



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN**

**DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN  
DE AGUA POTABLE PARA LA LOCALIDAD  
"EL CAPULÍN" XOCHIMILCO CDMX**

**DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A:**

VELÁZQUEZ AYALA SAÚL

**ASESOR:**

M. EN I. MARTÍN RUBÉN JIMÉNEZ MAGAÑA



NEZAHUALCOYOTL, EDO. DE MÉX., 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## Contenido

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>CAPÍTULO 1</b>	
GENERALIDADES SOBRE REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	5
1.1 TIPOS DE TUBERÍAS.....	7
1.2 TUBERÍA DE POLICLORURO DE VINILO (PVC).....	7
1.3 TUBERÍA DE POLIETILENO (PEAD).....	9
<b>CAPÍTULO 2</b>	
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	12
<b>CAPÍTULO 3</b>	
DATOS NECESARIOS PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE.....	16
3.1 VIDA ÚTIL .....	17
3.2 PERIODO DE DISEÑO .....	17
3.3 DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO .....	18
3.4 GASTOS DE DISEÑO.....	20
3.5 VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS EN TUBERÍAS .....	21
3.6 PRESIONES ADMISIBLES.....	21
<b>CAPÍTULO 4</b>	
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO .....	23
<b>CAPÍTULO 5</b>	
DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN.....	29
5.1 CÁLCULO DEL DIÁMETRO ÓPTIMO .....	31
5.2 REVISIÓN POR GOLPE DE ARIETE .....	37
<b>CAPÍTULO 6</b>	
DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y/O REGULACIÓN .....	39
6.1 REVISIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA.....	43
<b>CAPÍTULO 7</b>	
DISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE.....	45
7.1 REVISIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL INTERVALO DE TIEMPO DE MÁXIMA Y MÍNIMA DEMANDA.....	51
<b>CAPÍTULO 8</b>	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXO FOTOGRÁFICO .....	59

## INTRODUCCIÓN

Una de las mayores preocupaciones en la historia de la humanidad ha sido el poder tener acceso a fuentes de agua para uso y consumo humano, es por ello que las grandes civilizaciones como: los egipcios, chinos, e incluso los mexicas, se asentaron alrededor de ríos y lagos, para cubrir las modestas demandas de entonces. En la época prehispánica el principal problema que enfrentaban los habitantes de México-Tenochtitlán era el poder tener control sobre los lagos de agua dulce y salada, así como el desalojo del agua en las épocas de lluvia para prevenir inundaciones. Hoy en día el principal problema es el abastecimiento; ya que el agua constituye una necesidad vital para el hombre, a medida que la civilización se ha desarrollado se han empleado diversas técnicas para poder abastecer de este líquido a comunidades y ciudades.

Sin embargo, actualmente en el mundo existe una gran problemática acerca de la disponibilidad de este recurso natural, que ha originado un control estricto en la administración del agua.

Uno de los principales retos hídricos a nivel mundial es el poder incrementar la cobertura del abastecimiento de agua potable en zonas donde aún no existe infraestructura que permita que los habitantes de esas comunidades gocen de este servicio, considerando las dificultades técnicas, económicas y políticas que esto conlleva.

En México, según datos que arroja el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en el año 2015, el 91% de la población nacional contaba con servicio de agua entubada, cifra que aparenta ser favorable, pero conociendo la situación actual en la que muchas comunidades marginadas de nuestro país viven, deja mucho que desear, por lo que hay mucho trabajo por hacer para poder alcanzar un desarrollo más ordenado. Para ese año en la Ciudad de México vivían cerca de 8, 918,653 habitantes, distribuidos en las 16 delegaciones; mientras que la delegación de Xochimilco se tiene registro para dicho periodo de 415,933 habitantes, de los cuales 37,434 de ellos, no disponen de servicio de agua potable a través de la red pública. Este sector de la población vive actualmente en colonias marginadas, asentamientos irregulares y parajes, de los pueblos de Santa María Nativitas, Santa Cruz Alcapixca y Santa Cecilia Tepetlapa, principalmente.

De lo anterior surge el objetivo de realizar este trabajo para conocer la realidad que aqueja a la comunidad “El Capulín”, ubicada dentro de los márgenes de la delegación Xochimilco, Ciudad de México. Por consiguiente realizar una propuesta de solución a esta problemática, que se ha venido presentando desde el año 2002, y que se ha ido agravando al paso del tiempo.

Dicha propuesta pretende mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta localidad, mediante la propuesta de construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable, con el afán de incrementar la dotación que los habitantes de la

comunidad “El Capulín” reciben por parte de la delegación Xochimilco, además de ofrecer mejores condiciones de servicio y calidad del agua.

Actualmente en la localidad existen cercas de 50 paradas de agua, en donde semanalmente pipas de la delegación abastecen de agua potable a los habitantes.

Esta dotación que se ha venido proporcionando resulta ser insuficiente para cubrir las demandas que exige una localidad de esta índole, que alberga a 8,000 habitantes aproximadamente.

Esta situación es preocupante, ya que esta dotación resulta ser del orden de 200 a 300 litros semanales por habitante, que es nula comparada con la que se ofrece en otras comunidades de características similares mediante la red pública.

En muchas ocasiones, la mayoría de las familias que habitan en esta localidad suelen comprar este vital líquido, para completar así la dotación que requieren para llevar a cabo sus actividades de la vida diaria.

Otro problema aunado a la falta de infraestructura adecuada para el abastecimiento del agua potable en esta comunidad es que la mayoría de las familias tienen que acarrear el agua desde las paradas establecidas a sus domicilios a distancias que oscilan entre 10 y 80 metros con la ayuda de botes, mangueras y bombas.

## CAPÍTULO 1

### GENERALIDADES SOBRE REDES DE DISTRIBUCIÓN

Un sistema de abastecimiento de agua potable está constituido de diferentes partes, las cuales tienen la finalidad de llevar a cabo una tarea especial, para garantizar el buen funcionamiento del sistema en general, dentro de sus partes están:

**Fuente de abastecimiento:** Lugar donde se obtiene el agua para el abastecimiento de una localidad, la fuente de abastecimiento puede ser mediante aguas superficiales; que están constituidas por los arroyos, ríos y lagos. Que escurren naturalmente sobre la superficie terrestre, este tipo de fuentes no son tan recomendables, ya que están expuestas directamente con la atmósfera y es muy fácil que se contaminen. También pueden ser aprovechadas las aguas subterráneas como: manantiales, galerías filtrantes y pozos.

**Línea de conducción:** Conjunto de tuberías y accesorios que transportan el agua desde la fuente de abastecimiento hacia la planta de potabilización, y a su vez hasta el tanque de regulación.

**Planta de Potabilización:** Instalación donde se le da tratamiento especial al agua, proveniente de la fuente de abastecimiento, para proporcionarle cierta calidad y ser considerada como agua apta para el consumo humano, cuidando que los límites permisibles de diferentes contaminantes no sobrepasen a los estipulados en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1.

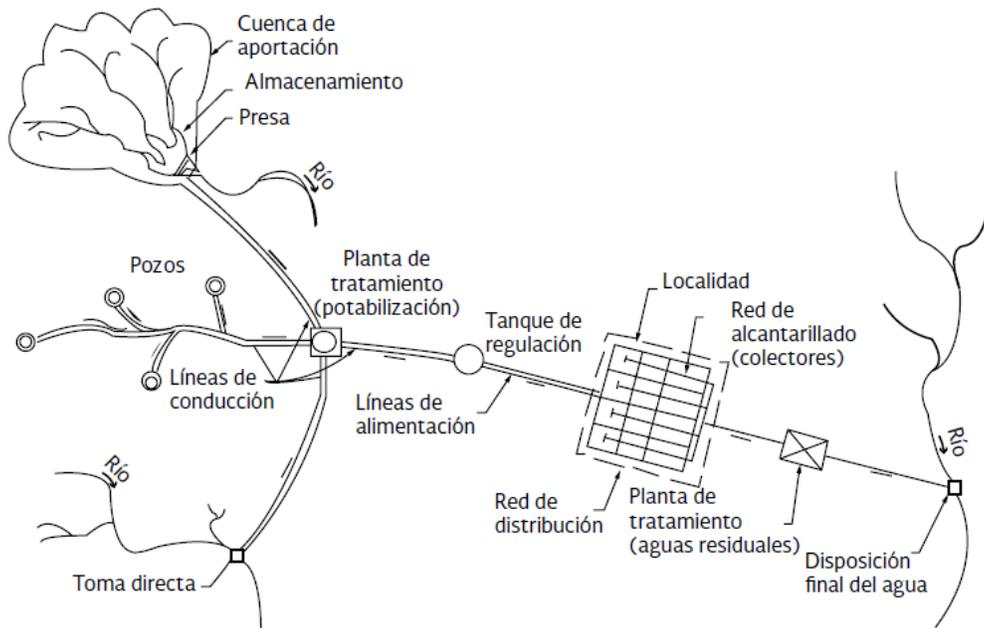
**Línea de alimentación:** Conjunto de tuberías que conducen el agua desde el tanque de regulación hasta el punto donde comienza la distribución.

**Red de distribución:** conjunto de tuberías encargadas de distribuir el agua a los usuarios en forma regular.

**Red de alcantarillado:** Conjunto de tuberías que se encargan de recolectar el agua que los usuarios desechan para poder transportarlas hacia una planta de tratamiento de agua residual.

**Planta de tratamiento de agua residual:** Instalación equipada capaz de remover en cierto grado los contaminantes presentes en el agua desechada.

**Cuerpo receptor:** Cuerpo de agua que se encarga de recibir el líquido proveniente de la planta de tratamiento de agua residual.



**Ilustración 1:** Configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua en localidades urbanas (CONAGUA).

Respecto a la red de distribución es el conjunto de tuberías accesorias y estructuras que conducen el agua desde el tanque de regulación hasta la toma domiciliaria, con la finalidad de suministrar agua a los usuarios para el consumo doméstico, público, comercial, industrial y para casos extraordinarios.

La red de distribución debe proporcionar este servicio en todo momento, en cantidad suficiente, con la calidad del agua requerida, y a una presión adecuada.

Una red de distribución de agua potable se compone básicamente de:

**Tuberías:** Conductos de sección circular que se unen en diversos puntos formando nodos o uniones. A la tubería que transporta el agua desde el tanque de regulación hasta la conexión donde inicia la distribución, se le conoce como línea de alimentación. Así mismo existe una clasificación de las tuberías que comprenden a la red de distribución, en red primaria y red secundaria, dicha clasificación dependerá prácticamente del diámetro de las tuberías.

Una manera fácil de clasificarlas es considerar el tamaño mínimo de las tuberías que componen la red primaria que es de 100 mm. Sin embargo, en colonias urbanas populares se puede aceptar de 75 mm y en zonas rurales hasta de 50 mm. La red primaria es aquella que rige el comportamiento del sistema y sirve de vía principal para alimentar a otras partes de la distribución.

Mientras que la red secundaria, son todas aquellas tuberías con diámetro menor a 75 mm para este caso, y que dependen de la red primaria para poder distribuir el agua hasta puntos donde se requiere cubrir la demanda de agua.

Piezas especiales: Son todos aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetros y terminales de los conductos.



**Ilustración 2:** Piezas especiales empleadas en la red de distribución.

Válvulas: Son accesorios que sirven para controlar y evitar el flujo de agua sobre un tramo de la tubería, también existen válvulas para llevar a cabo tareas especiales como son: válvulas de admisión y expulsión de aire que evitan el colapso de la tubería y por otro lado permiten disipar presión en el conducto.

## 1.1 TIPOS DE TUBERÍAS

En México se han empleado actualmente en las redes de distribución dos tipos de tuberías, principalmente: polivinilo de cloruro (PVC) y Polietileno de alta densidad (PEAD), las cuales han desplazado a las tuberías de acero, hierro fundido, fibrocemento y concreto debido a las cualidades y bajo costo que estas poseen sobre las demás.

## 1.2 TUBERÍA DE POLICLORURO DE VINILO (PVC)



**Ilustración 3:** Tramos de tubería de PVC.

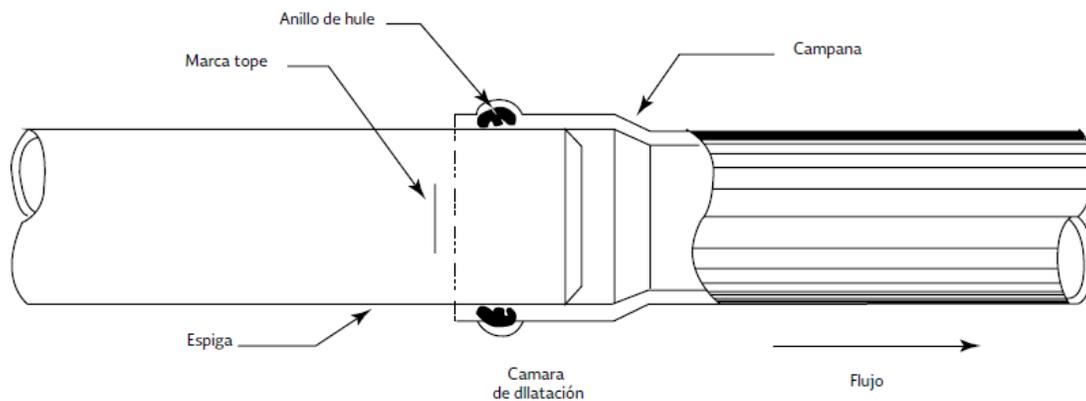
Los tubos de PVC (serie métrica) se fabrican en color blanco, de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-E-143 vigente, la cual considera el sistema de unión (un sólo tipo) y el grado de calidad (también único) y lo denomina espiga-campana; por su resistencia a la presión de trabajo, clasifica los tubos en cinco clases:

**Tabla 1:** Presión máxima de trabajo en tuberías de PVC (MAPAS).

CLASE	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO	
	Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>5</b>	0.5	5
<b>7</b>	0.7	7
<b>10</b>	1	10
<b>14</b>	1.4	14
<b>20</b>	2	20

### 1.2.1 SISTEMA DE UNIÓN PARA TUBERÍAS DE PVC

La junta espiga-campana se forma al insertar el extremo liso del tubo en el extremo campana del siguiente tubo. Para garantizar la unión hermética se coloca un anillo de material elástico. Tiene la ventaja de funcionar como junta de dilatación, 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.



**Ilustración 4:** Sistema de unión para tuberías de PVC.

La serie métrica de tubos de PVC se fabrica en diámetros nominales de 50 a 630 mm (50, 63, 80, 100, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450, 500 y 630 mm) con longitud útil de seis metros (fabricante y comprador pueden acordar otras

longitudes). Las cinco clases existentes se diferencian en el espesor de pared del tubo. Es importante señalar que en este tipo de tubería el diámetro nominal es igual al diámetro exterior del tubo.

### **1.2.2 VENTAJAS DEL USO DE TUBERÍAS DE PVC:**

- No altera la calidad del agua.
- Pared interior lisa: presenta bajas pérdidas por fricción, por lo que tiene alta eficiencia en la conducción de fluidos.
- Rugosidad del material  $\epsilon=0.0015$  mm.
- Hermeticidad: Por su naturaleza, el PVC impide filtraciones y fugas, lo cual se garantiza si los tubos cuentan con una junta hermética. Se recomienda la unión espiga-campana con anillo de hule integrado porque actúa como junta de dilatación.
- Resistencia a la corrosión: El PVC es inmune a la corrosión química, por lo que no requiere de algún tipo de recubrimiento exterior, no se forman incrustaciones, tuberculizaciones en la pared interior del tubo debido a su lisura.
- Resistencia química: El PVC es altamente resistente al ataque químico de suelos agresivos, resiste el ataque de algas, hongos y bacterias por no existir en el PVC materia nutriente para su desarrollo.
- Ligereza: Es fácil de transportar, manejar y de colocar.
- Permite cierta deflexión durante su instalación.
- Facilidad de instalación: puede cortarse en obra.

### **1.2.3 DESVENTAJAS DE LA TUBERÍA DE PVC:**

- Susceptibilidad a daños durante su manejo: La resistencia de la tubería puede ser afectada por raspaduras, la caída de rocas durante la excavación o relleno de la zanja. Se recomienda que el tubo sea cambiado o reparado si la raspadura es mayor al 10% del espesor del tubo.
- Cristalización de la tubería: A temperaturas menores a 0°C, el PVC reduce su resistencia al impacto.
- Degradación: La exposición prolongada a los rayos solares reduce su resistencia mecánica.

## **1.3 TUBERÍA DE POLIETILENO (PEAD)**

Se fabrican de acuerdo con 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.



**Ilustración 5:** Tubería de polietileno de alta densidad VALTIC PREMIUM PE 4710.

La clasificación de las tuberías de polietileno se hace con base en la densidad de la materia prima.

- Tipo I: Tubos de polietileno de baja densidad (PEBD) (0.91 a 0.925 g/cm<sup>3</sup>) con un esfuerzo de diseño de 2.45 MPa (25kg/cm<sup>2</sup>).
- Tipo II: Tubos de polietileno de media densidad (PEMD) (0.926 a 0.940 g/cm<sup>3</sup>) con un esfuerzo de diseño de 3.13 MPa (32 kg/cm<sup>2</sup>).
- Tipo III: Tubos de polietileno de alta densidad (PEAD) (mayor o igual a 0.941 g/cm<sup>3</sup>) con un esfuerzo de diseño de 4.90 MPa (50 kg/cm<sup>2</sup>) y por su presión máxima de trabajo cataloga en 5 clases.

**Tabla 2:** Presiones máximas de trabajo en tuberías de Polietileno de Alta Densidad (PEAD).

CLASE	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO	
	Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>2.5</b>	0.25	2.5
<b>4</b>	0.39	4
<b>6</b>	0.59	6
<b>8</b>	0.78	8
<b>10</b>	0.98	10

El diámetro nominal de los tubos de polietileno es el diámetro exterior, que puede ser 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). Los espesores de pared del tubo varían en función del tipo (densidad) y la clase (resistencia) del tubo. Los tubos de polietileno se surten en rollos para diámetros hasta de 75 mm y en

tramos para diámetros mayores. La longitud útil de rollos o tramos se establece entre fabricante y comprador.

### 1.3.1 VENTAJAS DE LOS TUBOS (PEAD):

- Hermeticidad, alta capacidad de conducción, inmunidad a la corrosión, resistencia química, ligereza, flexibilidad, facilidad de instalación y no altera la calidad del agua.
- Superficie interior lisa que mantiene excelentes condiciones de flujo, por lo que no acumula sarro, evitando taponamientos.
- Rugosidad del material  $\epsilon=0.0015\text{mm}$ .
- Es completamente atóxico (para manejo de agua potable).
- Unión por termofusión: Técnica que consiste en aplicar calor sobre los extremos de las tuberías y a su vez estas se unen a base de presión con herramientas específicas, de esta forma no se requieren piezas especiales de hierro fundido, ya que en su lugar se utilizan conexiones de polietileno unidas por termofusión.



**Ilustración 6:** Sistema de unión para tubería de Polietileno.

- Compresibilidad: Para diámetros hasta de 100 mm no se requieren válvulas de seccionamiento, ya que con este tipo de tubería se construye la caja de operación de válvulas (más reducida), pero no se colocan 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 (diámetros menores a 75 mm), requiere sólo una unión en tramos largos, con lo cual se agiliza su instalación.
- Compatibilidad: Existen adaptadores especiales para cada tipo de unión (brida, rosca interna o externa, soldadura o compresión) y materiales a los que se une (PVC, Cobre, Fibrocemento y Acero).
- Durabilidad: No requiere de mantenimiento, tiene una vida útil de 50 años y 15 años de resistencia a la intemperie.

## CAPÍTULO 2

### DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La localidad “El Capulín” se ubica dentro de los márgenes de la delegación Xochimilco que colinda al norte con las delegaciones Tlalpan, Coyoacán, Iztapalapa y Tláhuac; al sur con las delegaciones Milpa Alta y Tlalpan; al oeste con la delegación Tlalpan; al este con las delegaciones Tláhuac y Milpa Alta.



**Ilustración 7:** Mapa delegacional de la ciudad de México.

La altitud media de esta demarcación en las localidades bajas perimetrales de la planicie desde el centro histórico de Xochimilco, hasta Tulyehualco es de 2,240 m.s.n.m., en tanto que, en la zona montañosa sus elevaciones más importantes como los volcanes: Teuhtli, Teoca y Tzompole se elevan entre 2,620 y 2,860 m.s.n.m., y los cerros, Xochitepec y Tlacualleli están por arriba de 2,340 m.s.n.m.

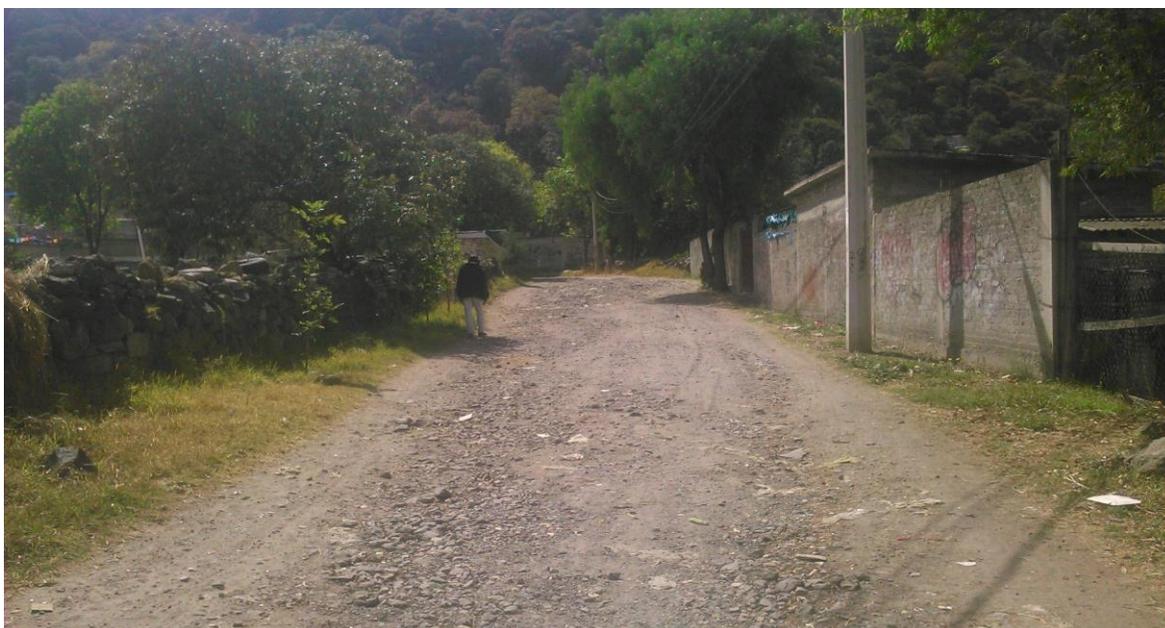
La ubicación geográfica de la localidad “El Capulín” es al norte  $19^{\circ}13'$ , al sur  $19^{\circ}13'$  de latitud norte; al este  $99^{\circ} 4'$  y al oeste  $99^{\circ} 5'$  de longitud oeste, con una extensión territorial de 0.74 Km<sup>2</sup> aproximadamente, donde predomina el clima templado-húmedo con lluvias en la época de verano, principalmente en los meses de mayo a octubre, con una temperatura media anual de 23°C, y temperaturas máximas de 31°C.

La fauna característica de la región es: bosque de encino en las partes altas de la zona, principalmente en las colindancias con los pueblos San Bartolo, Santa Cecilia Tepetlapa y Santa Cruz Alcapixcla; pastizal y matorrales en la zona centro, y bosque de Tepozanes en la parte baja situada al norte, entre la colindancia con el pueblo La Joya de Vargas.



**Ilustración 8:** Tipo de fauna de la localidad El Capulín.

El tipo de terreno de esta localidad es montaña, donde existen intercalaciones de basaltos, tobas y cenizas volcánicas. Este lugar es muy permeable debido a las fracturas y grietas que se formaron en estos materiales, ocasionados por el enfriamiento de lava.



**Ilustración 9:** Configuración del terreno y tipo de fauna que predomina en la zona.

La comunidad “El Capulín” se encuentra en una situación de media y alta marginación, debido a que no existen las condiciones necesarias de servicios públicos e infraestructura apropiada que permitan mejores condiciones de vida para los habitantes de este lugar.

Esta comunidad carece de los servicios públicos más elementales que son: el drenaje, alumbrado público, pavimentación y agua potable, ubicándola como un punto de alto nivel de rezago en la delegación Xochimilco.



**Ilustración 10:** Irregularidad de servicios públicos que aquejan a la localidad (Calle Agustín Melgar).

Actualmente en la comunidad viven cerca de 8,000 personas aproximadamente, que forman parte de las colonias Xocotitla, La Palma, El mirador, El Capulín y Tiziclipa. El reparto del agua se hace mediante tandeo, dos veces por semana, en las distintas paradas de agua que los pobladores han implementado en diferentes puntos de este pueblo. La dotación que recibe cada familia es de 4 tambos de 200 litros por semana, en el mejor de los casos.



**Ilustración 11:** Parada de agua potable ubicada en la calle Golondrinas.

El Capulín cuenta con un comedor económico, del cual se favorecen personas de escasos recursos y de la tercera edad, así como dos centros de educación infantil que han sido implementados en los últimos años, de los cuales solo uno de ellos es el que opera actualmente, que atiende a por lo menos 50 niños. Estos lugares de interés social deberán de ser considerados con dotaciones especiales de agua potable ya que un gran número de personas son beneficiadas por los servicios que ahí se llevan a cabo.



**Ilustración 12:** Estancia infantil de la comunidad “El Capulín”, ubicada entre la calle Benito Juárez y Prolongación Morelos.

También existen grandes superficies de terrenos, en los que predomina la actividad agrícola de temporal, habiendo cultivos de maíz, calabaza, flor de cempasúchil y avena.

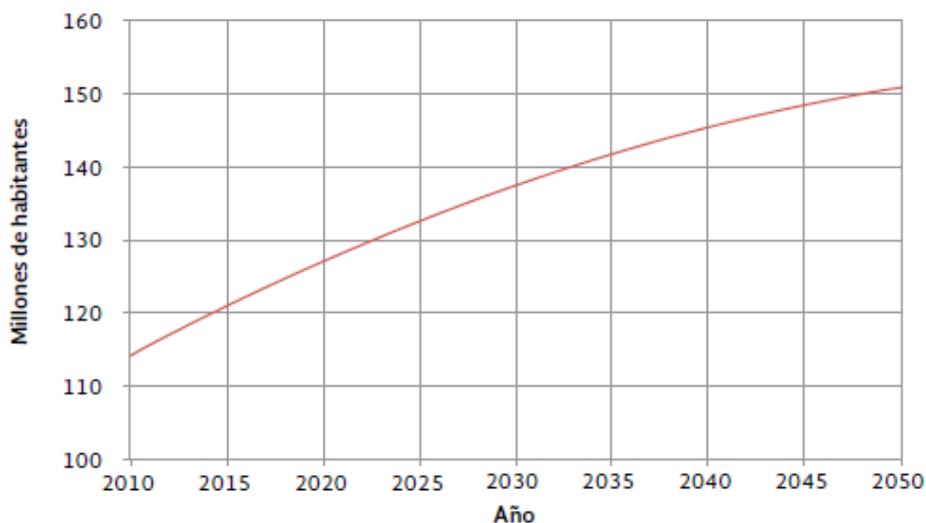
Estos lugares han venido sufriendo un proceso de urbanización, en el cual los ejidatarios han optado por hacer cambio en el uso de sus tierras, con el fin de lotificar sus predios para la construcción de nuevas viviendas. Por esta situación se considera que al paso de los años estas superficies deberán de ser consideradas para el abastecimiento de agua potable.

## CAPÍTULO 3

### DATOS NECESARIOS PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE

Sin duda uno de los requisitos necesarios que se debe tener a la mano antes de diseñar un proyecto de esta índole, es conocer la población actual que tiene el lugar; para ello, es necesario consultar información que proporcionan dependencias como: el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Consejo Nacional de Población (CONAPO), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), y la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU).

Debido a que no se tiene un registro formal y actualizado del número de habitantes en esta localidad, por alguna de estas dependencias, se recurrió a deducir este dato mediante el número de tomas de luz que se tienen en diversos tableros ubicados en esta comunidad, para ello se asistió personalmente al sitio para hacer el conteo, obteniendo que en este sitio viven aproximadamente 8,000 personas actualmente. Para poder conocer la población de proyecto que tendrá que abastecer la red de distribución es necesario hacer una proyección de al menos 20 años, periodo con el cual se diseña la red, en este lapso de tiempo intervienen variables como tasa de fecundidad, mortalidad y esperanza de vida, así como la migración internacional y la migración nacional entre estados y los municipios de un mismo estado. Debido a esto es complejo analizar la dinámica de la población para este caso, por lo que se recurrió a consultar indicadores demográficos de la Ciudad de México para el año 2030 que proporciona el Consejo Nacional de Población (CONAPO), para poder hacer una comparación con la población media total que se espera para ese periodo que es de 8, 439,786 personas para Ciudad de México.



**Ilustración 13:** Proyecciones de la población 2010-2050 (CONAPO).

En consecuencia se estima que en un periodo de 20 años vivirán un total de 20,000 personas en la localidad de “El Capulín”.

### 3.1 VIDA ÚTIL

Es el tiempo que se espera que la obra sirva para los propósitos de diseño sin tener gastos de mantenimiento altos. Este periodo también es delimitado por la duración misma de los materiales que conforman los elementos del sistema.

**Tabla 3:** Vida útil de elementos de un sistema de agua potable.

ELEMENTO	VIDA ÚTIL EN (AÑOS)
<b>Pozo</b>	
Obra civil	De 10 a 30
Equipo electromecánico	De 8 a 20
Línea de conducción	De 30 a 40
<b>Planta potabilizadora</b>	
Obra civil	40
Equipo electromecánico	De 15 a 20
<b>Estación de bombeo</b>	
Obra civil	40
Equipo electromecánico	De 8 a 20
<b>Tanque</b>	
Elevado	20
Superficial	40
Red de distribución primaria	De 20 a 40
Red de distribución secundaria	De 15 a 30

### 3.2 PERIODO DE DISEÑO

Intervalo de tiempo en que la obra proyectada brindará el servicio para el cual fue diseñada; es decir, funcionará con los parámetros utilizados para su dimensionamiento como población de proyecto y gastos de diseño.

**Tabla 4:** Periodos de diseño para elementos de un sistema de agua potable.

ELEMENTO	PERIODOS DE DISEÑO (AÑOS)
Fuente	De 10 hasta 50
Pozo	De 10 a 20 años
Embalse (presa)	Hasta 50 años
Línea de conducción	De 20 a 30
Planta potabilizadora	De 10 a 20 (más crecimiento modular)
Estación de bombeo	De 10 a 20 años (más crecimiento modular)
Tanque	De 10 a 20
Distribución primaria	De 10 a 20
Distribución secundaria	Estará en función de la saturación

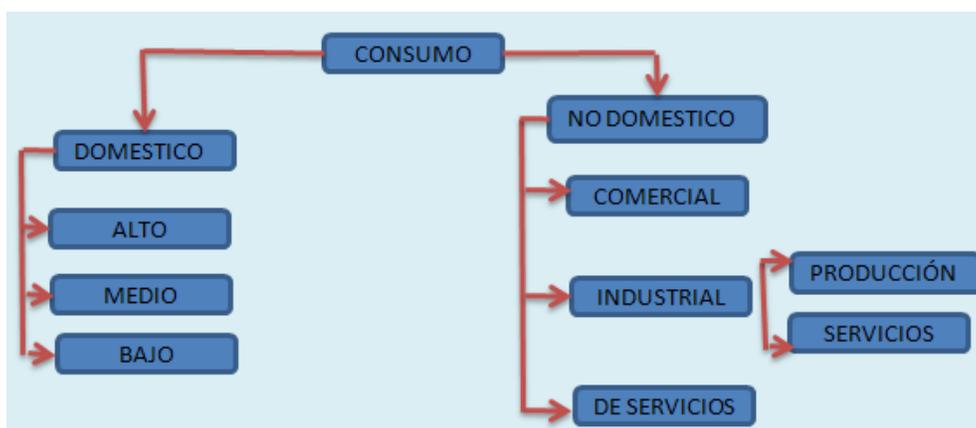
### 3.3 DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO

#### 3.3.1 CONSUMO

Parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, las unidades de medida de este parámetro se expresan generalmente en m<sup>3</sup>/d o l/d, cuando se trata de consumo per cápita se expresa en l/hab/día.

El consumo de agua potable en una comunidad estará en función de diferentes factores como son: condiciones climatológicas e hidrológicas, costumbres locales y la actividad de los habitantes.

En este caso el consumo se analizará de acuerdo al tipo de usuarios que habitan en la comunidad “El Capulín”.



**Ilustración 14:** Clasificación del consumo según el tipo de usuarios.

El tipo de consumo que predomina en la zona es doméstico de clase baja, debido a que la mayoría de los habitantes son de un bajo poder adquisitivo y la comunidad carece de equipamiento urbano, lo cual impide que se lleven a cabo actividades económicas importantes que requieran dotaciones de agua potable especiales.

Consumos propuestos por la Comisión Nacional del Agua (2016), en localidades mayores de 20,000 habitantes en México.

**Tabla 5:** Promedio del consumo de agua potable estimado por clima predominante.

CLIMA	CONSUMO litros/habitante/día			SUBTOTAL POR CLIMA
	Bajo	Medio	Alto	
Cálido húmedo	198	206	243	201
Cálido sub húmedo	175	203	217	191
Seco o muy seco	184	191	202	190
Templado o frío	140	142	145	142

**Tabla 6:** Promedio del consumo de agua potable estimado según nivel socioeconómico y clima (MAPAS).

CLIMA	NIVEL SOCIOECONÓMICO		
	Bajo	Medio	Alto
	m <sup>3</sup> /toma/mes		
Cálido húmedo	24	25	28
Cálido sub húmedo	20	23	26
Seco o muy seco	22	22	22
Templado o frio	15	16	14

### 3.3.2 DOTACIÓN

Cantidad de agua asignada para cada habitante de la comunidad en la cual se incluyen todos los consumos que este tiene a lo largo del día, este volumen de agua debe ser suficiente, de tal manera que se garantice que el usuario siempre tenga disposición del líquido para llevar a cabo sus actividades de la vida cotidiana. Las unidades en la que se expresa la dotación son litros/habitante/día.

Teniendo en cuenta las características de la comunidad en estudio, se asignará una dotación tomando en cuenta el tipo de clima que predomina en la zona. La temperatura media anual del lugar es de 23°C. Por lo que le corresponde una clasificación con base en la tabla anterior como cálido subhúmedo.

$$\text{Dotación} = (20,000 \text{ litros/toma/mes})$$

$$\text{Dot} = \frac{20000 \text{ litros}}{31 \text{ días}} = 645.2 \text{ litros diarios por toma}$$

$$\text{Dot} = \frac{645.2 \text{ litros}}{5 \text{ personas por toma}} = 129 \text{ l/persona}$$

Si consideramos este valor calculado de la dotación por persona observamos que es menor al valor que aparece en la tabla titulada PROMEDIO DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE POR CLIMA PREDOMINANTE, para el caso del clima cálido-subhúmedo, por lo que es muy probable que esta dotación sea insuficiente, por lo anterior explicado se optará por asignar un valor de 180 litros/habitante/al día, con el cual se garantiza el acceso suficiente a este vital líquido.

- **Dotación=180 litros/habitante/al día**

### 3.4 GASTOS DE DISEÑO

Tabla 7: Gastos de diseño para estructuras de agua potable (MAPAS).

TIPO DE ESTRUCTURA	DISEÑADO CON EL GASTO MÁXIMO DIARIO	DISEÑADO CON EL GASTO MÁXIMO HORARIO
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

Gasto máximo diario (Qmd): es el requerimiento de agua para satisfacer la necesidad en un día de máximo consumo.

$$Qmd = CVd \cdot Qmed$$

Donde:

CVd= Coeficiente de variación diaria (es la variación de la demanda de agua debido a los días laborables y a las actividades que realiza la población, este parámetro generalmente toma valores de 1.20 a 1.40).

Qmed= Cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de la población en un día de consumo promedio.

Gasto máximo horario (Qmh)= Requerimiento de agua para satisfacer las necesidades de la población a la hora de máximo consumo.

$$Qmh = CVh \cdot Qmd$$

Donde:

CVh= Coeficiente de variación horaria (1.55).

### 3.5 VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS EN TUBERÍAS

Con base en el Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) se recomienda que la velocidad en los tramos de la tubería sea mayor a 0.30 m/s con la finalidad de evitar azolves e incrustaciones de sales en las paredes del conducto y a su vez que la velocidad sea menor a 5 m/s con el propósito de disminuir la erosión interna provocada por el movimiento del agua, con este lineamiento se garantiza un mayor tiempo de vida de la tubería.

Además tener  $V > 5$  m/s produce grandes pérdidas por fricción ( $h_f$ ), como se observa en la siguiente expresión:

$$h_f = f \frac{LV^2}{D2g}$$

**Tabla 8:** Velocidades máximas y mínimas permisibles en tuberías (MAPAS).

MATERIAL DE LA TUBERÍA	VELOCIDAD (m/s)	
	Máxima	Mínima
Concreto simple hasta 45 cm de diámetro	3	0.3
Concreto reforzado de 60 cm de diámetro o mayores	3.5	0.3
Concreto presforzado	3.5	0.3
Acero con revestimiento	5	0.3
Acero sin revestimiento	5	0.3
Acero galvanizado	5	0.3
Asbesto cemento	5	0.3
Fierro fundido	5	0.3
Hierro dúctil	5	0.3
Polietileno de alta densidad	5	0.3
PVC (policloruro de vinilo)	5	0.3

### 3.6 PRESIONES ADMISIBLES

El régimen de presiones dentro de una red depende de dos factores, la necesidad del servicio y las condiciones topográficas de la localidad.

Las necesidades del servicio obligan por una parte a seleccionar una presión mínima capaz de atender dos clases de requerimientos: los de las edificaciones y la demanda contra incendio.

Por otro lado, presiones muy altas en la red requerirán de tuberías y accesorios más resistentes (más costosos) e incrementar las fugas (en caso de existir). Por lo

tanto, en ningún punto de la red la presión debe exceder una presión máxima permisible.

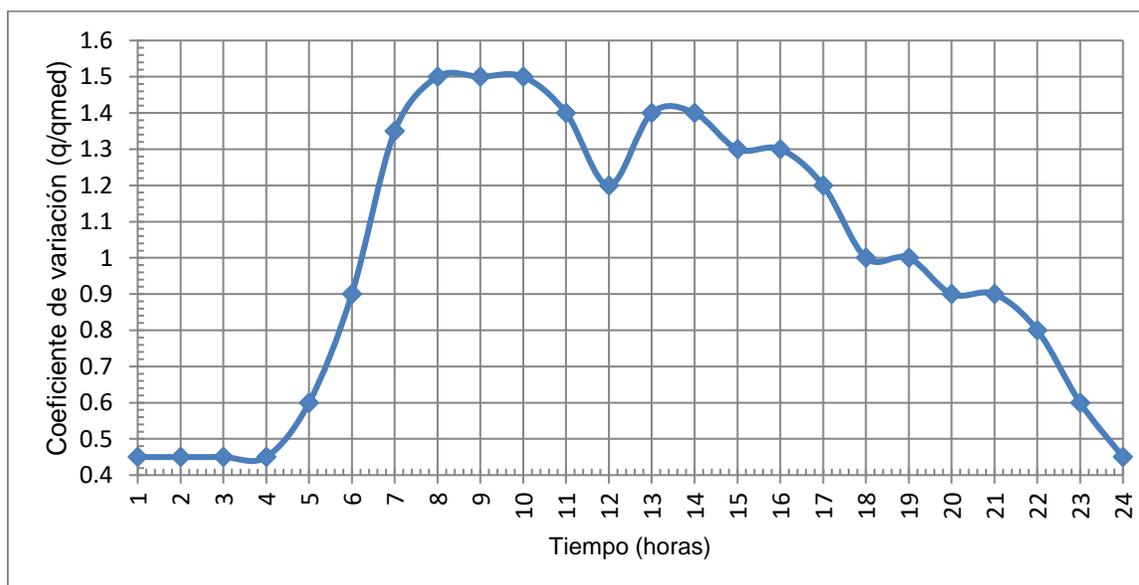
La presión mínima debe verificarse en la red de distribución de tal manera que en todos los puntos se tenga una presión por lo menos igual a está en la hora de máxima demanda y, se garantice un suministro mínimo. En cambio la máxima se presentara cuando exista poca demanda y la red continúe funcionando a presión.

El establecimiento de estas condiciones en una localidad se combina con su topografía. Como resultado 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; en cambio, en los más bajos, esta presión no debe ser superior a la presión máxima especificada.

De acuerdo a las sugerencias que emite la Comisión Nacional del Agua se recomienda tomar los siguientes valores de presiones admisibles:

- Presión mínima admisible 10 m.c.a.
- Presión máxima admisible 50 m.c.a.

Demandas propuestas por la Comisión Nacional del Agua para pequeñas comunidades menores a 20,000 habitantes; en donde se describe la variación del gasto a lo largo del día. Este patrón de comportamiento será empleado para el análisis de la red de distribución de agua potable para la localidad “El Capulín”.



**Ilustración 15:** Coeficientes de variación horaria para pequeñas comunidades.

## CAPÍTULO 4

### ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO

Para la elección de la fuente de agua potable, se consideró el pozo número (S-6), ubicado a 19° 13' de latitud norte y 99° 5' de longitud oeste, sobre la carretera que va hacia el Pueblo de Santa Cecilia Tepetlapa.



**Ilustración 16:** Vista exterior del pozo S-6.

Se ubica a una distancia de 1,500 metros aproximadamente de la localidad “El Capulín”. Actualmente una parte del agua extraída de este cuerpo, sirve de abastecimiento regional para el Pueblo de Santa Cecilia Tepetlapa, el cual cuenta con otras fuentes de suministro para su uso.



**Ilustración 17:** Configuración de los accesorios y del sistema de bombeo que tiene actualmente el pozo (S-6) que alimentará la línea de conducción de la localidad “El Capulín”.

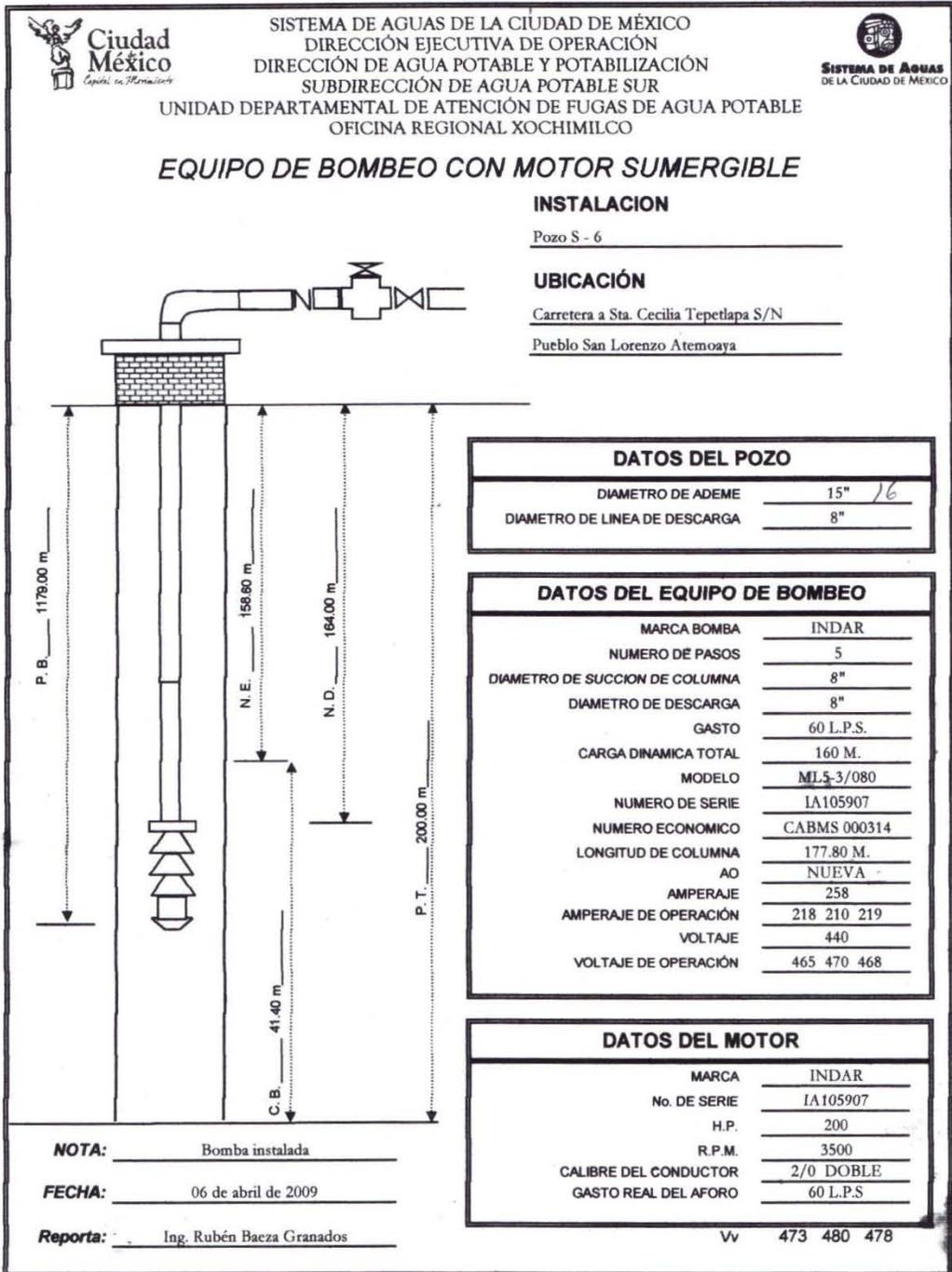
El gasto real de aforo que tiene esta fuente es de 64l/s suficiente como para dotar de agua a la localidad de “El Capulín”, por lo que para este trabajo se consideró como fuente única de abastecimiento. La elevación en esta fuente es de 2373 m.s.n.m.

El nivel estático del cual se tiene registro en el año 2013 está a 160m. de la superficie del terreno, mientras que el nivel dinámico se encuentra a 166.4m. La profundidad de la perforación es de 200m. Reportando un abatimiento en promedio de 60 cm por año.

El diámetro del ademe metálico del pozo es de 16” con un ranurado de tubería de 84 metros en la parte inferior, que sirve para que el agua que se encuentra en el subsuelo entre por dichas cavidades, para que posteriormente la bomba sumergible transporte el agua a la superficie por medio de una tubería de 8” y consecutivamente ese volumen de agua sea impulsado por el equipo de bombeo que se tiene en la superficie hacia el tanque de almacenamiento.

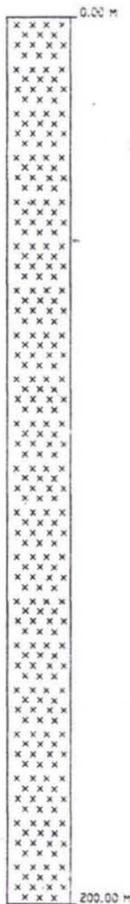


**Ilustración 18:** Bombas conectadas en paralelo con potencia de bombeo de 120HP - 150HP.

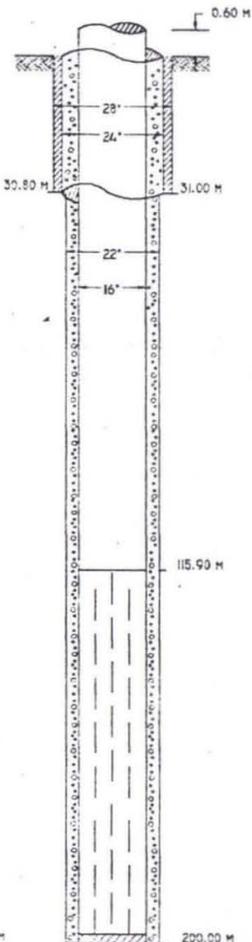


**Ilustración 19:** Información técnica del pozo S-6 proporcionada por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX).

**CORTE  
GEOLOGICO  
(INFERIDO)**



**SECCION  
LONGITUDINAL**



**GAMA DE SIMBOLOS  
LITOLOGICOS**


**BASALTO  
VESICULAR**

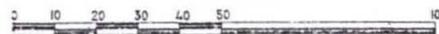
**DATOS DEL POZO**

LOCALIZACION :	
ELEVACION :	
TIPO DE MAQUINA :	ROTATORIA
CONTRATISTA :	PERF. MEXICO
SE INICIO :	
SE TERMINO :	30-VI-1984
REG. ELECTRICO :	
OBSERVACIONES :	

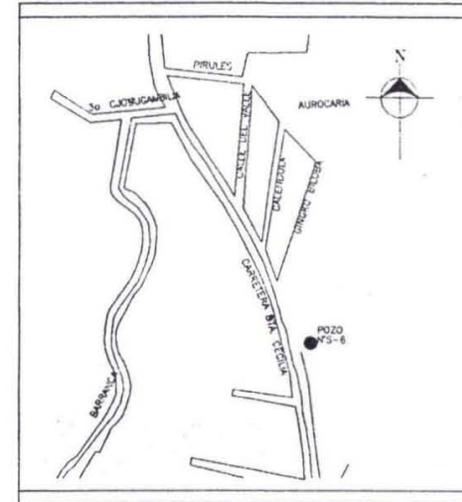
**DATOS DEL AFORO**

FECHA :	15-VIII-1984
NIVEL ESTATICO NE :	✓ 148.10 M
RENDIMIENTO Q :	✓ 64.01 L/S
NIVEL DINAMICO ND :	✓ 149.25 M
RENDIMIENTO ESPECIFICO Qs :	55.66 L.S.M.
GASTO RECOMENDADO :	
N.D. DE GASTO RECOMENDADO :	
CALIDAD DEL AGUA :	
CONTRATISTA :	PERF. MEXICO

**ESCALA GRAFICA**



METROS  
 ESCALA VERTICAL 1 : 1000



**CROQUIS DE LOCALIZACION**

 DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL Secretaria de Obras y Servicios Dirección General de Construcción y Operación Urbánica		
DIRECCION TECNICA		SUBDIRECCION DE PROGRAMACION
<b>SISTEMA SUR</b> <b>POZO S-6</b> <b>(No. S-6)</b> <b>DELEGACION XOCHIMILCO</b>		ESCALA : ACADICA PLANO : 1 DE 1 No. DE APC-900 FECHA : 1 NOV 1984 OCTUBRE/1987
JEFE DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL LIC. OSCAR ESPINOZA VILLARREAL		
SECRETARIO DE OBRAS Y SERVICIOS ING. DANIEL RUIZ FERNANDEZ DIRECTOR TECNICO		DIRECTOR GENERAL ING. CESTAR NUÑEZ CASIANO SUBDIRECTOR DE PROGRAMACION ING. JUAN CARLOS GUASCH Y SAUNDERS

**Ilustración 20:** Perfil longitudinal del pozo de agua potable (S-6).

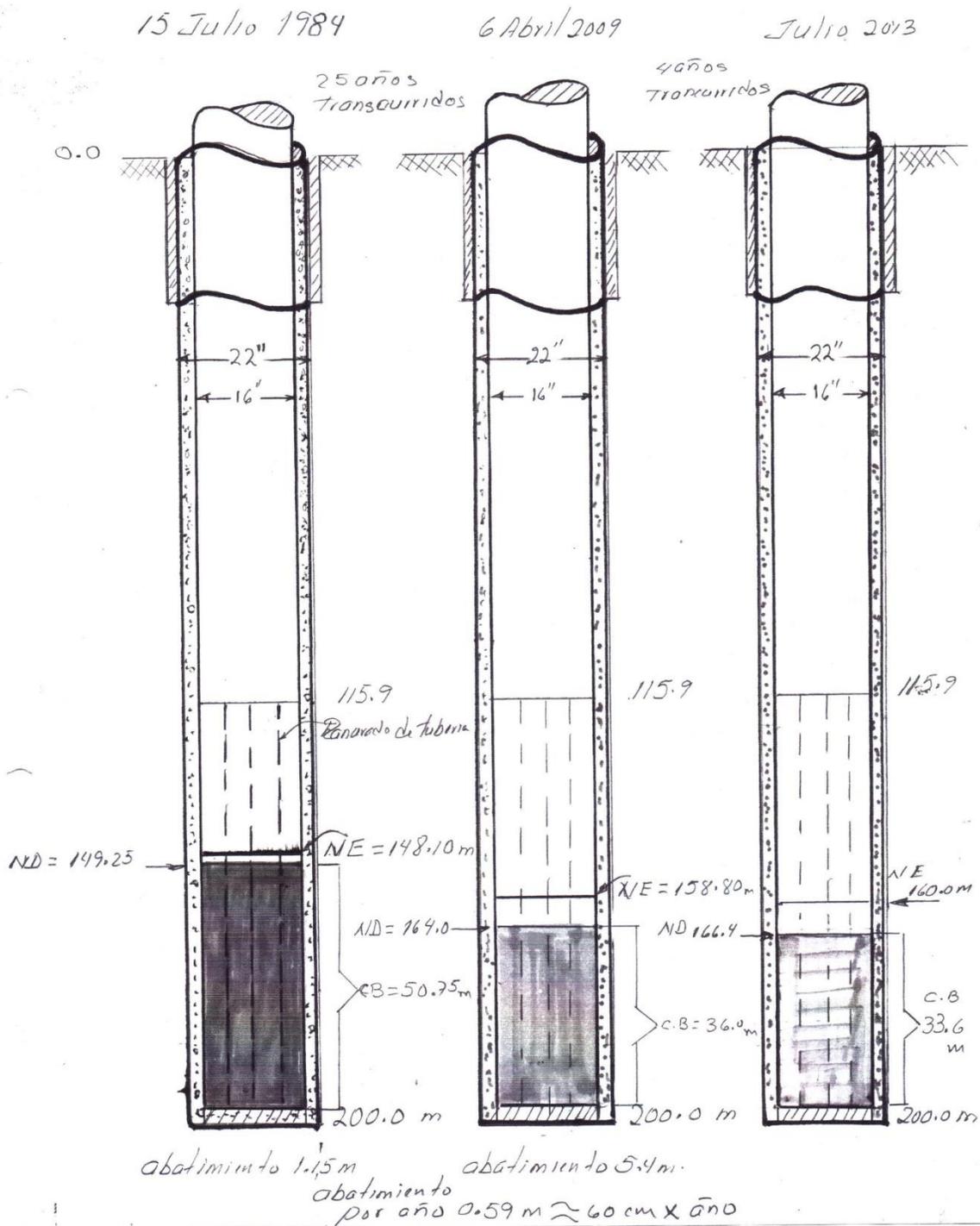


Ilustración 21: Registro de abatimientos en el pozo S-6.

Por otro lado se consideró el tanque de rebombeo “Peñitas” ubicado a 19° 14´ de latitud norte y 99° 5´ de longitud oeste, el cual sirve a comunidades de Santa María Nativitas. Este depósito de agua está en una situación que no permite que el volumen excedente de agua que le llega, pueda ser utilizado para abastecer otra colonia, ya que los habitantes aledaños a este almacenamiento sólo se les permite tener acceso al servicio de agua potable ciertas horas al día.

Por dicha situación se descartó su participación para proporcionar agua potable a la comunidad “El Capulín”, aunado a esto su ubicación está en una zona muy alejada a dicho poblado, con una distancia aproximada de 2 kilómetros.



**Ilustración 22:** Imagen satelital del tanque de rebombeo “Peñitas”, el cual se considero como posible fuente de abastecimiento de agua potable para la localidad “El Capulín”.

## CAPÍTULO 5

### DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Conjunto de tuberías conectadas en serie y componentes que transportan el agua desde la fuente de abastecimiento hasta el tanque de regulación.

Existen diferentes aspectos que determinan el tipo de conducción que se puede tener para cada caso en particular. De los cuales se clasifican en los siguientes:

- Conducción por bombeo
- Conducción por gravedad
- Conducción por Bombeo-Gravedad (mixta)

En este caso el tipo de conducción considerado de acuerdo a las características de este trabajo, es por bombeo; ya que el nivel de la fuente de abastecimiento está por debajo de la altura del tanque de regulación, por lo que es necesario adicionar energía para que el gasto de diseño llegue al punto de entrega.



**Ilustración 23:** Configuración de la línea de conducción de la localidad “El Capulín”.

Con ayuda de la herramienta Google Earth se recolectaron los siguientes datos:

- Altura del tanque de almacenamiento: 2,379 m.s.n.m.
- Longitud de la conducción que parte del tanque de almacenamiento hasta el tanque de regulación: 1,100 m
- Altura del tanque de regulación : 2,475 m.s.n.m.

Con base en los lineamientos y sugerencias que emite el Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS), se calcularán las pérdidas mayores por fricción con la expresión de Darcy-Weisbach (1856).

$$h_f = f \frac{LV^2}{D2g} \dots\dots\dots \text{Ecuación (1)}$$

Dónde:

f = coeficiente de pérdidas (adimensional)

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro de la tubería (m)

V = velocidad media del flujo (m/s)

g = aceleración gravitacional (m/s<sup>2</sup>)

h<sub>f</sub> pérdida de energía por fricción (m)

**NOTA:** El coeficiente de pérdidas está relacionado con la rugosidad del material de la tubería y el número de Reynolds.

$$Re = \frac{VD}{\nu} \dots\dots\dots \text{ecuación (2)}$$

Donde:

ν = viscosidad cinemática del fluido (m<sup>2</sup>/s)

Re = número de Reynolds (adimensional)

Para el cálculo del factor de fricción se emplea la ecuación de Swamee-Jane (1976), ya que en esta se expresa el coeficiente (f) de forma explícita a diferencia de la ecuación de Coolebrook y White (1939).

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{\frac{\epsilon}{D}}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \dots\dots\dots \text{ecuación (3)}$$

Válida para 5000 < Re < 10<sup>6</sup> y 10<sup>-6</sup> <  $\frac{\epsilon}{D}$  < 10<sup>-2</sup>

ε = Rugosidad absoluta de la tubería empleada (mm)

Algunos valores de rugosidades absolutas son los siguientes:

**Tabla 9:** Rugosidades absolutas (Sotelo).

Material de Tubería	$\epsilon$ (mm)
Vidrio, cobre, acero nuevo soldado y con una mano interior de pintura, tubos de acero de precisión sin costura, serpentines industriales, plástico.	0.0015
Fierro forjado	0.05
Fierro fundido nuevo	0.25
Fibro cemento nuevo	0.025
Concreto de acabado liso	0.025
Concreto con acabado normal	1 a 3

En consideración de estos valores y datos obtenidos se empleara el uso de tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD), con relación de dimensiones RD= 7.0 y un peso de 63.42Kg/m para la línea de conducción.

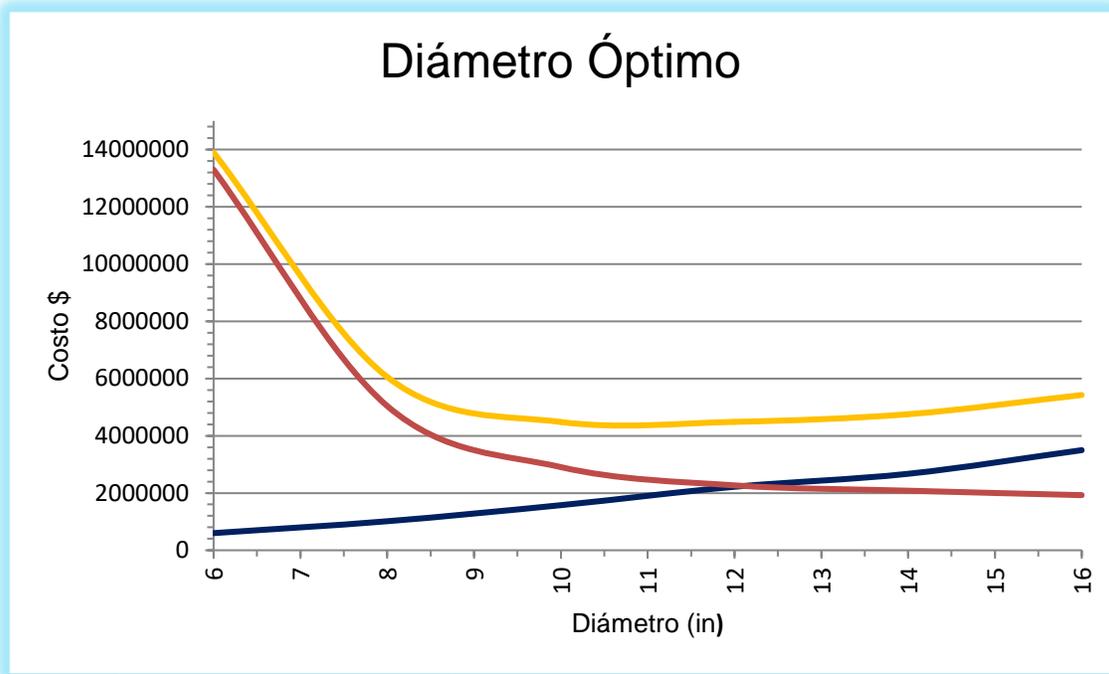
## 5.1 CÁLCULO DEL DIÁMETRO ÓPTIMO

**Tabla 10:** Precio de la tubería VALTIC PREMIUM.

DIAMETRO (in)	TRAMO (m)	RD 7.3 \$/ M (DOLARES)
6 "	6	30.28
8"	6	51.22
10"	6	79.57
12"	6	112.01
14"	6	134.95
16"	6	176.63

**Tabla 11:** Cálculo de pérdidas en diferentes diámetros de tubería y cargos por consumo de energía en la línea de conducción.

DIA.(IN)	DIA.INT.(m)	A (m <sup>2</sup> )	Q(m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	Re	f	Hf	ha	Hb	POT. KW	\$ KW-H	\$ KW-AÑO	\$TUB.+\$ENER.
6	0.1203	0.01137	0.11666	10.26	1234278	0.0116	567.1	68.0	731.1	1072.671	2.83	13296190	13895734.03
8	0.1565	0.01924	0.11666	6.06	948390	0.0119	157.3	23.8	277.1	406.5165	2.83	5038934.42	6053090.424
10	0.1951	0.02990	0.11666	3.90	760890	0.0123	53.9	9.8	159.7	234.3873	2.83	2905324.5	4480810.504
12	0.2312	0.04198	0.11666	2.78	640424	0.0127	23.7	5.0	124.7	182.9288	2.83	2267476.18	4485274.184
14	0.254	0.05067	0.11666	2.30	584200	0.0128	15.0	3.4	114.4	167.9156	2.83	2081381.06	4753391.059
16	0.2902	0.06614	0.11666	1.76	510752	0.0131	7.9	2.0	105.9	155.375	2.83	1925935.4	5423209.402



**Ilustración 24:** Determinación del diámetro óptimo que deberá ser utilizado en la línea de conducción de la localidad "El Capulín".

Proponiendo un diámetro exterior de 10", que para dicho RD, le corresponde un diámetro interior de 0.1951 m. Con base en catálogo de tubería VALTIC PREMIUM.

Sabiendo que la línea de conducción se diseña con el gasto máximo diario que es:

$$Q_{Md} = (CV_d)(Q_{med})$$

Donde:

$Q_{Md}$  = Gasto máximo diario (l/s)

$Q_{med}$  = Gasto medio (l/s)

$CV_d$  = Coeficiente de variación diaria (1.40)

Por lo tanto:

$$Q_{med} = \frac{(\text{Numero de habitantes})(\text{Dotacion})}{\text{segundos que tiene un dia}} = \frac{(20000)(180 \text{ l})}{86400} = 41.67 \text{ l/s}$$

$$Q_{Md} = (1.40)(41.67 \text{ l/s}); 58.33 \text{ l/s}$$

Nota: cabe resaltar que el gasto antes calculado de 58.33 l/s está considerando que el equipo de bombeo esta en operación las 24 horas del día, por lo que se modificará para un periodo de suministro de 12 horas al día.

$Q_{Md} = (58.33\text{l/s})(2); 116.66 \text{ l/s}$  (gasto que estará llegando al tanque de regulación)

De la ecuación de conservación de masa:

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \dots\dots\dots (4)$$

Conociendo que:

$$Q = AV; V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (5)$$

Q= gasto ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

A = área de la tubería ( $\text{m}^2$ )

Considerando que  $A = \frac{\pi D^2}{4}$

De la expresión (5) se obtiene:

$$V = \frac{Q}{A}; \frac{0.11666\text{m}^3/\text{s}}{0.0299\text{m}^2} = 3.90 \text{ m/s}$$
 (velocidad con la que llega el agua al tanque de regulación).

Calculando el número de Reynolds de la ecuación (2).

$$Re = \frac{(3.90\text{m/s})(0.1951\text{m})}{1 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}} = 760890$$

Aplicando la expresión (3).

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{0.0015}{3.71} + \frac{5.74}{(760890)^{0.9}} \right) \right]^2} = 0.0123$$

Por consiguiente se procede a calcular las pérdidas por fricción con la expresión (1).

$$H_f = (0.0123) * \frac{(1100\text{m}) \left( \frac{3.90\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{(0.1951\text{m})(2) \left( \frac{9.81\text{m}}{\text{s}^2} \right)} = 53.9\text{m}$$
 (pérdidas por fricción).

Calculando las pérdidas menores por accesorios en la conducción con ayuda de la siguiente ecuación.

$$h_a = k \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (6)$$

Dónde:

$h_a$ = Pérdida menor (m)

K= Coeficiente para el cálculo de pérdidas locales (adimensional)

V= Velocidad del flujo (m/s)

$g$  = Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

**Tabla 12:** Valores del coeficiente (K) Sotelo (1994).

Elemento	Cantidad	Coeficiente K
Válvula de globo, completamente abierta	1	10
Codo de 45°	5	0.4 a 0.42
Codo de 90°	1	0.5 a 0.75
Conexión a ras de pared	1	0.5
Salida	1	1
TOTAL		12.67

Aplicando (6).

$$h_a = 12.67 \frac{\left(\frac{3.90m}{s}\right)^2}{(2)\left(\frac{9.81m}{s^2}\right)} = 9.82 \text{ m (Pérdidas menores por accesorios en la conducción)}$$

Adicionando a la ecuación de energía la carga que deberá suministrar el equipo de bombeo ( $H_b$ ) tenemos:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H_f - H_b \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

$Z_1, Z_2$ = Elevaciones de la conducción entre el tanque de almacenamiento y el tanque de regulación (m).

$P_1/\gamma, P_2/\gamma$  = Carga de presión en los diferentes tanques (m).

$H_f$ = Pérdidas de energía (m).

$H_b$ = Energía que suministra el equipo de bombeo (m).

Aplicando (7).

Entre el tanque de almacenamiento y el tanque de regulación, considerando que la velocidad en ambos extremos de la tubería es la misma y la presión en los tanques es igual a la presión atmosférica.

$$1379m = 2475m + H_f - H_b$$

$$H_b = 2475m - 2379m + 53.9m + 9.82m$$

$H_b = 159.72m \approx 160m$  (altura que debe vencer la bomba para suministrar el gasto de 116.66l/s)

Sabiendo la carga total requerida, se calcula la potencia de la bomba con la siguiente expresión:

$$P = \frac{9.81}{\eta} \gamma Q H_b \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

P= Potencia del equipo de bombeo (Watts)

$\eta$ = Eficiencia

Q= Gasto (m<sup>3</sup>/s)

H<sub>b</sub>= Carga de bombeo (m)

$\gamma$  = Peso específico del agua (Kg/m<sup>3</sup>)

Sustituyendo de (8).

$$P = \frac{9.81m}{0.78} \left( \frac{1000kg}{m^3} \right) \left( \frac{0.11666m^3}{s} \right) (160m) = \frac{234755.82kgm^2}{s^3}$$

P=234755.82 Watts

Para transformar la potencia de la bomba a HP tenemos que:

$$1Hp \dots\dots\dots 746 \text{ Watts}$$

$$P = \frac{(155525.73 \text{ Watts})(1Hp)}{(746 \text{ Watts})} = 314.68 \text{ HP} \approx 315 \text{ HP (potencia requerida)}$$

Proponiendo una bomba con caballaje mayor o igual a 315 HP.

Si la curva de la bomba se comporta de la forma H<sub>B</sub>=AQ<sup>2</sup>+BQ+C, dicha función está en relación con la altura de bombeo y el gasto; por consiguiente se hará lectura del catálogo del fabricante de bombas NEUMANN en tres puntos diferentes de la curva.

**Tabla 13:** Curva característica de la bomba.

Gasto (l/s)	H <sub>b</sub> (m)	Valuando en condiciones iniciales
80	190	6400A+80B+C=190
105	170	11025A+105B+C=170
140	120	19600A+140B+C=120
A= - 11/1050		B=239/210      C=166

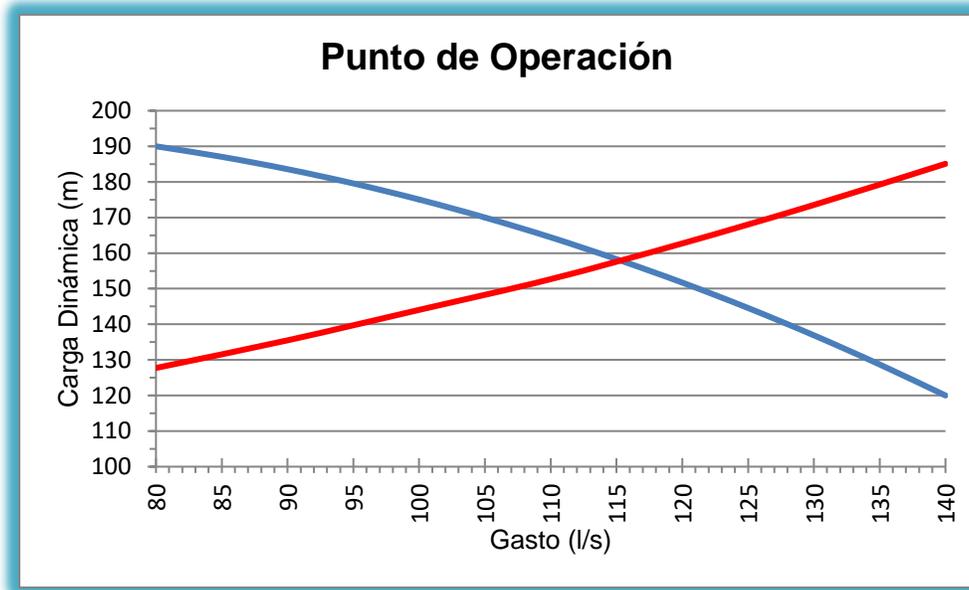
$$H_b = -\frac{11}{1050}Q^2 + \frac{239}{210}Q + 166 \text{ CURVA DE LA BOMBA (3)}$$

**Tabla 14:** Obtención de cargas de bombeo para diferentes gastos.

Q (l/s)	Hb (m)
80	190
85	187.05
90	183.57
95	179.57
100	175.05
105	170
110	164.43
115	158.3
120	151.71
125	144.57
130	136.9
135	128.71
140	120

**Tabla 15:** Cálculo de pérdidas por fricción para diferentes gastos.

Q (l/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	Re	<i>f</i>	Hf (m)	ha (m)	Hs (m)
40	0.04	1.34	261434	0.0148	7.66651202	1.15572689	104.822239
50	0.05	1.67	325817	0.0142	11.5058333	1.80582326	109.311657
60	0.06	2.01	392151	0.0138	16.0288269	2.6003855	114.629212
70	0.07	2.34	456534	0.0134	21.2441942	3.5394136	120.783608
80	0.08	2.68	522868	0.0131	27.1079065	4.62290756	127.730814
90	0.09	3.01	587251	0.0129	33.641152	5.85086738	135.492019
100	0.1	3.34	651634	0.0126	40.8182115	7.22329306	144.041505
110	0.11	3.68	782351	0.0123	47.9356386	8.7401846	152.675823
120	0.12	4.01	848685	0.0121	56.3071338	10.401542	162.708676
130	0.13	4.35	913068	0.0120	65.3202798	12.2073653	173.527645
140	0.14	4.68	979402	0.0118	74.9264194	14.1576544	185.084074
150	0.15	5.02	1043785	0.0117	85.1654955	16.2524094	197.417905
160	0.16	5.35	1043785	0.0117	96.8994082	18.4916302	211.391038



**Ilustración 25:** Punto de operación del equipo de bombeo, donde se observa que el gasto real que se está bombeando al tanque de regulación es de 116 l/s con el equipo BA 12-140 de la marca NEUMANN.

## 5.2 REVISIÓN POR GOLPE DE ARIETE

Una expresión práctica que permite conocer el valor de la celeridad cuando el fluido circulante es agua, es la propuesta por Allievi.

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \cdot \frac{D}{e}}}$$

Donde:

K: Coeficiente función del módulo de elasticidad del material de la tubería.

$$K = \frac{10^{10}}{Et}$$

Para tuberías de polietileno de alta densidad el coeficiente K puede tomar un valor igual a 111.11 (Sotelo).

Sustituyendo valores para encontrar el valor de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería tenemos que:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 111.11 \cdot \frac{273.1}{39}}} = 344.4 \text{ m/s}$$

Calculando la sobre presión con la expresión de Joukowsky

$$\Delta h = \pm \frac{cV}{g}$$

Donde:

$\Delta h$  = Sobrepresión (m)

V = Velocidad del flujo (m/s)

g = Aceleración de la gravedad 9.81 (m/s<sup>2</sup>)

$$\Delta h = \pm \frac{(344.4 \text{ m/s})(3.90 \text{ m/s})}{\left(\frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2}\right)} = 136.92 \text{ m.c.a (sobrepresión)}$$

Calculando la presión máxima y mínima que se presentarán en la tubería.

$P_{\text{máx.}} = h_0 + \Delta h$  ; 96m + 136.92 m = 232.92 m.c.a

$P_{\text{mín.}} = h_0 - \Delta h$  ; 96m - 136.92 m = -40.92 m.c.a (implementar válvula anticipadora de golpe de ariete). Para garantizar un buen funcionamiento en la línea de conducción y evitar posibles colapsos en la tubería.

NOTA:

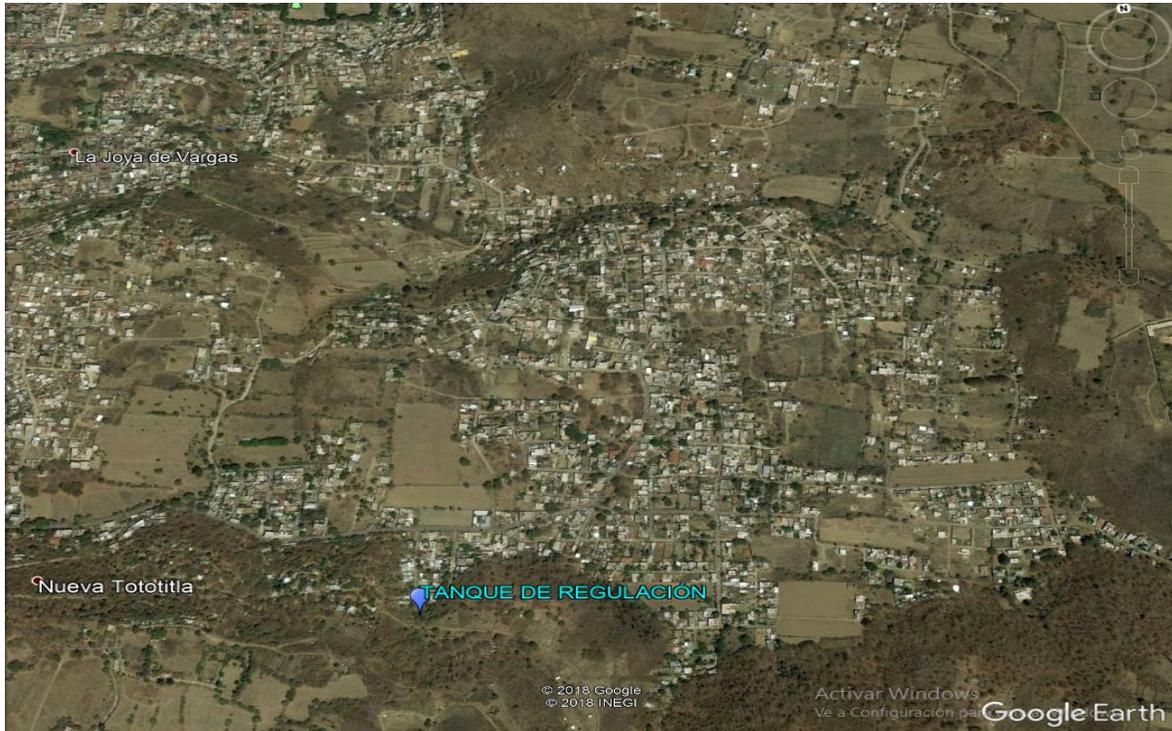
A continuación se ilustra el trazo de la línea de conducción diseñada para la localidad, mediante el plano (1). Donde se observa la localización de los diferentes tipos de válvulas que debe tener para su correcto funcionamiento; así como el punto de sobrepresión ocasionado por el golpe de ariete.

En el plano (2) se ilustra una vista en planta de la conducción y detalles de accesorios que se deben de tener en la succión del tanque de almacenamiento.

## CAPÍTULO 6

### DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y/O REGULACIÓN

Para la elección del sitio que ocupará el tanque de regulación que servirá al abastecimiento de la localidad “El Capulín” se optó por ubicarlo en un lugar donde actualmente no existen viviendas cercanas que pudieran ser afectadas por la construcción de esta estructura, además, está situado sobre una elevación mayor a la de dicho poblado.



**Ilustración 26:** Lugar recomendado para construir el tanque de regulación que servirá para el abastecimiento de la localidad “El Capulín”, ubicado en la parte alta de la calle Golondrinas.

Con base en la norma Oficial Mexicana NOM-007-CNA-1997, titulada Sector Agua Requisitos de Seguridad para la Construcción y Operación de Tanques que establecen los requisitos de seguridad que deben de cumplir los tanques con capacidad de 3000 m<sup>3</sup> o mayores.

Se busca cumplir con los siguientes requisitos:

- Debido al súbito vertido de agua en esta zona, se evaluará una posible falla parcial o total del tanque.
- El tanque deberá estar construido por varias celdas independientes con el fin de reducir riesgos por falla del tanque.

- Los tranques deberán estar provistos por un muro perimetral para contener el agua en caso de una falla parcial o total.
- La construcción del tanque en este lugar originará el menor impacto ambiental.

Para determinar la capacidad de almacenamiento de agua que deberá tener el tanque de regulación es necesario calcular el coeficiente de regulación que está en función del número de horas por día de alimentación de la fuente de abastecimiento al tanque. Por lo que se empleará el método de porcentajes de gastos horarios respecto al gasto medio diario.

**Tabla 16:** Coeficientes de regulación para un suministro de 12 horas (1:00 pm a 12:00 pm).

HORA	SUMINISTRO	DEMANDA		
		COEFICIENTE DE VARIACIÓN	DIFERENCIA	DIFERENCIA ACUMULADA
	% de Qmed	%	%	%
1	0%	45%	-45%	-45%
2	0%	45%	-45%	-90%
3	0%	45%	-45%	-135%
4	0%	45%	-45%	-180%
5	0%	60%	-60%	-240%
6	0%	90%	-90%	-330%
7	0%	135%	-135%	-465%
8	0%	150%	-150%	-615%
9	0%	150%	-150%	-765%
10	0%	150%	-150%	-915%
11	0%	140%	-140%	-1055%
12	0%	120%	-120%	-1175%
13	200%	140%	60%	-1115%
14	200%	140%	60%	-1055%
15	200%	130%	70%	-985%
16	200%	130%	70%	-915%
17	200%	120%	80%	-835%
18	200%	100%	100%	-735%
19	200%	100%	100%	-635%
20	200%	90%	110%	-525%
21	200%	90%	110%	-415%
22	200%	80%	120%	-295%
23	200%	60%	140%	-155%
24	200%	45%	155%	0%

De los valores de la columna de diferencias acumuladas, se selecciona el máximo porcentaje excedente y el máximo porcentaje faltante, por consiguiente se calcula:

$$R = 3.6 \frac{\text{Máximo Excedente} - \text{Máximo Faltante}}{100} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

R= Coeficiente de Regulación

Máximo Excedente= Valor máximo positivo de la columna “diferencias acumuladas”

Máximo Faltante= Valor máximo negativo de la columna “diferencias acumuladas”

Por lo tanto.

$$R = 3.6 \frac{-(-1175)}{100} ; R = 42.3$$

Para determinar la capacidad de almacenamiento del tanque se utiliza la siguiente expresión:

$$C=(R)(Q_{MD}) \dots \dots \dots (2)$$

Nota: Ecuación valida sólo cuando el tiempo de bombeo es por 24 horas.

Donde:

C= Capacidad del tanque (m³)

R= Coeficiente de regulación

Q<sub>MD</sub>= Gasto máximo diario (l/s)

Debido a que el tiempo de bombeo para este caso es menor a 24 horas es necesario mencionar que se debe incrementar el gasto de diseño como se indica a continuación:

$$Q_d = \frac{24(\text{Gasto máximo diario})}{tb} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

Q<sub>MD</sub>= (Gasto medio)(coeficiente de variación diaria)

$$\text{Gasto medio} = \frac{(20000 \text{Hab.})(180l)}{86400} = 41.67 \text{ l/s}$$

Q<sub>MD</sub>= (41.67)(1.40)= 58.33 l/s Gasto que se ocupa para el dimensionamiento del tanque de regulación como lo indica la expresión (2)

$Qd = \frac{24(58.33)}{12} = 116.66 \frac{l}{s}$  gasto que se ocupó para el diseño de la línea de conducción

Finalmente se tiene:

$C = (42.3)(58.33 \text{ l/s}) = 2467.36 \text{ m}^3 \approx 2500 \text{ m}^3$  (capacidad interna de almacenamiento de agua potable que debe tener el Tanque de Regulación, sin considerar el bordo libre que generalmente es de 30 cm a 50 cm ).

Para este caso se tomará un bordo libre de 0.5 m. para efectos de implementación de flotadores para controlar el llenado de forma automática.

Por lo anterior, fue propuesta una geometría como se indica en el plano (3); el cual está construido con elementos de mampostería en la parte perimetral, con muros de piedra (Basalto), pegados con mortero a una relación de 6 botes de arena y medio saco de cemento portland tipo II, por bulto de mortero para garantizar la estabilidad de los elementos de mampostería, dichos muros perimetrales tendrán un ancho en la plantilla de 3.0 metros con escarpio en la cara exterior de 0.52 cm por cada metro de altura, y una elevación total de 5 metros.

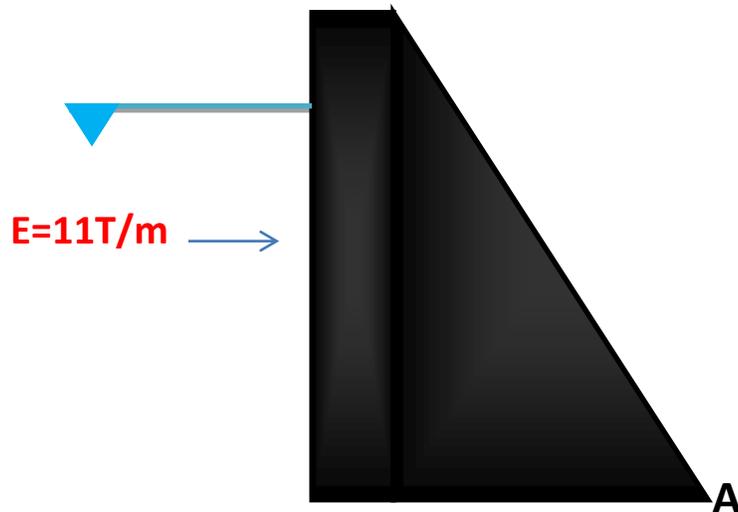
La parte interior el tanque de regulación cuenta con siete muros de mampostería de 5m de largo, 1m de ancho, y 5m de altura los cuales estarán con un acabado pulido en todas sus caras al igual que las cuatro caras interiores del tanque, dicho acabado deberá hacerse con una mezcla de cemento y agua.



**Ilustración 27:** Tipo de roca que se empleará en la construcción del tanque de regulación y que abunda en la zona.

**NOTA:** El plano (3) ilustra los elementos estructurales que componen al tanque de regularización; así como el acabado recomendado.

## 6.1 REVISIÓN DE LA ESTABILIDAD DE LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA



Analizando la estabilidad del muro perimetral del tanque de regulación; el cual está construido con elementos de mampostería (basalto), con un peso volumétrico promedio de  $2.45 \text{ T/m}^3$ , el muro cuenta con un ancho de desplante de  $3.0 \text{ m}$  y una altura de  $5 \text{ m}$ . En la corona del muro se tiene un ancho de  $0.40 \text{ m}$ . El nivel máximo de agua que se permite verter es de  $4.70 \text{ m}$ .

**Tabla 17:** Cálculo de centroides y momentos de inercia.

Elemento	Área (m <sup>2</sup> )	Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	$\gamma$ (T/m <sup>3</sup> )	W (T)	Centroide (x)	Centroide (y)	A* X	A*Y
1	2	40	80	2.45	196	0.2	2.5	0.4	5
2	6.5	40	260	2.45	637	1.27	1.67	8.255	10.855
	$\Sigma = 8.5$							$\Sigma = 8.655$	$\Sigma = 15.855$

$X = \frac{\Sigma A * X}{\Sigma A}$	1.02 m
$Y = \frac{\Sigma A * Y}{\Sigma A}$	1.87 m

Calculando el empuje hidrostático

$$E = \frac{1}{2} \gamma H^2; ((1T/m^3)(4.7m)^2)/2$$

E= 11.045T/m (empuje hidrostático por cada metro de ancho del muro)

Empuje total ejercido a lo largo de todo el muro

$$E_t = 441T \text{on.}$$

Calculando el factor de seguridad contra volteo

$$F.S.V. = \frac{\Sigma \text{ de momento resistente}}{\Sigma \text{ de momento motor}}$$

$$F.S.V. = \frac{(196T)(2.8m) + (637T)(1.73m)}{(441T)(1.57m)} = 2.38 > 2 \text{ (ACEPTABLE)}$$

NOTA: En el análisis contra volteo se consideró que el tanque de regulación no tiene relleno en la parte exterior, por consiguiente, si se optará por rellenar de  $\frac{3}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  de la altura se estaría garantizando aún más su estabilidad por lo que el factor de seguridad contra volteo se incrementaría.

NOTA: En el plano (4) se ilustra con detalle accesorios que debe tener el tanque de regulación para un correcto funcionamiento.

## CAPÍTULO 7

### DISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE

Para el diseño de la red de distribución de agua potable se recurrió a hacer uso del programa Google Earth para poder hacer el levantamiento topográfico del lugar y obtención de datos necesarios como la elevación de las conexiones y la distancia entre estas, así como para hacer un reconocimiento del lugar, y poder ubicar puntos de afectación de predios que pudieran surgir a la hora de hacer el trazo.

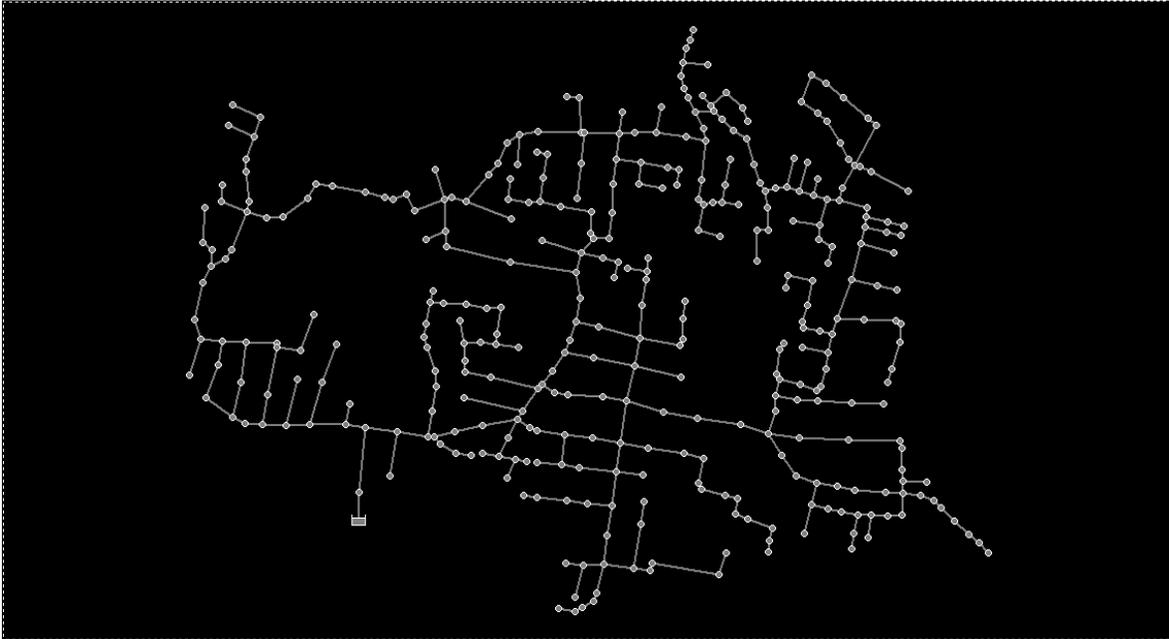
**Tabla 18:** Conexiones en común de las tuberías que conforman la red de distribución.

<b>Tabla de Red - Líneas</b>				
ID Línea	ID Nodo	ID Nodo	Longitud (m)	Rugosidad ( mm)
	Inicial	Final		
Tubería 1	1	2	34.4	0.0015
Tubería 2	2	3	66.2	0.0015
Tubería 3	3	4	23.8	0.0015
Tubería 4	4	5	11.7	0.0015
Tubería 5	5	6	101.3	0.0015
Tubería 6	6	7	33.7	0.0015
Tubería 7	3	8	45.3	0.0015
Tubería 8	8	9	31.1	0.0015
Tubería 9	9	10	25.1	0.0015
Tubería 10	9	11	49.5	0.0015
Tubería 11	15	18	23.9	0.0015
Tubería 12	8	12	44.4	0.0015
Tubería 13	12	13	13	0.0015
Tubería 14	13	14	19.6	0.0015
Tubería 15	14	15	12.3	0.0015
Tubería 18	8	19	44.5	0.0015
Tubería 19	19	20	43.5	0.0015
Tubería 20	20	21	37	0.0015
Tubería 21	21	22	30.5	0.0015
Tubería 22	22	23	44	0.0015
Tubería 23	23	24	20.9	0.0015
Tubería 24	20	25	50.7	0.0015
Tubería 25	25	26	40	0.0015

Con base en la tabla anterior se ilustra la manera en cómo se llevó el orden de las longitudes de los diferentes tramos de tuberías, para posteriormente ser

consideradas en el cálculo de la red de distribución.

La red de distribución de agua potable que se trazó en la zona tiene una longitud total de 12,694.5 metros, la cual está proyectada de tal manera que abarque todas las calles que actualmente tiene la comunidad “El Capulín”.



**Ilustración 28:** Vista previa de la configuración de las tuberías y de las conexiones.

Para calcular la asignación de la demanda base en las conexiones se consideró que la mayoría de lotes tipo de la localidad son de dimensiones de 10 m. de frente por 20 m. de fondo y que por cada predio habitan 5 personas.

Si el gasto de diseño para esta red de distribución es de 90.42 l/s, y el volumen de agua se distribuye de manera proporcional a lo largo de toda la red se obtiene que:

$$q = \frac{90.42 \text{ l/s}}{12694.5 \text{ m}} = 7.123 \times 10^{-3} \text{ l/s por cada metro}$$

Donde:

q: gasto unitario por unidad de longitud

Para el cálculo de la demanda base correspondiente para cualquier nodo de la red se emplea la siguiente expresión

$$D_b: (q)(l_n)(0.5)$$

Donde:

D<sub>b</sub>: Demanda base en el nodo (l/s)

$l_n$ : longitud correspondiente de la tubería que concurre a la conexión en estudio

0.5: Factor de participación que la conexión dota del líquido a la tubería, esta es una suposición teórica que se emplea para simplificar la asignación de los valores de la demanda base.

Con base en lo anterior se tiene la siguiente tabla que muestra georeferencia, elevación del terreno y demanda base calculada para las diferentes conexiones de la red de distribución.

**Tabla 19:** Georeferencia de las conexiones que conforman la red de distribución de agua potable.

	Cota (m)	GRADOS,MINUTOS Y SEGUNDOS		UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM)			Demanda Base
		latitud	longitud	Zona	Coordenada Este	Coordenada Norte	LPS
ID Nodo							
Conexión 1	2433	19°13'24.58"N	99°5'13.82"O	14 Q	490837.58 m E	2125559.16 m N	0.122
Conexión 2	2437	19°13'23.47"N	99°5'13.97"O	14 Q	490833.00 m E	2125525.22 m N	0.357
Conexión 3	2439	19°13'21.36"N	99°5'14.34"O	14 Q	490822.25 m E	2125460.17 m N	0.481
Conexión 4	2439	19°13'21.24"N	99°5'13.54"O	14 Q	490845.65 m E	2125456.66 m N	0.126
Conexión 5	2439	19°13'21.59"N	99°5'13.41"O	14 Q	490849.37 m E	2125467.31 m N	0.605
Conexión 6	2440	19°13'21.04"N	99°5'10.00"O	14 Q	490948.93 m E	2125450.35 m N	0.479
Conexión 7	2440	19°13'22.08"N	99° 5'9.66"O	14 Q	490958.84 m E	2125482.31 m N	0.119
Conexión 8	2440	19°13'21.53"N	99°5'15.87"O	14 Q	490777.40 m E	2125465.49 m N	0.587
Conexión 9	2440	19°13'21.52"N	99°5'16.93"O	14 Q	490746.60 m E	2125465.13 m N	0.375
Conexión 10	2440	19°13'21.61"N	99°5'17.78"O	14 Q	490721.71 m E	2125467.95 m N	0.089
Conexión 11	2443	19°13'19.98"N	99°5'17.31"O	14 Q	490735.35 m E	2125417.76 m N	0.176
Conexión 12	2444	19°13'20.16"N	99°5'16.26"O	14 Q	490766.19 m E	2125423.35 m N	0.204
Conexión 13	2446	19°13'19.79"N	99°5'16.42"O	14 Q	490761.48 m E	2125411.97 m N	0.116
Conexión 14	2449	19°13'19.45"N	99°5'16.99"O	14 Q	490744.96 m E	2125401.49 m N	0.113
Conexión 15	2449	19°13'19.28"N	99°5'17.36"O	14 Q	490734.03 m E	2125396.39 m N	0.129
Conexión 18	2449	19°13'19.39"N	99°5'18.16"O	14 Q	490710.62 m E	2125399.88 m N	0.085

Es importante tener los datos donde se ubica el tanque de almacenamiento, que está situado en una elevación de 2,480 m.s.n.m. en coordenadas 490,412.01 m. en la coordenada norte y 2,125,530.65 m. en la coordenada sur de la zona 14Q según al sistema UTM, y se nombró con la conexión número 80.

Para determinar el tamaño de los diámetros que tendrán que tener los conductos para cubrir la demanda base que se estableció para la localidad “El Capulín” se emplearán los diámetros comerciales que proporciona el catálogo de la tubería VALTIC PE 4710.

RELACION RD		RD 7.0		RD 7.3		RD 9		RD 11		RD 13.5		RD 15.5		RD 17	
presión de trabajo	kg/cm <sup>2</sup>	23		22		17		14		11		10		9	
	Psi	327		313		242		199		157		142		128	
Diámetro Nominal Pulg.	Diámetro Exterior mm	ESP. mm	PESO Kg/m												
1/2"	21.3	3	0.17	2.9	0.17	2.4	0.14	1.9	0.12	1.6	0.1	-	-	-	-
3/4"	26.7	3.8	0.27	3.7	0.27	3	0.22	2.4	0.18	2	0.15	-	-	-	-
1"	33.4	4.8	0.43	4.6	0.42	3.7	0.34	3.1	0.29	2.5	0.24	-	-	-	-
1 1/4"	42.2	6	0.68	5.8	0.66	4.7	0.55	3.8	0.46	3.1	0.38	2.7	0.33	2.5	0.31
1 1/2"	48.3	6.9	0.9	6.6	0.86	5.4	0.73	4.4	0.61	3.6	0.5	3.1	0.44	2.8	0.4
2"	60.3	8.6	1.39	8.3	1.35	6.7	1.13	5.5	0.94	4.5	0.79	3.9	0.69	3.6	0.64
2 1/2"	73	10.4	2.04	10	1.97	8.1	1.65	6.6	1.37	5.4	1.14	4.7	1.01	4.3	0.93
3"	88.9	12.7	3.03	12.2	2.93	9.9	2.45	8.1	2.05	6.6	1.7	5.7	1.49	5.2	1.36
4"	114.3	16.3	5.01	15.7	4.85	12.7	4.04	10.4	3.39	8.5	2.82	7.4	2.48	6.7	2.26
6"	168.3	24	10.85	23.1	10.51	18.7	8.77	15.3	7.34	12.5	6.1	10.8	5.33	9.9	4.91
8"	219.1	31.3	18.42	30	17.78	24.3	14.83	19.9	12.42	16.2	10.3	14.1	9.06	12.9	8.34
10"	273.1	39	28.61	37.4	27.62	30.3	23.05	24.8	19.3	20.2	16.01	17.6	14.09	16.1	12.97
12"	323.8	46.3	40.26	44.4	38.88	36	32.47	29.4	27.12	24	22.55	20.9	19.84	19.1	18.24
14"	355.6	50.8	48.52	48.7	46.84	39.5	39.13	32.3	32.72	26.3	27.14	22.9	23.88	20.9	21.92
16"	406.4	58.1	63.42	55.8	61.31	45.2	51.16	37	42.83	30.1	35.49	26.2	31.22	23.9	28.65
18"	457.2	65.3	80.2	62.6	77.41	50.8	64.7	41.6	54.18	33.9	44.97	29.5	39.54	26.9	36.27
20"	508	72.6	99.06	-	-	56.4	79.82	46.2	66.86	37.6	55.43	32.8	48.84	29.9	44.8
22"	558.8	79.8	119.78	-	-	-	-	50.8	80.87	41.4	67.13	36	58.98	32.9	54.22
24"	609.6	87.1	142.62	-	-	-	-	55.4	96.21	45.2	79.94	39.3	70.24	35.9	64.54
26"	660.4	-	-	-	-	-	-	60	112.9	48.9	93.71	42.6	82.47	38.8	75.58
28"	711.2	-	-	-	-	-	-	-	-	52.7	108.8	45.9	95.7	41.8	87.69
30"	762	-	-	-	-	-	-	69.3	150.4	56.4	124.7	49.1	109.7	44.8	100.7
32"	812.8	-	-	-	-	-	-	-	-	60.2	142	52.5	125.1	47.1	113

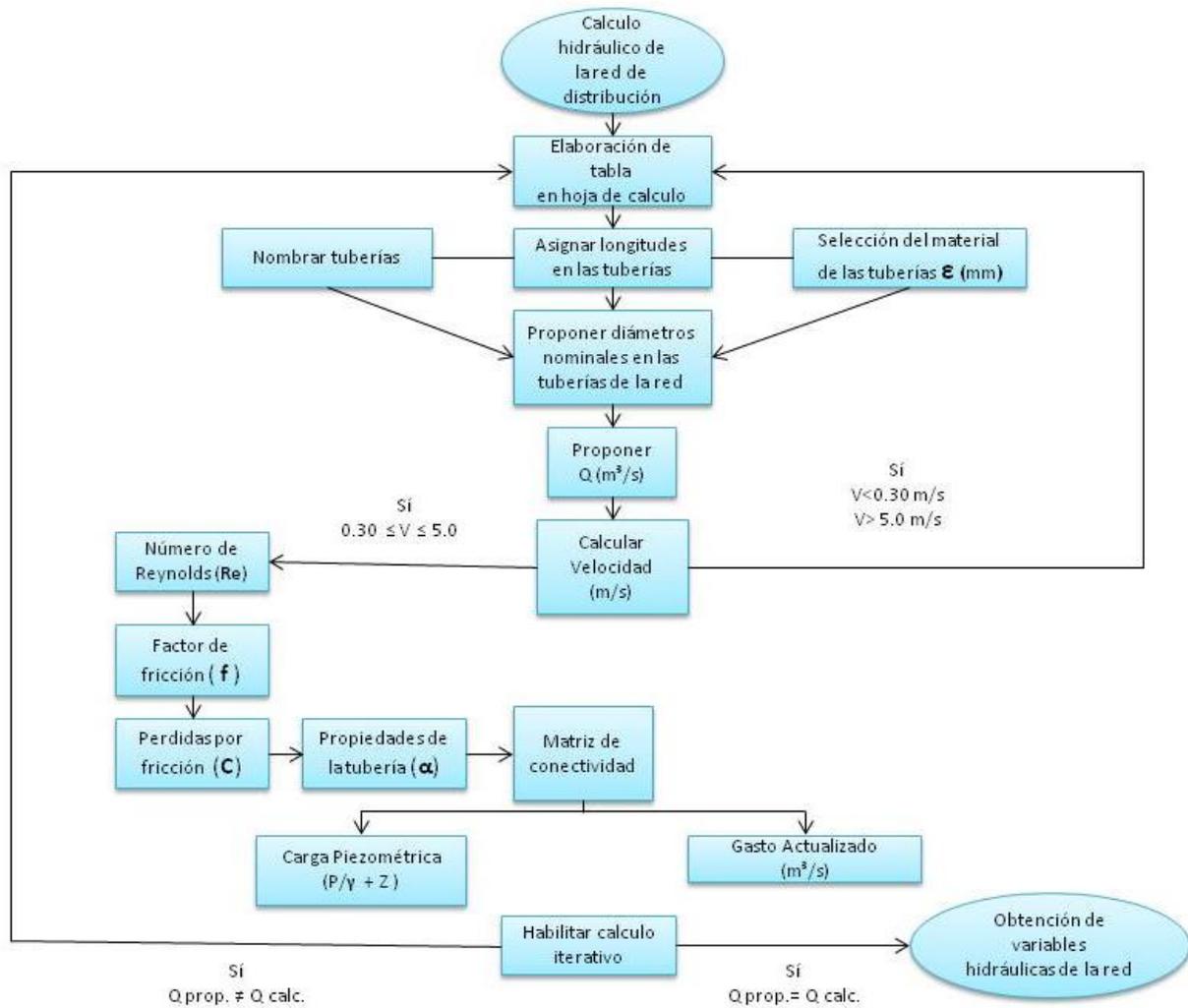
**Ilustración 29:** Relación de dimensiones y pesos de tubería Valtic.

Los diámetros calculados se obtuvieron mediante el modelo de simulación (EPANET), el cual convierte sistemas de ecuaciones no lineales en lineales, ayudando a sintetizar la complejidad de los sistemas de ecuaciones planteados y facilita una solución mediante métodos aproximados e iterativos, el cual aproxima una solución hasta que ciertas restricciones queden satisfechas.

Otra forma de obtener las variables hidráulicas de la red de distribución es mediante el empleo de una hoja de cálculo, en la cual se tienen que hacer diversos procedimientos para llegar a los mismos resultados que arroja el software. Estos pasos a seguir son:

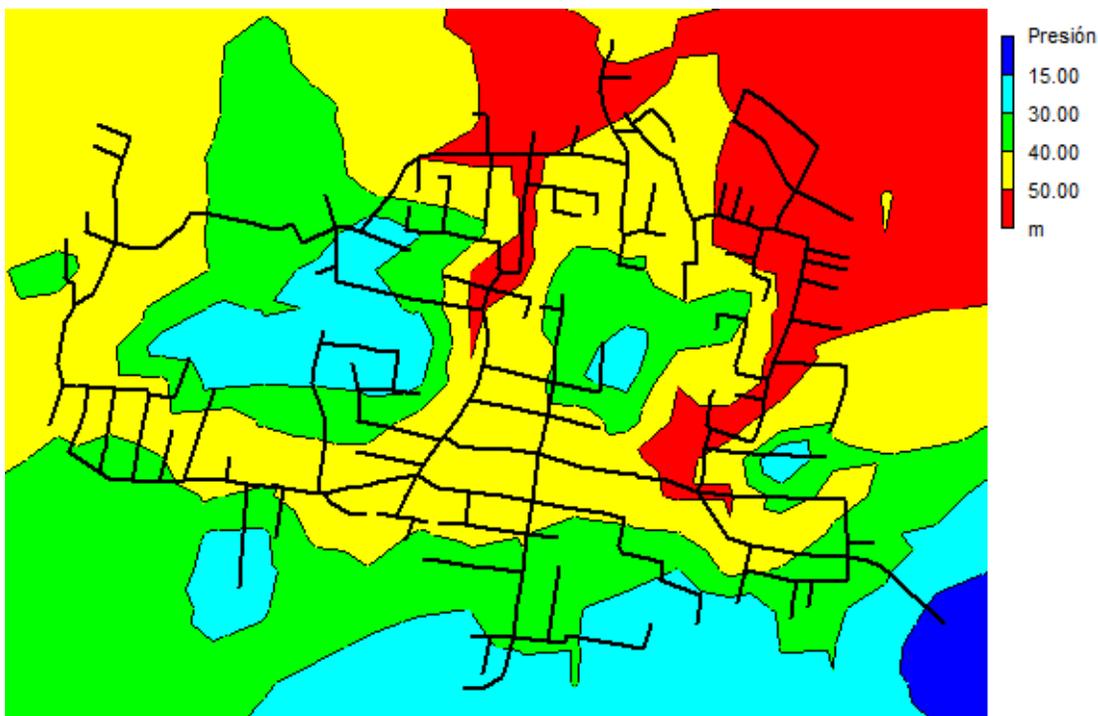
- Elaborar una tabla en una hoja de cálculo, numerando todas las tuberías que conforman a la red.
- Asignar las longitudes correspondientes a cada tubería de acuerdo al trazo que se hizo.
- Selección del material de la tubería, para poder establecer el valor de la rugosidad absoluta ( $\epsilon=0.0015$ ). Posteriormente asignarlo a cada tubería.
- Proponer diámetros iniciales.
- Calcular velocidades para cada tramo de la red ( $V=Q/A$ ).
- Calcular el número de Reynolds ( $Re=\frac{VD}{\nu}$ ).
- Obtener el factor de fricción ( $f = \frac{0.25}{[\log(\frac{\epsilon}{3.71D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}})]^2}$ ). Que generalmente oscila entre los valores de 0.010 a 0.020.
- Determinación de las pérdidas por fricción ( $C=0.083 \frac{fL}{D^5}$ ).
- Calcular propiedades de la tubería ( $\alpha = \frac{1}{2CQ}$ ).
- Acomodo del sistema de ecuaciones de forma matricial, el cual describen la conectividad de la red de distribución, quedando como coeficiente el termino ( $\alpha$ ), como incógnita las alturas de los nudos y como termino independiente las demandas bases.
- Resolver el sistema de ecuaciones. En este caso se invirtió la matriz y se multiplico por el término independiente obteniendo así las alturas.
- Calcular los gastos actualizados con base en las alturas obtenidas.
- Obtención de variables hidráulicas.
- Reporte final de resultados.

A continuación se ilustran los pasos antes mencionados:



**Ilustración 30:** Flujoograma de los pasos a seguir en el cálculo hidráulico.

## 7.1 REVISIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL INTERVALO DE TIEMPO DE MÁXIMA Y MINÍMA DEMANDA.

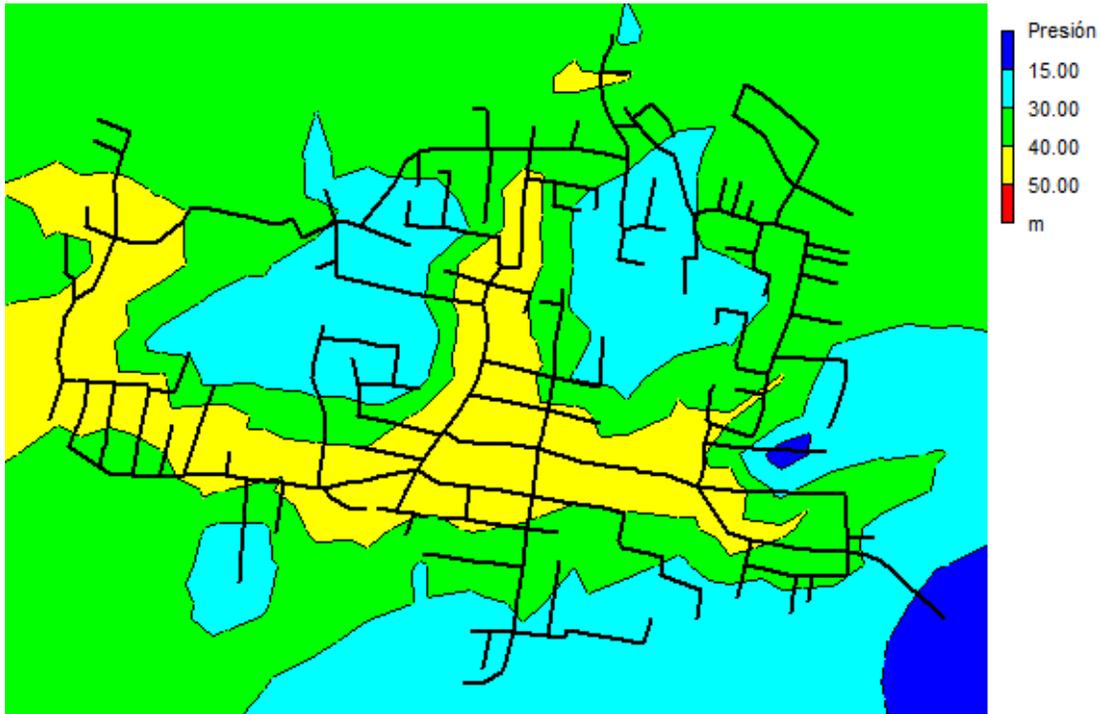


**Ilustración 31:** Contorno de presiones a las 7:00 am, sin implementación de válvulas en la red de distribución.

En la imagen anterior se observa que una parte de la red sufre de presiones altas que salen del margen que recomienda el Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS), por lo que es necesario instalar en diversos puntos de la red válvulas reductoras de presión para que este fenómeno disminuya y el funcionamiento de la red sea mejor.

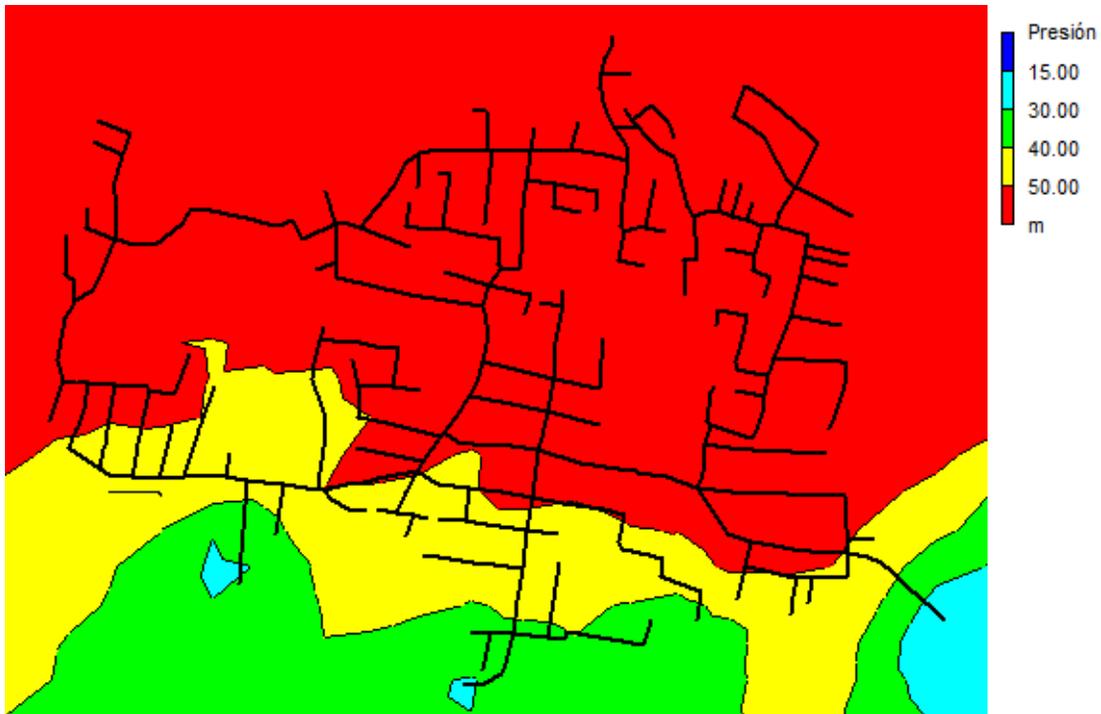
La estrategia utilizada para ubicar las válvulas reductoras de presión sobre la red de distribución fue observar el área de afectación donde se presentaban presiones mayores a 50 m.c.a. Posteriormente ubicar el sentido del flujo en los puntos terminales aguas abajo, proponer la ubicación de una válvula reductora de presión sobre un ramal principal de las partes bajas donde se genera este problema, luego elegir una consigna especial de la válvula con valores menores a 50 m.c.a. para reducir la presión en los nudos posteriores donde se decidió implementar este dispositivo, a continuación hacer la simulación en el software (EPANET) para observar si bajaron las presiones aguas abajo del punto donde se instaló la válvula. Si el problema persiste, cambiar el valor de la consigna del dispositivo ya instalado y volver hacer la simulación para poder observar cómo van bajando las

presiones sobre las conexiones en esta parte de la red; finalmente proponer la ubicación de otro dispositivo sobre otro extremo de la red si es que presenta presiones mayores a las máximas permisibles y así sucesivamente hasta que en ningún punto de la red las presiones sobrepasen los 50 m.c.a.



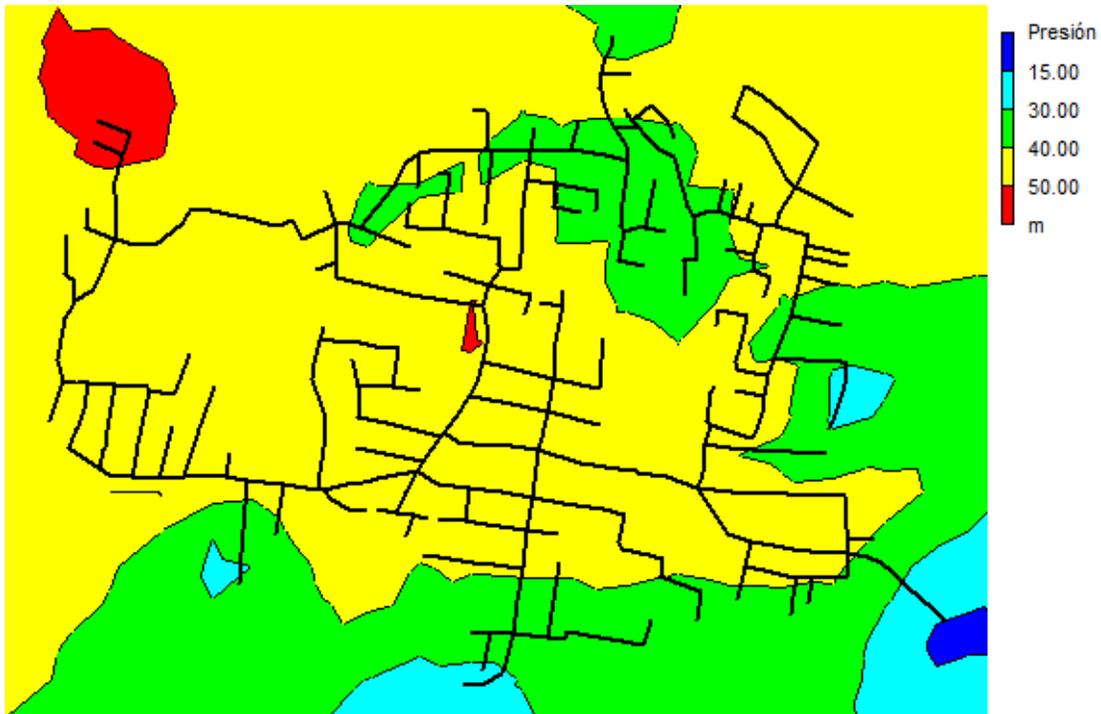
**Ilustración 32:** Contorno de presiones a las 7:00 am, con válvulas en operación a la hora de máxima demanda.

En la ilustración anterior se puede observar los contornos de presión a los que está sometida la red, en el intervalo de tiempo indicado, observando que: no hay problemas en las ramificaciones por sobrepresión, debido a que se instalaron 17 válvulas reductoras de presión de diferentes consignas, con el afán de evitar que se generen presiones excesivas en diferentes tramos de la distribución, y poder generar un mejor funcionamiento en la red.



**Ilustración 33:** Contorno de presiones a la hora de mínima demanda (3:00 am), sin implementación de válvulas reductoras de presión.

En la imagen anterior se nota como gran parte de la red de distribución sufre de presiones altas, principalmente la zona intermedia y baja de la localidad “El Capulín”, propiciado por un lado por el bajo consumo de agua en esa hora en particular y por la ubicación del tanque de regularización, que está situado en una elevación mayor a la de la red de distribución.



**Ilustración 34:** Contorno de presiones a las 3:00 am con válvulas reductoras de presión en operación.

En la ilustración anterior se muestra cómo impacta la instalación de válvulas reductoras de presión sobre la red, disminuyendo casi en su totalidad la presencia de presiones mayores a 50 m.c.a. límite que recomienda el Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento.

## CAPÍTULO 8

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES:

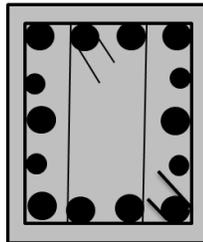
- El alcance de este trabajo tiene como propósito fungir como material de apoyo; que ayude a mejores tomas de decisiones de diversos sectores en relación con el abastecimiento de agua potable de la comunidad “El Capulín”.
- Con este trabajo se pretende dar solución a una problemática social; que aqueja a la comunidad “El Capulín”, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas de esta demarcación.
- Con base a la información expuesta en el capítulo de análisis de alternativas de la fuente de abastecimiento, se concluye que, el pozo (S-6) es la fuente apropiada para el suministro de agua de la localidad el Capulín, debido a su aforo y ubicación cercana al de dicha comunidad.
- El diseño de la red de distribución de agua potable tiene como finalidad proponer los diámetros requeridos para satisfacer las necesidades de agua en diversos puntos de la localidad, además de regir el tipo de comportamiento que tendrá la red, debido a las condiciones topográficas de la zona; con el propósito de identificar puntos en la red de abastecimiento que requieran algún tipo de implementación de accesorios especiales, para garantizar su buen funcionamiento evitando así que en diversos ramales de la distribución se generen problemas de presiones excesivas.
- Se propuso un diseño para el tanque de regulación, el cual cumple con el volumen requerido de almacenamiento para el buen funcionamiento de la red de distribución.
- Se estableció la potencia requerida de bombeo que deberá tener el equipo hidromecánico de la conducción para garantizar el suministro de agua de forma suficiente, sin comprometer el aforo natural de la fuente de abastecimiento. Además se propuso la marca de la bomba y el modelo, que fueron considerados para satisfacer las necesidades de la conducción.
- Los datos completos de la red de distribución de agua potable de la localidad “El Capulín” se encuentran en el archivo de simulación, en donde el lector podrá consultar información a detalle de los diámetros de las tuberías, elevaciones del terreno de todas las conexiones de la red, georeferencias, demandas base, velocidades en los conductos, presiones

en las conexiones y observar el comportamiento de la misma a lo largo del día.

- Con base al levantamiento topográfico elaborado con la herramienta Google Earth, se asume que las medidas y elevaciones obtenidas no son tan precisas en comparación con un levantamiento hecho en campo.

#### **RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda que el tanque de almacenamiento sea de la misma capacidad y tipo que el tanque de regulación.
- Se recomienda que los tanques tengan trabes en la parte superior de 40 cm de ancho por 60 cm de peralte, sobre ambos sentidos, armados con 10 barras del # 5 y 4 barras del # 3, estribos del # 3 de 40cm por 60cm y de 20cm por 60cm intercalados a cada 10 cm de separación acomodadas de la siguiente forma.



Con un concreto de  $f'c=250\text{kg/cm}^2$  para garantizar que los elementos estructurales operen en correctas condiciones de servicio, con el propósito de transferir la carga de la losa a los elementos de mampostería y estos a su vez al suelo de forma satisfactoria.

- Se sugiere que la losa tapa que deberán tener los tanques de almacenamiento y regulación tengan un peralte mínimo de 12cm y un armado con varillas del número "3" a cada 15 cm, para garantizar que este elemento no sufra deformaciones fuera de lo permisible, y estar construidas con un concreto de  $f'c=250\text{ kg/cm}^2$ .
- Se recomienda que el dimensionamiento de las zanjas que alojarán las tuberías de este proyecto sea de la siguiente forma: para tuberías menores a 450 mm de diámetro exterior, la profundidad mínima será de 90 cm más el diámetro exterior de la tubería.
- El ancho de zanja recomendado será de 50 cm más el diámetro exterior de la tubería para diámetros menores a 500 mm.

- La plantilla o cama será de un material fino (arena), con espesor de 60% del diámetro exterior de la tubería, el espesor mínimo que deberá tener la plantilla será de 5 cm.
- El resto de la tubería deberá ser cubierto hasta una altura de 30 cm arriba de su lomo con un material granular fino (tepetate), colocado a mano y compactado cuidadosamente en capas que no excedan 15cm.
- El resto de la zanja podrá llenarse con material de la excavación que vaya libre de piedras.

## BIBLIOGRAFÍA

- MASKEW, F. (1980). Abastecimiento de aguas y remoción de aguas residuales. *Nueva York: LIMUSA.*
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado).
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Conducciones).
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable).
- STEEL, E. (1972). Abastecimiento de agua y alcantarillado. Barcelona: GUSTAVO GILI.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-007-CNA-1997, Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua.

# **ANEXO FOTOGRAFÍCO**



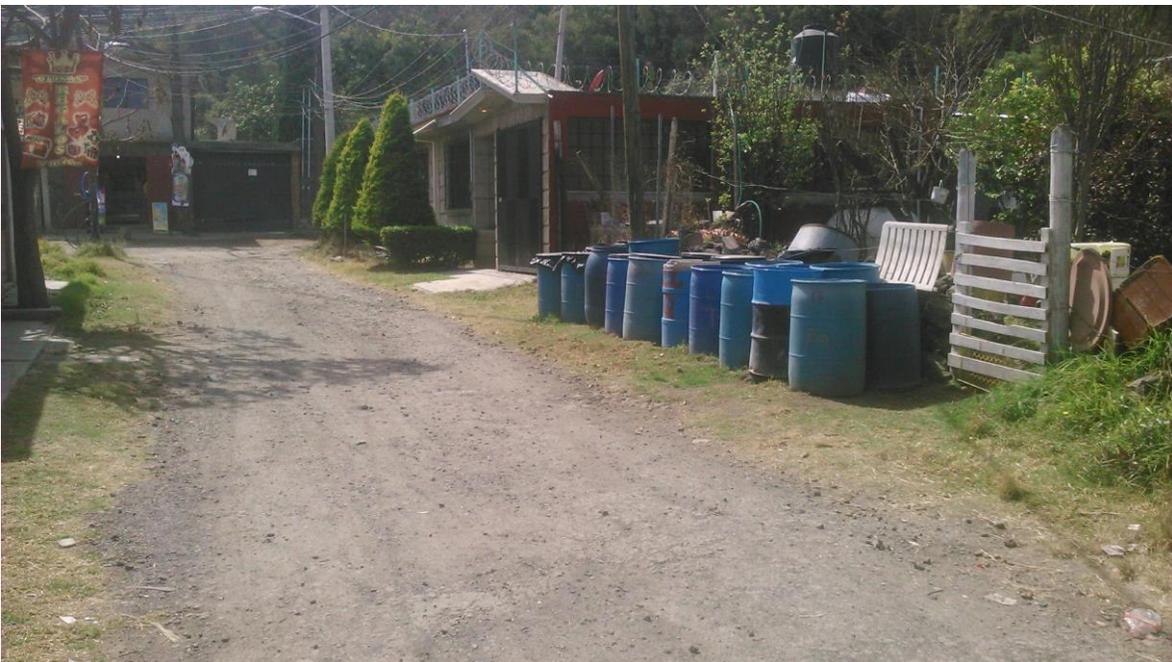
**Ilustración 35:** Toma de lectura para determinar índice de cloro libre en el agua de abastecimiento, realizada por personal del sistema de aguas de la ciudad de México.



**Ilustración 36:** Parada de agua en la colonia Tiziclipa, ubicada entre las calles Morelos y Agustín Melgar.



**Ilustración 37:** Parada de agua de la colonia El Capulín, ubicada en la calle Ladera de Huatepec.



**Ilustración 38:** Parada de agua de la calle Rufino Tamayo.



**Ilustración 39:** Configuración de calles de la comunidad “El Capulín” (Calle Agustín Melgar).



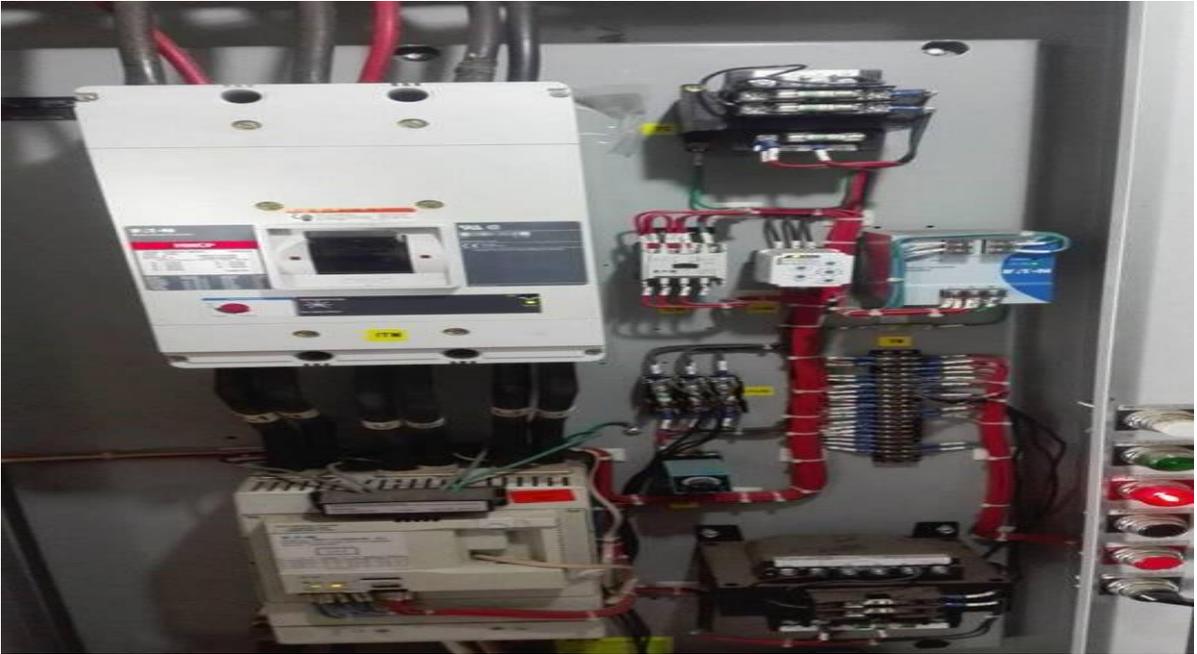
**Ilustración 40:** Entrada principal a la colonia El Capulín.



**Ilustración 41:** Parada de agua colocada por habitantes de la comunidad.



**Ilustración 42:** Parada situada en la calle Prolongación Diego Rivera.



**Ilustración 43:** Sistema de control de la bomba del pozo S-6.



**Ilustración 44:** Recipientes para recolectar muestras de agua de la fuente de abastecimiento y posteriormente ser llevadas a laboratorio.



**Ilustración 45:** Depósito de cloro empleado en la fuente de abastecimiento.



**Ilustración 46:** Línea de corriente del pozo S-6.

# **ANEXO 1**

## **MATRIZ DE CONECTIVIDAD**

En el sistema de conectividad de la red de distribución de agua potable de la localidad “El Capulín”, se observa la concurrencia del número de tubería con respecto a la conexión, este sistema de ecuaciones se acomodará en forma de matriz en el cual las incógnitas del sistema son las elevaciones ( $h_n$ ) y el termino independiente será la demanda base en cada conexión.

Una vez acomodado el sistema en forma de matriz y sustituidos los parámetros ( $\alpha_n$ ) y  $q_n$  se calcula la matriz inversa y se multiplica por el termino independiente obteniendo las elevaciones en los nodos, una vez teniendo esto se actualiza el gasto como se indica más adelante para cada tubería de la red.

$-\alpha_1 = q_1/2$	$-\alpha_{21} - \alpha_{22} = q_{22}/2$	$-\alpha_{40} - \alpha_{41} = q_{41}/2$
$-\alpha_2 - \alpha_1 = q_2/2$	$-\alpha_{22} - \alpha_{23} = q_{23}/2$	$-\alpha_{41} - \alpha_{42} = q_{42}/2$
$-\alpha_2 - \alpha_3 - \alpha_7 = q_3/2$	$-\alpha_{23} = q_{24}/2$	$-\alpha_{42} - \alpha_{43} = q_{43}/2$
$-\alpha_3 - \alpha_4 = q_4/2$	$-\alpha_{24} - \alpha_{26} - \alpha_{385} - \alpha_{25} = q_{25}/2$	$-\alpha_{43} = q_{44}/2$
$-\alpha_4 - \alpha_5 = q_5/2$	$-\alpha_{25} = q_{26}/2$	$-\alpha_{44} - \alpha_{262} - \alpha_{263} - \alpha_{45} = q_{45}/2$
$-\alpha_5 - \alpha_6 = q_6/2$	$-\alpha_{26} - \alpha_{27} = q_{27}/2$	$-\alpha_{45} - \alpha_{46} = q_{46}/2$
$-\alpha_6 = q_7/2$	$-\alpha_{27} - \alpha_{28} - \alpha_{29} = q_{28}/2$	$-\alpha_{46} - \alpha_{47} = q_{47}/2$
$-\alpha_7 - \alpha_8 - \alpha_{12} - \alpha_{18} = q_8/2$	$-\alpha_{28} = q_{29}/2$	$-\alpha_{47} - \alpha_{48} = q_{48}/2$
$-\alpha_8 - \alpha_9 - \alpha_{10} = q_9/2$	$-\alpha_{29} - \alpha_{270} - \alpha_{30} = q_{30}/2$	$-\alpha_{48} - \alpha_{89} - \alpha_{49} - \alpha_{88} = q_{49}/2$
$-\alpha_9 = q_{10}/2$	$-\alpha_{30} - \alpha_{31} = q_{31}/2$	$-\alpha_{49} - \alpha_{50} = q_{50}/2$
$-\alpha_{10} = q_{11}/2$	$-\alpha_{385} - \alpha_{31} - \alpha_{44} - \alpha_{32} = q_{32}/2$	$-\alpha_{50} - \alpha_{51} = q_{51}/2$
$-\alpha_{12} - \alpha_{13} = q_{12}/2$	$-\alpha_{32} - \alpha_{33} = q_{33}/2$	$-\alpha_{51} - \alpha_{52} = q_{52}/2$
$-\alpha_{13} - \alpha_{14} = q_{13}/2$	$-\alpha_{33} - \alpha_{34} = q_{34}/2$	$-\alpha_{52} - \alpha_{53} = q_{53}/2$
$-\alpha_{14} - \alpha_{15} = q_{14}/2$	$-\alpha_{34} - \alpha_{35} = q_{35}/2$	$-\alpha_{53} - \alpha_{54} = q_{54}/2$
$-\alpha_{15} - \alpha_{11} = q_{15}/2$	$-\alpha_{35} - \alpha_{36} = q_{36}/2$	$-\alpha_{55} - \alpha_{56} - \alpha_{66} - \alpha_{80} = q_{55}/2$
$-\alpha_{11} = q_{18}/2$	$-\alpha_{36} - \alpha_{37} = q_{37}/2$	$-\alpha_{56} - \alpha_{57} = q_{56}/2$
$-\alpha_{18} - \alpha_{19} = q_{19}/2$	$-\alpha_{37} - \alpha_{38} = q_{38}/2$	
$-\alpha_{19} - \alpha_{20} - \alpha_{24} = q_{20}/2$	$-\alpha_{38} - \alpha_{39} = q_{39}/2$	
$-\alpha_{20} - \alpha_{21} = q_{21}/2$	$-\alpha_{39} - \alpha_{40} = q_{40}/2$	

## GASTOS ACTUALIZADOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Posteriormente se calculan los gastos actualizados en las diferentes tuberías como se indica a continuación. Gastos actualizados de la red de distribución

Se empleará la herramienta de Excel que permite hacer cálculos iterativos y se igualara el gasto propuesto al principio de todos los cálculos con el gasto actualizado, en consecuencia se recalcularan todos los parámetros de forma automática y una vez que las iteraciones se detengan se obtendrán las alturas piezometricas finales de las conexiones que determinaran que para (n) tubería se cumpla cierta velocidad con determinado diámetro. De lo anterior se concluyen las pérdidas por fricción que se presentan en diversos puntos de la red. Para conocer así las variables hidráulicas necesarias para satisfacer las necesidades del proyecto.

$Q_1 = \alpha_1[\text{abs}(h_1 - h_2)] + Qp_1/2$	$Q_{25} = \alpha_{25}[\text{abs}(h_{25} - h_{26})] + Qp_{25}/2$
$Q_2 = \alpha_2[\text{abs}(h_2 - h_3)] + Qp_2/2$	$Q_{26} = \alpha_{26}[\text{abs}(h_{25} - h_{27})] + Qp_{26}/2$
$Q_3 = \alpha_3[\text{abs}(h_3 - h_4)] + Qp_3/2$	$Q_{27} = \alpha_{27}[\text{abs}(h_{27} - h_{28})] + Qp_{27}/2$
$Q_4 = \alpha_4[\text{abs}(h_4 - h_5)] + Qp_4/2$	$Q_{28} = \alpha_{28}[\text{abs}(h_{28} - h_{29})] + Qp_{28}/2$
$Q_5 = \alpha_5[\text{abs}(h_5 - h_6)] + Qp_5/2$	$Q_{29} = \alpha_{29}[\text{abs}(h_{28} - h_{30})] + Qp_{29}/2$
$Q_6 = \alpha_6[\text{abs}(h_6 - h_7)] + Qp_6/2$	$Q_{30} = \alpha_{30}[\text{abs}(h_{30} - h_{31})] + Qp_{30}/2$
$Q_7 = \alpha_7[\text{abs}(h_3 - h_8)] + Qp_7/2$	$Q_{31} = \alpha_{31}[\text{abs}(h_{31} - h_{32})] + Qp_{31}/2$
$Q_8 = \alpha_8[\text{abs}(h_8 - h_9)] + Qp_8/2$	$Q_{32} = \alpha_{32}[\text{abs}(h_{32} - h_{33})] + Qp_{32}/2$
$Q_9 = \alpha_9[\text{abs}(h_9 - h_{10})] + Qp_9/2$	$Q_{33} = \alpha_{33}[\text{abs}(h_{33} - h_{34})] + Qp_{33}/2$
$Q_{10} = \alpha_{10}[\text{abs}(h_9 - h_{11})] + Qp_{10}/2$	$Q_{34} = \alpha_{34}[\text{abs}(h_{34} - h_{35})] + Qp_{34}/2$
$Q_{11} = \alpha_{11}[\text{abs}(h_{15} - h_{18})] + Qp_{11}/2$	$Q_{35} = \alpha_{35}[\text{abs}(h_{35} - h_{36})] + Qp_{35}/2$
$Q_{12} = \alpha_{12}[\text{abs}(h_8 - h_{12})] + Qp_{12}/2$	$Q_{36} = \alpha_{36}[\text{abs}(h_{36} - h_{37})] + Qp_{36}/2$
$Q_{13} = \alpha_{13}[\text{abs}(h_{12} - h_{13})] + Qp_{13}/2$	$Q_{37} = \alpha_{37}[\text{abs}(h_{37} - h_{38})] + Qp_{37}/2$
$Q_{14} = \alpha_{14}[\text{abs}(h_{13} - h_{14})] + Qp_{14}/2$	$Q_{38} = \alpha_{38}[\text{abs}(h_{38} - h_{39})] + Qp_{38}/2$
$Q_{15} = \alpha_{15}[\text{abs}(h_{14} - h_{15})] + Qp_{15}/2$	$Q_{39} = \alpha_{39}[\text{abs}(h_{39} - h_{40})] + Qp_{39}/2$
$Q_{18} = \alpha_{18}[\text{abs}(h_8 - h_{19})] + Qp_{18}/2$	$Q_{40} = \alpha_{40}[\text{abs}(h_{40} - h_{41})] + Qp_{40}/2$
$Q_{19} = \alpha_{19}[\text{abs}(h_{19} - h_{20})] + Qp_{19}/2$	$Q_{41} = \alpha_{41}[\text{abs}(h_{41} - h_{42})] + Qp_{41}/2$
$Q_{20} = \alpha_{20}[\text{abs}(h_{20} - h_{21})] + Qp_{20}/2$	$Q_{42} = \alpha_{42}[\text{abs}(h_{42} - h_{43})] + Qp_{42}/2$
$Q_{21} = \alpha_{21}[\text{abs}(h_{21} - h_{22})] + Qp_{21}/2$	$Q_{43} = \alpha_{43}[\text{abs}(h_{43} - h_{44})] + Qp_{43}/2$
$Q_{22} = \alpha_{22}[\text{abs}(h_{22} - h_{23})] + Qp_{22}/2$	$Q_{44} = \alpha_{44}[\text{abs}(h_{32} - h_{45})] + Qp_{44}/2$
$Q_{23} = \alpha_{23}[\text{abs}(h_{23} - h_{24})] + Qp_{23}/2$	$Q_{45} = \alpha_{45}[\text{abs}(h_{45} - h_{46})] + Qp_{45}/2$
$Q_{24} = \alpha_{24}[\text{abs}(h_{20} - h_{25})] + Qp_{24}/2$	$Q_{46} = \alpha_{46}[\text{abs}(h_{46} - h_{47})] + Qp_{46}/2$

# **ANEXO 2**

## **INFORMACIÓN DE VÁLVULAS**

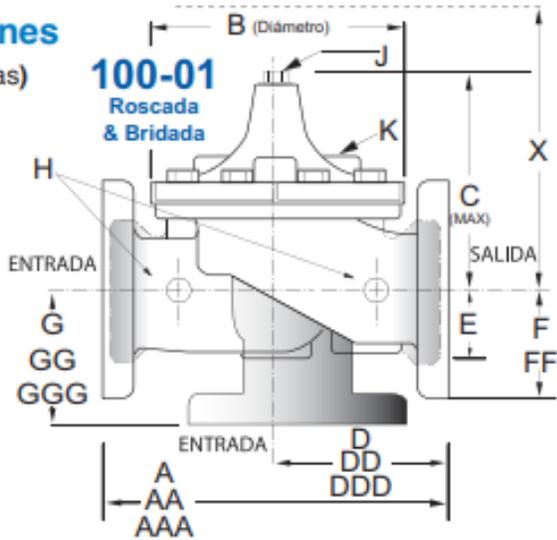


**Ilustración:** Válvula reductora de presión.

**Tabla:** Válvulas implementadas en la red de distribución para mejorar su funcionamiento.

NOMBRE	TIPO	CONSIGNA
1A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 6"	35 M.C.A.
2A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 1 1/2"	46 M.C.A.
3A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 6"	45 M.C.A.
4A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 8"	45 M.C.A.
5A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 16"	46 M.C.A.
6A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 2 1/2"	46 M.C.A.
7A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 6"	34 M.C.A.
8A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 8"	40 M.C.A.
9A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 10"	45 M.C.A.
10A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 2"	43 M.C.A.
11A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 3"	43 M.C.A.
12A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 1 1/2"	40 M.C.A.
13A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 4"	40 M.C.A.
14A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 4"	45 M.C.A.
15A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 2"	42 M.C.A.
16A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 4"	38 M.C.A.
17A	VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE 2"	41 M.C.A.

**Dimensiones**  
(En pulgadas)



**Ilustración:** Modelo 90-01(utilizan válvula básica 100-01).

Medida de Válvula (pulgadas)	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30	36
A Roscada	7.25	7.25	7.25	9.38	11.00	12.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AA 150 ANSI	-	-	8.50	9.38	11.00	12.00	15.00	20.00	25.38	29.75	34.00	39.00	41.38	46.00	52.00	61.50	63.00	76.00
AAA 300 ANSI	-	-	9.00	10.00	11.62	13.25	15.62	21.00	26.38	31.12	35.50	40.50	43.50	47.64	53.62	63.24	64.50	76.00
AAAA Conexión Ranurada	-	-	8.50	9.00	11.00	12.50	15.00	20.00	25.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B Diámetro	5.62	5.62	5.62	6.62	8.00	9.12	11.50	15.75	20.00	23.62	28.00	32.75	35.50	41.50	45.00	53.16	56.00	66.00
C Máximo	5.50	5.50	5.50	6.50	7.56	8.19	10.62	13.38	16.00	17.12	20.88	24.19	25.00	39.06	41.90	43.93	54.60	61.50
CC Max. Conexión Ranurada	-	-	4.75	5.75	6.88	7.25	9.31	12.12	14.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D Roscada	3.25	3.25	3.25	4.75	5.50	6.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DD 150 ANSI	-	-	4.00	4.75	5.50	6.00	7.50	10.00	12.69	14.88	17.00	19.50	20.81	-	-	30.75	-	-
DDD 300 ANSI	-	-	4.25	5.00	5.88	6.38	7.88	10.50	13.25	15.56	17.75	20.25	21.62	-	-	31.62	-	-
DDDD Conexión Ranurada	-	-	-	4.75	-	6.00	7.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	1.12	1.12	1.12	1.50	1.69	2.06	3.19	4.31	5.31	9.25	10.75	12.62	15.50	12.95	15.00	17.75	21.31	24.56
EE Conexión Ranurada	-	-	2.00	2.50	2.88	3.12	4.25	6.00	7.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F 150 ANSI	-	-	2.50	3.00	3.50	3.75	4.50	5.50	6.75	8.00	9.50	10.50	11.75	15.00	16.50	19.25	22.50	25.60
FF 300 ANSI	-	-	3.06	3.25	3.75	4.13	5.00	6.25	7.50	8.75	10.25	11.50	12.75	15.00	16.50	19.25	24.00	25.60
G Roscada	1.88	1.88	1.88	3.25	4.00	4.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GG 150 ANSI	-	-	4.00	3.25	4.00	4.00	5.00	6.00	8.00	8.62	13.75	14.88	15.69	-	-	22.06	-	-
GGG 300 ANSI	-	-	4.25	3.50	4.31	4.38	5.31	6.50	8.50	9.31	14.50	15.62	16.50	-	-	22.90	-	-
GGGG Conexión Ranurada	-	-	-	3.25	-	4.25	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H Conexiones en Cuerpo NPT	.375	.375	.375	.375	.50	.50	.75	.75	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
J Tapón central en Tapa NPT	.25	.25	.25	.50	.50	.50	.75	.75	1	1	1.25	1.5	2	1.5	1.5	1.5	2	2
K Conexiones en Tapa NPT	.375	.375	.375	.375	.50	.50	.75	.75	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Recorrido del Vástago	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	1.1	1.7	2.3	2.8	3.4	4.0	4.5	5.1	5.63	6.75	7.5	8.5
Peso aproximado en Lbs.	15	15	15	35	50	70	140	285	500	780	1165	1600	2265	2982	3900	6200	7703	11720
X Sistema de Pilotos	11	11	11	13	14	15	17	29	31	33	36	40	40	43	47	68	79	85
Y Sistema de Pilotos	9	9	9	9	10	11	12	20	22	24	26	29	30	32	34	39	40	45
Z Sistema de Pilotos	9	9	9	9	10	11	12	20	22	24	26	29	30	32	34	39	42	47

**Ilustración:** Dimensiones de modelo 90-01 (pulgadas).

90-01 Selección de Válvula	100-01 Tipo: Globo (G), Ángulo (A), Conexiones: Roscada (T), Ranurada (GR), Bridada (F) Indican Diametros Disponibles																		
	Pulgadas	1	1½	1½	2	2½	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30	36
	mm	25	32	40	50	65	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	750	900
Válvula Básica 100-01	Tipo	G, A	G, A	G, A	G, A	G, A	G, A	G, A	G, A	G, A	G, A	G, A	G, A	G, A	G	G	G, A	G	G
	Conexione	T	T	T, F, Gr*	T, F, Gr	T, F, Gr*	T, F, Gr	F, Gr	F, Gr*	F, Gr*	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Flujo Sugerido (gpm)	Máximo	55	93	125	210	300	460	800	1800	3100	4900	7000	8400	11000	14000	17000	25000	42000	50000
	Max. Intermitente	68	120	160	260	370	580	990	2250	3900	6150	8720	10540	13700	17500	21700	31300	48000	62500
	Minimo	1	1	1	1	2	2	4	10	15	35	50	70	95	120	150	275	450	650
Flujo Sugerido (Litros/Seg)	Máximo	3.5	6	8	13	19	29	50	113	195	309	442	530	694	883	1073	1577	2650	3150
	Max. Intermitente	4.3	7.6	10	16	23	37	62	142	246	387	549	664	863	1104	1369	1972	3028	3940
	Minimo	.03	.03	.03	.06	.09	0.13	0.25	0.63	0.95	2.2	3.2	4.4	6.0	7.6	9.5	17.4	28.4	41.0
La Serie 100-01 es una Hytrol de puerto completo para valvulas basicas. Para Flujos Bajos Consulte a Fabrica. *Ranurada Solamente																			

**Ilustración:** Selección de válvulas marca CLA-VAL.

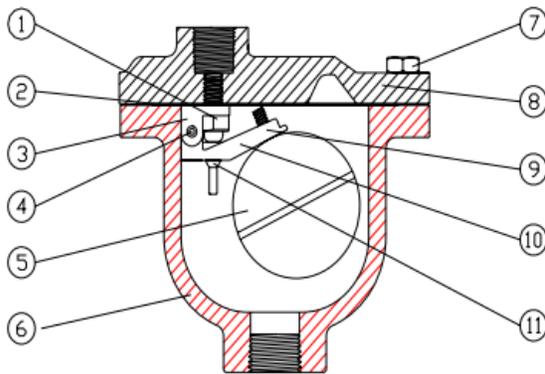
Con base en la imagen anterior, la elección del tamaño de válvulas se hace con referencia al tamaño del conducto al que se unirá y a la cantidad de flujo que pasará en un instante de tiempo determinado, los rangos de ajuste de las válvulas se acuerdan directamente con el fabricante.

Los rangos de ajuste convencionales que maneja el fabricante de válvulas (CLA-VAL), varían de la siguiente manera:

- 2 a 30 psi
- 15 a 75 psi
- 20 a 105 psi
- 30 a 300 psi



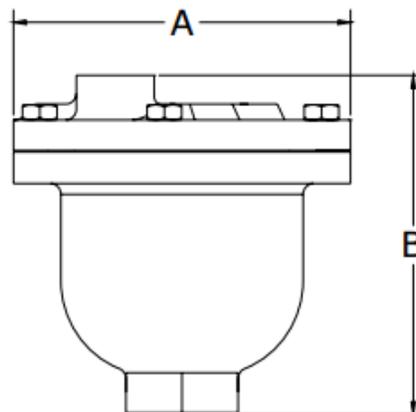
**Ilustración:** Válvula de expulsión de aire (Vayremex).



MATERIALES DE CONSTRUCCION		
No.	PARTE	MATERIAL
1	Asiento	Derlin
2	Junta de tapa	Kevlar
3	Horquilla	Derlin
4	Perno	Acero inoxidable
5	Flotador	Acero inoxidable
6	Cuerpo	Hierro Gris ASTM A-126 Grado B
7	Tornillos	Acero SAE Grado 2 galvanizado
8	Tapa	Hierro Gris ASTM A-126 Grado B
9	Tuerca	Acero inoxidable
10	Brazo	Derlin
11	Obturador	Buna-N

**Tabla:** Medidas de válvulas de expulsión de aire modelo (EAP) Vayremex

MODELO	CONEXIÓN	DIAMETRO DE ORIFICIO	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO	A	B	PESO APROXIMADO
EAP25	1/2", 3/4" y 1"	1/16"	1-150 psi	4-7/8"	4-3/4"	2 Kg.
EAP26	1", 1-1/2" y 2"	1/8"	1-150 psi	5-7/8"	6-1/2"	4.5 Kg.
EAP26	1", 1-1/2" y 2"	1/16"	1-300 psi	5-7/8"	6-1/2"	4.5 Kg.



# **ANEXO 3**

## **TABLA DE RESULTADOS EN CONEXIONES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN (EPANET)**

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 1	2433	0.122	2462.9	29.9
Conexión 2	2437	0.357	2466.08	29.08
Conexión 3	2439	0.481	2468.73	29.73
Conexión 4	2439	0.126	2467.67	28.67
Conexión 5	2439	0.605	2467.23	28.23
Conexión 6	2440	0.479	2464.05	24.05
Conexión 7	2440	0.119	2461.06	21.06
Conexión 8	2440	0.587	2469.57	29.57
Conexión 9	2440	0.375	2468.46	28.46
Conexión 10	2440	0.089	2467.12	27.12
Conexión 11	2443	0.176	2465.44	22.44
Conexión 12	2444	0.204	2467.96	23.96
Conexión 13	2446	0.116	2467.51	21.51
Conexión 14	2449	0.113	2466.26	17.26
Conexión 15	2449	0.129	2465.2	16.2
Conexión 18	2449	0.085	2464.02	15.02
Conexión 19	2436	0.517	2470.28	34.28
Conexión 20	2434	0.466	2471.14	37.14
Conexión 21	2434	0.239	2469.16	35.16
Conexión 22	2434	0.265	2467.51	33.51
Conexión 23	2434	0.23	2465.04	31.04
Conexión 24	2435	0.074	2464.23	29.23
Conexión 25	2430	0.677	2472.69	42.69
Conexión 26	2431	0.346	2464.65	33.65
Conexión 27	2431	0.293	2467.41	36.41
Conexión 28	2431	0.383	2471.8	40.8
Conexión 29	2432	0.132	2467.86	35.86
Conexión 30	2430	0.454	2475.07	45.07
Conexión 31	2429	0.299	2474.8	45.8
Conexión 32	2428	0.672	2474.54	46.54
Conexión 33	2429	0.339	2472.15	43.15
Conexión 34	2429	0.296	2469.82	40.82
Conexión 35	2429	0.243	2467.29	38.29
Conexión 36	2429	0.379	2464.76	35.76
Conexión 37	2430	0.167	2464.31	34.31
Conexión 38	2430	0.196	2463.15	33.15
Conexión 39	2430	0.149	2461.88	31.88
Conexión 40	2433	0.154	2460.78	27.78
Conexión 41	2434	0.209	2459.53	25.53
Conexión 42	2435	0.208	2456.08	21.08
Conexión 43	2438	0.131	2454.67	16.67
Conexión 44	2444	0.059	2454.22	10.22
Conexión 45	2427	0.749	2474.32	47.32
Conexión 46	2428	0.384	2473.95	45.95
Conexión 47	2426	0.414	2473.61	47.61
Conexión 48	2424	0.388	2470.78	46.78
Conexión 49	2423	0.578	2470.51	47.51
Conexión 50	2422	0.422	2468.9	46.9

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 51	2422	0.738	2467.26	45.26
Conexión 52	2425	0.315	2463.4	38.4
Conexión 53	2426	0.159	2462.1	36.1
Conexión 54	2426	0.177	2460.24	34.24
Conexión 55	2427	0.371	2464.75	37.75
Conexión 56	2429	0.169	2463.88	34.88
Conexión 57	2432	0.133	2463.33	31.33
Conexión 58	2435	0.154	2462.43	27.43
Conexión 59	2439	0.204	2461.35	22.35
Conexión 60	2447	0.178	2460.16	13.16
Conexión 61	2451	0.141	2459.09	8.09
Conexión 62	2458	0.156	2458.11	0.11
Conexión 66	2430	0.202	2463.18	33.18
Conexión 67	2429	0.172	2461.71	32.71
Conexión 68	2429	0.279	2458.34	29.34
Conexión 69	2433	0.124	2455.01	22.01
Conexión 70	2429	0.256	2460.49	31.49
Conexión 71	2432	0.184	2459.23	27.23
Conexión 72	2435	0.085	2458.05	23.05
Conexión 73	2427	0.164	2461.75	34.75
Conexión 74	2428	0.166	2463.22	35.22
Conexión 75	2427	0.377	2465.64	38.63
Conexión 76	2424	0.348	2467.94	43.94
Conexión 77	2425	0.21	2466.97	41.97
Conexión 78	2426	0.261	2466.26	40.26
Conexión 79	2427	0.258	2465.23	38.23
Conexión 83	2427	0.248	2458.68	31.68
Conexión 84	2430	0.124	2455.37	25.37
Conexión 85	2432	0.159	2459.03	27.03
Conexión 86	2424	0.239	2468.62	44.62
Conexión 87	2423	0.264	2469.51	46.51
Conexión 89	2422	0.204	2462.82	40.82
Conexión 90	2421	0.286	2462.63	41.63
Conexión 91	2422	0.224	2457.63	35.63
Conexión 92	2421	0.288	2447.81	26.81
Conexión 93	2421	0.348	2427.12	6.12
Conexión 94	2422	0.171	2424.33	2.33
Conexión 95	2420	0.236	2462.44	42.44
Conexión 96	2420	0.159	2461.43	41.43
Conexión 97	2420	0.17	2459.32	39.32
Conexión 98	2420	0.139	2458.87	38.87
Conexión 100	2421	0.206	2461.67	40.67
Conexión 101	2420	0.122	2461.06	41.06
Conexión 102	2421	0.128	2460.87	39.87
Conexión 103	2419	0.185	2460.23	41.23
Conexión 104	2418	0.324	2459.69	41.69
Conexión 105	2418	0.136	2455.4	37.4
Conexión 106	2418	0.25	2459.1	41.1

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 107	2418	0.154	2455.52	37.52
Conexión 108	2418	0.119	2451.72	33.72
Conexión 109	2418	0.123	2450.69	32.69
Conexión 110	2419	0.225	2448.24	29.24
Conexión 111	2415	0.269	2442.36	27.36
Conexión 112	2417	0.207	2437.12	20.12
Conexión 113	2418	0.071	2436.39	18.39
Conexión 114	2418	0.44	2451.83	33.83
Conexión 115	2417	0.312	2450.42	33.42
Conexión 116	2421	0.21	2449.33	28.33
Conexión 117	2423	0.128	2448.98	25.98
Conexión 118	2423	0.244	2447.61	24.61
Conexión 119	2423	0.225	2445.26	22.26
Conexión 120	2422	0.08	2444.3	22.3
Conexión 121	2412	0.559	2451.01	39.01
Conexión 122	2413	0.244	2448.21	35.21
Conexión 123	2416	0.104	2446.16	30.16
Conexión 124	2409	0.467	2450.39	41.39
Conexión 125	2410	0.23	2445.38	35.38
Conexión 127	2408	0.265	2450.15	42.15
Conexión 128	2408	0.197	2445.62	37.62
Conexión 129	2411	0.077	2444.72	33.72
Conexión 130	2407	0.225	2450.01	43.01
Conexión 131	2409	0.205	2445.02	36.02
Conexión 132	2412	0.085	2443.84	31.84
Conexión 133	2406	0.202	2449.9	43.9
Conexión 134	2408	0.286	2447.82	39.82
Conexión 135	2409	0.283	2447	38
Conexión 136	2411	0.362	2446.03	35.03
Conexión 137	2412	0.144	2441.01	29.01
Conexión 138	2413	0.158	2443.91	30.91
Conexión 139	2412	0.176	2440.88	28.88
Conexión 140	2414	0.092	2439.42	25.42
Conexión 141	2410	0.242	2446.5	36.5
Conexión 142	2409	0.09	2445.12	36.12
Conexión 143	2411	0.298	2446.11	35.11
Conexión 144	2409	0.153	2444.04	35.04
Conexión 145	2413	0.284	2445.51	32.51
Conexión 146	2410	0.153	2443.44	33.44
Conexión 147	2405	0.2	2445.88	40.88
Conexión 148	2403	0.454	2442.45	39.45
Conexión 149	2403	0.101	2441.84	38.84
Conexión 150	2404	0.282	2441.05	37.05
Conexión 151	2406	0.217	2435.65	29.65
Conexión 152	2403	0.299	2440.01	37.01
Conexión 153	2403	0.227	2439.05	36.05
Conexión 154	2403	0.288	2435.79	32.79
Conexión 155	2401	0.206	2433.37	32.37

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 156	2400	0.24	2430.01	30.01
Conexión 157	2401	0.256	2432.33	31.33
Conexión 158	2400	0.171	2434.42	34.42
Conexión 159	2401	0.198	2437.05	36.05
Conexión 160	2402	0.232	2440.1	38.1
Conexión 161	2403	0.141	2442.09	39.09
Conexión 162	2412	0.118	2444.66	32.66
Conexión 163	2412	0.195	2444.02	32.02
Conexión 164	2412	0.21	2442.76	30.76
Conexión 165	2413	0.18	2440.97	27.97
Conexión 166	2415	0.223	2439.5	24.5
Conexión 167	2417	0.161	2437.13	20.13
Conexión 168	2412	0.158	2443.3	31.3
Conexión 169	2412	0.249	2439.8	27.8
Conexión 170	2414	0.222	2440.19	26.19
Conexión 171	2416	0.167	2441.71	25.71
Conexión 172	2415	0.146	2444.97	29.97
Conexión 173	2414	0.194	2445.58	31.58
Conexión 174	2413	0.213	2445.11	32.11
Conexión 175	2411	0.069	2444.45	33.45
Conexión 176	2409	0.231	2443.73	34.73
Conexión 177	2410	0.197	2442.16	32.16
Conexión 178	2413	0.078	2441.23	28.23
Conexión 179	2412	0.281	2446.31	34.31
Conexión 180	2410	0.136	2445.58	35.58
Conexión 181	2407	0.126	2445.2	38.2
Conexión 182	2399	0.141	2444.04	45.04
Conexión 183	2398	0.275	2443.25	45.25
Conexión 184	2399	0.13	2439.46	40.46
Conexión 185	2402	0.129	2442.17	40.17
Conexión 186	2410	0.105	2441.41	31.41
Conexión 187	2414	0.053	2441.09	27.09
Conexión 188	2415	0.166	2447.14	32.14
Conexión 189	2415	0.382	2447.33	32.33
Conexión 190	2415	0.31	2445.47	30.47
Conexión 191	2415	0.143	2444.78	29.78
Conexión 192	2415	0.227	2444.57	29.57
Conexión 193	2416	0.101	2443.81	27.81
Conexión 194	2416	0.228	2443.26	27.26
Conexión 195	2415	0.087	2442.01	27.01
Conexión 196	2415	0.234	2441.14	26.14
Conexión 197	2415	0.14	2436.5	21.5
Conexión 198	2415	0.259	2441.37	26.37
Conexión 199	2417	0.122	2438.19	21.19
Conexión 200	2417	0.269	2448.12	31.12
Conexión 201	2417	0.404	2449.38	32.38
Conexión 202	2417	0.135	2445.2	28.2
Conexión 203	2416	0.194	2450.39	34.39

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 204	2415	0.521	2451.23	36.23
Conexión 205	2412	0.114	2448.58	36.58
Conexión 206	2416	0.397	2451.73	35.73
Conexión 207	2416	0.392	2450.37	34.37
Conexión 208	2417	0.242	2447.83	30.83
Conexión 209	2416	0.128	2444.22	28.22
Conexión 210	2416	0.205	2446.11	30.11
Conexión 211	2416	0.141	2444.6	28.6
Conexión 212	2416	0.083	2443.49	27.49
Conexión 213	2417	0.282	2462.74	45.74
Conexión 214	2417	0.496	2463.49	46.49
Conexión 215	2418	0.222	2464.22	46.22
Conexión 216	2417	0.214	2464.67	47.67
Conexión 217	2418	0.145	2463.92	45.92
Conexión 218	2418	0.277	2456.18	38.18
Conexión 219	2418	0.276	2448.21	30.21
Conexión 220	2417	0.302	2444.16	27.16
Conexión 221	2415	0.258	2442.62	27.62
Conexión 222	2412	0.185	2438.76	26.76
Conexión 223	2411	0.055	2438.4	27.4
Conexión 224	2417	0.169	2441.94	24.94
Conexión 225	2416	0.22	2439.95	23.95
Conexión 226	2415	0.109	2437.6	22.6
Conexión 227	2418	0.544	2465.41	47.41
Conexión 228	2419	0.218	2459.95	40.95
Conexión 229	2418	0.199	2464.18	46.18
Conexión 230	2421	0.17	2463.21	42.21
Conexión 231	2422	0.089	2462.74	40.74
Conexión 232	2421	0.598	2466.28	45.28
Conexión 233	2423	0.267	2471	48
Conexión 234	2426	0.347	2472.41	46.41
Conexión 235	2425	0.342	2469.03	44.03
Conexión 236	2425	0.767	2464.42	39.42
Conexión 237	2422	0.255	2449.55	27.55
Conexión 238	2422	0.142	2446.51	24.51
Conexión 239	2422	0.201	2441.95	19.95
Conexión 240	2422	0.094	2441.4	19.4
Conexión 241	2423	0.314	2458.4	35.4
Conexión 242	2423	0.184	2451.43	28.43
Conexión 243	2422	0.223	2450.27	28.27
Conexión 244	2422	0.105	2449.53	27.53
Conexión 245	2421	0.073	2449.49	28.49
Conexión 246	2427	0.17	2472.79	45.79
Conexión 247	2426	0.348	2473.07	47.07
Conexión 248	2426	0.375	2462.52	36.52

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 249	2425	0.821	2472.17	47.17
Conexión 250	2424	0.251	2448.89	24.89
Conexión 251	2427	0.211	2473.56	46.56
Conexión 252	2429	0.196	2473.93	44.93
Conexión 253	2430	0.151	2472.19	42.19
Conexión 254	2429	0.257	2466.44	37.44
Conexión 255	2427	0.313	2466.91	39.91
Conexión 256	2429	0.434	2474.52	45.52
Conexión 257	2429	0.519	2475.28	46.28
Conexión 258	2430	0.43	2475.57	45.57
Conexión 259	2431	0.119	2475.42	44.42
Conexión 260	2432	0.188	2475.34	43.34
Conexión 261	2430	0.223	2474.68	44.68
Conexión 262	2430	0.286	2473.03	43.03
Conexión 263	2430	0.087	2471.77	41.77
Conexión 264	2432	0.259	2470.46	38.46
Conexión 265	2432	0.064	2469.91	37.91
Conexión 266	2433	0.107	2468.24	35.24
Conexión 267	2429	0.337	2475.87	46.87
Conexión 268	2430	0.264	2478.02	48.02
Conexión 269	2430	0.199	2478.21	48.21
Conexión 270	2433	0.145	2476.88	43.88
Conexión 271	2432	0.18	2473.52	41.52
Conexión 272	2431	0.085	2472.34	41.34
Conexión 273	2430	0.336	2478.26	48.26
Conexión 274	2429	0.269	2470.7	41.7
Conexión 275	2431	0.211	2467.35	36.35
Conexión 276	2431	0.215	2462.4	31.4
Conexión 277	2429	0.19	2455.92	26.92
Conexión 278	2428	0.132	2453.75	25.75
Conexión 279	2428	0.191	2451.34	23.34
Conexión 280	2422	0.253	2448.61	26.61
Conexión 281	2421	0.067	2447.99	26.99
Conexión 282	2422	0.213	2446.96	24.96
Conexión 283	2423	0.249	2445.19	22.19
Conexión 284	2423	0.184	2443.92	20.92
Conexión 285	2424	0.219	2443.05	19.05
Conexión 286	2424	0.195	2447.99	23.99
Conexión 287	2425	0.258	2449	24
Conexión 288	2427	0.122	2445.83	18.83
Conexión 289	2425	0.172	2450.91	25.91
Conexión 290	2427	0.308	2453.96	26.96
Conexión 291	2426	0.124	2452.81	26.81
Conexión 292	2429	0.149	2457.37	28.37
Conexión 293	2428	0.193	2459.83	31.83

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 294	2426	0.396	2467.35	41.35
Conexión 295	2428	0.321	2469.7	41.7
Conexión 296	2419	0.704	2458.57	39.57
Conexión 297	2414	0.431	2441.4	27.4
Conexión 298	2413	0.366	2436.18	23.18
Conexión 299	2411	0.11	2433.78	22.78
Conexión 300	2410	0.552	2432.75	22.75
Conexión 301	2401	0.168	2430.09	29.09
Conexión 302	2410	0.117	2431.84	21.84
Conexión 303	2413	0.524	2430.45	17.45
Conexión 304	2417	0.259	2421.67	4.67
Conexión 305	2412	0.266	2438.74	26.74
Conexión 306	2410	0.204	2441.07	31.07
Conexión 307	2406	0.201	2443.38	37.38
Conexión 308	2404	0.336	2445.71	41.71
Conexión 309	2412	0.159	2439.13	27.12
Conexión 310	2403	0.329	2446.98	43.98
Conexión 311	2412	0.438	2448.7	36.7
Conexión 312	2406	0.255	2439.35	33.35
Conexión 313	2405	0.065	2438.78	33.78
Conexión 314	2413	0.364	2449.37	36.37
Conexión 315	2414	0.351	2447.11	33.11
Conexión 316	2416	0.189	2443.43	27.43
Conexión 317	2405	0.275	2438.56	33.57
Conexión 318	2401	0.181	2440.22	39.22
Conexión 319	2408	0.124	2441.82	33.82
Conexión 320	2411	0.148	2442.81	31.81
Conexión 321	2411	0.283	2443.89	32.89
Conexión 322	2410	0.266	2446.24	36.24
Conexión 323	2410	0.177	2447.65	37.65
Conexión 324	2412	0.249	2449.26	37.26
Conexión 325	2408	0.248	2450.58	42.58
Conexión 326	2408	0.196	2451.42	43.42
Conexión 327	2408	0.523	2452.57	44.57
Conexión 328	2408	0.217	2446.95	38.95
Conexión 329	2399	0.225	2440.53	41.53
Conexión 330	2397	0.194	2438.68	41.68
Conexión 331	2395	0.388	2433.48	38.48
Conexión 332	2398	0.151	2427.77	29.77
Conexión 333	2395	0.271	2430.32	35.32
Conexión 334	2397	0.164	2423.15	26.15
Conexión 335	2409	0.231	2450.12	41.12
Conexión 336	2407	0.088	2448.83	41.83
Conexión 337	2412	0.276	2454.37	42.37
Conexión 338	2414	0.147	2454.93	40.93
Conexión 339	2416	0.271	2455.75	39.75
Conexión 340	2414	0.149	2451.51	37.51
Conexión 341	2415	0.247	2449.65	34.65

Tabla de Red - Nudos en 7:00 Hrs

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 342	2412	0.183	2439.96	27.96
Conexión 343	2417	0.298	2458.54	41.54
Conexión 344	2420	0.511	2461.1	41.1
Conexión 345	2421	0.424	2462.66	41.66
Conexión 346	2422	0.371	2464.67	42.67
Conexión 347	2423	0.502	2466.28	43.28
Conexión 348	2423	0.185	2466.21	43.2
Conexión 349	2424	0.408	2466.55	42.55
Conexión 350	2428	0.334	2460.98	32.98
Conexión 351	2427	0.206	2447.55	20.55
Conexión 352	2431	0.677	2478.56	47.56
Conexión 353	2443	0.239	2471.51	28.51
Conexión 354	2432	0.737	2478.87	46.87
Conexión 355	2452	0.353	2479.19	27.19
Conexión 356	2439	0.555	2478.21	39.21
Conexión 357	2430	0.451	2475.68	45.68
Conexión 358	2428	0.216	2460.38	32.38
Conexión 359	2440	0.508	2477.98	37.98
Conexión 360	2429	0.256	2469.48	40.48
Conexión 361	2438	0.389	2477.22	39.22
Conexión 362	2430	0.421	2473.28	43.28
Conexión 363	2440	0.167	2474.5	34.5
Conexión 364	2440	0.443	2472.45	32.45
Conexión 365	2428	0.408	2469.4	41.4
Conexión 366	2438	0.578	2471.25	33.25
Conexión 367	2423	0.326	2465.74	42.74
Conexión 368	2436	0.419	2478.62	42.62
Conexión 369	2432	0.114	2475.99	43.99
Conexión 370	2428	0.414	2457.2	29.2

# **ANEXO 4**

## **TABLA DE RESULTADOS EN TUBERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN (EPANET).**

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd.Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 1	34.4	15.3	0.18	1	92.51	0.028
Tubería 2	66.2	30.2	0.72	1	40.04	0.024
Tubería 3	23.8	43.1	1.99	1.37	44.73	0.02
Tubería 4	11.7	43.1	1.8	1.24	37.45	0.021
Tubería 5	101.3	34.5	0.9	0.96	31.39	0.023
Tubería 6	33.7	15.3	0.18	0.97	88.58	0.028
Tubería 7	45.3	63.5	3.43	1.08	18.43	0.02
Tubería 8	31.1	34.5	0.96	1.03	35.4	0.023
Tubería 9	25.1	15.3	0.13	0.73	53.47	0.03
Tubería 10	49.5	19.1	0.26	0.92	61.13	0.027
Tubería 11	23.9	15.3	0.13	0.69	49.37	0.031
Tubería 12	44.4	34.5	0.97	1.04	36.09	0.023
Tubería 13	13	30.2	0.66	0.93	34.88	0.024
Tubería 14	19.6	23.8	0.49	1.1	63.62	0.024
Tubería 15	12.3	19.1	0.32	1.12	86.1	0.026
Tubería 18	44.5	81.7	6.24	1.19	16.06	0.018
Tubería 19	43.5	81.7	7.02	1.34	19.82	0.018
Tubería 20	37	34.5	1.21	1.3	53.52	0.022
Tubería 21	30.5	30.2	0.85	1.19	54.3	0.023
Tubería 22	44	23.8	0.46	1.02	55.95	0.025
Tubería 23	20.9	15.3	0.11	0.6	38.86	0.032
Tubería 24	50.7	81.7	8.93	1.7	30.58	0.017
Tubería 25	40	19.1	0.52	1.81	201.03	0.023
Tubería 26	55.8	15.3	0.19	1.01	94.65	0.028
Tubería 27	26.7	15.3	0.25	1.38	164.36	0.026
Tubería 28	37.1	15.3	0.2	1.08	106.16	0.027
Tubería 29	44.1	30.3	1.03	1.42	74.16	0.022
Tubería 30	42.6	231.2	59.38	1.41	6.3	0.014
Tubería 31	41.8	231.2	58.93	1.4	6.21	0.014
Tubería 32	42.4	52.2	3.8	1.77	56.48	0.018
Tubería 33	53.3	52.2	3.29	1.54	43.63	0.019
Tubería 34	30	43.1	2.84	1.95	84.39	0.019
Tubería 35	38.3	43.1	2.48	1.7	65.99	0.019
Tubería 36	10.9	43.1	1.91	1.31	41.41	0.02
Tubería 37	36.1	43.1	1.66	1.14	32.24	0.021
Tubería 38	19.2	34.5	1.37	1.46	66.14	0.021
Tubería 39	22.8	34.5	1.14	1.22	48.11	0.022
Tubería 40	20.5	30.2	0.91	1.27	60.89	0.022

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd.Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 41	38.4	23.8	0.6	1.34	89.99	0.023
Tubería 42	20.2	19.1	0.28	0.99	69.89	0.026
Tubería 43	16.8	15.3	0.09	0.48	26.32	0.034
Tubería 44	61.1	231.2	43.48	1.04	3.57	0.015
Tubería 45	56.5	195.1	39.09	1.31	6.68	0.015
Tubería 46	51.7	195.1	38.51	1.29	6.5	0.015
Tubería 47	30	195.1	37.89	1.27	6.32	0.015
Tubería 48	44.2	195.1	37.31	1.25	6.14	0.015
Tubería 49	45.9	52.2	2.9	1.36	34.97	0.019
Tubería 50	72.9	52.2	2.27	1.06	22.55	0.021
Tubería 51	77.5	34.5	1.16	1.25	49.83	0.022
Tubería 52	11.1	23.8	0.69	1.55	116.81	0.023
Tubería 53	33.6	23.8	0.45	1.02	55.35	0.025
Tubería 54	16.1	15.3	0.19	1.02	96.7	0.028
Tubería 55	19	15.3	0.37	2.01	319.39	0.024
Tubería 56	26	43.1	1.7	1.17	33.76	0.021
Tubería 57	21.5	43.1	1.45	0.99	25.35	0.022
Tubería 58	16	34.5	1.25	1.34	56.51	0.021
Tubería 59	27.4	34.5	1.02	1.09	39.3	0.022
Tubería 60	30.1	30.2	0.71	0.99	39.46	0.024
Tubería 61	20	23.8	0.45	1	53.7	0.025
Tubería 62	19.8	19.1	0.23	0.82	49.51	0.028
Tubería 66	33.4	30.2	0.79	1.1	47.16	0.023
Tubería 67	23.6	23.8	0.49	1.09	62.4	0.025
Tubería 68	24.9	15.3	0.23	1.24	135.05	0.027
Tubería 69	35	15.3	0.19	1.01	95.18	0.028
Tubería 70	18.8	19.1	0.38	1.32	114.42	0.025
Tubería 71	28.1	23.8	0.4	0.91	45.13	0.026
Tubería 72	23.8	15.3	0.13	0.69	49.37	0.031
Tubería 73	25.2	34.5	1.16	1.25	49.88	0.022
Tubería 74	20.9	34.5	1.41	1.51	70.13	0.021
Tubería 75	25.8	34.5	1.66	1.78	93.73	0.02
Tubería 76	35.3	43.1	2.46	1.69	65.31	0.019
Tubería 77	32.2	63.5	4.51	1.42	30.05	0.018
Tubería 78	26.9	63.5	4.2	1.32	26.4	0.019
Tubería 79	46.7	63.5	3.8	1.2	22.15	0.019
Tubería 80	26	63.5	3.42	1.08	18.28	0.02
Tubería 84	34.8	15.3	0.19	1.01	95.18	0.028

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd.Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 85	44.9	15.3	0.24	1.3	147.06	0.026
Tubería 86	30.4	81.7	7.5	1.43	22.31	0.017
Tubería 87	36.8	81.7	7.86	1.5	24.27	0.017
Tubería 88	37.6	81.7	8.25	1.57	26.51	0.017
Tubería 89	15.1	156.5	25.29	1.31	8.77	0.016
Tubería 90	22.3	156.5	24.98	1.3	8.58	0.016
Tubería 91	32	30.2	1.55	2.16	156.46	0.02
Tubería 92	31	23.8	1.21	2.72	316.76	0.02
Tubería 93	50	19.1	0.78	2.72	413.72	0.021
Tubería 94	48	19.1	0.26	0.9	58.12	0.027
Tubería 95	26.3	156.5	23.01	1.2	7.4	0.016
Tubería 96	8.4	23.8	0.7	1.58	119.91	0.022
Tubería 97	36.6	23.8	0.46	1.04	57.57	0.025
Tubería 98	11.3	19.1	0.21	0.73	40.5	0.029
Tubería 100	31.7	120.3	21.95	1.93	24.13	0.015
Tubería 101	26.2	120.3	21.64	1.9	23.51	0.015
Tubería 102	8.2	120.3	21.46	1.89	23.16	0.015
Tubería 103	27.8	120.3	21.27	1.87	22.78	0.015
Tubería 104	24.4	120.3	20.99	1.85	22.24	0.015
Tubería 105	38.4	15.3	0.2	1.11	111.85	0.027
Tubería 106	28.3	120.3	20.3	1.79	20.94	0.016
Tubería 107	18.3	30.2	1.75	2.45	195.65	0.019
Tubería 108	25	30.2	1.52	2.12	151.88	0.02
Tubería 109	8.5	30.2	1.34	1.87	121.51	0.021
Tubería 110	26.2	30.2	1.16	1.62	93.34	0.021
Tubería 111	37.2	23.8	0.82	1.84	158.19	0.022
Tubería 112	38.4	19.1	0.42	1.46	136.5	0.024
Tubería 113	20	15.3	0.11	0.58	36.18	0.032
Tubería 114	13.9	120.3	18.17	1.6	17.13	0.016
Tubería 115	37.9	43.1	1.8	1.23	37.23	0.021
Tubería 116	50	43.1	1.33	0.91	21.79	0.022
Tubería 117	9	34.5	1.02	1.09	39.09	0.022
Tubería 118	26.9	30.2	0.82	1.15	50.96	0.023
Tubería 119	41.7	23.8	0.46	1.03	56.27	0.025
Tubería 120	21.6	15.3	0.12	0.65	44.46	0.031
Tubería 121	62.2	120.3	15.71	1.38	13.17	0.016
Tubería 122	39.4	23.8	0.52	1.17	70.99	0.024
Tubería 123	29.3	15.3	0.16	0.85	70.06	0.029

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd.Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 124	55.7	120.3	14.35	1.26	11.18	0.017
Tubería 125	51.2	19.1	0.34	1.2	97.74	0.025
Tubería 127	24.6	120.3	13.31	1.17	9.76	0.017
Tubería 128	34	19.1	0.41	1.43	133.05	0.024
Tubería 129	21.6	15.3	0.12	0.63	41.62	0.032
Tubería 130	16.1	120.3	12.5	1.1	8.72	0.017
Tubería 131	33.9	19.1	0.44	1.52	147.08	0.024
Tubería 132	23.9	15.3	0.13	0.69	49.37	0.031
Tubería 133	13.3	120.3	11.73	1.03	7.78	0.017
Tubería 134	43.7	81.7	11.42	2.18	47.7	0.016
Tubería 135	17.8	63.5	5.73	1.81	46.13	0.018
Tubería 136	40.5	43.1	1.4	0.96	23.79	0.022
Tubería 142	40.6	15.3	0.22	1.17	123.61	0.027
Tubería 143	20.9	23.8	0.64	1.44	101.5	0.023
Tubería 144	23.7	19.1	0.4	1.4	127.95	0.024
Tubería 145	25.8	15.3	0.14	0.75	56.62	0.03
Tubería 146	21.5	63.5	3.9	1.23	23.19	0.019
Tubería 147	25.3	15.3	0.14	0.73	54.5	0.03
Tubería 148	21.4	63.5	3.41	1.08	18.16	0.02
Tubería 149	43.2	19.1	0.23	0.8	47.86	0.028
Tubería 150	19.3	52.2	2.73	1.28	31.28	0.02
Tubería 151	43.1	19.1	0.23	0.8	47.86	0.028
Tubería 152	19	52.2	5.27	2.46	101.93	0.017
Tubería 153	37.4	52.2	4.97	2.32	91.7	0.017
Tubería 154	10.3	30.2	0.9	1.26	59.65	0.022
Tubería 155	18.2	30.2	0.75	1.04	43.05	0.023
Tubería 156	61.2	19.1	0.33	1.14	88.24	0.026
Tubería 157	68.4	43.1	1.75	1.2	35.63	0.021
Tubería 158	15.7	34.5	1.31	1.4	61.15	0.021
Tubería 159	48.3	30.2	0.97	1.35	67.6	0.022
Tubería 160	32.8	23.8	0.53	1.2	73.84	0.024
Tubería 161	25.3	15.3	0.22	1.22	132.54	0.027
Tubería 162	42.3	15.3	0.14	0.74	54.67	0.03
Tubería 163	29.7	23.8	0.52	1.17	70.33	0.024
Tubería 164	18.4	23.8	0.78	1.74	143.17	0.022
Tubería 165	37.4	30.2	1.07	1.5	81.47	0.022
Tubería 166	28	34.5	1.42	1.52	71.02	0.021
Tubería 167	11.7	43.1	1.63	1.12	31.32	0.021

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd.Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 168	17.6	43.1	2.07	1.42	47.96	0.02
Tubería 169	15.7	43.1	1.9	1.3	40.9	0.02
Tubería 170	25.5	34.5	1.16	1.24	49.59	0.022
Tubería 171	33.4	30.2	0.85	1.18	53.45	0.023
Tubería 172	17.4	23.8	0.58	1.29	84.46	0.024
Tubería 173	45.3	19.1	0.24	0.84	52.31	0.028
Tubería 174	13.6	23.8	0.44	0.99	53.1	0.025
Tubería 175	30.8	15.3	0.21	1.12	113.44	0.027
Tubería 176	39.4	23.8	0.17	0.38	9.81	0.032
Tubería 177	23	23.8	0.5	1.13	65.99	0.024
Tubería 178	24.1	23.8	0.75	1.69	135.27	0.022
Tubería 179	17.1	34.5	0.97	1.04	36.08	0.023
Tubería 180	9.2	34.5	1.18	1.26	51.2	0.022
Tubería 181	19.4	15.3	0.1	0.56	34.45	0.033
Tubería 182	31.4	30.2	0.76	1.06	44.11	0.023
Tubería 183	33.5	23.8	0.41	0.93	46.91	0.025
Tubería 184	21.9	15.3	0.12	0.64	42.56	0.032
Tubería 185	28.4	52.2	2.44	1.14	25.68	0.02
Tubería 186	23.3	43.1	1.64	1.13	31.69	0.021
Tubería 187	15.1	43.1	1.44	0.99	25.04	0.022
Tubería 188	10	34.5	1.25	1.34	56.55	0.021
Tubería 189	19.3	34.5	1.04	1.11	40.65	0.022
Tubería 190	36.7	15.3	0.19	1.06	103.36	0.028
Tubería 191	21.5	23.8	0.43	0.97	50.56	0.025
Tubería 192	14.9	19.1	0.24	0.83	50.62	0.028
Tubería 193	14.8	15.3	0.08	0.43	21.9	0.035
Tubería 194	27.5	63.5	4.51	1.42	30.01	0.018
Tubería 195	19.3	81.7	4.76	0.91	9.87	0.019
Tubería 196	57.6	52.2	2.78	1.3	32.27	0.02
Tubería 197	29.8	52.2	2.31	1.08	23.26	0.02
Tubería 198	10.4	52.2	2.1	0.98	19.56	0.021
Tubería 199	14.9	34.5	1.19	1.27	51.42	0.022
Tubería 200	13.5	34.5	1.03	1.11	40.34	0.022
Tubería 201	24.4	15.3	0.13	0.71	51.4	0.031
Tubería 202	26.3	23.8	0.56	1.26	80.62	0.024
Tubería 203	39.5	15.3	0.21	1.14	117.66	0.027
Tubería 204	38.5	23.8	0.57	1.28	83.3	0.024
Tubería 205	34.3	15.3	0.18	1	92.51	0.028

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd.Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 206	30.7	81.7	8.11	1.55	25.68	0.017
Tubería 207	45	81.7	8.51	1.62	28.03	0.017
Tubería 208	37.9	15.3	0.2	1.1	110.41	0.027
Tubería 209	30.7	81.7	9.32	1.78	33.01	0.017
Tubería 210	23.9	81.7	9.61	1.83	34.9	0.017
Tubería 211	32.2	15.3	0.17	0.93	82.19	0.029
Tubería 212	38.7	120.3	15.55	1.37	12.92	0.016
Tubería 213	36.8	43.1	1.79	1.22	36.79	0.021
Tubería 214	32.1	23.8	0.56	1.25	79.1	0.024
Tubería 215	35.9	15.3	0.19	1.04	100.6	0.028
Tubería 216	41.5	23.8	0.64	1.45	102.76	0.023
Tubería 217	16.2	19.1	0.34	1.17	93.3	0.025
Tubería 218	23.4	15.3	0.12	0.68	47.38	0.031
Tubería 219	16.3	120.3	17.93	1.58	16.72	0.016
Tubería 220	43	120.3	18.35	1.61	17.44	0.016
Tubería 221	39.1	120.3	19.09	1.68	18.74	0.016
Tubería 222	23.3	120.3	19.43	1.71	19.33	0.016
Tubería 223	8.1	43.1	2.99	2.05	92.64	0.019
Tubería 224	32.8	34.5	2.78	2.97	235.98	0.018
Tubería 225	45.2	34.5	2.36	2.53	176.26	0.019
Tubería 226	32.5	34.5	1.95	2.08	124.71	0.019
Tubería 227	35.9	30.2	0.75	1.04	42.89	0.023
Tubería 228	36.6	19.1	0.36	1.26	105.34	0.025
Tubería 229	15.5	15.3	0.08	0.45	23.33	0.035
Tubería 230	16.6	23.8	0.75	1.68	133.88	0.022
Tubería 231	30.9	23.8	0.49	1.11	64.3	0.024
Tubería 232	30.9	15.3	0.16	0.89	76.02	0.029
Tubería 233	28.9	120.3	22.74	2	25.73	0.015
Tubería 234	61.4	19.1	0.33	1.14	88.95	0.026
Tubería 235	33.4	30.2	0.69	0.96	37	0.024
Tubería 236	22.8	23.8	0.39	0.87	42.22	0.026
Tubería 237	25.1	19.1	0.13	0.47	18.71	0.032
Tubería 238	29.4	120.3	24.57	2.16	29.61	0.015
Tubería 239	18.9	120.3	28.17	2.48	37.96	0.015
Tubería 240	36.2	120.3	28.57	2.51	38.95	0.015
Tubería 241	33.5	43.2	3.16	2.16	100.87	0.018
Tubería 242	62.8	43.2	2.65	1.81	73.38	0.019
Tubería 243	61.8	23.8	1.04	2.33	240.58	0.021

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd.Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 244	10	19.1	0.66	2.29	304.41	0.022
Tubería 245	30.1	19.1	0.44	1.54	151.59	0.024
Tubería 246	26.5	19.1	0.14	0.49	20.56	0.032
Tubería 247	49.2	30.2	1.35	1.88	122.47	0.02
Tubería 248	39.1	23.8	0.88	1.97	178.29	0.021
Tubería 249	12.7	23.8	0.6	1.35	91.2	0.023
Tubería 250	29.7	19.1	0.16	0.55	24.89	0.031
Tubería 251	20.5	15.3	0.11	0.6	37.95	0.032
Tubería 252	28	156.5	32.25	1.68	13.64	0.015
Tubería 253	19.9	156.5	32.51	1.69	13.84	0.015
Tubería 254	43.8	15.3	0.32	1.72	240.82	0.025
Tubería 255	61.8	15.3	0.25	1.34	156.24	0.026
Tubería 256	70.8	15.3	0.38	2.05	328.94	0.024
Tubería 257	34.2	156.5	33.34	1.73	14.49	0.015
Tubería 258	25.2	156.5	33.66	1.75	14.74	0.015
Tubería 259	21.4	23.8	0.56	1.27	81.42	0.024
Tubería 260	21.2	15.3	0.34	1.84	271.3	0.024
Tubería 261	50.9	15.3	0.05	0.26	9.2	0.041
Tubería 262	37.1	19.1	0.52	1.81	199.89	0.023
Tubería 263	26.1	52.2	2.75	1.28	31.64	0.02
Tubería 264	42.3	23.8	0.89	2	183.27	0.021
Tubería 265	4.3	156.5	34.52	1.79	15.44	0.015
Tubería 266	40.7	156.5	38.26	1.99	18.61	0.014
Tubería 267	14.8	156.5	39.52	2.05	19.74	0.014
Tubería 268	21.8	231.2	61.55	1.47	6.72	0.014
Tubería 269	11.8	231.2	61.37	1.46	6.68	0.014
Tubería 270	41.2	231.2	61.09	1.46	6.63	0.014
Tubería 271	31.5	43.1	1.54	1.05	28.22	0.021
Tubería 272	31.2	34.5	1.2	1.29	52.93	0.022
Tubería 273	24.5	15.3	0.13	0.71	51.4	0.031
Tubería 274	24.9	23.8	0.64	1.45	103.19	0.023
Tubería 275	18	15.3	0.1	0.52	30.26	0.033
Tubería 276	30.2	15.3	0.16	0.87	73.61	0.029
Tubería 277	53	290.2	103.25	1.56	5.76	0.013
Tubería 278	21.8	290.2	103.76	1.57	5.8	0.013
Tubería 279	32.4	290.2	104.15	1.57	5.85	0.013
Tubería 280	14	23.8	0.61	1.38	94.85	0.023
Tubería 281	26.8	19.1	0.4	1.39	125.44	0.024

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd.Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 282	23.9	15.3	0.13	0.69	49.37	0.031
Tubería 283	9.7	290.2	105.07	1.59	5.94	0.013
Tubería 284	19	43.1	3.37	2.31	114.78	0.018
Tubería 285	36.7	43.1	2.97	2.04	91.28	0.019
Tubería 286	22.8	34.5	2.65	2.84	217.44	0.018
Tubería 287	37.6	34.5	2.33	2.49	172.21	0.019
Tubería 288	15.9	34.5	2.05	2.19	136.27	0.019
Tubería 289	21.3	34.5	1.85	1.98	113.55	0.02
Tubería 290	32.5	34.5	1.56	1.67	84.02	0.02
Tubería 291	18.9	15.3	0.1	0.55	32.74	0.033
Tubería 292	19.9	30.2	1.08	1.51	82.61	0.021
Tubería 293	40	30.2	0.76	1.06	44.39	0.023
Tubería 294	30	23.8	0.39	0.87	42.16	0.026
Tubería 295	21.9	15.3	0.11	0.61	39.58	0.032
Tubería 296	39.8	15.3	0.22	1.18	123.92	0.027
Tubería 297	15	23.8	0.51	1.14	67.86	0.024
Tubería 298	34.3	15.3	0.18	1	92.51	0.028
Tubería 299	23.2	30.2	1.08	1.51	82.29	0.022
Tubería 300	25.3	30.2	1.34	1.87	120.58	0.021
Tubería 301	34.9	19.1	0.19	0.65	33.2	0.03
Tubería 302	26.4	34.5	1.98	2.12	129.09	0.019
Tubería 303	15.7	34.5	2.21	2.36	156.31	0.019
Tubería 304	38.6	34.5	2.5	2.67	195.05	0.019
Tubería 305	73	43.1	3.09	2.12	98.14	0.018
Tubería 306	90.5	23.8	0.48	1.08	61.57	0.025
Tubería 307	100.1	43.1	2.7	1.85	77.07	0.019
Tubería 308	98.1	30.2	1.65	2.3	175.01	0.02
Tubería 309	23.2	23.8	1	2.25	225.02	0.021
Tubería 310	31.1	15.3	0.17	0.9	77.24	0.029
Tubería 311	48.8	19.1	0.29	1	70.25	0.026
Tubería 312	47.2	19.1	0.25	0.88	56.35	0.027
Tubería 313	10.6	30.2	1.1	1.54	85.44	0.021
Tubería 314	22.2	30.2	0.93	1.29	62.76	0.022
Tubería 315	72.9	19.1	0.39	1.36	120.47	0.025
Tubería 316	52.5	15.3	0.25	1.35	157.78	0.026
Tubería 317	22.5	23.8	0.65	1.45	103.83	0.023
Tubería 318	34.9	30.2	0.95	1.33	66.05	0.022
Tubería 319	21.7	30.2	1.25	1.75	107.69	0.021

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd.Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 320	44.8	15.3	0.24	1.3	147.06	0.026
Tubería 321	28.2	43.1	2	1.37	44.88	0.02
Tubería 322	64.7	52.2	2.49	1.16	26.58	0.02
Tubería 323	53.4	19.1	0.48	1.68	175.05	0.023
Tubería 324	18.4	15.3	0.1	0.53	31.08	0.033
Tubería 325	5.1	43.1	3.63	2.49	130.85	0.018
Tubería 326	45.5	30.2	0.81	1.13	49.49	0.023
Tubería 327	53.2	19.1	0.28	0.99	69.25	0.027
Tubería 328	48.9	34.5	1.9	2.03	118.91	0.02
Tubería 329	28.4	43.1	2.31	1.58	58.12	0.02
Tubería 330	22.6	43.1	2.58	1.77	70.92	0.019
Tubería 331	12.4	43.1	2.77	1.9	80.36	0.019
Tubería 332	29.3	52.2	2.99	1.4	36.79	0.019
Tubería 333	50.3	52.2	3.41	1.59	46.67	0.019
Tubería 334	24.7	52.2	3.81	1.78	56.92	0.018
Tubería 335	25.1	52.2	4.08	1.91	64.24	0.018
Tubería 336	45.1	63.5	4.45	1.41	29.33	0.019
Tubería 337	10	63.5	4.82	1.52	33.87	0.018
Tubería 338	30.6	63.5	5.12	1.62	37.67	0.018
Tubería 339	10	34.5	2.41	2.58	183.58	0.019
Tubería 340	45.4	34.5	2.09	2.24	141.54	0.019
Tubería 341	17.9	34.5	1.75	1.87	103.24	0.02
Tubería 342	36.8	30.2	1.46	2.04	141.33	0.02
Tubería 343	42.5	15.3	0.23	1.23	134.33	0.027
Tubería 344	30	23.8	0.65	1.47	105.33	0.023
Tubería 345	46.2	15.3	0.25	1.34	155.28	0.026
Tubería 346	40.2	23.8	0.48	1.08	60.9	0.025
Tubería 347	24.7	15.3	0.13	0.72	52.42	0.031
Tubería 348	60.6	81.7	8.79	1.68	29.74	0.017
Tubería 349	17.1	81.7	9.21	1.76	32.32	0.017
Tubería 350	24.3	81.7	9.43	1.8	33.72	0.017
Tubería 351	24.2	23.8	0.87	1.95	175.04	0.021
Tubería 352	18	23.8	0.64	1.45	103.19	0.023
Tubería 353	51.5	15.3	0.27	1.49	188.28	0.025
Tubería 354	17.8	81.7	10.7	2.04	42.41	0.016
Tubería 355	56.1	81.7	11.15	2.13	45.67	0.016
Tubería 356	30.3	81.7	11.92	2.27	51.51	0.016
Tubería 357	20	81.7	13.17	2.51	61.78	0.016

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd.Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 358	35.5	81.7	11.1	2.12	45.32	0.016
Tubería 359	45.2	19.1	0.04	0.14	1.69	0.03
Tubería 360	6.8	19.1	0.24	0.82	50.23	0.028
Tubería 361	36	23.8	0.81	1.82	154.61	0.022
Tubería 362	57.9	15.3	0.31	1.68	231.96	0.025
Tubería 363	46	290.2	108.94	1.65	6.35	0.013
Tubería 364	67.4	19.1	0.36	1.25	104.57	0.025
Tubería 365	48.5	290.2	110.32	1.67	6.49	0.013
Tubería 366	99.5	362.8	135.48	1.31	3.21	0.013
Tubería 367	30.9	156.5	24.06	1.25	8.02	0.016
Tubería 368	32	15.3	0.17	0.93	82.19	0.029
Tubería 369	55.3	156.5	23.26	1.21	7.55	0.016
Tubería 370	66.2	34.5	1	1.07	38.09	0.023
Tubería 371	60.7	15.3	0.32	1.76	252.21	0.024
Tubería 372	34.8	156.5	21.43	1.11	6.5	0.016
Tubería 373	72	19.1	0.38	1.34	118.02	0.025
Tubería 374	36.3	120.3	20.28	1.78	20.91	0.016
Tubería 375	16.6	43.1	2.29	1.57	57.3	0.02
Tubería 376	72	34.5	1.66	1.77	93.55	0.02
Tubería 377	26.5	81.7	17.41	3.32	102.52	0.015
Tubería 378	20.6	81.7	17.16	3.27	99.85	0.015
Tubería 379	24.2	81.7	12.51	2.39	56.25	0.016
Tubería 380	60.7	81.7	11.9	2.27	51.35	0.016
Tubería 381	49.9	63.5	3.98	1.26	24.06	0.019
Tubería 382	25.3	43.1	3.12	2.14	99.63	0.018
Tubería 383	36.4	52.2	2.63	1.23	29.26	0.02
Tubería 384	56.6	23.8	0.62	1.4	96.49	0.023
Tubería 385	44	81.7	10.65	2.03	42.03	0.016
Tubería 386	51.8	63.5	4.98	1.57	35.94	0.018
Tubería 81	250	362.8	136.01	1.32	3.24	0.013
Tubería 17	20	120.3	17.93	1.58	16.71	0.016
Tubería 63	10.5	34.5	1.25	1.34	56.5	0.021
Tubería 65	20	120.3	28.17	2.48	37.97	0.015
Tubería 83	4.3	156.5	34.52	1.79	15.4	0.015
Tubería 126	20	290.2	103.76	1.57	5.81	0.013
Tubería 138	26.1	52.2	2.75	1.28	31.64	0.02
Tubería 140	10	120.3	18.17	1.6	17.13	0.016
Tubería 387	20	156.5	25.29	1.31	8.77	0.016

Tabla de Red - Líneas en 7:00 Hrs

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd.Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería 389	34.9	195.1	37.89	1.27	6.32	0.015
Tubería 391	20	43.1	3.37	2.31	114.78	0.018
Tubería 393	14.7	63.5	4.82	1.52	33.88	0.018
Tubería 395	5.7	34.5	2.41	2.58	183.58	0.019
Tubería 397	10	81.7	10.7	2.04	42.4	0.016
Tubería 399	12.6	81.7	13.18	2.51	61.78	0.016
Tubería 401	30	43.1	3.12	2.14	99.6	0.018
Tubería 403	30	81.7	12.51	2.39	56.24	0.016
Tubería 405	30	43.1	2.29	1.57	57.27	0.02

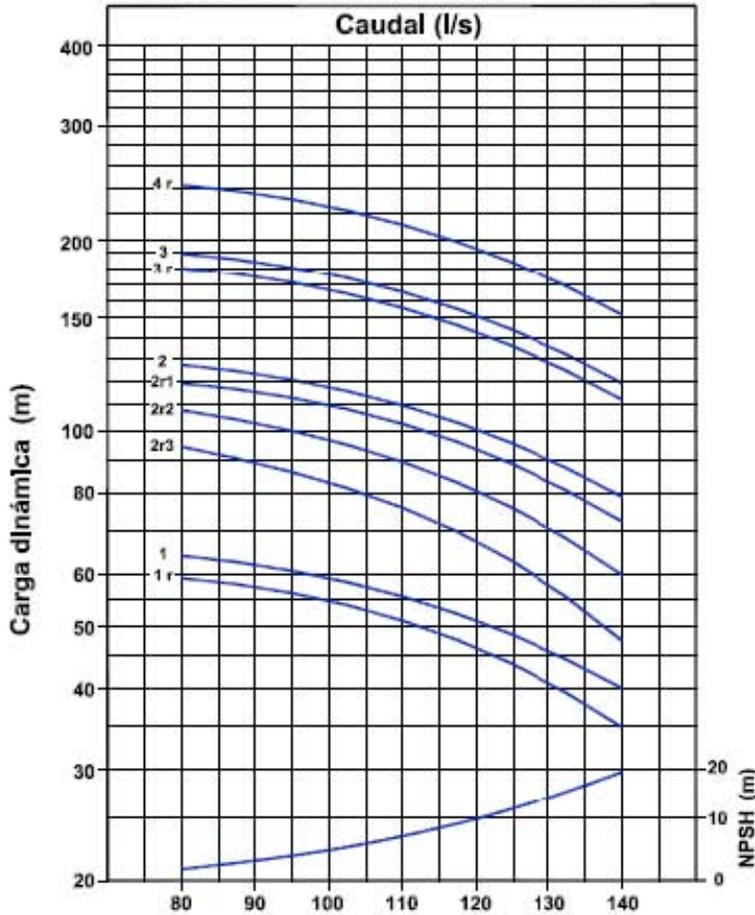
# **ANEXO 5**

## **INFORMACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO**



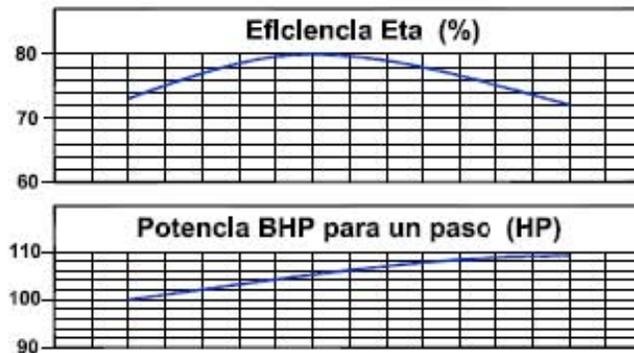
# BOMBAS CENTRÍFUGAS ALEMANAS, S.A. DE C.V.

Laboratorio acreditado por ema para los ensayos indicados en el escrito con número de acreditación N° MM-183-034/12. Acreditación a partir de 2012-04-19.



Combinaciones	
Bomba	Motor
N° De Pasos	Motor acoplado Diámetro • HP
1 r	SUM 10 • 100
1	SUM 10 • 125
2 r3	SUM 10 • 150
2 r2	SUM 10 • 175
2 r1	SUM 10 (12) • 200
2	SUM 10 (12) • 250
3 r	SUM 10 (12) • 300
3	SUM 12 • 350
4 r	SUM 12 • 400

Correcciones de Eficiencia	
Número de Pasos	Cambio de Eficiencia
1 r	+ 4 Puntos
1	+ 3 Puntos
2 r3	+ 4 Puntos
2 r2	+ 3 Puntos
2 r1	+ 2 Puntos
2	+ 1 Punto
3 r	+ 1 Punto



**Observaciones:**  
 Las bombas pueden operar en cualquier punto de las curvas.  
 Máxima temperatura del agua 30°C.  
 De 30°C - 40°C seleccionar motor de mayor potencia.

**Modelo: BA 12-140**  
 60 ciclos, 2 pobs

01/09/2010



# BOMBAS CENTRÍFUGAS ALEMANAS

## 40 AÑOS DE EXPERENCIA

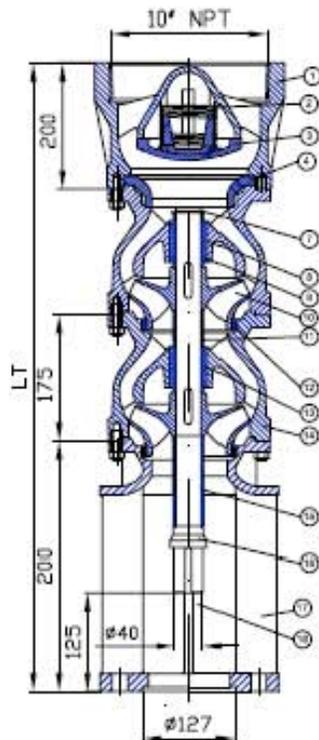
**MODELO: BA 12-140**

Ficha Técnica: Bombas

Auténtica  
Tecnología  
Alemana

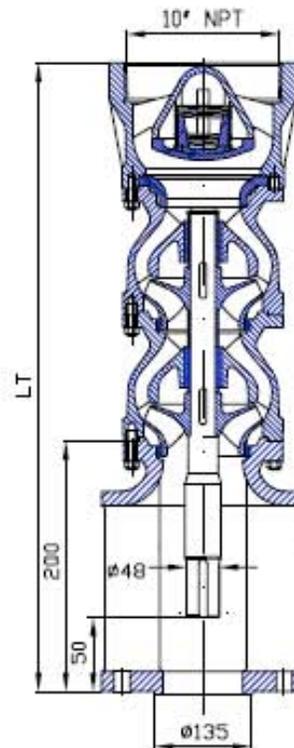
(80-140 l/s)

con SUM-10



CANT. PASOS	1	2
LT (mm)	895	930

con SUM-12



CANT. PASOS	2	3	4
LT (mm)	830	1005	1180

ITEM	DESCRIPCION
1	CUERPO DE VALVULA
2	RESORTE DE VALVULA
3	PIRATILLO DE VALVULA
4	ASIENTO DE VALVULA
5	BIELO M12
6	TUERCA DE M12
7	ANILLO TIARC
8	CHUMACERA SUPERIOR
9	BUJE CHUMACERA SUPERIOR

ITEM	DESCRIPCION
10	IMPULSOR
11	BUJE DISTANCIADOR
12	ANILLO DE DESGASTE
13	CHUMACERA DE HULE
14	TAZON
15	BUJE DISTANCIADOR PRIMER TAZON
16	FLECHA DE BOMBA
17	CUERPO DE SUCCION
18	MUNON DE FLECHA