

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**



**“ANÁLISIS DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POR GRAVEDAD PARA SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO
EN LA REGIÓN ALTOS DE CHIAPAS”**

POR:

JOSÉ SAMUEL JIMÉNEZ SÁNTIZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO
FEBRERO DE 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POR GRAVEDAD PARA SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO
EN LA REGION ALTOS DE CHIAPAS”.

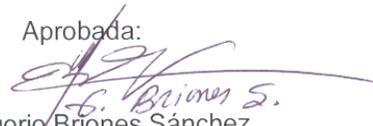
Tesis realizada por:

JOSÉ SAMUEL JIMÉNEZ SÁNTIZ

Que somete a consideración el H. jurado examinador como requisito parcial para
obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo en Irrigación.

Aprobada:


MC Gregorio Briones Sánchez
Asesor Principal.


MC Sergio Zeferino Garza Vara
Asesor


MC Tomás Reyna Cepeda
Asesor

Universidad Autónoma Agraria
“ANTONIO NARRO”


Dr. Raul Rodriguez Garcia
Coordinador de la División de Ingeniería

**Coordinación de
Ingeniería**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Febrero de 2009

AGRADECIMIENTOS

A ti que eres el autor intelectual de todos los logros que en mi vida he tenido, por permitirme uno más. A ti Señor Todopoderoso, porque sin tu ayuda nada puedo lograr.

A mi Alma Mater, por pasar a formar parte de mi vida y porque precisamente este logro se ha desarrollado aquí.

A la Empresa Construcciones e Instalaciones Hidráulicas Alfa y Omega S. A., Comitán, Chiapas. Por haberme permitido realizar ahí mi semestre de Prácticas Profesionales, y por haberme dado la oportunidad de realizar esta investigación en una de sus obras. Así mismo por haberme proporcionado incondicionalmente los datos necesarios para la realización de este trabajo.

Al MC Gregorio Briones Sánchez, por su valioso apoyo en la realización de este trabajo ya que de no haber sido por las observaciones y correcciones hechas a este trabajo no hubiera sido bien realizado.

Al MC Sergio Cesferino Garza Vara, por sus conocimientos transmitidos, por la paciencia que tiene para formar buenos profesionistas, por apoyarme incondicionalmente en la elaboración de este trabajo y porque siempre está disponible cuando se trata de ayudar.

Al MC Tomás Reyna Cepeda, por apoyar incondicionalmente el proceso de evaluación y culminación de este trabajo.

A todos los profesores, personal administrativo, laboratoristas y personal de mantenimiento, del Departamento de Riego y Drenaje porque al final todos y todas fueron partícipes directa o indirectamente en mi formación profesional.

DEDICATORIAS

A mis padres Mario y Eloína, por darme la vida y además darme el tiempo, apoyo económico, cariño, consejos, mucha paciencia. Por esas lágrimas, producto del cariño al estar lejos de casa. Y por aguantar hasta este momento. Querida mamá y querido papá, este logro es de ustedes y nadie se los podrá quitar.

A mi hermosa bebé Samia Ayelén, por ser el motivo de mi inspiración y mi gran felicidad. A ti Dany, primero por regalarme mi mayor tesoro y segundo por demostrar ser una buena mujer y estar conmigo en todo, eso solo lo hace un gran amor.

A mis hermanitos Uriel y Abel, hermanitas Marbi y Marisol, porque juntos somos la familia más bonita y porque también ellos fueron mi inspiración para no andar en malos pasos, luchar con mucha fe y no darles un mal ejemplo como hermano mayor. Porque también ellos tuvieron que aguantar necesidades para sacar adelante mis estudios.

A mis Abuelos: Daniel(T), Paralampia, Rogelio y Josefa(T), porque sus consejos y experiencias compartidas han trascendido en mi vida. Porque me han ayudado a ser una buena persona.

A mis compañeros de generación, porque valió la pena el esfuerzo. Sobre todo a mis amigos Said, Jhony, Milton, Felipe G., Felipe P., Víctor L., Ángel, Mayra, Judith y Luis A. porque el estudio y la amistad nos mantuvieron unidos y por ayudarnos unos a otros

A mis amigos integrantes y ex integrantes de mi adorada Rondalla Universitaria, porque siempre estuvimos de acuerdo que el arte y el estudio no están peleados y porque esta es una muestra que también las próximas generaciones de integrantes pueden llegar a ser buenos profesionistas sin dejar de ser románticos de corazón y cantarle al amor.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pag.
AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	II
ÍNDICE DE TABLAS	III
INDICE DE FIGURAS	IV
I.- INTRODUCCIÓN	1
1.1.- JUSTIFICACIÓN.....	3
1.2.- OBJETIVOS.....	4
1.3.- HIPÓTESIS.....	4
II.- REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1.- La importancia del recurso hidrológico en Chiapas	6
2.2.- Manantiales	8
2.2.1.- Captación y toma de agua.....	8
2.2.2.- Manantiales Superficiales.....	8
2.3.- Funcionamiento de una tubería por gravedad	10
2.4. El aire en las Tuberías	14
2.4.1. Influencia de las bolsas de aire en el funcionamiento correcto de las instalaciones de gravedad e impulsión.	14
2.5.- Válvulas eliminadoras de aire o automáticas.....	16
2.6.- Válvula de admisión y expulsión de aire	16
2.7.- Válvulas combinadas o de doble propósito.....	17
2.8.- Golpe de Ariete	19
2.8.1.- Mecanismo del fenómeno.....	21
2.8.2.- Fase o periodo de la Tubería. Clasificación y duración de la maniobra de cierre.....	25
2.8.3. Prevención contra el golpe de ariete.....	28
2.9. Vaciado y limpieza de tuberías.	31

III.- MATERIALES Y METODOS	32
3.1. Características del sitio experimental.....	32
3.1.1. Descripción general del municipio de Teopisca, Chiapas.	32
3.1.2.- Precipitaciones.	33
3.1.3. Fisiografía.	34
3.1.4. Hidrología	34
3.1.5.- Colindancias del Ejido	35
3.1.6.- Topografía	36
3.2.- Materiales	36
3.3.- Cálculo hidráulico de la línea principal.....	37
3.3.1.- Cálculo de la Línea Piezométrica	40
IV RESULTADOS	41
4.1.- Sobrepresión por el Golpe de Ariete.....	54
4.2.- Presupuesto Favorable.....	56
V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
-BIBLIOGRAFIA-	59
APENDICES	61
APENDICE (A) Resumen de catálogo de obra 1.	62
APENDICE (A) Resumen de catálogo de obra 2	63
APENDICE (B) Obra de Captación 1.	64
APENDICE (B) Obra de Captación 2.	65
APENDICE (C) Manejo de la tubería de PEAD.	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.- Módulos de elasticidad y valores de k para diferentes materiales	25
Tabla 3.1.-Coeficiente de Hazen-Williams para algunos materiales	39
Tabla 4.1.- Resultados del Cálculo Hidráulico:.....	41
Tablas 4.2.- RD en las diferentes secciones de la tubería en base a la carga.....	46
Tabla 4.3.- Presión máxima de trabajo de la tubería Extrupak en base a su RD..	49
Tabla 4.4.- Resultados de los cálculos para obtener la Celeridad para los diferentes espesores.....	53
Tabla 4.5.- Sobrepresiones dependiendo del tiempo de parada.....	54
Tabla 4.6 Puntos en los que se deben instalar las diferentes válvulas.	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.- Circulación libre y pendiente uniforme.	10
Figura 2.2.- Válvula de final de recorrido cerrada.	11
Figura 2.3.- Válvula de final de recorrido semicerrada.	11
Figura 2.4.- Válvula inicial semicerrada.	12
Figura 2.5.- Válvula inicial cerrada y desnivel máximo.	12
Figura 2.6.- Recorrido sinuoso.	13
Figura 2.7.- Acumulación de bolsas de aire en las partes más altas.	15
Figura.2.8.- Válvula eliminadora de aire.	16
Figura2.9.- Válvula de admisión y expulsión de aire.	17
Fig. 2.10.- Válvula combinada o de doble propósito.	17
Figura 2.11.- Puntos en donde se deben instalar las VAEA.	19
Figura 2.12.- Mecanismo del Fenómeno.	22
Figura 2.13.-	23
Figura 2.14.-	23
Figura 2.15.- Comportamiento de la presión con cierre rápido.	27
Figura 2.16.- Comportamiento de la presión con un cierre lento.	27
Figura 2.17.- Dibujo esquemático de una válvula de no retorno (check).	29
Figura 2.18.- Dibujo esquemático de una válvula de seguridad.	30
Figura 2.19.- Dibujo esquemático de una válvula aliviadora de presión.	31
Figura 3.1.- Croquis de Macrolocalización del municipio de Teopisca, Chiapas. ...	32
Figura 3.2.- Precipitación en la temporada de lluvias más abundantes.	33
Figura 3.3.- Precipitaciones fuera de la temporada de lluvias.	34
Figura 3.4.- Croquis específico de localización del área de trabajo.	35
Figura 3.5.- Condiciones Topográficas del terreno.	36
Figura 3.6.- Adquisición de la tubería de PEAD (Extrupak).	37
Figura 4.3.- Sección C del perfil de la Tubería.	50

Figura 4.4.- Sección D del perfil de la Tubería.....	51
Figura 4.5.- Sección E del Perfil de la Tubería.....	51
Figura 4.6.- Sección F del perfil de la Tubería.	51
Figura 4.7.- Perfil completo de la tubería en el cuál se señala la sección a analizar	52
Figura 4.8.- Sección proyectada del perfil de la tubería a analizar.....	52
Figura 4.9.- Comportamiento gráfico del Golpe de ariete	54

I.- INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que en muchas partes del sureste mexicano, por no decir en todo, es muy factible y rentable invertir en la agricultura por, principalmente, su riqueza hídrica ya que por diferentes puntos de la región se encuentran fuentes de agua ya sea superficialmente o en aguas subterráneas. Lo anterior se debe a su abundante vegetación, a su fauna y a la conservación de las selvas; sabemos que año con año se han venido deteriorando los recursos naturales no solo de otras regiones del mundo o del país, sino que visualmente es menos notable en este tipo de regiones por su diversidad natural. Podemos también notar que la población es mucho menor que en regiones del centro y del norte de México, esto es por la industrialización sobre todo en la región norte de nuestro país.

Sobre toda esta región, se sabe que la carencia de infraestructura hidroagrícola es muy frecuente, por diversas razones; por el acceso, por el abandono de algunos lugares por parte de las autoridades o simplemente por la falta de interés de los productores o campesinos, esto se debe a las abundantes lluvias que se presentan en estas regiones. Aquí es donde se presenta el problema mayor o más bien la gran oportunidad que está siendo desaprovechada que es la de producir bajo riego, porque es muy notable también que los productores solamente trabajan la tierra con cultivos de temporal y lo demás del tiempo no lo aprovechan.

En los últimos años se viene notando un interés no solo por las autoridades ni solo por los técnicos especialistas en el área de irrigación sino también por los productores en producir bajo un sistema de riego, por muy sencillo que sea, pero ya se está implementando en gran manera y en muchas áreas. Es indiscutible mencionar que ahí hay mucha carencia técnica pues muchos de los profesionistas o técnicos optan por abandonar el campo del sureste y se van a buscar nuevas oportunidades en los estados del centro o norte del país, esto se debe a la falta de

atención por parte de algunas autoridades pues no hay una seguridad que un técnico pueda implementar y poner en práctica sus conocimientos pues falta del recurso económico. Desde el año pasado, el gobierno federal ha apoyado en gran manera al campo mexicano, pero sobre todo a los proyectos de sistemas de riego, pero la corrupción es motivo por el cual los recursos no se aprovechan al 100%.

Por motivos antes ya mencionados, en el campo del sureste mexicano se necesita de mucho apoyo técnico y económico para sacar adelante los proyectos relacionados con sistemas de riego, pues existen algunos que ya tienen mucho tiempo de haberlos puesto en marcha y están a punto de volverse obsoletos. Sobre todo en la población se debe inculcar el interés por el trabajo, pues las herramientas básicas se tienen y sobre todo los recursos naturales los cuáles son la tierra y el recurso agua.

El estado de Chiapas particularmente, es uno de los estados más ricos en fuentes de agua; por sus ríos, lagos, lagunas, diferentes arroyos y las abundantes lluvias que caen en esa entidad. Es importante mencionar que debido todos estos aspectos también se deben tener medidas de control para el recurso agua, pues en ocasiones se vuelve algo perjudicial ya que al anegarse los ríos, arroyos, lagunas, etc., pueden ocasionar daños cuantiosos a los cultivos y a la población ahí cercana. Para los problemas anteriores se implementan en Chiapas muchas redes de canales para poder controlar el agua, así también para que la población pueda aprovecharla para los cultivos o para el uso doméstico.

A pesar que en este estado se sufre de rezago educativo, la población ha adquirido mucha experiencia en el manejo de los cultivos, sobre todo en hortalizas y frutas tropicales. En el ejido Teopisca, municipio de Teopisca, Chiapas se practica mucho la agricultura de temporal.

En este ejido los productores están optando por dejar atrás el cultivo tradicional de maíz y frijol, y prefieren cultivar los frutales y las hortalizas. La disponibilidad de los campesinos en trascender con sus cultivos es muy grande y ellos necesitan de aspectos técnicos pero sobre todo mucha tecnología.

PALABRAS CLAVE: Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Relación de Diámetros (RD), Ariete, Colapso, Fuerza de Gravedad, Sobrepresión, Piezometría.

1.1.- JUSTIFICACIÓN

El ejido Teopisca es reconocido por su amplia cobertura de zonas boscosas pero también es reconocido por su topografía tan irregular y su clima relativamente variable. En este sistema de riego se tiene un presupuesto autorizado por la Comisión Nacional del Agua y por parte de la Secretaría del Campo, este presupuesto fue autorizado basándose en un proyecto previamente diseñado por un despacho privado el cual se ignora todavía su existencia.

El diseño marca que en diferentes puntos de la línea principal se deben de instalar cajas rompedoras de presión o pilas rompedoras de presión que no son mas que descargas del flujo en la tubería a depósitos donde se pueda romper la presión y velocidad, estos tanques nuevamente tienen su descarga en la continuación de la tubería solo que el flujo comienza nuevamente a presión atmosférica y cero velocidad. Durante el proceso de construcción del sistema de riego se observaron muchas fallas en el diseño por lo que se tuvo que hacer un nuevo levantamiento de datos entre los cuales se llegó a la definición que el diseño, transporte de materiales y construcción de los tanques rompedores de presión salen mucho más caros comparados a instalación de tuberías de un grosor más grande, esto sin tomar en cuenta los gastos por mano de obra, compra de material para construcción, combustible y daños a cultivos intermedios entre el camino y el sistema de riego. Aparte, por las condiciones topográficas del perfil, se pueden presentar dos fenómenos hidráulicos, el golpe de ariete y colapso de la tubería por acumulación de aire en la línea.

Sin embargo, La Comisión Nacional del Agua y la Secretaría del Campo solamente apoyaron con la cuantificación de los materiales que hubo en el primer diseño que como ya se mencionó, después del nuevo diseño ha quedado obsoleto.

1.2.- OBJETIVOS

- Análisis del diseño de un sistema de conducción instalado para suministrar el agua por gravedad al Sistema de Riego localizado para horticultura en una superficie de 54 hectáreas, en el Ejido Teopisca, Municipio de Teopisca, Chiapas.
- Aprovechar durante todo el año el agua que surge del manantial Arcochén, ubicando dispositivos en los puntos críticos de sobrepresión o succión para evitar el colapso de la tubería, que se extiende con una longitud de 7.760 km y con un desnivel total de 252 m.

1.3.- HIPÓTESIS

- Es posible conducir el agua por gravedad en tiempo y cantidad a los 15 tanques sin utilizar las Cajas Rompedoras de Presión y respetando el presupuesto con que cuentan los productores.
- En el presente sistema de abastecimiento de agua alimentado por gravedad se desarrollan dos fenómenos hidrodinámicos peligrosos para las tuberías: El Golpe de Ariete y presión o depresión debido a la acumulación de aire en la tubería.

II.- REVISION DE LITERATURA

Santiago Arnalich, los sistemas de abastecimiento de agua por gravedad son en los que el agua cae por su propio peso desde una fuente elevada hasta los consumidores situados más abajo. La energía utilizada para el desplazamiento es la energía potencial que tiene el agua por su altura.

Las ventajas principales de esta configuración son:

1. No tienen gastos de bombeo.
2. El mantenimiento es pequeño porque apenas tienen partes móviles.
3. La presión del sistema se controla con mayor facilidad.
4. Robustez y fiabilidad.

Roger Agüero Pittman, la Ecuación de Bernoulli se utiliza para cualquier cálculo de fluidos y puede aplicarse para determinar la sustentación del ala de un avión, la altura a la que se elevará una columna de mercurio en un barómetro debido a la presión atmosférica y hasta la velocidad a la que se inundará un barco que se está yendo a pique. Se aplica con la misma facilidad a un sistema de varios fluidos diferentes, o de un solo fluido. Y la ecuación resulta igualmente válida en la Tierra, la Luna o Júpiter. Indudablemente es válida para ser utilizada en sistemas de abastecimientos de agua por gravedad.

La ecuación de continuidad, aunque mucho más fácil de entender, no es por ello menos importante, le permite a uno determinar la velocidad de un líquido que fluye por una tubería, o por una serie de tuberías de diferentes tamaños. La ecuación de continuidad, cuando se aplica al agua que fluye por una tubería, relaciona caudal, velocidad y diámetro de tubería.

Simón Arocha R., para desplazar agua, ya sea en sentido ascendente, descendente u horizontal, se necesita energía. Como su nombre lo indica, es un sistema de agua de flujo por gravedad, la fuente de energía es la acción de gravedad sobre el agua.

En un sistema de agua de flujo por gravedad, este se activa por medio de la energía gravitacional. La cantidad de energía en el sistema quedará determinada por las alturas relativas de todos los puntos del sistema. Una vez construidos, todos estos puntos del sistema permanecerán inmóviles y sus alturas relativas no pueden cambiarse. Por ello para cualquier sistema, hay una cantidad fija, específica de energía gravitacional disponible para desplazar el agua.

2.1.- La importancia del recurso hidrológico en Chiapas

El “agua” juega un papel clave en el desarrollo, ya que además de ser uno de los elementos vitales de los ecosistemas, incluyendo la vida humana, es fundamental para la generación de energía eléctrica, de salud y de bienestar social en general. La forma en como se plantea y se impulsa el modelo de desarrollo en una región, afecta significativamente el cuidado, la disponibilidad, la calidad y los usos que se dan al agua.

En el estado de Chiapas como sabemos se lleva a cabo una de las más altas precipitaciones del país junto con Tabasco, Veracruz y Oaxaca; aquí se encuentran muchas riquezas naturales en todos los géneros, Fauna, Flora, Agua, Cultura; entre estos el que más destaca y por el cual el estado es reconocido es por sus abundantes fuentes hidrológicas en diferentes puntos.

Regresando un poco en la historia, podemos notar que el desarrollo de muchas civilizaciones se ha debido a que en donde se ubican hay abundancia de

este recurso, sin embargo, en este estado no sucede así, esto se debe a las diferentes políticas ya que se ha optado mejor por la industria y la explotación de los minerales. Este es el caso que vive México ya que las regiones con mayor desarrollo se encuentran en el centro y norte del país, por esta causa en el sur se invierte muy poco en la industria y la economía de la entidad se queda estancada o tiene muy poco avance. Se hace notar la construcción de las presas hidroeléctricas que en algún momento se creía que iban a ser el inicio de un buen progreso en el estado, sin embargo la construcción de esas presas fue para un bien nacional y no para la entidad, lógicamente como se estaba invirtiendo mucho más en la industria toda esta energía producida se conducía a los estados del Centro y Norte del país. Hasta la fecha cuando en los estados del Norte el suministro de energía eléctrica y Agua Potable llega a un 98% en el estado de Chiapas se ha quedado en un 77%.

Por las mismas causas tampoco se había invertido en la Infraestructura Hidráulica para la agricultura hasta finales del Siglo pasado cuando se dejó notar también la importancia de invertirle en el campo mexicano y sobre todo donde se tengan los recursos más abundantes, pero por el poco avance en la tecnología y conocimiento de esta misma por parte de los productores del estado de Chiapas se tienen que utilizar recursos extras para capacitaciones a los mismos productores, esto también por la poca experiencia en el manejo del agua en regiones de de la sierra de Chiapas por parte de los técnicos especializados, por lo mismo se tuvieron que implementar nuevos modelos educativos. Hoy en día se le ha dado más importancia a proyectos enfocados al desarrollo del campo y sobre todo a los relacionados con la explotación adecuada del recurso hidrológico. Ahora en este siglo, en el estado de Chiapas cada vez más productores surgen con la necesidad de sistemas de riego para producir por medio de cultivos nuevos a implementar en sus parcelas, actualmente en muchos de los municipios ya se cuenta con al menos un sistema de Riego.

2.2.- Manantiales

Los manantiales naturales de agua, de posible aprovechamiento para fines de abastecimiento público, pueden ser clasificados en dos grandes grupos:

- a) *Manantial Subterráneo*. Se entiende por manantial subterráneo todo aquel cuya agua provenga de las grietas del sub-suelo, pudiendo aflorar a la superficie (fuentes de nacimientos, etc.) o ser elevado artificialmente por medio de conjuntos motobomba (pozos poco profundos, pozos profundos, galerías de infiltración).
- b) *Manantial Superficial*. Está constituido por los arroyos, ríos, lagos, represas, etc., que como su propio nombre indica aflora a la superficie terrestre naturalmente.

Las aguas de tales manantiales deberán llenar requisitos mínimos en lo que respecta a la calidad de las mismas bajo el punto de vista físico, químico, bioquímico y bacteriológico, así como en lo que concierne a los aspectos cuantitativos: si el manantial es capaz de proveer a la comunidad por un período considerado razonable bajo el punto de vista técnico-químico (como mínimo la primera etapa de las obras, o sea, 5 a 10 años posteriores a la implantación de las mismas).

2.2.1.- Captación y toma de agua.

En el análisis de las obras de captación y toma de agua deberá ser tenido en cuenta el manantial a ser aprovechado en la implantación del sistema de abastecimiento de agua. De esta manera puede considerarse.

2.2.2.- Manantiales Superficiales

Los manantiales superficiales están constituidos por los arroyos, ríos, lagos y depósitos artificialmente creados puesto que estos últimos cuando son construidos para garantizar un determinado volumen de agua para fines de abastecimiento público, pasan a ser parte de la captación del sistema.

Para el proyecto de captación de manantiales superficiales deben ser examinados cuidadosamente todos los datos y elementos que guarden relación con las características cuantitativas de los mismos, tales como:

- a) Datos hidrológicos de la cuenca en estudio, y a falta de ellos, datos referentes a cuencas próximas y/o semejantes para estudios de correlación entre ellas, sobre todo en lo que concierne al caudal específico de la cuenca.
- b) Datos pluviométricos del curso del agua que se va a aprovechar y a falta de ellos, elementos que conciernen a las oscilaciones del nivel del agua en los periodos de sequía y de crecientes ocasionadas por lluvias torrenciales; tales informaciones podrán ser tomadas de personas conocedoras de la región o vecinos de las inmediaciones.
- c) Elementos referentes a las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua aprovechable, dando especial énfasis a la determinación de los eventuales focos de contaminación existentes aguas arriba del sitio de captación elegido; se deberá proceder a la colecta de muestras del agua que va a ser captada para examen de laboratorio.

La elaboración del proyecto de captación en manantiales superficiales deberá estar precedida de un minucioso análisis de las condiciones locales del área de implantación de las obras que se proyectan y solamente después del balance de todos los aspectos referentes al sitio, teniendo aún en cuenta el eventual costo de expropiación y cuando sea necesario el bombeo de las aguas, mediante la construcción de estaciones elevadoras y las disponibilidad de la energía eléctrica para alimentación de los motores, etc.

Por lo general los elementos componentes de una captación y toma de agua en manantiales superficiales son:

- a) Represas de acumulación o derivadoras cuando sean necesarias a fin de garantizar el caudal referido en la época de sequía o facilitar la retirada del agua.

- b) Dispositivo de agua debidamente protegido a fin de impedir la entrada de materias en suspensión en el agua (gradas, tanques de clarificación, etc.);
- c) Mecanismo de control de la entrada de agua;
- d) Tuberías y órganos accesorios;
- e) Cárcamo de bombeo de las bombas;
- f) Casa de bombas, para alojamiento de los sistemas de bombeo (cuando sean necesarios).

2.3.- Funcionamiento de una tubería por gravedad

En el funcionamiento de una tubería por gravedad se pueden distinguir, en principio, seis casos, que resumen las situaciones que pueden producirse en función de la uniformidad del trazado y de la existencia de válvulas reguladoras al inicio o al final del recorrido.

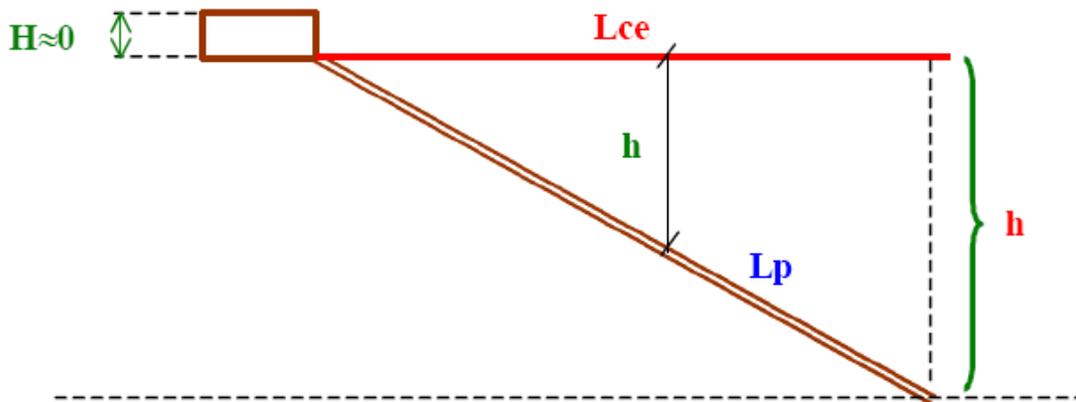


Figura 2.1.- Circulación libre y pendiente uniforme.

Corresponde este caso a la apertura total de la válvula. La presión es constantemente nula en todo el recorrido de la tubería, por lo que la línea de carga o línea de alturas piezométricas (LP) coincide con la trayectoria, es decir, con la línea de alturas geométricas.

La pérdida de carga producida desde el origen a un punto determinado coincide con la distancia entre dicho punto y la línea de carga estática (L_{ce})(Fig. 2.1).

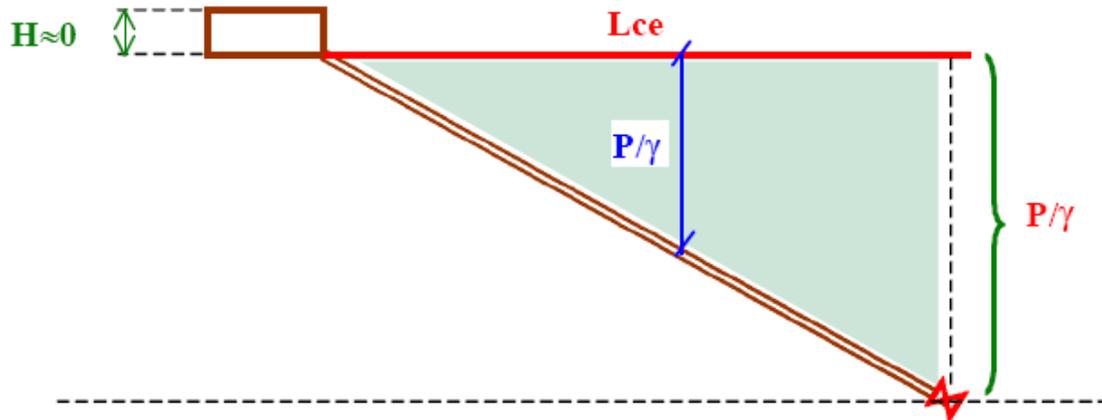


Figura 2.2.- Válvula de final de recorrido cerrada.

La presión en cada posición corresponde al desnivel en relación a la horizontal. Es el caso más desfavorable para una conducción de estas características, ya que se alcanza el máximo valor de P/g , por lo que es el que hay que tener presente a la hora de dimensionar la tubería (Figura 2.2).

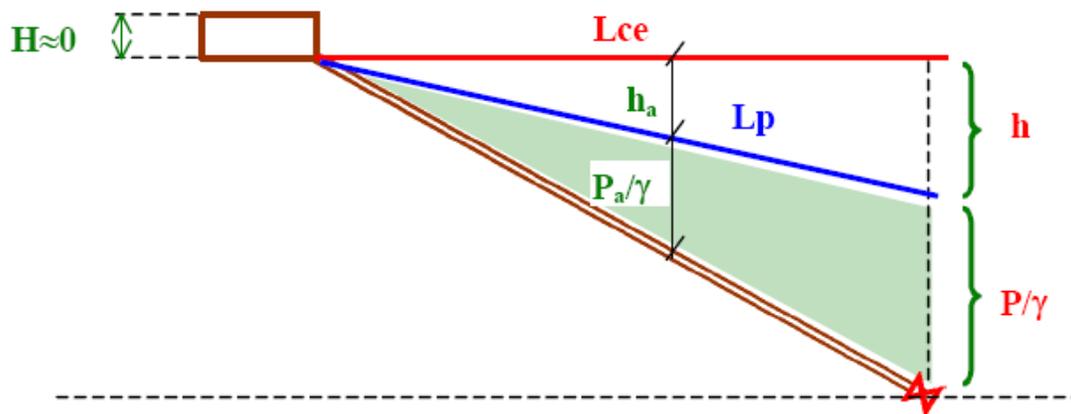


Figura 2.3.- Válvula de final de recorrido semicerrada.

La presión en cada punto es la presión estática menos la pérdida de carga desde el origen al punto considerado. Conforme se produce la apertura de la válvula, aumenta la pérdida de carga y disminuye P/g (Figura 2.3).

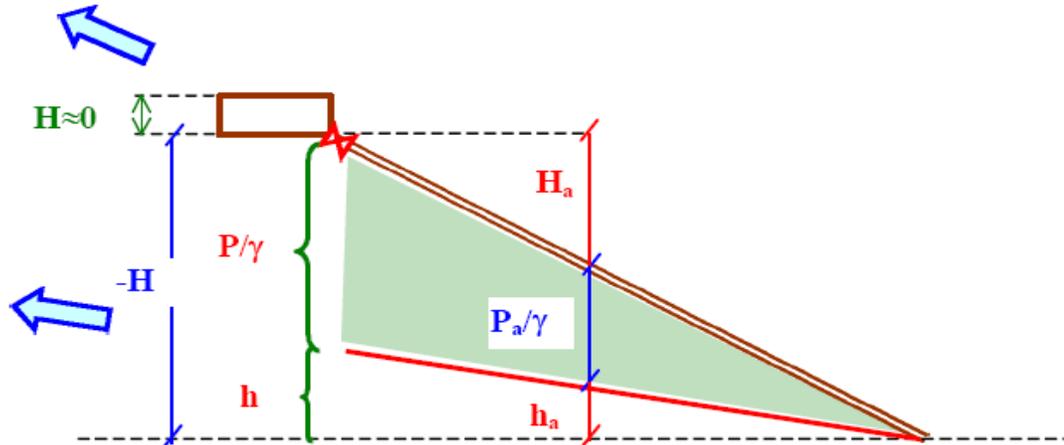


Figura 2.4.- Válvula inicial semicerrada.

Existen depresiones en todo el recorrido, que se anulan en la posición inferior.

Se observa en la figura 2.4 que, en valor absoluto, $H = \frac{P}{\gamma} + h$, luego:

$$\frac{P}{\gamma} = -(H - h) = -H + h \quad \left(\frac{P}{\gamma} < 0 \right)$$

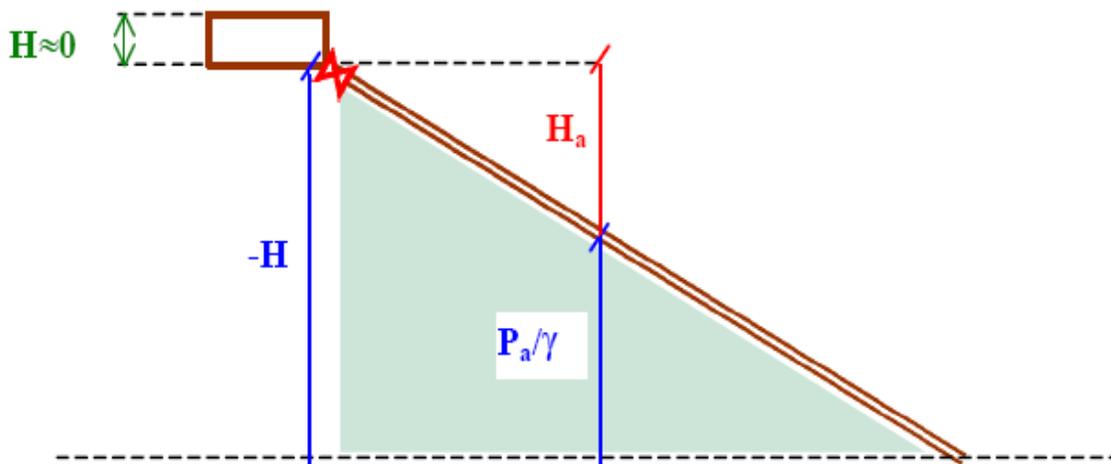


Figura 2.5.- Válvula inicial cerrada y desnivel máximo

Valores máximos, en módulo, de las depresiones (Figura 2.45).

En este caso, $\frac{P_a}{\gamma} = -(H - H_a)$, es decir, $\frac{P_a}{\gamma} < 0$

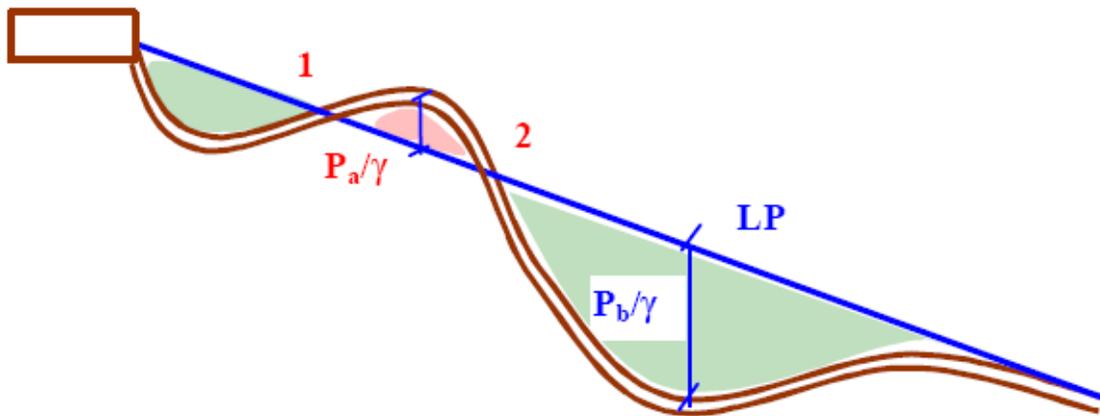


Figura 2.6.- Recorrido sinuoso.

Si la línea de carga corta el trazado de la tubería, existirán zonas de presión positiva y zonas de presión negativa. Las depresiones se producirán en los tramos en que la línea de alturas piezométricas quede por debajo de la tubería (intervalo 1-2 en la figura 2.6).

Consideraciones sobre las depresiones

Hemos visto que cuando la línea de alturas piezométricas queda por debajo de la trayectoria de la tubería, se crea una zona de depresión, ya que la presión

absoluta reinante en el interior es menor que la presión atmosférica $\left(\frac{P_{abs}}{\gamma} < \frac{P_0}{\gamma}\right)$ por lo que puede haber peligro de aplastamiento de la tubería y posibilidad de

cavitación si la presión se iguala a la tensión de vapor $\left(\frac{P_v}{\gamma}\right)$ a esa temperatura.

Por lo tanto, si $\frac{P_0}{\gamma} + \left(-\frac{P}{\gamma}\right) = \frac{P_{abs}}{\gamma} \leq \frac{P_v}{\gamma}$ habrá cavitación.

2.4. El aire en las Tuberías

Las condiciones con perfil irregular presentan una serie de particularidades que no pueden ser ignoradas, como puede ser la posible cavitación en los puntos altos. Para evitar el colapso de la conducción se recurre a la instalación de Válvulas de Admisión y Expulsión de Aire (VAEA, Ventosa), las cuales permiten la entrada de aire cuando la presión en el interior de la tubería es inferior a la atmosférica. Pero el aire introducido en la conducción debe ser expulsado cuando se vuelva a producir el llenado de la tubería, y ello debe hacerse de forma adecuada para evitar sobrepresiones indeseables. La presencia de ventosas no siempre ofrece la fiabilidad necesaria y puede llevar a situaciones más adversas de las que se pretendían evitar. Incluso sin ventosas, el aire puede entrar a través de las juntas, válvulas, etc., durante las interrupciones temporales del suministro, situación muy común en sistemas de riego pero que debería evitarse en abastecimientos urbanos. El aire atrapado entre dos columnas de agua en una conducción a presión, con o sin ventosas, puede provocar importantes sobrepresiones cuando se proceda al arranque de la instalación.

2.4.1. Influencia de las bolsas de aire en el funcionamiento correcto de las instalaciones de gravedad e impulsión.

1.- Durante el arranque del sistema

Es uno de los problemas más importantes que puede presentar la acumulación de aire en los puntos más elevados de la conducción. El aire acumulado en la primera bolsa de la conducción será comprimido al abrir la válvula de entrada a B por la masa de líquido que hay aguas arriba, y empujará al

fluido confinado en el segundo tramo, que adquirirá una velocidad menor que la existente en el primer tramo, y análogamente ocurrirá con la segunda bolsa de aire y el tercer tramo con agua, de manera que $v_1 > v_2 > v_3$.

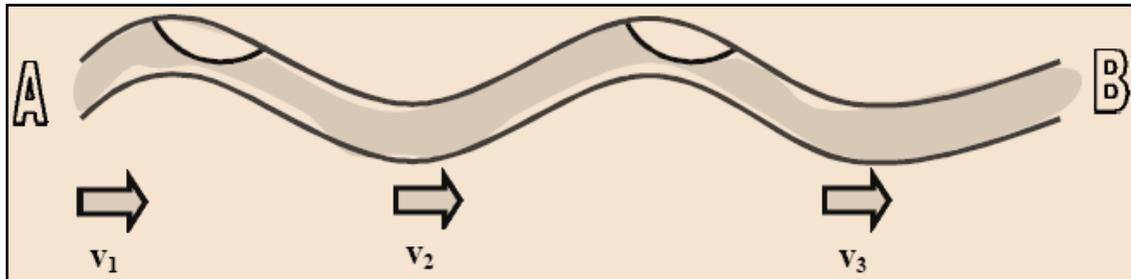


Figura 2.7.- Acumulación de bolsas de aire en las partes más altas.

2.- Reducción de la sección útil de la tubería

El espacio que ocupa el aire se resta de la sección útil de la conducción, por lo que la vena líquida reducirá su diámetro en esos puntos. En consecuencia, también circulará el agua con *mayor velocidad* y se creará una *pérdida de carga* adicional.

El aire introducido en la tubería debe ser expulsado con suficiente delicadeza para que durante este proceso no aparezcan los indeseados golpes de ariete, estos pueden ser originados por:

- El choque violento entre dos columnas de agua, antes separadas por una columna de aire atrapado que ha sido expulsada de la conducción con una excesiva rapidez.
- El choque de la columna de agua que avanza con la propia ventosa que, al presentar al movimiento y expulsión del aire una resistencia muy inferior a la que ofrecería a una columna análoga de agua, cierra bruscamente cuando el aire ya ha sido purgado en su totalidad.

Existen varias clasificaciones de las válvulas para controlar el aire, algunas se basan en el tamaño del orificio por lo que las clasifican como: válvulas de orificio pequeño y válvulas de orificio grande. La siguiente clasificación se basa principalmente en el funcionamiento de las válvulas:

2.5.- Válvulas eliminadoras de aire o automáticas

Funcionan en los sistemas presurizados expulsando el aire que se libera del agua al haber cambios de presión en la tubería por cambios topográficos.

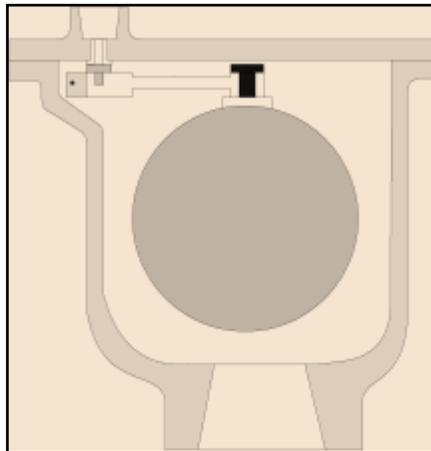


Figura.2.8.- Válvula eliminadora de aire

2.6.- Válvula de admisión y expulsión de aire

Funcionan para evacuar el aire durante el llenado de las tuberías y para admitir aire en el vaciado, sea accidental o intencionado.

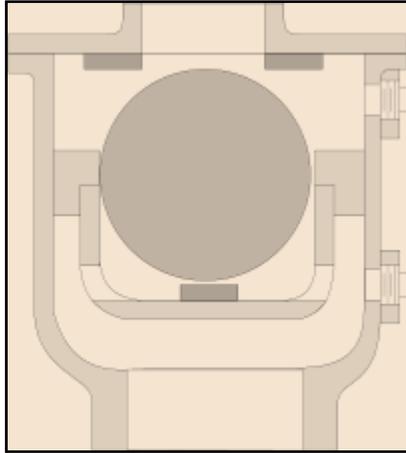


Figura 2.9- Válvula de admisión y expulsión de aire

2.7.- Válvulas combinadas o de doble propósito

Combinan el funcionamiento de los dos tipos anteriores, por un lado admiten y expulsan aire, en el llenado y vaciado de la tubería y por otro evacúan el aire que se libera del agua.

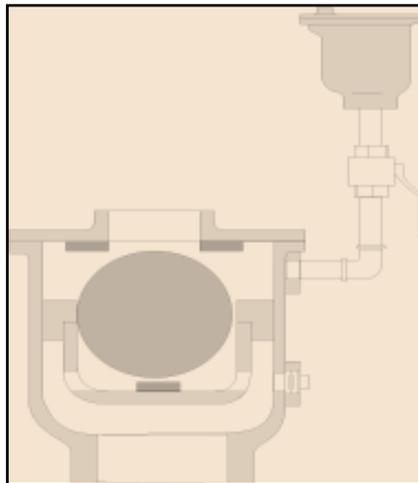


Fig. 2.10.- Válvula combinada o de doble propósito

Es sumamente complicado el cálculo matemático de los diámetros que requieren las válvulas de admisión y expulsión de aire, pero existen por fortuna especificaciones dadas por especialistas y obtenidas por experiencias para este fin.

De acuerdo con reglas prácticas se recomienda, para la admisión y expulsión de aire,

$$d \geq \frac{D}{8}$$

Para la expulsión de aire,

$$d \geq \frac{D}{12}$$

D = Diámetro de la tubería;

d = Tamaño nominal de la válvula de admisión y expulsión de aire.

Otro medio para determinar el diámetro de estas válvulas es por medio de las recomendaciones de las casas fabricantes del ramo; pero sea cual sea el procedimiento que se siga, como se dijo anteriormente, las válvulas de admisión y expulsión de aire son indispensables para evitar las sobrepresiones y vacío en una conducción.

Práctica Norte-Americana para localización de válvulas de admisión y expulsión de aire. Puntos de instalación. (Golden-Anderson).

1. En todos los puntos altos.
2. En todos los puntos de variación de inclinación en tramos ascendentes.
3. En todos los puntos de variación de declive en tramos descendentes.
4. En puntos intermedios de tramos ascendentes muy largos.

5. En puntos intermedios de tramos horizontales muy largos.
6. En puntos intermedios de tramos descendentes muy largos.
7. En puntos iniciales y finales de tramos horizontales.
8. En puntos iniciales y finales de tramos paralelos a la línea Piezométrica.

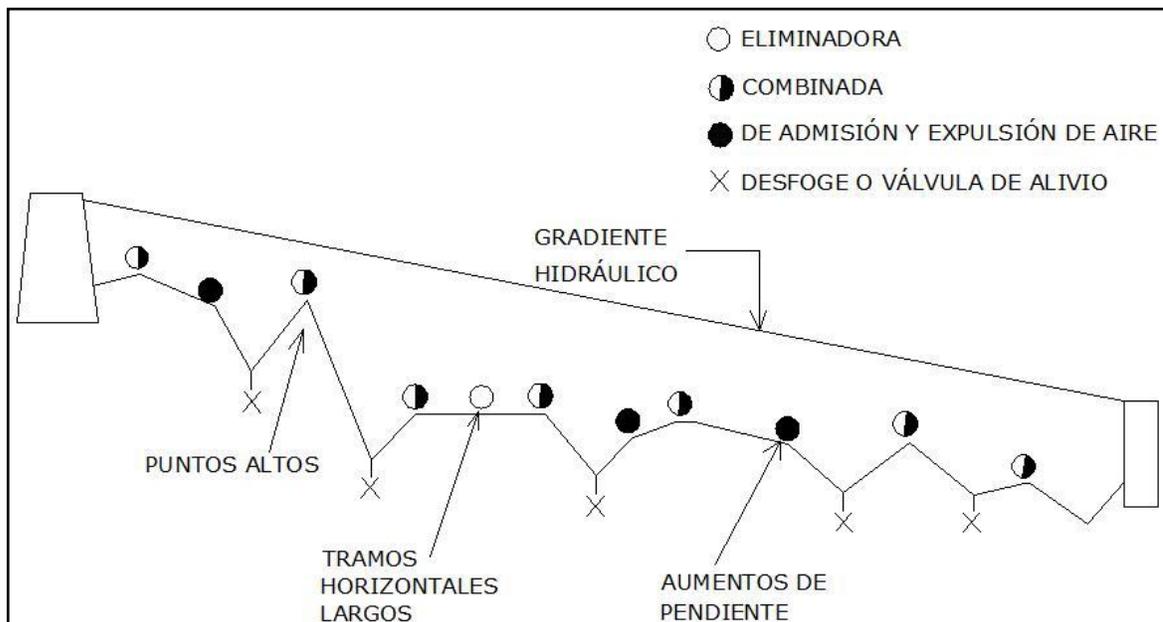


Figura 2.11.- Puntos en donde se deben instalar las VAEA

2.8.- Golpe de Ariete

Se denomina con el término golpe de ariete a una serie de pulsaciones de presión, sobre y por debajo de la presión de operación en una línea de conducción de líquido, con una magnitud potencialmente destructiva, ocasionada por un repentino cambio en las condiciones de circulación que puede tener origen en:

- El cerrado de una válvula repentinamente.
- El abrir repentinamente una válvula.
- Operación arrítmica al abrir o cerrar una válvula.

- Al parar una bomba.
- Movimiento de bolsas de aire dentro de la tubería.
- Repentina liberación de bolsas de aire dentro de la tubería.
- También en ciertas condiciones topográficas, la repentina rotura de la tubería.

El golpe de ariete se define también como la transformación de la energía cinética en energía de presión de un fluido en movimiento. Esta sobrepresión, originada por dicho golpe es extremadamente peligrosa en toda la tubería, y principalmente, en las tuberías de diámetros y de longitudes considerables. Este factor es de suma importancia para determinar la clase de tubería que debe emplearse en un proyecto de conducción de agua.

J. M. Azevedo Netto, denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente. En otras palabras, consiste en la sobrepresión que las tuberías reciben, cuando por ejemplo, se cierra una válvula interrumpiéndose el flujo. Que es el caso más común y por el que normalmente ocurre este fenómeno.

Al cerrar una válvula en una tubería en la que el agua lleva una determinada velocidad (v), esta velocidad al reducirse a cero origina una presión dada por la siguiente fórmula:

$$P = M \cdot a$$

En la cuál M es la masa, y a , la aceleración; pero

$$a = \frac{v}{t}, \text{ por lo tanto } P = M \frac{v}{t}$$

$$\text{si } t = 0 \text{ -----} \rightarrow \frac{v}{t} = \infty$$

$$\text{Por tanto } P = \infty$$

Por la consideración anterior se puede notar que si el tiempo de cierre de la válvula fuera de cero, la sobrepresión que sufriría la tubería sería infinita, claro que en la práctica esto no sucede excepto en las válvulas de retención o válvulas check que su tiempo de cierre es casi instantáneo.

La sobrepresión que se origina dentro de un conducto a presión no necesariamente tiene que ser solo por el cierre repentino de una válvula, pues se puede presentar también por bolsas de aire existentes en el tramo de la tubería, de aquí la necesidad de expulsar este aire. Esto se consigue por medio de válvulas de admisión y expulsión de aire, ya que en otros casos en lugar de una sobrepresión se origina una depresión, presión negativa o vacío. Las válvulas de admisión y expulsión de aire se deben colocar en los puntos altos del perfil de la tubería debido a que el aire tiende a situarse en esas partes.

2.8.1.- Mecanismo del fenómeno

La tubería representada en la Figura 2.12 está conduciendo agua a una cierta velocidad. Considerando a lo largo de la masa líquida varias porciones, que se denominarán láminas, se verifica lo siguiente:

1. Con el cierre de la válvula R , la lámina 1 se comprime y su energía de velocidad (Velocidad V) se convierte en energía de presión, ocurriendo simultáneamente la dilatación del tubo y esfuerzos internos en la lámina (deformación elástica). Lo mismo sucederá enseguida con la lámina 2, 3, 4,... etc., propagándose una onda de presión hasta la lámina n junto al depósito (Figura 2.12).

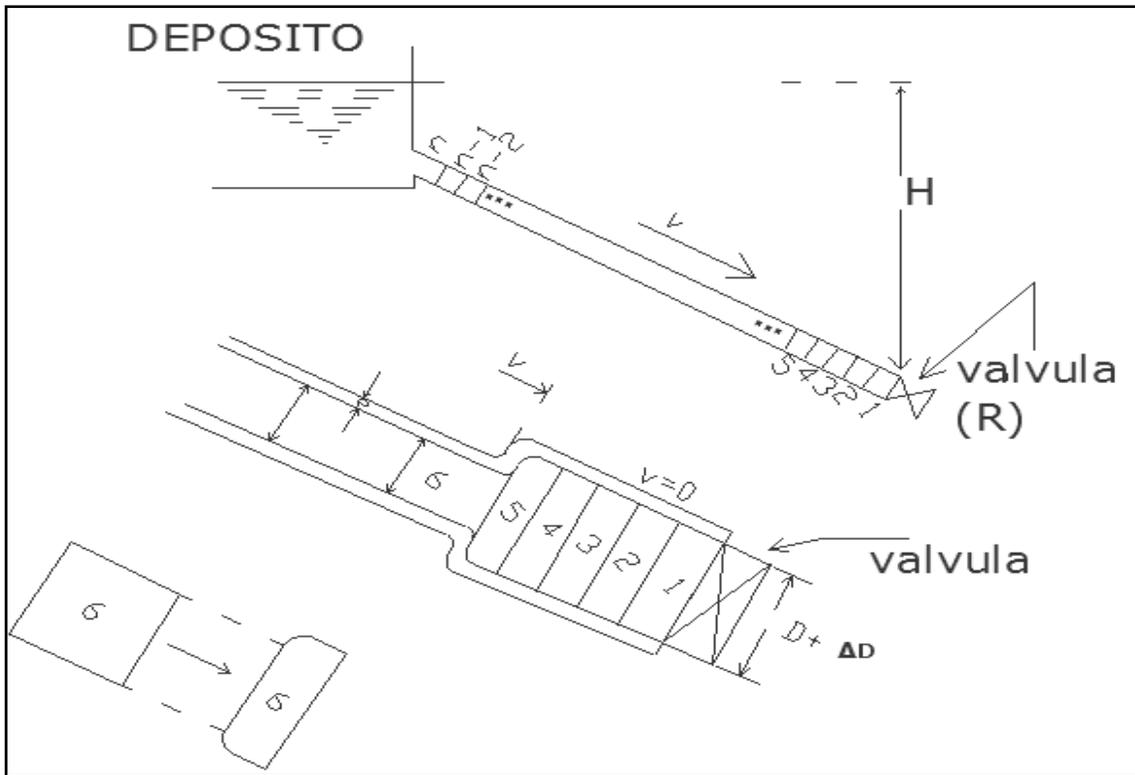


Figura 2.12.- Mecanismo del Fenómeno

2. La lámina n , enseguida, debido a los esfuerzos internos y a la elasticidad del tubo, tiende a salir de la tubería, en dirección al depósito, con velocidad $-V$, ocurriendo lo mismo sucesivamente con las láminas $n-1$, $n-2$, . . . , 4, 3, 2, 1. Mientras tanto, la lámina 1 había quedado con sobrepresión durante el tiempo $T = \frac{2L}{C}$ siendo T llamada fase o periodo de la tubería y C la velocidad de propagación de la onda, generalmente denominada celeridad.

Existe, entonces, esa tendencia del agua a Salir de la tubería, por la extremidad superior. Como la extremidad inferior del tubo esta cerrada, habrá una depresión interna. En estas condiciones $-V$ es convertida en una onda de depresión.

3. Debido a la depresión en la tubería, el agua tiende a ocuparla nuevamente, volviendo a la válvula las láminas de encuentro, esta vez con la velocidad V . y así sucesivamente.

En las consideraciones hechas más arriba, fue depreciada la fricción a lo largo de la tubería, que en la práctica, contribuye para la amortiguación de los golpes sucesivos (Figura 2.13)

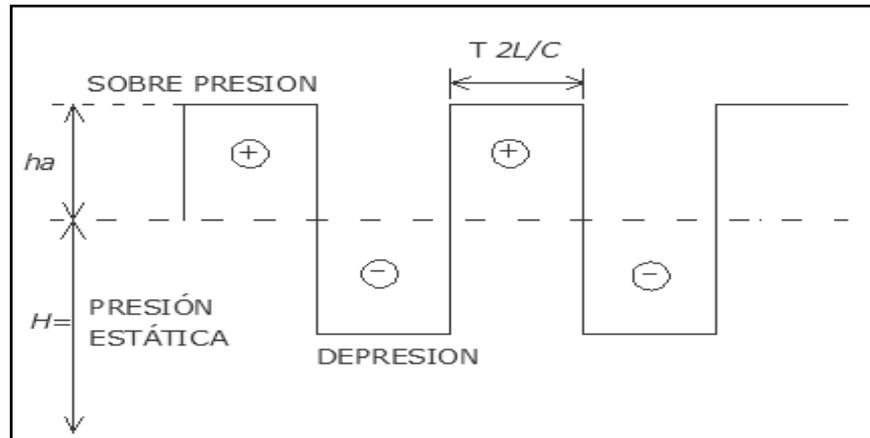


Figura 2.13

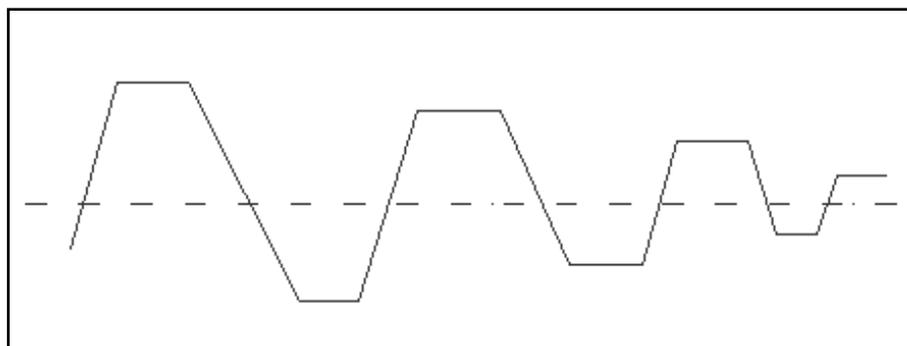


Figura 2.14

La velocidad de propagación de la onda puede ser calculada por la conocida fórmula de Allievi,

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

En la cual

C = Celeridad de la onda, m/s;

D = Diámetro de los tubos, m;

e = Espesor de los tubos, m;

Dentro de la fabricación de tuberías existen tuberías de un mismo diámetro interior pero con diferentes características en cuanto a su resistencia en la presión de trabajo. Esto se logra al considerar el material de fabricación de la tubería y el espesor de la pared de la misma. En las tuberías de PEAD, el material es de tipo flexible y el espesor de la tubería en relación al diámetro de la misma está definido por el valor nominal RD (Relación de diámetros estandarizados).

$$RD = \frac{D}{e}$$

En donde:

D = Diámetro exterior de la tubería;

k = Coeficiente que tiene en cuenta los módulos de elasticidad.

$$k = \frac{10^6}{E}$$

Tabla 2.1.- Módulos de elasticidad y valores de k para diferentes materiales.

Materiales	E (kg/cm ²)	k
Acero	2,0 · 10 ⁶	0,5
Fundición	1,0 · 10 ⁶	1
Aluminio	0,7 · 10 ⁶	1,43
Plomo	0,2 · 10 ⁶	10
Hormigón	0,2 · 10 ⁶	5
Fibrocemento	0,8 · 10 ⁶	5,5
PVC	3,0 · 10 ⁴	33,33
PE (baja densidad)	2,4 · 10 ³	500
PE (alta densidad)	9,0 · 10 ³	111,11
Polipropileno	12 · 10 ³	83,33

Donde:

E = Módulos de Elasticidad, kg/m².

2.8.2.- Fase o periodo de la Tubería. Clasificación y duración de la maniobra de cierre

Se denomina fase o periodo de la tubería el tiempo en que la onda de sobrepresión va y vuelve de una extremidad a otra de la tubería.

$$T = \frac{2L}{C}$$

Siendo: L = longitud de la Tubería;

C = velocidad de propagación de la onda.

Cuando la onda llega, al regresar, ella cambia el sentido, haciendo de nuevo el mismo recorrido de ida y vuelta en el mismo tiempo T, pero con signo contrario, bajo la forma de onda de depresión (Figura 4.14).

En el caso que la conducción esté constituida por tramos de tubos de diferentes características (diámetro, espesor, timbraje, material, etc.), la celeridad media se calculará como la media ponderada de la celeridad de cada tramo. Si L₁,

L2 y L3 son las longitudes de los tramos de distintas características y C1, C2 y C3 las celeridades respectivas, el tiempo total L/C que tarda la onda en recorrer la tubería será la suma de los tiempos parciales:

$$\frac{L}{C} = \frac{L_1}{C_1} + \frac{L_2}{C_2} + \frac{L_3}{C_3} + \dots$$

$$\text{Luego } C = \frac{L}{\sum \frac{L_i}{C_i}}$$

El tiempo de cierre de la válvula es un importante factor. Si el cierre es muy rápido, la válvula quedará completamente cerrada antes de actuar la onda de depresión. Por otro lado, si la válvula es cerrada lentamente, habrá tiempo para que la onda de depresión actúe antes de la obturación completa.

De ahí la clasificación de las maniobras de cierre:

t = Tiempo de la maniobra.

Si $t < \frac{2L}{C}$ ----- *Maniobra Rapida.*

Si $t > \frac{2L}{C}$ ----- *Maniobra Lenta*

La sobrepresión máxima ocurre cuando la maniobra es rápida. Y puede ser calculada por la expresión:

$$ha = \frac{cV}{g}$$

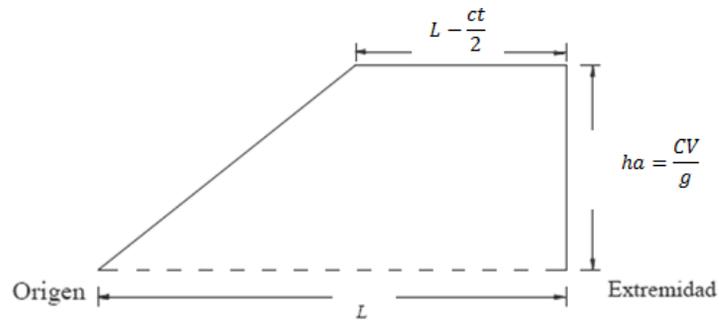


Figura 2.15 Comportamiento de la presión con cierre rápido.

Siendo V la velocidad media del agua y ha el aumento de presión de metros de columna de agua. A lo largo de la tubería la sobrepresión se distribuye conforme al diagrama de la Figura 2.15.

En el caso de la maniobra lenta se puede aplicar la fórmula aproximada de Michaud, que considera la proporción de la velocidad con T/t , (válida para maniobras con variación lineal de velocidad).

$$ha = \frac{2LV}{gt}$$

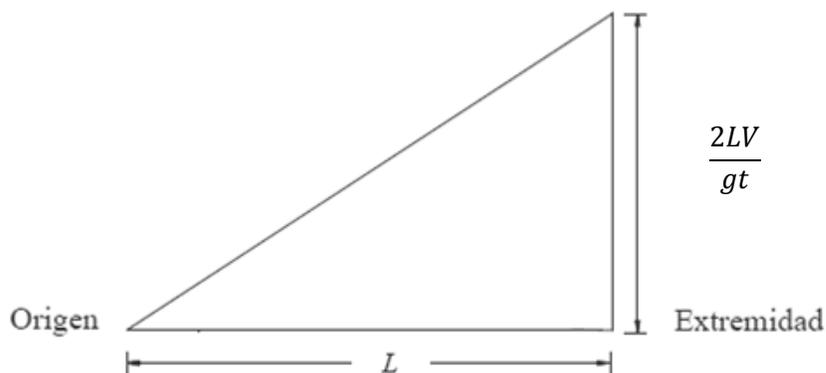


Figura 2.16 Comportamiento de la presión con un cierre lento

A lo largo de la tubería la sobrepresión se distribuye conforme se indica en la Figura 2.16. La fórmula de Michaud también puede ser aplicada para la

determinación del tiempo de cierre a ser adoptado, con el fin de que la sobrepresión no sobrepase determinado límite preestablecido.

La fórmula de Michaud lleva a valores superiores a los verificados experimentalmente, sin embargo, todavía viene siendo aplicada en la práctica por ser más segura.

Por lo tanto, el correcto estudio del golpe de ariete es fundamental en el dimensionamiento de las tuberías, ya que un cálculo erróneo puede conducir a:

1. Un sobredimensionamiento de las conducciones, con lo que la instalación se encarece de forma innecesaria.
2. Tubería calculada por defecto, con el consiguiente riesgo de que se produzca una rotura.
3. Este fenómeno es muy peligroso, ya que la sobrepresión generada puede llegar a entre 60 y 100 veces la presión normal de la tubería, ocasionando roturas en los accesorios instalados en los extremos (grifos, válvulas, etc.).
4. La fuerza del golpe de ariete es directamente proporcional a la longitud del conducto, ya que las ondas de sobrepresión se cargarán de más energía, e inversamente proporcional al tiempo durante el cual se cierra la llave: cuanto menos dura el cierre, más fuerte será el golpe.
5. El golpe de ariete estropea el sistema de abastecimiento de agua, a veces hace reventar tuberías de hierro colado, ensancha las de plomo, arranca codos instalados, etc.

2.8.3. Prevención contra el golpe de ariete

Para poder tener una seguridad del buen funcionamiento de la conducción, es necesario hacer la instalación de diferentes dispositivos para prevenir el Golpe de Ariete. Aparte de las Válvulas de Admisión y Expulsión de Aire que ya fueron mencionadas, se puede combatir mediante las siguientes medidas:

- Limitación de la velocidad en las tuberías.

- Cierre lento de válvulas o registros, construcción de piezas que no permitan la obstrucción muy rápida.
- Empleo de válvulas o dispositivos mecánicos especiales, válvulas de alivio, cuyas descargas impiden valores excesivos de presión.
- Fabricación de tubos con espesor aumentado, teniendo en cuenta la sobrepresión admitida.
- Construcción de pozos de oscilación (surge tanks) capaces de absorber los golpes permitiendo la oscilación del agua. Esta solución es adoptada siempre que las condiciones topográficas sean favorables y las alturas geométricas pequeñas. En casos favorables de topografía se implementa también una medida muy similar conocida como las chimeneas.
- Otro método posible aunque por lo general no es utilizado por poca practicidad, es el de instalar en serie válvulas de retención o válvulas check, que al hacer una parada repentina del flujo, ya no permiten su retorno.

Válvulas de no retorno ("check")

La válvula de no retorno, sirve para evitar la inversión de flujo en un conducto. En general, debe ser instalada en la tubería de descarga de los equipos de bombeo. Este tipo de válvula cierra normalmente de forma instantánea al presentarse la inversión del flujo (Figura 2.17).

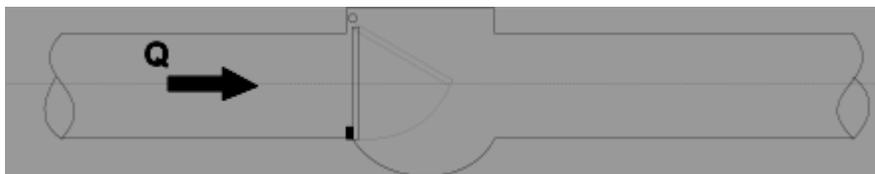


Figura 2.17 Dibujo esquemático de una válvula de no retorno (check)

Válvulas de seguridad

Esta válvula sirve para disminuir el incremento de presión asociado al golpe de ariete en el sistema. Al aumentar la presión dentro del conducto se genera una fuerza tal que supera la resistencia del resorte, la válvula abre totalmente en forma instantánea (Figura 2.18).

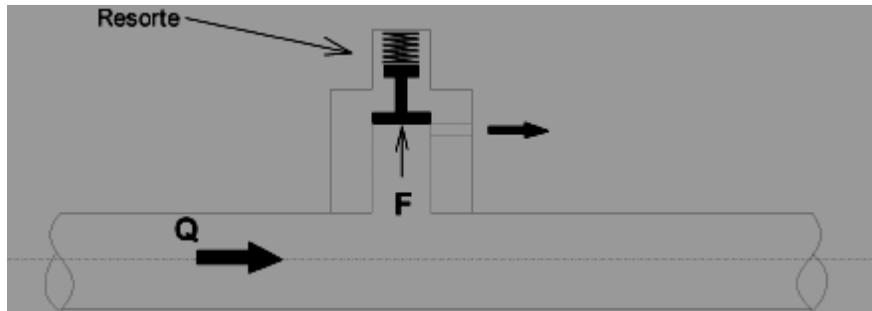


Figura 2.18 Dibujo esquemático de una válvula de seguridad

Estas válvulas operan totalmente abiertas o totalmente cerradas.

Válvula aliviadora de presión o supresora de oscilaciones.

Estas válvulas tienen un funcionamiento amortiguador de la sobrepresión provocada por el golpe de ariete (Figura 2.19).

Cuando la presión aumenta dentro del conducto produce una fuerza F_2 que abre la válvula (2) al vencer la resistencia del resorte, dando lugar a que circule el flujo a través de ella hacia la descarga y una disminución de presión en la cámara (3) y la generación de una fuerza F_1 en la válvula principal haciendo de esta manera que se inicie la apertura. Como consecuencia del volumen descargado por la válvula provoca una disminución de presión del conducto por lo que la válvula (2) cierra y se establece un nuevo equilibrio que inicia el cierre de la válvula.

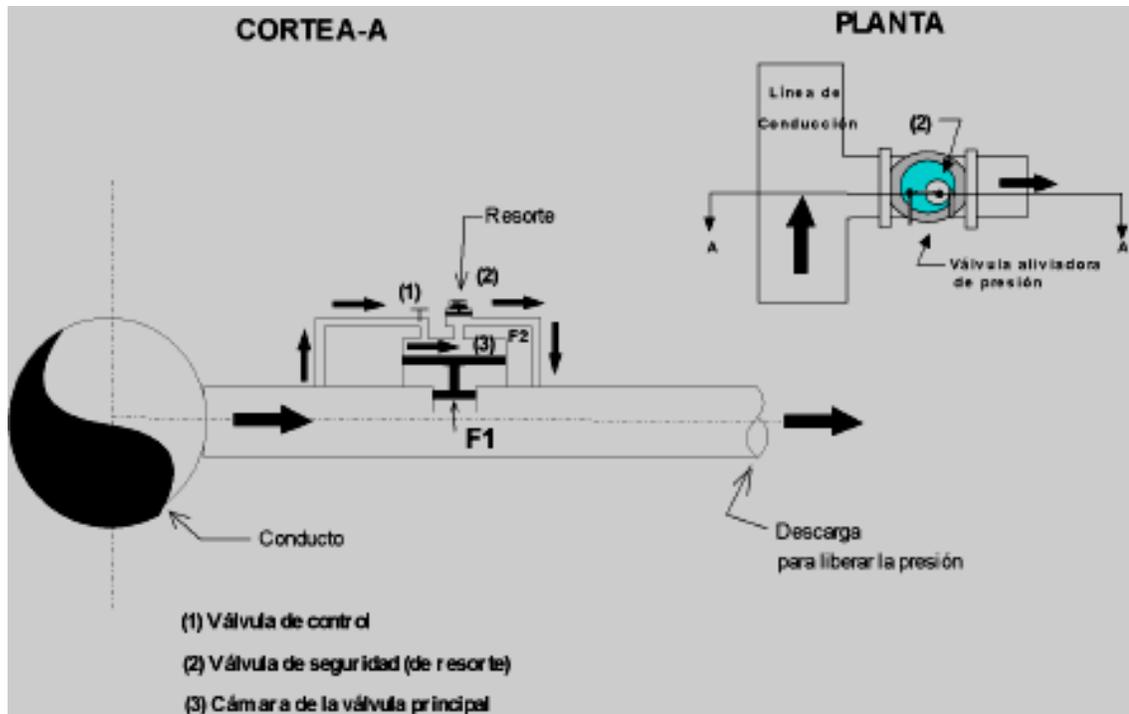


Figura 2.19 Dibujo esquemático de una válvula aliviadora de presión.

2.9. Vaciado y limpieza de tuberías.

Para evitar la acumulación de residuos y facilitar el vaciado y limpieza de la tubería, es conveniente colocar en los puntos bajos de la misma purgadores u otros dispositivos que permitan efectuar estas operaciones.

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1. Características del sitio experimental.

3.1.1. Descripción general del municipio de Teopisca, Chiapas.

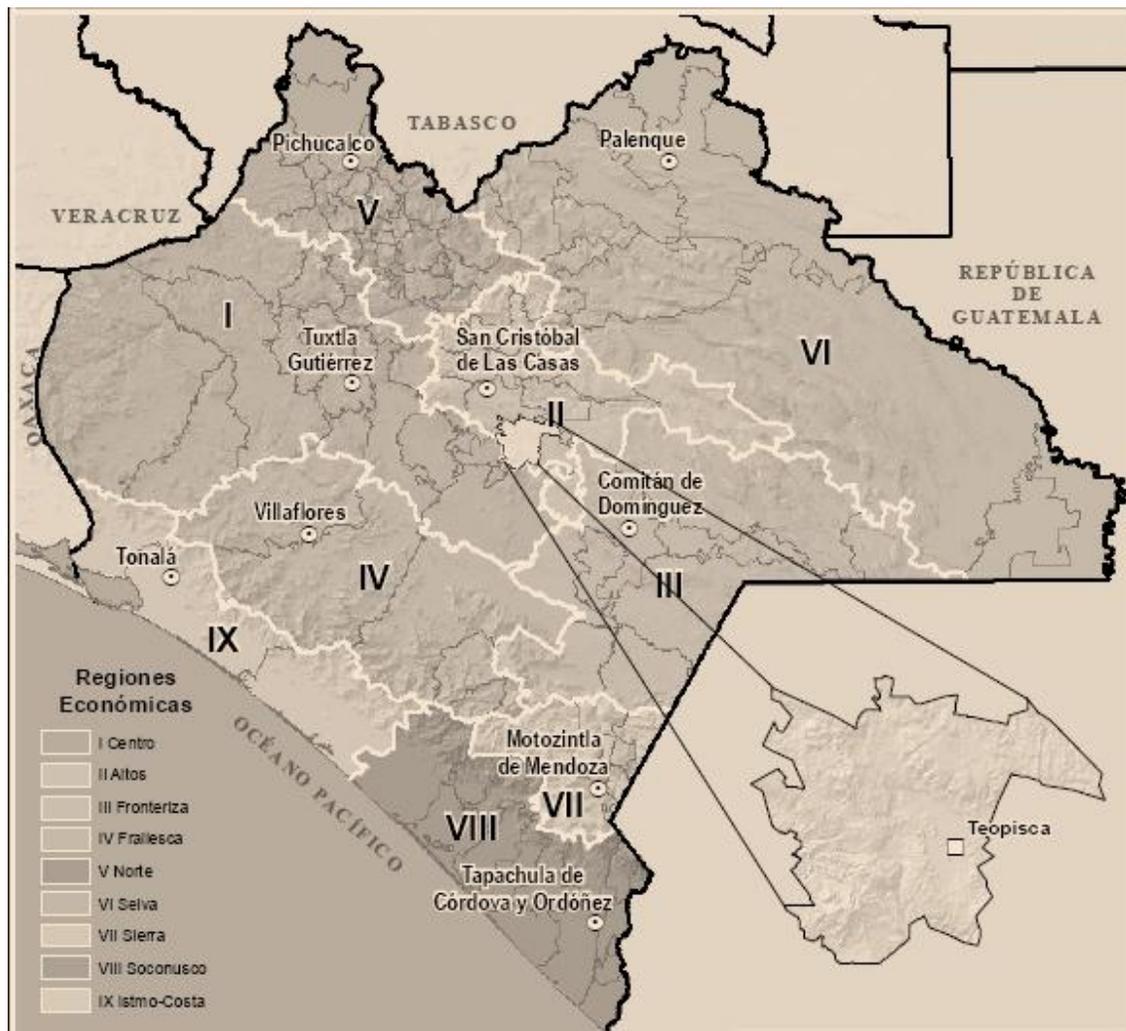


Figura 3.1 Croquis de Macrolocalización del municipio de Teopisca, Chiapas.

El municipio se ubica en la región económica "Il Altos", limita al Norte con San Cristóbal de Las Casas, al Este con Huixtán y Amatenango del Valle, al Sur con Venustiano Carranza y al Oeste con Totolapa.

3.1.2.- Precipitaciones.

Como ya se hizo mención al principio, en esta región son muy abundantes las lluvias como en el resto de todo el estado de Chiapas, durante la temporada de lluvias en esta región se tienen precipitaciones muy abundantes las cuales son escurridas en toda la sierra (Figura 3.2), mientras que en la temporada de invierno de igual manera no se dejan de registrar precipitaciones con una abundancia también considerable (Figura 3.3).

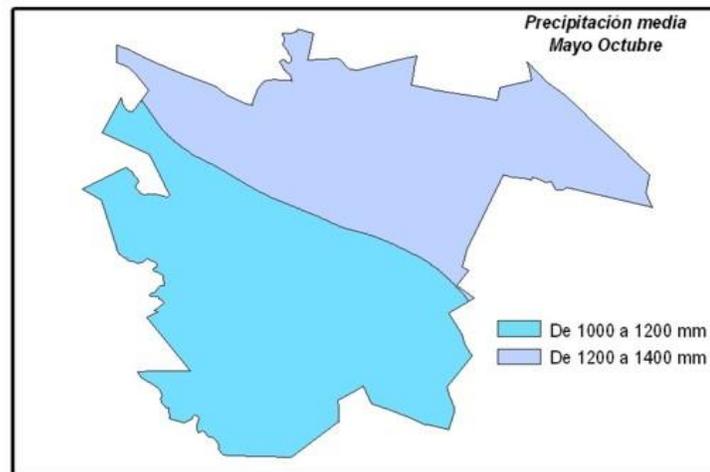


Figura 3.2 Precipitación en la temporada de lluvias más abundantes.

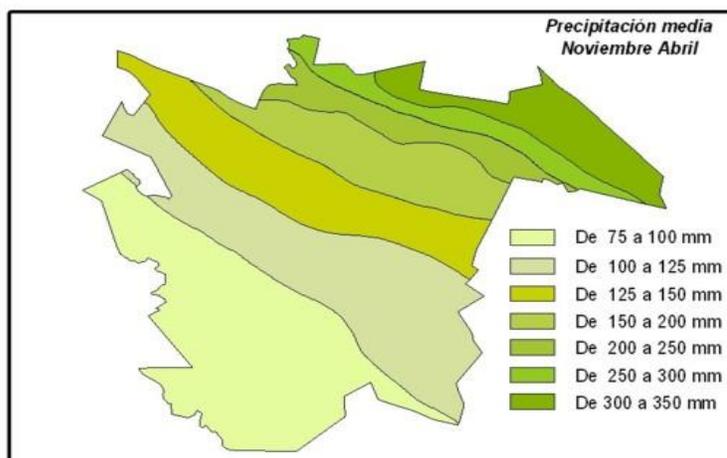


Figura 3.3 Precipitaciones fuera de la temporada de lluvias

3.1.3. Fisiografía.

El municipio forma parte de la región fisiográfica Altos de Chiapas. El 54.96% de la superficie municipal se conforma por meseta escalonada con lomeríos y el 45.04% de sierra alta de laderas tendidas. La altura del relieve varía entre los 900 mts. y los 2,600 mts. sobre el nivel del mar. Las principales elevaciones ubicadas dentro del municipio son: los cerros Balhuitz, Chavaca y Pomos.

3.1.4. Hidrología

Las principales corrientes del municipio son: Los ríos perennes Chichinal, Chaventic, San Diego y El Seco; y el Arroyo Galilea, entre otros. La mayor parte del territorio municipal se encuentra dentro de las subcuencas, Presa Chicoasén (de la cuenca Río Grijalva Tuxtla Gutiérrez) y Aguacatenco (de la cuenca Grijalva - La Concordia) y en menor proporción en la subcuenca Tzanconeja (de la cuenca Río Lacantún).

FUENTE: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Delegación en el Estado, Subdelegación de Agricultura, del estado de Chiapas.

El Ejido Teopisca y sistema de Riego, se encuentra localizado a 12 Km de la Cd de Teopisca, cabecera municipal, las coordenadas geográficas son las siguientes:

Latitud Norte: 16° 32' 22" y 16° 32' 31" (en grados, minutos y segundos)

Longitud Oeste: 92° 28' 25" y 92° 28' 29" (en grados, minutos y segundos)

3.1.5.- Colindancias del Ejido

Al Norte con: Terrenos de La Zona Urbana Teopisca.

Al Sur con: Con los terrenos del Ejido Nuevo León, Mpio de Teopisca.

Al Este con: Con los terrenos de San Caralampio.

Al Oeste: Con los terrenos del Ejido Teopisca y el manantial ARCOCHEN.

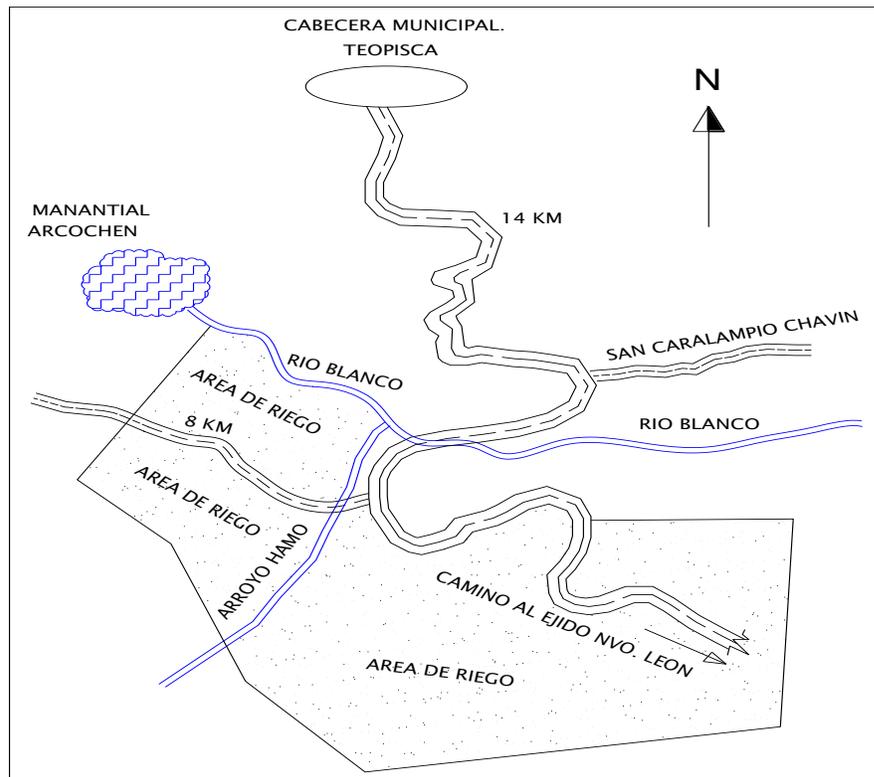


Figura 3.4. Croquis específico de localización del área de trabajo

3.1.6.- Topografía

En este aspecto, la condición topográfica es prácticamente irregular que va desde 3 al 7% de pendiente y la ubicación del terreno a regar tiene una distancia casi de 2.0 km de los cerros más altos por donde nace el manantial Arcochén, por ambos lados, dicho predio está a orillas de la carretera de terracería por donde se puede transitar todo el año (Figura 3.5). En base a la ubicación de este terreno y condiciones topográficas está considerado dentro de un lomerío donde la cuestión topográfica es importante considerarla dentro de los procesos de distribución del agua hacia las parcelas.



Figura 3.5 Condiciones Topográficas del terreno.

3.2.- Materiales

Las elevaciones se obtuvieron con el apoyo de un GPS y las longitudes entre cadenamientos se obtuvieron con cinta métrica, ya que las condiciones topográficas hacen difícil el trabajo con una Estación Total, también fue necesario

de una libreta de campo y una bitácora para anotar el comportamiento de la tubería. En lo que respecta a los materiales para la obra como son: Tubería PEAD (Figura 3.6), PVC, Fierro, Piezas Especiales, etc., se anexa un resumen en el apéndice A2.



Figura 3.6. Adquisición de la tubería de PEAD (Extrupak)

3.3.- Cálculo hidráulico de la línea principal

Proyectado con 15 tanques de almacenamiento, el gasto requerido del sistema para abastecer la demanda hídrica de los cultivos es de 60 l/s, por lo que con este gasto funciona hidráulicamente eficiente el sistema de riego.

Por continuidad $Q = A \cdot V$, despejando la velocidad V , queda:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Donde:

V = Velocidad de flujo, (m/s).

Q = Gasto de la tubería, en m³/s.

D = Diámetro de la tubería, en m.

Considerando también que la velocidad esté dentro de los límites permisibles, cuyos valores son: de 1 a 3 m/s.

Cálculo de Pérdida de Carga Continua.

. Para determinar el desnivel topográfico del terreno, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\Delta Z = Z_{i-1} - Z_i$$

Donde:

ΔZ = Desnivel topográfico, m.

Z_{i-1} = Elevación de la estación anterior, m.

Z_i = Elevación de la estación actual, m.

La longitud real de la tubería se calculó suponiendo una pendiente uniforme *entre estaciones* (cadenamientos) con el teorema de Pitágoras.

Para el cálculo de las pérdidas por fricción en la línea se utiliza la fórmula tan conocida de Hazen-Williams, con su factor numérico en unidades métricas, es la siguiente:

$$hf = \frac{10.674Q^{1.852}}{C^{1.852}D^{4.87}} * L$$

En la cual:

Q = Caudal, m³/s;

D = diámetro, m;

Hf = Pérdida de Carga, m/m;

L = longitud de la tubería, m;

C = Coeficiente que depende de la naturaleza (material y estado) de las paredes de los tubos.

En la siguiente tabla se muestran los valores del coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para diferentes materiales:

Tabla 3.1 .Coeficiente de Hazen-Williams para algunos materiales

Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140

CONTINUA TABLA 3.1			
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

3.3.1.- Cálculo de la Línea Piezométrica

Se hace la suma de las pérdidas acumuladas de los cadenamientos anteriores a la estación de posición, para posteriormente restar esta cantidad a la línea estática.

Fórmula de Bernoulli:

$$Z_1 + P_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + P_2 + \frac{V_2^2}{2g} + hf$$

$$P_2 = P_1 + Z_1 - Z_2 + \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} - hf$$

Aclarando que en la mayoría de los casos las diferencias por carga de velocidad no son considerables. La carga disponible resulta de la diferencia entre la línea piezométrica y la elevación natural del terreno.

IV RESULTADOS

Tabla 4.1 RESULTADOS DEL CÁLCULO HIDRÁULICO:

ESTACION	ELEV. (m) Z	$\Delta Z=Z1-Z2$	L. Tub. (m)	D "	Q	V(m/s)	$V^2/2g$	hf (m/m)	Línea Piezométrica (m)	Carga Disponible (m)
0+000.00	1400,00	0,00	0,00	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,0000	1402,00	2,00
0+040.00	1398,00	2,00	40,05	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1718	1401,8282	3,83
0+080.00	1395,00	3,00	40,11	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1721	1401,6560	6,66
0+120.00	1394,00	1,00	40,01	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1717	1401,4844	7,48
0+160.00	1393,00	1,00	40,01	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1717	1401,3127	8,31
0+200.00	1394,00	-1,00	40,01	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1717	1401,1410	7,14
0+240.00	1391,00	3,00	40,11	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1721	1400,9689	9,97
0+280.00	1393,00	-2,00	40,05	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1718	1400,7970	7,80
0+320.00	1393,00	0,00	40,00	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1716	1400,6254	7,63
0+360.00	1387,00	6,00	40,45	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1736	1400,4518	13,45
0+400.00	1389,00	-2,00	40,05	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1718	1400,2800	11,28
0+440.00	1386,00	3,00	40,11	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1721	1400,1079	14,11
0+480.00	1380,00	6,00	40,45	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1736	1399,9343	19,93
0+520.00	1378,00	2,00	40,05	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1718	1399,7625	21,76
0+560.00	1378,00	0,00	40,00	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1716	1399,5908	21,59
0+600.00	1374,00	4,00	40,20	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1725	1399,4184	25,42
0+640.00	1380,00	-6,00	40,45	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1736	1399,2448	19,24
0+680.00	1378,00	2,00	40,05	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1718	1399,0730	21,07
0+720.00	1358,00	20,00	44,72	10,00	60,00	1,18	0,0715	0,1919	1398,8811	40,88
0+760.00	1367,00	-9,00	41,00	8,00	55,00	1,70	0,1466	0,4439	1398,3620	31,36
0+800.00	1363,00	4,00	40,20	8,00	55,00	1,70	0,1466	0,4352	1397,9268	34,93
0+840.00	1370,00	-7,00	40,61	8,00	55,00	1,70	0,1466	0,4397	1397,4871	27,49
0+880.00	1360,00	10,00	41,23	8,00	55,00	1,70	0,1466	0,4464	1397,0407	37,04
0+920.00	1366,00	-6,00	40,45	8,00	55,00	1,70	0,1466	0,4379	1396,6028	30,60
0+960.00	1362,00	4,00	40,20	8,00	55,00	1,70	0,1466	0,4352	1396,1676	34,17
1+000.00	1354,00	8,00	40,79	8,00	55,00	1,70	0,1466	0,4417	1395,7259	41,73
1+040.00	1361,00	-7,00	40,61	8,00	55,00	1,70	0,1466	0,4397	1395,2862	34,29
1+080.00	1357,00	4,00	40,20	8,00	55,00	1,70	0,1466	0,4352	1394,8510	37,85
1+120.00	1358,00	-1,00	40,01	8,00	55,00	1,70	0,1466	0,4332	1394,4178	36,42
1+160.00	1354,00	4,00	40,20	8,00	55,00	1,70	0,1466	0,4352	1393,9825	39,98
1+200.00	1346,00	8,00	40,79	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3702	1393,6378	47,64
1+240.00	1317,00	29,00	49,41	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,4484	1393,1894	76,19
1+280.00	1318,00	-1,00	40,01	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3631	1392,8263	74,83
1+320.00	1305,00	13,00	42,06	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3817	1392,4446	87,44
1+360.00	1292,00	13,00	42,06	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3817	1392,0629	100,06
1+400.00	1281,00	11,00	41,48	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3765	1391,6865	110,69
1+440.00	1280,00	1,00	40,01	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3631	1391,3234	111,32
1+480.00	1273,00	7,00	40,61	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3685	1390,9548	117,95

CONTINUA TABLA 4.1

ESTACION	ELEV. (m) Z	$\Delta Z=Z1-Z2$	L. Tub. (m)	D "	Q	V(m/s)	$V^2/2g$	hf (m/m)	Línea Piezométrica (m)	Carga Disponibile (m)
1+520.00	1254,00	19,00	44,28	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,4019	1390,5530	136,55
1+560.00	1244,00	10,00	41,23	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3742	1390,1788	146,18
1+600.00	1238,00	6,00	40,45	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3671	1389,8117	151,81
1+640.00	1233,00	5,00	40,31	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3658	1389,4459	156,45
1+680.00	1229,00	4,00	40,20	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3648	1389,0811	160,08
1+720.00	1225,00	4,00	40,20	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3648	1388,7163	163,72
1+760.00	1227,00	-2,00	40,05	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3635	1388,3528	161,35
1+800.00	1231,00	-4,00	40,20	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3648	1387,9880	156,99
1+840.00	1235,00	-4,00	40,20	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3648	1387,6232	152,62
1+880.00	1255,00	-20,00	44,72	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,4058	1387,2174	132,22
1+920.00	1246,00	9,00	41,00	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3721	1386,8453	140,85
1+960.00	1237,00	9,00	41,00	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3721	1386,4732	149,47
2+000.00	1231,00	6,00	40,45	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3671	1386,1062	155,11
2+040.00	1237,00	-6,00	40,45	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3671	1385,7391	148,74
2+080.00	1242,00	-5,00	40,31	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3658	1385,3733	143,37
2+120.00	1253,00	-11,00	41,48	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3765	1384,9968	132,00
2+160.00	1257,00	-4,00	40,20	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3648	1384,6320	127,63
2+200.00	1248,00	9,00	41,00	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3721	1384,2599	136,26
2+240.00	1256,00	-8,00	40,79	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3702	1383,8897	127,89
2+280.00	1263,00	-7,00	40,61	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3685	1383,5212	120,52
2+320.00	1276,00	-13,00	42,06	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3817	1383,1395	107,14
2+360.00	1273,00	3,00	40,11	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,3640	1382,7755	109,78
2+400.00	1242,00	31,00	50,61	8,00	50,00	1,54	0,1212	0,4593	1382,3162	140,32
2+440.00	1237,00	5,00	40,31	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3010	1382,0383	145,04
2+480.00	1230,00	7,00	40,61	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3032	1381,7351	151,74
2+520.00	1216,00	14,00	42,38	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3164	1381,4187	165,42
2+560.00	1204,00	12,00	41,76	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3118	1381,1069	177,11
2+600.00	1207,00	-3,00	40,11	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,2995	1380,8074	173,81
2+640.00	1209,00	-2,00	40,05	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,2990	1380,5084	171,51
2+680.00	1206,00	3,00	40,11	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,2995	1380,2089	174,21
2+720.00	1179,00	27,00	48,26	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3603	1379,8485	200,85
2+760.00	1174,00	5,00	40,31	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3010	1379,5476	205,55
2+800.00	1180,00	-6,00	40,45	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3020	1379,2456	199,25
2+840.00	1175,00	5,00	40,31	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3010	1378,9446	203,94
2+880.00	1167,00	8,00	40,79	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3046	1378,6400	211,64
2+920.00	1157,00	10,00	41,23	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3078	1378,3322	221,33
2+960.00	1149,00	8,00	40,79	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3046	1378,0276	229,03
3+000.00	1142,00	7,00	40,61	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3032	1377,7244	235,72
3+040.00	1138,00	4,00	40,20	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3001	1377,4243	239,42
3+080.00	1134,00	4,00	40,20	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3001	1377,1242	243,12

CONTINUA TABLA 4.1

ESTACION	ELEV. (m) Z	$\Delta Z=Z1-Z2$	L. Tub. (m)	D "	Q	V(m/s)	$V^2/2g$	hf (m/m)	Línea Piezométrica (m)	Carga Disponible (m)
3+120.00	1133,00	1,00	40,01	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,2987	1376,8254	243,83
3+160.00	1139,00	-6,00	40,45	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3020	1376,5234	237,52
3+200.00	1144,00	-5,00	40,31	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3010	1376,2224	232,22
3+240.00	1146,00	-2,00	40,05	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,2990	1375,9234	229,92
3+280.00	1147,00	-1,00	40,01	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,2987	1375,6247	228,62
3+320.00	1152,00	-5,00	40,31	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3010	1375,3237	223,32
3+360.00	1158,00	-6,00	40,45	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3020	1375,0217	217,02
3+400.00	1175,00	-17,00	43,46	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3245	1374,6972	199,70
3+440.00	1185,00	-10,00	41,23	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3078	1374,3894	189,39
3+480.00	1182,00	3,00	40,11	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,2995	1374,0899	192,09
3+520.00	1182,00	0,00	40,00	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,2987	1373,7912	191,79
3+560.00	1173,00	9,00	41,00	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3061	1373,4851	200,49
3+600.00	1158,00	15,00	42,72	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3190	1373,1661	215,17
3+640.00	1145,00	13,00	42,06	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3140	1372,8521	227,85
3+680.00	1132,00	13,00	42,06	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3140	1372,5381	240,54
3+720.00	1128,00	4,00	40,20	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3001	1372,2380	244,24
3+760.00	1124,00	4,00	40,20	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3001	1371,9378	247,94
3+800.00	1117,00	7,00	40,61	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3032	1371,6346	254,63
3+840.00	1121,00	-4,00	40,20	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3001	1371,3345	250,33
3+880.00	1125,00	-4,00	40,20	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3001	1371,0343	246,03
3+920.00	1128,00	-3,00	40,11	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,2995	1370,7349	242,73
3+960.00	1135,00	-7,00	40,61	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3032	1370,4317	235,43
4+000.00	1142,00	-7,00	40,61	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3032	1370,1285	228,13
4+040.00	1149,00	-7,00	40,61	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3032	1369,8253	220,83
4+080.00	1155,00	-6,00	40,45	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3020	1369,5233	214,52
4+120.00	1159,00	-4,00	40,20	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3001	1369,2231	210,22
4+160.00	1170,00	-11,00	41,48	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3097	1368,9134	198,91
4+200.00	1180,00	-10,00	41,23	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3078	1368,6056	188,61
4+240.00	1193,00	-13,00	42,06	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3140	1368,2915	175,29
4+280.00	1206,00	-13,00	42,06	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3140	1367,9775	161,98
4+320.00	1220,00	-14,00	42,38	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3164	1367,6611	147,66
4+360.00	1221,00	-1,00	40,01	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,2987	1367,3624	146,36
4+400.00	1224,00	-3,00	40,11	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,2995	1367,0629	143,06
4+440.00	1200,00	24,00	46,65	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3483	1366,7146	166,71
4+480.00	1195,00	5,00	40,31	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3010	1366,4136	171,41
4+520.00	1213,00	-18,00	43,86	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,3275	1366,0861	153,09
4+560.00	1211,00	2,00	40,05	8,00	45,00	1,39	0,0981	0,2990	1365,7871	154,79
4+600.00	1201,00	10,00	41,23	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2475	1365,5602	164,56
4+640.00	1186,00	15,00	42,72	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2564	1365,3037	179,30
4+680.00	1175,00	11,00	41,48	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2490	1365,0547	190,05

CONTINUA TABLA 4.1

ESTACION	ELEV. (m) Z	$\Delta Z=Z1-Z2$	L. Tub. (m)	D "	Q	V(m/s)	$V^2/2g$	hf (m/m)	Linea Piezométrica (m)	Carga Disponible (m)
4+720.00	1164,00	11,00	41,48	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2490	1364,8057	200,81
4+760.00	1161,00	3,00	40,11	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2408	1364,5649	203,56
4+800.00	1158,00	3,00	40,11	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2408	1364,3241	206,32
4+840.00	1134,00	24,00	46,65	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2800	1364,0440	230,04
4+880.00	1142,00	-8,00	40,79	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2449	1363,7992	221,80
4+920.00	1149,00	-7,00	40,61	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2438	1363,5554	214,56
4+960.00	1156,00	-7,00	40,61	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2438	1363,3116	207,31
5+000.00	1158,00	-2,00	40,05	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2404	1363,0712	205,07
5+040.00	1161,00	-3,00	40,11	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2408	1362,8304	201,83
5+080.00	1164,00	-3,00	40,11	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2408	1362,5896	198,59
5+120.00	1170,00	-6,00	40,45	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2428	1362,3468	192,35
5+160.00	1201,00	-31,00	50,61	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,3038	1362,0430	161,04
5+200.00	1200,00	1,00	40,01	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2402	1361,8028	161,80
5+240.00	1186,00	14,00	42,38	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2544	1361,5484	175,55
5+280.00	1181,00	5,00	40,31	8,00	40,00	1,23	0,0775	0,2420	1361,3064	180,31
5+320.00	1177,00	4,00	40,20	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1884	1361,1361	184,14
5+360.00	1166,00	11,00	41,48	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1945	1360,9417	194,94
5+400.00	1180,00	-14,00	42,38	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1987	1360,7430	180,74
5+440.00	1174,00	6,00	40,45	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1896	1360,5534	186,55
5+480.00	1164,00	10,00	41,23	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1933	1360,3601	196,36
5+520.00	1167,00	-3,00	40,11	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1880	1360,1721	193,17
5+560.00	1165,00	2,00	40,05	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1877	1359,9843	194,98
5+600.00	1166,00	-1,00	40,01	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1876	1359,7968	193,80
5+640.00	1159,00	7,00	40,61	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1904	1359,6064	200,61
5+680.00	1148,00	11,00	41,48	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1945	1359,4119	211,41
5+720.00	1150,00	-2,00	40,05	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1877	1359,2242	209,22
5+760.00	1150,00	0,00	40,00	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1875	1359,0367	209,04
5+800.00	1148,00	2,00	40,05	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1877	1358,8489	210,85
5+840.00	1145,00	3,00	40,11	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1880	1358,6609	213,66
5+880.00	1149,00	-4,00	40,20	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1884	1358,4724	209,47
5+920.00	1141,00	8,00	40,79	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1912	1358,2812	217,28
5+960.00	1146,00	-5,00	40,31	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1890	1358,0922	212,09
6+000.00	1145,00	1,00	40,01	8,00	35,00	1,08	0,0594	0,1876	1357,9047	212,90
6+040.00	1145,00	0,00	40,00	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7612	1357,0152	212,02
6+080.00	1144,00	1,00	40,01	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7614	1356,2538	212,25
6+120.00	1137,00	7,00	40,61	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7727	1355,4811	218,48
6+160.00	1130,00	7,00	40,61	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7727	1354,7084	224,71
6+200.00	1130,00	0,00	40,00	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7612	1353,9472	223,95
6+240.00	1132,00	-2,00	40,05	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7621	1353,1851	221,19
6+280.00	1133,00	-1,00	40,01	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7614	1352,4237	219,42

CONTINUA CUADRO 4.1

ESTACION	ELEV. (m) Z	$\Delta Z=Z1-Z2$	L. Tub. (m)	D "	Q	V(m/s)	$V^2/2g$	hf (m/m)	Línea Piezométrica (m)	Carga Disponible (m)
6+320.00	1138,00	-5,00	40,31	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7671	1351,6566	213,66
6+360.00	1137,00	1,00	40,01	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7614	1350,8952	213,90
6+400.00	1142,00	-5,00	40,31	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7671	1350,1281	208,13
6+440.00	1146,00	-4,00	40,20	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7650	1349,3631	203,36
6+480.00	1149,00	-3,00	40,11	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7633	1348,5998	199,60
6+520.00	1144,00	5,00	40,31	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7671	1347,8327	203,83
6+560.00	1148,00	-4,00	40,20	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7650	1347,0678	199,07
6+600.00	1151,00	-3,00	40,11	6,00	35,00	1,92	0,1876	0,7633	1346,3045	195,30
6+640.00	1150,00	1,00	40,01	6,00	30,00	1,64	0,1379	0,5723	1345,7819	195,78
6+680.00	1154,00	-4,00	40,20	6,00	30,00	1,64	0,1379	0,5750	1345,2069	191,21
6+720.00	1154,00	0,00	40,00	6,00	30,00	1,64	0,1379	0,5721	1344,6348	190,63
6+760.00	1158,00	-4,00	40,20	6,00	30,00	1,64	0,1379	0,5750	1344,0598	186,06
6+800.00	1158,00	0,00	40,00	6,00	30,00	1,64	0,1379	0,5721	1343,4877	185,49
6+840.00	1161,00	-3,00	40,11	6,00	30,00	1,64	0,1379	0,5737	1342,9140	181,91
6+880.00	1162,00	-1,00	40,01	6,00	30,00	1,64	0,1379	0,5723	1342,3417	180,34
6+920.00	1168,00	-6,00	40,45	6,00	30,00	1,64	0,1379	0,5785	1341,7631	173,76
6+960.00	1170,00	-2,00	40,05	6,00	30,00	1,64	0,1379	0,5728	1341,1903	171,19
7+000.00	1176,00	-6,00	40,45	6,00	30,00	1,64	0,1379	0,5785	1340,6117	164,61
7+040.00	1179,00	-3,00	40,11	6,00	30,00	1,64	0,1379	0,5737	1340,0380	161,04
7+080.00	1183,00	-4,00	40,20	4,00	20,00	2,47	0,3102	1,9548	1337,9109	154,91
7+120.00	1187,00	-4,00	40,20	4,00	20,00	2,47	0,3102	1,9548	1335,9561	148,96
7+160.00	1188,00	-1,00	40,01	4,00	20,00	2,47	0,3102	1,9457	1334,0104	146,01
7+200.00	1188,00	0,00	40,00	4,00	20,00	2,47	0,3102	1,9451	1332,0653	144,07
7+240.00	1186,00	2,00	40,05	4,00	20,00	2,47	0,3102	1,9475	1330,1178	144,12
7+280.00	1193,00	-7,00	40,61	4,00	20,00	2,47	0,3102	1,9746	1328,1432	135,14
7+320.00	1194,00	-1,00	40,01	4,00	20,00	2,47	0,3102	1,9457	1326,1975	132,20
7+360.00	1193,00	1,00	40,01	4,00	15,00	1,85	0,1745	1,1421	1325,1911	132,19
7+400.00	1191,00	2,00	40,05	4,00	15,00	1,85	0,1745	1,1431	1324,0480	133,05
7+440.00	1186,00	5,00	40,31	4,00	15,00	1,85	0,1745	1,1506	1322,8974	136,90
7+480.00	1181,00	5,00	40,31	4,00	15,00	1,85	0,1745	1,1506	1321,7468	140,75
7+520.00	1184,00	-3,00	40,11	4,00	15,00	1,85	0,1745	1,1449	1320,6019	136,60
7+560.00	1187,00	-3,00	40,11	4,00	15,00	1,85	0,1745	1,1449	1319,4570	132,46
7+600.00	1189,00	-2,00	40,05	4,00	15,00	1,85	0,1745	1,1431	1318,3139	129,31
7+640.00	1189,00	0,00	40,00	4,00	15,00	1,85	0,1745	1,1417	1317,1722	128,17
7+680.00	1200,00	-11,00	41,48	4,00	15,00	1,85	0,1745	1,1841	1315,9881	115,99
7+720.00	1204,00	-4,00	40,20	4,00	15,00	1,85	0,1745	1,1474	1314,8407	110,84
7+760.00	1206,00	-2,00	40,05	4,00	15,00	1,85	0,1745	1,1431	1313,6976	107,70

Tabla 4.2. RD en las diferentes secciones de la tubería en base a la carga.

ESTACIÓN	CARGA DISP.	RD	ESTACIÓN	CARGA DISP.	RD	ESTACIÓN	CARGA DISP.	RD
0+000.00	2,00		1+160.00	39,98	32,5	2+320.00	107,14	32,5
0+040.00	3,83	41	1+200.00	47,64	32,5	2+360.00	109,78	32,5
0+080.00	6,66	41	1+240.00	76,19	32,5	2+400.00	140,32	32,5
0+120.00	7,48	41	1+280.00	74,83	32,5	2+440.00	145,04	32,5
0+160.00	8,31	41	1+320.00	87,44	26	2+480.00	151,74	32,5
0+200.00	7,14	41	1+360.00	100,06	26	2+520.00	165,42	26
0+240.00	9,97	41	1+400.00	110,69	26	2+560.00	177,11	26
0+280.00	7,80	41	1+440.00	111,32	26	2+600.00	173,81	26
0+320.00	7,63	41	1+480.00	117,95	21	2+640.00	171,51	26
0+360.00	13,45	41	1+520.00	136,55	21	2+680.00	174,21	26
0+400.00	11,28	41	1+560.00	146,18	21	2+720.00	200,85	26
0+440.00	14,11	41	1+600.00	151,81	21	2+760.00	205,55	21
0+480.00	19,93	41	1+640.00	156,45	17	2+800.00	199,25	21
0+520.00	21,76	41	1+680.00	160,08	17	2+840.00	203,94	21
0+560.00	21,59	41	1+720.00	163,72	17	2+880.00	211,64	21
0+600.00	25,42	41	1+760.00	161,35	17	2+920.00	221,33	21
0+640.00	19,24	41	1+800.00	156,99	17	2+960.00	229,03	21
0+680.00	21,07	41	1+840.00	152,62	17	3+000.00	235,72	17
0+720.00	40,88	41	1+880.00	132,22	21	3+040.00	239,42	17
0+760.00	31,36	41	1+920.00	140,85	21	3+080.00	243,12	17
0+800.00	34,93	41	1+960.00	149,47	21	3+120.00	243,83	17
0+840.00	27,49	41	2+000.00	155,11	21	3+160.00	237,52	17
0+880.00	37,04	41	2+040.00	148,74	21	3+200.00	232,22	17
0+920.00	30,60	41	2+080.00	143,37	21	3+240.00	229,92	17
0+960.00	34,17	41	2+120.00	132,00	21	3+280.00	228,62	17
1+000.00	41,73	41	2+160.00	127,63	21	3+320.00	223,32	21
1+040.00	34,29	41	2+200.00	136,26	26	3+360.00	217,02	21
1+080.00	37,85	41	2+240.00	127,89	26	3+400.00	199,70	26
1+120.00	36,42	41	2+280.00	120,52	32,5	3+440.00	189,39	26

Continúa Tabla 4.2

ESTACIÓN	CARGA DISP.	RD	ESTACIÓN	CARGA DISP.	RD	ESTACIÓN	CARGA DISP.	RD
3+480.00	192,09	26	4+640.00	179,30	17	5+800.00	210,85	21
3+520.00	191,79	26	4+680.00	190,05	17	5+840.00	213,66	21
3+560.00	200,49	26	4+720.00	200,81	17	5+880.00	209,47	21
3+600.00	215,17	26	4+760.00	203,56	17	5+920.00	217,28	21
3+640.00	227,85	21	4+800.00	206,32	17	5+960.00	212,09	21
3+680.00	240,54	21	4+840.00	230,04	17	6+000.00	212,90	21
3+720.00	244,24	17	4+880.00	221,80	17	6+040.00	212,02	17
3+760.00	247,94	17	4+920.00	214,56	17	6+080.00	212,25	17
3+800.00	254,63	17	4+960.00	207,31	17	6+120.00	218,48	17
3+840.00	250,33	17	5+000.00	205,07	17	6+160.00	224,71	17
3+880.00	246,03	17	5+040.00	201,83	17	6+200.00	223,95	17
3+920.00	242,73	17	5+080.00	198,59	17	6+240.00	221,19	17
3+960.00	235,43	17	5+120.00	192,35	17	6+280.00	219,42	17
4+000.00	228,13	17	5+160.00	161,04	26	6+320.00	213,66	17
4+040.00	220,83	21	5+200.00	161,80	26	6+360.00	213,90	17
4+080.00	214,52	21	5+240.00	175,55	26	6+400.00	208,13	17
4+120.00	210,22	21	5+280.00	180,31	26	6+440.00	203,36	17
4+160.00	198,91	21	5+320.00	184,14	26	6+480.00	199,60	17
4+200.00	188,61	21	5+360.00	194,94	26	6+520.00	203,83	21
4+240.00	175,29	21	5+400.00	180,74	21	6+560.00	199,07	21
4+280.00	161,98	26	5+440.00	186,55	21	6+600.00	195,30	21
4+320.00	147,66	26	5+480.00	196,36	26	6+640.00	195,78	21
4+360.00	146,36	26	5+520.00	193,17	26	6+680.00	191,21	21
4+400.00	143,06	26	5+560.00	194,98	26	6+720.00	190,63	21
4+440.00	166,71	26	5+600.00	193,80	26	6+760.00	186,06	21
4+480.00	171,41	26	5+640.00	200,61	26	6+800.00	185,49	21
4+520.00	153,09	17	5+680.00	211,41	26	6+840.00	181,91	21
4+560.00	154,79	17	5+720.00	209,22	26	6+880.00	180,34	21
4+600.00	164,56	17	5+760.00	209,04	26	6+920.00	173,76	21

Continúa Tabla 4.2

ESTACIÓN	CARGA DISP.	RD
6+960.00	171,19	21
7+000.00	164,61	21
7+040.00	161,04	21
7+080.00	154,91	21
7+120.00	148,96	21
7+160.00	146,01	26
7+200.00	144,07	26
7+240.00	144,12	26
7+280.00	135,14	26
7+320.00	132,20	26
7+360.00	132,19	26
7+400.00	133,05	26
7+440.00	136,90	26
7+480.00	140,75	26
7+520.00	136,60	26
7+560.00	132,46	26
7+600.00	129,31	26
7+640.00	128,17	26
7+680.00	115,99	26
7+720.00	110,84	26
7+760.00	107,70	26

Para cualquier tipo de material se debe tener muy en cuenta la presión máxima de trabajo a la que puede ser sometido, ya que al llegar o incluso antes de llegar a ese valor, con variaciones pequeñas de presión, la tubería podría sufrir daños considerables.

Para esto la empresa Extrumex de Monterrey, N. L. facilita un manual de operación para tuberías de Polietileno de Alta Densidad, Extrupak (Tabla 4.3).

Tabla 4.3 Presión máxima de trabajo de la tubería Extrupak en base a su RD.

RD	PRESIÓN DE TRABAJO KG/CM²
7,3	64,7
9,0	50,0
11,0	44,8
13,5	36,0
17,0	28,0
21,0	22,4
26,0	18,0
32,5	14,4
41,0	11,2

Fuente: Extrumex S.A., Monterrey, N. L.

En las siguientes figuras se muestra el perfil seccionado de la conducción, los datos para dibujar este perfil, son los mismos que se han expuesto en las tablas anteriores. Cabe mencionar que no se señala la línea de energía por tener un valor prácticamente despreciable y queda junto a la línea Piezométrica que a su vez, ésta muestra su comportamiento en base a los diferentes gastos y diámetros de la tubería.

ALTIMETRIA (m)

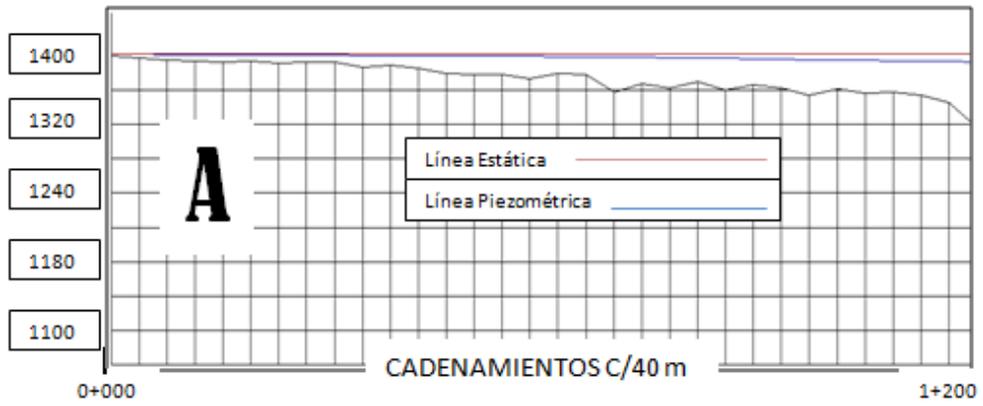


Figura 4.1 Sección A del perfil de la Tubería.

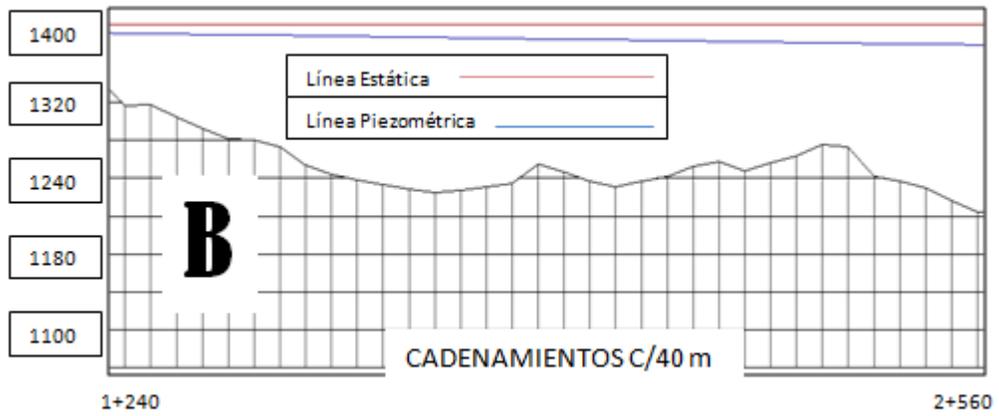


Figura 4.2. Sección B del perfil de la Tubería

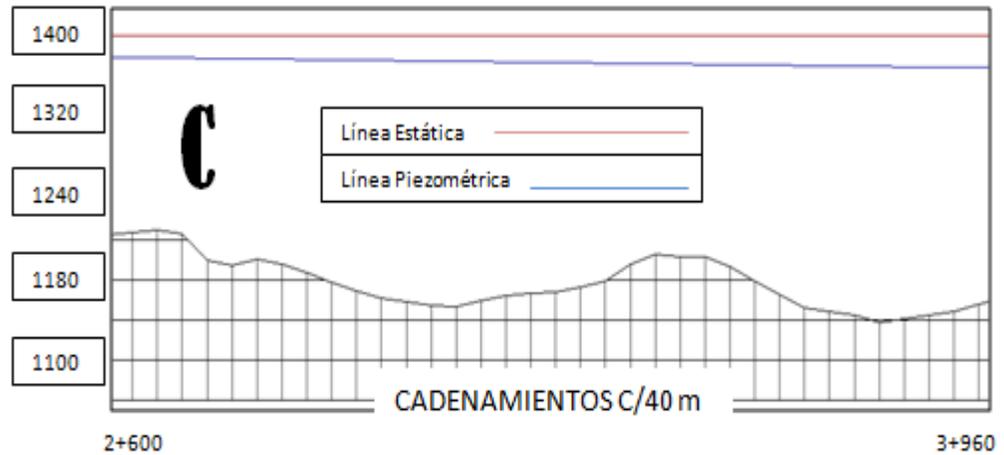


Figura 4.3. Sección C del perfil de la Tubería.

ALTURA (m)

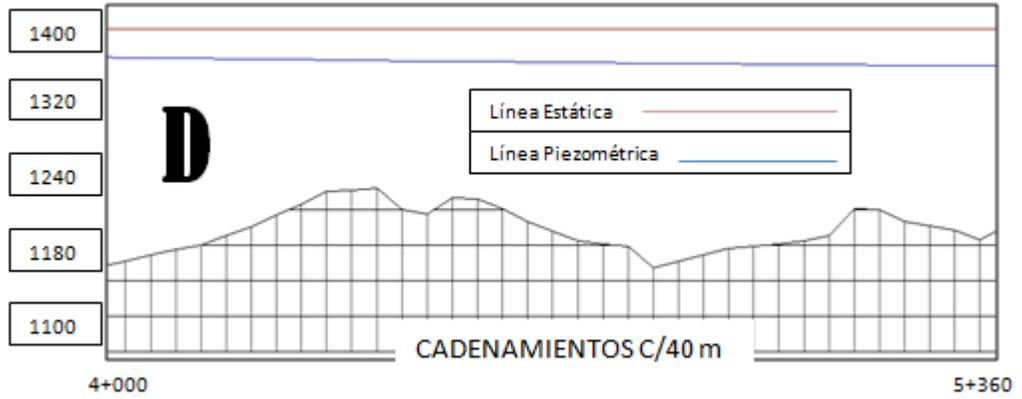


Figura 4.4. Sección D del perfil de la Tubería

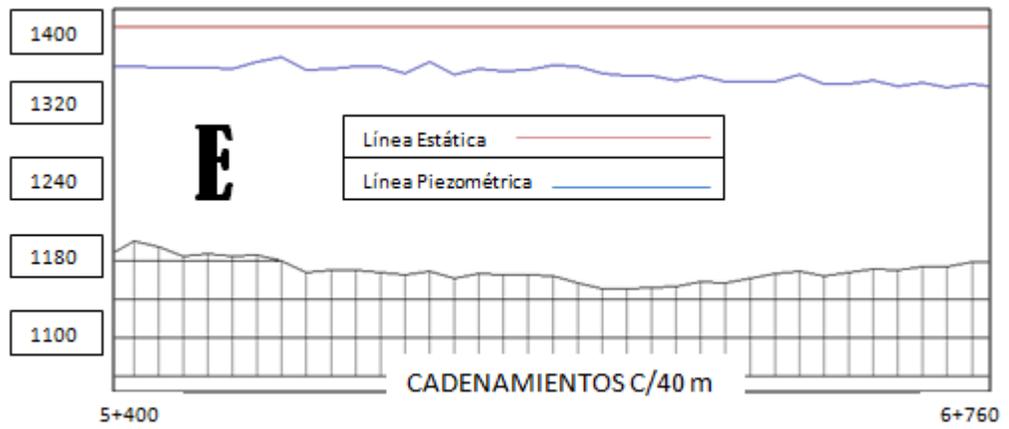


Figura 4.5. Sección E del Perfil de la Tubería.

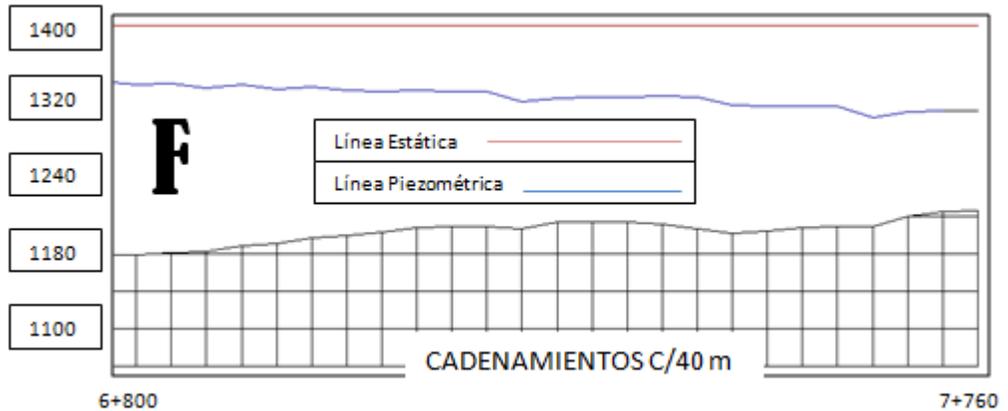


Figura 4.6 Sección F del perfil de la Tubería.

Para los cálculos del golpe de ariete se seleccionó de todo el perfil, una sección la cuál se consideró la más crítica por su longitud y porque en esta sección hay diferencias en el nivel del terreno inversas (Fig. 4.7). Esto es que antes de llegar al punto final, el flujo tiene que retroceder más atrás que el extremo anterior y esto por lo consiguiente hace que el agua se detenga por completo al llegar al punto donde se igualan las alturas (Fig. 4.8). Si lo comparamos a los casos más comunes de golpe de ariete es similar a cuando se cierra una válvula.

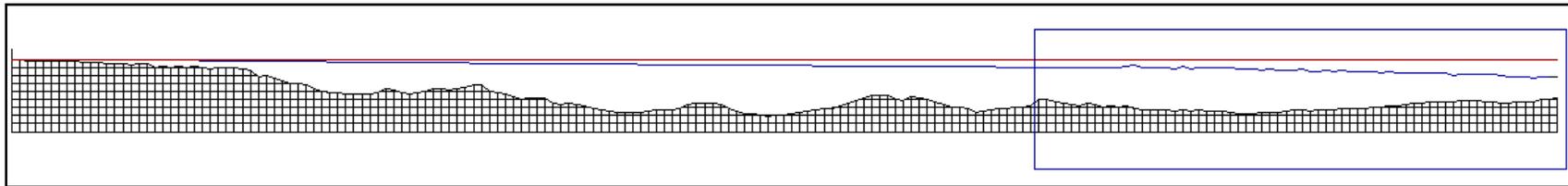


Figura 4.7 Perfil completo de la tubería en el cuál se señala la sección a analizar

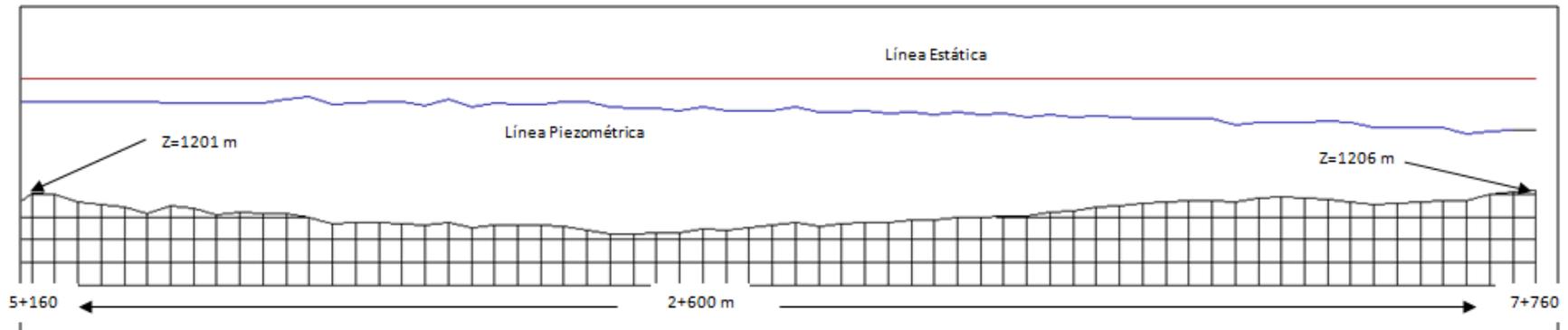


Figura 4.8 Sección proyectada del perfil de la tubería a analizar.

Tabla 4.4.- Resultados de los cálculos para obtener la Celeridad para los diferentes espesores.

DE LA ESTACIÓN	A LA ESTACIÓN	DIÁMETRO (PULG)	RD	ÁREA (m ²)	LONGITUD (m)	ESPESOR (m)	CELERIDAD (m/s)
5+160	5+360	8	26	0,0232	240	0,0078	182,6718
5+400	5+440	8	21	0,0213	80	0,0097	202,8616
5+480	5+760	8	26	0,0232	320	0,0078	182,6718
5+800	6+000	8	21	0,0213	240	0,0097	202,8616
6+040	6+160	6	17	0,0107	120	0,0090	224,9320
6+200	6+480	6	17	0,0107	360	0,0090	224,9320
6+520	7+120	6	21	0,0120	640	0,0073	202,8616
7+160	7+680	4	26	0,0069	520	0,0039	182,6718

El punto en el que el agua regresa es 7+680.

En este caso que hay diferentes longitudes L1, L2, L3, ..., Ln, para diferentes diámetros, se utiliza la siguiente fórmula:

$$L = L_1 + \frac{L_2 A_1}{A_2} + \frac{L_3 A_1}{A_3}$$

$$\underline{L = 1170.81 \text{ m}}$$

Donde L es la longitud y A es el área hidráulica.

En el caso que la conducción esté constituida por tramos de tubos de diferentes características (diámetro, espesor, timbraje, material, etc.), la celeridad media se calculará como la media ponderada de la celeridad de cada tramo. Si L1, L2 y L3 son las longitudes de los tramos de distintas características y C1, C2 y C3 las celeridades respectivas,

$$C = (C_1L_1 + C_2L_2 + C_3L_3) / (L_1 + L_2 + L_3)$$

$$C = 194,2037 \text{ m/s}$$

Entonces ya teniendo el valor de la longitud, se toma como velocidad media del agua a la más crítica en este caso es de 1.92 m/s, se procede a calcular la máxima sobrepresión que existirá en la tubería, que realmente este valor es el que nos va a marcar el tiempo de cierre de una válvula, para evitar el golpe.

$$h_a = 2Lv/gt$$

4.1.- Sobrepresión por el Golpe de Ariete.

Después de los cálculos se presenta la siguiente tabla y figura en donde a diferentes tiempos, se va disminuyendo el valor de la sobrepresión.

Tabla 4.5 Sobrepresiones dependiendo del tiempo de parada

ha (m)	t (s)
458,30	1
91,66	5
45,83	10
30,55	15
22,91	20
18,33	25
15,28	30
13,09	35
11,46	40
10,18	45
9,17	50
4,58	100
2,29	200
1,53	300
1,15	400
0,92	500
0,76	600
0,65	700
0,57	800
0,51	900
0,46	1000
0,27	1685

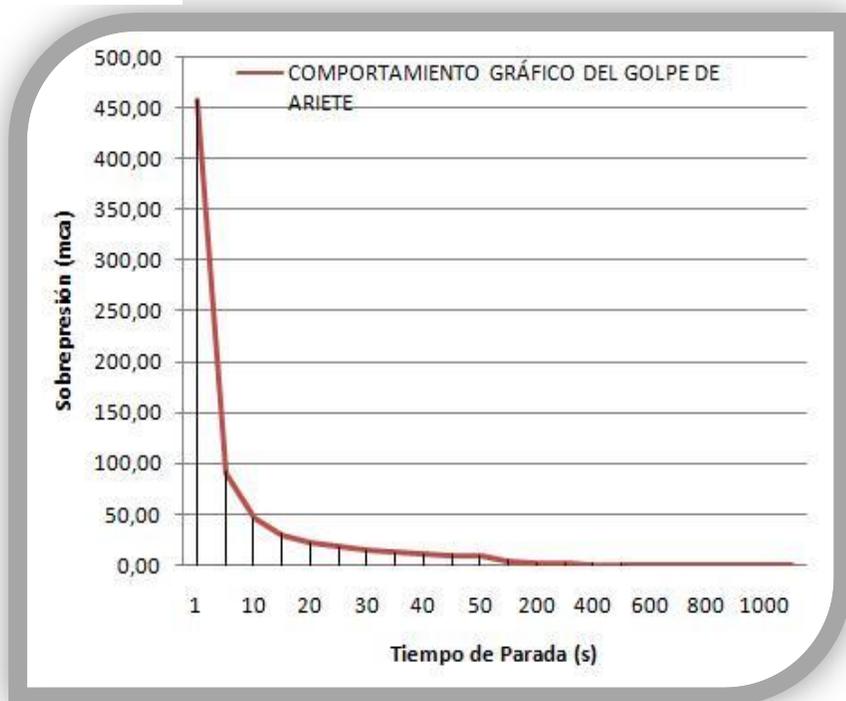


Figura 4.9 Comportamiento gráfico del golpe de ariete

El punto 6+160 se tomó como punto donde se llevaría a cabo el golpe, ya que es el punto más bajo de acuerdo a las cotas, en éste es donde se instalará una válvula de alivio calibrada para abrirse antes de romperse la tubería. Al empezar a ascender el flujo, comienza a frenarse lentamente conforme va subiendo hasta alcanzar el punto más alto en la cota 6+680.

Es importante mencionar el comportamiento que puede tener esta tubería en caso de un tiempo de parada de un segundo pues alcanzaría valores sorprendentes, pero se señala también el tiempo máximo de 1685 segundos que es el tiempo que le llevaría al flujo en llegar al punto en donde el agua regresa a recuperar nivel. Para cuando cumpla este tiempo, en esta sección de la tubería habrá una sobrepresión de 0.27 m el cuál se pasa a sumar a la presión obtenida anteriormente y por su valor bajo, no cambia en nada el RD de la tubería.

El agua llega favorablemente al destino planeado, solo con el pequeño detalle que al llenar la tubería, por los desfogues y por el llenado de los depósitos con cotas más favorables, al depósito más alto le puede llevar de 1 a 2 días para que le llegue el agua.

Se instalarán ventosas en base a la tabla 4.6, además en los puntos bajos se instalarán válvulas de 3 pulgadas que servirán como desfogue para cuando se haga el llenado de la tubería, aparte que se haga la limpieza de la misma, se pueda purgar y disminuir lo más que se pueda las velocidades del flujo, esto para evitar con toda seguridad una sobrepresión y por lo consiguiente una rotura en la tubería. En la tabla también se señala los puntos en los cuáles se deben instalar válvulas de alivio para prevención de sobrepresiones que en algún caso se pudieran presentar.

Tabla 4.6 Puntos en los que se deben instalar las diferentes válvulas.

ESTACIÓN	TIPO DE VÁLVULA						
0+200	VAEA	1+480	VAEA	3+560	VAEA	6+120	VAEA
0+280	VAEA	1+760	ALIVIO	3+840	ALIVIO	6+200	ALIVIO
0+320	VAEA	1+880	VAEA	4+360	VAEA	6+360	VAEA
0+360	DESFOGUE	1+920	VAEA	4+520	DESFOGUE	6+400	DESFOGUE
0+400	VAEA	2+040	DESFOGUE	4+560	VAEA	6+520	VAEA
0+680	VAEA	2+200	VAEA	4+880	ALIVIO	6+600	DESFOGUE
0+760	DESFOGUE	2+240	DESFOGUE	5+040	VAEA	6+720	VAEA
0+800	VAEA	2+360	VAEA	5+200	VAEA	6+960	VAEA
0+880	VAEA	2+400	VAEA	5+400	DESFOGUE	7+080	VAEA
0+920	DESFOGUE	2+520	VAEA	5+520	DESFOGUE	7+160	VAEA
0+960	VAEA	2+600	DESFOGUE	5+560	VAEA	7+240	VAEA
1+040	DESFOGUE	2+680	VAEA	5+640	VAEA	7+480	VAEA
1+080	VAEA	2+720	VAEA	5+760	DESFOGUE	7+560	DESFOGUE
1+120	DESFOGUE	2+800	DESFOGUE	5+800	VAEA	7+640	VAEA
1+160	VAEA	2+840	VAEA	5+880	DESFOGUE	7+760	VAEA
1+240	VAEA	3+160	ALIVIO	5+920	VAEA	7+760	VALVULA FINAL
1+280	DESFOGUE	3+320	VAEA	5+960	DESFOGUE		
1+320	VAEA	3+480	VAEA	6+040	VAEA		

4.2.- Presupuesto Favorable

El presupuesto con que se contó fue de \$ 3, 777,512.62, pero de este se hicieron las modificaciones al principio mencionadas las cuáles principalmente fueron las de eliminar las cajas rompedoras de presión y modificar el RD de las tuberías, y claro, todo lo que con ello abarque se modificó. Con todo esto, al hacer la cuantificación se tuvieron costos por la cantidad de \$ 3, 104,038.91, obteniendo una diferencia de recursos a favor por la cantidad de \$ 673,473.71.

Con este dinero restante se construyó la obra de toma, ampliación y techo de la misma, de ahí mismo se cuenta recurso para reparaciones y mantenimiento del sistema de abastecimiento. (Apéndice A2).

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las sobrepresiones que se pueden originar en la sección analizada, pueden ser muy grandes sobre todo si en caso de haber válvula, ésta se cierra repentinamente. Si el tiempo de parada es de un segundo, se tendría una sobrepresión de 458.30 mca, para el tiempo estándar de 8 s recomendado para el cierre de válvulas, la sobrepresión en este caso sería de 57.30 mca. En la situación presente, como el agua va ascendiendo con ciertas velocidades, el tiempo en el que se igualan las alturas es de 1685 segundos y en este tiempo la sobrepresión es de .27 mca.

Los sistemas de abastecimiento de agua por gravedad, en la actualidad ya son muy escasos, pero no por eso se deben descartar ya que un buen diseño debe controlar a la perfección el flujo natural del agua.

En el sistema de abastecimiento de agua para el ejido Teopisca se hubieran podido desarrollar, si no se hubiera hecho un buen diseño, los fenómenos hidrodinámicos de Succión o colapso de la tubería por el vaciado de la misma o por el contrario una sobrepresión por la acumulación de aire en los puntos más altos del perfil ocasionando destrozos en la conducción o incluso impedir totalmente el avance del agua; también el golpe de ariete es uno de los fenómenos más sorprendentes que se hubiera podido presentar en valores considerables para destrozos a la línea de conducción. Todo esto porque el sistema de conducción analizado puede tener todas las características que un buen investigador de hidráulica esté buscando indagar.

Cuando se habla de economizar no solamente se refiere al precio de los diferentes materiales que se pretendan utilizar, pues en este caso lo que más influye en los costos del sistema, es el acceso a la línea y hacer los trabajos de instalación, por eso es que se buscan las opciones que más se adapten a las condiciones ambientales, topográficas y económicas.

Se debe tener mucho cuidado al hacer las maniobras de suministro a las tuberías secundarias ya que por cualquier movimiento brusco, debido a la longitud de la tubería, puede afectar en gran manera el flujo en la tubería principal. Debe tenerse en observación durante el llenado de la línea, el comportamiento de las VAEA, los desfogues, válvulas de alivio y caudalímetro. Los tiempos de cierre para los desfogues serán entre 5 y 10 minutos, para evitar un flujo brusco.

Por ser una fuente inagotable, en los depósitos se estará suministrando un gasto constante, por lo cual las líneas de conducción primaria y secundaria se estabilizarán en un tiempo determinado, cuando todos los depósitos estén recibiendo su respectivo gasto. Por lo anterior se recomienda proteger a las diferentes válvulas que puedan afectar la estabilidad del sistema, debe ser una estructura resistente y segura para que nadie pueda accesar más que la persona indicada.

-BIBLIOGRAFIA-

1. Arnalich, S. (2007). Espanet y Cooperación. Introducción al cálculo de Redes de Agua por ordenador. Uman, Ingeniería para las Personas.
2. Arteaga T. E. 1993. Hidráulica Elemental. 1ª edición Editorial UACH, México D. F., 335 págs.
3. Azevedo Álvarez, 1976. Manual de Hidráulica, 6ª edición. Editorial Harla S. A. de C. V. México D. F., 508 págs.
4. Criterios de diseño para abastecimientos de agua potable, empleando tubería PVC. Manual elaborado por Plásticos Rex S. A., Plastotecnia.
5. Fondo Estatal para el Medio Ambiente 2003. Adaptación a las Normas de la Unión Europea de la Red de Suministro de Agua de Bohemia del Sur. Kaplanova 1931/14800 Praga. Rep. Checa.
6. García García, Antonino, 2005b, "La política hidráulica en Chiapas y Tabasco: 50 años perdidos para el desarrollo de la región y su gente", En Edith Francoise Kauffer Michel (ed.) *El agua en la frontera México-Guatemala-Belice*, Universidad Autónoma de Chiapas, El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas.
7. George E. Russell, Hidráulica, Compañía Editorial Continental, S. A., México 1974, 549 págs.
8. Giles, R. V. 1969. Mecánica de los Fluidos e Hidráulica. Serie de compendios de Shaum. Libros McGraw-Hill, México D. F.
9. Grupo del Banco Mundial 1998. Cesme-Alacati wáter supply and sewerage project. Proyecto P008985. Cartera de Proyectos. Sede Banco Mundial 1818 H. Street, NW. Washington, DC 20433 USA. <http://web.worldbank.org/>
10. Hammer, M. J. 1986. Water and –Wastewater Technology, John Wile York pags 118-122.
11. Instructivo para la utilización de tuberías y accesorios de PEAD.
12. J. M. de Azevedo Netto, Guillermo Acosta Álvarez. 1976. MANUAL DE HIDRAULICA. Sexta Edición. Ed. Harla, S. A. de C. V... México. 546 pgs.
13. James Larry G. 1988. Principles of farm Irrigation System Design. JohnWiley & sons. New York USA. 224-225 pp.

14. Leal Flores, H. U. 1965. Línea de conducción y sistema de distribución de agua.
15. R. Eduardo Arteaga Tovar, Hidráulica Elemental, Universidad Autónoma Chapingo, 1999. 333 págs.
16. Roger Agüero Pittman. Agua potable para poblaciones rurales. Sistema de Abastecimiento por Gravedad. Asociación de Servicios Rurales (SER) 1997.
17. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Delegación en el Estado de Chiapas, Subdelegación de Agricultura.
18. Simón Arocha R., Abastecimiento de Agua, Teoría y Diseño, Ediciones Vega S. R. L., 1980.
19. Sotelo Avila, G. 1982. HIDRÁULICA GENERAL. Ed. Limusa. México. 561 págs.
20. Steel, E. W., and T. J. Mc Ghee. 1981, Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. 5ª Edición. Editorial Gustavo Gilis S. A., Barcelona.
21. Streeter, V. L., Wylie, E. B.. 1979. MECANICA DE LOS FLUIDOS. McGraw-Hill. México. 775 págs.
22. Trueba Coronel Samuel. 1976. Hidráulica. 14ª impresión. Editorial continental S. A. de C. V., México D. F. 454 págs.
23. V. Giles Rolan, 1979. Mecánica de Fluidos e Hidráulica. Trad. 2ª Edición. Ed. McGraw-Hill. México D. F. 265 págs.
24. W. King Horace, etal. 1985. Hidráulica. 2a impresión, 2a Edición, Editorial Trillas. México D. F. 354 págs.
25. http://es.wikipedia.org/wiki/Golpe_de_ariete
26. http://www.construaprende.com/Tablas/Modulos_elasticidad.html
27. http://www.nacobre.com.mx/Man_AP_06-%20Aspectos%20Hidráulicos.asp
28. www.ingenieriarural.com
29. www.swagelok.com.mx

APENDICES

APENDICE (A) Resumen de catálogo de obra 1.

A continuación se enlistan todos los materiales que se habían cotizado con el primer plano del cual no se tomo la referencia para la instalación:

CONCEPTO	IMPORTE (\$)
Obra de Captación	84.910,81
Trabajos Iniciales	654.543,57
Suministro, instalación y prueba de tubería PEAD (Extru-pak)	1950569,8
Suministro, instalación y prueba de piezas especiales de P.V.C. Hidráulico	39027,852
Suministro, instalación y prueba de piezas especiales	324233,66
Tanques de Distribución	724226,97
IMPORTE TOTAL	3.777.512,62

APENDICE (A) Resumen de catálogo de obra 2

A continuación se enlistan los materiales que se cotizaron para la instalación de la conducción real, con el nuevo levantamiento.

CONCEPTO	IMPORTE (\$)
Obra de Captación	84.910,81
Trabajos Iniciales	671.343,57
Suministro, instalación y prueba de tubería PEAD (Extru-pak)	1151232,848
Suministro, instalación y prueba de piezas especiales de P.V.C. Hidráulico	39027,852
Suministro, instalación y prueba de piezas especiales	430083,86
Tanques de Distribución	727439,965
IMPORTE TOTAL	3.104.038,91

APENDICE (B) Obra de Captación 1.

La obra de captación había quedado así:



En esta imagen se puede observar una simple represa que solo se encargaría de captar el agua y mandarla a la tubería, pero superficialmente sin ninguna protección y con riesgos de taponamiento o derrumbe.

Pero en la siguiente imagen se puede observar una obra de captación bien construida con columnas reforzadas y un techo de loza que cubrirá de todas impurezas que puedan caer al manantial y puedan causar taponamientos en la entrada de la tubería, además de refuerzos en el muro de contención que permite en los tiempos de lluvia, retener un poco de más agua y así mandarlo a los depósitos.

APENDICE (B) Obra de Captación 2.

Con el recurso a favor se pudo construir una obra de toma así:



En cuanto al tiempo que se requirió para conducir el agua a todos los depósitos se tomó un poco de tiempo ya que se colocaron desfoguees en casi todos los puntos bajos para purgar la tubería de aire y de agua para evitar el golpe de ariete mientras se llenaba toda la tubería, esto consistía que manualmente una persona maniobraba las válvulas de desfogue. Abría antes de que el agua llegara hacia ese punto y se esperaba hasta que el flujo se normalizara con las mínimas cantidades de aire e iba cerrando poco a poco el desfogue hasta cerrarlo completamente, se llevaba un tiempo de cierre de aproximadamente 15min, en el caso de los tanques se instalaron en cada uno, válvulas con flotador para que al llenarse se cierran automáticamente y así ir pasando poco a poco el gasto hacia los demás tanques. En algunos depósitos se instalaron descargas para evitar que todo el gasto al cerrarse las válvulas de los tanques se acumulara en el siguiente tramo de la tubería.

APENDICE (C) Manejo de la tubería de PEAD.

Maniobras en la tubería.

El polietileno, materia prima utilizada en la fabricación de las tuberías, se produce a partir de la polimerización del etileno y es el fruto de un largo proceso de investigación y desarrollo llevado a cabo por los fabricantes de polímeros en sus laboratorios e institutos especializados.

El resultado ha sido un producto que presenta excelentes propiedades físico químicas, como son su resistencia a la rotura, su resistencia a la tensión y su maleabilidad.

La tubería de PEAD es muy utilizada en lugares en los cuales se dificulta la instalación de materiales los cuales necesiten de mucho equipo de instalación y sobre todo que se requieran características muy especiales del terreno. Por su parte las tuberías de PEAD son muy maleables y eso da una ventaja de meter la tubería en todo tipo de terrenos. Además de su principal ventaja, la cual es que, las uniones entre tramos de tubos son por termofusión (Figura -----), evitando así el cuidado tan tedioso en la alineación.

