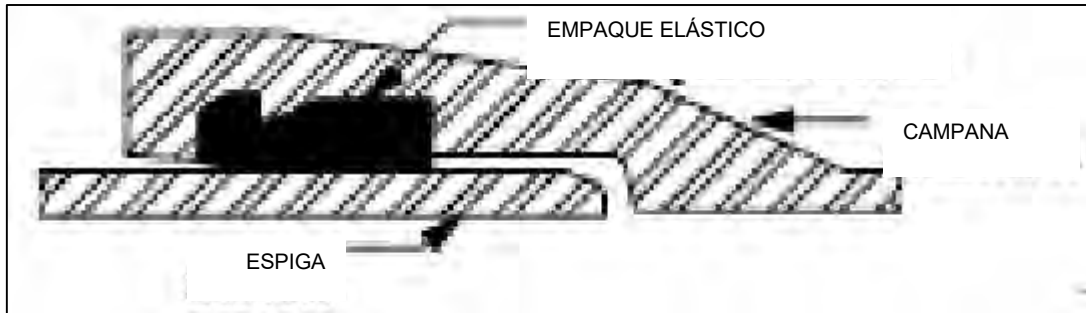


Figura 1.12.- Unión espiga-campana.

Fuente: CNA (a); 2007: 24.

Así mismo, la CNA (a) (2007), menciona las ventajas y desventajas del hierro dúctil que a continuación se presenta.

Ventajas:

- Larga vida útil. En Europa se tienen tuberías de hierro gris con más de doscientos años de uso, por lo que en general puede considerársele una vida útil de 100 años.
- Alta resistencia mecánica. Posee alta resistencia a impactos y a las cargas normales y extraordinarias, así como a la presión interna ejercida.
- Alta resistencia a la corrosión, aunque es susceptible a la tuberculización (formaciones de óxido), lo cual pueden evitarse los recubrimientos especiales.
- No ocupa constante de mantenimiento.

- El hierro dúctil puede ser soldado en forma económica, lo cual no sucede con el hierro gris.

Desventajas:

- Puede sufrir corrosión eléctrica o química si no se protege de suelos ácidos o alcalinos, o de aguas agresivas.
- Peso relativamente alto, lo cual dificulta su manejo para la instalación.
- Los tubos de hierro fundido no se fabrican en México, por lo cual deben importarse.

1.5.1.4.- Tuberías de concreto.

De acuerdo con la CNA (a) 2007, las tuberías de concreto se utilizan más en líneas de conducción que en redes de distribución, pero pueden ser utilizadas en las tuberías principales de la red primaria para el caso de las redes de distribución de gran tamaño. Las tuberías de concreto que se utiliza en agua potable son de concreto presforzado (con o sin cilindro de acero).

Tomando como base lo señalado por la CNA (a) (2007), los tubos de concreto presforzado sin cilindro de acero son fabricados a partir de un tubo primario o núcleo, el cual puede o no contener acero de presfuerzo longitudinal. Una vez que el concreto ha logrado su resistencia a la compresión, se le enrolla el acero de presfuerzo transversal en forma helicoidal y se le reviste con concreto finalmente. Las juntas que se utilizan para este tipo de tuberías son espiga-campana con anillo de hule autocentrables y con flexibilidad suficiente para mantener su estanquedad

bajo condiciones normales, incluyendo contracción y expansión, así como asentamientos diferenciales del suelo. Este tipo de unión se muestra en la (figura 1.13). Las especificaciones de fabricación de este tipo de tubos se hallan en la Norma Mexicana NMX-C-252 vigente.

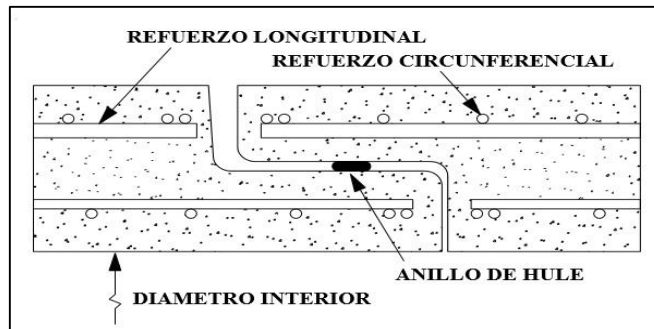


Figura 1.13.- Unión espiga-campana en tuberías de concreto sin cilindro de acero.

Fuente: CNA (a); 2007: 26.

Partiendo de lo dicho por autor antes citado, los tubos de concreto presforzado con cilindro de acero, se diferencian de los anteriores en que su núcleo o corazón (tubo primario) es un cilindro de lámina de acero con anillos soldados a sus extremos como se muestra en la (figura 1.14). Una vez sometido a una presión de prueba, el cilindro de acero es ahogado en un cilindro de concreto, o se le aloja en el interior del cilindro de concreto. Por lo tanto, cuando el concreto logra su resistencia, se somete al presfuerzo transversal y se le aplica el revestimiento de mortero o concreto. Las especificaciones se concentran en la Norma Mexicana NOM-C-253 vigente.

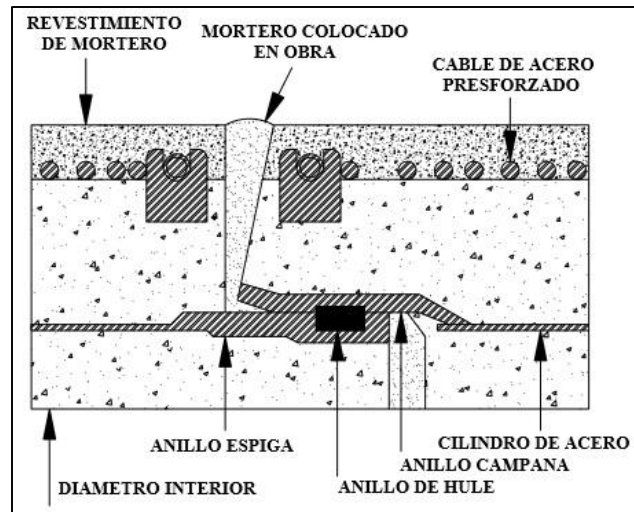


Figura 1.14.- Unión espiga-campana en tuberías de concreto con cilindro de acero.

Fuente: CNA (a); 2007: 26.

Cabe señalar que, aunque en ambas normas no se detallan las dimensiones específicas de la tubería, se demostró que a partir de los catálogos de algunos fabricantes las tuberías de ambos tipos se elaboran con diámetros usuales entre 760 y 2750 mm, con longitud útil entre 4 y 8 m. También pueden fabricarse en otros tamaños (diámetro-longitud) a petición del cliente (limitados por el peso). La tubería se diseña y fabrica de acuerdo a la presión de trabajo requerida por el cliente, así como por las condiciones del proyecto, según refiere la CNA (a) (2007).

Además, la CNA (a) (2007), menciona las ventajas y desventajas de las tuberías de concreto.

Como ventajas de la tubería de concreto se destacan:

- Alta resistencia mecánica. Resiste especialmente cargas muertas, es decir, el relleno de la zanja, así como altas presiones.
- Alta capacidad de conducción.
- Larga vida útil.
- Bajo mantenimiento.

Y como desventajas:

- Posible corrosión cuando se encuentra en condiciones ácidas o alcalinas.
- Difícil de reparar en caso de sufrir daños.
- Puede resultar complicado realizar conexiones, aunque los fabricantes cuentan con piezas y procedimientos especiales para realizar tales derivaciones.

1.5.1.5.- Tuberías de acero.

Al igual que las tuberías de concreto, las tuberías de acero son más utilizadas en líneas de conducción de agua potable que en las redes de distribución, también cuando se requiere de altas presiones y grandes diámetros. La diferencia entre su uso es que las tuberías de concreto generalmente son enterradas y las tuberías de acero se pueden emplear en instalaciones superficiales o expuestas, en vez de ser enterradas son protegidas por un recubrimiento exterior, según la CNA (a) (2007).

Como cita la CNA (a) (2007), para el caso de las redes de distribución se utilizan tubos de acero de diámetros pequeños de 2" (50.4 mm) hasta 6" (152.4 mm), los cuales, generalmente son revestidos con zinc tanto en el interior como por el

exterior, en cuyo caso se les denomina galvanizados. Si no poseen tal recubrimiento se les llama tubos negros. El uso de tuberías de acero (con excepción de las galvanizadas) obliga a su protección interior y exterior contra la corrosión.

De acuerdo con la CNA (a) (2007), las tuberías de acero se fabrican de acuerdo a las Normas Mexicanas NMX-B-10 y NMX-B-177. Tanto una norma como otra se refieren a los tubos de acero con o sin costura (longitudinal o helicoidal), negros o galvanizados por inmersión en caliente para usos comunes como pueden ser conducción de agua, vapor, gas o aire. Mas, sin embargo, la NMX-B-10 trata tubos de acero al carbono en diámetros de 1/8" (3.175 mm) hasta 16" (406.4 mm), y la NMX-B-177 a los tubos de acero en diámetros de 1/8" (3.175 mm) hasta 26" (660.4 mm).

Ambas normas clasifican a los tubos según su proceso de fabricación en tres tipos:

- "F" Soldado a tope con soldadura continua por calentamiento en horno.
- "E" Soldado por resistencia eléctrica.
- "S" Sin costura.

La norma NMX-B-177 divide a su vez a los tipos "E" y "S", de acuerdo a las propiedades mecánicas del acero, en grados "A" y "B". El grado "B" en sus dos tipos "E" y "S", por lo que posee mayor resistencia a la tensión y de fluencia.

Partiendo de lo dicho por la CNA (a) (2007), existe una norma adicional, la NMX-B-179, que es para; "Tubos de acero con o sin costura -series dimensionales-", la cual define las dimensiones normales en las cuales pueden fabricarse los tubos.

En tal norma, los tubos se clasifican de según a su espesor de pared en tres clases nombradas: peso estándar "E", extrafuerte "XE" y doble extrafuerte "XXE". De acuerdo con el espesor se puede obtener el número de cédula, el cual representa una relación entre el espesor y el diámetro de la tubería.

Como cita la CNA (a) (2007), el sistema de unión empleado en las tuberías de acero puede ser: unión por soldadura (figura 1.15), unión por medio de bridas (figura 1.9), unión implementado coples (figura 1.16) y unión en ranuras (moldeadas o talladas) con junta mecánica (figuras 1.17) y (figura 1.18).

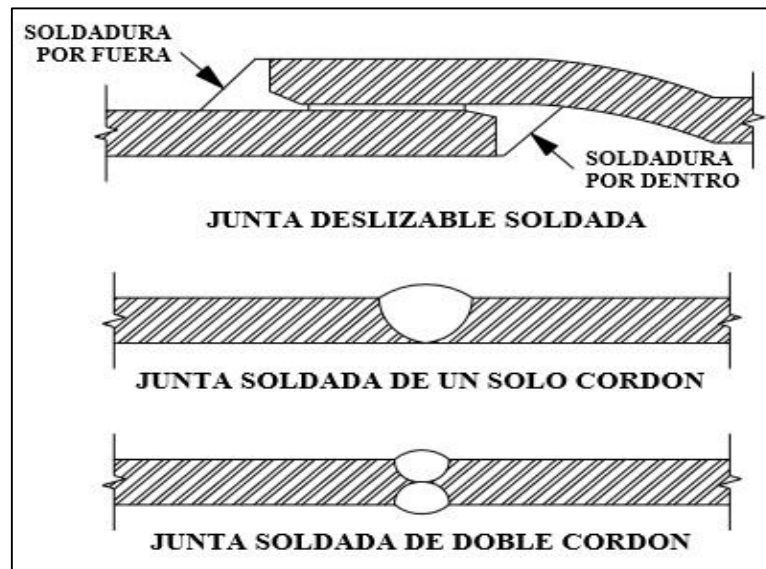


Figura 1.15.- Uniones por soldadura.

Fuente: CNA (a); 2007: 28.

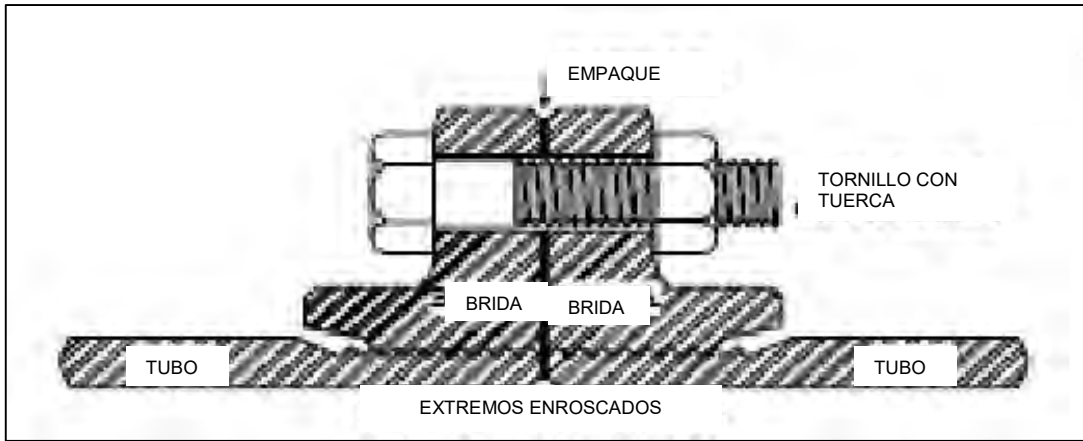


Figura 1.9.- Unión bridada.

Fuente: CNA (a); 2007: 23.

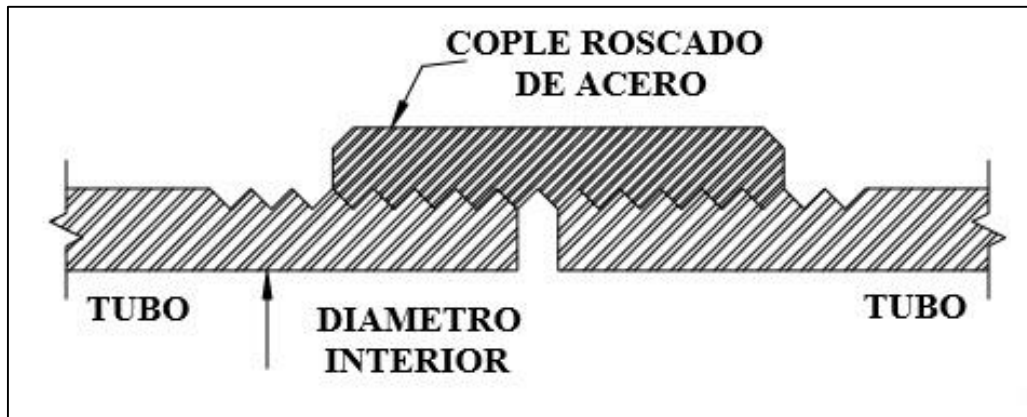


Figura 1.16.- Unión por cople roscado.

Fuente: CNA (a); 2007: 28.



Figura 1.17.- Unión de tuberías ranuradas con junta mecánica.

Fuente: CNA (a); 2007: 28.

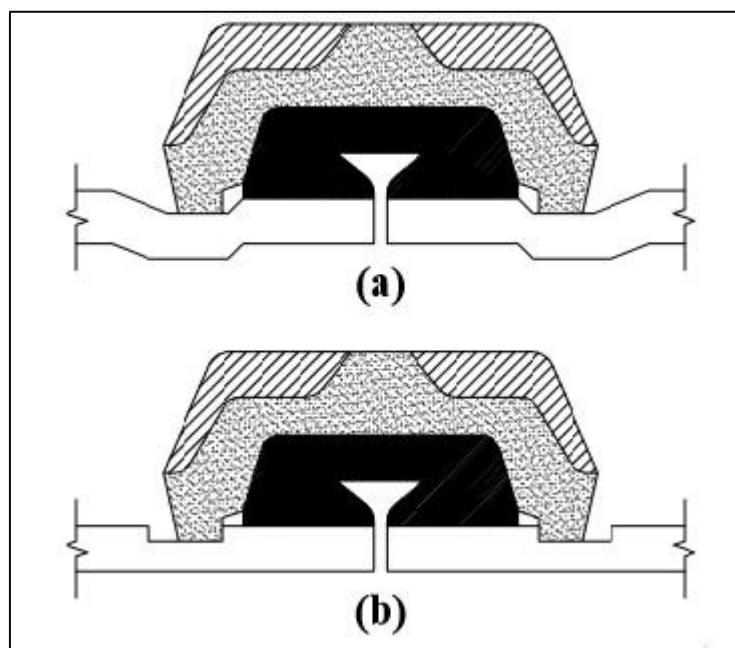


Figura 1.18.- Detalle de unión de tuberías ranuradas: (a) moldeadas y (b) talladas.

Fuente: CNA (a); 2007: 28.

Además, la CNA (a) (2007), menciona las ventajas y desventajas de las tuberías de acero:

Como ventajas de la tubería de concreto se destacan:

- Alta resistencia mecánica. Resiste cargas de impacto, es decir, aunque se abolla no se rompe (es dúctil). Además, resiste altas presiones internas.
- En comparación con tuberías de concreto o de hierro fundido resulta más ligera.
- Fácil transporte e instalación.

Y como desventajas:

- No soporta cargas externas grandes, pues es susceptible al aplastamiento. Lo mismo puede suceder en el caso de vacíos parciales (presiones menores a la atmosférica).
- Por ser metálico presenta corrosión. Debido a su diferente composición química, la corrosión es más severa que en el hierro fundido. Esto crea altos costos de mantenimiento y reduce su vida útil, por lo cual se requieren revestimientos internos y externos para prevenirla. Las fracturas en el revestimiento deben ser reparadas rápidamente para prevenir una corrosión acelerada en tales condiciones.

1.5.2.- Concepto de piezas especiales.

“Se les llama piezas especiales a todos aquellos accesorios de la tubería que permiten formar cambios de dirección, ramificaciones e intersecciones, así como conexiones incluso entre tuberías de diferentes materiales y diámetros. También permiten la inserción de válvulas y la conexión con estaciones de bombeo y otras instalaciones hidráulicas.” (CNA (a); 2007: 29)

Por lo general, se disponen de piezas especiales fabricadas en diferentes materiales, como son: hierro fundido (con bridas, extremos lisos, campana-espiga), fibrocemento, PVC, polietileno, concreto presforzado y acero. Además, se dispone de accesorios complementarios empleados para formar diferentes tipos de uniones, como son: juntas mecánicas (Gibault, universal, etc.), empaques, tornillos de acero con cabeza y tuerca hexagonal estándar, según la CNA (a) (2007).

Así mismo la CNA (a) (2007), menciona que las piezas especiales de hierro fundido son las más utilizadas y se fabrican para todos los diámetros de las tuberías. Tales piezas especiales se conectan entre sí o con válvulas mediante bridas con tornillos y un empaque intermedio, y pueden unirse a tuberías de fibrocemento utilizando juntas Gibault. Por otra parte, las piezas especiales de fibrocemento se fabrican bajo pedido hasta 6" (150 mm) de diámetro ya que su resistencia mecánica es baja en diámetros mayores. Los fabricantes de tuberías ofrecen entre sus catálogos de productos adaptadores para tuberías de otros materiales, otros medios de unión o incluso tubos lisos que pueden ser unidos mediante juntas mecánicas. En la (figura 1.19) se muestra las diferentes piezas especiales de hierro fundido.

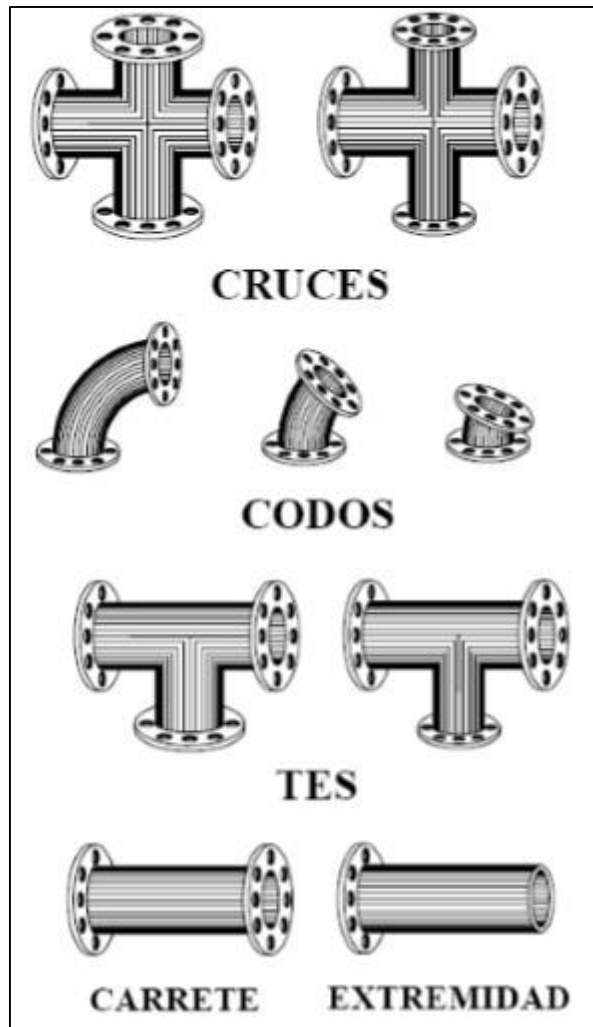


Figura 1.19.- Piezas especiales de hierro fundido con extremos bridados.

Fuente: CNA (a); 2007: 30.

En la Tabla 1.4 se muestran las ventajas y desventajas de los diferentes materiales empleados en la conducción de agua potable, así como los diferentes sistemas de unión usuales y los diámetros nominales más empleados, según la CNA (a) (2007).

MATERIAL Y DIÁMETROS USUALES	SISTEMA DE UNIÓN	PIEZAS ESPECIALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Poli(cloruro de vinilo) (PVC) (50 a 630 mm)	- Acoplamiento espiga-campana con anillo de hule.	- Se fabrican de PVC. - Pueden usarse piezas de hierro fundido en los crucesos, con adaptadores bridados de PVC.	- Bajo coeficiente de rugosidad. - Ligereza. - Instalación rápida, fácil y económica. - Flexibilidad. - Alta resistencia a la tensión. - Alta resistencia a la corrosión y al ataque químico de ácidos, álcalis y soluciones salinas. - Puede realizarse la prueba hidrostática inmediatamente después de su instalación. - Mantenimiento nulo.	- Susceptible a daños durante su manejo. - Con temperaturas menores a 0°C se reduce su resistencia al impacto. - Cuando conduce agua a presión con temperatura superior a 25°C, disminuye la presión máxima de trabajo que puede soportar. - La exposición prolongada a los rayos solares afecta sus propiedades mecánicas.
Poliétileno de alta densidad (PEAD) (12 a 1,000 mm)	- Termofusión.	- Se fabrican de polietileno y se unen por termofusión. Pueden acoplarse a piezas especiales de hierro fundido por medio de adaptadores de polietileno.	- Bajo coeficiente de rugosidad. - Flexibilidad. - Ligereza. - Instalación rápida, fácil y económica. - Se puede instalar en zanjas poco profundas sin plantilla. - No presenta corrosión. - En diámetros menores a 100 mm no se requieren válvulas de seccionamiento. - Mantenimiento nulo.	- La presión de trabajo especificada puede alterarse al aumentar la temperatura exterior o interior. - Se deteriora si se expone a la intemperie por períodos prolongados.
Fibrocemento (FC), antes (Asbesto-cemento) (AC) (75 a 2,000 mm)	- Coples de fibrocemento con anillos de hule. - Junta Gibault.	- Piezas de hierro fundido con bridas que se unen con extremidades bridadas y juntas Gibault a la tubería de fibrocemento. - Piezas de hierro fundido con extremos lisos que se unen con juntas Gibault. - Piezas de fibrocemento (en diámetros pequeños).	- Bajo costo. - Bajo coeficiente de rugosidad. - Ligereza. - Hasta cierto grado es resistente al ataque de ácidos, álcalis, sales y otras sustancias químicas. - Generalmente no se corroe. - No favorece la formación de incrustaciones en las paredes.	- Frágil; puede agrietarse o romperse durante las maniobras de transporte, manejo, almacenaje e instalación.
Hierro fundido (HF) (100 a 1,600 mm)	- Acoplamiento espiga-campana con anillo de hule. - Extremos bridados. - Junta mecánica. - Juntas Gibault.	- Se fabrican de hierro fundido con extremos lisos, campana, campana para junta mecánica, y bridados.	- Larga vida útil. - Alta resistencia a impactos durante el transporte, manejo e instalación. - Alta resistencia a la corrosión, pero susceptible a la tuberculización. - Alta resistencia al aplastamiento o fractura por cargas externas. - Puede ser cortado o perforado en la obra. - Mantenimiento casi nulo.	- Susceptible a la corrosión eléctrica o química si no es protegido. - Alto peso, por lo cual es difícil su manejo. - Mayor costo que otros tipos de tuberías. - En caso de requerirse, debe importarse, lo cual implica mayor costo.
Concreto presforzado (760 a 2,750 mm)	- Acoplamiento espiga-campana con anillo de hule. - Uniones bridadas.	- Piezas de alma de acero recubierta de concreto, con extremos espiga-campana, extremos lisos o bridados.	- Alta capacidad de conducción. - Alta resistencia mecánica a presiones internas y cargas externas. - Larga vida útil. - Bajo mantenimiento.	- Pueden ser atacadas por sulfatos si no se usa cemento resistente. - Difícil de reparar. - Conexiones complicadas.
Acero (50.4 (2") a 355.6 mm (14")), galvanizado (50.4 (2") a 152.4 mm (6")).	- Soldadura. - Extremos bridados. - Juntas mecánicas para extremos lisos o ranurados.	- En general, se fabrican de tramos de tubería unidos con soldadura.	- Resiste presiones internas elevadas. - Mayor ligereza y bajo costo en comparación con tuberías de hierro fundido o de concreto. - Fácil adaptación a cualquier tipo de montaje.	- Es susceptible a la corrosión por lo que deben protegerse tanto el interior con el exterior (en el caso de tuberías no galvanizadas). - No soporta cargas externas ni vacíos parciales, pues es susceptible al aplastamiento. - Requiere mantenimiento periódico.

Tabla 1.4.- Ventajas y desventajas de los diferentes materiales empleados en tuberías para conducir agua potable.

Fuente: CNA (a); 2007: 31.

1.5.3.- Concepto de válvulas.

Como indica la CNA (a) (2007), las válvulas son dispositivos mecánicos que son empleados para detener, iniciar o controlar las características del flujo en conductos a presión. Las cuales pueden ser accionadas tanto manualmente como por medios automáticos o semiautomáticos. Para redes de distribución de agua potable son más habituales las válvulas que se operan manualmente mediante palancas, volantes y engranes, debido a que los cierres y aperturas son ocasionales.

Partiendo de lo dicho por el autor antes citado, las válvulas permiten el aislamiento de ciertos tramos de tubería para realizar labores como de reparación y mantenimiento, o sencillamente evitar el paso del flujo o cambiarlo de dirección. Además, permiten drenar o vaciar una línea, controlar el gasto, regular los niveles en los tanques de almacenamiento, evitar o disminuir los efectos del golpe de ariete (cambios de presión que pueden colapsar la tubería), evitar la salida o entrada de aire, así como evitar contraflujos, (prevenir el flujo en dirección contraria a la de diseño).

De acuerdo con la CNA (a) (2007), las válvulas se dividen en dos clases según su función:

- 1) Aislamiento o seccionamiento:** Según su tipo las válvulas de aislamiento pueden ser: de compuerta, de mariposa, o de asiento (cilíndrica, cónica o esférica). Las válvulas de asiento pueden realizar ambas funciones.
- 2) Control:** Las válvulas de control pueden ser: de altitud, de admisión y expulsión de aire, controladoras de presión, de globo, de retención (check), o de vaciado (de desagüe).

Como cita la CNA (a) (2007), en las redes de distribución de agua potable las válvulas más empleadas son las de compuerta que sirven para aislar tramos de tubería, ya sea para su revisión o reparación, por lo que su costo es bajo, además amplia disponibilidad y baja pérdida de carga cuando están completamente abiertas.

A continuación, se mencionarán y detallarán en general las válvulas utilizadas en redes de distribución de agua potable.

1.5.3.1.- Válvulas de compuerta.

Según la CNA (a) (2007), señala que este tipo de válvula funciona con una placa que se mueve verticalmente a través del cuerpo de la válvula en forma perpendicular al flujo, en la (figura 1.20) se muestra este tipo de válvula. El tipo de válvula de compuerta más empleado es la de vástago saliente. Cuenta con la ventaja de que el operador puede saber con facilidad si la válvula está abierta o cerrada. Es importante señalar que la válvula de compuerta está destinada propiamente para ser operada cuando se requiera un cierre o apertura total, y no se recomienda para ser usada como reguladora de gasto debido a que provoca altas pérdidas de carga y porque puede cavitarse. Para las válvulas de compuerta con diámetros mayores a 16" (400 mm) se recomienda el uso de una válvula de paso (bypass), por lo que permite igualar las presiones a ambos lados de la válvula haciéndola más fácil de abrir o cerrar. Los diámetros recomendados de la válvula de paso se muestran en la (tabla 1.5).

Diámetro de la válvula	Diámetro de la válvula de paso
400 - 500 mm (16 - 20")	75 mm (3")
600 - 750 mm (24 - 30")	100 mm (4")
900 - 1050 mm (36 - 42")	150 mm (6")
1200 mm (48")	200 mm (8")

Tabla 1.5.- Tamaños recomendados para válvulas de paso.

Fuente: CNA (a); 2007: 33.

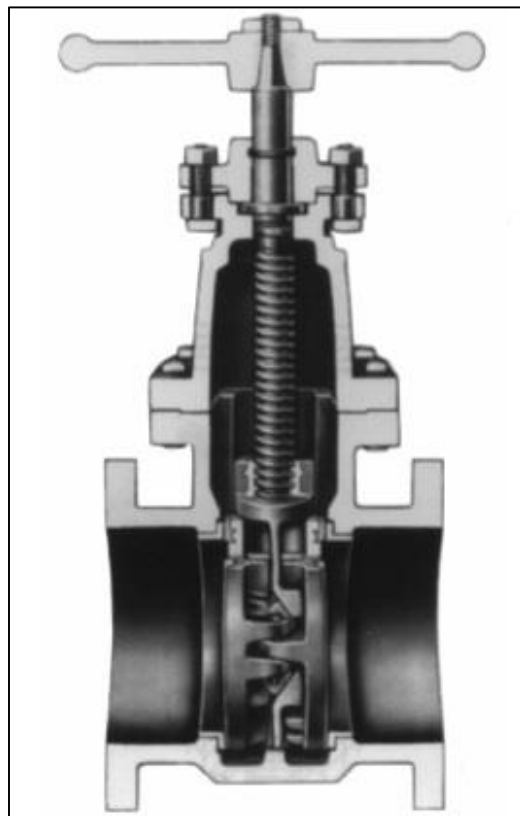


Figura 1.20.- Válvula de compuerta.

Fuente: CNA (a); 2007:33.

1.5.3.2.- Válvulas de mariposa.

Como cita la CNA (a) (2007), este otro tipo de válvulas se operan por medio de una flecha que acciona un disco y lo hace girar centrado en el cuerpo de la válvula en la (figura 1.21) se muestra este tipo de válvula. Se reconocen por su cuerpo sumamente corto. El diseño hidrodinámico de esta válvula permite emplearla como reguladora de gasto en condiciones de gastos y presiones bajas, así como para comprimir la descarga de una bomba en ciertos casos. La válvula de mariposa en comparación con la válvula de compuerta, la puede sustituir cuando se tienen diámetros grandes y presiones bajas en la línea. Y por lo tanto tienen la ventaja de ser más ligera, de menor tamaño y más baratas.



Figura 1.21.- Válvula de mariposa.

Fuente: CNA (a); 2007: 34

1.5.3.3.- Válvulas de asiento.

Para este tipo de válvulas un cilindro es el elemento móvil, el cual puede ser un cono o una esfera, en lugar de un disco en la (figura 1.22) se muestra este tipo de válvula. Dicho elemento posee una perforación igual al diámetro de la tubería, por lo que requiere usualmente un giro de 90° para pasar de abertura total a cierre o viceversa. Se emplean principalmente en los sistemas de distribución para regular el gasto, de acuerdo con la CNA (a) (2007).

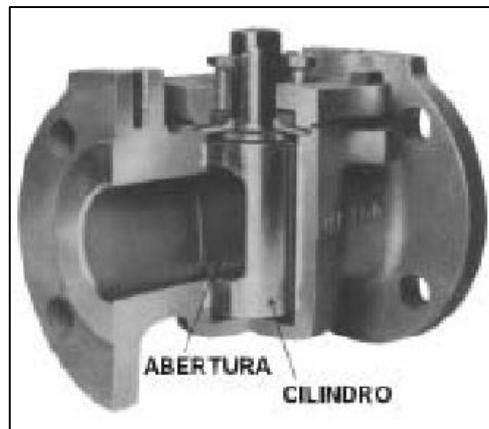


Figura 1.22.- Válvula de asiento (macho).

Fuente: CNA (a); 2007: 34.

1.5.3.4.- Válvulas de altitud.

Como cita la CNA (a) (2007), las válvulas de altitud se emplean principalmente para controlar el nivel del agua en un tanque en sistemas de distribución con excedencias a tanques. Existen dos tipos generales: una sola acción por lo que también se le conoce como de un solo sentido de flujo y doble acción que también se

le conoce como de dos sentidos de flujo. La válvula de una sola acción permite el llenado del tanque hasta un nivel determinado. El tanque abastece a la red por medio de una tubería de paso con una válvula de retención. La válvula de retención se abre cuando la presión en la red es menor a la provista por el tanque. En cambio, la válvula de doble acción realiza el proceso anterior sin tener una tubería de paso (bypass). El mecanismo de control es la diferencia esencial entre ambas válvulas, no la válvula en sí misma, en la (figura 1.23) se aprecian este tipo de válvulas.

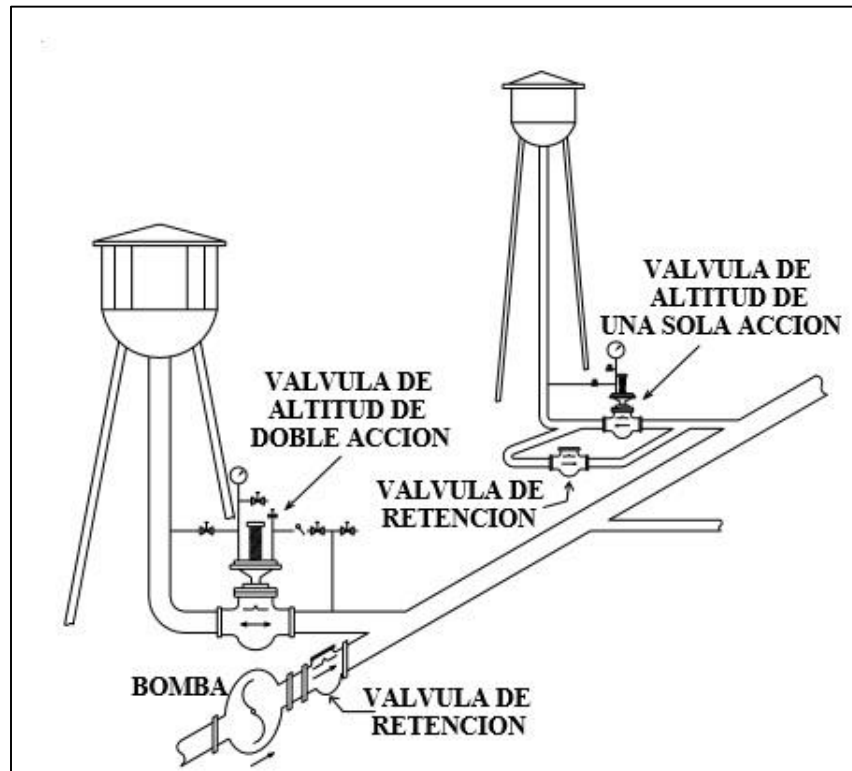


Figura 1.23.- Válvulas de altitud de una acción y dos acciones en tanques elevados.

Fuente: CNA (a); 2007: 35.

1.5.3.5.- Válvulas para admisión y expulsión de aire.

Como indica la CNA (a) (2007), este tipo de válvulas se instalan y se utilizan para permitir la entrada o salida de aire a la línea. Para las operaciones durante el llenado o vaciado de la línea, puede requerirse lo anterior. Además, se emplean en tramos largos de tuberías, así como en puntos altos de las mismas donde suele acumularse aire, el cual bloquea la circulación del agua o reduce la capacidad de la conducción. También evitan la formación de vacíos parciales en la línea durante su vaciado, que pudieran causar el colapso o aplastamiento de la tubería. Son generalmente empleadas en líneas de conducción y de alimentación ya que en los puntos altos es donde se colocan. Pero también se recomienda ubicarlas especialmente en los puntos de cambio de pendiente o en tramos largos en donde existen pendientes pronunciadas (ascendentes o descendentes). Y para las redes de distribución pueden resultar necesarias únicamente en las tuberías de gran diámetro de la red primaria.

Retomando lo dicho por el autor antes citado, estas válvulas para conexión con la atmósfera poseen orificios de diámetro pequeño. La apertura del orificio a la atmósfera se produce por medio de un dispositivo activado mediante un flotador. Dicho dispositivo mantiene el orificio cerrado cuando no hay aire en el depósito de la válvula y lo abre cuando dicho depósito acumula aire o se genera un vacío, en la (figura 1.24) se muestran este tipo de válvulas.

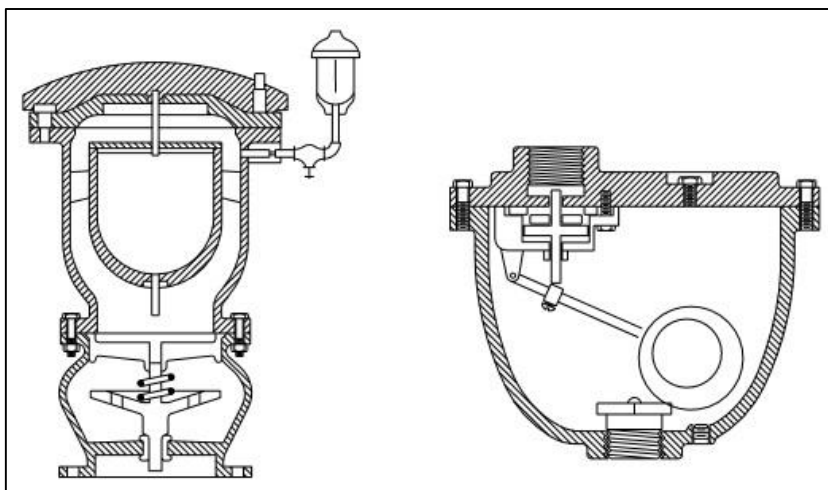


Figura 1.24.- Válvulas de admisión y expulsión de aire.

Fuente: CNA (a); 2007: 36.

1.5.3.6.- Válvulas controladoras de presión.

La CNA (a) (2007) refiere que existe una gran variedad de válvulas controladoras de presión. Como son: reductoras de presión, sostenedoras de presión o aliviadoras de presión (según su colocación), anticipadoras de onda, y para el control de bombas, pero las más utilizadas para las redes de distribución son las reductoras de presión, sostenedoras de presión o aliviadoras de presión (según su colocación). Algunas de estas funciones pueden combinarse entre sí y además puede añadirseles la función de válvula de retención (unidireccional).

La válvula reductora de presión reduce la presión aguas arriba a una presión prefijada aguas abajo, independientemente de los cambios de presión y/o gastos. Se emplea generalmente para abastecer a zonas bajas de servicio. La válvula sostenedora de presión mantiene una presión fija aguas abajo y se cierra

gradualmente si la presión aguas arriba desciende de una predeterminada. Ambas válvulas pueden combinarse en una sola añadiendo además la característica de ser unidireccional (o de retención), de acuerdo con la CNA (a) (2007).

Así mismo, la CNA (a) (2007), subscribe que las válvulas reductoras de presión tienen la ventaja de ajustarse a las condiciones de la tubería, sean éstas variables o no. Lo cual las hace que, dentro de la red de distribución sean más aptas para instalarse en las tuberías, donde las presiones varían con la demanda. Por otro lado, las válvulas reductoras tienen mecanismos más complejos por lo que requieren de un mejor mantenimiento y de una calibración periódica.

Además, la CNA (a) (2007) señala que existe una válvula sostenedora de presión que mantiene una presión determinada aguas arriba independientemente de los cambios de presión o gasto después de ella. Si se intercala en la tubería funciona como sostenedora de presión y si se coloca en una derivación funciona como válvula de alivio.

1.5.3.7.- Válvulas de globo.

De acuerdo con la CNA (a) (2007), este tipo de válvula constan de un disco horizontal que se acciona mediante un vástago que abre o cierra un orificio por donde circula el agua. Este mecanismo se encuentra dentro de una caja de hierro fundido con extremos de brida para los diámetros grandes y de rosca para los pequeños. Son voluminosas y presentan una alta resistencia al paso del agua, por lo que se emplean principalmente, en tuberías de diámetros pequeños como puede ser

para las tuberías domésticas, también pueden ser utilizadas para drenar o vaciar tuberías, en las (figuras 1.25 y 1.26) se muestra este tipo de válvulas.

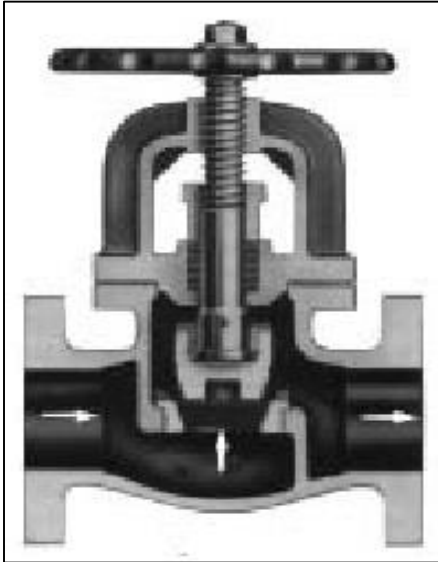


Figura 1.25.- Válvula de globo común.

Fuente: CNA (a); 2007: 38.

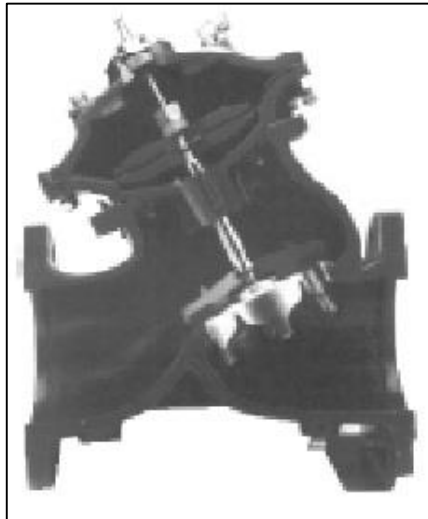


Figura.1.26.-Válvula de globo con dispositivo controlador de flujo.

Fuente: CNA (a); 2007: 38.

1.5.3.8.- Válvulas de retención.

Según la CNA (a) (2007), señala que para este tipo de válvulas de retención (check) son automáticas y se utilizan para evitar contraflujos (son unidireccionales), es decir, flujos en dirección contraria a la de diseño. Se instalan principalmente en tuberías donde el agua contenida en la tubería puede devolver la dirección de flujo durante el paro de una bomba o el fallo de energía eléctrica y dañar instalaciones hidráulicas tales como bombas y sus respectivos motores. Por otra parte, impiden el vaciado de la línea, por lo que la línea queda llena (purgada), en la (figuras 1.27), se muestran este tipo de bombas.

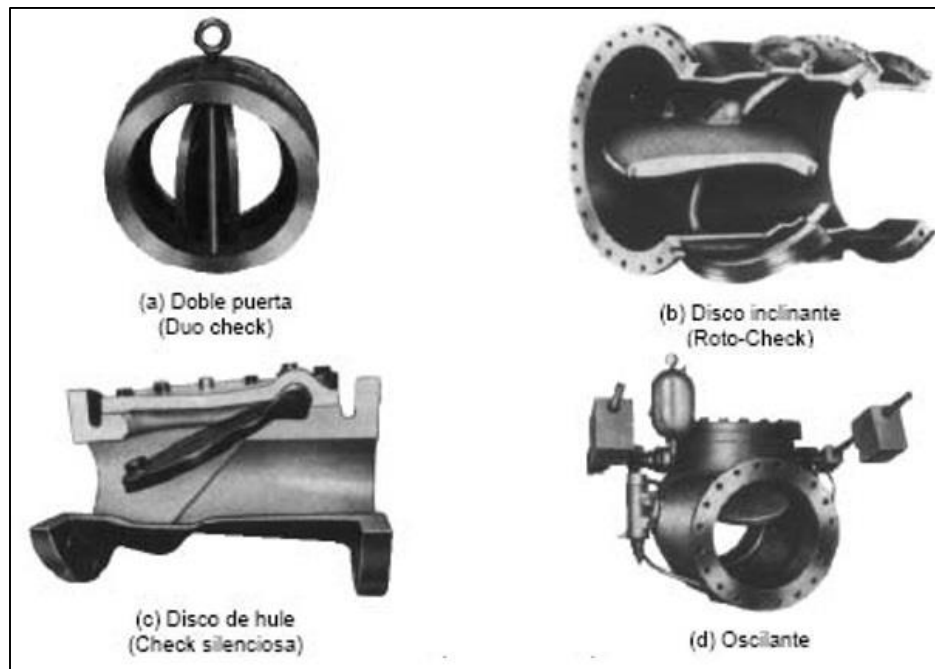


Figura 1.27.- Válvulas de retención (check)

Fuente: CNA (a); 2007: 38.

1.5.4.- Concepto de hidrantes.

Como cita la CNA (a) (2007), los hidrantes se definen como conexiones especiales de la red que se ubican a una cierta distancia, los cuales son distribuidos en las calles. Por lo que los hidrantes públicos y contra incendio son los únicos dos tipos que existen.

Tomando como base lo señalado por el autor antes citado los hidrantes públicos consisten de llaves comunes colocadas en pedestales de concreto o de mampostería que pueden usarse como llaves comunitarias pues pueden emplearlos varias familias dependiendo de su cercanía con el hidrante.

Retomando lo dicho por la CNA (a) (2007), los hidrantes contra incendio son tomas única y exclusivamente para incendios, los cuales se encuentran distribuidos en las calles a distancias relativamente cortas, de fácil acceso con el fin de conectar mangueras para combatir los incendios. Realmente estos hidrantes son poco utilizados en México, pues la práctica más común es utilizar válvulas de desfogue dentro de los registros de las válvulas de seccionamiento, con el fin de inundar el registro, y de permitir que el cuerpo de bomberos pueda extraer agua durante el combate del incendio. Solo en las construcciones importantes recientes se han instalado hidrantes contra incendio al frente del predio, por lo que en realidad forman parte de la instalación hidráulica de la misma edificación.

1.5.5.- Concepto de tanques de distribución.

De acuerdo con la CNA (a) (2007), un tanque de distribución es un depósito que se encuentra principalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente de captación. Los tanques o almacenamientos de agua potable son utilizados en los sistemas de distribución de agua potable con el fin de asegurar la cantidad y la presión del agua disponible en la red. De acuerdo con su construcción pueden ser tanques superficiales o elevados. Los superficiales se emplean cuando se dispone de terrenos elevados cerca de la zona de servicio y los elevados cuando no se dispone de terrenos elevados cercanos porque la zona de servicio se encuentra en un llano (parejo).

Como indica la CNA (a) (2007), los tanques de distribución poseen un volumen determinado de almacenamiento de agua, el cual se compone de un volumen para regular, otro para almacenar (usado en caso de falla de la fuente o emergencias) y uno adicional para el combate contra incendios. De acuerdo a la función del tanque a la que se dé mayor importancia, el tanque puede ser de regulación o de almacenamiento. El tanque para regular (tanque de regulación) es lo más común en emplear, por lo que se minimizan los volúmenes para almacenamiento y combate contra incendios.

Además, la CNA (a) (2007) señala que los tanques de regulación permiten: regular las presiones en la red y así reducir las fluctuaciones de presión debidas a las variaciones de la demanda, elevar la presión en puntos lejanos de los tanques de almacenamiento y estaciones de bombeo, así como mejorar el servicio durante períodos de demanda pico y, por último, para regular la carga de las bombas.

Así mismo, la CNA (a) (2007) también suscribe que el tanque de almacenamiento dispone de una capacidad para: regular un abastecimiento constante de la fuente y la demanda variable de la zona de servicio, combatir incendios por lo depende del tamaño de la población a servir y, por último, para emergencias debidas a la falla de la toma, la energía eléctrica, o las instalaciones de conducción o de bombeo.

1.5.6.- Concepto de tomas domiciliarias.

Como cita la CNA (a) (2007), una toma domiciliaria es el conjunto de piezas y tubos que permite el abastecimiento desde una tubería de la red de distribución hasta el predio del usuario, así como la instalación de un medidor. Es la parte de la red que demuestra la eficiencia y calidad del sistema de distribución pues es la que abastece de agua directamente al consumidor. La toma domiciliaria como función principal tiene el proporcionar agua de la red de distribución para conducirla a la instalación hidráulica intradomiciliaria (adentro del predio o casa habitación). La cual se divide en dos partes las cuales son como: ramal y cuadro. Se le llama ramal a la conexión que abarca desde el acoplamiento a la red de distribución hasta el codo inferior del cuadro. El cuadro es debidamente el conjunto de tubos y codos que forman una figura rectangular con el fin de colocar un medidor y que sea cómodo para su lectura. El cuadro se encuentra habitualmente dentro del domicilio del usuario.

La CNA (a) (2007) señala que los diámetros usuales de tomas domiciliarias pueden ser de $\frac{1}{2}$ " (13 mm) o $\frac{3}{4}$ " (19 mm). En el mercado existen gran cantidad de

piezas y disposiciones de diferentes materiales para enlazar la red de distribución con las tuberías intradomiciliarias. Como metálicas o combinadas se pueden clasificar las tomas domiciliarias. En las primeras, las tuberías del ramal y del cuadro son metálicas, y en las segundas, el ramal es de material plástico. Las tomas domiciliarias metálicas se instalan con cobre (flexible en el ramal y rígido en el cuadro) o de cobre (flexible) en el ramal y hierro galvanizado en el cuadro. Por otra parte, se pueden emplear las tomas domiciliarias como combinadas, lo cual emplean polietileno de alta densidad (PEAD) en el ramal y cobre (rígido) o hierro galvanizado en el cuadro.

1.6.- Concepto de presiones.

“Las presiones o cargas disponibles de operación, que se han de obtener en el diseño de la red para la red primaria, deberán ser suficientes para suministrar una cantidad de agua razonable en los pisos más altos de las casas, fábricas y edificios comerciales de no más de 6 pisos. Deberán estar comprendidas entre 1.5 a 4.0 kg/cm² (15 a 40 metros de columna de agua). Para localidades urbanas pequeñas se admite una presión mínima de 1 kg/cm² (10 m.c.a.). Y la presión máxima (carga estática) admisible no deberá ser mayor a 5 kg/cm² (50 m.c.a.).” (CNA (a); 2007: 136)

A continuación, se describen los diferentes tipos de presiones, así como las zonas de presiones.

1.6.1.- Presiones disponibles.

De acuerdo con la CNA (a) (2007), menciona que la presión o carga hidráulica que actúa en un punto de una tubería se define por la diferencia entre la cota piezométrica en este punto y la cota del centro de la tubería. Para el caso de las redes de distribución es comúnmente manejar las presiones con relación al nivel de la calle en vez de referirlas al centro del tubo. Por lo que les denomina presiones disponibles o libres y se calculan principalmente para los cruces de las tuberías.

1.6.2.- Presiones admisibles.

De dos factores depende el régimen de presiones en una red las cuales son la necesidad del servicio y las condiciones topográficas de la localidad según la CNA (a) (2007).

Así mismo, la CNA (a) (2007), señala que las necesidades del servicio obligan en gran parte a seleccionar una presión mínima capaz de cumplir dos clases de requerimientos: los de las edificaciones y la demanda contra incendio. Mas, sin embargo, presiones muy altas en la red requerirán de tuberías y accesorios más resistentes por lo que sería más costosos y además incrementarán las fugas si se presentaran. Por lo tanto, en ningún punto de la red la presión debe exceder una presión máxima permisible.

Como indica la CNA (a) (2007), la presión mínima debe verificarse en la red de distribución de acuerdo en que en todos los puntos se tenga una presión por lo menos igual a la de la hora de máxima demanda y, que se garantice un suministro

mínimo. Por el contrario, la máxima se presentará cuando exista poca demanda y la red continúe trabajando a presión.

Partiendo de lo dicho por el autor antes citado, el establecimiento de las condiciones anteriores para una localidad se combina con su topografía. Como consecuencia de esto, en los puntos más elevados, la presión disponible en las horas de máximo consumo no debe ser inferior a la presión mínima requerida; así como en los puntos más bajos, esta presión no debe ser superior a la presión máxima recomendada.

1.6.3.- Zonas de presión.

Las zonas de presión son divisiones realizadas en la red de distribución por motivo a la topografía, el tamaño o las políticas de operación de la localidad. La zonificación o división en zonas de presión es recomendable cuando se sobrepasan las presiones admisibles en la red de distribución, es decir, al cumplir con la presión mínima requerida en una parte de la red se sobrepasa la presión máxima permisible en otra parte de la misma. Lo anterior sucede a consecuencia de que la topografía de la localidad es muy irregular o cuando la localidad es muy grande, con base en lo citado por la CNA (a) (2007).

Comúnmente las zonas de presión pueden interconectarse entre sí para abastecerse en forma ordinaria cuando se tiene una sola fuente, o extraordinaria (por ejemplo, un incendio, falla de la fuente, reparaciones, etc.) cuando se tienen varias fuentes. La interconexión entre las zonas de presión se hace por medio de la

maniobra de válvulas, descarga directa al tanque o mediante el uso de válvulas reductoras de presión para el caso de zonas bajas, o de rebombes a zonas altas, las estrategias de operación influyen en la zonificación debido a la existencia de límites políticos, como suelen ser mejor control del abastecimiento y su distribución, así como de la operación y mantenimiento de la red de distribución, según la CNA (a) (2007).

CAPÍTULO 2

DATOS BÁSICOS PARA EL SISTEMA DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

En el presente capítulo se estudiarán los datos básicos necesarios que se involucran en el análisis para el diseño de una obra de red de distribución de agua potable, como por ejemplo: la población actual, la población de proyecto, el periodo de diseño, vida útil, los tipos de consumo del agua, demanda actual del agua, pérdidas físicas, predicción de la demanda, dotación de agua asignada para las personas, así como los coeficientes de variación, gastos de diseño, velocidades, perdidas de energía y las zanjas para la instalación de las tuberías.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (a) (2007), para elaborar un proyecto de abastecimiento de agua potable se necesita tener mucho cuidado al definir dichos datos mencionados anteriormente, ya que estimaciones exageradas provocarán un sobre dimensionamiento en el proyecto ejecutivo, estimaciones escasas dan como resultado sistemas que se saturan a corto plazo. Generalmente en ambos casos se presentan malas inversiones.

2.1.- Población actual.

Tomando en cuenta las diferentes zonas habitacionales, se debe definir la población actual correspondiente. Este dato se puede obtener utilizando la información que proporcionan el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), relativamente a cuando menos los últimos tres censos disponibles, con los cuales se realizará la proyección de la población al término del periodo de diseño en que se ejecutan los estudios y proyectos, según la CNA (b) (2007).

Además, la CNA (b) (2007), indica que los resultados obtenidos de la población actual, por clase socioeconómica, se validan con la información que proporcione la Comisión Federal de Electricidad (CFE), referente a número de contratos de servicio doméstico, índice de hacinamiento (número de habitantes / vivienda) y cobertura en el servicio de energía eléctrica.

2.2.- Población de proyecto.

La población de proyecto es la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del período de diseño del sistema de agua potable de acuerdo con la CNA (c) (2007).

Según la CNA (b) (2007), para poder determinar la población de proyecto se debe de considerar el crecimiento histórico de la población, las variaciones observadas en las tasas de crecimiento, su característica migratoria y las perspectivas de desarrollo económico de la localidad, con lo cual se definirá en caso de ser posible, la tasa de crecimiento en cada grupo demográfico para proyectar la población anualmente en un horizonte de 20 años. Esta tasa podrá ser constante o variable, según sea el caso, indicando los períodos para los cuales corresponde cada tasa de crecimiento.

Así mismo, la CNA (c) (2007) señala que para la proyección de la población debe de realizarse el estudio que considere los factores mencionados anteriormente, con base en los datos disponibles o factibles de obtener para la localidad en cuestión. La Comisión Nacional del Agua ha editado la Norma Técnica NT-011-CNA-2001 “Métodos de Proyección de Población” que explica los procedimientos a seguir para ese fin, en diferentes situaciones en cuanto a los datos disponibles.

Con base en lo citado por el autor anterior, la población que habrá en n años después del año i se calcula por la siguiente ecuación:

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

Donde:

P_i : Población conocida al inicio del periodo (año i) (hab).

P_{i+n} : Población n años después (hab).

Tc : Tasa de crecimiento (adimensional).

Además, la CNA (c) (2007), señala que la tasa de crecimiento por lo general es variable en el tiempo, ya que en cuestiones de población es altamente improbable que se mantenga constante esa tasa. La determinación de la tasa de crecimiento depende de los datos disponibles, para lo cual en la Norma Técnica NT-011-CNA-2001 se consideran 9 posibles casos. Si se tienen datos históricos del crecimiento de la población, la tasa Tc en porcentaje se determina de la siguiente ecuación:

$$Tc\% = \left[\left(\frac{P_{i+n}}{P_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] 10$$

2.3.- Período de diseño.

Como cita la CNA (c) (2007), el período de diseño se considera como el intervalo de tiempo durante el cual se estima que la obra por construir llega a su nivel de saturación; este período debe ser menor que la vida útil.

Además, la CNA (c) (2007), indica que los períodos de diseño están vinculados con los aspectos económicos, que están en función del costo del dinero, esto se refiere, de las tasas de interés real, entendiéndose por tasa de interés real como el costo del dinero en el mercado menos la inflación. Mientras más alta es la tasa de interés es más conveniente diferir las inversiones, lo cual implica reducir los períodos de diseño. Cabe afirmar que no se deben desatender los aspectos financieros, esto quiere decir, que los flujos de efectivo del Organismo Operador que habrá de pagar por las obras y que la selección del período de diseño habrá de atender tanto al monto de las inversiones en valor presente como a los flujos de efectivo.

Así mismo, considerando lo anterior por la CNA (c) (2007), se recomienda que el período de diseño sea de cinco años, con excepción de aquellas obras en que no se puedan concebir proyectos modulares (aquellas obras que no pueden ampliarse fácilmente). Además, siempre que sea factible se deberán concebir proyectos modulares, que permitan aplazar las inversiones un mayor tiempo posible.

2.4.- Vida útil.

De acuerdo con la CNA (c) (2007), la vida útil es el tiempo que se espera que la obra sirva a los propósitos de diseño, sin que los gastos de operación y mantenimiento sean elevados, ocasionando que hagan antieconómico su uso o que pretenda ser eliminada la obra por ser insuficiente.

Retomando lo dicho por el autor antes citado, este período de vida útil dependerá por la duración misma de los materiales de los que estén hechos los componentes, por lo que es de esperar que este lapso sea mayor que el período de diseño. Otros factores que determinan la vida útil de las obras de agua potable son la calidad del agua a manejar y la operación y mantenimiento del sistema. Así mismo se deben tomar en cuenta todos los factores, características y posibles riesgos de cada proyecto en particular, para establecer adecuadamente el período de vida útil de cada una de las partes del sistema de agua potable.

2.5.- Consumo.

Como menciona la CNA (c) (2007), el consumo es un dato muy importante ya que es la parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas en el sistema. El consumo del agua se expresa en diferentes unidades, las cuales pueden ser: m³/día o l/día, o bien cuando se trata de consumo per cápita se utiliza l/hab/día.

Así mismo, la CNA (b) (2007) subscribe que el consumo de agua se determina de acuerdo al tipo de usuarios, los cuales se divide según su uso, en: doméstico y no-doméstico; el consumo doméstico, se subdivide según la clase socioeconómica de la población, en: residencial, medio y popular (tabla 2.1). Por otra parte, el consumo no doméstico incluye el comercial, el industrial y de servicios públicos; más aún, el consumo industrial se clasifica en industrial de servicio e industrial de producción (fábricas), esta clasificación se resume en el siguiente diagrama:

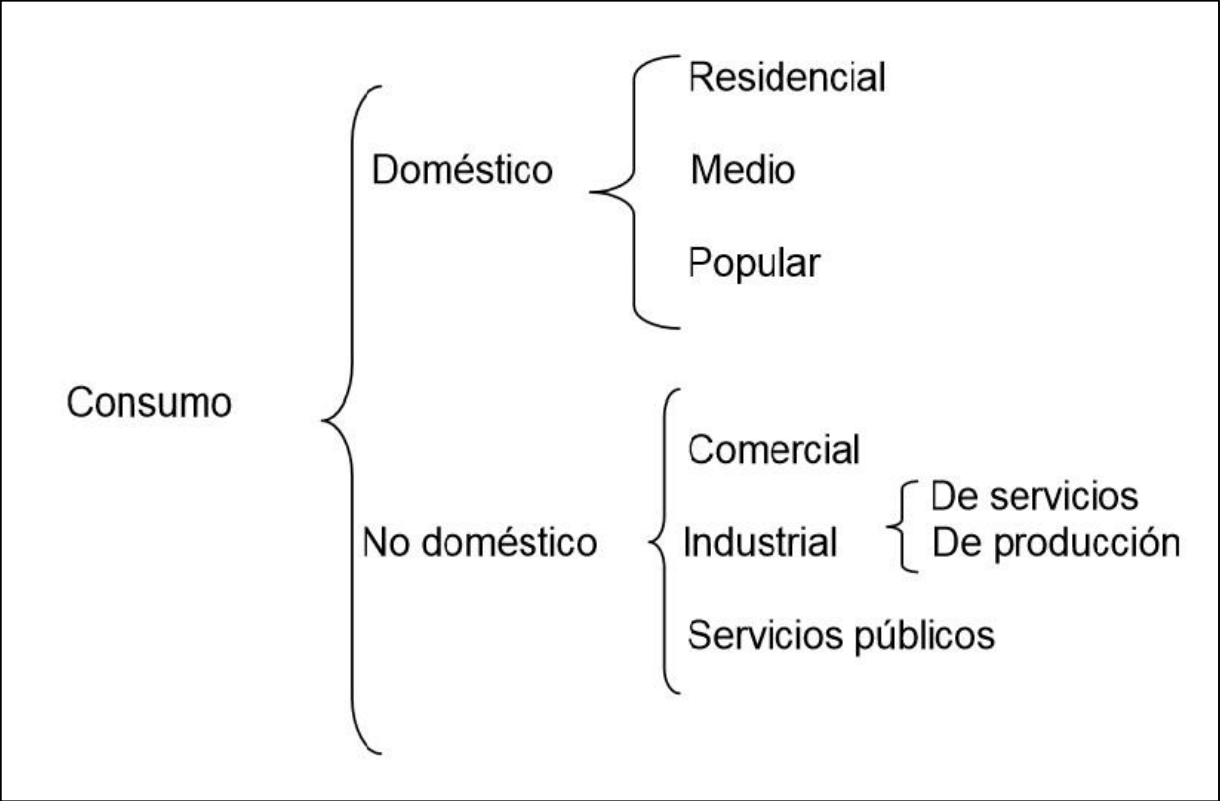


Diagrama 2.1.- Consumos del agua.

Fuente: CNA (c); 2007: 8.

2.5.1.- Consumo doméstico.

Como cita la CNA (c) (2007), este tipo de consumo se refiere al agua usada en las viviendas. Este consumo depende especialmente del clima y la clase socioeconómica en la que se encuentren los usuarios. El consumo doméstico medio de una clase socioeconómica puede presentar diferencias, por diversas causas, entre las que se destacan son: la presión en la red, la intermitencia en el servicio, la suficiencia del abastecimiento de agua, la existencia de alcantarillado sanitario y el precio del agua. En la tabla 2.1 se muestra y describe la clasificación del consumo doméstico.

CLASE SOCIOECONÓMICA	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE VIVIENDA
Residencial	Casas solas o departamentos de lujo, que cuentan con dos o más baños, jardín de 50 m ² o más, cisterna, lavadora.
Media	Casas y departamentos, que cuentan con uno o dos baños, jardín de 15 a 35 m ² y tinaco.
Popular	Vecindades y casas habitadas por una o varias familias, que cuentan con jardín de 2 a 8 m ² , con un baño o compartiéndolo.

Tabla 2.1.- Tipos de usuarios domésticos.

Fuente: CNA (c); 2007: 9.

Según la CNA (b) (2007), el consumo que le corresponde a cada clase socioeconómica, se obtendrá en base a los histogramas, de preferencia de un año, de los registros del organismo operador. En caso de no disponer de los histogramas se podrán considerar los valores de consumos domésticos obtenidos en el "Estudio de actualización de dotaciones en el país" efectuado por la CNA a través del IMTA,

en varias ciudades de la República Mexicana, durante los años de 1992 y 1993, estos valores se muestran en la siguiente tabla:

CLIMA	COÑSUMO POR CLASE SOCIOECONOMICA		
		(1/hab/dia)	
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
Cálido	400	230	185
Semicalido	300	205	130
Templado	250	195	100

NOTAS:

1) Para los casos de climas semifrío y frío se consideran los mismos valores que para el clima templado
2) El clima se selecciona en función de la temperatura media anual

Tabla 2.2.- Consumos domésticos per cápita.

Fuente: CNA (b); 2007: 9.

De acuerdo con la tabla anterior, para la selección del tipo de clima se toman valores en función de la temperatura media anual, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	TIPO DE CLIMA
Mayor que 22	CALIDO
De 18 a 22	SEMICALIDO
De 12 a 17.9	TEMPLADO
De 5 a 11.9	SEMIFRIO
Menor que 5	FRIO

Tabla 2.3.- Clasificación de climas por su temperatura.

Fuente: CNA (b); 2007: 10.

2.5.2.- Consumo no-doméstico.

De acuerdo con la CNA (c) (2007), este tipo de consumo se refiere al consumo de los servicios y producción de la población (comercios, empresas, fábricas, áreas verdes públicas, etc.), además el consumo no doméstico está conformado por los consumos: comercial, industrial y usos públicos.

2.5.2.1.- Consumo comercial.

Como señala la CNA (c) (2007), este tipo de consumo derivado del no doméstico es el que se utiliza en las zonas como el de los comercios y servicios por personas que no habitan en ellas.

Además, la CNA (c) (2007), menciona que, de acuerdo al tipo de actividad comercial del consumidor, los consumos varían en rangos establecidos por la tabla 2.4.

TIPO DE INSTALACIÓN	CONSUMO DE AGUA
Oficinas (cualquier tipo)	20 l/m ² /día (a)
Locales comerciales	6 l/m ² /día (a)
Mercados	100 l/local/día
Baños públicos	300 l/bañista/regadera/día (b)
Lavanderías de autoservicio	40 l/kilo de ropa seca
Clubes deportivos y servicios privados	150 l/asistente/día (a, b)
Cines y teatros	6 l/asistente/día (b)

Tabla 2.4.- Consumo mínimo en comercios.

Fuente: CNA (c); 2007: 51.

2.5.2.2.- Consumo industrial.

Este consumo del agua es que se utiliza en las empresas, fábricas y hoteles; por lo tanto, se determina en función del tipo de industria, según la CNA (c) (2007).

Así mismo, la CNA (c) (2007) señala que, considerando el tipo de actividad industrial, este tipo de consumo se divide en dos tipos:

- a) Industrial de servicios: es el que se consideran en los hoteles, así como el consumo personal de los empleados, estos consumos varían de acuerdo con los datos de la tabla 2.5.

Clasificación	Consumos en hoteles (l/cuarto/día)	
	Zona turística	Zona urbana
Gran turismo	2000	1000
4 y 5 estrellas	1500	750
1 a 3 estrellas	1000	400

Tabla 2.5.- Consumo en hoteles.

Fuente: CNA (c); 2007: 51.

- b) Industrial de producción: que corresponde de acuerdo al tipo de industria que se trate, en la (tabla 2.6) se muestran algunos valores de consumos de las industrias de producción.

INDUSTRIA	RANGO DE CONSUMO (m ³ /día)
Azucarera	4.5 - 6.5
Química (c)	5.0 - 25.0
Papel y celulosa (d)	40.0 - 70.0
Bebidas (e)	6.0 - 17.0
Textil	62.0 - 97.0
Siderúrgica	5.0 - 9.0
Alimentos (f)	4.0 - 5.0

Notas: a) Variable de acuerdo al producto.
b) Se indican sólo los índices de celulosa.
c) Se tomó como representativa la cerveza.
d) Se tomó como representativos los alimentos lácteos.

Tabla 2.6.- Consumos para producción de algunos tipos de industria.

Fuente: CNA (c); 2007: 51.

2.5.2.3.- Consumo para servicios públicos.

Como cita la CNA (c) (2007), el consumo para servicios públicos o usos públicos, corresponde al agua que se utiliza en instalaciones de salud, educación, recreación, seguridad, riego de parques y jardines, combate de incendios, etc., estos consumos pueden variar de acuerdo al uso público en común. (Ver tabla 2.7).

Tomando como base lo señalado por el autor antes citado, subscribe que las pequeñas localidades, excepto casos especiales, se considera innecesario proyectar sistemas de abastecimiento de agua potable que incluyan protección contra incendios.

Así mismo, la CNA (c) (2007) menciona que, en las localidades medianas o grandes, el problema debe de ser bien estudiado y justificado en cada caso, de

acuerdo con las características particulares y en coordinación con el Cuerpo de Bomberos.

Además, la Comisión Nacional del Agua ha editado la Norma Técnica NT-008-CNA-2001 “Determinación de Consumos Unitarios de Agua Potable” que explica los procedimientos a seguir para este fin.

TIPO DE INSTALACION	CONSUMO DE AGUA	
SALUD: Hospitales, Clínicas y Centros de salud. Orfanatorios y asilos	800 l/cama/día 300 l/huésped/día	(a, b) (a)
EDUCACION Y CULTURA: Educación elemental Educación media y superior	20 l/alumno/turno 25 l/alumnolturno	(a, b) (a, b)
RECREACION: Alimentos y bebidas Entretenimiento (teatros públicos) Recreación social (deportivos municipales) Deportes al aire libre, con baño y vestidores. Estadios	12 l/comida 6 l/asiento/día 25 l/asistente/día 150 l/asistente/día 10 l/asiento/día	(a, b) (a, b) (a) (a) (a)
SEGURIDAD: Cuarteles Reclusorios	150 l/persona/día 150 l/interno/día	(a) (a)
COMUNICACIONES Y TRANSPORTE: Estaciones de transporte Estacionamientos	10 l/pasajero/día 2 l/m ² /día	
ESPACIOS ABIERTOS: Jardines y parques	5 l/m ² /día	

Nota: a) Las necesidades de riego se considerarán por separado a razón de 5 l/m²/día.
b) Las necesidades generadas por empleados o trabajadores se consideran por separado a razón de 100 l/trabajador/día.

Tabla 2.7.- Consumos para usos públicos.

Fuente: CNA (c); 2007: 52.

2.6.- Demanda.

La demanda se define como la cantidad de agua potable que se requiere para abastecer a la población que requiere el servicio, para el diseño del servicio de agua potable se toma en cuenta la demanda actual, las pérdidas físicas y la predicción de la demanda, según la CNA (c) (2007).

2.6.1.- Demanda actual.

“La demanda actual es la suma de los consumos para cada tipo de usuario más las pérdidas físicas.” (CNA (c); 2007:10).

Así mismo, la CNA (c) (2007) señala que los consumos se obtienen por cada tipo de usuarios:

- a) Consumo doméstico.- Multiplicando el consumo, per cápita de cada sector socioeconómico por la población correspondiente.
- b) Consumo comercial.- Producto del consumo de cada local por el total de locales, de los comercios existentes en el sistema.
- c) Consumo industrial de servicios.- Se obtiene de multiplicar los consumos de cada trabajador por el total de trabajadores de cada una de las industrias de la localidad. En el caso de hoteles, será el consumo de cada cuarto, por el número total de cuartos.
- d) Consumo industrial de producción.- Se obtiene en forma particular de cada industria de acuerdo con sus necesidades, o bien multiplicando el consumo por unidad de producción por su volumen de producción de cada fábrica.

- e) Consumos públicos.- Producto del consumo, en hospitales y escuelas, de cada paciente o estudiante por el total de enfermos o alumnos, respectivamente; también, habrá que considerar el consumo de parques y servicios contra incendio, cuando sea el caso.
- f) Pérdidas de agua.- Volumen que se pierde en el sistema de distribución, obtenido como se indica en el apartado 2.6.2.

Retomando lo dicho por el autor antes citado, la demanda es función de factores como: clase socioeconómica, porcentaje de población de cada estrato socioeconómico, tamaño de la población, clima, existencia de alcantarillado sanitario, tipo de abastecimiento, calidad del agua y costo del agua.

Como cita la CNA (c); 2007: 67, para calcular la demanda se tiene la siguiente expresión:

$$(\%)Pérdidas = \frac{(Demanda - Consumo)}{Demanda}$$

Y despejando la Demanda se tiene la siguiente ecuación:

$$Demanda = \frac{Consumo}{\left(1 - \frac{(\%)Pérdidas}{100}\right)}$$

2.6.2.- Pérdidas físicas.

De acuerdo con la CNA (c) (2007), las pérdidas físicas se refieren al agua que se escapa por las fugas en las líneas de conducción, tanques de almacenamiento, red de distribución y además las fugas que se presentan en las tomas domiciliarias.

Además, la CNA (c) (2007), señala que en estudios de campo realizados por los organismos operadores, se ha definido que estas pérdidas se determinan a partir de muestreos de inspección y aforos, donde se encontró que principalmente estas pérdidas se manifiestan por las fugas en las tomas domiciliarias, más aún se determinó que estas pérdidas también se presentan en los sectores controlados, llamados distritos hidrométricos a causa de las fugas en tuberías principales, secundarias y en tomas clandestinas y por último se encontró que también hay pérdidas en la verificación de los grupos de micro medidores domiciliarios, a causa de la mala medición.

Según la CNA (c) (2007), el volumen diario de pérdidas físicas, V_p , que se considera para el cálculo de las demandas y dotaciones será el obtenido con la siguiente ecuación:

$$V_p = V_{fr} + V_{ft}$$

Donde:

V_p = Volumen de pérdidas, en m³.

V_{fr} = Volumen de fugas en red, en m³.

V_{ft} = Volumen de fugas en tomas domiciliarias, en m³.

Como cita la CNA (c) (2007), Las pérdidas de agua dependen de factores tales como: la presión de trabajo, la calidad de la tubería y los accesorios, el proceso constructivo, el tipo de material, la antigüedad de los elementos del sistema y el mantenimiento preventivo y correctivo que se les practique a los elementos del sistema.

Así mismo, la CNA (c) (2007) subscribe que las consideraciones que sirven y se deben tomar en cuenta para orientar al proyectista, en la estimación de los porcentajes de las pérdidas, son las siguientes:

1. Si se dispone de presupuesto y tiempo, establecer el valor de las pérdidas con base en un estudio de Evaluación de Fugas.
2. Considerar un valor promedio del volumen diario de pérdidas, obtenido de acuerdo a una o varias localidades similares en cuanto a nivel socioeconómico, tamaño de población, ocurrencia de fugas, etc., que ya dispongan de un estudio similar al del párrafo anterior.
3. En caso de no disponer de información, se puede considerar un valor comprendido entre el 40 % y el 60 % del volumen suministrado, que es el resultado del estudio de campo de 21 ciudades de la República Mexicana.
4. De acuerdo con experiencias nacionales e internacionales, se considerar que en el mediano plazo (5 a 10 años) las fugas sean del orden de 30%.

“Para efectos de diseño a tiempo presente, se considera como valor promedio de pérdidas físicas, un 30% del volumen suministrado.” (CNA (c); 2007: 67)

Pérdidas fiscales actuales = 30% de la demanda actual.

2.6.3.- Predicción de la demanda.

De acuerdo con la CNA (c) (2007), la predicción de la demanda se refiere a cuánto será el consumo de agua potable en un cierto tiempo determinado a partir de la demanda actual. Por lo tanto, para efectos de diseño es de suma importancia determinar la demanda futura. Esta demanda se calcula con base en los consumos de las diferentes clases socioeconómicas, la actividad comercial, industrial, la demanda actual, el pronóstico de crecimiento de la población y su actividad económica.

Partiendo de lo dicho por el autor antes citado, para la predicción de la demanda se deben evaluar los siguientes puntos:

1. La proyección del volumen doméstico total se realiza multiplicando los valores de las proyecciones de población de cada clase socioeconómica, por sus correspondientes consumos per cápita para cada año, dentro del horizonte de proyecto.
2. Cuando las demandas comercial, industrial y turística sean poco significativas con relación a la demanda doméstica, y no existan proyectos de desarrollo para estos sectores, las primeras quedan incluidas en la demanda doméstica.
3. Cuando las demandas de los sectores comercial, industrial y turístico sean importantes, deberán considerarse 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.

4. Por lo que se refiere a las pérdidas físicas de agua, su valor se estima a partir de su comportamiento histórico tomando en cuenta los proyectos de mantenimiento y rehabilitación probables, así como el establecimiento de un programa de control de fugas.

2.7.- Dotación.

“La dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual; sus unidades están dadas en l/hab/día.” (CNA (c); 2007: 13)

Según la CNA (c) (2007), la dotación media de la localidad se obtiene a partir de un estudio de demandas dividiendo, el consumo total, que incluye servicio doméstico, comercial, industrial y de servicios públicos, y las pérdidas físicas de agua, entre el número de habitantes de la localidad. Además, cabe hacer la aclaración que, para el diseño de los elementos de un sistema de agua potable, se calculará la dotación particular que le corresponde a cada zona, por ejemplo, la habitacional: residencial, media o popular y comercial o industrial.

2.8.- Coeficientes de variación.

Como cita la CNA (c) (2007), los coeficientes de variación se derivan de la fluctuación (variación de intensidad, de medida o de cualidad) de la demanda debido a los días laborables y otras actividades.

Además, la CNA (c) (2007), señala que los requerimientos de agua para un sistema de distribución son variables durante el año y el día, por lo tanto, la demanda varía en forma diaria y horaria. Debido a la importancia de estas fluctuaciones para el abastecimiento de agua potable, surge la necesidad de 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. En la tabla 2.8 se muestran los valores de los coeficientes de variación diaria y horaria.

CONCEPTO	VALOR
Coeficiente de variación diaria (CVd)	1.40
Coeficiente de variación horaria (CVh)	1.55

Tabla 2.8.- Coeficientes de variación diaria y horaria.

Fuente: CNA (c); 2007: 15.

Así mismo, la CNA (c) (2007) muestra en la tabla 2.9 cuales son los gastos utilizados para el diseño de las estructuras en los sistemas de abastecimiento de agua potable.

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 regulación	X	
Tanque de regulación	X	
Línea de alimentación a la red		X
Red de distribución		X

Tabla 2.9.- Gastos de diseño para estructuras de agua potable.

Fuente: CNA (c); 2007: 14.

2.9.- Gastos de diseño.

Debido a que las estructuras de agua potable son variables durante el año y el día, y que la demanda varía en forma diaria y horaria, se deben calcular gastos de diseño para el análisis de cada estructura de agua potable, tales gastos son: gasto medio diario, gasto máximo diario y gasto máximo horario, según la CNA (c) (2007).

2.9.1.- Gasto medio diario.

De acuerdo con la CNA (c) (2007), el gasto medio es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio.

El gasto medio diario se calcula con la siguiente formula:

$$Q_{med} = \frac{DP}{86,400}$$

Donde:

Q_{med} : Gasto medio diario, en l/s.

D: Dotación, en l/hab/día.

P: Número de habitantes.

86,400: segundos/día.

2.9.2.- Gasto máximo diario y horario.

Como indica la CNA (c) (2007), los gastos máximo diario y máximo horario, 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. Además, los gastos máximo diario y máximo horario se obtienen a partir del gasto medio con las siguientes expresiones:

Gastos máximo diario:

$$Q_{MD} = C_{VD} \cdot Q_{med}$$

Gasto máximo horario:

$$Q_{MH} = C_{VH} \cdot Q_{Md}$$

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.

2.10.- Velocidades máximas y mínimas.

Como cita la CNA (c) (2007), las velocidades permisibles del líquido en un conducto están regidas por las características del material del conducto y la magnitud de los fenómenos transitorios. Existen límites tanto inferiores como superiores. La velocidad mínima de escurrimiento se fija, para evitar la precipitación de partículas que arrastre el agua. La velocidad máxima será aquella con la cual no deberá ocasionarse erosión en las paredes de las tuberías.

A continuación, se presentan en la Tabla 2.10., los valores de las velocidades permisibles tanto máxima como mínima para los diferentes tipos de materiales de tuberías.

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

Tabla 2.10.- Velocidades máxima y mínima permisibles en tuberías.

Fuente: CNA (c); 2007: 16.

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

2.11.- Cálculo de pérdidas de energía.

El cálculo de pérdidas de energía se utiliza para poder determinar las pérdidas de energía o fricciones que se pueden generar dentro de un conducto, en este caso, las tuberías.

2.11.1.- Pérdidas de carga por fricción.

De acuerdo con la CNA (c) (2007), el coeficiente de fricción es la variable que permite calcular las pérdidas de energía que se tienen en el escurrimiento por un conducto.

Como cita la CNA (c) (2007), los estudios que se han realizado en el diseño de conductos a presión de sistemas de agua potable, se ha establecido que para obtener las pérdidas de energía se utilice el modelo de Darcy-Weisbach, y las principales razones por la que se optó este modelo son las siguientes:

- El modelo de Darcy-Weisbach cuenta con un fundamento teórico, de acuerdo al esfuerzo cortante entre la pared de la tubería y el líquido, así como a la viscosidad del mismo.
- El rango de aplicación no restringe a las variables experimentales.
- Además, este modelo considera a tres tipos de regímenes de flujo que son; laminar, transición y turbulento. De acuerdo a lo que se ha podido observar en redes de agua potable y líneas de conducción, así mismo, se ha llegado a detectar tramos en el que el flujo se comporta en el rango de transición o turbulento.

- Por otra parte, con el uso de la computadora en la actualidad facilita más el cálculo de las redes de agua potable, ya que existen modelos complicados, que en otros tiempos eran sustituidos por aproximaciones experimentales.

2.11.2.- Ecuación de Darcy-Weisbach.

De acuerdo con la CNA (c) (2007), para el cálculo de pérdidas por fricción en el diseño de conductos a presión para agua potable se usará la fórmula o ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_f : Pérdida de energía por fricción, en m.

f : Factor de pérdidas de carga por fricción, es adimensional.

L : Longitud de la tubería, en m.

D : Diámetro interno del tubo, en m.

v : Velocidad media, en m/s.

g : aceleración de la gravedad, en m/s²

Según la CNA (c) (2007), para encontrar el valor del factor de pérdidas de carga por fricción (f), se usará la siguiente fórmula, conocida como la ecuación de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3.71} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Donde:

f : Factor de pérdidas de carga por fricción, (adimensional).

ϵ : Rugosidad, en mm (valor obtenido de la tabla 2.11).

D : Diámetro interno del tubo, en mm.

Re : Número de Reynolds, (adimensional).

El número de Reynolds está dado por la siguiente expresión:

$$Re = \frac{vD}{\nu}$$

Donde:

v : Velocidad media en el conducto, en m/s.

D : Diámetro interno del tubo, en m.

ν : Viscosidad cinemática del agua.

(La viscosidad cinemática ν varía con la temperatura, para una temperatura de 20 °C la viscosidad cinemática del agua es 1 m²/seg.)

Como subscribe la CNA (c) (2007), el factor de pérdidas de carga (f) no puede ser obtenido directamente de la ecuación de Colebrook-White por lo que interviene en la parte izquierda y derecha de la ecuación. Para lo cual se ha modificada dicha ecuación.

2.11.3.- Ecuación modificada de Colebrook-White por Guerrero.

Como cita la CNA (c) (2007), la ecuación de Darcy-Weisbach se ha distinguido desde un principio como la mejor fórmula para calcular las pérdidas de energía por conducción, sin embargo, por la dificultad que presenta la ecuación de Colebrook - White para obtener el valor de (f), principalmente en redes de tubos de agua a presión, ha ocasionado el uso generalizado de las ecuaciones empíricas de Manning y de Hazen – Williams en los sistemas de agua potable.

Así mismo, la CNA (c) (2007), señala que varios estudios se han realizado para obtener expresiones explícitas para el cálculo del factor de pérdida de carga (f) ajustado a los resultados de la ecuación de Colebrook - White y así poder aprovechar las ventajas que tiene tal ecuación. Por lo que a continuación se presenta la ecuación más utilizada para que arroje los valores de pérdida de carga (f) más similares a los de la ecuación de Colebrook – White:

Ecuación modificada de Colebrook-White por Guerrero:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\left(\frac{\epsilon}{D} \right)}{3.71} + \frac{G}{Re^T} \right) \right]^2}$$

Donde:

f: Factor de pérdidas de carga por fricción, (adimensional).

ϵ : Rugosidad, en mm (valor obtenido de la tabla 2.11).

D: Diámetro interno del tubo, en mm.

Re: Numero de Reynolds, (adimensional).

El número de Reynolds está dado por la siguiente expresión:

$$R_e = \frac{vD}{\nu}$$

Donde:

v: Velocidad media en el conducto, en m/s.

D: Diámetro interno del tubo, en m.

ν : Viscosidad cinemática del agua.

$\nu =$ para una temperatura de 20 °C = 0.000001 m²/seg.

G = 4.555 y T = 0.8764 para $4000 \leq Re \leq 10^5$

G = 6.732 y T = 0.9104 para $10^5 \leq Re \leq 3 \times 10^6$

G = 8.982 y T = 0.9300 para $3 \times 10^6 \leq Re \leq 10^8$

MATERIAL	ϵ en mm
Cobre, PVC, polietileno de alta densidad	0.0015
Fierro fundido	0.005 a 0.03
Acero	0.04 a 0.10
Asbesto cemento	0.025 a 0.030
Concreto	0.16 a 2.0

NOTA: Para fierro fundido nuevo, el valor de ϵ será de 0.005; cuando se use fierro oxidado será de 0.030. Para concreto liso el valor de ϵ será de 0.16; si se tiene concreto áspero será de 2.0.

Tabla 2.11.- Rugosidad ϵ de algunos materiales.

Fuente: CNA (c); 2007: 21.

2.12.- Zanjas para instalación de tubería.

De acuerdo con la CNA (c) (2007), las tuberías pueden ser instaladas sobre la superficie o enterradas, lo anterior depende de la topografía, clase de tubería y tipo de terreno.

Retomando lo dicho por el autor antes citado, se recomienda que las tuberías se instalen en zanja, para así mismo obtener la máxima protección de ellas mismas. Además de la protección, también se protegen del paso contra los vehículos. El tipo de instalación que se adopte, debe considerar otros factores relacionados con la protección de la línea, como son el deterioro o maltrato de animales, la exposición a los rayos solares, variación de la temperatura, etc.

2.12.1.- Ancho y profundidad de la zanja.

Según la CNA (c) (2007), menciona que, para determinar el ancho de la zanja para instalar las tuberías, se tomara con cualquiera de los siguientes criterios:

- Para tuberías con diámetro exterior menor a 50 cm, el ancho de la zanja será el diámetro exterior más 50 cm.
- Para tuberías con diámetro exterior mayor o igual a 50 cm, el ancho de la zanja será el diámetro exterior más 60 cm.

Así mismo la CNA (c) (2007), señala que los anchos de zanja que resulten de los cálculos se deberán redondear a múltiplos de cinco. Además, en la (tabla 2.12) se

presentan los anchos de zanjas que generalmente cumplen con los criterios anteriores, pero, se deben de verificar los valores.

Como cita la CNA (c) (2007), es necesario que, a la altura del lomo del tubo, la zanja tenga realmente el ancho que se indica en la (tabla 2.12); a partir de ese punto puede dársele a las paredes el talud necesario para evitar el empleo de ademe (sostener o detener provisionalmente las paredes de una excavación con elementos de madera o fierro). Si resulta conveniente el empleo de ademe, el ancho de la zanja debe ser igual al indicado en la (tabla 2.12) más el ancho que ocupe el ademe.

La profundidad mínima de la zanja para introducir la tubería será de 70 cm en tuberías de hasta 2" (51 mm) de diámetro y en adelante será igual al diámetro exterior del tubo, más 5 cm, más el colchón indicado en la (tabla 2.12), de acuerdo con la CNA (c) (2007).

Así mismo, la CNA (c) (2007), menciona que la profundidad máxima variará en función de las características particulares de la resistencia de la tubería que se trate, tomando en cuenta el factor de carga proporcionado por la plantilla de apoyo que se use ("A" o "B"), el peso volumétrico del material de relleno y la carga viva en la superficie.

En la tabla 2.12 se especifican las dimensiones de las zanjas, como son ancho, profundidad, espesor de la plantilla y volumen de excavación para los diferentes diámetros de tubería. Además, en la (figura 2.1) se muestra un esquema de relleno de la zanja.

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

Tabla 2.12.- Dimensiones de zanjas y plantillas para tubería de agua potable.

Fuente: CNA (c); 2007: 31.

Como refiere la CNA (c) (2007), para el caso de tuberías de materiales como asbesto-cemento y PVC, deberá considerarse lo siguiente:

- La tubería de asbesto-cemento debe alojarse en zanja para obtener la máxima protección y sólo en casos excepcionales se podrá instalar superficialmente garantizando su protección y seguridad.
- En el caso de tuberías de PVC su instalación se hará siempre en zanja.

Como subscribe la CNA (c) (2007), las tuberías de acero, fierro galvanizado (FoGo), concreto y hierro dúctil se podrán instalar superficialmente garantizando su protección y seguridad.

2.12.2.- Plantilla o cama.

De acuerdo con la CNA (c) (2007), para el asiento total de la tubería, deberá colocarse una cama o plantilla de material seleccionado libre de piedras, de manera que no se provoquen esfuerzos adicionales a ésta.

Con base a lo citado por la CNA (c) (2007), la plantilla o cama consiste en un piso de material fino, colocado sobre el fondo de la zanja, la cual, ha sido arreglada con la concavidad necesaria para ajustarse a la superficie externa inferior de la tubería, en un ancho de por lo menos menos igual al 60% de su diámetro exterior como se muestra en la (figura 2.1). Para el resto de la tubería se rellena en dos etapas: primero se debe de acostillar, lo cual consiste en ser cubierto hasta una altura de 30 cm arriba del lomo de la tubería con material granular fino colocado a mano y compactado cuidadosamente con equipo manual y humedad óptima, llenando todos los espacios libres abajo y adyacentes a la tubería, este relleno se hace en capas que no excedan de 15 cm de espesor, y por último, el resto de la zanja podrá ser relleno a volteo con mismo material de la excavación, y compactado según sea el caso: si la tubería se instala en zona urbana con tránsito vehicular intenso todo el relleno será compactado, y si se instala en zonas con poco tránsito vehicular o rurales será a volteo.

Así mismo, la CNA (c) (2007), señala que para alojar la campana o cople de las juntas de los tubos, se excavarán cuidadosamente las cavidades o conchas, con el fin de permitir que la tubería se apoye en toda su longitud sobre el fondo de la zanja o de la plantilla apisonada.

Además, la CNA (c) (2007), indica que los espesores de plantilla (h) para tuberías de agua potable se muestran en la (tabla 2.12); el espesar mínimo sobre el eje vertical de la tubería será de 5 cm. Para el caso de instalar tubería de acero en zanja, mientras el fondo de la zanja lo permita, no es necesaria la plantilla. En lugares excavados en roca o tepetate duro, se preparará la plantilla de material suave que pueda dar un apoyo uniforme al tubo, con tierra o arena suelta.

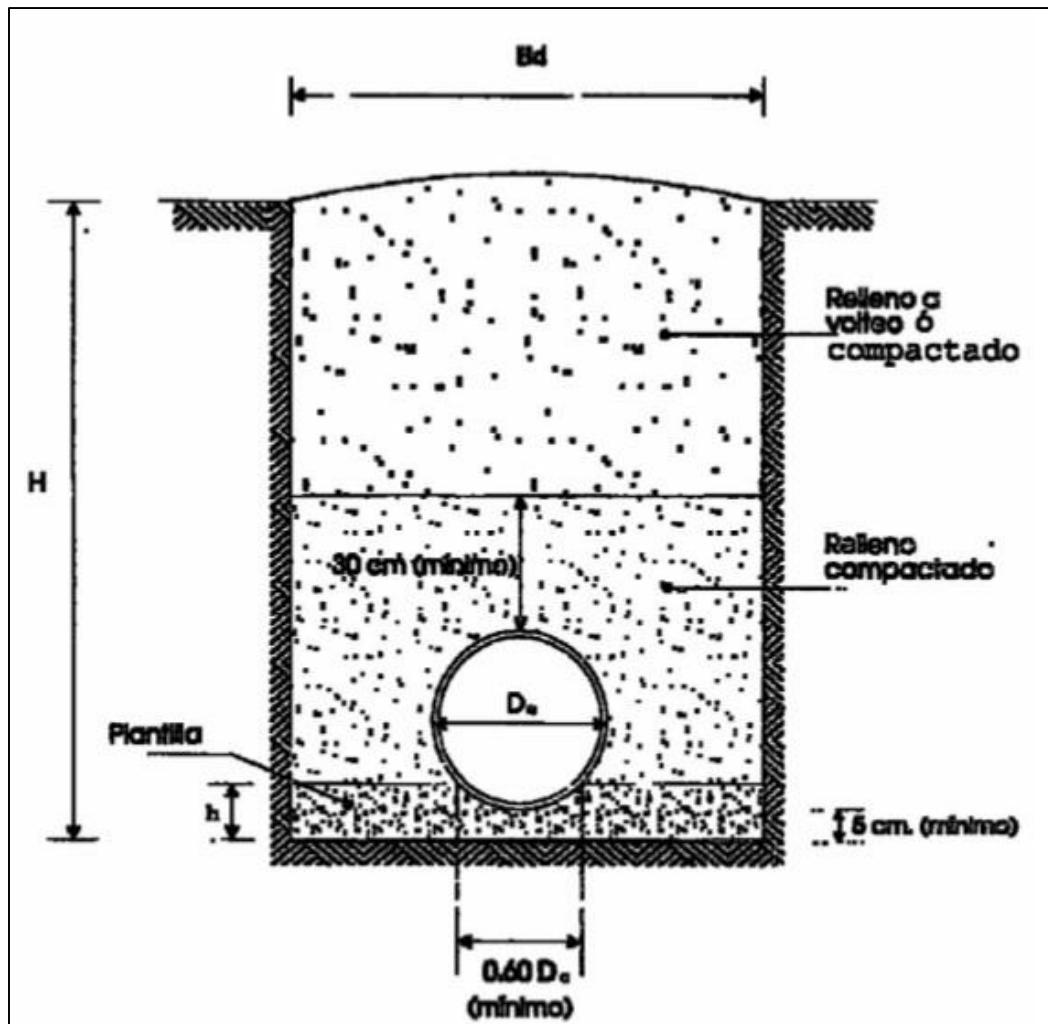


Figura 2.1.- Relleno de zanja.

Fuente: CNA (c); 2007: 33.

CAPÍTULO 3

RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN

En el presente capítulo se estudiarán todos los datos referentes al proyecto, como son las generalidades, resumen ejecutivo, entorno geográfico, informe fotográfico presentando la problemática y el estado físico actual de la zona en estudio, así como las alternativas de solución y el proceso de análisis.

3.1.- Generalidades.

El diseño de la red de distribución de agua potable debe adecuarse a la topografía de las colonias de la localidad mencionada anteriormente, siguiendo algunos de los modelos de configuración de la red de diseño para agua potable descritos anteriormente, la circulación del agua debe ser por gravedad y las tuberías seguirán en lo posible la pendiente del terreno natural. El diseño de la red se hará única y exclusivamente de la zona definida en los planos.

3.1.1.- Objetivo.

El objetivo del presente proyecto es diseñar el sistema de red de distribución de agua potable para las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, de la localidad de San Ángel Zurumucapio, en el Municipio de Ziracuaretiro, Michoacán, cumpliendo con las normas y especificaciones marcadas por la Comisión Nacional del Agua (CNA).

3.1.2.- Alcance del proyecto.

En el presente proyecto se da a conocer el procedimiento del análisis y diseño de la red de distribución de agua potable por gravedad para dos colonias de la localidad de San Ángel Zorumucapio, Michoacán, así como las características y especificaciones de la misma red de distribución de agua potable, el cual es de gran importancia tanto para los habitantes de las colonias mencionadas anteriormente como de la localidad misma.

3.2.- Resumen ejecutivo.

Para la realización del presente proyecto, se comenzó por realización del levantamiento topográfico altimétrico de la zona en estudio, también se obtuvo información del número de tomas solicitadas o registradas en las dos colonias por parte del organismo operador del agua potable de San Ángel Zorumucapio, ya obtenida esta información se prosiguió a realizar el diseño de la red de distribución, calculando el número de habitantes actuales, número de habitantes de proyecto, los diferentes tipos de consumos o usos del agua, la dotación del agua por habitante, gastos de diseño requeridos, periodo de diseño o periodo económico del proyecto, para después continuar con la determinación del tipo de red de distribución, en base a la topografía del lugar y verificando el sentido del flujo con los niveles del lugar para así poder realizar los cálculos correspondientes para los diámetros de tuberías, tipos de tubería y piezas especiales, para concluir con la elaboración del plano del proyecto final.

3.3.- Entorno geográfico.

En este apartado se mencionarán las características geográficas del lugar, ubicación del lugar desde una macro hasta una micro localización, además, también se describirá la geología, hidrología y uso de suelo regional y de la zona en estudio.

3.3.1.- Micro y macrolocalización.

El sitio de estudio se localiza al poniente de la localidad de San Ángel Zurumucapio, perteneciente al Municipio de Ziracuaretiro en el Estado de Michoacán. En la imagen 3.1 se muestra la micro localización del sitio en estudio.

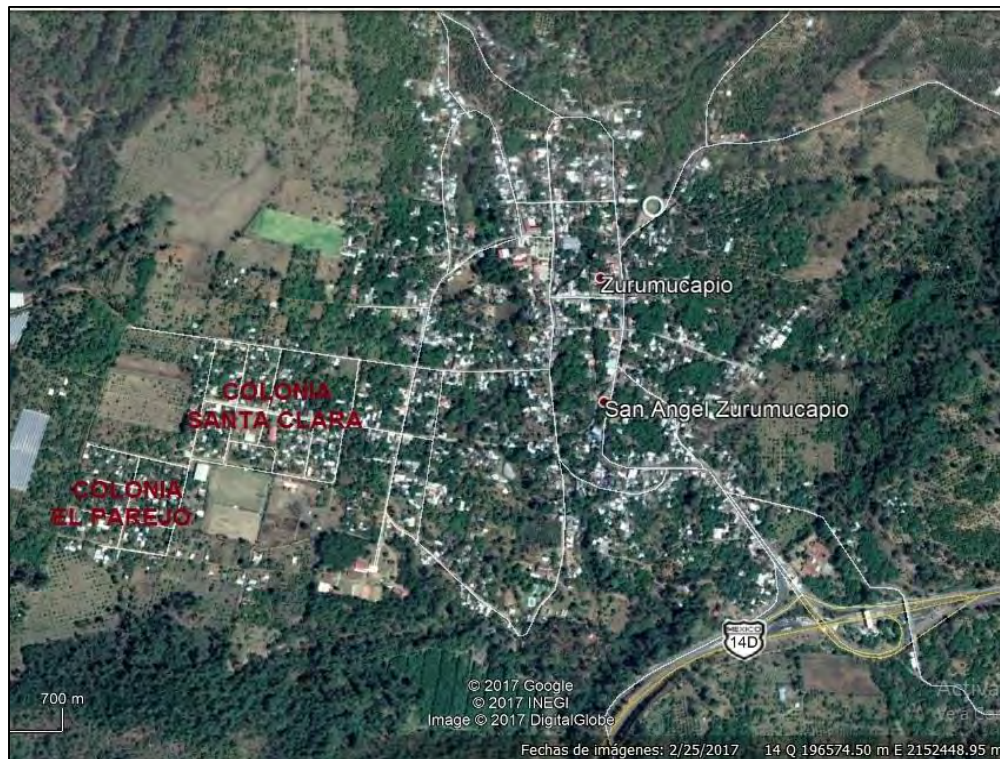


Imagen 3.1.- Micro localización de las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”.

Fuente: Google earth.

San Ángel Zurumucapio se localiza a 19° 26' 55" Latitud Norte y a 101° 53' 20" Longitud Oeste a una altura de 1610 metros sobre el nivel del mar, San Ángel Zurumucapio cuenta con un clima cálido-húmedo. El poblado se encuentra a 5 km al sur del km 42 de la carretera libre Uruapan-Pátzcuaro y a 0.3 km al norte de la caseta de cobro de peaje (Plaza de Cobro San Ángel Zurumucapio) de la Autopista Siglo XXI, dicho poblado pertenece al Municipio de Ziracuaretiro en el Estado de Michoacán.

San Ángel Zurumucapio colinda al Norte con las comunidades de Turicuaro, Comachuen y Tingambato, al Este con los ranchos de El Mezón, Angachuen, La Escondida, Tarascón y Jujucato, al Sur con las comunidades de Ziracuaretiro, Patuan y Zirimícuaro, y al Oeste con las comunidades de Caracha y San Andrés Corú. En la imagen 3.2 se muestra la micro localización de la localidad de San Ángel Zurumucapio.

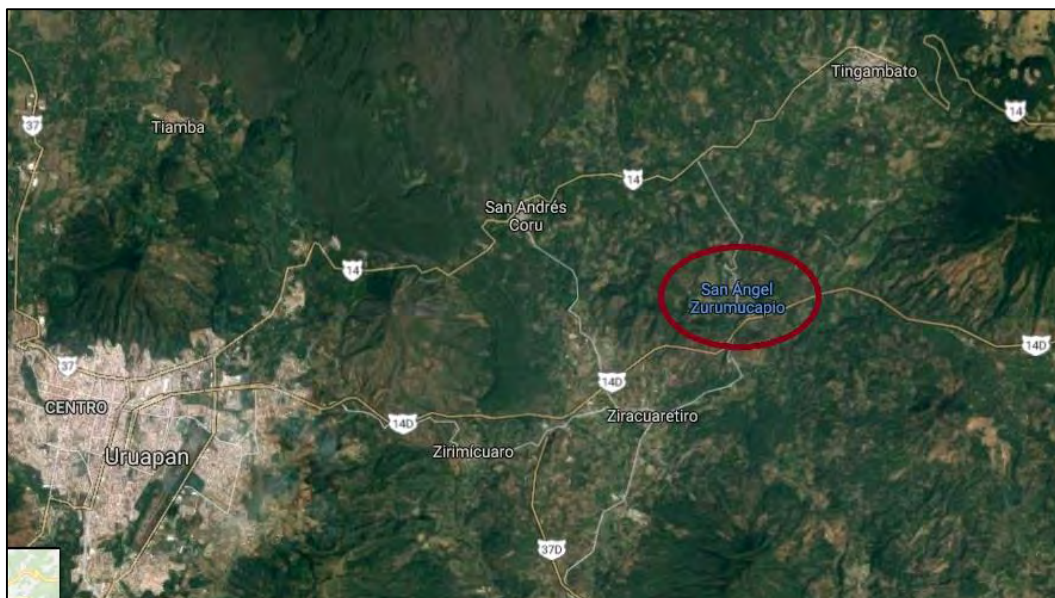


Imagen 3.2.- Micro localización de San Ángel Zurumucapio.

Fuente: <https://www.google.com.mx/maps>.

El Municipio de Ziracuaretiro se encuentra ubicado en la zona centro del Estado de Michoacán entre los paralelos 19° 21' y 19° 31' de Latitud Norte y los meridianos 101° 48' y 102°00' de Longitud Oeste, con una Altitud variable desde los 1200 hasta 1400 metros sobre el nivel del mar. El municipio colinda al Norte con los municipios de Uruapan y Tingambato, al Este con los municipios de Tingambato, Salvador Escalante y Taretan, al Sur con los municipios de Taretan y Uruapan y al Oeste con el municipio de Uruapan. Ocupa el 0.27% de la superficie del Estado. Además, el Municipio cuenta con 31 localidades y una población total de 13,792 habitantes, de acuerdo con el INEGI (2009). En la imagen 3.3 se ilustra la micro localización del Municipio de Ziracuaretiro.

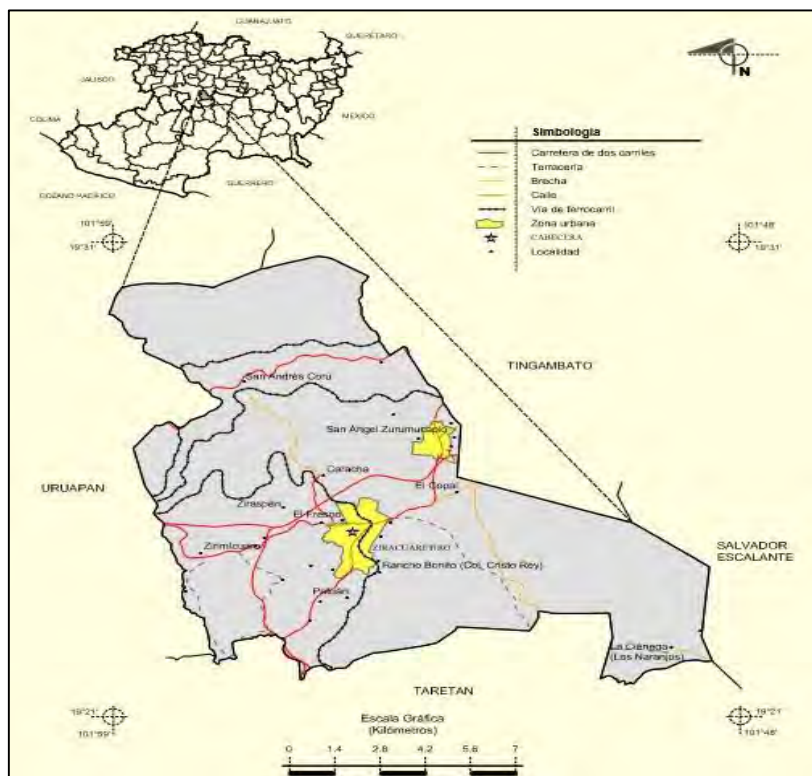


Imagen 3.3.- Micro localización Municipio de Ziracuaretiro.

Fuente: INEGI: 209.

El Estado de 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' 00" de latitud Norte y los 100° 03' 50" y 103° 44' 09" de Longitud Oeste. El estado de Michoacán cubre una extensión de 5,986,400 hectáreas (59,864,000 km²), que representan alrededor del 3% de la superficie total del territorio nacional, con un litoral que extiende a lo largo de 210.5 km sobre el océano pacífico.

El Estado de Michoacán colinda al Norte con los Estados de Guanajuato, Jalisco y Querétaro, al Este con los Estados de México y Guerrero, al Sur con el Estado de Guerrero y el Océano Pacífico, y al Oeste con los Estados de Jalisco y Colima. En la imagen 3.4 se muestra la macro localización del Estado de Michoacán.



Imagen 3.4.- Macro localización Estado de Michoacán.

Fuente: <http://www.travelbymexico.com/estados/estados/michoacan.jpg>

3.3.2.- Geología regional y de la zona en estudio.

De acuerdo con el INEGI, el ambiente geológico de la zona y de la región pertenece a los periodos: Plioceno-Cuaternario (67.38%), Cuaternario (29.63%) y Neógeno (0.04%), así mismo se encuentra constituido por rocas ígneas extrusivas: basalto (67.42%), basalto brecha volcánica básica (25.74%) y brecha volcánica básica (3.40%) además cuenta con suelo residual en un (0.49%). Las zonas urbanas están creciendo constantemente sobre suelo residual del Cuaternario y roca ígnea extrusiva del cuaternario. En la imagen 3.4 se muestra como se encuentra distribuida la geología de la zona y región.

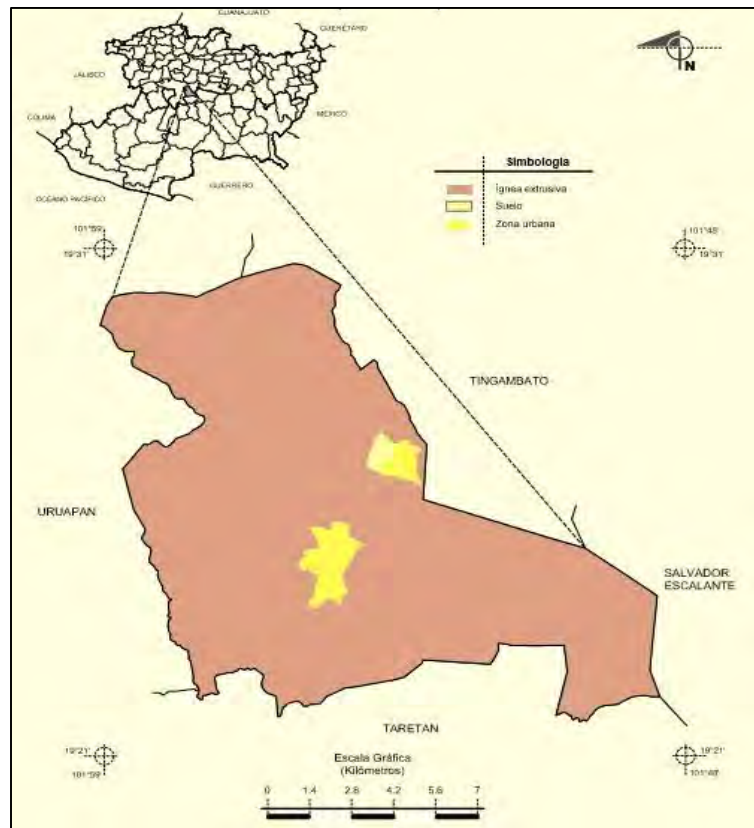


Imagen 3.4.- Geología de la zona y de la región. (Clase de roca)

Fuente: INEGI: 2009

3.3.3.- Hidrología regional y de la zona en estudio.

La hidrología de la zona y región se encuentran dentro de la subcuenca: R. La Parota, la cual es perteneciente a la cuenca: R. Tepalcatepec-Infiernillo, las cuales estén dentro de la región hidrológica: Balsas. A demás cuenta con tres corrientes de agua perennes (El Guayabo, Acumbaro, y Caninzio) y con seis corrientes de agua intermitentes (Chupanguio, Tomendan, Agua-Escondida y el Salto, según lo indica el INEGI (2009). En la imagen 3.5 se muestra la hidrología y relieve de la zona y región.

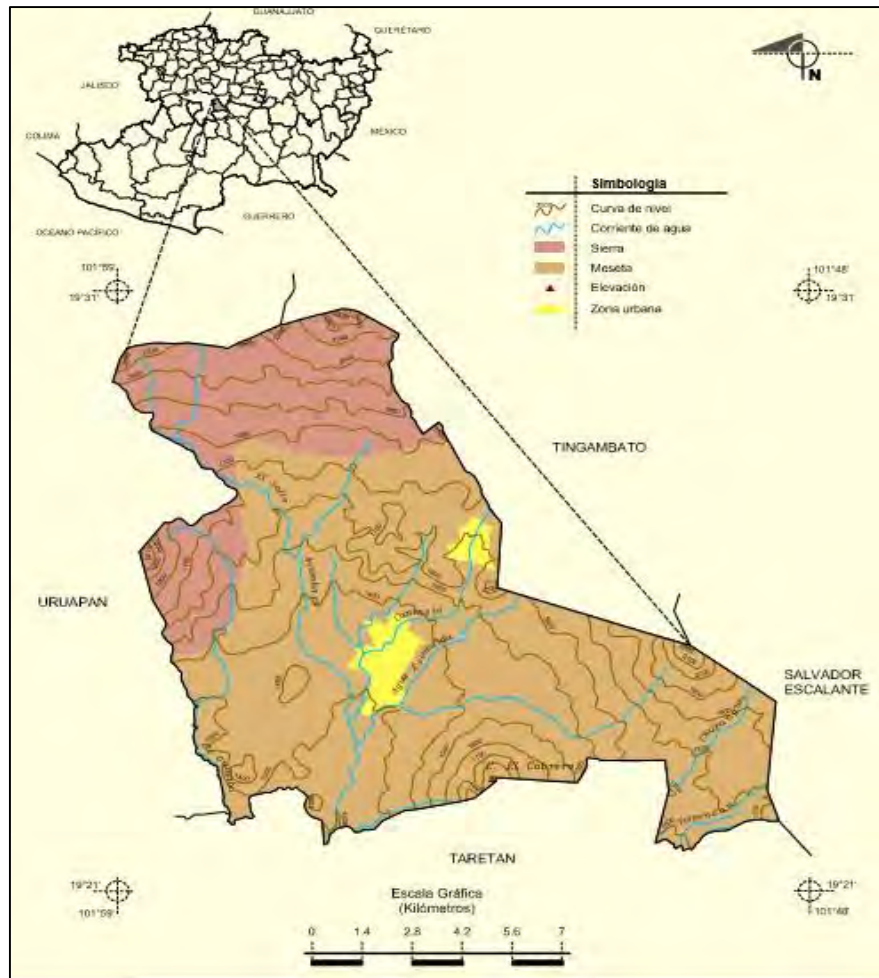


Imagen 3.5.- Hidrología y relieve de la zona y de la región.

Fuente: INEGI: 2009

3.3.4.- Uso de suelo regional y de la zona en estudio.

La agricultura y zona urbana son el uso de suelo que se le da a la zona y a la región, la agricultura ocupa un 46.15% del uso de suelo y la zona urbana ocupa un 2.95 95%, por otra parte, la vegetación, que corresponde a bosque, es el resto del porcentaje que corresponde al uso de suelo, según el INEGI (2009). En la imagen 3.6 se ilustra el uso de suelo que se le da a la zona y región.

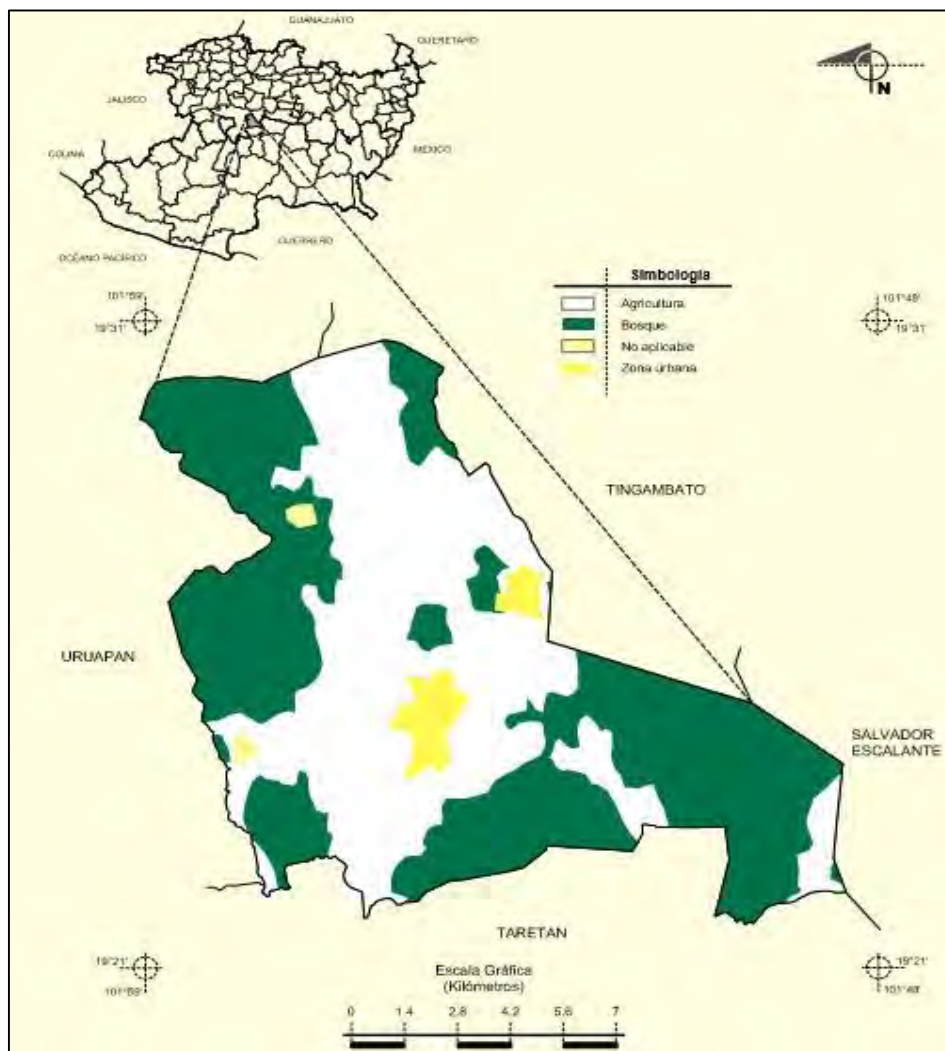


Imagen 3.6.- Uso de suelo de la región y de la zona.

Fuente: INEGI: 2009

3.4.- Informe fotográfico.

En este apartado se presentará un informe fotográfico de la problemática que se tiene con las personas que cuentan y no cuentan con el servicio de agua potable, además se mostrará cómo se encuentra el estado físico actual de la zona.

3.4.1.- Problemática.

Las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, son asentamientos humanos nuevos que han surgido en la localidad de San Ángel Zurumucapio, los cuales se encuentran en desarrollo constante para su regularización por lo que no cuentan con todos los servicios públicos básicos bien establecidos, entre uno de ellos, el servicio de agua potable, por lo que, al no contar con la infraestructura necesaria para la distribución del agua potable los habitantes más alejados de la población ocupan de personas que tenga vehículos (camioneta) y un tinaco de almacenamiento de agua para que les acarreen el agua a su domicilio, lo cual les genera muy costoso el obtener tal líquido, pero solo de esa manera obtienen el servicio agua potable para satisfacer sus necesidades de higiene personal, labores domésticas y consumo humano. Por ello surge la necesidad de realizar un sistema de redes de distribución de agua potable, las cuales permiten el traslado del agua desde un área de captación hasta donde el usuario requiera proveer del servicio del agua potable.

A continuación, se mostrarán algunas fotografías de cómo se cuenta con el servicio de agua potable en las colonias mencionadas anteriormente y como obtienen el agua las personas que no cuentan con el servicio de agua potable.

En las fotografías 3.1 y 3.2 se ilustra en qué condiciones se encuentra la infraestructura del servicio del agua potable con que cuentan las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”.



Fotografía 3.1.- Registros de servicio de agua potable.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.2.- Registros de servicio de agua potable.

Fuente: Propia.

En las fotografías 3.3, 3.4 y 3.5 se muestra el vehículo (camioneta) con el tinaco (almacenamiento de agua) con el que les acarrean el agua a los habitantes de las dos colonias a sus domicilios, y, además, se muestra como y donde almacenan el agua las personas que no cuentan con el servicio de agua potable bien establecido.



Fotografía 3.3.- Distribución del agua potable.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.4.- Almacenamiento del agua potable.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.5.- Medios de almacenamiento del agua potable.

Fuente: Propia.

En la fotografía 3.6 se observa el único registro adecuado del servicio de agua potable de las colonias antes mencionadas. Este registro es el único que se encuentra de manera adecuada porque hasta ahí llega la línea de alimentación de agua potable para las dos colonias, por lo tanto, en ese mismo punto que se encuentra el registro se iniciará la red de distribución resultante de este proyecto.



Fotografía 3.6.- Registro de línea de alimentación de agua potable.

Fuente: Propia.

3.4.2.- Estado físico actual.

En las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, sólo una tercera parte de todos sus lotes se encuentran habitados actualmente, en cuanto al servicio de Luz Eléctrica un 90% de las dos colonias ya cuentan con tal servicio, en pavimentación de las calles, nomás se tiene la calle principal pavimentada, en cuanto al servicio de drenaje solo la calle principal cuenta con el servicio y, por último, el servicio de agua potable se encuentra tal como se describe y se muestra en el tema de la problemática.

Dentro de la colonia “Santa Clara” se encuentra un Jardín de Niños, una Escuela Primaria, los campos de fútbol de la localidad de San Ángel Zurumucapio, una cancha de básquet bol y una capilla para las dos colonias, además, también cuentan con tiendas de abarrotes, dos tortillerías, y un consultorio dental. Algunas de las casas son construidas de madera, tabicones, tabique rojo, concreto, entre otros.

A continuación, se presentarán algunas fotográficas de cómo se encuentran y con lo que cuentan actualmente las dos colonias.

En la fotografía 3.7 se muestra la calle principal de acceso a las dos colonias.



Fotografía 3.7.- Calle principal de acceso a las dos colonias.

Fuente: Propia.

En la fotografía 3.8 se muestra la calle principal de las dos colonias, que es la única que se encuentra actualmente pavimentada.



Fotografía 3.8.- Calle principal de las dos colonias.

Fuente: Propia.

En las fotografías 3.9 y 3.10 se muestra las condiciones en las que se encuentran actualmente las demás calles de las dos colonias.



Fotografía 3.9.- Estado actual de las calles.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.10.- Estado actual de las calles.

Fuente: Propia.

En la fotografía 3.11 y 3.12 se muestra el Jardín de Niños que se encuentra en la colonia “Santa Clara”, en la cual asisten niños de las dos colonias y de la localidad.



Fotografía 3.11.- Jardín de Niños “Parakata”.

Fuente. Propia.



Fotografía 3.12.- Interior del Jardín de Niños “Parakata”.

Fuente: Propia.

En la fotografía 3.13 y 3.14 se muestra la Escuela Primaria que se encuentra en la colonia “Santa Clara”, en la cual asisten niños de las dos colonias y de la localidad.



Fotografía 3.13.- Escuela Primaria Federal Bilingüe “Curicaveri”.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.14.- Interior de la Escuela Primaria Federal Bilingüe "Curicaveri".

Fuente: Propia.

En las fotografías 3.15 y 3.16 se muestran los campos de futbol de la localidad de San Ángel Zorumucapio, por lo que se encuentran en la colonia "Santa Clara".



Fotografía 3.15.- Campos de futbol de la localidad de San Ángel Zorumucapio.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.16.- Campos de futbol de la localidad de San Ángel Zurumucapio.

Fuente: Propia.

En las fotografías 3.17 y 3.18 se muestra la cancha de básquet bol, por lo que pertenece a las dos colonias y además sirve como auditorio para eventos sociales.



Fotografía 3.17.- Cancha de básquet bol.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.18.- Cancha de básquet bol.

Fuente: Propia.

Las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, cuentan con una capilla religiosa, en la fotografía 3.19 se muestra como se encuentra actualmente la capilla.



Fotografía 3.19.- Capilla de las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”.

Fuente: Propia.

En las fotografías 3.20, 3.21, 3.22 y 3.23 se muestran algunas de las tiendas de abarrotes con las que cuentan las dos colonias.



Fotografía 3.20.- Tienda de abarrotes "Santa Clara".

Fuente: Propia.



Fotografía 3.21.- Tienda de abarrotes "El Che".

Fuente: Propia.



Fotografía 3.22.- Abarrotes “El Pollo”.

Fuente: Propia.



Fotografía 3.23.- Tienda de abarrotes.

Fuente: Propia.

Las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, cuentan también con dos tortillerías, las cuales se presentan en las fotografías 3.24 y 3.25.



Fotografía 3.24.- Tortillería "Jorge".

Fuente: Propia.



Fotografía 3.25.- Tortillería "Heredia".

Fuente: Propia.

En la fotografía 3.26 se muestra el consultorio dental que se encuentra en las colonias de estudio.



Fotografía 3.26.- Consultorio Dental.

Fuente: Propia.

3.5.- Alternativas de solución.

En este apartado se abordará el planteamiento de alternativas de solución para la propuesta del diseño de la red de distribución de agua potable.

3.5.1.-Planteamiento de alternativas.

Debido a las condiciones topográficas del terreno y a que en un futuro se vaya a cambiar el lugar de la alimentación del agua potable para las dos colonias mencionadas anteriormente, y que ese cambio no vaya a afectar al diseño de la red

de distribución propuesto en este proyecto, se optó por el diseño de red de distribución de agua potable basado en un circuito cerrado.

Otra de las alternativas de solución es que esta red de distribución quedará independiente a la red general de distribución de agua potable de todo el pueblo de la localidad San Ángel Zurumucapio, lo cual nos lleva a tener una mejor eficiencia tanto en la red de distribución general de toda la localidad como la red de distribución de las dos colonias del presente proyecto, teniendo como resultado un mejor servicio de agua potable en toda la localidad de San Ángel Zurumucapio.

3.6.- Proceso de análisis.

El proceso de análisis para el diseño de la red de distribución de agua potable se lleva a cabo en base al MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO, en el apartado de REDES DE DISTRIBUCIÓN, elaborado por la CNA (Comisión Nacional del Agua), con ayuda del software AutoCAD para realizar los planos y el software Excel para los cálculos correspondientes.

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

En el presente capítulo se estudiarán los conceptos generales de la metodología que se empleó para el desarrollo de la presente investigación, como son: método empleado, enfoque de la investigación, tipo de diseño de la investigación, así como los instrumentos de recopilación de datos y la descripción del proceso de la investigación.

4.1.- Método empleado.

Para llevar a cabo la presente investigación, y debido a que se requiere encontrar un nuevo producto que mejore las condiciones de vida del lugar de estudio se empleó el **método científico**, ya que dicho método consiste en una serie de procedimientos para descubrir las condiciones en que se presentan los sucesos específicos, así mismo, este método es caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento, riguroso y de observación empírica. Por lo tanto, el método científico es un conjunto de procedimientos por los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajos investigativos aplicando la lógica a las realidades o hechos observados, según Tamayo y Tamayo (1998).

4.1.1.- Método matemático.

Este método consiste en que un modelo es producto de una abstracción de un sistema real, por lo que eliminando las complejidades y haciendo suposiciones pertinentes, se aplica una técnica matemática y se obtiene una representación simbólica del mismo, de acuerdo con la página electrónica, investigacionoperaciones541.blogspot.mx.

Partiendo de lo dicho por el autor antes citado, un modelo matemático consta al menos de tres conjuntos básicos de elementos:

1. *Variables de decisión y parámetros*: estas son incógnitas que deben ser determinadas a partir de la solución del modelo. Los parámetros representan los valores conocidos del sistema o bien que se pueden controlar.
2. *Restricciones*: son las relaciones entre las variables de decisión y magnitudes que dan sentido a la solución del problema y las acotan a valores factibles.
3. *Función Objetivo*: esta es una relación matemática entre las variables de decisión, parámetros y una magnitud que representa el objetivo o producto del sistema. Por ejemplo, si el objetivo del sistema es minimizar los costos de operación, la función objetivo debe expresar la relación entre el costo y las variables de decisión.

Para poder llevar a cabo la presente investigación se empleó este método, debido a que en el diseño para la red de distribución de agua potable surge la necesidad de realizar una serie de cálculos para diferentes situaciones.

4.2.- Enfoque de la investigación.

Como indica Hernández y colaboradores (2010), la metodología de la investigación, cuenta con tres enfoques de investigación: enfoque cuantitativo, enfoque cualitativo y enfoque mixto. Ambos enfoques emplean procesos cuidadosos, metódicos y empíricos en su esfuerzo para garantizar conocimiento, por lo que una investigación se aplica para los enfoques mencionados por igual.

De acuerdo a lo establecido por Hernández y colaboradores (2010), la presente investigación está enfocada a una investigación de enfoque cuantitativo, debido a que los datos son productos de mediciones que se representan mediante números (cantidades), más aún nos ofrece la posibilidad de generalizar los resultados de una manera más amplia y también ofrece un control en los fenómenos.

Así mismo, Hernández y colaboradores (2010), señalan que el enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos secuenciales y probatorios, cuenta con un proceso de diez etapas las cuales cada una precede a la siguiente y no se puede brincar o eludir una etapa, el orden de está es riguroso. Parte de una idea, por lo general un problema concreto y delimitado, planteado por el investigador o investigadora, esta idea se va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas creando su propio diseño; se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas y se establece una serie de conclusiones respecto de las hipótesis.

La presente investigación lleva a cabo el diseño de una red de distribución de agua potable por lo cual se parte de una idea, un problema en el cual los habitantes de dos colonias de la comunidad de San Ángel Zurumucapio, Michoacán, no cuentan con uno de los servicios principales para poder ejecutar sus actividades cotidianas, y que los datos para resolver este problema son producto de mediciones que se representan mediante números, los cuales se comportan como variables y por lo tanto surge la necesidad de realizar cálculos para poder llegar a una conclusión objetiva.

4.2.1.- Alcance de la investigación.

El proceso de la investigación cuantitativa comprende cuatro alcances: exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos, los cuales resultan de la revisión de la literatura y de la perspectiva del estudio y estos a la vez dependen de los objetivos del investigador para combinar los elementos en el estudio, según Hernández y colaboradores (2010).

Esta investigación tiene un alcance descriptivo, porque considera al fenómeno estudiado y sus componentes, especificando propiedades, características y perfiles importantes de la comunidad de San Ángel Zurumucapio, además, debido a los eventos, situaciones y hechos, se miden conceptos y se definen variables.

Como cita Hernández y colaboradores (2010), la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones contextos y eventos, esto es, detallar como son y cómo se manifiestan. Por lo tanto, la investigación descriptiva busca

especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, describe tendencias de un grupo o población. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren.

4.3.- Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación constituye el plan general del investigador para poder llegar a obtener las respuestas a sus interrogantes o poder comprobar la hipótesis de investigación, el diseño de la investigación desglosa las estrategias básicas que el investigador adopta para poder generar información exacta e interpretable. Es decir, los diseños son planes o estrategias que se desarrollan para obtener la información que se requiere en una investigación, con el propósito de responder preguntas de investigación, cumplir los objetivos del estudio y someter hipótesis a prueba, según Hernández y colaboradores (2010).

De acuerdo con Hernández y colaboradores (2010), los diseños de investigación cuantitativos pueden ser: diseño de investigación experimental o diseño de investigación no experimental:

- Los diseños experimentales se refieren a elegir o realizar una acción y después observar las consecuencias, por lo tanto manipulan intencionalmente tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones denominadas variables independientes (causas) para observar y analizar sus efectos sobre otras variables que son las dependientes (efectos) en una situación de control, es

decir los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula.

- Los diseños no experimentales son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observa los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos, los diseños no experimentales se pueden clasificar en transeccionales y longitudinales. Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Y los diseños de investigación longitudinal o evolutiva recolectan datos a través del tiempo en puntos o periodos, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias.

De acuerdo a lo mencionado por el autor antes citado, para esta investigación se trata de un diseño de investigación no experimental, ya que los estudios se realizan sin la manipulación deliberada de variables y son analizados en su ambiente natural, y, además, como los datos son recolectados en un sólo momento y tiempo único, esta investigación corresponde al diseño de investigación no experimental transeccional.

4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.

Para poder realizar la recopilación de datos de la presente investigación, y poder procesarlos y analizarlos surgió la necesidad de apoyarse de herramientas, instrumentos y software informáticos, como son:

➤ Herramientas e Instrumentos:

→ Cinta métrica: herramienta que tiene marcada la longitud del metro y sus divisiones que si sirve para medir distancias de un punto a otro.

→ Trompitos: Son elementos de madera con punta que se utilizan para dejar referenciadas las medidas obtenidas en un lugar.

→ Mazo: herramienta que se utiliza para golpear y clavar un objeto con punta.

→ Estación Total: aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica, consiste en la incorporación de un distanciómetro que sirve para conocer las medidas en tres dimensiones sobre la superficie terrestre.

➤ Software informático y programas:

→ Microsoft Word: es una aplicación informática orientada al procesamiento de textos.

→ Excel: es un software que permite crear tablas, calcular y analizar datos de forma automática. Este tipo de software se denomina software de hoja de cálculo.

→ AutoCAD: es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, este software hace posible el dibujo digital de todo

tipo de planos, es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros.

→ Civil CAD: es un software diseñado para crear funciones adicionales que automatizan y simplifican las tareas dentro de AutoCAD, cubriendo diversas necesidades del profesional de la Ingeniería Civil y Topografía de habla hispana, este software permite realizar tareas como cálculo de redes de agua potable y alcantarillado, entre otras más tareas.

4.5.- Descripción del proceso de investigación.

Para poder llevar a cabo el estudio de la presente investigación fue necesario recurrir a diferentes aspectos que sirvieron como referencia inicial y a partir de ahí poder iniciar con la metodología.

Como primera etapa, se visitó físicamente la zona de estudio, lo cual ayudo a recopilar datos importantes como son:

1. Ubicar exactamente en qué parte de la comunidad de San Ángel Zurumucapio, se encuentran las dos colonias de estudio.
2. Se tomaron fotografías del lugar, como referencias para darse una idea generalizada de cómo se encuentran las colonias en ese momento.
3. Se realizó una revisión física ocular por las calles y hogares de las colonias para saber en qué condiciones se encontraban las familias de las colonias con el servicio de agua potable.

Como segunda etapa, se recabaron datos estadísticos de las dos colonias, para la continuación del desarrollo de la investigación como son:

1. Numero de tomas domiciliarias solicitadas de las dos colonias: para lo cual se acudió a las oficinas del comité de agua potable de San Ángel Zurumucapio.
2. Número de Habitantes de las dos colonias: para obtener esta información se realizó un censo en las oficinas del comité de agua potable de San Ángel Zurumucapio, de cuantos son las personas beneficiarias por cada toma de las dos colonias y con la ayuda del INEGI por medios de los censos poblacionales de la comunidad se reforzó más esta información.

Como tercera etapa, se obtuvieron datos técnicos y propios del lugar de estudio, como son:

1. Topografía del lugar: estos datos técnicos y propios del lugar son las distancias y desniveles de las calles de las colonias, las cuales se obtuvo por medio de una Estación Total Topográfica.

Como cuarta etapa, se estableció el encuadre metodológico de esta investigación, y con los datos recabados y obtenidos de las etapas anteriores se procesó la información en programas informáticos como Word, Auto CAD, Civil CAD y Excel, para realizar los cálculos correspondientes, elaborar los planos, procesar la información de teoría a texto y así poder establecer las conclusiones que dan el cumplimiento al objetivo y pregunta de investigación de la presente tesis.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.

En el presente capítulo se calculará y diseñará la propuesta para la red de distribución de agua potable. Se iniciará con los datos requeridos para hacer el cálculo y diseño de la red, los cuales son: periodo de diseño o periodo económico, vida útil, población actual o habitantes actuales de la zona en estudio. Después se proseguirá a realizar los cálculos correspondientes para conocer los habitantes de proyecto, los consumos de agua requeridos por cada tipo de uso, la demanda de agua actual, las pérdidas físicas actuales, la demanda futura y las pérdidas físicas futuras. Para después designar la dotación a cada habitante y así poder calcular los gastos de diseño. Además, se presenta el levantamiento topográfico altimétrico del cual se obtienen datos de campo del lugar de estudio para complementarlos en el cálculo y diseño de la red de distribución, y así poder concluir con el plano final del proyecto.

5.1.- Periodo de diseño o periodo económico.

“Se entiende por período de diseño, el intervalo de tiempo durante el cual la obra llega a su nivel de saturación, este período debe ser menor que la vida útil.”
(CNA (b); 2007: 3)

El periodo de diseño o periodo económico del presente proyecto será de 20 años para la línea de distribución primaria y hasta su saturación la línea de

distribución secundaria, de acuerdo con la (*Tabla 1.1. Periodo de Diseño*), emitida por Comisión Nacional del Agua en el apartado de Alineamientos Técnicos para la Elaboración de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Pero sólo para el caso de la línea secundaria el periodo de diseño será de 30 años.

5.2.- Vida útil.

“La vida útil es el tiempo que se espera que la obra sirva a los propósitos de diseño, sin tener gastos de operación y mantenimiento elevados que hagan antieconómico su uso o que requiera ser eliminada por insuficiente.” (CNA (b); 2007: 4)

La vida útil del presente proyecto será de 40 años para la línea de distribución primaria y 30 años para la línea de distribución secundaria, de acuerdo con la (*Tabla 1.2. Vida útil*), emitida por Comisión Nacional del Agua en el apartado de Alineamientos Técnicos para la Elaboración de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.

5.3.- Población actual o habitantes actuales.

De acuerdo al censo realizado en las oficinas del agua potable de la localidad de San Ángel Zurumucapio, se obtuvo que el total de número de tomas domiciliarias registradas en las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, es de 220, por lo cual, una sola toma abastece un promedio de 5 habitantes, según lo establece el organismo operador de la localidad en base al censo realizado, por lo que tanto se tiene:

Numero de tomas domiciliarias..... 220.
Densidad de población..... 5 hab/vivienda.

$$Población\ estimada = 220 * 5\ hab/vivienda = \mathbf{1100\ hab}$$

Entonces el número de habitantes actuales o población actual de es de **1100 habitantes.**

5.4.- Población de proyecto.

De acuerdo con el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en el apartado de Datos Básicos elaborado la Comisión Nacional del Agua (2007), establece que para determinar la población que habrá en determinados años (población de proyecto), se calcula por la siguiente expresión:

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

Donde:

P_i : Población conocida al inicio del periodo (año i) (hab).

P_{i+n} : Población n años después (hab).

Tc: Tasa de crecimiento (adimensional).

n : Número de años a futuro (se tomará el periodo de diseño de la red de distribución primaria).

Para este proyecto se tienen los siguientes datos:

$P = 1100$ habitantes actuales (año 2017).

$T_c = 1.8\%$ (De acuerdo con el INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2010. Cuestionario Básico. CONAPO. Proyecciones de la población 2010-2050).

$n = 20$ años.

Sustituyendo:

$$P_{i+n} = 1100(1 + 0.018)^{20} = 1571.6 \text{ habitantes}$$

Entonces el número de habitantes o población de proyecto para el año 2037 será de **1572 habitantes**.

5.5.- Consumos de agua por tipo de usos.

El consumo es la cantidad de agua usada en los diferentes tipos de usos, como pueden ser uso doméstico, comercial, industrial y de espacios públicos.

5.5.1.- Consumo por uso doméstico.

El consumo doméstico es la cantidad de agua usada en las viviendas y depende especialmente del clima y la clase socioeconómica en la que se encuentren los usuarios, por lo que se calcula de la multiplicación de la población de proyecto por el consumo doméstico per cápita.

La temperatura media anual de San Ángel Zurumucapio es de 20.5 °C de acuerdo con la página electrónica www.meteored.mx.

Por lo que, el tipo de clima correspondiente a esta localidad es, **SEMICALIDO**, de acuerdo con la (*Tabla 1.5. Clasificación de climas por su temperatura*), emitida por la (CNA (b); 2007: 10).

La clase socioeconómica de la zona en estudio predominantes es **MEDIA**, de acuerdo con la (*Tabla 2.1. Tipos de usuarios domésticos*), emitida por la (CNA (c); 2007: 9).

Y por lo tanto el consumo doméstico per cápita es de **205 l/hab/día**, de acuerdo con la (*Tabla 1.4. Consumos domésticos per cápita*), emitida por la (CNA (b) 2007: 9).

Por lo tanto, se tiene:

Población de proyecto..... 1572 habitantes.

Consumo doméstico per cápita..... 205 l/hab/día.

$$\text{Consumo doméstico} = 1572 \text{ hab} * 205 \text{ l/hab/día} = 322,260 \text{ l/día}$$

$$\text{Consumo doméstico} = \frac{322,260 \text{ l/día}}{1000} = 322.26 \text{ m}^3/\text{día}$$

Entonces el **consumo por uso doméstico es de 322.26 m³/día para el año 2037.**

5.5.2.- Consumo por uso comercial.

El consumo comercial es el que se utiliza en los comercios y servicios por personas que no habitan en ellas. Según el tipo de actividad comercial del consumidor, se ha encontrado que los consumos varían en los rangos señalados en la (Tabla 5.5. Consumo mínimo en comercios) emitida por la (CNA (c); 2007: 51).

De acuerdo a la inspección física ocular que se realizó en el sitio de estudio se encontró que cuenta con 25 locales comerciales, los cuales se conforman de tiendas de abarrotes, papelerías, ferreterías, entre otros y los que se están construyendo.

Los locales comerciales tienen un promedio de 4 x 4 m, por lo que su superficie es de 16 m², por lo tanto, tienen una superficie total de 400 m².

El consumo doméstico para locales comerciales es de 6 l/m²/día de acuerdo con la (Tabla 5.5. Consumo mínimo en comercios) emitida por la (CNA (c); 2007: 51).

Se estima que para el año 2037 el comercio se incremente en un 40 % más, esto de acuerdo con el crecimiento de la población de las dos colonias, por lo que ya se tendrían 35 locales comerciales de 4 x 4 m en promedio, con una superficie de 16 m² por cada local, por lo que en total se tendrá una superficie de 560 m², para uso comercial para el año 2037.

Por lo tanto, se tiene:

Locales comerciales.....	35 locales.
Superficie total comercial.....	560 m ² .
Consumo comercial por m ²	6 l/m ² /día.

$$\text{Consumo comercial} = 560 \text{ m}^2 * 6 \text{ l/m}^2/\text{día} = 3,360 \text{ l/día.}$$

$$\text{Consumo comercial} = \frac{3,360 \text{ l/día}}{1000} = 3.36 \text{ m}^3/\text{día.}$$

Entonces el **consumo por uso comercial es de 3.36 m³/día para el año 2037.**

5.5.3.- Consumo por uso industrial.

“Este consumo lo constituye el agua de uso para empresas, fábricas y hoteles; se determina en función del tipo de industria. Considerando el tipo de actividad Industrial, el consumo se divide en dos tipos: a) Industrial de servicios y, b) Industrial de producción.” (CNA (c); 2007: 9).

De acuerdo a la inspección física ocular que se realizó en las dos colonias, se encontró que existen dos tortillerías, las cuales son industrias que pertenecen al tipo de industria de producción por que producen alimentos (tortillas) para los habitantes de las dos colonias. El consumo de agua para industrias de producción de alimentos es de 4.0 a 5.0 m³ por día de acuerdo con la (*Tabla 5.7a. Consumos para producción de algunos tipos de industria*) emitida por la (CNA (c); 2007: 51).

Se prevé que para el año 2037 se incremente este tipo de industria en un 50% más, por lo que se tendrán tres tortillerías para el año 2037, esto de acuerdo con el crecimiento poblacional de las dos colonias.

Por lo que se tiene:

Industrias de producción..... 3 tortillerías.

Consumo industrial por producción.....5 m³/día.

Consumo industrial por producción = 3 tortillerías * 5 m³/día = 15.00 m³/día.

Las tortillerías cuentan con 5 personas laborando cada una, por lo que para el consumo de servicio para personal en las industrias es de 30 l/trabajador/jornada de acuerdo con la (Tabla 5.7 Consumo de servicio para personal de las industrias) emitida por la (CNA (c); 2007; 51)

Entonces tenemos que:

Personal por tortillería..... 5 trabajadores.

Industrias..... 3 tortillerías.

Consumo para personal..... 30 l/trabajador/jornada.

*Total de trabajadores = 5 trabajadores * 3 tortillerías = 15 trabajodres.*

*Consumo por personal industrial = 15 trabajodres * 30 l/trabajador/jornada.*

Consumo por personal industrial = 450 l/jornada

Consumo por personal industrial = 450 l/dia

Consumo por personal industrial = $\frac{450 \text{ l/dia}}{1,000} = 0.45 \text{ m}^3/\text{dia}$

Consumo industrial = 15.00 m³/día + 0.45 m³/dia = 15.45 m³/día.

Entonces el **consumo por uso industrial es de 15.45 m³/día para el año 2037.**

5.5.4.- Consumo por usos públicos.

Este consumo es el agua que se utiliza en instalaciones como las de salud, educación, recreación, seguridad, riego de parques y jardines, combate de incendios, etc. Para las localidades pequeñas, salvo casos especiales, se considera innecesario proyectar sistemas de abastecimiento de agua potable que incluyan protección contra incendios como es el caso del presente proyecto, por ser pequeña el área de estudio no se proyectará contra incendio, según la CNA (c) (2007).

Los consumos de agua para usos públicos se tomaron de acuerdo a la (*Tabla 5.8. Consumo para usos públicos*) emitida por la (CNA (c); 2007: 52), por lo que el área de estudio cuenta con los siguientes consumos para usos públicos:

- **En educación:** Cuenta con dos instituciones educativas.

INSTITUCIÓN	ALUMNOS	CONSUMO POR ALUMNO	TOTAL CONSUMO ALUMNOS
		(l/alumno/turno)	(l/turno) o (l/día)
JARDÍN DE NIÑOS PARAKATA	122	30.0	3,660.0
ESCUELA PRIMARIA CURICAVERI	132	30.0	3,960.0
TOTAL=	254	30.0	7,620.0

Tabla 5.1. Consumos de agua en educación por alumnos.

Fuente: Propia.

INSTITUCIÓN	TRABAJADORES	CONSUMO POR TRABAJADOR	TOTAL CONSUMO TRABAJADORES
		(l/trabajador/día)	(l/día)
JARDÍN DE NIÑOS PARAKATA	7	100.0	700.0
ESCUELA PRIMARIA CURICAVERI	12	100.0	1,200.0
TOTAL=	19	100.0	1,900.0

Tabla 5.2. Consumos de agua en educación por trabajadores.

Fuente: Propia.

Consumo total educación = 7,620 l/día + 1,900 l/día = 9,520 l/día .

$$\mathbf{Consumo\ total\ educación = \frac{9,520\ l/día .}{1,000} = 9.52\ m^3/día.}$$

De igual manera que en los consumos anteriores se prevé que para la educación se incremente un 42.13% más para el año 2037, de acuerdo con el crecimiento poblacional, por lo que:

$$\mathbf{Consumo\ total\ educación = 9.52\ m^3/día * 1.4213 = 13.531\ m^3/día}$$

Entonces el **consumo de agua en educación es de 13.53 m³/día para el año 2037.**

- **En recreación:** Cuenta con campos de futbol y una cancha de básquet bol por lo que correspondería a recreación social (deportivos).

CENTROS RECREATIVOS	ASISTENTES	CONSUMO POR ASISTENTE	TOTAL CONSUMO ASISTENTES	TOTAL CONSUMO ASISTENTES
	(POR DÍA)	(l/asistentes/día)	(l/día)	(m3/día)
CANCHA DE FUT BOL	110	25.0	2,750.0	2.75
CANCHA DE BASQUET BOL	50	25.0	1,250.0	1.25
TOTAL=	160	25.0	4,000.0	4.00

Tabla 5.3.- Consumos de agua en centros recreativos por los asistentes.

Fuente: Propia.

De igual forma que en los consumos anteriores se estima que para la recreación se incrementen los asistentes un 40% más para el año 2037, de acuerdo con el crecimiento poblacional, por lo que:

$$\text{Consumo total recreación} = 4 \text{ m}^3/\text{día} * 1.40 = 5.600 \text{ m}^3/\text{día}$$

Entonces el **consumo de agua en recreación es de 5.600 m³/día para el año 2037.**

- **Y en espacios abiertos:** cuenta con los jardines de las dos instituciones educativas, los campos de futbol, la cancha de básquet bol, la capilla y la plaza. Para el área de espacios abiertos (jardines o área verde), se destinará una superficie del 5 % del área total de cada espacio público, en la tabla 5.4., se muestra la superficie de cada espacio público que se destinará para jardín o área verde y la total, que es la que nos servirá para calcular el consumo de espacios abiertos.

ESPACIOS ABIERTOS (JARDINES O AREA VERDE)	SUPERFICIE TOTAL	SUPERFICIE A JARDÍN (5%)
	M2	M2
JARDÍN DE NIÑOS PARAKATA	1,772.05	88.60
ESCUELA PRIMARIA CURICAVERI	3,764.68	188.23
CANCHA DE FUT BOL	21,603.24	1,080.16
CANCHA DE BASQUET BOL	2,182.89	109.14
CAPILLA	2,433.59	121.68
PLAZA	2,436.44	121.82
TOTAL=	34,192.89	1,709.64

Tabla 5.4. Superficie de jardín o área verde de cada espacio público abierto.

Fuente: Propia.

Además, en la tabla 5.5., se muestra los consumos por áreas verdes o jardines en cada espacio público abierto.

ESPACIOS ABIERTOS (JARDINES O AREA VERDE)	SUPERFICIE JARDÍN	CONSUMO POR M2	TOTAL CONSUMO JARDÍN	TOTAL CONSUMO JARDÍN
	M2	(l/m ² /día)	(l/día)	(m ³ /día)
JARDÍN DE NIÑOS PARAKATA	88.60	5.0	443.0	0.44
ESCUELA PRIMARIA CURICAVERI	188.23	5.0	941.2	0.94
CANCHA DE FUT BOL	1,080.16	5.0	5,400.8	5.40
CANCHA DE BASQUET BOL	109.14	5.0	545.7	0.55
CAPILLA	121.68	5.0	608.4	0.61
PLAZA	121.82	5.0	609.1	0.61
TOTAL=	1,709.64	5.0	8,548.2	8.55

Tabla 5.5. Consumos de agua de los espacios públicos.

Fuente: Propia.

Entonces el **consumo de agua en jardines es de 8.55 m³/día para el año 2037.**

Por lo tanto, en la tabla 5.6., se muestra los consumos de agua que corresponden a cada espacio público con el que cuentan las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, que son el área de estudio del presente proyecto, así como el consumo total de los espacios públicos.

ESPACIOS PÚBLICOS	COSUMO DE AGUA	CONSUMO DE AGUA
	(l/día)	(m3/día)
<i>EDUCACIÓN</i>	13,531.0	13.53
<i>RECREACIÓN</i>	5,600.0	5.60
<i>ESPACIOS ABIERTOS</i>	8,548.0	8.55
TOTAL=	27,679.0	27.68

Tabla 5.6. Consumos de agua por usos públicos.

Fuente: Propia.

Entonces el **consumo de agua por usos públicos es de 27.68 m³/día para el año 2037.**

5.5.5.- Resumen de los consumos de agua por cada tipo de uso.

En la tabla 5.7., se muestra un resumen de los consumos de agua que se requiere actualmente por cada tipo de uso, así como el consumo total actual.

CONSUMO DE AGUA POR TIPO DE USO		USUARIOS ACTUALES	COSUMO	CONSUMO DE AGUA (ACTUAL) (l/día)	CONSUMO DE AGUA (ACTUAL) (m3/día)
DOMÉSTICO	POBLACIÓN	1,100.00	205.0 l/hab/día	225,500.0	225.50
COMERCIAL	LOCALES	400.00	6.0 l/m ² /día	2,400.0	2.40
INDUSTRIAL	TORTILLERIAS	2.00	5.0 m ³ /día	10,000.0	10.00
	TRABAJADORES	10.00	30.0 l/trabajador/día	300.0	0.30
USOS PUBLICOS	EDUCACIÓN	254.00	30.0 l/alumno/día	7,620.0	7.62
		19.00	100.0 l/trabajador/día	1,900.0	1.90
	RECREACIÓN	160.00	25.0 l/asistente/día	4,000.0	4.00
	JARDINES	1,709.60	5.0 l/m ² /día	8,548.0	8.55
TOTAL=				260,268.0	260.3

Tabla 5.7.- Resumen de consumo de agua actualmente por todos los usos.

Fuente: Propia.

Por lo tanto, **el consumo de agua potable actual es de 260.3 m³/día.**

Y en la tabla 5.8., se muestra un resumen de los consumos de agua que se requiere a futuro (para el año 2037) por cada tipo de uso, así como el consumo total futuro (para el año 2037).

CONSUMO DE AGUA POR TIPO DE USO		USUARIOS FUTUROS	COSUMO	CONSUMO DE AGUA (FUTURO) (l/día)	CONSUMO DE AGUA (FUTURO) (m ³ /día)
DOMÉSTICO	<i>POBLACIÓN</i>	1,572.00	205.0 l/hab/día	322,260.0	322.26
COMERCIAL	<i>LOCALES</i>	560.00	6.0 l/m ² /día	3,360.0	3.36
INDUSTRIAL	<i>TORTILLERIAS</i>	3.00	5.0 m ³ /día	15,000.0	15.00
	<i>TRABAJADORES</i>	15.00	30.0 l/trabajador/día	450.0	0.45
USOS PUBLICOS	<i>EDUCACIÓN</i>	361.00	30.0 l/alumno/día	10,830.0	10.83
		27.00	100.0 l/trabajador/día	2,700.0	2.70
	<i>RECREACIÓN</i>	224.00	25.0 l/asistente/día	5,600.0	5.60
	<i>JARDINES</i>	1,709.60	5.0 l/m ² /día	8,548.0	8.55
TOTAL=				368,748.0	368.75

Tabla 5.8.- Resumen del consumo de agua futuro (para el año 2037), por todos los servicios.

Fuente: Propia.

Y entonces, **el consumo de agua potable futuro es de 368.75 m³/día.**

5.6.- Demanda.

La demanda es la cantidad de agua que se necesita para satisfacer todos los usos de consumos de agua potable, en la demanda se incluye las pérdidas físicas que pueden existir en el sistema.

5.6.1.- Demanda actual.

De acuerdo con la CNA (c); 2007: 10, y como se describió en el presente proyecto (Capítulo 2., tema 2.6.1.- Demanda actual). La demanda es igual a la suma

de los consumos por cada tipo de usuario más las pérdidas físicas de agua del sistema, para efectos de diseño a tiempo presente, se considera que el valor promedio de **pérdidas físicas es un 30%** del volumen suministrado.

Para calcular la demanda actual se tiene las siguientes ecuaciones emitidas por la (CNA (c); 2007: 67, en el apartado 6.2 c.):

$$Demanda\ actual = \frac{Consumo\ actual}{\left(1 - \frac{(\%)Pérdidas}{100}\right)}$$

Entonces sustituyendo valores y simplificando tenemos:

$$Demanda\ actual = \frac{Consumo\ actual}{\left(1 - \frac{30\%}{100}\right)} = \frac{Consumo\ actual}{0.70}$$

$$Demanda\ actual = \frac{Consumo\ actual}{0.70}$$

$$Demanda\ actual = \frac{260.3\ m^3/día}{0.70} = 371.86\ m^3/día$$

Por lo tanto, tenemos que la **demanda actual (año 2017) es de 371.86 m³/día.**

5.6.2.- Pérdidas físicas actuales.

De acuerdo con la CNA (c); 2007: 67, y como se describió en el presente proyecto (Capítulo 2., tema 2.6.2.- Pérdidas físicas), para efectos de diseño a tiempo

presente, se considera que el valor promedio de **pérdidas físicas es un 30%** del volumen suministrado, por lo que tenemos:

$$**Pérdidas físicas actuales = 30% de la demanda actual**$$

$$**Pérdidas físicas actuales = (371.86 m³/día) * (0.30) = 111.56 m³/día**$$

Y entonces tenemos que las **perdidas físicas actuales (año 2017) son de 111.56 m³/día.**

5.6.3.- Predicción de la demanda.

La predicción de la demanda es determinar la demanda futura (a cuantos años se proyectara), por lo que para el presente proyecto se determinará en base al consumo de agua potable futuro que se muestra en la (tabla 5.8.), que para este caso está proyectado a 20 años y se calculará con la fórmula que se calculó la demanda actual y para efectos de diseño a tiempo futuro del presente proyecto, se considera que el valor promedio de **pérdidas físicas es un 15%** del volumen suministrado a futuro (para el año 2037):

$$**Demanda futura = \frac{Consumo futuro}{0.85}**$$

$$**Demanda futura = \frac{368.75 m³/día}{0.85} = 433.82 m³/día**$$

Por lo tanto, tenemos que la **demanda futura (año 2037) es de 433.82 m³/día.**

5.6.4.- Pérdidas físicas futuras.

Las pérdidas físicas futuras son las pérdidas que habrá en promedio entre el año 2017 y el año 2037, ya que para el año 2037 se está proyectando el presente proyecto, estas pérdidas se calcularán con la misma fórmula que las actuales, pero considerando la demanda futura:

$$*Pérdidas físicas futuras = 15\% de la demanda futura*$$

$$*Pérdidas físicas futuras = (433.82m^3/día) * (0.15) = 65.07 m^3/día*$$

Y entonces tenemos que las **pérdidas físicas futuras (año 2037) son de 65.07 m³/día.**

5.7.- Dotación.

“La dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual; sus unidades están dadas en **l/hab/día.**”, (CNA (c); 2007: 13).

Para efectos de revisión y diseño de la presente red de distribución, la dotación corresponderá al valor obtenido de dividir la suma de todos los consumos de los usos o servicios futuros más las pérdidas futuras (demanda futura), entre el número de habitantes de proyecto (población de proyecto), esto se hace con la intención de que el presente proyecto quede proyectado para el año 2037, por lo que entonces tenemos:

Demanda futura..... 433.82 m³/día.

Población de proyecto..... 1,572 habitantes.

$$\textit{Dotación} = \frac{\textit{Demanda futura.}}{\textit{Población de proyecto.}}$$

$$\textit{Dotación} = \frac{433.82 \text{ m}^3/\textit{día.}}{1,572 \text{ habitantes}} = 0.276 \text{ m}^3/\textit{habitante/día}$$

$$\textit{Dotación} = 0.276 \text{ m}^3/\textit{habitante/día} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 276 \text{ l/hab/día}$$

$$\textit{Dotación} = 276 \text{ l/hab/día}$$

276 l/hab/día (Litros por Habitante por Día) es la cantidad de agua asignada a cada habitante de la zona en estudio, considerando todos los consumos de los usos o servicios y las pérdidas físicas del sistema.

5.8.- Gastos de diseño.

Los gastos necesarios para el diseño de proyectos de agua potable son: gasto medio diario, gasto máximo diario y gasto máximo horario, los últimos dos son producto de coeficientes de variación y el gasto máximo horario es el necesario para el diseño de la presente red de distribución.

5.8.1.- Coeficientes de variación.

Como indica la Comisión Nacional del Agua (2007), estos coeficientes se obtienen de la fluctuación de la demanda debido a los días laborales y otras actividades. Los requerimientos de agua en una localidad no son constantes durante el año y durante el día, ya que la demanda varía en forma diaria y horaria. Debido a lo anterior es necesario obtener los gastos máximo diario y máximo horario por los coeficientes correspondientes que a continuación se presentan:

$$\text{Coeficiente de variación diario (C}_{V,D}\text{)} = 1.40$$

$$\text{Coeficiente de variación horaria (C}_{V,H}\text{)} = 1.55$$

5.8.2.- Gasto medio diario.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2007) el gasto medio diario se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_{med} = \frac{DP}{86,400}$$

Donde:

Q_{med} : Gasto medio diario, en l/s.

D: Dotación, en l/hab/día = 276 l/hab/día.

P: Número de habitantes = 1572 habitantes

86,400: segundos/día.

Sustituyendo:

$$Q_{med} = \frac{276 * 1572}{86,400} = 5.02 \text{ l/s}$$

El gasto de diseño medio diario es de 5.02 l/s (litros por segundo).

5.8.3.- Gasto máximo diario.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2007) el gasto máximo diario se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_{MD} = C_{V.D} \cdot Q_{med}$$

Sustituyendo:

$$Q_{MD} = 1.4 * 5.02 \text{ l/s} = 7.03 \text{ l/s}$$

El gasto de diseño máximo diario es de 7.03 l/s (litros por segundo).

5.8.4.- Gasto máximo horario.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (2007) el gasto máximo horario se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q_{MH} = C_{VH} \cdot Q_{MD}$$

Sustituyendo:

$$Q_{MH} = 1.55 * 7.03 \text{ l/s} = 10.90 \text{ l/s}$$

El gasto de diseño máximo horario es de 10.90 l/s (litros por segundo).

Por lo que el gasto máximo horario, es con el que se trabajará para realizar los cálculos correspondientes para el diseño de la red de distribución.

5.9.- Levantamiento topográfico y dibujo en planta.

El levantamiento topográfico es el punto de partida para poder realizar toda una serie de etapas básicas dentro de la identificación y señalamiento de un terreno, por lo que es el conjunto de actividades de campo y gabinete que tienen como finalidad proporcionar información altimétrica y/o planimétrica, para representarlas en planos y a una escala adecuada formando poligonales abiertas o cerradas, por lo tanto la información requerida depende del tipo de operaciones que se vayan a ejecutar en dicho terreno.

Un levantamiento topográfico permite trazar mapas o planos de un área, en los cuales aparecen las principales características físicas del terreno, tales como ríos, lagos, caminos, calles, diferencias de altura entre puntos de los distintos relieves, como son valles, llanuras, pendientes, además de identificar referencias importantes como escuelas, iglesias, unidades deportivas etc.

De acuerdo al presente proyecto se ejecutó un levantamiento topográfico con información planimétrica y altimétrica, el cual se realizó con equipo de primer de orden (estación total), del cual resulto una poligonal cerrada, por lo que con todos los puntos tomados se recabo información de las calles, centros de calles con sus respectivos niveles, distancias horizontales de las calles, manzanas, así como los espacios públicos que son referencias importantes para la ubicación de un espacio o lugar.

En el anexo 1 se presenta el levantamiento topográfico con información planimétrica y altimétrica de la zona en estudio del presente proyecto, representado por medio del plano (Levantamiento topográfico) en el cual se identifican principalmente las dos colonias, las manzanas, las calles, centros de calles, niveles de los centros de calles y demás puntos representados, además también se presentan algunas referencias importantes como la escuela primaria CURICAVERI, jardín de niños PARAKATA, capilla de las dos colonias, las canchas de básquet y futbol del pueblo en general. La información recabada del levantamiento topográfico es muy importante ya que servirá como base de partida para realizar los cálculos correspondientes para el diseño de la red de distribución de agua potable.

5.10.- Cálculo y diseño de la red de distribución.

Para obtener el diseño requerido para red de distribución de agua potable es necesario realizar cálculos con los datos de población de proyecto, dotación de agua, gastos de diseño, niveles del terreno natural y longitud de los tramos o calles, los

cuales se obtuvieron anteriormente mediante cálculos previos y el levantamiento topográfico.

Como ya se cuenta con todos los datos mencionados anteriormente, se proseguirá con el cálculo del diámetro efectivo de la tubería, gasto correspondiente a cada tramo, la velocidad del fluido en las tuberías, las pérdidas de carga, además de la carga disponible y presión en cada cruce, con lo que determinaremos las características de la tubería.

Pero, para obtener el diseño óptimo de la red de distribución de agua potable, y antes de continuar con los cálculos para el diseño, primero se definió el tipo de esquema de red de distribución en base a la topografía de la zona en estudio, por lo que el tipo de esquema que se adapta a la zona en estudio es un **esquema cerrado** que se conforma por **un circuito cerrado** en forma de malla, a través de **tuberías primarias y secundarias**, por lo que todas las tuberías se conectarán entre sí. Por lo que, se determinó que las tuberías del perímetro del circuito son las tuberías primarias y las tuberías intermedias son las tuberías secundarias del circuito, después se verificó y definió como va a ser el sentido del flujo del agua por las calles o tuberías de las dos colonias a partir del nodo de alimentación en base a los niveles del terreno natural y que los nodos del perímetro del circuito van a alimentar a las calles intermedias o tuberías intermedias del circuito. En el anexo 2 se presenta el plano (Esquema de la red de distribución) en el cual se representa gráficamente lo mencionado anteriormente.

Una vez definido el tipo de esquema de la red de distribución, las tuberías primarias y secundarias, el sentido del flujo del agua y como se alimentarán los

tramos intermedios, se continuó con el cálculo del diámetro efectivo de la tubería, gasto correspondiente a cada tramo, la velocidad del fluido en las tuberías, las pérdidas de carga, además de la carga disponible y presión en cada crucero, para poder determinar las características de la tubería. Por lo que en el anexo 3, se presenta la (Tabla 5.9. Cálculo y diseño de redes de distribución de agua potable), en la cual se realizaron los cálculos mencionados anteriormente para el diseño de la red de distribución, mediante el método de *Hardy-Cross/Manning* de acuerdo a una distribución de gastos que corresponde a los caudales propios del tramo o tubería, más los acumulados por la alimentación.

Y, por último, en el anexo 4 se presenta el plano (Proyecto de red de distribución), donde se representan gráficamente los resultados de la (Tabla 5.9. Cálculo y diseño de redes de distribución de agua potable), describiendo y detallando el **DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE PARA LAS COLONIAS “EL PAREJO” Y “SANTA CLARA”, DE LA LOCALIDAD DE SAN ÁNGEL ZURUMUCAPIO, MICHOACÁN.**

CONCLUSIONES

Luego de realizar la presente investigación titulada “Diseño de la red de distribución general de agua potable para las colonia “El Parejo” y “Santa Clara”, de la localidad de San Ángel Zorumucapio, Michoacán”, que tiene como objetivo principal: Diseñar el sistema de red de distribución de agua potable para las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, de la localidad de San Ángel Zorumucapio, en el Municipio de Ziracuaretiro, Michoacán, se estableció que sí se cumplió con dicho objetivo de acuerdo con los datos de la población actual, condiciones topográficas naturales de la zona en estudio y los cálculos realizados que se presentan en el capítulo 5 de esta investigación.

Además, en el capítulo 5, apartado 5.10, se presenta como resultado final, que, si se cumplió con el objetivo general, por lo que en el anexo 4 se presenta el plano (Proyecto final) donde se muestra el Diseño del Sistema de Red de Distribución de Agua Potable óptimo para la zona en estudio con todos sus componentes y características correspondientes.

Así mismo, de los seis objetivos específicos se determinó, que, si se cumplieron por lo que a continuación se describirá como se cumplió cada uno de ellos:

El objetivo específico número 1, definir una red de distribución, que se denomina como al conjunto de tuberías por medio de circuitos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde los tanques de regularización o almacenamiento, hasta la toma domiciliaria o los hidrantes públicos con el fin de

proporcionar un servicio a los usuarios de consumo doméstico, comercial e industrial, tal objetivo se encuentra desarrollado en el capítulo número 5, apartado 5.10., donde, en el anexo 4 se presenta la red de distribución definida mediante el plano (Proyecto de red de distribución), representada por las líneas azules que se encuentran en medio de las calles, donde se describe y detalla el **DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE PARA LAS COLONIAS “EL PAREJO” Y “SANTA CLARA”, DE LA LOCALIDAD DE SAN ÁNGEL ZURUMUCAPIO, MICHOACÁN.**

El objetivo específico número 2, definir el esquema de red de distribución, este objetivo se encuentra desarrollado en el capítulo número 5, apartado 5.10, en el cual, al tener el levantamiento topográfico de la zona en estudio, se observó que, de acuerdo a las condiciones topográficas del terreno natural, permitían implementar **un esquema de red de distribución cerrado** que se conforma por un circuito cerrado con tuberías primarias y secundarias, el cual se presenta en el anexo 2 mediante el plano (Esquema de la red de distribución). Por lo que, para realizar los cálculos para el diseño, se realizaron tomándose en cuenta como un esquema cerrado, el cual se encuentra desarrollado en el capítulo 5, apartado 5.10, presentándose en el anexo 3 en la (Tabla 5.9. Cálculo y diseño de redes de distribución de agua potable).

El objetivo específico número 3, definir los componentes de una red de distribución, se presenta en el capítulo 5, apartado 5.10, en donde, en el anexo 4, plano (Proyecto de red de distribución), se representan gráficamente los componentes de la red de distribución, como son: las tuberías, las válvulas y las

piezas especiales, los cuales se definieron a partir de los cálculos realizados en el mismo capítulo.

El objetivo específico número 4, determinar las características topográficas de la zona donde se realizará la red de distribución, se presenta desarrollado gráficamente en el capítulo 5, apartado 5.9, por medio del plano, (Levantamiento topográfico), que se encuentra en el anexo 1, el cual surgió del trabajo que se realizó en campo recopilando información de distancias y desniveles con la estación total topcon gts-302.

El objetivo específico número 5, determinar las presiones a las que se someterán las tuberías, se encuentra desarrollado en el capítulo 5, apartado 5.10, en el cual, las presiones a las que se someterán las tuberías surgen de los cálculos realizados para el diseño, por lo que, el valor de presión correspondiente a que se someterá cada tramo de tubería se presenta en el anexo 3, en la (Tabla 5.9. Cálculo y diseño de redes de distribución de agua potable), las cuales están dentro de los límites permisibles que indica la Comisión Nacional del Agua, por lo que serían presiones aceptables y suficientes para suministrar una cantidad de agua razonable a todos los usuarios de las dos colonias en estudio.

Y, por último, el objetivo específico número 6, definir los tipos y clases de tuberías para la red de distribución, se encuentra desarrollado en el capítulo 5, apartado 5.10., en el cual se determinó, que tipo de tubería corresponde a cada tramo de la red de distribución, principalmente el diámetro del tubo y tipo de material, además de la clase de tubería (grosor del tubo) que le corresponde a cada tramo de la red de distribución para poder soportar la presión a la que se someterá dicha

tubería de cada tramo, esto se encuentra especificado en la (Tabla 5.9. Cálculo y diseño de redes de distribución de agua potable) que se encuentra en el anexo 3, así como en el plano (Proyecto de red de distribución) que se encuentra en el anexo 4.

Ahora bien, respondiendo a la pregunta de investigación:

¿Cómo debe de ser el diseño de la red de distribución general de agua potable para las colonias “El Parejo” y “Santa Clara”, de la localidad de San Ángel Zurumucapio, Michoacán?

Se obtuvo como respuesta, que el **DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE PARA LAS COLONIAS “EL PAREJO” Y “SANTA CLARA”, DE LA LOCALIDAD DE SAN ÁNGEL ZURUMUCAPIO, MICHOACÁN**, será una red distribución general de agua potable en base a un esquema cerrado conformado por un circuito cerrado en forma de malla a través de tuberías primarias y secundarias de material de PVC (Policloruro de Vinilo) con clases de tubería RD-5 para una presión de trabajo de 5 kg/cm², con válvulas de seccionamiento de material de acero, cruceros y piezas especiales de material de PVC (Policloruro de Vinilo) con diámetros de ¾” de pulgada hasta 4” pulgadas de diámetro, tal y como se especifica para cada tramo de tubería en la (Tabla 5.9. Cálculo de diseño de redes de distribución de agua potable) y en el plano de (Proyecto de red de distribución).

Por lo tanto, el diseño de red de distribución de agua potable propuesto en el presente proyecto es el óptimo para suministrar una cantidad de agua razonable a todos los usuarios de las dos colonias en estudio, cumpliendo con los lineamientos técnicos que marca la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

BIBLIOGRAFÍA

Comisión Nacional del Agua (CNA). (2007) (a)

Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento. Redes de distribución.

Ed. CNA. México.

Comisión Nacional del Agua (CNA). (2007) (b)

Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento. Lineamientos técnicos para la elaboración de estudios y proyectos de agua potable y alcantarillado sanitario.

Ed. CNA. México.

Comisión Nacional del Agua (CNA). (2007) (c)

Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento. Datos Básicos.

Ed. CNA. México.

Hernández Sampieri, Roberto y Colaboradores. (2010)

Metodología de la investigación.

Ed. Mc Graw Hill. México.

Tamayo y Tamayo, Mario (1998)

El proceso de la investigación científica.

Editorial limusa, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

Google. (2016)

Ubicación San Ángel Zorumucapio.

<https://www.google.com.mx/maps>.

Micro localización de las colonias Santa Clara y El parejo.

Google earth.

INEGI. (2009)

Ubicación, Geología, Hidrología y Uso de suelo.

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/16/16111.pdf>.

INEGI. (2010)

Tasa de crecimiento poblacional.

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484>

Método matemático.

<http://investigacionoperaciones541.blogspot.mx/2011/04/metodo-matematico.html>.

Ubicación Michoacán.

<http://www.travelbymexico.com/estados/estados/michoacan.jpg>

A N E X O 1

A N E X O 2

A N E X O 3

TABLA 5.9.- CÁLCULO Y DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE MÉTODO HARDY-CROSS/MANNING

PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE PARA LAS COLONIAS "EL PAREJO" Y "SANTA CLARA", DE LA LOCALIDAD DE SAN ÁNGEL ZURUMUCAP PROYECTISTA: JUAN RIVERA GARCÍA No. de tramos: 59 No. de nodos: 43

CIRCUITO	TRAMO	LONGITUD (mts)	LONGITUD AC (mts)	GASTO 1 (lts/seg)	DIÁMETRO			n	D ¹⁶³	K	H 1 (mts)	H/Q 1	CORRECCIÓN 1	GASTO 2 (lts/seg)	H 2 (mts)	H/Q 2	CORRECCIÓN 2	ÁREA HIDRÁULICA (mts2)	VELOCIDAD (mts/seg)	COTA PIEZOMÉTRICA (mts)	COTA T. NATURAL (mts)	CARGA DISPONIBLE (m.c.a)	PRESIÓN TUBERÍA (kg/cm2)	No. CRUCERO	MATERIAL TUBERÍA	CLASE TUBERÍA						
					TEÓRICO (pulg)	PRÁCTICO (pulg)	(mts)																									
					PROPIO	COMUN	N																									
(-)																																
P	P.E-23	60.71	60.71	0.1280	0.54	0.75	0.01905	0.009	6.70E-10	1245132.8	1.24	9.68	0.02384	-0.1042	0.8206	7.88	0.0000	0.00029	0.37	1001.00	985.14	15.86	1.59	P.E.	PVC	5						
P	23-22	40.21	40.21	0.2128	0.69	0.75	0.01905	0.009	6.70E-10	1245132.8	2.27	10.66	0.02384	-0.1890	1.7883	9.46	0.0000	0.00029	0.66	1001.82	987.34	14.48	1.45	23	PVC	5						
P	22-21	57.67	57.67	0.3345	0.87	1	0.0254	0.009	3.11E-09	268457.6	1.73	5.18	0.02384	-0.3106	1.4938	4.81	0.0000	0.00051	0.61	1003.61	988.05	15.56	1.56	22	PVC	5						
P	21-20	44.67	44.67	0.4287	0.98	1	0.0254	0.009	3.11E-09	268457.6	2.20	5.14	0.02384	-0.4048	1.9653	4.85	0.0000	0.00051	0.80	1005.10	989.36	15.74	1.57	21	PVC	5						
P	20-19	99.96	99.96	0.6395	1.20	1.5	0.0381	0.009	2.70E-08	30883.2	1.26	1.97	0.02384	-0.6156	1.1701	1.90	0.0000	0.00114	0.54	1007.07	992.88	14.19	1.42	20	PVC	5						
P	19-18	82.50	82.50	0.8135	1.35	1.5	0.0381	0.009	2.70E-08	30883.2	1.69	2.07	0.02384	-0.7896	1.5887	2.01	0.0000	0.00114	0.69	1008.24	993.00	15.24	1.52	19	PVC	5						
P	18-17	110.56	177.38	1.1876	1.63	2	0.0508	0.009	1.25E-07	6658.6	1.04	0.87	0.02384	-1.1637	0.9970	0.86	0.0000	0.00203	0.57	1009.83	994.63	15.20	1.52	18	PVC	5						
P	17-16	134.79	204.91	1.6197	1.91	2	0.0508	0.009	1.25E-07	6658.6	2.35	1.45	0.02384	-1.5959	2.2858	1.43	0.0000	0.00203	0.79	1010.83	999.94	10.89	1.09	17	PVC	5						
P	16-15	67.28	67.28	1.7616	1.99	2	0.0508	0.009	1.25E-07	6658.6	1.39	0.79	0.02384	-1.7378	1.3529	0.78	0.0000	0.00203	0.86	1013.11	999.91	13.20	1.32	16	PVC	5						
P	15-14	72.04	456.01	2.7233	2.48	2.5	0.0635	0.009	4.12E-07	2025.5	1.08	0.40	0.02384	-2.6995	1.0633	0.39	0.0000	0.00317	0.85	1014.46	999.18	15.28	1.53	15	PVC	5						
P	14-13	77.16	317.53	3.3930	2.76	3	0.0762	0.009	1.09E-06	766.0	0.68	0.20	0.02384	-3.3692	0.6709	0.20	0.0000	0.00456	0.74	1015.53	999.03	16.50	1.65	14	PVC	5						
P	13-12	153.52	532.92	4.5169	3.19	4	0.1016	0.009	5.05E-06	165.2	0.52	0.11	0.02384	-4.4931	0.5119	0.11	0.0000	0.00811	0.55	1016.20	999.25	16.95	1.70	13	PVC	5						
P	12-11	123.16	123.16	4.7767	3.28	4	0.1016	0.009	5.05E-06	165.2	0.46	0.10	0.02384	-4.7528	0.4595	0.10	0.0000	0.00811	0.59	1016.71	1000.86	15.85	1.59	12	PVC	5						
P	11-10	149.42	149.42	5.0918	3.38	4	0.1016	0.009	5.05E-06	165.2	0.64	0.13	0.02384	-5.0680	0.6338	0.13	0.0000	0.00811	0.63	1017.17	1001.80	15.37	1.54	11	PVC	5						
P	10-9	18.49	18.49	5.1308	3.40	4	0.1016	0.009	5.05E-06	165.2	0.08	0.02	0.02384	-5.1069	0.0796	0.02	0.0000	0.00811	0.63	1017.80	1002.20	15.60	1.56	10	PVC	5						
P	9-8	39.68	39.68	5.2145	3.43	4	0.1016	0.009	5.05E-06	165.2	0.18	0.03	0.02384	-5.1906	0.1766	0.03	0.0000	0.00811	0.64	1017.88	1001.98	15.90	1.59	9	PVC	5						
P	8-7	70.25	510.85	6.2919	3.76	4	0.1016	0.009	5.05E-06	165.2	0.46	0.07	0.02384	-6.2680	0.4558	0.07	0.0000	0.00811	0.77	1018.06	1001.27	16.79	1.68	8	PVC	5						
P	7-6	14.29	467.40	7.2776	4.05	4	0.1016	0.009	5.05E-06	165.2	0.12	0.02	0.02384	-7.2538	0.1242	0.02	0.0000	0.00811	0.89	1018.52	1000.21	18.31	1.83	7	PVC	5						
											19.40	38.89			17.64	35.05																
(+)																																
P	P.E-1	122.50	122.50	0.2584	0.76	0.75	0.01905	0.009	6.70E-10	1245132.8	10.18	39.41	0.02384	0.2822	12.15	43.04	0.0000	0.00029	0.99	1001.00	985.14	15.86	1.59	P.E.	PVC	5						
P	1-2	132.16	424.28	1.1532	1.61	2.0	0.0508	0.009	1.25E-07	6658.6	1.17	1.01	0.02384	1.1770	1.22	1.04	0.0000	0.00203	0.58	1013.15	992.50	20.65	2.07	1	PVC	5						
P	2-3	9.14	280.07	1.7438	1.98	2.0	0.0508	0.009	1.25E-07	6658.6	0.19	0.11	0.02384	1.7677	0.19	0.11	0.0000	0.00203	0.87	1014.37	994.01	20.36	2.04	2	PVC	5						
P	3-4	147.67	147.67	2.0553	2.15	2.5	0.0635	0.009	4.12E-07	2025.5	1.26	0.61	0.02384	2.0791	1.29	0.62	0.0000	0.00317	0.66	1014.56	993.85	20.71	2.07	3	PVC	5						
P	4-5	179.57	179.57	2.4340	2.34	2.5	0.0635	0.009	4.12E-07	2025.5	2.15	0.89	0.02384	2.4578	2.20	0.89	0.0000	0.00317	0.78	1015.85	995.97	19.88	1.99	4	PVC	5						
P	5-6	57.75	563.51	3.6224	2.85	3.0	0.0762	0.009	1.09E-06	766.0	0.58	0.16	0.02384	3.6462	0.59	0.16	0.0000	0.00456	0.80	1018.05	999.25	18.80	1.88	5	PVC	5						
											5168.35	10.90	4.95			15.53	42.19			17.63	45.86											

DATOS:

GASTO MÁXIMO HORARIO	
Q _{MAX HORARIO} =	10.90 Lts/Seg

LONGITUD TOTAL DE LA RED	
Longitud Total Red =	5,168.35 Mts

GASTO UNITARIO	
GASTO UNITARIO =	0.0021 Lts/Seg

CARGA DISPONIBLE EN NODO DE ALIMENTACIÓN	
Carga Disponible =	18.64 m.c.a



UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.

Incorporación No.8727-15 a la Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE PARA LAS COLONIAS "EL PAREJO" Y "SANTA CLARA", DE LA LOCALIDAD DE SAN ÁNGEL ZURUMUCAPIO, MICHOACÁN.

CONTENIDO: TABLA 5.9. CÁLCULO Y DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

PRESENTA: JUAN RIVERA GARCÍA

ASESOR: I.C. CARLOS CÉSAR PÉREZ ÁNGELES

URUAPAN, MICHOACÁN, A 11 DE DICIEMBRE DEL 2017

DE ACUERDO CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA TABLA, LAS VELOCIDADES SON MAYORES A 0.30 m/seg Y MENORES A 5.00 m/seg. Y, ADEMÁS, LAS PRESIONES EN LAS TUBERÍAS SON MAYORES A 1.0 kg/cm² Y MENORES A 5 kg/cm², POR LO TANTO, LA PRESENTE PROPUESTA DE DISEÑO DE RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE SE ENCUENTRA DENTRO DE LOS LÍMITES PERMISIBLES QUE SEÑALA LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA), Y POR CONSIGUIENTE, ES SUFICIENTE PARA SUMINISTRAR UNA CANTIDAD DE AGUA RAZONABLE A TODOS LOS USUARIOS DE LAS DOS COLONIAS.

A N E X O 4

