

98  
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA EL  
SUMINISTRO INMEDIATO DE AGUA EN  
BLOQUE A LA CD. DE TOLUCA, EDO. DE  
MEXICO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

ARTURO MELGOZA FIGUEROA

México, D. F.

1988



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

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

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

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

## INDICE

	PAGINA
I. INTRODUCCION	1
I.1. GENERALIDADES	1
I.1.1. AGUA	1
I.1.2. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	2
I.1.3. ANTECEDENTES	10
I.1.4. PRIORIDADES	11
II. ANALISIS DEL TRAZO DE LAS ALTERNATIVAS	13
II.1. CRITERIO PARA SELECCION DE TRAZO	13
III. DESCRIPCION DE ALTERNATIVAS	15
III.1. DERIVACION DEL ACUEDUCTO LERMA	15
III.2. DERIVACION DEL SISTEMA CUTZANALA-TANQUE LOS PERICOS	16
III.3. BATERIA DE POZOS A LO LARGO DE LA CARRETERA A XONACATLAN	17
III.4. ZONA DE CAPTACION MEXICALTZINGO	17
III.5. CAPTACION EN LA PRESA IGNACIO RAMIREZ	18
IV. MEMORIAS DE CALCULO	20
IV.1. GENERALIDADES	20
IV.1.1. TRAZO Y PERFIL	20
IV.1.2. CALCULO HIDRAULICO	20
IV.1.3. DISPOSITIVOS DE PROTECCION PARA LAS LINEAS DE CONDUCCION	24
IV.1.4. CALCULO DE TERRACERIAS	25
IV.1.5. CALCULO DE OPERACION ANUAL DE BOMBEO	27
IV.2. DERIVACION DEL SISTEMA CUTZANALA-TANQUE LOS PERICOS	27

	PAGINA
IV.3. BATERIA DE POZOS A LO LARGO DE LA CARRETERA A XOMACATLAN	34
IV.4. ZONA DE CAPTACION MEXICALTZINGO	34
IV.5. CAPTACION EN LA PRESA IGNACIO RAMIREZ	40
IV.6. ANTEPRESUPUESTOS	43
V. SELECCION DE ALTERNATIVA OPTIMA	65
VI. ANEXO DE PLANOS	68
VII. CONCLUSIONES	69

## I. INTRODUCCION

### I.1. GENERALIDADES

#### I.1.1. AGUA

El agua es uno de los grandes recursos renovables ofrecido por la naturaleza; es renovable gracias al ciclo hidrológico, que no tiene principio ni fin y comprende los siguientes procesos:

A) PRECIPITACION: La precipitación es una componente fundamental del ciclo hidrológico y se ha tomado como el inicio del análisis de dichos procesos; se define como el agua que recibe la superficie terrestre en cualquier estado físico, proveniente de la atmósfera.

B) ESCURRIMIENTO: El escurrimiento es la parte de la precipitación drenada por las corrientes de las cuencas hasta su salida, y se divide en superficial, subsuperficial o subterráneo.

El superficial es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo y la red de drenaje hasta salir de la cuenca.

El escurrimiento subsuperficial se debe a la precipitación infiltrada en la superficie del suelo, pero que se mueve lateralmente sobre el horizonte superior del mismo. Esto puede ocurrir cuando existe un estrato impermeable paralelo a la superficie del suelo.

El escurrimiento subterráneo es el que proviene del agua subterránea, la cual se recarga por la parte de la precipitación que se filtra a través del suelo, una vez que éste se ha saturado.

C) INFILTRACION: Es el proceso por el cual el agua penetra en los estratos de la superficie del suelo y se mueve hacia el manto freático. El

agua primero satisface la deficiencia de humedad del suelo y, después, cualquier exceso pasa a formar parte del agua subterránea.

D) EVAPORACION: Proceso mediante el cual las moléculas del agua, en la superficie de un recipiente o en la tierra húmeda, adquieren suficiente energía cinética debido a la radiación solar, y pasan del estado líquido al gaseoso.

E) TRANSPIRACION: La transpiración es análoga a la evaporación, sólo que aquí, el agua que regresa a la atmósfera en forma de vapor es la que absorben las plantas durante la precipitación.

Es un elemento indispensable para la subsistencia del hombre y para la realización de sus actividades productivas. Son muchos los usos que el hombre da a el agua (por ejemplo para su consumo, en la producción de alimentos, generando energía hidráulica y de vapor, etc.), y la complejidad de ellos está en función del adelanto técnico y el aumento de las necesidades; mas sin embargo, los de vital importancia son para el consumo humano y producción de sus alimentos. Por tal razón el hombre siempre se ha preocupado por estar cerca de mantos de agua. Las grandes concentraciones humanas han originado el agotamiento de las fuentes de abastecimiento locales, propiciando así, la conducción del líquido, cada vez de sitios más alejados y mediante sistemas de abastecimiento que deben cumplir con las observaciones que se mencionarán posteriormente. El costo de los sistemas está en función de la longitud de conducción y los desniveles topográficos a vencer; a mayores longitudes y desniveles mayor costo del proyecto.

### **I.1.2. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

Un sistema de abastecimiento de agua potable es el conjunto de -

obras que se planean, diseñan, construyen y operan con la finalidad de abastecer de agua en cantidad y calidad suficiente a los habitantes de una localidad determinada; siendo sus componentes los siguientes:

1) FUENTE DE ABASTECIMIENTO: La fuente es el sitio donde en forma natural se encuentra el agua, por esta razón pasa a ser parte del sistema. La fuente de abastecimiento debe proporcionar el gasto máximo diario; sin embargo, en cada proyecto deberán establecerse las necesidades inmediatas de la localidad siendo necesario que, cuando menos, la fuente proporcione el gasto máximo diario para esta etapa, sin peligro de reducción del gasto por cualquier causa; además, el agua deberá cumplir con las normas higiénicas que se mencionarán posteriormente.

#### CLASIFICACION DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Las fuentes se clasifican generalmente en aguas de lluvia, superficiales y subterráneas.

AGUA DE LLUVIA: La lluvia es raramente la fuente inmediata de abastecimientos locales de agua; la recolección de ella está destinada a granjas y establecimientos rurales; generalmente, en regiones semiáridas carecen de aguas satisfactorias subterráneas o superficiales. Se deben desperdiciar las primeras corrientes de agua ya que éstas a su paso limpian de impurezas las áreas de captación.

AGUAS SUPERFICIALES: Las cantidades que se pueden captar de este tipo de aguas está en función de la cuenca hidrológica y de las pérdidas por evaporación, transpiración e infiltración. Las aguas superficiales se subdividen en: aguas de ríos, lagos y almacenamientos superficiales (presas).

El agua de los ríos es generalmente suficiente para abastecimien

to, sin embargo, los contaminantes (desechos orgánicos e industriales) arrojados a ellos son considerables, y a pesar de que los ríos tienen un gran poder autodepurador (propiciado por la dispersión de concentraciones y ae reacción del agua) cuando las concentraciones exceden los límites, el agua no puede regenerarse y para utilizarlas en las actividades productivas y consumo humano, debe dárseles un tratamiento potabilizador.

Los lagos contienen agua de mejor calidad, aunque no en igual can tidad que los ríos; también se efectúa en ellos un proceso de autodepuración que es un proceso de autopurificación debido a la acción de la luz, a la absorción del oxígeno y de otros fenómenos químicos, físicos y bacte riológicos.

El proceso que se sigue en las presas es análogo al de los lagos, sólo que aquí sí se puede elegir el sitio para su ubicación, que mientras más alejado esté de los centros contaminantes, menor será su grado de con taminación.

AGUAS SUBTERRANEAS: El agua subterránea existe casi en cualquier parte. Como ya se mencionó en párrafos anteriores, el agua se infiltra por efectos de la gravedad y permeabilidad del suelo, lo hace hasta encontrar un estrato impermeable; sucedido esto, inicia un movimiento lateral buscando una salida, al espesor donde ocurre el movimiento se le llama zona de saturación y a la parte superior de ésta se le llama nivel freático. Si el movimiento del agua ocurre entre dos estratos impermeables (el supe rior se encontrara por abajo del nivel freático) el flujo estará confinado y si se perforase el estrato superior, el agua llegaría hasta el nivel freático; a este tipo de aguas se les llama artesianas. De aquí concluimos que se tienen dos tipos de aguas subterráneas, las freáticas y las artesianas.

El agua subterránea es de mejor calidad que la proporcionada por otras fuentes, por lo general no requieren tratamiento ya que el proceso de infiltración y circulación de ellas elimina casi todo elemento contaminante; lo cual no garantiza la seguridad higiénica. Existen contaminantes como los nitratos y fluoruros en altas concentraciones que no son removidos ni por los mejores suelos o rocas. La conclusión que se obtiene es que todo tipo de aguas para consumo humano debe analizarse para verificar que cumpla con las normas higiénicas emitidas por el Diario Oficial de la Federación el día 18 de enero de 1988; las cuales son:

Artículo 209:

Se considera agua potable a toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud.

Se considera que no causa efectos nocivos a la salud, cuando se encuentra libre de gérmenes patógenos (seres orgánicos que favorecen el desarrollo de enfermedades) y de sustancias tóxicas.

Artículo 210:

Para considerar que el agua es potable, la investigación bacteriológica debe resultar:

- I. El número de organismos coliformes totales, deberá ser, como máximo, de dos organismos en 100 ml.
- II. No contener organismos fecales.

Aparte de lo anterior, se podrán realizar, a satisfacción de las autoridades sanitarias, todas las pruebas que se consideren necesarias, a fin de identificar otros riesgos a la salud.

Artículo 212:

Se considera que el agua es potable, en lo relativo a las ca

racterísticas organolépticas y físicas, cuando se encuentran dentro de los límites siguientes:

I. Aspecto	Líquido
II. pH (concentración del ión hidrógeno)	De 6.9 a 8.5
III. Sabor	Característico
IV. Olor	Característico
V. Color	Hasta 20 unidades de la <u>es</u> cala de platino cobalto, o su equivalente en otro <u>mé</u> todo.
VI. Turbiedad	Hasta 10 unidades en la <u>es</u> cala de sílice, o su equi <u>val</u> ente en otro <u>mét</u> odo.

2) OBRA DE CAPTACION: Como su nombre lo indica, las obras de captación se construyen para tal fin y son particulares para cada tipo de aguas.

La captación de las aguas subterráneas no requiere de grandes obras de infraestructura; hablando de pozos, solamente se requiere de la perforación, entubación y elevación del agua. La captación por medio de galerías sólo requiere de la construcción de los acueductos con tubería ranurada y el filtro de material pétreo con granulometría adecuada (en función de la del terreno natural del acuífero), las aguas infiltradas son conducidas por gravedad hasta el cárcamo de bombeo.

Las obras de captación más complejas se tienen en las aguas superficiales, que va de tubos simples sumergidos hasta estructuras muy elaboradadas en forma de torre, que sobrepasan el nivel del agua y pueden alojar las compuertas de la toma. Cada tipo de captación tiene sus restricciones, por ejemplo: la de los ríos se construyen aguas arriba, muy alejadas de las descargas de aguas negras y residuos industriales; a una profundi

dad adecuada, con fondo estable y calidad favorable del agua, mientras que en las presas, se construyen en la parte más profunda del almacenamiento y cercanas a la cortina, a esta se le instalan varias bocatomas a diferentes alturas, con objeto de obtener el agua independientemente de las altas y bajas en los niveles del embalse, se les equipa también con conductos y maquinaria persiguiendo otros fines como la regulación de los flujos bajos, desarrollo de energía eléctrica, etc.

3) OBRA DE POTABILIZACION: Como ya se mencionó con anterioridad, el agua debe cumplir con las normas higiénicas emitidas por el diario oficial de la federación, cuando ocurre lo contrario deberá someterse a un proceso de potabilización; sin embargo, en todos los casos deberá desinfectarse. La desinfección unifamiliar más sencilla y fácil es la de hervir el agua durante 15 ó 20 minutos.

La desinfección es el proceso por el cual se eliminan los organismos infecciosos como son bacterias patógenas, virus, etc. Se considera a la desinfección como único tratamiento en aquellas aguas donde las características físico-química y bacteriológicas están dentro de las normas de calidad, o cuando se quiere prevenir contra las contaminaciones que se pudieran originar después de su captación. Generalmente para este proceso se usa el cloro por ser económico y fácil de manejar.

La clarificación en el agua es un proceso mediante el cual se asientan las partículas en suspensión que trae. Este proceso se aplica invariablemente a las aguas superficiales.

4) LINEA DE CONDUCCION: La línea de conducción es el conjunto de tuberías, estructuras y accesorios que tienen por finalidad transportar el agua de la fuente desde la captación hasta un punto que puede ser un

tanque de regularización, una planta potabilizadora, una estación de bombeo o directamente a la red de distribución: Existen dos tipos de conducción; por bombeo y gravedad. Esta parte del sistema es el motivo de este trabajo y posteriormente se tocará con más detalle.

5) OBRAS DE REGULARIZACION: Este tipo de obras tiene por objetivo convertir un régimen de aportación prácticamente constante, en un régimen de demandas siempre variable. Las demandas son variables debido a que las necesidades del líquido no son las mismas a lo largo del día (Fig. I.1. 2-1); la regularización se efectúa de la siguiente manera:

a) Si la aportación es mayor que la demanda, existe un excedente de agua, mismo que se almacena en depósitos.

b) Si la aportación es igual que la demanda, el volumen que llega a los depósitos es igual al que se extrae.

c) Si la aportación es menor que la demanda, existe un déficit de agua que es cubierto con el agua almacenada en los depósitos.

Existen dos tipos de almacenamiento, los tanques superficiales y los elevados. Por economía siempre se busca instalar tanques superficiales, los elevados se usan siempre y cuando la topografía del lugar no permita tener los superficiales con una presión adecuada en la red de distribución.

6) LINEA DE ALIMENTACION: La línea de alimentación es similar a la de conducción, sólo que en ella (de alimentación) el gasto transportado es variable y conduce el agua desde el tanque de regularización a la red de distribución, y esta última tiene su inicio en la primera toma domiciliaria.

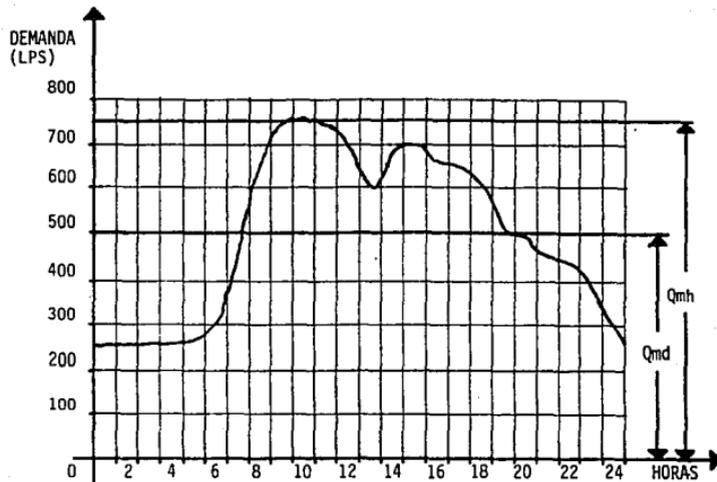


FIG. I. 1.2-1

LEY DE DEMANDAS ADOPTADA PARA LA REPUBLICA MEXICANA

7) RED DE DISTRIBUCION: La obra de distribución está constituida por una red de diferentes diámetros instalada subterráneamente, siguiendo la traza de las calles; en ella se tienen tuberías principales con diámetro mínimo de 102 mm (4"), que son las que forman los circuitos, y tuberías de 76 mm (3") para zonas urbanas importantes. La red se une con piezas especiales de fierro fundido o P.V.C. y el flujo de agua se controla con válvulas de seccionamiento.

La red de distribución se divide en dos categorías, la de servicio público (que incluye hasta las tomas domiciliarias) y la interior (ésta se tiene en los edificios), y deben suministrar el agua en cantidad y calidad suficiente, además, en la de servicio público debe existir presión adecuada que por norma debe oscilar entre 1.0 y 4.5 Kg/m<sup>2</sup>.

### **I.1.3. ANTECEDENTES**

El Estado de México colinda con los estados de Querétaro, Michoacán, Guerrero, Morelos y el Distrito Federal. Siendo su capital, Toluca de Lerdo, un centro político importante para dicho estado y que actualmente se encuentra en desarrollo, su gobierno realizó los "Estudios para la Planeación de Factibilidad del Sistema Regional de Agua Potable en los Municipios de Toluca, Lerma, Zinacantepec, Ocoyoacac, San Mateo Atenco y Metepec" donde destaca primordialmente la zona conurbada Toluca-Ocoyoacac.

Estos estudios contemplan un horizonte de proyecto hasta el año 2010 y conjuntamente con los estudios de "Planeación Regional del Nuevo Desarrollo en Toluca" definieron la demanda de agua potable y las posibles fuentes de abastecimiento.

De acuerdo a los estudios antes mencionados se estima que la de-

manda será de 2732 l.p.s. y que la oferta potencial de pozos en la actualidad es de 870 l.p.s. existiría entonces un déficit de 1862 l.p.s.; por tal razón y porque la demanda potencial de los pozos está sujeta a variaciones, los estudios realizados contemplaron también alternativas de abastecimiento que estuvieron basadas en las características de los escurrimientos dentro de la cuenca hidrológica y de las condiciones de los acuíferos existentes. El análisis consiste básicamente en calcular para cada una de las posibles fuentes de abastecimiento las características hidráulicas y físicas de las principales obras que integran el aprovechamiento; apoyándose en planos topográficos escala 1:50000 editados por DETENAL se definieron los trazos para la aplicación del análisis económico que estuvo basado en precios índice (analizados en los estudios antes mencionados), el objetivo perseguido fue la jerarquización de alternativas para analizar con más detalle las más apropiadas y seleccionar la más conveniente.

#### **I.1.4. PRIORIDADES**

Para efectos de abastecimiento de agua se ha dividido a la Ciudad de Toluca por zonas de presión, que en una forma más generalizada se define a Toluca Norte y Sur donde la segunda comprende el casco actual y la parte sur del nuevo desarrollo. En primera instancia se considera prioritario el reforzamiento de abastecimiento al casco actual, aunado a esto, en las colonias Morelos, Granjas, Plazas de San Buenaventura y Vicente Guerrero se detectaron hundimientos en el terreno que afectaron viviendas y vialidades; con apoyo en organizaciones como el Instituto de Geofísica y Geología, Especialistas en Geohidrología y el Instituto Mexicano del Petróleo se concluyó que las fallas se deben al abatimiento del nivel freático por bombeo excesivo e impermeabilización del terreno, este último -

causado por las construcciones urbanas, se decidió entonces disminuir un gasto de 500 l.p.s. al caudal extraído de los pozos municipales.

La Ciudad de Toluca cuenta con un plan maestro de abastecimiento de agua que concibe la construcción de un tanque denominado la Teresona con capacidad de 20,000 m<sup>3</sup> que domina toda la zona para distribuir el agua por gravedad, contempla también la interconexión de tanques de regularización (algunos existentes y otros de proyecto) para el abastecimiento por zonas de presión.

Dado que los problemas son existentes y que el objetivo del plan maestro es a largo plazo, las alternativas que se analizarán posteriormente perseguirán dos objetivos.

- 1) Satisfacer el suministro inmediato tomando en consideración la infraestructura existente.
- 2) Considerar el plan maestro para la creación de nueva infraestructura.

## II. ANALISIS DEL TRAZO DE LAS ALTERNATIVAS

### II.1. CRITERIOS PARA SELECCION DE TRAZO

Dentro de los "Estudios para la Planeación de Factibilidad del Sistema Regional de Agua Potable en los Municipios de Toluca, Lerma, Zinacantan, Metepec, Ocoyoacac, San Mateo Atenco y Metepec", también se contemplan los posibles sitios para la satisfacción de la demanda de agua potable para el horizonte de proyecto, que como ya se mencionó en el capítulo anterior se definieron en función de las características de los escurrimientos dentro de la cuenca hidrológica y de las condiciones de los acuíferos existentes, resultando:

a) Acuífero Valle del Lerma; ubicado 11 km. al sureste del centro de la Ciudad de Toluca y a 5 km. al sureste del centro de Metepec.

b) Derivación Acueducto Lerma; el sitio donde se planea realizar la derivación se ubica dentro del municipio de Lerma a 20 km. al este de la Ciudad de Toluca y a un km. al sur del centro de Santa María Atarascuillo.

c) Derivación Acueducto Cutzamala; la derivación se pretende realizar en el km. 23+500 del Acueducto Cutzamala, en las faldas del cerro Los Pericos, que se encuentra ubicado a 10 km. al norte de la Ciudad de Toluca.

d) Sitio Tepextitla; este sitio se localiza en el municipio de Almoloya de Alquisira en el Estado de México, a 8 km. al suroeste del poblado de Ixtapan de la Sal y a 53.5 km. al sur de la Ciudad de Toluca.

Una vez que la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS) definió las posibles fuentes de abastecimiento y la ubicación de una planta de bombeo considerando el Plan Maestro para la conducción y regularización del caudal demandado por la Ciudad de Toluca, se procedió a analizar

profundamente el trazo de las alternativas jerarquizadas, que aparte de buscar el aprovechamiento de infraestructura existente contempló el siguiente criterio:

A) APROVECHAMIENTO DE VIAS DE COMUNICACION EXISTENTES. Generalmente las vías de comunicación cuentan con pendientes uniformes en sus inmediaciones (derecho de vía), que aparte de reducir la longitud de transporte facilita la construcción y el mantenimiento de la línea y evita afectaciones en propiedad privada.

B) USO DE OBRAS DE ARTE. Es deseable, que cuando se necesite cruzar una vía de comunicación se haga usando las alcantarillas existentes y no diseñando un paso especial puesto que se encarece el proyecto.

C) TOPOGRAFIA. Cuando no es posible la ubicación del trazo sobre el derecho de vía de algún sistema de transporte, se necesita hacerlo a campo abierto, para tal fin se apoya en cartas topográficas buscando el trazo más corto y con pendientes suaves; se buscan los trazos más cortos para mayor economía de proyecto. Cuando la topografía es accidentada se complica el proceso constructivo y de mantenimiento, implicando con esto más gastos al proyecto.

D) AFECTACIONES. Este es uno de los aspectos más delicados para la definición del trazo de una línea de conducción, dado que puede arrojar problemas políticos y sociales muy complejos, a tal grado que pueden cambiar dichos trazos aunque éstos funcionen hidráulicamente bien. Muchas veces es realmente imposible liberar terrenos ejidales y comunales, y políticamente hablando existen propiedades intocables.

El trazo de las alternativas analizadas se puede ver en el capítulo VI llamado Anexo de Planos.

### III. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

#### III.1. DERIVACIÓN DEL ACUEDUCTO LERMA

Dentro de los convenios existentes entre el Distrito Federal y el Estado de México está la derivación de  $2\text{ m}^3/\text{s}$  del acueducto Lerma, para la cual, la CEAS ya cuenta con el proyecto de captación y conducción.

De los  $2\text{ m}^3/\text{s}$  de que habrá de disponer el Estado de México,  $0.5\text{ m}^3/\text{s}$  se bombearán por el ramal Lerma-Atenco hasta un tanque de regularización de  $7000\text{ m}^3$  de capacidad; el otro  $1.5\text{ m}^3/\text{s}$  será derivado por el ramal Metepec-Toluca para derivar  $0.83\text{ m}^3/\text{s}$  hacia el municipio de Metepec y el resto a la Cd. de Toluca.

Dado que los  $0.5\text{ m}^3/\text{s}$  y  $0.83\text{ m}^3/\text{s}$  que se ofertarán para el ramal Lerma Atenco y derivación a Metepec respectivamente son a largo plazo, el equipamiento de la P.B. Lerma se hará en etapas, definiéndose para una etapa inmediata un equipamiento de  $1.0\text{ m}^3/\text{s}$  en dirección Metepec-Toluca, previniendo que en el corto y mediano plazo el municipio de Metepec y el ramal Lerma-Atenco serán satisfechos por sus propios pozos.

A partir de la planta de bombeo Amomolulco el trazo se ubica al norte del Paseo Tollocan a un lado de las torres de alta tensión hasta llegar a la Av. Alfredo del Mazo por donde prosigue primero al norte y después al noroeste hasta llegar a la Vía López Portillo continuando por ella en dirección suroeste. Posteriormente se desvía para llegar a la planta de bombeo Toluca (diseñada para bombear 1000 l.p.s. en el horizonte de proyecto) ubicada en el margen izquierdo del río Verdiguél. En esta etapa la P.B. Toluca sólo bombeará 500 l.p.s. hasta el Tanque Lomas Altas (existente con cap. =  $6000\text{ m}^3$ ) dejando en él 300 l.p.s. y en este tanque se construirá otra planta, para bombear los 200 l.p.s. restantes hasta el Tanque San Miguel (existente, cap. =  $1250\text{ m}^3$ ).

El diseño y funcionamiento hidráulico, así como el trazo desde la P.B. Toluca hasta el Tanque San Miguel es el mismo para todas las alternativas analizadas y se ubica por el margen izquierdo del río Verdiguél para continuar por el Paseo de los Matlazincas y descargar primeramente en el Tanque Lomas Altas y posteriormente en el Tanque San Miguel.

Esta alternativa no es económicamente atractiva para una solución a corto plazo debido a que se requiere la construcción inmediata de la línea de conducción y de las estructuras que requiere el sistema de acuerdo al gasto de diseño, sin embargo, es necesario mencionarla porque es una de las más apropiadas para satisfacer las necesidades de agua a la Cd. de Toluca en una etapa futura e interviene en el trazo de otras alternativas que se describirán posteriormente.

### **III.2. DERIVACION DEL SISTEMA CUTZAMALA-TANQUE LOS PERICOS.**

En esta alternativa se considera derivar del Sistema Cutzamala para una etapa inmediata un caudal de 500 l.p.s. y para una etapa mediata 1000 l.p.s. mediante una obra de toma que se pretende construir en el tanque Los Pericos, a partir de él, el agua se conducirá por gravedad hasta la P.B. Toluca. El trazo de este tramo se ubica al margen de las vías de comunicación con el objeto de disminuir los problemas de tenencia de la tierra, y el siguiente tramo (P.B. Toluca - Tanque San Miguel) se ubica como se ha descrito ya en la alternativa III.1.

Una vez que se construyan las obras indicadas en el Plan Maestro, el tramo comprendido entre la P.B. Tanque Lomas Altas y el Tanque San Miguel operará en sentido contrario al flujo aquí mostrado y corresponderá al sistema de interconexión de tanques. Esta misma disposición se aplicará en todas las alternativas analizadas.

### **III.3. BATERIA DE POZOS A LO LARGO DE LA CARRETERA A XONACATLAN.**

Para esta alternativa se considera como fuente de abastecimiento la perforación y equipamiento de nueve pozos ( $Q=55.56$  l.p.s. en cada uno) los cuales se ubicaron tomando como base las curvas de igual profundidad de nivel freático período 1980-1981, curvas de evolución de nivel freático períodos 1966-1981 y 1980-1981, y las curvas de igual capacidad específica l.p.s./m abatimiento de la cuenca del río Lerma.

Del análisis de la información mencionada, se concluyó ubicar la zona de explotación al Noreste de la Ciudad de Toluca, a lo largo de la carretera a Xonacatlán, aproximadamente a 1.5 km de su entronque con la Av. Alfredo del Mazo hasta el río Lerma.

Los pozos se interconectarán a una línea de conducción diseñada para transportar un gasto de 500 l.p.s. hasta la P.B. Toluca y de aquí en adelante la operación de la alternativa será igual a lo ya descrito en la alternativa III.1.

Dado que existe sobre explotación global del manto Acuífero del Valle del Lerma, las alternativas que contemplen perforación de pozos servirán sólo para solucionar el problema mientras entre en operación el sistema que abastecerá de agua a la Cd. de Toluca en la etapa futura, quedando el suministro mediante pozos como auxiliar para cuando se tuvieran problemas de abastecimiento.

### **III.4. ZONA DE CAPTACION MEXICALTZINGO.**

En esta alternativa se considera también la perforación y equipamiento de nueve pozos y la ubicación de ellos también estuvo en función de la información mencionada en la alternativa III.3. decidiendo hacerla

dentro de los municipios de Mexicaltzingo y Metepec limitando la zona de captación por las siguientes localidades:

- Al Norte de Metepec
- Al Sur con Chapultepec
- Al Este con Alvaro Obregón
- Al Oeste con la Vialidad Metepec

El acueducto será diseñado para conducir un gasto de 500 l.p.s. bombeando directamente de los pozos a la P.B. Toluca; después de esta la operación será de la misma manera que la alternativa III.1.

Después de la Zona de Captación el trazo de la línea de conducción se ubica, según el sentido de flujo, en la parte derecha de la vialidad Metepec por la falda del cerro Metepec tomando posteriormente la calle Commonfort siguiendo el trazo del proyecto ejecutivo de la línea de conducción de las derivaciones a Metepec y a Toluca pertenecientes al proyecto de la Derivación del Acueducto Lerma, hasta descargar a la P.B. Toluca. Después de este sitio el trazo hasta el Tanque San Miguel se describió en la alternativa III.1.

En el estudio de esta alternativa se plantea cancelar la explotación de esta batería de pozos una vez que entre en operación la Derivación del Acueducto Lerma en sus Derivaciones a Metepec y Toluca, esto quiere decir existiría tubería que sería aprovechada por los dos sistemas.

### **III.5. CAPTACION EN LA PRESA IGNACIO RAMIREZ.**

En esta alternativa se considera aprovechar las aguas superficiales que capta la cuenca de esta presa que se localiza al Noreste de la Cd. de Toluca, para ello se utilizará la obra de toma existente para con-

ducir el agua hasta la P.B. que bombeará el agua hasta la P.B. Toluca. Después de este sitio el acueducto funcionará de acuerdo a lo indicado en la alternativa III.1.

El acueducto será diseñado para conducir un gasto de 500 l.p.s. y su trazo se ubica, según el sentido de flujo, en el lado derecho de la vía de ferrocarril Tepetitlán-Toluca hasta entroncar con la carretera a Atlacomulco y posteriormente sigue el trazo de ésta sobre el lado izquierdo hasta llegar a la P.B. Toluca, conservándose siempre sobre el derecho de vía de los sistemas de transporte. Después de la P.B. Toluca el trazo será el mismo que el indicado en la alternativa III.1.

Del escurrimiento de esta corriente se usa una mínima parte para riego; se estima que podrían captarse alrededor de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  para el abastecimiento de agua a la ciudad de Toluca, y que para tal fin se tendría que construir una planta potabilizadora. Esta puede ser una buena solución a largo plazo, puesto que las obras de infraestructura son de magnitud considerable y la demanda inmediata de agua potable no es suficiente para justificar una inversión de tal naturaleza.

#### **IV. MEMORIAS DE CALCULO**

##### **IV.1. GENERALIDADES**

###### **IV.1.1. TRAZO Y PERFIL**

La descripción del trazo de las alternativas ya fue mencionado en el Capítulo III. Respecto al perfil, éste se tomó básicamente de cartas topográficas escala 1:50 000 editadas por DETENAL, excepto en los subtramos P.B. Toluca - P.B. Lomas Altas y P.B. Lomas Altas - Tanque San Miguel donde el perfil se tomó del levantamiento fotogramétrico escala 1:2000 con fecha Noviembre de 1976 y del proyecto existente de interconexión de tanques respectivamente.

###### **IV.1.2. CALCULO HIDRAULICO**

Dentro del análisis hidráulico de las tuberías se maneja una velocidad mínima de 0.5 m/s para evitar el asentamiento de partículas en suspensión que trae el agua, y una máxima de 5.0 m/s con el objetivo de evitar la erosión de las tuberías.

###### **CONDUCCIONES POR GRAVEDAD**

En este tipo de conducciones se aprovecha la energía disponible entre el sitio de captación y el final de la conducción (desnivel topográfico), para vencer únicamente las pérdidas de carga debidas a la fricción, sin tomar en cuenta las pérdidas menores, por ser prácticamente despreciables; en estos casos es deseable que las pérdidas por fricción sean menores al desnivel topográfico, con el objeto de tener una presión disponible al final de la conducción, que no ocasione problemas de operación.

Para la determinación de la clase de tubería se considera la línea de presión estática que no es más que una línea horizontal imaginaria; ver el anexo de planos, específicamente la alternativa Sistema Cutzamala-Tanque

Los Pericos.

#### CONDUCCIONES POR BOMBEO

Las líneas de conducción requieren el bombeo cuando el sitio de captación es inferior (topográficamente hablando) al punto final de la conducción; es el caso contrario a las conducciones por gravedad.

En las líneas de conducción por bombeo debe realizarse el estudio del diámetro económico. Un diámetro es económico cuando la suma de su costo o cargo anual de bombeo (consumo de energía eléctrica o combustible) más su cargo anual de amortización (capital primitivo más intereses), conocidos como costo total de bombeo para operación de 365 días es menor entre un diámetro superior y otro inferior; para realizar esta comparación se emplea la tabla IV.1.2-1.

Para obtener el diámetro aproximado al económico se parte de la su posición que la velocidad es igual a 1 m/s, se hace esta consideración debido a que se ha comprobado experimentalmente que la velocidad del diámetro económico oscila entre 1 y 1.5 m/s; teniendo la velocidad y apoyándose en la ecuación de continuidad y la fórmula para obtener el área del círculo se llega a la siguiente expresión:

$$Q = AV$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V}}$$

Donde:

Q = Gasto de diseño en m<sup>3</sup>/s

A = Área del círculo en m<sup>2</sup>

V = Velocidad ( m/s )



D = Diámetro teórico en m

#### CALCULO DE PERDIDAS DE CARGA

Las pérdidas por fricción se obtienen a partir de la fórmula convencional de Manning.

$$h_f = K L Q^2$$

Donde:

$h_f$  = Pérdidas por fricción en m

$$K = \frac{10.29359 n^2}{D^{16/3}} \text{ (constante de Manning)}$$

L = Longitud de conducción en m

Q = Gasto de diseño en  $m^3/s$

n = Coeficiente de rugosidad (en función del tipo de material de la tubería)

D = Diámetro interior del tubo en m

El cálculo de pérdidas de carga mostrado aquí también es aplicable a las conducciones por gravedad.

#### CALCULO DEL GOLPE DE ARIETE

La sobrepresión por golpe de ariete se obtiene con la fórmula tradicional de Allievi

$$h = \frac{145V}{\sqrt{1 + \frac{Ead}{E_c e}}}$$

Donde:

h = Sobrepresión por golpe de ariete en m

V = Velocidad en m/s

d = Diámetro interior del tubo en cm.

e = Espesor del tubo en cm.

$E_a$  = Módulo de elasticidad del agua

$E_t$  = Módulo elasticidad del tubo

Con el empleo de esta fórmula se considera que el 80% de la sobre presión por golpe de ariete es absorbida por válvulas aliviadoras de presión y el 20% restante por la tubería de conducción.

La carga de trabajo de una tubería en conducciones por bombeo está definida por el gradiente hidráulico, que es una línea imaginaria hasta la cual puede llegar una columna de agua por un tubo de pequeño diámetro respecto al diámetro de la tubería conectado a la misma.

En la selección de la clase de la tubería en los sistemas por bombeo, se considera la presión total actuante sobre la tubería, que es la carga de trabajo más el 20% de la sobrepresión producida por el golpe de ariete; la tubería debe ser capaz de soportar dichas presiones.

#### **IV.1.3. DISPOSITIVOS DE PROTECCION PARA LAS LINEAS DE CONDUCCION**

Los acueductos deben ser llenados de agua cuando comienzan a trabajar y deben ser vaciados para realizar reparaciones o inspeccionar algún punto de acceso difícil.

La operación de llenado de un acueducto supone la expulsión del aire y su sustitución por agua; la evacuación del aire se produce a través de las válvulas de expulsión de aire distribuidas a lo largo del acueducto, se colocan en todos los puntos donde puede quedar el aire atrapado durante el llenado, y puede ocurrir en los tramos con puntos altos de la tubería o en tramos obstruidos por válvulas de seccionamiento. Este aire atrapado, de no expulsarse al exterior, generaría fenómenos de oscilaciones y eventualmente sobrepresiones al inicio del funcionamiento del acueducto.

Cuando el acueducto se detiene y el gasto se reduce a cero, la tubería debe quedar llena. Por lo tanto con gasto nulo en ningún punto del acueducto deben producirse depresiones. Sin embargo, si se desea vaciar el acueducto, debe hacerse por medio de válvula de vaciado o desfogue colocadas en los puntos bajos de la línea. Generalmente se coloca una válvula de vaciado en todo punto donde pueda quedar agua quieta en el sistema. Estas válvulas que generalmente son de compuerta deben poder abrirse a la presión hidrostática ejercida sobre ellas al detenerse el flujo en el sistema. Si al momento de abriese las válvulas no se admite aire atmosférico se genera una depresión en las tuberías (succión dentro de ellas) que puede llevarlas al colapso, por tal razón, el proceso de vaciado exige la colocación de válvulas de admisión de aire, mínimo en los puntos más altos de la tubería.

Dentro del mercado existen válvulas que cumplen con la doble función de admisión y expulsión de aire y el dimensionamiento práctico de ellas está en función de los nomogramas que para tal fin proporciona el fabricante.

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, las válvulas de admisión - expulsión de aire y el vaciado se ubican en los puntos altos y bajo de la línea de conducción, respectivamente, sin embargo, cuando el perfil no presenta puntos de quiebre bien definidos o se tienen tramos inclinados u horizontales rectilíneos, deberán colocarse válvulas distribuidas a distancias iguales del orden de los 700 a los 1200 metros entre ellas.

#### **IV.1.4. CALCULO DE TERRACERIAS**

Para el cálculo de volúmenes se tomaron en cuenta las considera-

ciones que se hacen en el plano V.C. 1922 del "Manual de Normas de Proyecto para Obras de Aprovechamiento de Agua Potable en Localidades Urbanas de la República Mexicana" y que a continuación se mencionan.

**ANCHO:**

El ancho de la zanja (fig. 1) deberá ser de 50 cm. más el diámetro exterior del tubo para tuberías con diámetro exterior igual o menor de 50 cm. Cuando este sea mayor de 50 cm. el ancho de la zanja será de 60 cm. más dicho diámetro. En la tabla IV.1.4-1 se indica el ancho mínimo de zanjas en función de la profundidad, debiéndose usar éste en caso de que el ancho calculado en función del diámetro exterior, sea menor.

**PROFUNDIDAD:**

La profundidad de la excavación (fig. 1) será la fijada en el proyecto. Si no se hace así, la profundidad mínima será de 90 cm. más el diámetro exterior de la tubería por instalar cuando se trate de tuberías con diámetro exterior igual o menor de 90 cm. y será del doble de dicho diámetro, para tuberías de diámetro exterior mayor de 90 cm. Para tuberías menores de 5 cm. de diámetro la profundidad mínima será de 70 cm.

**FONDO:**

Deberán excavar-se cuidadosamente a mano las cavidades o conchas (fig. 2) para alojar la campana o cople de las juntas de los tubos a fin de permitir que la tubería apoye en toda su longitud sobre el fondo de la zanja o la plantilla apisonada. El espesor de ésta será de 10 cm.

**RELLENO:**

Se utilizará el material extraído de las excavaciones, pero hasta 30 cm. arriba del lomo del tubo se usará tierra exenta de piedras. Este

relleno será apisonado y el resto a volteo (1). En zonas urbanas con pavimento, todo el relleno será apisonado.

#### IV.1.5. CALCULO DE OPERACION ANUAL DE BOMBEO

El consumo de energía en la operación se determinó a partir de la fórmula de la potencia:

$$P = \frac{\delta QH}{76\eta} \text{ (H.P.)}; \text{ se tomó una eficiencia } \eta=0.85$$

Los H.P. se transforman en kilowatts a razón de 0.7457 kw/hp, se multiplican por las horas de bombeo anuales y por el costo de kwhr. Se considera bombeo los 365 días del año y un costo por kwhr de 35 pesos.

Para el análisis económico de las alternativas se tomaron las siguientes consideraciones:

- a) Tasa de interés anual - 42%
- b) Período de amortización - 15 años
- c) Factor de amortización - 0.4222

AMORTIZACION ANUAL = IMPORTE TOTAL DE OBRA X FACTOR DE AMORTIZACION.

ANUALIDAD = AMORTIZACION ANUAL + COSTO DE OPERACION ANUAL.

#### IV.2. DERIVACION DEL SISTEMA CUTZAMALA TANQUE LOS PERICOS

SUB-TRAMO: TANQUE LOS PERICOS - PLANTA DE BOMBEO TOLUCA.

$Q = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  Etapa inmediata

$Q = 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$  Etapa mediata

Elevación Tanque Los Pericos 2637.00 msnm

(1) En este análisis de alternativas se considera todo el relleno apisonado y compactado con agua, en capas de 20 cm. de espesor.

DIAMETRO NOMINAL		ANCHO EN CM.	PROF. EN CM.	VOL. (M <sup>3</sup> ) POR M.L.
MILIMETROS	PULGADAS			
25.4	1	50	70	0.35
50.8	2	55	70	0.39
63.5	2.5	60	100	0.60
76.2	3	60	100	0.60
101.6	4	60	100	0.60
152.4	6	70	110	0.77
203.2	8	75	115	0.86
254.0	10	80	120	0.96
304.8	12	85	125	1.06
355.6	14	90	130	1.17
406.4	16	100	140	1.40
457.2	18	115	145	1.67
508.0	20	120	150	1.80
609.6	24	130	165	2.15
762.0	30	150	185	2.78
914.4	36	170	220	3.74

TABLA IV. 1.4-1

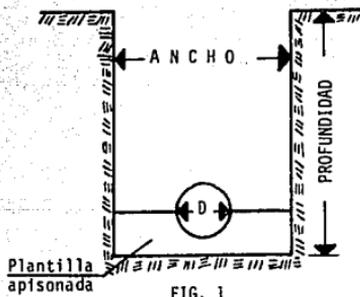


FIG. 1



FIG. 2

Elevación P.B. Toluca	2620.00 msnm
Desnivel topográfico ( $\Delta$ )	17.00 m
Longitud de conducción	8500.00 m
Coefficiente de rugosidad "n" (A-C)	0.010

$$hf = KLQ^2$$

$$K = \frac{10.29359n^2}{D^{16/3}}$$

Idealizando;  $\Delta = hf$

$$\Delta = KLQ^2; K = \frac{\Delta}{LQ^2}$$

$$D = \left( \frac{10.29359n^2 L Q^2}{\Delta} \right)^{3/16}$$

$$Q = AV; V = \frac{Q}{A}$$

Etapa Inmediata

$$D = \left( \frac{10.29359 (0.010)^2 8500 (0.5)^2}{17} \right)^{3/16} = 0.68 \text{ m}$$

D comercial = 76 cm (30")

$$K = \frac{10.29359 (0.010)^2}{(0.76)^{16/3}} = 0.0044486$$

$$hf = 0.0044486 (8500) (0.5)^2 = 9.45 \text{ m}$$

$$V = \frac{0.5}{\frac{\pi (0.76)^2}{4}} = 1.10 \text{ m/s}$$

$$0.5 < 1.10 < 5.0$$

Definición de gradiente hidráulico

Elevación tanque Los Pericos	2637.00 msnm
Pérdidas por fricción	9.45 m
Elevación Piezométrica en P.B. Toluca	2627.55 msnm

Elev. P.B. Toluca	2620.00 msnm
Carga disponible	7.55 m

Etapas Mediata

$$D = \left( \frac{10.29359 (0.010)^2 8500 (1.0)^2}{17} \right)^{3/16} = 0.88 \text{ m}$$

$$D \text{ comercial} = 91.5 \text{ cm (36")}$$

$$K = \frac{10.29359 (0.010)^2}{(0.915)^{16/3}} = 0.0016532$$

$$hf = 0.0016532 (8500) (1.0)^2 = 14.05 \text{ m}$$

$$V = \frac{1.0}{\frac{\pi (0.915)^2}{4}} = 1.52 \text{ m/s}$$

$$0.5 < 1.52 < 5.0$$

Definición de gradiente hidráulico

Elev. tanque Los Pericos	2637.00 msnm
Pérdidas por fricción	14.05 m
Elev. Piezométrica en P.B. Toluca	2622.95 msnm
Elev. P.B. Toluca	2620.00 msnm
Carga disponible	2.95 m

Conclusión:

Los diámetros obtenidos para los diferentes gastos son los mínimos para asegurar las condiciones hidráulicas adecuadas, esto significa que el diámetro de 0.915 m (36") funciona en la etapa inmediata y mediata, anexo a ello, la creación de nueva infraestructura debe considerar el plan maestro; se concluye entonces que el diámetro de 0.915 m (36") es el seleccionado (previa revisión para la operación en la etapa inmediata).

REVISIÓN DEL Ø DE 36" PARA CONDICIONES INMEDIATAS.

$$K = 0.0016532$$

$$hf = 0.0016532 (8500) (0.5)^2 = 3.51 \text{ m}$$

$$V = \frac{0.5}{\frac{\pi (0.915)^2}{4}} = 0.76 \text{ m/s}$$

$$0.5 < 0.76 < 5.0$$

Definición de gradiente hidráulico

Elev. Tanque los Pericos	2637.00 msnm
Pérdidas por fricción	3.51 m
Elev. Piezométrica en P.B. Toluca	2633.49 msnm
Elev. P.B. Toluca	2620.00 msnm
Carga disponible	13.49 msnm

SUB-TRAMO: P.B. TOLUCA - TANQUE LOMAS ALTAS

$$Q = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Elev. P.B. Toluca	2620.00 msnm
-------------------	--------------

Elev. Tanque Lomas Altas	2680.00 msnm
--------------------------	--------------

Desnivel topográfico	60.00 m
----------------------	---------

Longitud de conducción	2300.00 m
------------------------	-----------

Coefficiente de rugosidad "n" (A-C)	0.010
-------------------------------------	-------

Considerando  $V = 1\text{m/s}$

$$D = \sqrt{\frac{4 (0.5)}{\pi (1)}} = 0.64 \text{ m}$$

D comercial = 61 cm (24")

$$hf = KLQ^2$$

$$k = \frac{10.29359 (0.010)^2}{(0.61)^{16/3}} = 0.0143706$$

$$hf = 0.0143706 (2300) (0.5)^2 = 8.26 \text{ m}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.5}{\frac{\pi (0.61)^2}{4}} = 1.71 \text{ m/s}$$

$$0.5 < 1.71 < 5.0$$

Definición de gradiente hidráulico

Elev. P.B. Toluca	2620.00	msnm
Elev. Tanque Lomas Altas	2680.00	msnm
Carga estática ( $\Delta$ )	60.00	m
Pérdidas por fricción (hf)	8.27	m
Carga dinámica (Hb)	68.27	m
Elev. Piez P.B. Toluca	2688.27	msnm

Cálculo del golpe de ariete

$$h = \frac{145 v}{\sqrt{1 + \frac{E_{ad}}{E_{te}}}}$$

$$E_a = 20670 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_t = 328000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$e = 4.75 \text{ cm (para clase A-10)}$$

$$d = 61 \text{ cm}$$

$$h_t = \frac{145 (1.71)}{\sqrt{1 + \frac{20670 (61)}{328000 (4.75)}}} = 184.34 \text{ m}$$

$$h_{valv} = 148 \text{ m}$$

$$h_{tub} = 37 \text{ m}$$

SUB-TRAMO: P.B. LOMAS ALTAS - TANQUE SAN MIGUEL

Como ya se mencionó en la descripción de alternativas, este sub-tramo corresponde al sistema de interconexión de tanques que operará en contra-flujo; y contempla un diámetro de 35 cm (14") con tubería de asbesto-cemento de clase A-14 en los primeros 1155 m y clase A-10 en los 1300 m. siguientes.

REVISION DEL Ø DE 14" PARA CONDICIONES INMEDIATAS

$$Q = 0.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Elev. P.B. Lomas Altas 2680.00 msnm

Elev. Tanque San Miguel 2735.00 msnm

Desnivel topográfico 55.00 m

Longitud de conducción 2455.00 m

Coefficiente de rugosidad "n" (A-C) 0.010

$$hf = K L Q^2$$

$$k = \frac{10.29359 (0.010)^2}{(0.35)^{16/3}} = 0.2781019$$

$$hf = 0.2781019 (2455) (0.2)^2 = 27.31 \text{ m}$$

$$V = \frac{0.2}{\frac{\pi (0.35)^2}{4}} = 2.08 \text{ m/s}$$

$$0.5 < 2.08 < 5.0$$

Definición de gradiente hidráulico

Elev. P.B. Lomas Altas 2680.00 msnm

Elev. Tanque San Miguel 2735.00 msnm

Carga estática ( $\Delta$ ) 55.00 m

Pérdidas por fricción (hf) 27.31 m

Carga dinámica (Hb) 82.31 m

Elev. Piez P.B. Lomas Altas 2762.31 m

Cálculo del golpe de ariete

$$h = \frac{145 V}{\sqrt{1 + \frac{E_{ad}}{E_{te}}}}$$

$$E_a = 20670 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_t = 328000 \text{ kg/cm}^2$$

$$e = 4 \text{ cm (A-14)}$$

$$d = 35 \text{ cm}$$

$$h_t = \frac{145 (2.08)}{\sqrt{1 + \frac{20670 (35)}{328000 (4)}}} = 242.14 \text{ m}$$

$$h_{\text{tub}} = 48 \text{ m}$$

$$h_{\text{valv}} = 194 \text{ m}$$

#### Conclusión:

Las condiciones críticas del sub-tramo se presentan en la P.B. Lomas Altas, y el esfuerzo que debe soportar la tubería en este punto es de 130.31 m ( $H_b + h_{\text{tub}}$ ) y siendo la clase de ella en el proyecto de interconexión de tanques A-14, se concluye que para las condiciones inmediatas la tubería está sobrediseñada; caso aceptable.

#### IV.3. BATERIA DE POZOS A LO LARGO DE LA CARRETERA A XOMACATLAN

En la tabla IV.3-1 se presenta el cálculo hidráulico desde el pozo No. 1 hasta la planta de bombeo Toluca y el subtramo P.B. Toluca-Tanque San Miguel se ha calculado ya en la alternativa Derivación del Sistema Cutzamala - Tanque Los Pericos.

#### IV.4. ZONA DE CAPTACION MEXICALTZINGO

En la tabla IV.4-1 se presenta el cálculo hidráulico de la zona de captación hasta el inicio del acueducto, posteriormente se presenta el del subtramo Zona de Captación - P.B. Toluca; mientras que el subtramo P.B. Toluca - Tanque San Miguel se ha calculado ya en la alternativa Derivación del Sistema Cutzamala - Tanque Los Pericos.

TRAMO	GASTO (L.P.S.)	LONGITUD (M)	DIAMETRO COMERCIAL $D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$ MM (PULG)	$K = \frac{10.29359 n^2}{D^{16/3}}$	$hf = K L Q^2$ (M)	v (M/S)	20% h (M) $h = \frac{145v}{\sqrt{1 + E_a d / E_t e}}$	CLASE
1-2	55.56	1000	250 (10)	1.67322	5.17	1.13	27	A-14
2-3	111.12	1000	350 (14)	0.27810	3.43	1.15	26	A-10
3-4	166.68	1000	400 (16)	0.13643	3.79	1.33	30	A-10
4-5	224.24	1000	450 (18)	0.07279	3.66	1.41	31	A-10
5-6	277.80	1000	500 (20)	0.04150	3.20	1.41	31	A-10
6-7	333.36	1200	610 (24)	0.01437	1.92	1.14	23	A-7
7-8	388.92	700	610 (24)	0.01437	1.52	1.33	27	A-7
8-9	444.48	900	610 (24)	0.01437	2.56	1.52	30	A-7
9-P.B.	500.00	3000	760 (30)	0.00445	3.34	1.10	22	A-7

NOTAS:

- . Se utiliza tubería de asbesto-cemento con coeficiente de rugosidad  $n = 0.010$
- . La carga de trabajo y la definición de gradiente hidráulico se puede ver en el plano correspondiente.
- . El espesor de la tubería puede verse en la tabla IV.3-2.
- . Se tomó  $E_a = 20670 \text{ kg/cm}^2$  y  $E_t = 328000 \text{ kg/cm}^2$  (A-C).

DIAMETRO MM (")	C L A S E		
	A-7	A-10	A-14
200 (8)	1.55	1.90	2.50
250 (10)	1.85	2.10	2.85
300 (12)	1.90	2.50	3.40
350 (14)	2.25	3.10	4.00
400 (16)	2.50	3.45	4.50
450 (18)	2.75	3.80	5.00
500 (20)	2.75	3.95	5.70
610 (24)	3.30	4.75	6.80
760 (30)	4.05	5.90	8.45
915 (36)	4.85	7.05	10.10

TABLA IV. 3-2

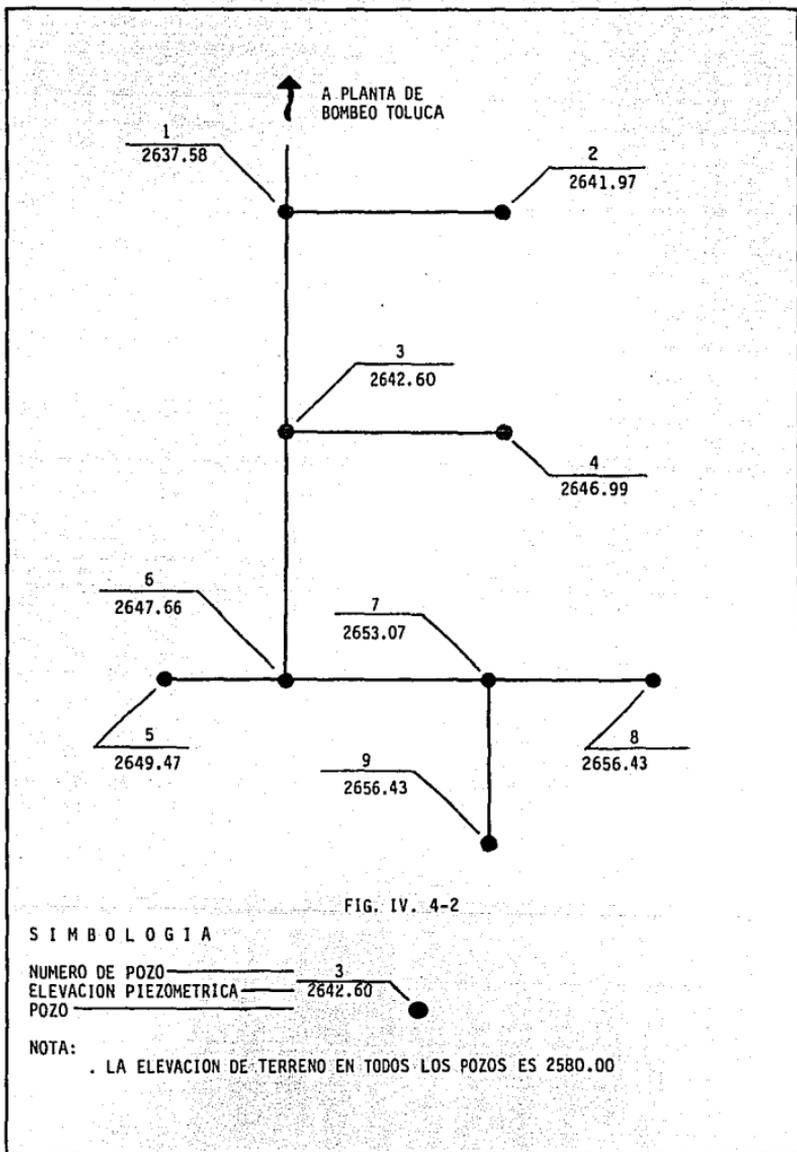
ESPEORES DE TUBERIA DE  
ASBESTO-CEMENTO  
(EN Cm)

TRAMO (*POZO)	GASTO (L.P.S.)	LONGITUD (M)	DIAMETRO COMERCIAL $D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$ MM (PULG)	$K = \frac{10.29359n^2}{D^{16/3}}$	$hf = K L Q^2$ (M)	V (M/S)	$20\% h$ (M) $h = \frac{1.45V}{\sqrt{1 + \frac{Ea}{Etc}}}$	CLASE
9*-7	55.56	650	250 (10)	1.67322	3.36	1.13	26.30	A-14
8*-7	55.56	650	250 (10)	1.67322	3.36	1.13	26.30	A-14
7*-6	166.68	700	350 (14)	0.27810	5.41	1.73	40.28	A-14
5*-6	55.56	350	250 (10)	1.67322	1.81	1.13	24.77	A-10
6*-3	277.80	900	450 (18)	0.07279	5.06	1.75	38.40	A-14
4*-3	55.56	850	250 (10)	1.67322	4.39	1.13	24.77	A-10
3*-1	388.92	800	500 (20)	0.04150	5.02	1.98	42.83	A-14
2*-1	55.56	850	250 (10)	1.67322	4.39	1.13	24.77	A-10

TABLA IV. 4-1

NOTAS:

- El pozo No. 1 es el inicio del acueducto y corresponde al Km 0+000; a partir de él el gasto es de 500 L.P.S.
- Se utiliza tubería de asbesto-cemento con coeficiente de rugosidad  $n = 0.010$ .
- En la figura IV. 4-2 se muestra un croquis de la captación, en la cual se puede observar la elevación piezométrica y de terreno en cada pozo.
- El espesor de la tubería puede verse en la tabla IV 3-2.
- Se tomó  $Ea = 20670 \text{ kg/cm}^2$  y  $Et = 328000 \text{ kg/cm}^2$  (A-C).



SUB-TAMO: ZONA DE CAPTACION - P.B. TOLUCA

Como se ha venido haciendo hincapié, la creación de nueva infraestructura contempla el Plan Maestro, y dado que a partir del km 9+750 hasta la P.B. Toluca se empleará el acueducto en el horizonte de proyecto para la alternativa Derivación del Acueducto Lerma del cual ya existe proyecto, nos limitaremos a revisar el diámetro y la clase de tubería requerida en dicho proyecto.

REVISION DE DIAMETRO Y CLASE REQUERIDOS EN EL HORIZONTE DE PROYECTO PARA CONDICIONES INMEDIATAS.

Datos Básicos

$$Q = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 760 \text{ mm (30")}$$

$$\text{Clase} = \text{A-7}$$

$$\text{Longitud} = 15800 \text{ m}$$

$$h_f = K L Q^2$$

$$k = \frac{10.29359 (0.010)^2}{(0.76)^{16/3}} = 0.00445$$

$$h_f = 0.00445 (15800) (0.5)^2 = 17.58 \text{ m}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.5}{\frac{\pi (0.76)^2}{4}} = 1.10 \text{ m/s}$$

$$0.5 < 1.10 < 5.0$$

$$h = \frac{145 V}{\sqrt{1 + \frac{E_{ad}}{E_{te}}}} = \frac{145 (1.10)}{\sqrt{1 + \frac{20670 (76)}{338000 (4.05)}}} = 107.96 \text{ m}$$

$$20\% h = 22 \text{ m}$$

Definición de gradiente hidráulico

Elev. P.B. Toluca 2620.00 m

Pérdidas por fricción 17.58 m

Elev. en el Inicio del acueducto	2580.00 m
Elev. Piez. en el Inicio del acueducto	2637.58 m
Carga de trabajo crítica (1)	57.58 m

**Conclusión:**

Siguiendo el perfil y la carga total sobre la tubería, se observa que los primeros 1600 m requieren tubería clase A-10 mientras que para el resto (a partir del km 1+600) es suficiente la clase A-7; con esto se concluye que la clase es adecuada para ambas alternativas. Anexo a ello, la velocidad es 1.10 m/s, y como ya se había escrito en párrafos anteriores, el diámetro económico oscila entre 1 y 1.5 m/s, entonces, el diámetro de 760 mm (30") también asegura un funcionamiento adecuado en ambas alternativas.

**IV.5. CAPTACION EN LA PRESA IGNACIO RAMIREZ**

$$Q = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Elev. obra de toma en presa 2546.00 msnm

Elev. P.B. Toluca 2620.00 msnm

Desnivel topográfico 74.00 m

Long. de conducción 24100.00 m

Coefficiente de rugosidad "n" (A-C) 0.010

Considerando  $V = 1 \text{ m/s}$

$$D = \sqrt{\frac{4 (0.5)}{\pi (1)}} = 0.80 \text{ m}$$

D com. = 0.915 m (36")

- (1) Se considera carga de trabajo crítica porque es el punto más bajo del perfil.

$$V = \frac{0.5}{\frac{\pi (0.915)^2}{4}} = 0.76 \text{ m/s (velocidad muy pequeña)}$$

Diámetro analizado 760 mm (30")

$$V = \frac{0.5}{\frac{\pi (0.760)^2}{4}} = 1.10 \text{ m/s}$$

$$0.5 < 1.10 < 5.0$$

$$k = \frac{10.29359 (0.010)^2}{(0.76)^{16/3}} = 0.0044486$$

$$h_f = 0.0044486 (24100) (0.5)^2 = 26.80 \text{ m}$$

#### Definición de gradiente hidráulico

Elev. Obra de Toma en presa	2546.00 msnm
Elev. P.B. Toluca	2620.00 msnm
Carga estática ( $\Delta$ )	74.00 m
Pérdidas por fricción ( $h_f$ )	26.80 m
Carga dinámica ( $H_b$ )	100.80 m
Elev. Piez. Obra de toma	2646.80 msnm

#### Cálculo del golpe de ariete

$$h = \frac{145 V}{\sqrt{1 + \frac{E_a d}{E_t e}}}$$

$$E_a = 20670 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_t = 328000 \text{ kg/cm}^2$$

$$e = 8.45 \text{ cm}$$

$$d = 76 \text{ cm}$$

$$h = \frac{145 (1.10)}{\sqrt{1 + \frac{20670 (76)}{328000 (8.45)}}} = 128 \text{ m}$$

$h_{valv.} = 102 \text{ m}$

$h_{tub} = 26 \text{ m}$

El sub-tramo P.B. Toluca - Tanque San Miguel se ha calculado ya en la alternativa Derivación del Sistema Cutzamala - Tanque Los Pericos.

**IV. 6. ANTEPRESUPUESTOS**

ALTERNATIVA: DERIVACION DEL SISTEMA CUTZAMALA-TANQUE LOS PERICOS.

SUB-TRAMO: TANQUE LOS PERICOS - PLANTA DE BOMBEO DE TOLUCA.

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. \$	IMPORTE \$
P-A	TERRACERIAS				
P-A100A	Excavación con máquina para zanjas en material "A" zona "A" de 0.00 a 8.00 m. de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	6676	1,429	9'540,004
P-A100B	Excavación con máquina para zanjas en material "A" zona "B" de 0.00 a 8.00 m. de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	15577	2,258	35'172,866
P-A110A	Excavación con máquina para zanjas en material "B" zona "A" de 0.00 a 8.00 m. de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	2861	7,813	22'352,993
P-A110B	Excavación con máquina para zanjas en material "B" zona "B" de 0.00 a 8.00 m. de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	6676	9,213	61'505,988
P-A130A	Plantilla apisonada con pisón de mano con material "A" y/o "B".	m <sup>3</sup>	1445	4,299	6'212,055
P-A131B	Relleno apisonado y compacto con agua, en capas de 0.20 m. de espesor.	m <sup>3</sup>	24820	3,352	83'196,640
	SUBTOTAL P-A TERRACERIAS				217'980,546
P-B	INSTALACION TUBERIA				
P-B010	Instalación, junteo y prueba de tubería de asbesto-cemento, clase A-7				

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. \$	IMPORTE \$
P-8010P	Tubo de 900mm (36") de diámetro.	m1	8500	10,210	86'785,000
	SUBTOTAL P-B INSTALACION TUBERIA				86'785,000
	5% PIEZAS ESPECIALES				4'339,250
	SUMA				91'124,250
	SUMINISTRO DE TUBERIA				
18001	Suministro de tubería de asbesto-cemento clase A-7				
18001P	Tubo de 900mm (36") de diámetro	m1	8500	168,268	1'430'278,000
	SUBTOTAL SUMINISTRO DE TUBERIA				1'430'278,000
	5% PIEZAS ESPECIALES				17'513,900
	SUMA				1'501'791,900
	ESTRUCTURAS				
S/P	Obra de Toma Tanque Los Pericos	Lote	1	37'500,000	37'500,000
S/P	Cruce con carretera	Lote	2	20'000,000	40'000,000
S/P	Cruce con F.F.C.C.	Lote	1	25'000,000	25'000,000
	SUBTOTAL ESTRUCTURAS				102'500,000
	AFECTACIONES				
S/P	Franja de construcción de 15m. de ancho (12,500 \$/m <sup>2</sup> )	Km	1	187'500,000	187'500,000
	SUBTOTAL AFECTACIONES				187'500,000

ALTERNATIVA: DERIVACION DEL SISTEMA CUTZAMALA-TANQUE LOS PERICOS.

SUB-TRAMO: PLANTA DE BOMBEO TOLUCA-TANQUE SAN MIGUEL.

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. U. S	IMPORTE S
P-A	TERRACERIAS				
P-A100B	Excavación con máquina para zanjas en material "A" zona "B" de 0.00 a 8.00 m. de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	5456	2,258	12'319,648
P-A110B	Excavación con máquina para zanjas en material "B" zona "B" de 0.00 a 8.00 m. de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	2338	9,213	21'539,994
P-A130A	Plantilla apisonada con pisón de mano con material "A" y/o "B".	m <sup>3</sup>	520	4,299	2'235,480
P-A131B	Relleno apisonado y compacto con agua, en capas de 0.20 m. de espesor.	m <sup>3</sup>	6386	3,352	21'405,872
	SUBTOTAL P-A TERRACERIAS				57'500,994
P-B	INSTALACION TUBERIA				
P-B010	Instalación, junteo, y prueba de tubería de asbesto-cemento, clase A-7.				
P-B010M	Tubo de 610mm (24") de diámetro.	m	300	7,220	2'166,000
P-B020	Instalación, junteo, y prueba de tubería de asbesto-cemento, clase A-10.				
P-B020H	Tubo de 356mm (14") de diámetro.	m	1300	3,750	4'875,000
P-B020M	Tubo de 610mm (24") de diámetro.	m	1700	8,542	14'521,400

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. \$	IMPORTE \$
P-B030	Instalación, junteo, y prueba de tuberfa de asbesto-cemento, clase A-14.				
P-B030H	Tubo de 356mm (14") de diámetro.	m1	1155	4,878	5'634,090
P-B030M	Tubo de 610mm (24") de diámetro.	m1	300	8,829	2'648,700
	SUBTOTAL P-B INSTALACION TUBERIA				29'845,190
	5% PIEZAS ESPECIALES				1'492,260
	SUMA				31'337,450
	SUMINISTRO DE TUBERIA				
1-8001	Suministro de tuberfa de asbesto-cemento clase A-7.				
1-8001M	Tubo de 600mm (24") de diámetro.	m1	300	86,085	25'825,500
1-8002	Suministro de tuberfa de asbesto-cemento clase A-10.				
1-8002H	Tubo de 350mm (14") de diámetro.	m1	1300	44,907	58'379,100
1-8002M	Tubo de 600mm (24") de diámetro.	m1	1700	118,996	202'293,200
1-8003	Suministro de tuberfa de asbesto-cemento clase A-14.				
1-8003H	Tubo de 350mm (14") de diámetro	m1	1155	57,649	66'584,595
1-8003M	Tubo de 600mm (24") de diámetro	m1	300	153,337	46'001,100
	SUBTOTAL SUMINISTRO DE TUBERIA				399'083,495
	5% PIEZAS ESPECIALES				19'954,175
	SUMA				419'037,670

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. S	IMPORTE S
	<b>ESTRUCTURAS</b>				
S/P	Planta de Bombeo Toluca (Q=500 l.p.s., HD=68.27m)	Lote	1	412'500,000	412'500,000
S/P	Planta de Bombeo Lomas Altas (Q=200 l.p.s., HD=85.31m)	Lote	1	350'000,000	350'000,000
S/P	Adaptación de tanques	Lote	2	12'500,000	25'000,000
S/P	Cruce con carretera	Lote	1	20'000,000	20'000,000
S/P	Cruce con F.F.C.C.	Lote	1	25'000,000	25'000,000
	<b>SUBTOTAL ESTRUCTURAS</b>				<b>832'500,000</b>
	<b>AFECTACIONES</b>				
S/P	Area para ubicación de Planta de Bombeo (50 x 50 = 2500 m <sup>2</sup> .	m <sup>2</sup>	2500	62,500	156'250,000
	<b>SUBTOTAL AFECTACIONES</b>				<b>156'250,000</b>

ALTERNATIVA: DERIVACION DEL SISTEMA CUTZAMALA - TANQUE LOS PERICOS  
RESUMEN DE ANTEPRESUPUESTO

C O N C E P T O	I M P O R T E S
TERRACERIAS	275'481,540
INSTALACION TUBERIA	122'461,700
SUMINISTRO TUBERIA	1,920'829,570
ESTRUCTURAS	935'000,000
AFECTACIONES	343'750,000
<u>IMPORTE TOTAL DE OBRA</u>	3,597'522,810
<u>COSTO OPERACION ANUAL</u>	180'144,965

AMORTIZACION ANUAL = IMPORTE TOTAL DE OBRA X FACTOR DE AMORTIZACION.

FACTOR DE AMORTIZACION = TASA DE INTERES = 42%

PERIODO = 15 AÑOS

FACTOR DE AMORTIZACION = 0.4222

AMORTIZACION ANUAL = \$1,518'874,130

ANUALIDAD = AMORTIZACION ANUAL + COSTO OPERACION ANUAL

ANUALIDAD = \$1,699'019,095

ALTERNATIVA: BATERIA DE POZOS A LO LARGO DE LA CARRETERA A XONACATLAN.

SUB-TRAMO: ZONA DE CAPTACION - PLANTA DE BOMBEO TOLUCA.

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. S	IMPORTE \$
P-A	TERRACERIAS				
P-A100A	Excavación con máquina para zanjas en material "A" zona "A" de 0.00 a 8.00m. de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	10452	1,429	14'935,908
P-A100B	Excavación con máquina para zanjas en material "A" zona "B" de 0.00 a 8.00m. de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	4480	2,258	10'115,840
P-A110A	Excavación con máquina para zanjas en material "B" zona "A" de 0.00 a 8.00m. de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	4480	7,813	35'002,240
P-A110B	Excavación con máquina para zanjas en material "B" zona "B" de 0.00 a 8.00 m. de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	1920	9,213	17'688,960
P-A130A	Plantilla apisonada con pisón de mano con material "A" y/o "B".	m <sup>3</sup>	1323	4,299	5'687,577
P-A131B	Relleno apisonado y compactado con agua, en capas de 0.20m de espesor.	m <sup>3</sup>	17216	3,352	57'708,032
	SUBTOTAL P-A TERRACERIAS				141'138,557
P-B	INSTALACION TUBERIA				
P-B010	Instalación, junteo, y prueba de tubería de asbesto-cemento, clase A-7				

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. \$	IMPORTE \$
P-B010M	Tubo de 610mm (24") de diámetro.	m1	2800	7,220	20'216,000
P-B010N	Tubo de 762mm (30") de diámetro.	m1	3000	7,545	22'635,000
P-B020	Instalación, junteo, y prueba de tubería de asbesto-cemento, clase A-10.				
P-B020H	Tubo de 356mm (14") de diámetro.	m1	1000	3,750	3'750,000
P-B020J	Tubo de 406mm (16") de diámetro.	m1	1000	5,477	5'477,000
P-B020K	Tubo de 457mm (18") de diámetro.	m1	1000	5,743	5'743,000
P-B020L	Tubo de 508mm (20") de diámetro.	m1	1000	7,064	7'064,000
P-B030	Instalación, junteo, y prueba de tubería de asbesto-cemento, clase A-14				
P-B030F	Tubero de 254mm (10")	m1	1000	3,391	3'391,000
	SUBTOTAL P-B INSTALACION TUBERIA				68'276,000
	5% PIEZAS ESPECIALES				3'413,800
	SUMA				71'689,800
	SUMINISTRO DE TUBERIA				
1-B001	Suministro de tubería de asbesto-cemento clase A-7.				
1-B001M	Tubo de 600mm (24") de diámetro	m1	2800	86,085	241'038,000
1-B001N	Tubo de 750mm (30") de diámetro.	m1	3000	119,585	358'755,000
1-B002	Suministro de tubería de asbesto-cemento clase A-10.				

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. \$	IMPORTE \$
1-B002H	Tubo de 350mm (14") de diámetro.	m1	1000	44,907	44'907,000
1-B002J	Tubo de 400mm (16") de diámetro.	m1	1000	56,341	56'341,000
1-B002K	Tubo de 450mm (18") de diámetro	m1	1000	68,584	68'584,000
1-B002L	Tubo de 500mm (20") de diámetro.	m1	1000	84,457	84'457,000
1-B003	Suministro de tuberfa de asbesto-cemento clase A-14.				
1-B003F	Tubo de 250mm (10") de diámetro.	m1	1000	34,060	34'060,000
	SUBTOTAL SUMINISTRO DE TUBERIA				888'142,000
	5% PIEZAS ESPECIALES				44'407,100
	SUMA				932'549,100
	ESTRUCTURAS				
S/P	Cruces con carretera	Lote	3	20'000,000	60'000,000
S/P	Cruce con F.F.C.C.	Lote	1	25'000,000	25'000,000
	SUBTOTAL ESTRUCTURAS				85'000,000
	AFECTACIONES				
S/P	Tenencia de la tierra (en pozos) 400m <sup>2</sup> /pozo	m <sup>2</sup>	3600	25,000	90'000,000
	SUBTOTAL AFECTACIONES				90'000,000
	ZONA DE CAPTACION				
S/P	Perforación y equipamiento de pozos.	Pozo	9	300'000,000	2,700'000,000
S/P	Electrificación a pozos.	Km	10.8	7'500,000	81'000,000

RESUMEN DE ANTEPRESUPUESTO

SUB-TRAMO: PLANTA DE BOMBEO TOLUCA - TANQUE SAN MIGUEL

C O N C E P T O	I M P O R T E \$
TERRACERIAS	57'500,994
INSTALACION TUBERIA	31'337,450
SUMINISTRO TUBERIA	419'037,670
ESTRUCTURAS	832'500,000
AFECTACIONES	156'250,000

ALTERNATIVA: BATERIA DE POZOS A LO LARGO DE LA CARRETERA A XONACATLAN

RESUMEN DE ANTEPRESUPUESTO

C O N C E P T O

TERRACERIAS	198'639,551
INSTALACION TUBERIA	103'027,250
SUMINISTRO TUBERIA	1,351'586,770
ESTRUCTURAS	917'500,000
AFECTACIONES	246'250,000
PERFORACION Y EQUIPAMIENTO DE POZOS	2,700'000,000
ELECTRIFICACION DE POZOS	81'000,000
<u>IMPORTE TOTAL DE OBRA</u>	5,598'003,571
<u>COSTO DE OPERACION ANUAL</u>	364'197,525

AMORTIZACION ANUAL = IMPORTE TOTAL DE OBRA X FACTOR DE AMORTIZACION.

FACTOR DE AMORTIZACION = TASA DE INTERES = 42%

PERIODO = 15 AROS

FACTOR DE AMORTIZACION = 0.4222

AMORTIZACION ANUAL = \$2,363'477,108

ANUALIDAD = AMORTIZACION ANUAL + COSTO OPERACION ANUAL

ANUALIDAD = \$2,727'674,633

ALTERNATIVA: ZONA DE CAPTACION MEXICALTZINGO

SUB-TRAMO: ZONA DE CAPTACION - PLANTA DE BOMBEO TOLUCA

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. S	IMPORTE S
P-A	TERRACERIAS				
P-A100A	Excavación con máquina para zanjas en material "A" zona "A" de 0.00 a 8.00m de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	14128	1,429	20'188,912
P-A100B	Excavación con máquina para zanjas en material "A" zona "B" de 0.00 a 8.00m de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	21523	2,258	48'598,934
P-A110A	Excavación con máquina para zanjas en material "B" zona "A" de 0.00 a 8.00m de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	6055	7,813	47'307,715
P-A110B	Excavación con máquina para zanjas en material "B" zona "B" de 0.00 a 8.00m de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	9224	9,213	84'980,712
P-A130A	Plantilla apisonada con pisón de mano con material "A" y/o "B".	m <sup>3</sup>	2907	4,299	12'497,193
P-A131B	Relleno apisonado y compactado con agua, en capas de 0.20m. de espesor.	m <sup>3</sup>	40374	3,352	135'333,648
	SUBTOTAL P-A TERRACERIAS				348'907,114
P-B	INSTALACION TUBERIA				
P-B010	Instalación, junteo y prueba de tubería de asbesto-cemento, clase A-7.				
P-B010N	Tubo de 762mm (30") de diámetro.	m1	14200	7,545	107'139,000

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. \$	IMPORTE \$
P-B020	Instalación, junteo y prueba de tubería de asbesto-cemento, clase A-10.				
P-B020F	Tubo de 254mm (10") de diámetro.	m1	2050	3,071	6'295,550
P-B020N	Tubo de 762mm (30") de diámetro.	m1	1610	10,241	16'488,010
P-B030	Instalación, junteo y prueba de tubería de asbesto-cemento, clase A-14.				
P-B030F	Tubo de 254mm (10") de diámetro.	m1	1300	3,391	4'408,300
P-B030H	Tubo de 356mm (14") de diámetro,	m1	700	4,878	3'414,600
P-B030K	Tubo de 457mm (18") de diámetro.	m1	900	6,872	6'184,800
P-B030L	Tubo de 508mm (20") de diámetro.	m1	800	7,961	6'368,800
	SUBTOTAL P-B INSTALACION TUBERIA				150'299,060
	5% PIEZAS ESPECIALES				7'514,953
	SUMA				157'814,013
	SUMINISTRO DE TUBERIA				
1-B001	Suministro de tubería de asbesto-cemento clase A-7.				
1-B001N	Tubo de 750mm (30") de diámetro.	m1	14200	119,585	1,698'107,000
1-B002	Suministro de tubería de asbesto-cemento clase A-10,				
1-B002F	Tubo de 254mm (10") de diámetro.	m1	2050	25,033	51'317,650
1-B002N	Tubo de 750mm (30") de diámetro.	m1	1610	163,931	263'928,910
1-B003	Suministro de tubería de asbesto-cemento clase A-14.				

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. S	IMPORTE S
1-B003F	Tubo de 254mm (10") de diámetro.	m1	1300	34,060	44'278,000
1-B003H	Tubo de 356mm (14") de diámetro.	m1	700	57,649	40'354,300
1-B003K	Tubo de 457mm (18") de diámetro.	m1	900	90,212	81'190,800
1-B003L	Tubo de 508mm (20") de diámetro.	m1	800	108,327	86'661,600
	SUBTOTAL SUMINISTRO DE TUBERIA 5% PIEZAS ESPECIALES				2,265'838,260 113'291,913
	SUMA				2,379'130,173
	ESTRUCTURAS				
S/P	Cruce con carretera	Lote	4	20'000,000	80'000,000
S/P	Cruce con F.F.C.C.	Lote	2	25'000,000	50'000,000
	SUBTOTAL ESTRUCTURAS				130'000,000
	AFECTACIONES				
S/P	Tenencia de la tierra (en pozos) 400m <sup>2</sup> /pozo	m <sup>2</sup>	3600	25,000	90'000,000
S/P	Tenencia de la tierra en interconexión de pozos (franja de 15m de ancho).	Km	5.59	187'500,000	1,048'125,000
	SUBTOTAL AFECTACIONES				1,138'125,000
	ZONA DE CAPTACION				
S/P	Perforación y equipamiento de pozos.	Lote	9	300'000,000	2,700'000,000
S/P	Electrificación de pozos.	km	5.76	7'500,000	43'200,000

RESUMEN DE ANTEPRESUPUESTO

SUB-TRAMO : PLANTA DE BOMBEO TOLUCA-TANQUE SAN MIGUEL

C O N C E P T O	I M P O R T E S
TERRACERIAS	57'500,994
INSTALACION TUBERIA	31'337,450
SUMINISTRO TUBERIA	419'037,670
ESTRUCTURAS	832'500,000
AFECTACIONES	156'250,000

ALTERNATIVA : ZONA DE CAPTACION MEXICALTZINGO

RESUMEN DE ANTEPRESUPUESTO

C O N C E P T O

TERRACERIAS	406'408,108
INSTALACION TUBERIA	189'151,463
SUMINISTRO TUBERIA	2,798'167,843
ESTRUCTURAS	962'500,000
AFECTACIONES	1,294'375,000
PERFORACION Y EQUIPAMIENTO DE POZOS	2,700'000,000
ELECTRIFICACION DE POZOS	43'200,000
<u>IMPORTE TOTAL DE OBRA</u>	8,393'802,414
<u>COSTO DE OPERACION ANUAL</u>	417'838,227

AMORTIZACION ANUAL = IMPORTE TOTAL DE OBRA X FACTOR DE AMORTIZACION.

FACTOR DE AMORTIZACION = TASA DE INTERES = 42%

PERIODO = 15 AROS

FACTOR DE AMORTIZACION = 0.4222

AMORTIZACION ANUAL = \$3,543'863,379

ANUALIDAD = AMORTIZACION ANUAL + COSTO OPERACION ANUAL.

ANUALIDAD = \$3,961'701,606

ALTERNATIVA: CAPTACION EN LA PRESA IGNACIO RAMIREZ

SUB-TRAMO: PRESA IGNACIO RAMIREZ - PLANTA DE BOMBEO TOLUCA

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. \$	IMPORTE \$
P-A	TERRACERIAS				
P-A100A	Excavación con máquina para zanjas en material "A" zona "A" de 0.00 a 8.00m de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	41271	1,429	58'976,259
P-A100B	Excavación con máquina para zanjas en material "A" zona "B" de 0.00 a 8.00m de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	5628	2,258	12'708,024
P-A110A	Excavación con máquina para zanjas en material "B" zona "A" de 0.00 a 8.00m de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	17687	7,813	138'188,531
P-A110B	Excavación con máquina para zanjas en material "B" zona "B" de 0.00 a 8.00m de profundidad en seco.	m <sup>3</sup>	2412	9,213	22'221,756
P-A130A	Plantilla apisonada con pisón de mano con material "A" y/o "B".	m <sup>3</sup>	3615	4,299	15'540,885
P-A131B	Relleno apisonado y compacto con agua, en capas de 0.20m. de espesor.	m <sup>3</sup>	52538	3,352	176'107,376
	SUBTOTAL P-A TERRACERIAS				423'742,831
P-B	INSTALACION TUBERIA				
P-B010	Instalación, Junteo, y prueba de tubería de asbesto-cemento, clase A-7.				
P-B010N	Tubo de 762mm (30") de diámetro.	m1	14900	7,545	112'420,500

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. \$	IMPORTE \$
P-8020	Instalación, junteo y prueba de tubería de asbesto-cemento, clase A-10				
P-8020N	Tubo de 762mm (30") de diámetro.	m1	4700	10,241	48'132,700
P-8030	Instalación, junteo y prueba de tubería de asbesto-cemento, clase A-14				
P-8030N	Tubo de 762mm (30") de diámetro.	m1	4500	10,769	48'460,500
	SUBTOTAL P-B INSTALACION TUBERIA 5% PIEZAS ESPECIALES				209'013,700 10'450,685
	SUMA				219'464,385
	SUMINISTRO DE TUBERIA				
1-8001	Suministro de tubería de asbesto-cemento, clase A-7.				
1-8001N	Tubo de 750mm (30") de diámetro.	m1	14900	119,585	1,781'816,500
1-8002	Suministro de tubería de asbesto-cemento clase A-10.				
1-8002N	Tubo de 750mm (30") de diámetro.	m1	4700	163,931	770'475,700
1-8003	Suministro de tubería de asbesto-cemento clase A-14.				
1-8003N	Tubo de 750mm (30") de diámetro.	m1	4500	211,017	949'576,500
	SUBTOTAL SUMINISTRO DE TUBERIA 5% PIEZAS ESPECIALES				3,501'868,700 175'093,435
	SUMA				3,676'962,135

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. \$	IMPORTE \$
	<b>ESTRUCTURAS</b>				
S/P	Planta de Bombeo Ignacio Ramirez (Q=500 l.p.s.; HD= 100.80 m)	Lote	1	750'000,000	750'000,000
S/P	Cruce simultáneo con carretera y ferrocarril.	Lote	1	45'000,000	45'000,000
S/P	Planta potabilizadora para Q=500 l.p.s.	Lote	1	3125'000,000	3,125'000,000
S/P	Adaptación obra de toma.	Lote	1	125'000,000	125'000,000
S/P	Sobre-elevación de la cortina.	Lote	1	3635'673,845	3,635'673,845
	<b>SUBTOTAL ESTRUCTURAS</b>				<b>7,680'673,845</b>
	<b>AFECTACIONES</b>				
S/P	Area para ubicación de Planta de Bombeo (50 x 50 = 2500 m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	2500	62,500	156'250,000
S/P	Area inundada por sobre-elevación de la cortina.	Ha	300	18'750,000	5,625'000,000
	<b>SUBTOTAL AFECTACIONES</b>				<b>5,781'250,000</b>
	<b>LINEA DE TRANSMISION</b>				
S/P	Línea de transmisión	Km	24.1	7'500,000	180'750,000
	<b>SUBTOTAL LINEA DE TRANSMISION</b>				<b>180'750,000</b>

RESUMEN DE ANTEPRESUPUESTO

SUB-TRAMO: PLANTA DE BOMBEO TOLUCA-TANQUE SAN MIGUEL

C O N C E P T O	I M P O R T E
TERRACERIAS	57'500,994
INSTALACION TUBERIA	31'337,450
SUMINISTRO TUBERIA	419'037,670
ESTRUCTURAS	832'500,000
AFECTACIONES	156'250,000

ALTERNATIVA: CAPTACION EN LA PRESA IGNACIO RAMIREZ  
RESUMEN DE ANTEPRESUPUESTO

C O N C E P T O

TERRACERIAS	481'243,825
INSTALACION TUBERIA	250'801,835
SUMINISTRO TUBERIA	4,095'999,805
ESTRUCTURAS	8,513'173,845
AFECTACIONES	5,937'500,000
LINEA DE TRANSMISION	180'750,000
<u>IMPORTE TOTAL DE OBRA</u>	19,459'469,310
<u>COSTO OPERACION ANUAL</u>	379'429,312

AMORTIZACION ANUAL = IMPORTE TOTAL DE OBRA x FACTOR DE AMORTIZACION

FACTOR DE AMORTIZACION = TASA DE INTERES = 42%

PERIODO = 15 AÑOS

FACTOR DE AMORTIZACION = 0.4222

AMORTIZACION ANUAL = \$8,215'787,943

ANUALIDAD = AMORTIZACION ANUAL + COSTO OPERACION ANUAL

ANUALIDAD = \$8,595'217,255

ALTERNATIVA	TERRACERIAS \$ x 10 <sup>6</sup>	INSTALACION TUBERIA \$ x 10 <sup>6</sup>	SUMINISTRO TUBERIA \$ x 10 <sup>6</sup>	PERFORACION Y EQUIPAMIENTO DE POZOS \$ x 10 <sup>6</sup>	LINEA DE TRANSMI- SION \$ x 10 <sup>6</sup>	ESTRUCTURAS \$ x 10 <sup>6</sup>	AFECCIONES (FRAN- JA DE CONSTRUCCION) \$ x 10 <sup>6</sup>	IMPORTE TOTAL \$ x 10 <sup>6</sup>	AMORTIZACION ANUAL I = 42% T = 15 AÑOS \$ x 10 <sup>6</sup>	ENERGIA ANUAL \$ x 10 <sup>6</sup>	ANUALIDAD \$ x 10 <sup>6</sup>	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DERIVACION DEL SISTEMA CUTZAMALA - TANQUE LOS PERICOS.	275.482	122.462	1920.830			935.000	343.750	3597.523	1518.874	180.145	1699.019	ECONOMIA Y SOLUCION A CORTO Y MEDIANO PLAZO, MENOR TIEMPO DE CONSTRUCCION, CAUDAL CONSTANTE Y SEGURO A LARGO PLAZO (1).	
BATERIA DE POZOS A LO LARGO DE LA CARRETERA A XONACATLAN.	198.640	103.027	1351.587	2700.000	81.000	917.500	246.250	5598.004	2363.477	364.198	2727.675	(1)	ES MAS CARA QUE LA ALTERNATIVA LOS PERICOS. SE COMPLICLA LA OPERACION DEL SISTEMA. EL ADQUIERO SOLO SE PUEDE EXPLORAR 4 AÑOS. SOLUCION A CORTO PLAZO.
ZONA DE CAPTACION MEXICALTZINGO.	406.408	189.151	2798.168	2700.000	43.200	962.500	1294.375	8393.802	3543.863	417.838	3961.702	SE APROVECHARIA UNA PARTE DE LA TUBERIA EN LA ALTERNATIVA DERIVACION DEL ACUEDUCTO LERMA (1).	ES MAS CARA QUE LA ALTERNATIVA LOS PERICOS. SE COMPLICLA LA OPERACION DEL SISTEMA. EL ADQUIERO SOLO SE PUEDE EXPLORAR 4 AÑOS. SOLUCION A CORTO PLAZO.
CAPTACION EN LA PRESA IGNACIO RAMIREZ.	481.244	250.802	4096.000		180.750	8513.174	5937.500	19459.469	8215.788	379.429	8595.217	(1)	ES MAS CARA QUE LA ALTERNATIVA LOS PERICOS.

TABLA V-1

NOTAS:

- 1.- En todas las alternativas se aprovechará la tubería del sub-tramo Tanque Lomas Altas - Tanque San Miguel en el proyecto de Intercambio de Tanques.
- 2.- Los costos son a Marzo de 1987.
- 3.- En todas las alternativas se contempla la explotación inmediata de 500 l.p.s. y por consiguiente es el gasto de diseño del acueducto, con excepción de la alternativa Derivación del Sistema Cutzamala - Tanque Los Pericos.

VALLE DE ORIGEN

## V. SELECCION DE ALTERNATIVA OPTIMA

Se presenta en la tabla V-1 un cuadro resumen donde es posible ver la evaluación económica de las alternativas analizadas; así como sus ventajas y desventajas, que sirven para elegir la alternativa óptima; sin embargo, es conveniente resaltar para cada una de las alternativas lo siguiente.

### 1) DERIVACION DEL SISTEMA CUTZAMALA-TANQUE LOS PERICOS.

Presenta las condiciones técnico-económicas más favorables si se considera el Tanque Los Pericos como inicio de obra, esto quiere decir que no se consideran los costos que la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) erogó para la captación, conducción y operación del acueducto desde la fuente de abastecimiento más lejana del sistema Cutzamala hasta el Tanque Los Pericos, lo cual significa que en esta alternativa el costo por  $m^3$  de agua es más caro para la federación y por la cercanía del Tanque Los Pericos a la Ciudad de Toluca más barato para el estado.

### 2) BATERIA DE POZOS A LO LARGO DE LA CARRETERA A XONACATLAN.

Se contempla en esta alternativa la explotación del manto acuífero, según los estudios realizados, por un período máximo de cuatro años, si este se alargara sería posible que las localidades cercanas a la zona de captación sufrieran el problema de asentamientos en el terreno que actualmente aqueja a la Cd. de Toluca.

### 3) ZONA DE CAPTACION MEXICALTZINGO.

Es un caso idéntico a la Bateria de pozos a lo largo de la carretera a Xonacatlán.

### 4) CAPTACION EN LA PRESA IGNACIO RAMIREZ.

Esta alternativa surgió como una necesidad de estudiar las fuentes de abastecimiento más cercanas a la Cd. de Toluca. De la información proporcionada por la SARH se concluyó que es posible sobre-elevar la cortina hasta 2.0 m. Así mismo, se pudo comprobar (mediante una visita al lugar) que las aguas almacenadas son de regular calidad, sin embargo, por ser una fuente superficial debe proporcionársele un tratamiento de potabilización que dispara sustancialmente el costo de construcción, operación y mantenimiento. Anexo a lo anterior, con la sobre-elevación de la cortina se presentarán problemas sociales debido a la inundación de terrenos.

#### ALTERNATIVA SELECCIONADA

Después de revisar el resumen de costos presentado en la tabla V-1, analizar la operación de las alternativas y considerar uno de los objetivos de este análisis, se concluyó que la alternativa seleccionada es la Derivación del Sistema Cutzamala-Tanque Los Pericos, por las siguientes razones:

- 1) Es la más económica entre todas las analizadas.
- 2) Con los convenios existentes entre el Distrito Federal y la Ciudad de Toluca de derivar agua del Sistema Cutzamala, es posible garantizar el suministro en forma regular hasta el horizonte de proyecto.
- 3) La operación de la alternativa es más sencilla dado que no requiere bombeo de la fuente de captación a la Planta de Bombeo Toluca.
- 4) Recordando que en la Ciudad de Toluca se detectaron hundimientos y que estos fueron originados por la sobre-explotación de mantos acuíferos y continuar con la extracción de agua del subsuelo no es lo deseable; aunado a ello el Sistema Cutzamala se satisface de presas de almace

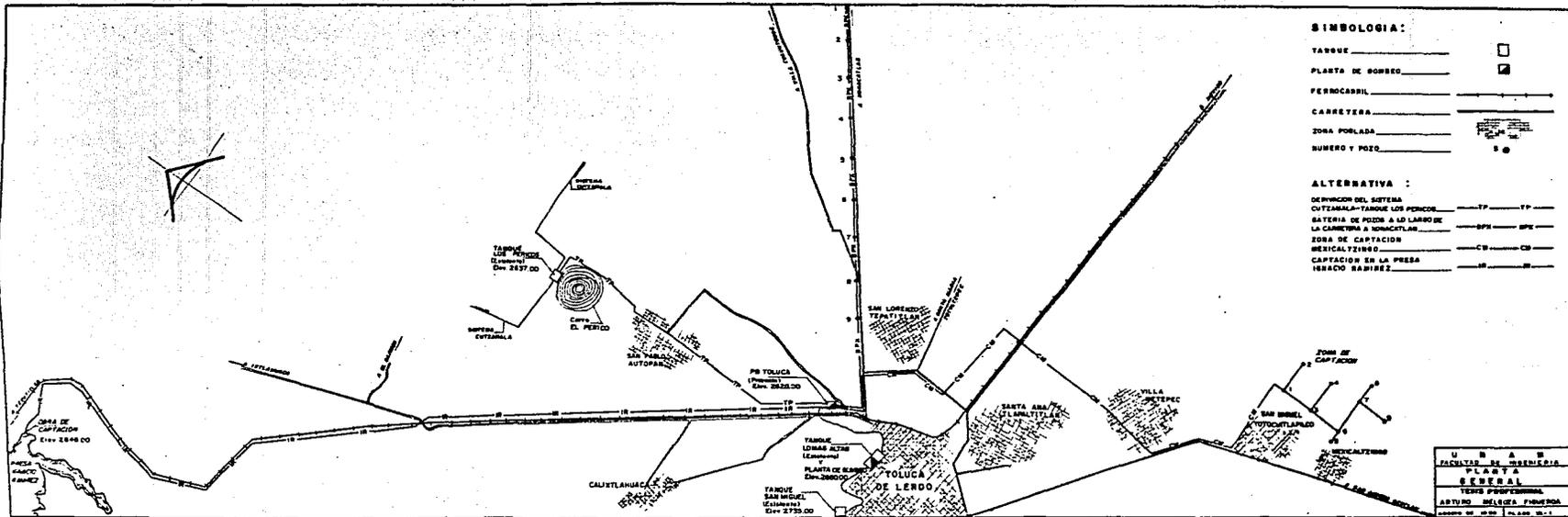
namiento (captación superficial) ubicadas en el Estado de México, se concluye que la derivación de este acueducto es la solución.

La conclusión a que se llegó en esta tesis es independiente a las obtenidas por la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (C.E.A.S.).

**VI. ANEXO DE PLANOS**

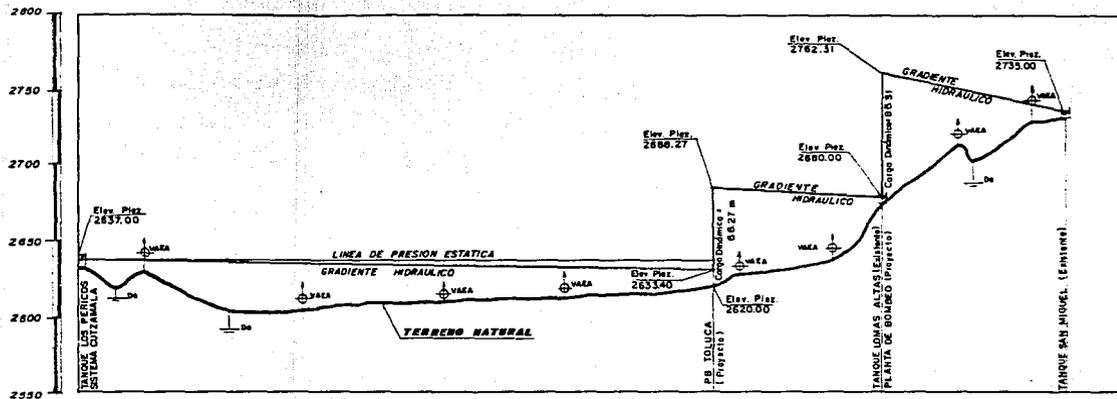
**RELACION DE PLANOS**

<b>ALTERNATIVA</b>	<b>PLANO</b>
<b>PLANTA GENERAL</b>	<b>VI-1</b>
<b>DERIVACION DEL SISTEMA CUTZAMALA-TANQUE LOS PERICOS</b>	<b>VI-2</b>
<b>BATERIA DE POZOS A LO LARGO DE LA CARRETERA A XONACATLAN</b>	<b>VI-3</b>
<b>ZONA DE CAPTACION MEXICALTZINGO</b>	<b>VI-4</b>
<b>CAPTACION EN LA PRESA IGNACIO RAMIREZ</b>	<b>VI-5</b>



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ELEVACIONES EN M. S. N. M.



**SIMBOLOGIA:**

Válvula de admisión, aspirada y eliminación de aire VAEA  
 Desagüe Dd

**NOTAS:**

- El trazo de la alternativa se puede observar en el plano N°-1 PLANTA GENERAL.
- El perfil y cálculo hidráulico a partir de la planta de bombos Toluca hasta el tanque San Miguel es el mismo para todas las alternativas.

LONG=500m CLASE A-14  
 LONG=300m CLASE A-7

D A T O S	TOPOGRAFICO	TUBERIA	LONG. Y CLASE	LONGITUD = 8 500 m		CLASE A-7		LONG=1700m CLASE A-10		LONG=1100m A-14		LONG=1300m A-10	
				ASBESTO	- CEMENTO	DE	915 mm (36")	ASBESTO-CEMENTO	810mm(24")	ASBESTO-CEMENTO	330mm(14")	d	
	KM	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	01000	2632.00	2637.00	3.00									
	11000	2652.00	2659.10	0.90									
	21000	2603.00	2656.17	33.16									
	31000	2607.00	2635.70	28.70									
	41000	2610.00	2653.95	25.25									
	51000	2605.00	2654.04	22.94									
	61000	2614.00	2634.92	20.92									
	71000	2616.00	2634.11	19.11									
	81000	2696.00	2633.70	16.70									
	91000	2690.00	2633.99	13.99									
	91000	2682.71	2665.27	82.57									
	91000	2620.00	2665.47	57.47									
	101000	2636.00	2665.88	40.88									
	101000	2677.00	2660.00	3.00									
	111000	2640.00	2735.31	95.31									
	111000	2640.00	2735.00	74.00									
	121000	2703.00	2748.96	45.96									
	131000	2700.00	2737.64	7.64									
	131235	2731.00	2735.00	2.00									
	141000												

PERFIL :

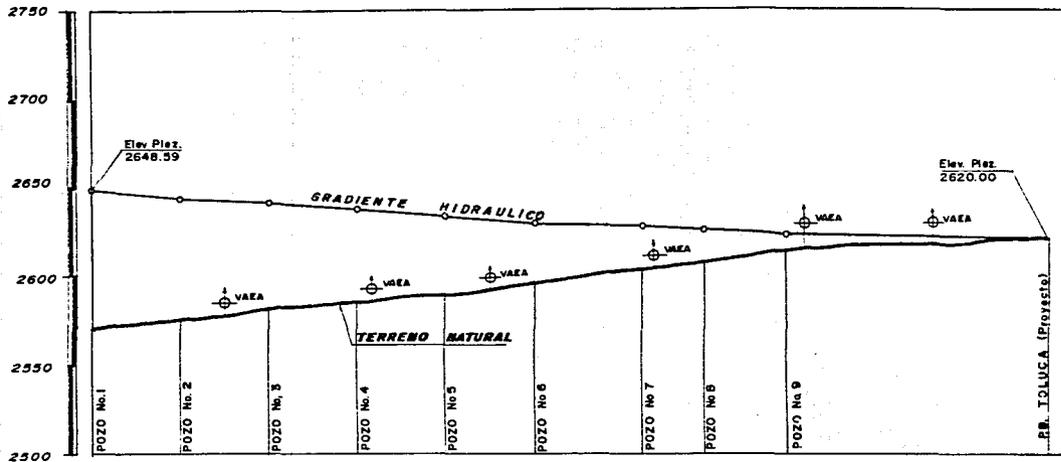
ESC :

HOR : 1 : 40 000

VER : 1 : 2 000

U N N A M  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ALTERNATIVA: DERIVACION DEL  
 SST CUTZAMALA-DANQUE LOS PERICOS  
 TESIS PROFESIONAL

ELEVACIONES EN M.S.R.M.



**SIMBOLOGIA:**

Válvula de admisión, expulsión y  
 eliminación de aire VAEA  
 Desagüe De

**NOTAS:**

- El trazo de la alternativa se puede apreciar en el plano XI-1 PLANTA GENERAL.
- El perfil y cálculo hidráulico a partir de la planta de bomba Toluca hasta el tanque San Miguel es el mismo para todas las alternativas y puede apreciarse en el plano XII-2.

D	A	T	O	B	LONG. Y CLASE		LONG. 1000 m		LONG. 1000 m		LONG. 1000 m		LONG. 1000 m		LONGITUD = 200 m		LONGITUD = 300 m	
					CLASE A-14	CLASE A-10	CLASE B-10	CLASE A-10	CLASE B-10	CLASE A-10	CLASE B-10	CLASE A-7	CLASE A-7					
					TUBERIA Y DIAMETRO	ASBESTO-CEMENTO 250 mm (10" )	ASBESTO-CEMENTO 350 mm (14" )	ASBESTO-CEMENTO 400 mm (16" )	ASBESTO-CEMENTO 450 mm (18" )	ASBESTO-CEMENTO 500 mm (20" )	ASBESTO - CEMENTO 600 mm (24" )		ASBESTO - CEMENTO 750 mm (30" )					
					CARGA DE TRABAJO	M.C.C.	68.42	59.59	52.20	44.54	35.34	25.74	18.90	11.34				
					ELEVACION	M.S.R.M.	2648.59	2639.59	2630.20	2622.54	2615.34	2607.74	2600.90	2594.12				
					PIEZOMETRICA	M.S.R.M.	2648.59	2639.59	2630.20	2622.54	2615.34	2607.74	2600.90	2594.12				
					ELEVACION TERRENO NATURAL	M.S.R.M.	2575.00	2580.00	2584.00	2588.00	2594.00	2602.00	2612.00	2619.00				
					DISTANCIA AL ORIGEN	K.M.	0+000	1+000	2+000	3+000	4+000	5+000	6+000	7+000	8+000	9+000	10+000	11+000

PERFIL

ESC:

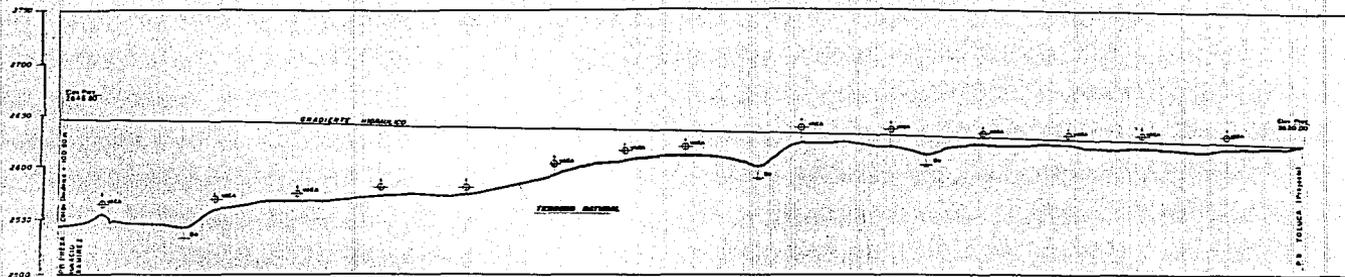
HOR : 1 : 40 000

VER : 1 : 2 000

**U N A M**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ALTERNATIVA BATERIA DE POZOS  
 CARRETERA A XONACATLAN  
**TESIS PROFESIONAL**  
 ARTURO MELGOZA FIGUEROA  
 ABRIL DE 1988 PLANO XI-3



ELEVACIONES EN M.S.N.M.



**SIMBOLOGIA:**

Wallas de agua, riego, etc.  
 Muestra de un muro  
 Drenaje

**NOTAS:**

\*El tipo de la estructura se puede encontrar en el punto 2-1 PLANTA GENERAL.  
 \*Corte y elevación obtenidos a partir de la escala de 1:20000. No se debe tomar como base para el diseño de drenaje y otros detalles de la obra.

CLASE	LONGITUD = 4500 =	CLASE A-14	LONGITUD = 4700 =	CLASE A-10	LONGITUD = 14900 =	CLASE A-7
DEBAYANETRO			ABRISTO - CEMENTO	DE	730 =	130 =
CAYAS DE CARRAJUO						
FLORACION						
COMETACA						
SELECCION						
BARCO						
AL						
DEBEN						

PERFIL ESC: HOR: 1 : 40 000  
 VER: 1 : 2 000

U M A M  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ALTERNATIVA CAPACITACION  
 PNEUMATICA PARA EL  
 TUBO PROFESIONAL  
 MATEMATICA MECANICA  
 2010-2011

## VII. CONCLUSIONES

El desarrollo urbano de las ciudades en la República Mexicana ha estado íntimamente ligado a su historia económica, política y social. La conformación urbana de las ciudades contemporáneas es un indicador del nivel y grado del desarrollo de la industrialización; comparando varias ciudades es posible apreciar la gran desigualdad social y económica actual originada por la fuerte concentración de la producción. La dinámica de las ciudades depende básicamente del desarrollo económico global del país, y de no contar con una política realista de distribución industrial, que además debe ser rígida, existirá siempre la tendencia a la concentración.

No se puede tratar el problema de la descentralización con campañas publicitarias que pretenden concientizar a la sociedad, una manera de atacar el problema es la creación de empleos, elevación del nivel de vida, construcción de hospitales, universidades, centros de investigación, etc., todo esto a nivel nacional. Otra alternativa (más drástica que la anterior) sería la de restar subsidios a los productos y servicios que se otorgan en las grandes ciudades, si ellos (los productos y servicios) costaran lo que realmente valen existiría la inclinación de abandonar las ciudades.

Ahora bien, las grandes concentraciones han originado el agotamiento de las fuentes de abastecimiento cercanas de agua, propiciando con ello la sobre-explotación de los mantos acuíferos; esta situación es más notable en zonas de gran desarrollo urbano en las que la construcción de vivienda y pavimentación de calles crean una capa impermeable que disminuye notablemente la recarga de los mantos acuíferos, desencadenando una

serie de problemas, por ejemplo, la presencia de hundimientos en el suelo y agrietamientos regionales. Este tipo de problemas se pueden evitar mediante una política de explotación de los mantos acuíferos que contemple el comportamiento de ellos y que lleve al aprovechamiento del agua (subterránea) en forma racional mediante un manejo adecuado de la misma. Otra forma de evitar la sobre-explotación de los mantos acuíferos es usar las fuentes de abastecimiento superficiales; sólo que existe el problema de la contaminación en ellas, requiriéndose por tal razón una planta potabilizadora, que aparte de complicar la operación del sistema de abastecimiento de agua potable encarece el proyecto del mismo.

Dentro de los sistemas de abastecimiento de agua potable es conveniente tomar fuentes de suministro altas (topográficamente hablando) comparadas con el sitio de disposición (cuando sea posible), para aprovechar la energía de posición que tiene la fuente, simplificar el funcionamiento del acueducto y disminuir los costos de construcción, equipamiento y operación. Por ejemplo si se pretende suministrar agua a determinada localidad; las fuentes de abastecimiento están a la misma distancia y los diámetros en la conducción son iguales, pero una es operada por bombeo y la otra por gravedad; la primera sería más cara que la segunda tanto más fuera el costo de la planta de bombeo y operación de la misma.

Hoy en día, toda acción, que pretende mejorar una situación, debe tener una etapa de planeación para poder cumplir con su objetivo; ya no es posible darle tiempo al tiempo para que solucione nuestros problemas, ellos deben estar sujetos a un análisis minucioso para solucionarlos de la manera más adecuada a los intereses nacionales.