



# UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA  
DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE DEL  
MANANTIAL SAN GREGORIO A LA POBLACIÓN  
DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**

### TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

PRESENTADA POR:

**CHRISTIAN YAIR STAMATIO  
CONTRERAS**

**ASESOR: MAESTRO EN CIENCIAS EN  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
RICARDO RUIZ CHÁVEZ**



MORELIA, MICHOACÁN; ABRIL DE 2018.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT .....	5
1.- INTRODUCCIÓN.....	6
2.- OBJETIVOS.....	7
2.1.-OBJETIVO GENERAL.....	7
2.2.-OBJETIVOS PARTICULARES.....	7
3.- ANTECEDENTES.....	8
3.1.- MARCO FÍSICO .....	8
3.2.- HISTORIA.....	8
3.3.- LOCALIZACIÓN Y GEOGRAFÍA.....	12
3.4.- TOPOGRAFÍA .....	13
3.5.- HIDROGRAFIA.....	14
3.6.- GEOLOGÍA. ....	15
3.7.- EDAFOLOGÍA.....	16
3.8.- CLIMA .....	18
4.- LÍNEA DE CONDUCCIÓN ACTUAL .....	19
4.1.- TRAZO.....	19
4.2.- MATERIALES DE LA TUBERÍA .....	24
4.3.- CAJAS ROMPEDORAS DE PRESIÓN .....	37
4.4.- REVISIÓN HIDRÁULICA .....	39
5.- LÍNEA DE CONDUCCIÓN PROPUESTA.....	43
5.1.- TRAZO .....	43
5.2.- MATERIALES DE LA LÍNEA PROPUESTA .....	44
5.3.- CAJAS ROMPEDORAS DE PRESIÓN .....	55
5.4.- PIEZAS ACCESORIAS O ESPECIALES .....	57
5.5.- REVISIÓN HIDRÁULICA .....	70
6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	88
6.1.- CONCLUSIONES.....	88
6.2.- RECOMENDACIONES .....	89
7.- BIBLIOGRAFÍA .....	90
ANEXOS:.....	92

## **AGRADECIMIENTOS**

Por este medio quisiera primero agradecer a mis padres, Francisco Javier Stamatío Soto y Martha Contreras Rodríguez, por sus consejos, paciencia, constancia y dedicación; que me sirvieron como ejemplo para seguir adelante en la vida, además de los valores que nos fomentaron a mis hermanos y a mí y nos formaron como personas de bien, además gracias por haber estado conmigo en esta etapa de mi vida ya que siempre estaban y sé que estarán ahí para apoyarme en mis futuros proyectos.

También quisiera agradecer a mis hermanos, Francisco Javier Stamatío Contreras y Nayeli Monserrat Stamatío Contreras, por estar ahí cuando uno los necesita; a mis amigos en general, y sin distinción, ya que de ellos también he aprendido y siempre han estado ahí para apoyarme en todos los sentidos, desde mis alegrías hasta mis tristezas, desde nuestros logros hasta nuestras caídas, que a veces han sido duras, pero afortunadamente pudimos salir adelante.

Y por último, y no menos importante a los maestros en general; que con sus enseñanzas han fortalecido y nos han inculcado nuevos conocimientos, para formarnos como ingenieros civiles y mejor aún como personas productivas y capacitadas para ser mejores ciudadanos; además, sin dejar de mencionar al profesor Ricardo Ruiz Chávez, ya que siempre estuvo en completa disposición para apoyarme a realizar este proyecto de mi vida y siempre estuvo pendiente de un servidor.

En general, y a todos ellos de corazón, ¡GRACIAS!

## RESUMEN

Este proyecto se realizó por iniciativa de personal del OOAPAS del municipio de Pátzcuaro, Michoacán; para renovar la línea de conducción de San Gregorio que suministra agua potable a la población de Pátzcuaro, Michoacán; esto debido a que la línea de conducción tiene más de 70 años operando; se presume que su vida útil ya terminó. En este trabajo se realizó un diagnóstico de la tubería, el cual arrojó como resultado, problemas asociados al material utilizado en la conducción, así como la localización de la línea de conducción actual. Es de advertir que debido a la antigüedad que esta tiene, y al material con la que está hecha la tubería, compromete el estado actual, situándola en condiciones críticas.

En el documento se detallan los problemas del tipo de tubería con la que está elaborada esta línea de conducción, y los riesgos que puede ocasionar el consumo del agua potable de esta línea de tubería. También se muestra el trazo actual y como afecta a ciertos sectores, debido al crecimiento de la población; además se realiza el cálculo hidráulico del sistema actual.

Se revisó el mejor funcionamiento, buscando el mejoramiento de la eficiencia a mediano y largo plazo; lo anterior con base en cambio de tubería y rectificación del trazo de la línea de conducción de agua potable.

Con el objeto de tener el proyecto lo más apegado a la realidad, fue necesario hacer un recorrido y ver físicamente el estado de la línea de conducción, para realizar un inventario de necesidades y problemáticas detectadas; esto con la finalidad de mejorar la eficiencia del suministro de agua potable para la localidad de Pátzcuaro, Michoacán.

**Palabras clave:** abastecimiento, asbesto, conducción, eficiencia, trazo.

## ABSTRACT

This project was carried out at the initiative of OOAPAS personnel from the municipality of Pátzcuaro, Michoacán; to renovate the San Gregorio line that provides potable water to the population of Pátzcuaro, Michoacán; this is because the line of driving has been operating for more than 70 years; it is presumed that its useful life is over. In this work, a diagnosis of the pipeline was made, which resulted in problems associated with the material used in driving, as well as the location of the current driving line. It should be noted that due to the age it has, and the material with which the pipe is made, it compromises the current state, placing it in critical conditions.

The document details the problems of the type of pipe with which this line of conduction is made, and the risks that can cause the consumption of drinking water from this line of pipe. It also shows the current outline and how it affects certain sectors, due to population growth; In addition, the hydraulic calculation of the current system is performed.

The best performance was reviewed, seeking to improve efficiency in the medium and long term; the previous with base in change of pipe and rectification of the line of drinking water line.

In order to have the project as close as possible to reality, it was necessary to take a tour and physically see the state of the driving line, to make an inventory of needs and problems detected; this with the purpose of improving the efficiency of the potable water supply for the town of Pátzcuaro, Michoacán.

**Keywords:** water supply, asbestos, driving, efficiency, stroke.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Hoy en día, uno de los problemas que afronta la sociedad mexicana y el mundo entero es el tema relacionado con la escasez del agua, debido a que es el líquido más importante para la vida misma; puesto que, sin ella, no existiría el mundo tal cual lo conocemos.

Cabe destacar que uno como ingeniero civil, afronta retos derivados con el agua potable, desde la extracción, la explotación, el traslado, la distribución, el desalojo y el saneamiento. El suministro del agua potable, es una de las prioridades fundamentales de los servicios básicos en los habitantes de las poblaciones, facilitando el acceso del agua a cada una de las personas o habitantes de diversas regiones hasta la comodidad de sus viviendas.

El compromiso que se tiene como ingeniero civil, enfocado a abordar temas relacionados con el agua, es el brindar soluciones eficaces y eficientes que beneficien a los habitantes de una región, en específico de acuerdo al problema que se plantea de abasto de agua en una región, fomentando que se tenga una infraestructura sólida y funcional.

En el desarrollo de este trabajo, se expondrá el tema relacionado con el mejoramiento de la línea de conducción de agua potable, siendo esta una línea existente, que parte del manantial San Gregorio, y suministra agua potable a la población de Pátzcuaro, Michoacán. En los capítulos siguientes, se menciona como es que a través de los años se ha deteriorado la línea de conducción de agua, y las afectaciones que conlleva las condiciones actuales a los pobladores de la comunidad de Pátzcuaro; lo anterior analizando el tipo de tubería con la que actualmente cuenta y su estado actual.

Parte del análisis del mejoramiento, es revisar y proponer un nuevo trazo de tubería, de acuerdo a las condiciones topográficas que existen en esa zona, debido a que el trazo existente, es ya demasiado viejo y existen otras circunstancias que pueden llegar a afectar o complicar la reparación de esta, como las poblaciones alrededor de la línea, que han ido creciendo, e incluso construyendo sobre la tubería, así como el tipo de tubería que actualmente se maneja. De igual manera es de considerar las condiciones de incremento de la población de Pátzcuaro y localidades cercanas que también esta línea abastece de agua, y que por ende, genera mayor demanda del agua.

## 2.- OBJETIVOS

### 2.1.-OBJETIVO GENERAL

Proponer una rectificación y mejoramiento del trazo y de los materiales de la línea de conducción de agua potable; mismo que cubra con mayor eficiencia las necesidades de agua potable de la población de Pátzcuaro y otras pequeñas poblaciones.

### 2.2.-OBJETIVOS PARTICULARES

- Revisar la antigua línea de conducción que parte del manantial de San Gregorio hasta el sitio conocido como los “tanques”; en el municipio de Pátzcuaro Michoacán, con miras de justificar la pertinencia de una nueva línea.
- Analizar la renovación de la tubería, proponiendo un material más eficiente que redunde en un mejor servicio a la población.
- Revisar la dotación de agua para la población de Pátzcuaro y las poblaciones que se benefician de esta línea de conducción.

### 3.- ANTECEDENTES

#### 3.1.- MARCO FÍSICO

El Municipio de Pátzcuaro es uno de los 113 municipios en que se encuentra dividido el estado mexicano de Michoacán de Ocampo, localizado en el centro del estado, su cabecera la ciudad de Pátzcuaro es mundialmente conocida como destino turístico colonial y por estar situada junto al Lago de Pátzcuaro. (Enciclopedia de los municipios, 2017)

#### 3.2.- HISTORIA

Pátzcuaro tiene diversos significados. Según el padre Lagunas "Phascuaro" significa "en donde tiñen de negro"; el Lic. Eduardo Ruíz, afirma que dicha palabra procede de "petatzecuaro", que significa "cimientos" y se traduce como "lugar de cimientos o asientos para templos"; el Dr. Peñafiel, le atribuye el significado de "lugar de espadañas", haciendo derivar dicha palabra de "petatzimícuaro". Algunos otros autores, afirman que significa "lugar de alegría", o como lo sostiene el Dr. León, "asiento de cués (templos de indígenas)".

El único indicio que existe para tener una idea acerca de la fundación de Pátzcuaro, se encuentra en la famosa "Relación" rendida al Virrey Don Antonio de Mendoza. En ella se sostiene que los caciques chichimecas Páracume y Vápeani los segundos hijos de Curátame, nietos del primer Vápeane, bisnietos del primer Páracume y tataranietos de Sicuracha, encontraron asiento para su tribu "en el barrio de Pázquaro llamado Tarimichundiro", aquí iniciaron la construcción de sus templos o cués, en un lugar donde había cuatro rocas juntas, ya que el número cuatro era sagrado para ellos, pues representaba los cuatro puntos cardinales y las cuatro estrellas de la constelación Cruz del Sur, a la que veneraban. Esta tribu, tiene su comienzo histórico en Iré-Ticátame, cacique en Zacapu, lugar del cual emigraron.

Aunque la "Relación" señala que los fundadores de Pátzcuaro fueron caciques chichimecas, no pone en claro la fecha que tuvo lugar la fundación. Sin embargo, se ha fijado la fecha de 1360 para señalar la muerte de Páracume y Vápeani, por lo que se supone que la fundación de Pátzcuaro, debe haber tenido lugar alrededor del año 1324.

En esta época, habitaban el lago y sus alrededores, tres grupos indígenas que continuamente estaban combatiendo, uno era llamado "los coringuaros", otros "los isleños" y el tercero "los chichimecas". Estos últimos reconocían como el cacique antiguo a Iré-Ticáteme, y tenían como deidad principal al dios Curicaveri y a la diosa Cuerápari.

El reinado tarascó se inaugura con Tariácuri, primer cacique a quien se aplicó el título de Caltzontzin, equivalente al de monarca, esto se realiza en Pátzcuaro; de esta manera, Pátzcuaro se convierte en la primera capital de los tarascos.

A la llegada de los españoles a Michoacán, en Pátzcuaro se refugiaron en actitud de resistencia, los chichimecas o tarascos que no aceptaban su rendición. Se hicieron fuertes en un lugar que en la actualidad es un barrio conocido como "Barrio Fuerte". Es en la capilla del Cristo, iglesia edificada por Don Vasco de Quiroga, en donde se realizó la entrevista entre Tanganxuan II que se aprecia su estatua en la figura 3.1 y Cristóbal de Olid. El licenciado Eduardo Ruíz, haciendo referencia a este encuentro, señala que "apeóse de su caballo el jefe español y tendió sus brazos al monarca más éste apresuró el paso e hincó una rodilla en presencia del extranjero. Mudos y pasmados contemplaban este acto de humillación los millares de espectadores. Aún hoy en día, el sitio en que se verificó el encuentro conserva el nombre de "El Humilladero".



**Fuente: Cambio de Michoacán, 2016**

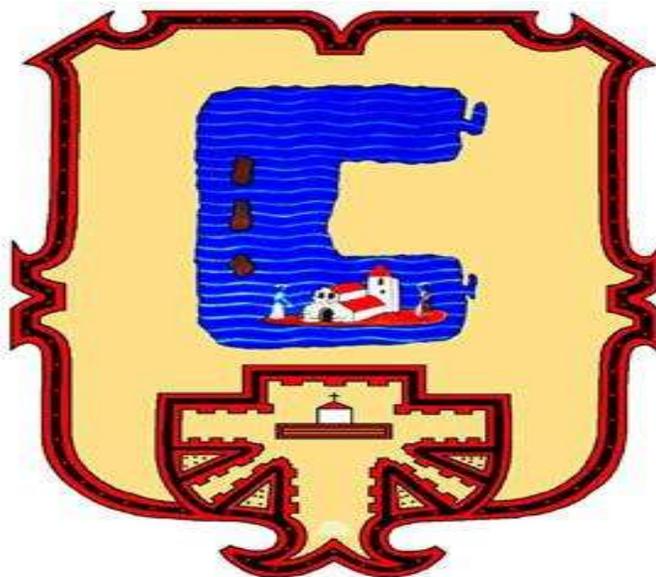
**Figura 3.1.-Tanganxuan II**

En 1526, llega Nuño de Guzmán como presidente de la Audiencia y comete innumerables crímenes, que culminaron con el tormento y muerte de Taganxoan II, último Caltzontzin tarasco. Ante esto, los habitantes de Michoacán y principalmente de Pátzcuaro, huyeron aterrorizados a las montañas y la región quedó despoblada.

En 1538, siguiendo el proceso de la conquista militar-espiritual, ya establecidos los españoles en la antigua capital tarasca, se fundó el Obispado de Michoacán, siendo el primer Obispo Don Vasco de Quiroga, quien trasladó la capital de la provincia y la sede episcopal a Pátzcuaro. Mediante Real Cédula de fecha 26 de julio de 1539, se autorizó el cambio de capital de la provincia.

En 1540, se inició el repoblamiento de Pátzcuaro. Vasco de Quiroga fue quien llevó varios indios y varias familias de españoles para darle mayor vida al lugar y es por esto, y por toda su labor episcopal, que algunos historiadores consideran a vasco de Quiroga el "verdadero fundador de Pátzcuaro". De esta fecha data también la fundación del Colegio de San Nicolás Obispo.

Al trasladarse la sede episcopal de Tzintzuntzan a Pátzcuaro, se trasladó también el título de la Ciudad de Michoacán, expedido para Tzintzuntzan. Se convirtió en la Ciudad de Michoacán y Tzintzuntzan fue su barrio. En 1553, Pátzcuaro obtuvo la confirmación del título de Ciudad y su escudo de armas que se muestra a continuación en la figura 3.2.



**Fuente: Villapatzcuaro,1553**

**Figura 3.2.- Escudo de armas**

Don Vasco inició la edificación de su iglesia catedral, en el sitio donde había estado el gran templo dedicado a la diosa Cuerápari. El proyecto que pretendía ser el templo más formidable de América, fue declarado ambicioso e inaceptable por España y como consecuencia, se suspendieron las obras quedando como catedral de una sola nave (el proyecto inicial era de 5) que aún existe en la actualidad.

Por su lado el curato de la ciudad de Pátzcuaro, lo conformaban el Barrio de San Salvador, que contaba con 114 casa con 216 españoles y 431 mulatos; y el pueblito de Tzurumútaro, con 93 habitantes, el pueblo de Cuanajo con 223 y el Tupátaro con 118. En la cabecera se encontraban los barrios de San Agustín, con 112 casas habitadas por 213 españoles y 293 mestizos y mulatos, el de San Francisco, el de San Juan de Dios con 57 españoles y 121 de "color quebrado", el de Nuestra señora de Guadalupe y el de Nuestra señora de la Salud. Con 38 españoles y 66 mestizos y mulatos. Se componía también de las haciendas de Tareta, Chapultepeque y la Charahuen, que eran habitadas por 69 españoles y 254 mestizos y coyotes y 568 indios. En total sumaban 3,280.

Durante la Revolución de independencia, Pátzcuaro sufrió varios ataques. En esta lucha destacaron por su valiente participación, el padre Manuel de la Torres Lloreda, que tomó parte en la conspiración de Valladolid, fue diputado al Primer Congreso Constituyente de Michoacán y autor del proyecto de nuestra primera constitución política michoacana; y la heroína Doña Gertrudis Bocanegra de Lazo de la Vega, que fue fusilada por los realistas en la Plaza Mayor de Pátzcuaro, el 10 de octubre de 1817.

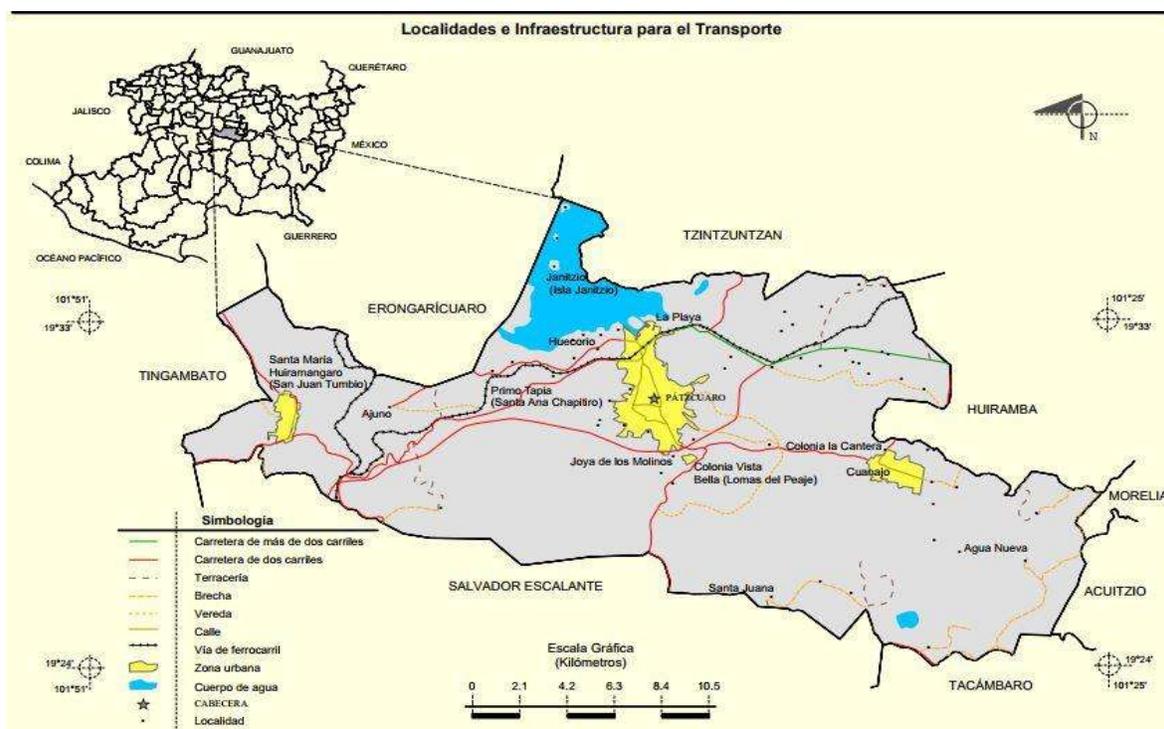
Con la división política que sufrió el Estado en 1824; Pátzcuaro quedó como cabecera del Distrito XII del Departamento Oeste. El 10 de diciembre de 1831, se elevó a la categoría de municipio, por la Ley Territorial de ese año.

En la época porfirista fue asiento de grandes terratenientes, comerciantes y dueños de haciendas cercanas. En 1886, se inauguró el ferrocarril Morelia-Pátzcuaro, lo que propició la entrada de compañías extranjeras, que explotaron indiscriminadamente bosques y mano de obra local.

(Enciclopedia de los municipios, 2017).

### 3.3.- LOCALIZACIÓN Y GEOGRAFÍA

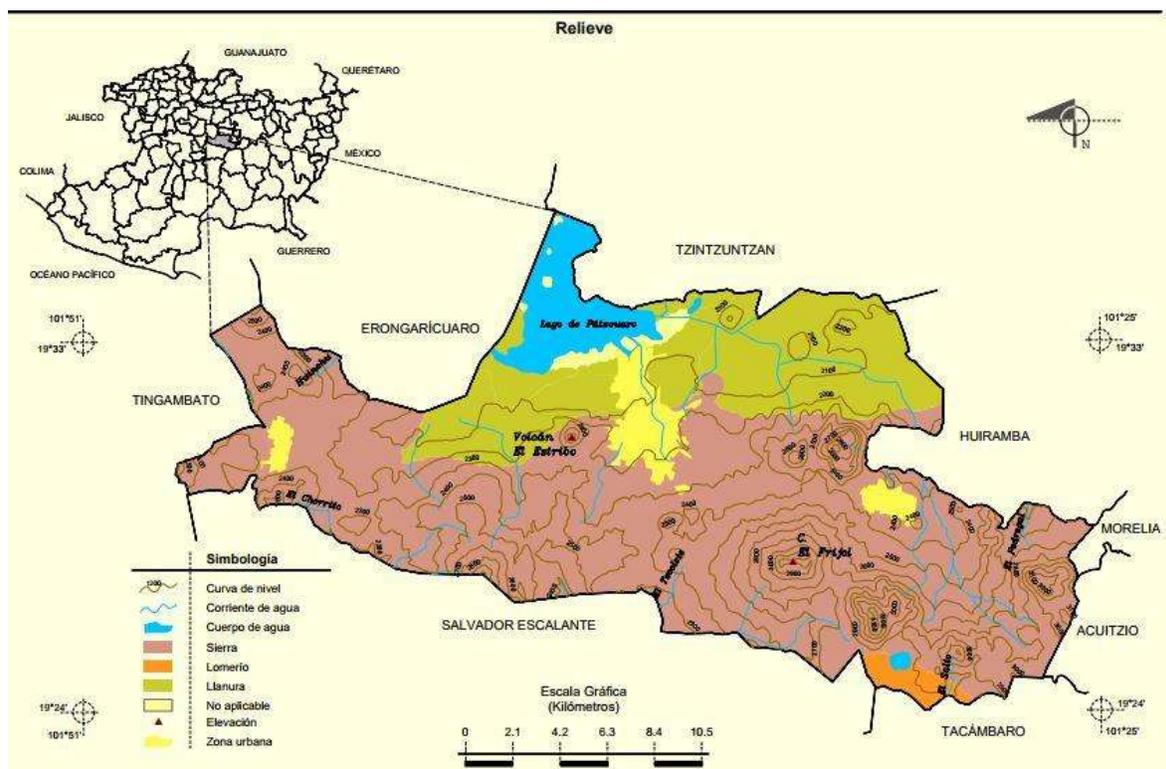
El municipio de Pátzcuaro está localizado en el centro del estado de Michoacán en las coordenadas 19°31' de latitud norte y 101°36' de longitud oeste, a una altura de 2,140 metros sobre el nivel del mar y tiene una extensión territorial de 435.96 kilómetros cuadrados que representan el 0.75% de la extensión total del estado. Limita al norte con el municipio de Tzintzuntzan, al este con el municipio de Huiramba y con el municipio de Morelia, al sureste con el municipio de Tacámbaro, al sur con el municipio de Salvador Escalante y al oeste con el municipio de Tingambato y con el municipio de Erongarícuaro. Su distancia a la capital del Estado es de 64 km. En la figura 3.3, se muestra la ubicación de municipio de Pátzcuaro a nivel estatal.



Fuente: Prontuario de información geográfica municipal.

Figura 3.3.- Localización Geográfica de la población de Pátzcuaro Michoacán

### 3.4.- TOPOGRAFÍA



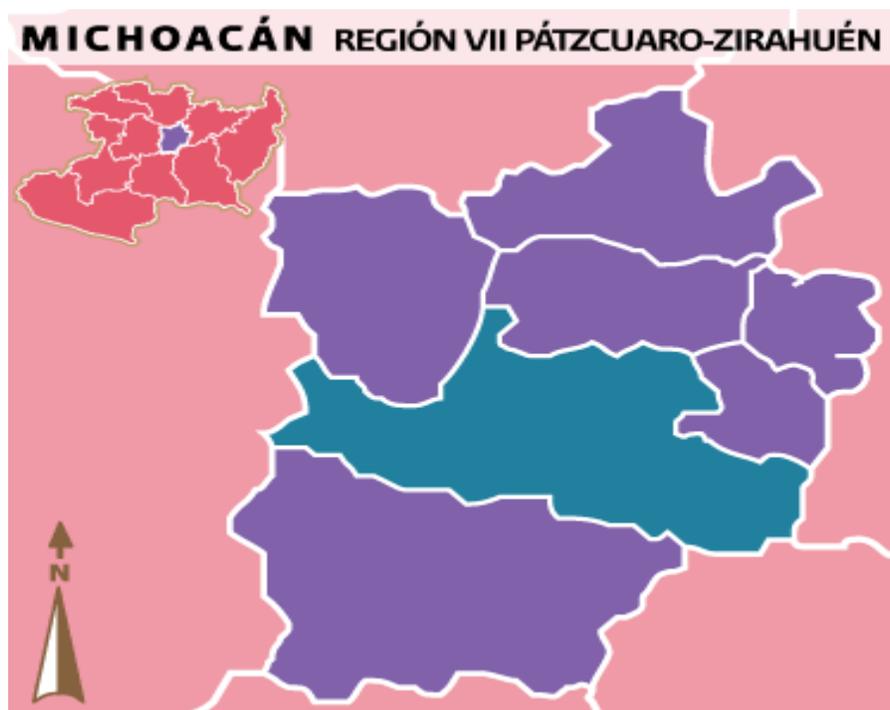
Fuente: Prontuario de información geográfica municipal.

Figura 3.4.- Plano de la Topografía de la población de Pátzcuaro, Michoacán

El municipio de Pátzcuaro se encuentra en el centro de la llamada Meseta Purépecha y del Eje Neovolcánico entre las curvas de nivel 2250 y 2100, que forma su principal sistema de relieve, este se localiza principalmente en el sur del municipio,<sup>4</sup> donde se encuentran las principales elevaciones como el Cerro Colorado, el Cerro El Frijol, el Cerro El Burro y en la zona sureste el Cerro La Nieve que es la mayor elevación del municipio alcanzando los 3,440 metros sobre el nivel del mar que lo convierten también en el cuarto más elevado del estado de Michoacán como se mostró en la figura 3.4.

### 3.5.- HIDROGRAFIA

El principal cuerpo de agua del municipio es el Lago de Pátzcuaro que se localiza en su extremo norte y es compartido con los municipios de Tzintzuntzan y Erongarícuaro,<sup>7</sup> existen además pequeñas corrientes superficiales como el Arroyo el Chorrillo y varios manantiales, todas estas corrientes desaguan en el Lago de Pátzcuaro. Hidrológica la mayor parte del territorio municipal pertenece a la Cuenca Lago de Pátzcuaro-Cuitzeo y Lago de Yuriria de la Región hidrológica Lerma-Santiago, con excepción de todo su extremo sur, pues la serranía que marca esta zona la divide de vertiente, formando el extremo sureste del municipio parte de la Cuenca del río Tacámbaro y el resto del sur de la Cuenca del río Tepalcatepec-Infiernillo, ambas de la Región hidrológica Balsas como se muestra en la figura 3.5.



Fuente: Enciclopedia de los municipios,2017.

**Figura 3.5.- Plano de la Hidrografía de la población de Pátzcuaro, Michoacán.**

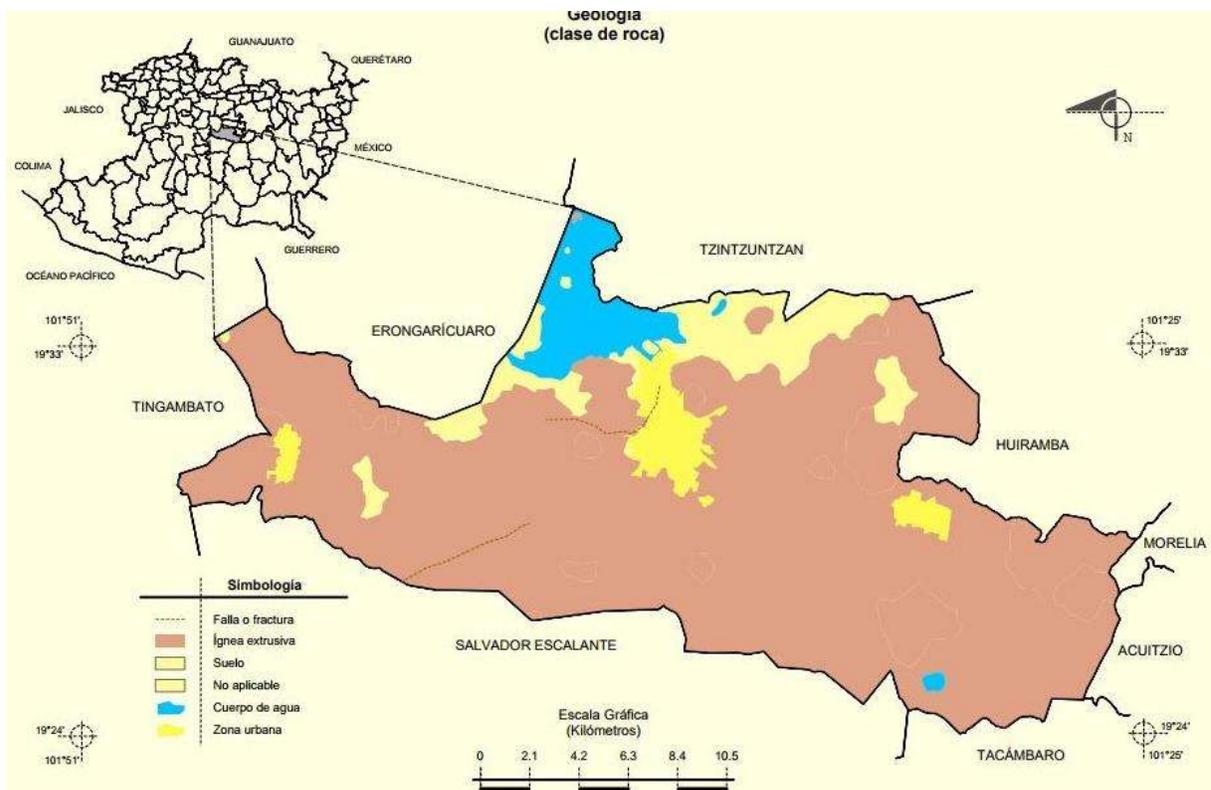
### 3.6.- GEOLOGÍA.

Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, cuaternario, terciario y mioceno, corresponden principalmente a los del tipo podzolice y pradera de montaña. Su uso primordialmente es forestal y en menor proporción agrícola y ganadero. En la tabla 3.1 se muestra con mayor detalle el plano geológico de la región y posterior mente en la figura 3.6 se muestra el tipo de suelo y como está conformado en el municipio de Pátzcuaro.

Tabla 3.1.- Descripción geológica del tipo de suelo

Periodo	Plioceno-Cuaternario (73.21%), Cuaternario (10.61%) y Neógeno (6.74%)
Roca	Ígnea extrusiva: basalto (73.49%), andesita, (4.08%), dacita (1.70%), brecha volcánica básica (1.62%) andesita-brecha volcánica intermedia (0.96%) basalto brecha volcánica básica (0.59%) Suelo: aluvial (7.73%) y residual (0.39%)

**Fuente: Prontuario de información geográfica municipal, 2009**



Fuente: Prontuario de información geográfica municipal, 2009

Figura 3.6.- Plano de la Geología de la población de Pátzcuaro, Michoacán.

### 3.7.- EDAFOLOGÍA

En el municipio predominan los bosques: Mixto, con especies de pino, encino y cedro, en el de coníferas, con oyamel y junípero.

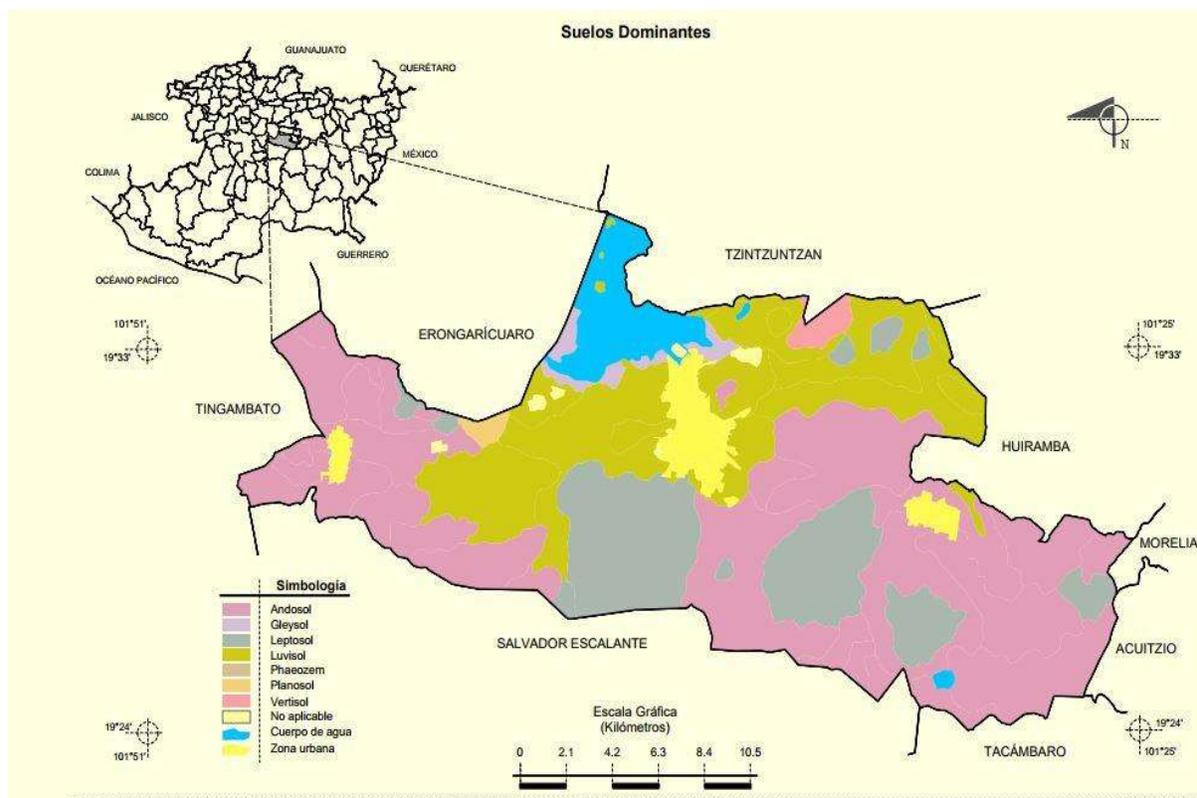
La superficie forestal maderable, es ocupada por encino y pino, la no-maderable es ocupada por matorrales.

Sabiendo esto entonces podremos decir que básicamente la edafología del municipio de Pátzcuaro se compone de 3 partes que predominan en la región que son el Andosol abarcando el 62.46% del total, seguido de Feozem con un 32.48% y la combinación de otros elementos que solo llegan a representar el 5.06% del total de la superficie del municipio de Pátzcuaro y que se aprecia con mejor detalle en la tabla 3.2 y posterior mente en la figura 3.7 que muestra la edafología del municipio de Pátzcuaro.

Tabla 3.2.- Descripción edafológica de Pátzcuaro

Suelo dominante	Andosol (46.03%) Luvisol (24.02%) Leptosol (17.36%) Gleysol (1.33%) Vertisol (0.90%) Planosol (0.47%) Phaeozem (0.01%)
-----------------	--

Fuente: Prontuario de información geográfica municipal, 2009

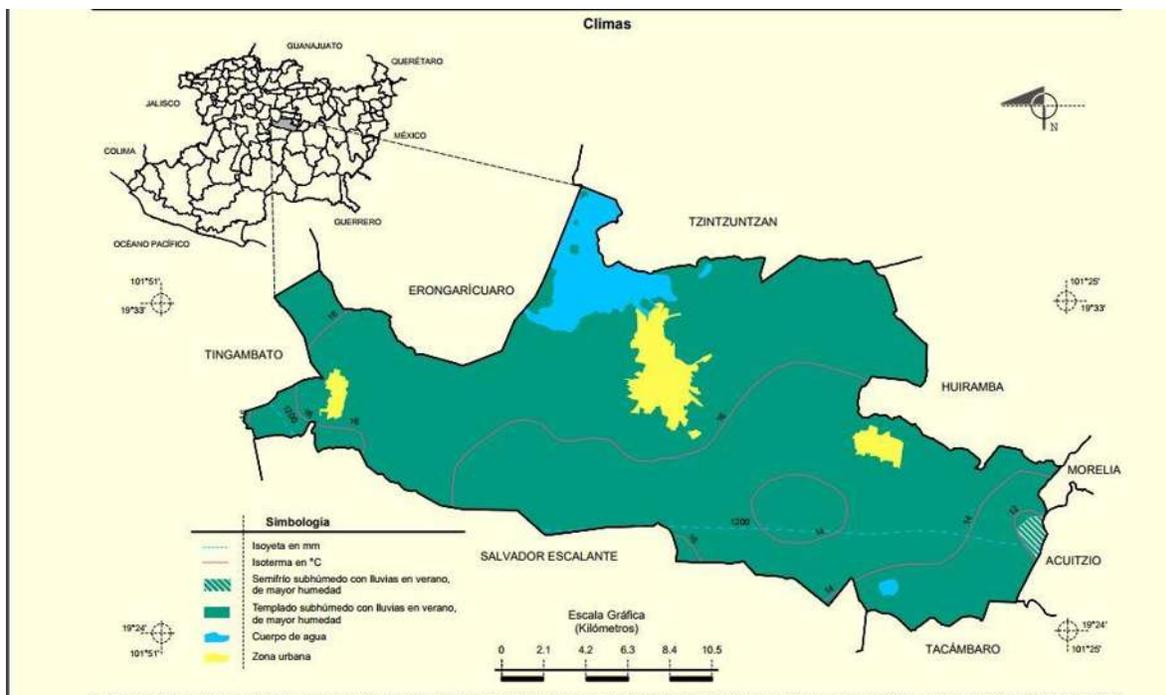


Fuente: Prontuario de información geográfica municipal, 2009

Figura 3.7.-Plano de la Edafología de la población de Pátzcuaro, Michoacán

### 3.8.- CLIMA

En la figura 3.8 se muestra que el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (99.57%) y semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (0.43%). Tiene una precipitación pluvial anual de 983.3 milímetros y temperaturas que oscilan de 9.2 a 23. 2º centígrados.



Fuente: Prontuario de información geográfica municipal, 2009

Figura 3.8.- Plano de clima de la población de Pátzcuaro, Michoacán

## 4.- LÍNEA DE CONDUCCIÓN ACTUAL

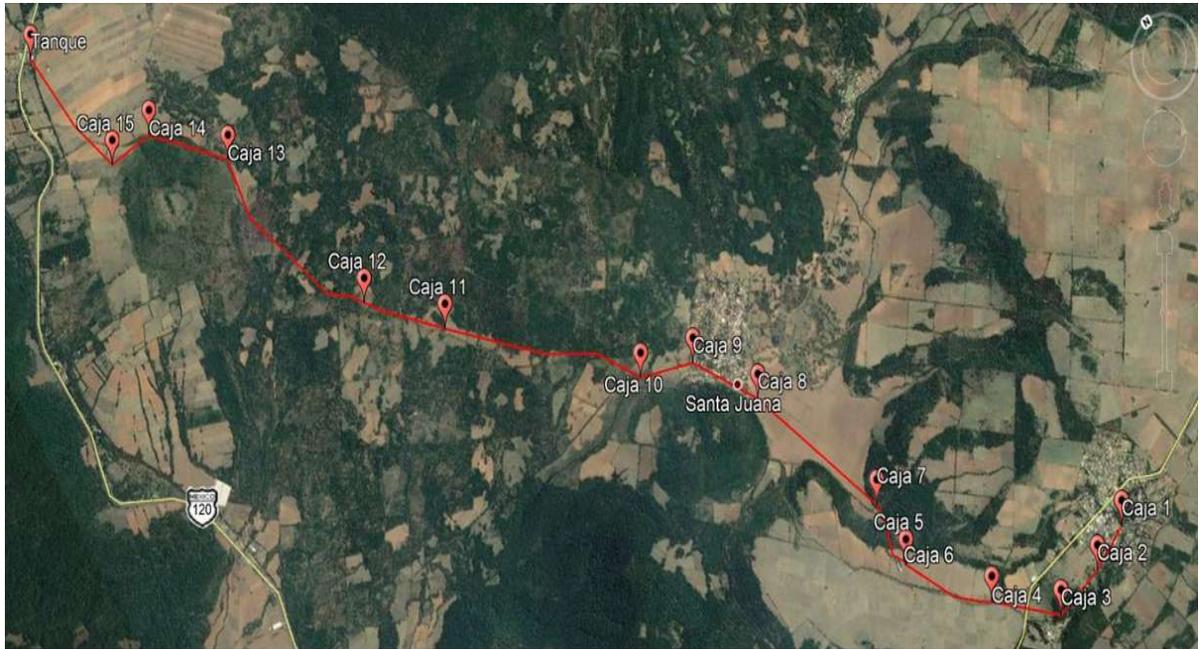
### 4.1.- TRAZO

Esta línea de tubería se construyó en el año de 1940, hace ya 78 años; debido a su deterioro es una prioridad el suministrar agua en cantidad y calidad a la población de Pátzcuaro.

Es de suma importancia mantener y garantizar el abasto de agua, y considerar la pertinencia de construir una nueva línea, ya que como se verá a continuación, la tubería se encuentra en una zona donde, debido al crecimiento de la población, ya se puede observar que se encuentra debajo de casas habitadas o terrenos de cultivo, haciendo más complicada la reparación de la tubería, si esta llegara a tener algún rompimiento, debido al desgastamiento de esta, o daños por vegetación, o deficiencia en su mantenimiento. Es de mencionar que el material con el que actualmente está construida la línea de conducción, es de material de asbesto, que actualmente es poco utilizado, pues es prácticamente el policloruro de vinilo (PVC) es el que se utiliza con más frecuencia para las líneas de conducción, esto por economía, menor coeficiente de rugosidad, facilidad en los remplazos de tramos, y la buena disponibilidad de piezas de reemplazo en el mercado.

En la figura 4.1 se puede observar cómo se encuentra la línea de conducción actual.

En la figura 4.2 siguiente, se muestran algunos signos convencionales para piezas especiales, que se utilizan en planos con tuberías de asbesto, ya que, en los planos elaborados en lo que se indica este tipo de tubería, se hace referencia a este tipo de nomenclatura. Posteriormente, en las figuras 4.3 y 4.4, se muestra algunos de los planos originales, obtenidos del organismo operador, que es la información con que se cuenta del estado de la línea de conducción actual.



Fuente: Google Earth, 2016.

**Figura 4.1.- Trazo de línea de conducción actual.**

SIGNOS CONVENCIONALES PARA PIEZAS ESPECIALES DE ASBESTO CEMENTO	
CRUZ _____	
TE _____	
COPLÉ "T" CON SALIDA ROSCADA _____	
CODO DE 90° _____	
CODO DE 45° _____	
CODO DE 22° 30' _____	
CODO DE 90° PARA P. V. C. ó A. G. _____	
CODO DE 45° PARA P. V. C. ó A. G. _____	
CODO DE 22° 30' PARA P. V. C. ó A. G. _____	
REDUCCION _____	
NIPLE _____	
EXTREMIDAD _____	
TRANSICION ENTRE CLASES INMEDIATAS _____	
COPLÉ DE EXPANSION ó ADAPTADOR, para P. V. C., acero galvanizado y fierro fundido _____	
ADAPTADOR a tuberías de plástico _____	
TAPON _____	

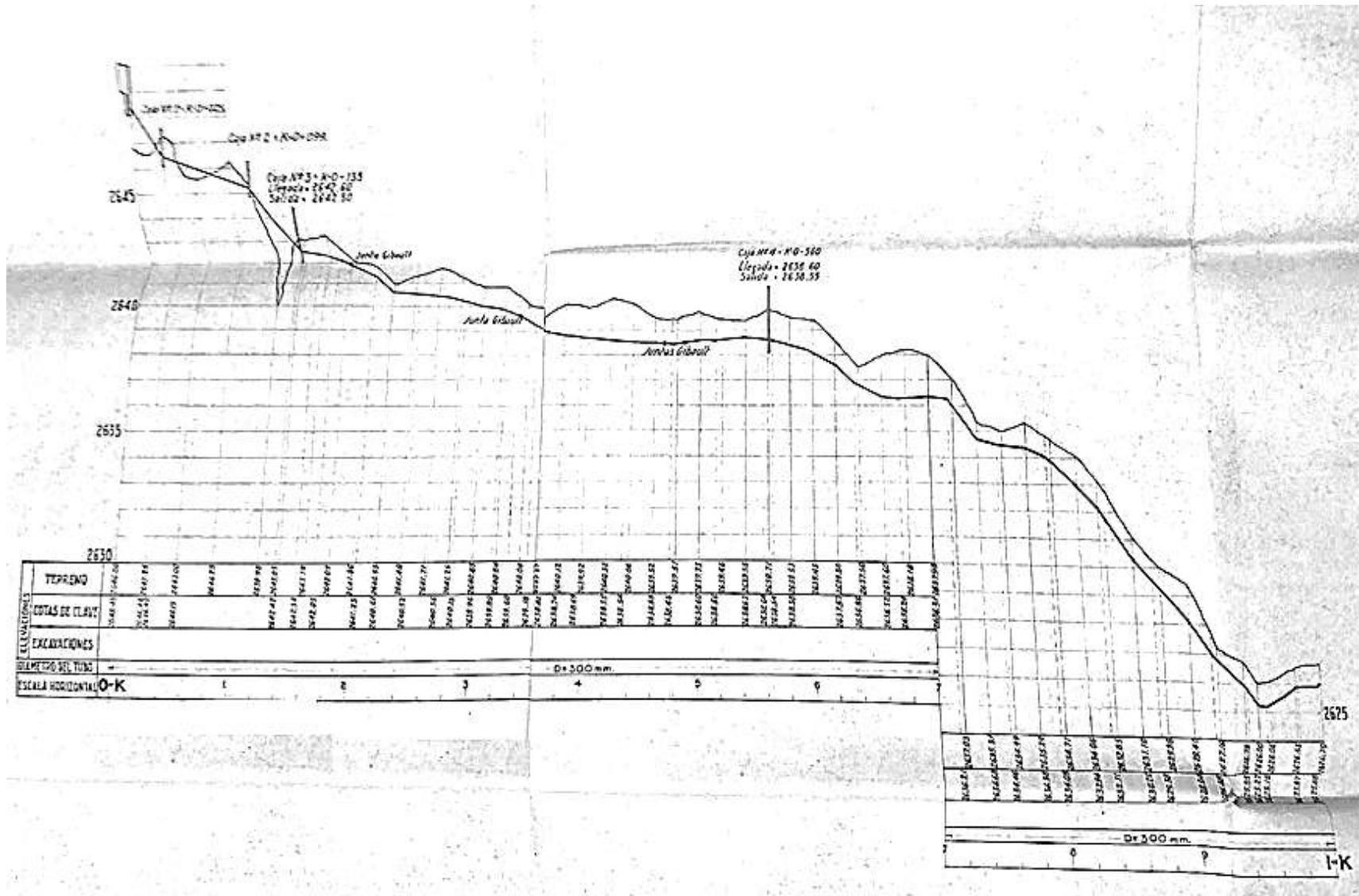
**NOTAS:**

- 1.- Todos las piezas de A.C. se fabrican para diámetros de 50, 60, 75, 100 y 150 mm. de  $\phi$ , en clases A-5 y A-7
- 2.- La cruz de A.C., tiene sus dos ramas de diámetros - distintos, nunca iguales.

Fuente: Ruiz-García, 2015.

Figura 4.2.-Signos Convencionales para piezas especiales de asbesto.

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**

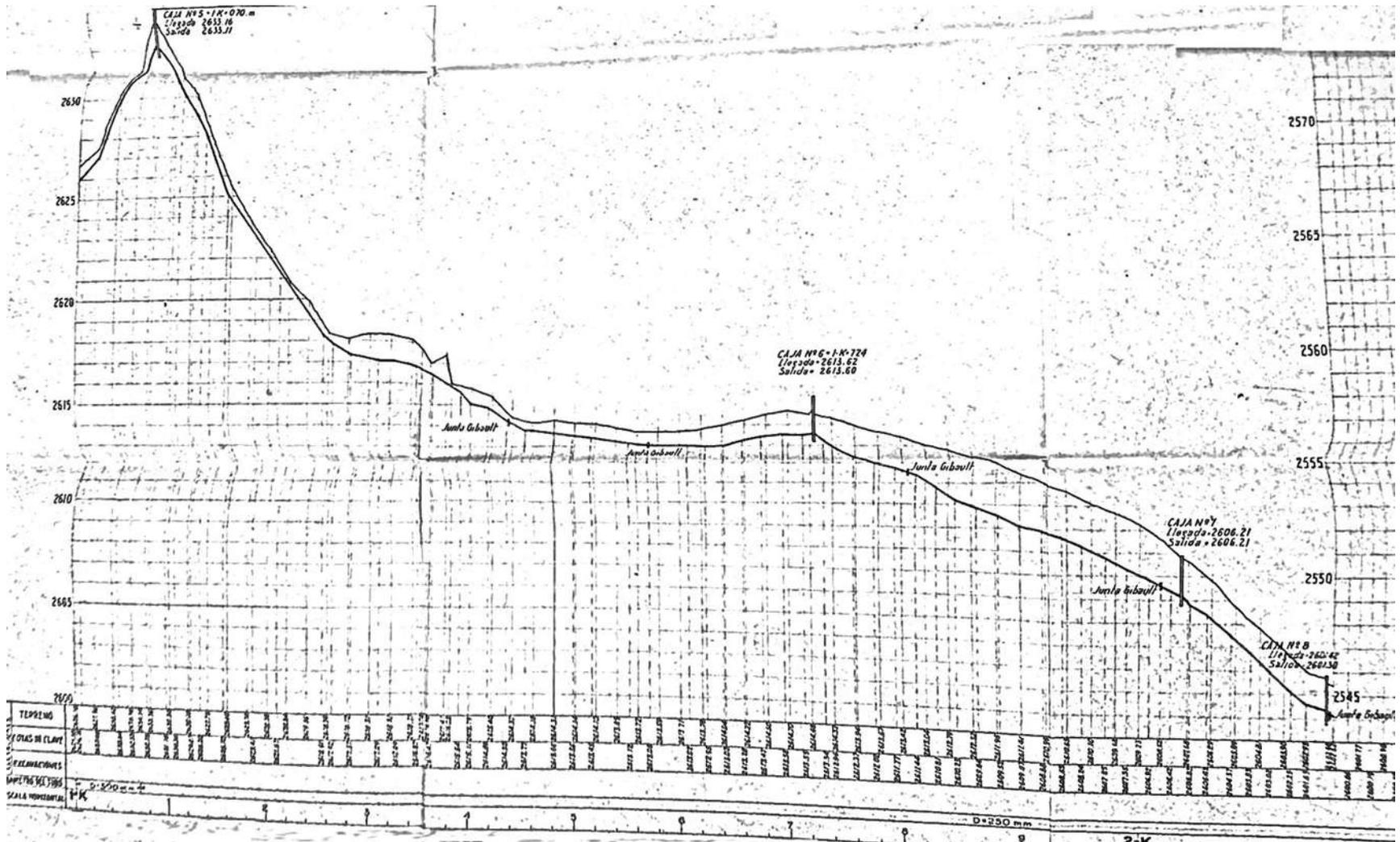


Fuente: OOAPAS Pátzcuaro, 1940.

**Figura 4.3.- Plano original #1 de línea de conducción actual.**

STAMATIO CONTRERAS CHRISTIAN YAIR

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**



**Figura 4.4.- Plano original #2 de línea de conducción actual.**

#### 4.2.- MATERIALES DE LA TUBERÍA

Toda la tubería instalada en la línea de conducción, está compuesta por tubo de asbesto, como se muestra en la figura 4.5; según múltiples fuentes, se dice que el asbesto puede llegar a ser cancerígeno, es por esto que se plantea el análisis de la peligrosidad y los riesgos a la salud del asbesto, derivados del uso de este material de construcción.



Fuente: MEXALIT, 2017

**Figura 4.5.- Tubería de asbesto.**

Según menciona el Instituto Nacional del Cáncer o NCI por sus siglas en inglés, cita su página web, que el asbesto es el nombre que se da a seis minerales de origen natural que existen en el medio ambiente, definiéndolos como manojos de fibras que pueden separarse en hilos delgados y duraderos para usarse con fines comerciales e industriales. Estas fibras son resistentes al calor, al fuego y a las sustancias químicas y no conducen electricidad.

Los minerales de asbesto se dividen en dos grupos principales: asbesto serpentina y asbesto anfibólico.

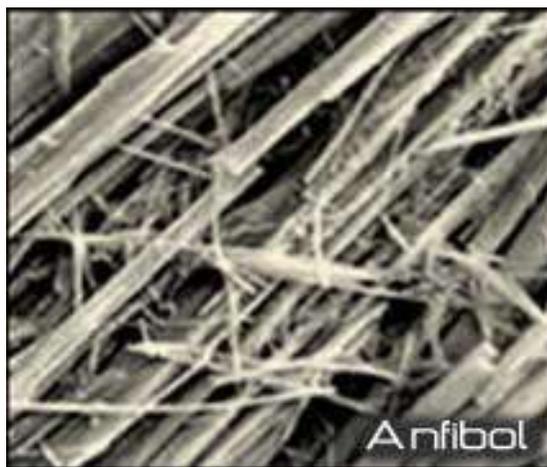
- Como se puede apreciar en la figura 4.6 el asbesto serpentino incluye el mineral crisólito, el cual tiene fibras largas, rizadas, que se pueden entrelazar.



Fuente: Ferrolezama, 2017

**Figura 4.6.- Asbesto serpentina.**

- El asbesto anfibólico incluye la actinolita, tremolita, antofilita, crocidolita y amosita. El asbesto anfibólico tiene fibras rectas como agujas las cuales se pueden observar en la figura 4.7 estas son más quebradizas que las fibras del asbesto serpentina y tienen más limitación para poderse trabajar.



Fuente: Ferrolezama, 2017

**Figura 4.7.- Asbesto Anfibol.**

El asbesto se comenzó a minar y a usar comercialmente en América del Norte a finales del siglo XIX. Su uso aumentó considerablemente durante la Segunda Guerra Mundial. Desde ese entonces, el asbesto se ha usado en muchas industrias. Por ejemplo, se ha usado en la industria de la construcción y edificación para reforzar el cemento y los plásticos, así como aislante, en material para techos, material incombustible y para absorber el sonido. El asbesto se ha usado también en las losetas de techos y de pisos; en pinturas, revestimientos y adhesivos, y en los plásticos.

A fines de los años setenta, la Comisión de Seguridad de los Productos para el Consumidor de EE.UU. prohibió el uso del asbesto en los compuestos para la reparación de Tablaroca o cartón-yeso y en chimeneas de gas, porque las fibras de estos productos, podían escaparse al ambiente durante el uso. En 1989, la Oficina de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency, EPA), prohibió todo uso nuevo del asbesto, además de poner letreros con advertencias sobre este como se aprecia en la figura 4.8; sin embargo, los usos establecidos antes de 1989 aún se permiten.

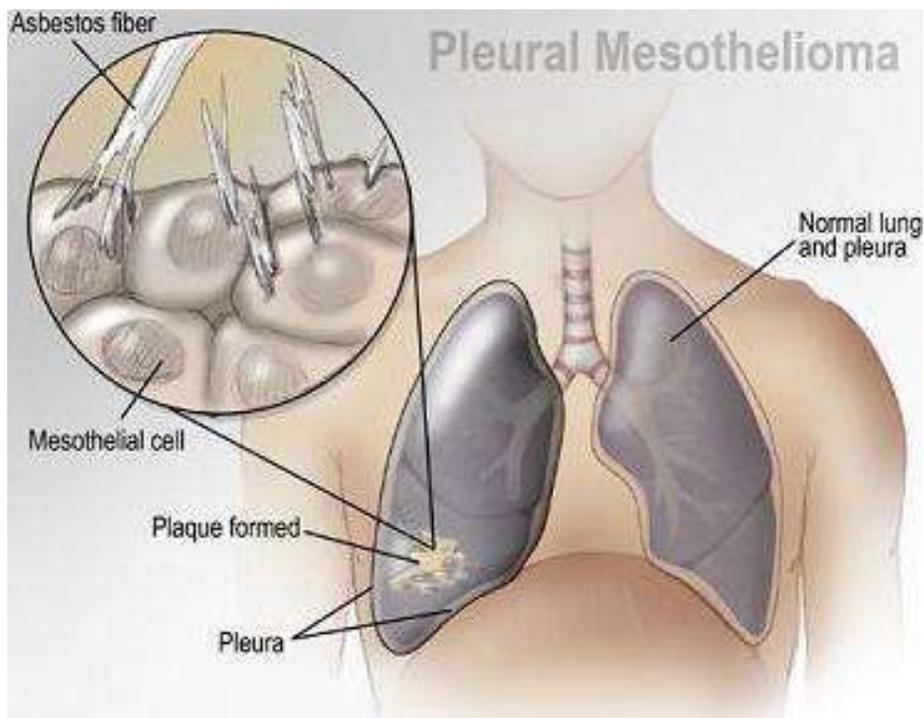


Fuente: EPA, 2017

**Figura 4.8.- Aviso de precaución sobre el asbesto**

Es posible que la gente esté expuesta al asbesto en su trabajo, en su localidad o en sus hogares. Si los productos que contienen asbesto se sacuden, fibras pequeñas de asbesto se desprenden en el aire. Cuando se inhalan las fibras de asbesto, es posible que se alojen en los pulmones y que permanezcan ahí por mucho tiempo como se muestra en la figura 4.9. Con el tiempo, las fibras pueden

acumularse y causar cicatrices e inflamación, lo cual puede dificultar la respiración y llevar a serios problemas de salud.



Fuente: Pinterest, 2017

**Figura 4.9.- Alojamiento del asbesto en pulmones**

El asbesto ha sido clasificado como un cancerígeno humano reconocido (sustancia que causa cáncer) por el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (HHS), por la Oficina de Protección Ambiental (EPA) y por la Oficina Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC).

Varios factores pueden ayudar a determinar cómo afecta a un individuo la exposición al asbesto:

- Dosis (volumen de asbesto al que ha estado expuesta la persona).
- Duración (por cuánto tiempo ha estado expuesta la persona).
- Tamaño, forma y composición química de las fibras de asbesto

- Fuente de la exposición
- Factores personales de riesgo, como tabaquismo y enfermedad pulmonar pre-existente.

Las personas que han estado expuestas (o que sospechan haber estado expuestas) a las fibras de asbesto en su trabajo, por el ambiente o en su casa por algún familiar, deben informar a su médico sobre sus antecedentes de exposición y si experimentan algún síntoma o no. Los síntomas de las enfermedades relacionadas con el asbesto pueden presentarse muchas décadas después de la exposición. Es especialmente importante que consulten con un médico si tienen cualquiera de los síntomas siguientes:

- Adelgazamiento
- Dificultad para pasar alimentos
- Dolor o tensión en el pecho
- Falta de aire, silbidos o ronquera
- Falta de apetito
- Fatiga o anemia
- Hinchazón del cuello o de la cara
- Sangre en la flema que sale de los pulmones al toser
- Tos persistente que empeora con el tiempo

Sin embargo, su integridad se ha puesto en tela de juicio y no son pocas las voces que se han levantado en contra de este mineral, que por otro lado ha dado tantos beneficios a la industria y a la sociedad.

Baste decir que la producción mundial en 1994 fue de cuatro millones de toneladas, de las cuales el 99.5% pertenece a la rama de los crisolitos. El asbesto se ocupa en muchos sectores de la industria, como el textil, sin embargo, el 85% del total general mencionado se utiliza para la fabricación de productos de asbesto-cemento.

En México y en muchos otros países en vías de desarrollo, se pueden apreciar cientos de tinacos de amianto-cemento en las azoteas, como se ilustra en la figura 4.10. La tubería de este material, instalada en nuestro país, puede dar la vuelta al mundo cerca de dos veces y media.



Fuente: Proproyectos, 2017

**Figura 4.10.- Tinacos de asbesto**

El asbesto es el producto más estudiado en el mundo, después del tabaco, y por ello se sabe con precisión dónde pueden encontrarse los problemas, además se ha comprobado que **la única forma en que puede afectar la salud humana es inhalándolo.**

"No existe ningún otro producto que haya sido sometido a tantas y tan escrupulosas pruebas médico-científicas como para llegar comprobar y asegurar al usuario la confiabilidad en el uso de estos", explica a Obras el arquitecto Luis Cejudo Alva, director general del Instituto Mexicano de Fibro-industrias (IMFI). (NCI, 2017).

Actualmente, las tuberías de asbesto son muy poco utilizadas, debido a lo ya mencionado y asociado a los riesgos cancerígenos; aunque cabe señalar que actualmente, al día de hoy, la tubería de asbesto, se sigue encontrando en el mercado, conocido como tubería de fibrocemento; el MAPAS en su versión del 2015 cita que:

“Las tuberías de fibrocemento (FC) se fabrican con cemento, fibras de asbesto y sílice. Según las especificaciones señaladas en la Norma Mexicana NMX-C-012 vigente. De esta forma, se dispone de tubos de cuatro o cinco metros de longitud útil y coples de fibrocemento como sistema de unión, ambos en diámetros nominales desde 75 hasta 2 000 mm (75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 750, 900, 1 000, 1 050, 1 100, 1 200, 1 300, 1 400, 1 500, 1 600, 1700, 1800, 1 900 y 2 000 mm). En este caso los diámetros nominales de los tubos corresponden al diámetro interior”.

En la tabla 4.1, se puede mostrar los diámetros más comunes de la tubería de fibrocemento.

Tabla 4.1.- Descripción de diámetros de tubería de fibrocemento.

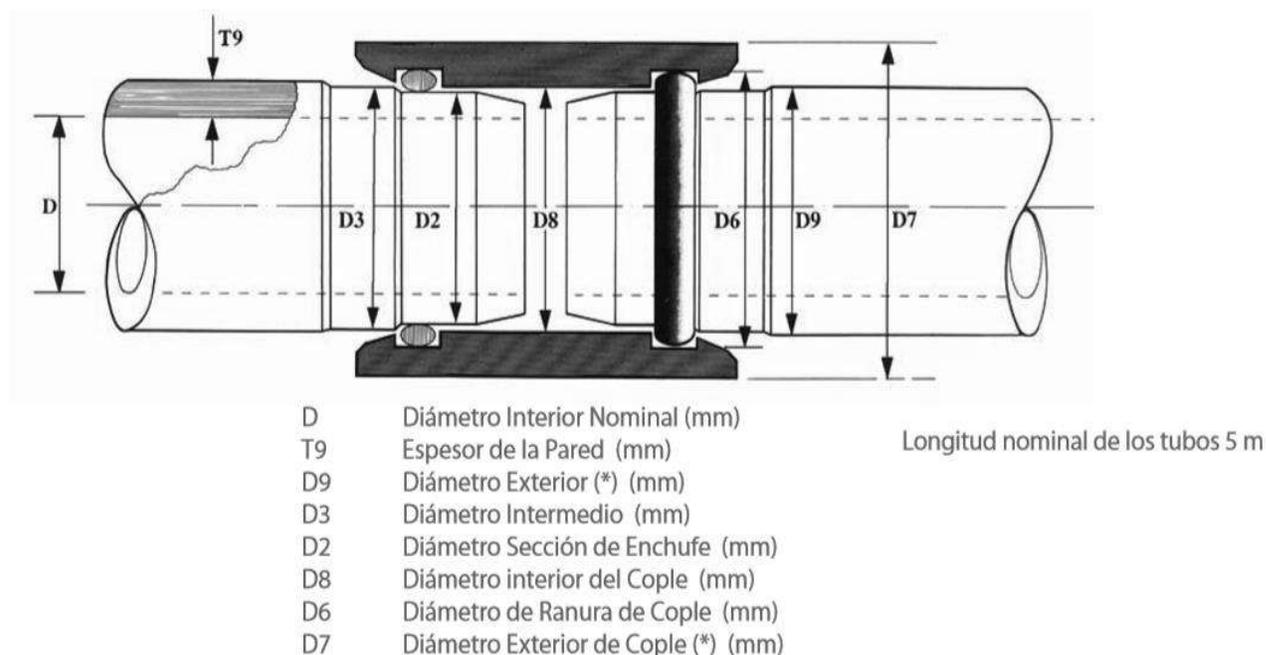
**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**

La clase es igual a la presión máxima de trabajo expresada en kg/cm<sup>2</sup>

<b>D</b>	Diámetro nominal mm.	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	750	900	1050
	Diámetro nominal Pulg.	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	30"	36"	42"
<b>CLASE A-5</b>	D2	93	118	167	219	274	326	379	432	484	536	639	801	963	1124
	D3- D8	97	122	171	223	278	330	383	436	488	540	643	805	967	1128
	D6	112	137	186	238	293	345	403	456	508	560	663	825	987	1148
	D7	132	157	208	262	320	375	432	490	546	602	713	887	1061	1235
	D9	99	124	174	226	281	334	387	440	492	544	648	810	972	1134
	T9	12.0	12.0	12.0	13.0	15.5	17.0	18.5	20.0	21.0	22.0	24.0	30.0	36.0	42.0
	Peso Tubo kg/m	6.6	8.4	12.2	17.4	25.9	33.9	42.8	52.8	62.1	72.2	94.1	147.0	211.7	288.2
Peso Cople kg/pza	2.2	2.7	3.9	5.2	7.7	9.7	13.8	17.3	22.2	26.2	37.9	55.4	82.3	109.2	
<b>CLASE A-7</b>	D2	95	120	170	224	279	332	385	439	491	543	646	809	971	1134
	D3- D8	99	124	174	228	283	336	390	443	495	547	650	813	975	1138
	D6	114	139	189	243	298	351	410	463	515	567	670	833	995	1158
	D7	137	162	214	272	333	389	448	505	562	618	730	907	1083	1260
	D9	101	126	177	231	286	340	394	447	499	551	655	818	980	1144
	T9	13.0	13.0	13.5	15.5	18.0	20.0	22.0	23.5	24.5	25.5	27.5	34.0	40.0	47.0
	Peso Tubo kg/m	7.2	9.2	13.9	21.0	30.3	40.2	51.4	62.5	73.0	84.2	108.4	167.5	286.2	324.0
Peso Cople kg/pza	2.5	3.0	4.3	6.1	9.4	11.7	16.8	20.3	26.3	30.7	44.0	64.5	96.0	126.4	
<b>CLASE A-10</b>	D2	98	123	176	231	288	344	397	450	504	556	660	825	991	1158
	D3- D8	102	127	180	235	292	348	401	454	508	560	664	829	995	1162
	D6	117	142	195	250	307	363	421	474	528	580	684	849	1015	1182
	D7	144	170	226	287	350	412	471	530	590	648	763	946	1130	1316
	D9	104	129	183	238	295	352	405	458	512	564	669	834	1000	1168
	T9	14.5	14.5	16.5	19.0	22.5	26.0	27.5	29.0	31.0	32.0	34.5	42.0	50.0	59.0
	Peso Tubo kg/m	8.2	10.4	17.3	26.1	38.5	53.3	69.2	78.2	93.7	107.0	137.5	209.0	298.5	411.1
Peso Cople kg/pza	2.9	3.5	5.2	7.5	11.3	14.8	21.1	25.8	33.4	39.4	56.4	82.9	123.9	164.8	
<b>CLASE A-14</b>	D2	104	131	185	245	305	362	418	474	528	582	689	862	1035	1208
	D3- D8	108	135	189	249	309	366	422	478	532	586	693	866	1039	1212
	D6	123	150	204	264	324	381	442	498	552	606	713	886	1059	1232
	D7	150	178	241	314	386	453	518	582	645	708	832	1033	1233	1434
	D9	110	137	192	252	312	370	426	482	536	590	698	871	1044	1218
	T9	17.5	18.5	21.0	26.0	31.0	35.0	38.0	41.0	43.0	45.0	49.0	60.5	72.0	84.0
	Peso Tubo kg/m	10.2	13.8	22.6	36.9	54.7	73.7	92.6	113.6	133.2	154.1	199.8	308.1	439.7	598.5
Peso Cople kg/pza	3.0	3.7	6.2	10.1	16.3	21.7	31.2	38.1	49.3	58.5	84.6	126.5	190.4	253.7	
<b>CLASE A-20</b>	D2					328	389	448	506	562	616	730	913	1096	1280
	D3- D8					332	393	452	510	566	620	734	917	1100	1284
	D6					347	408	472	530	586	640	754	937	1120	1304
	D7					460	533	601	667	728	784	923	1147	1370	1594
	D9					335	397	456	514	570	624	739	922	1105	1290
	T9					42.5	48.5	53.0	57.0	60.0	62.0	69.5	86.0	102.5	120.0
	Peso Tubo kg/m					78.1	106.2	134.2	163.7	192.3	218.9	292.4	451.7	645.6	882.2
Peso Cople kg/pza					30.9	39.5	54.2	63.7	77.9	85.4	125.0	189.4	288.1	385.4	

Fuente: MEXALIT, 2017

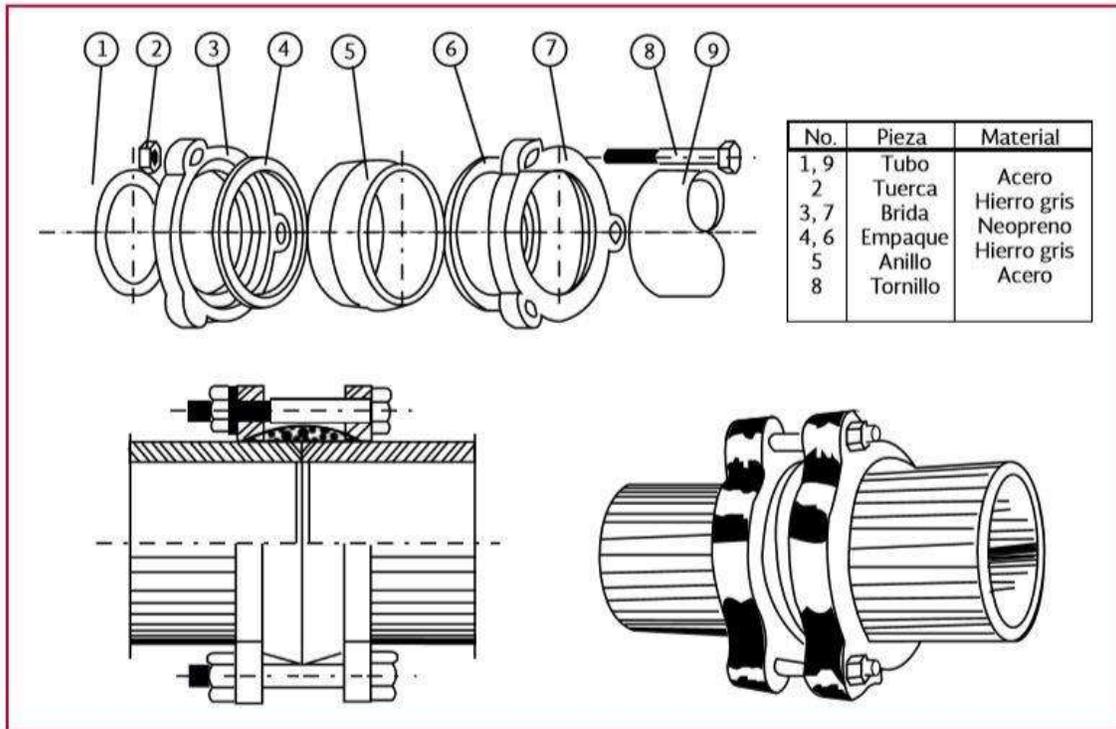
Los coples pueden describirse como un tubo muy corto, con ambos extremos en disposición semejante a una unión campana, tal como se muestran a continuación en la figura 4.10.



Fuente: MEXALIT, 2017

**Figura 4.10.- Unión por medio de coples de fibrocemento.**

Los tubos son entonces de extremos espiga. Este tipo de unión es empleado comúnmente en la tubería de fibrocemento, aunque en la unión de la tubería de fibro-cemento con piezas especiales de hierro fundido se utilizan juntas Gibault, que estas son las más utilizadas para este tipo de conexiones; tal como se muestra en la figura 4.11, además de otros tipos de juntas mecánicas que permiten unir tubería de extremos lisos (MAPAS, 2015).



Fuente: MAPAS, 2015.

Figura 4.11.- Ilustración junta Gibault.

Los tubos de fibrocemento se clasifican en cinco clases, dependiendo de la presión de trabajo como podemos observar en la tabla 4.2.

Tabla 4.2.-Clasificación de tubos de fibrocemento de acuerdo a su presión interna de trabajo

Clase	Presión interna de trabajo	
	MPa	Kg/Cm2
<b>A-5</b>	0.5	5
<b>A-7</b>	0.7	7
<b>A-10</b>	1.0	10
<b>A-14</b>	1.4	15
<b>A-20</b>	2.0	20

Fuente: MAPAS, 2015.

Según el MAPAS, en su edición del 2015, se pueden fabricar tubos y coples de fibrocemento en clases intermedias a las básicas, lo cual debe especificarse al hacer el contrato entre fabricante y comprador.

Adicionalmente, los tubos de fibrocemento se clasifican en dos tipos de acuerdo a su alcalinidad:

- Tipo I. Tubos con contenidos de hidróxido de calcio mayores al 1.0 por ciento
- Tipo II. Tubos con contenidos de hidróxido de calcio menores al 1.0 por ciento

La selección de la tubería de fibrocemento, de acuerdo a su tipo, dependerá de la agresividad del agua (interna y externa a la tubería), así como de la presencia de sulfatos. Los tubos tipo II son más resistentes a la agresividad del agua y a los sulfatos.

#### Ventajas y Desventajas de la utilización de tuberías de fibrocemento

Como todo tipo de materiales, este tiene unas ciertas ventajas sobre otro tipo de tuberías, que favorecen a elegirlo sobre los demás; o en ciertas situaciones o problemas que se lleguen a presentar, pero también cuenta con ciertas desventajas a comparación de otras tuberías, que lo pueden llegar a relegar en contra de otras.

A continuación, en la tabla 4.3 se enlistan algunas ventajas que se considera que tiene de otras tuberías y posteriormente en la tabla 4.4 se enlistan algunas desventajas de la utilización de las tuberías de asbesto o fibrocemento que existen comúnmente.

Tabla 4.3.- Ventajas de la utilización de tuberías de fibrocemento.

<b>Ventajas</b>	<b>Descripción</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bajo costo</li> <li>2. Ligereza</li> <li>3. Hasta cierto grado es resistente al ataque de ácidos, álcalis, sales y otras sustancias químicas</li> <li>4. Generalmente no se corroe.</li> <li>5. No favorece la formación de incrustaciones en las paredes</li> <li>6. Poco mantenimiento</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El costo es más bajo a diferencia de los tubos de galvanizado o de fierro fundido</li> <li>2. Es de las tuberías más ligeras que existen pues debido a su material es fácil de cargar.</li> <li>3. Resiste ciertos tipos de ácidos sales y sustancias comunes, pero no a todas.</li> <li>4. Si se le da un buen uso a la tubería no se llegará a corroer.</li> <li>5. No se le llega a generar moho o tras sustancias debido al agua.</li> <li>6. Se le da poco mantenimiento a comparación de otras tuberías</li> </ol>

Tabla 4.4.-Desventajas de la utilización de tuberías de fibrocemento

<b>Desventajas</b>	<b>Descripción</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frágil</li> <li>2. Puede llegar a provocar enfermedades cancerígenas</li> <li>3. Piezas especiales</li> <li>4. Rugosidad</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Puede agrietarse o romperse durante las maniobras de transporte, manejo, almacenaje e instalación</li> <li>2. Si no se tiene precaución en el manejo de la tubería o no se cuenta con el equipo adecuado para el manejo de esta misma puede llegar a producir enfermedades cancerígenas</li> <li>3. Para la instalación de complementos se deberá de tener piezas especiales que generan un costo extra elevado a comparación de las piezas especiales de PVC citando un ejemplo.</li> </ol>

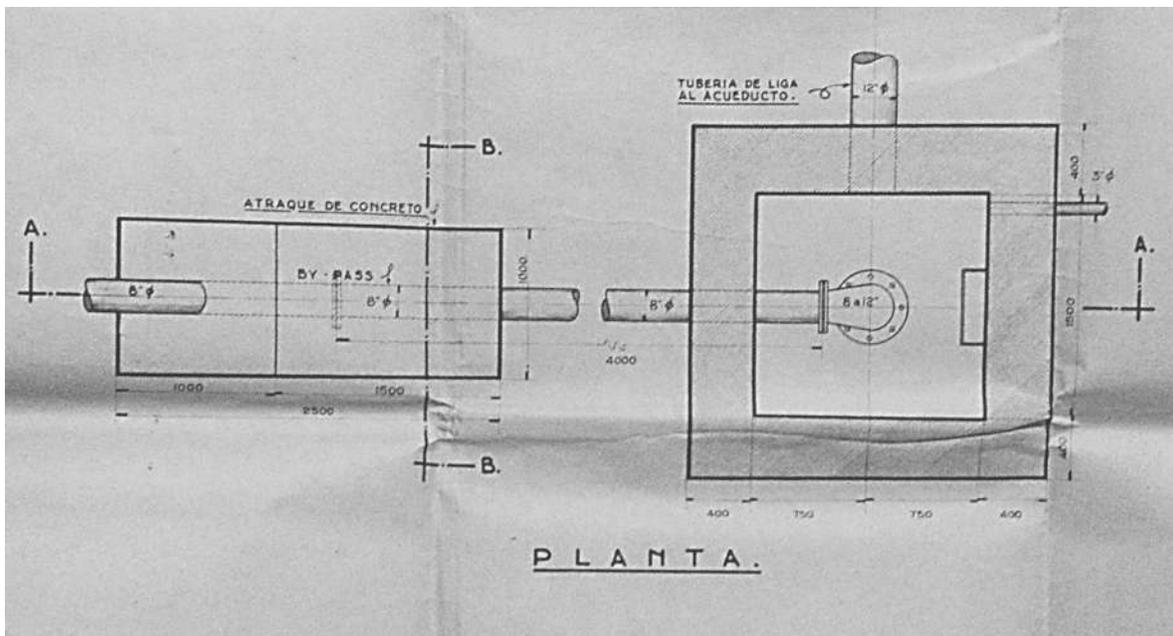
	4. Su coeficiente de rugosidad es mayor que el de tuberías de plástico por ende mayores pérdidas por fricción
--	---

Como se observa el fibrocemento tiene pocas desventajas, pero son desventajas muy significativas, y principalmente la segunda, es de un gran riesgo para la integridad del ser humano, es principalmente por eso que la mayoría de la tubería que se utiliza actualmente es de otro material, que genera algunas de las ventajas ya mencionadas, pero sin correr el riesgo de propiciar enfermedades que afecten al ser humano cuando se maniobre con el material.

También como se mencionaba anteriormente, desde los tanques de agua hasta las tuberías se han cambiado principalmente por materiales plásticos debido a su facilidad de instalación y bajos costos además de su fácil traslado y maniobrabilidad; aunque todavía se utiliza el fibrocemento o asbesto es muy difícil el encontrar obras recientes con ese tipo de tuberías.

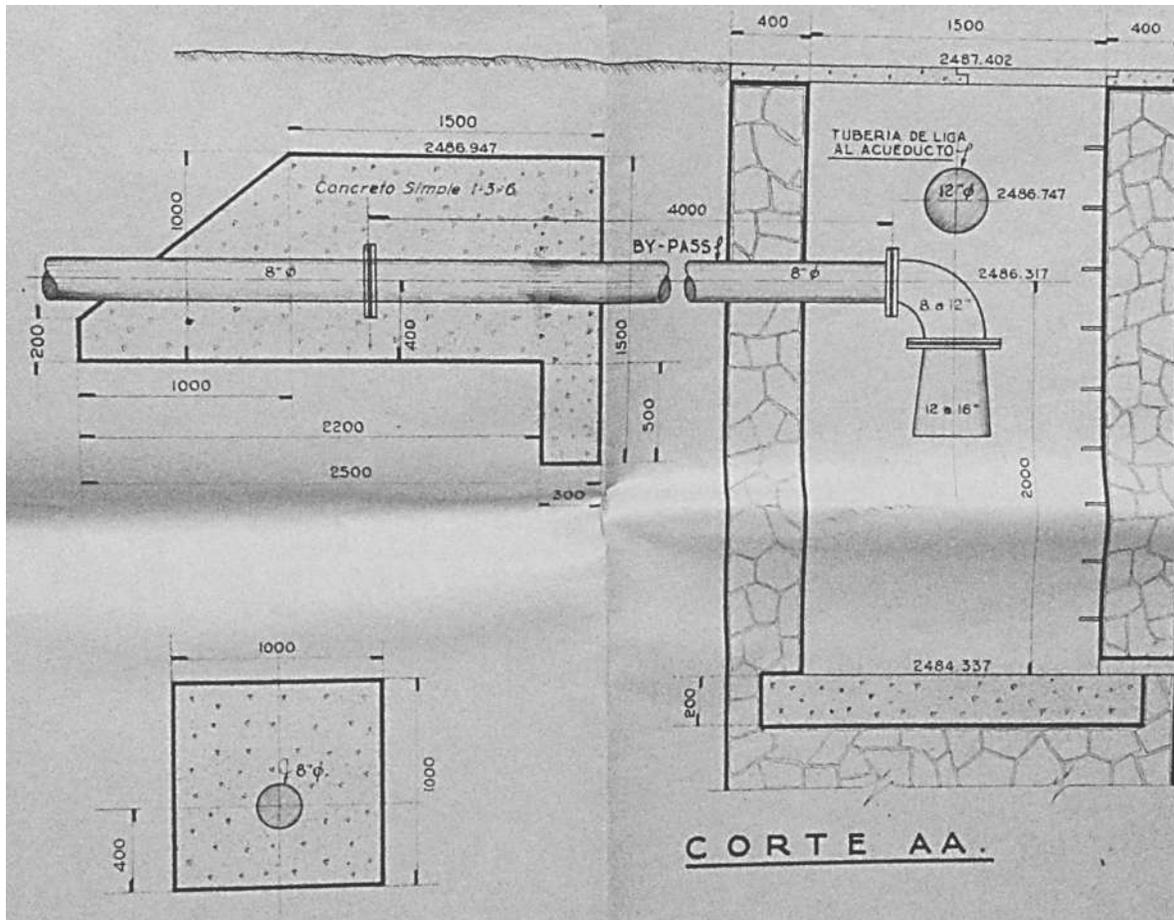
### 4.3.- CAJAS ROMPEDORAS DE PRESIÓN

En nuestra línea de conducción, se muestran las cajas rompedoras de presión, estas son simple y sencillamente y como su nombre lo indica, cajas de mampostería de tabique y concreto a base de cemento hidráulico, de un metro por un metro; en las cuales, se ubica la entrada de agua y la salida de agua, mediante una tubería. Estas pueden llegar a ser de diferentes diámetros. A continuación, en las figuras 4.12 y 4.13, se muestra el diseño utilizado en las cajas rompedoras de presión, conforme al plano original de proyecto perteneciente al año 1940.



Fuente: OOAPAS Pátzcuaro, 1940.

Figura 4.12.- Plano original #1 cajas rompedoras de presión.



Fuente: OOAPAS Pátzcuaro, 1940.

Figura 4.12.- Plano original #2 cajas rompedoras de presión.

La función de una caja rompedora de presión, es el de permitir que el caudal que lleve la tubería sea descargado en la atmósfera, reduciendo su presión hidrostática a un valor de cero, y establecer un nuevo nivel estático. Generalmente, las cajas rompedoras de presión se pueden construir de mampostería de cemento.

#### 4.4.- REVISIÓN HIDRÁULICA

La línea de conducción que se revisará, está diseñada bajo un sistema conceptualizado como “línea de conducción por gravedad”; en este caso, la línea de conducción por gravedad, está construida por tuberías, y se supone que estas trabajan como un conducto a tubo lleno, es decir a presión, de acuerdo a las características topográficas de la línea que esta presenta.

El coeficiente de rugosidad que se asume para la tubería de asbesto es de  $n=0.010$ ; ya que como se mencionó anteriormente, la línea está constituida en su totalidad de asbesto-cemento.

Como nuestra tubería trabaja a presión, el cálculo hidráulico se basará en aprovechar íntegramente el desnivel topográfico entre la entrada y la salida del agua en la conducción.

El diámetro teórico es el que arroja la fórmula:

$$D = \left( 3.21 \frac{Qn}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{3/8}$$

Donde:

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

D= diámetro del tubo en m.

n= coeficiente de rugosidad

S= pendiente hidráulica

Para obtener la pendiente hidráulica utilizaremos la siguiente formula:

$$S = \frac{\text{Desnivel toografico}}{\text{longitud de la linea}}$$

Opcionalmente, se puede utilizar la fórmula de Dupuit para obtener el diámetro de la tubería

$$D = 1.5 \sqrt{Q}$$

Donde:

Q= gasto en l/s

D= diámetro del tubo en pulgadas

Según datos del OOAPAS Pátzcuaro, el gasto transitado es 220 litros sobre segundo (lts/s), o 0.22 metros cúbicos sobre segundo (m3/s), partiendo desde el manantial y sabiendo que existen cajas rompedoras, se realizó la revisión; esto con la finalidad de conocer el diámetro calculado comparado con el diámetro instalado verificando la pertinencia de este.

Para realizar los cálculos se obtuvieron los datos del gasto, y el coeficiente de rugosidad que ya se mencionaron anteriormente, además de la distancia de la tubería en los tramos, la distancia de la tubería en general y la altura de las cajas rompedoras de presión, que va de cada tramo a tramo, y que a continuación se muestran en la tabla 4.5.

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**

Tipo	Diametro de Tuberia	Distancia de tuberia (m)	Distancia Total (m)	Altura de caja (m)
Qmax (m3/seg)= 0.2	n= 0.01			
Caja 1 a Caja 2	12		0	2664
Caja 2 a Caja 3	12	398.85	398.85	2653
Caja 3 a Caja 4	10	471.11	869.96	2644
Caja 4 a Caja 5	12	634.48	1504.44	2627
Caja 5 a Caja 6	10	975.52	2479.96	2597
Caja 6 a Caja 7	10	30	2509.96	2595
Caja 7 a Caja 8	12	123.02	2632.98	2511
Caja 8 a Caja 9	12	1316.91	3949.89	2482
Caja 9 a Caja 10	14	655.32	4605.21	2466
Caja 10 a Caja 11	12	1433.03	6038.24	2460
Caja 11 a Caja 12	12	1546.08	7584.32	2444
Caja 12 a Caja 13	12	1490.11	9074.43	2441
Caja 13 a Caja 14	12	426.28	9500.71	2440
Caja 14 a Caja 15	12	785.32	10286.03	2435
Caja 15 a Tanque	12	892.03	11178.06	2420

**Tabla 4.5.- Tabla de datos de la línea de conducción actual.**

En la tubería a elegir, se deberá de tomar el diámetro inmediatamente superior al del resultado, es decir, si el resultado del cálculo de diámetro arroja, una tubería de 13 pulgadas, comercialmente no la hay, debido a que como se pudo apreciar en la tabla 4.1, la fabricación de esta tubería se maneja de diámetros apartir de 4 pulgadas, el siguiente diámetro nominal incrementa dos pulgadas y así sucesivamente, teniendo que de la tubería de 12 pulgadas pasaría a la tubería de 14 pulgadas; en este caso y como se muestra a continuación en la tabla 4.6, se tomaría la tubería de 14 pulgadas para que pueda solventar el gasto, aunque desperdiciaremos la capacidad del tubo, puesto que puede conducir más gasto, situación que encarecerá nuestra obra.

Pendiente Hidraulica	Diametro Que Deberia Tener		
$S=H/L$	$d = (3.21 \frac{Qn}{S^2})^{3/8}$		
	Metros	Pulgadas	Tuberia comercial
0.02758	0.2953	11.62	12"
0.01910	0.3163	12.45	14"
0.02679	0.2969	11.69	12"
0.03075	0.2893	11.39	12"
0.06667	0.2502	9.85	10"
0.68282	0.1618	6.37	8"
0.02202	0.3080	12.13	14"
0.02442	0.3021	11.89	12"
0.00419	0.4205	16.55	18"
0.01035	0.3548	13.97	14"
0.00201	0.4823	18.99	20"
0.00235	0.4687	18.45	20"
0.00637	0.3887	15.30	16"
0.01682	0.3240	12.75	14"

**Tabla 4.6.- Tabla de resultados arrojados de la línea de conducción actual.**

En ocasiones, el diámetro a elegir se puede disminuir para hacer eficientes los gastos, esto se puede realizar cuando se cambie la posición del tanque, para darle una pendiente hidráulica mayor; en este caso como el diseño ya está realizado, no se podrá reducir el diámetro.

## 5.- LÍNEA DE CONDUCCIÓN PROPUESTA

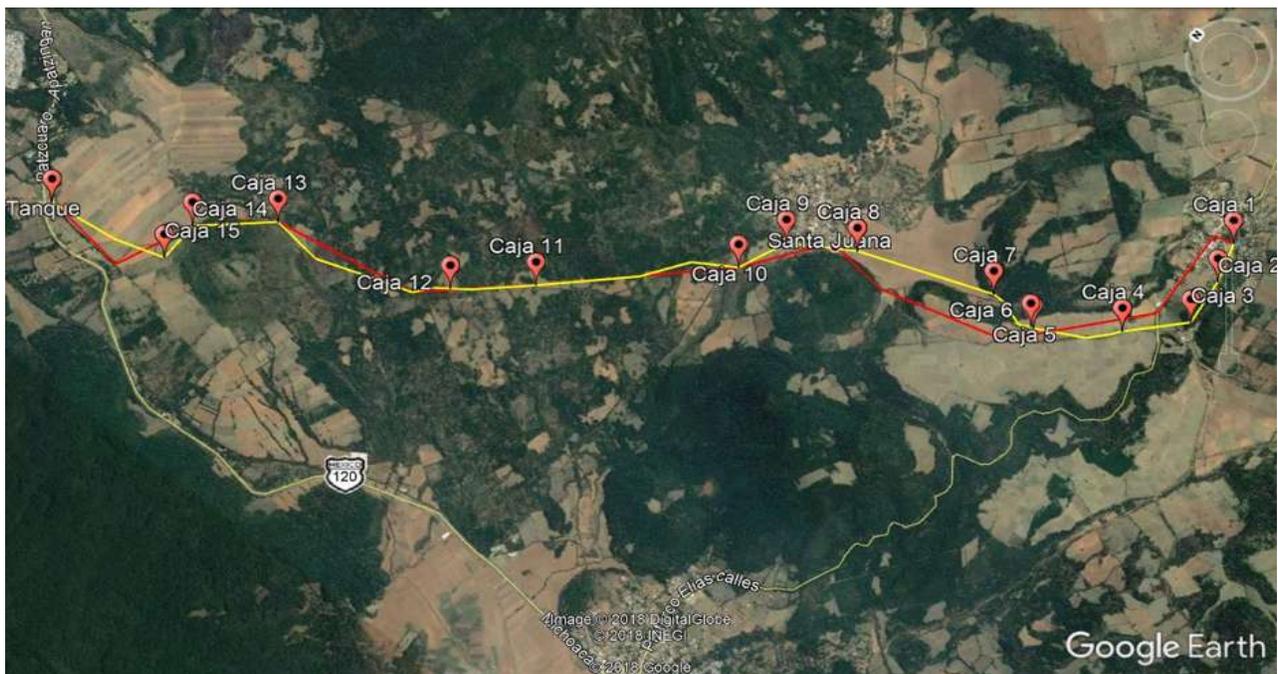
### 5.1.- TRAZO

Como la línea actual se encuentra debajo de sembradíos e incluso casas, puede llegar a afectar para la reparación de la misma, en el trazo que se propone, se puede observar que se trató de llevar por un costado de la carretera, aunque no se pudo llevar acabo toda la línea por esta, debido a la topografía que existe en el mismo terreno, así que se optó por dar una solución en la cual pasara por un costado de terracerías, caminos y brechas, para no afectar, como existe hoy en día, a los sembradíos y casas ya edificadas.

En el trazo, también se muestra que existen cambios de direcciones, y para solucionarlo, se propusieron codos de 45° y 90°, según sea el caso, tal como se puede observar en los planos anexados a este documento.

Se propone la sustitución de la tubería, por material de PVC en su totalidad, tomando en cuenta diferentes clases por cuestiones de presión de trabajo. Se había planteado la posibilidad de utilizar tubería de acero, pero afortunadamente, para costos de la tubería en sí, y de mano de obra, no fue necesaria, según los cálculos mostrados en el apartado 5.5; referentes al diseño hidráulico, de igual manera, mostrados en los planos anexados a este documento.

En la figura 5.1, se puede apreciar la línea de conducción propuesta, marcada en color rojo, comparando con la línea de conducción actual que es la de color amarillo.



Fuente: Google Earth, 2016.

Figura 5.1.- Trazo de línea de conducción actual.

## 5.2.- MATERIALES DE LA LÍNEA PROPUESTA

En la nueva línea de conducción que se propone, esta será conceptualizada y diseñada para un sistema de tubería de polícloro de vinilo o también conocida como PVC, semejante a la mostrada en la ilustración 5.2.; en los casos que fuese necesario por sobrepresión y en las que el PVC no soporte, se propone el uso de tubería de acero. A continuación, se detalla la tubería de PVC, posteriormente se enunciarán las características del acero.



Fuente: Válvulas Y Termoplásticos Industriales S.A. De C.V., 2016.

**Figura 5.2. Tubería de PVC**

De acuerdo con los autores Julián Pérez Porto y Ana Gardey citan que, en su estado original, el PVC es un polvo amorfo y blanquecino. La resina resultante de la mencionada polimerización, es un plástico que puede emplearse de múltiples maneras, ya que permite producir objetos flexibles o rígidos.

Una de las propiedades más interesantes del PVC es que resulta termoplástico: al ser sometido al calor, se vuelve blando y se puede moldear con facilidad. Al enfriarse, recupera la solidez anterior sin perder la nueva fisonomía.

La historia del descubrimiento del PVC nos remonta a la primera mitad del siglo XIX e involucra a varias personas. En primer lugar, Henri Víctor Regnault dio en 1835 con cloruro de vinilo mientras aplicaba una solución alcohólica al dicloretano, y asimismo descubrió el policloruro de vinilo al exponer el monómero directamente a la luz solar. A pesar de ello, no fue consciente de lo que había hallado en su laboratorio, y fue necesario el trabajo de Eugen Bauman, casi cuatro décadas más.

Es importante destacar que muchos grupos ecologistas condenan la utilización de PVC. De acuerdo a las denuncias, el proceso de producción de PVC implica la emisión de gases contaminantes y la generación de aguas residuales. Los aditivos que se le añaden para conferirle diversas propiedades, por otra parte, pueden ser cancerígenos.

### Tubos de PVC

Según la definición del MAPAS sobre el PVC cita que, el PVC es la denominación por la cual se conoce el policloruro de vinilo, un plástico que surge a partir de la polimerización del monómero de cloroetileno (también conocido como cloruro de vinilo). Los componentes del PVC derivan del cloruro de sodio y del gas natural o del petróleo, e incluyen cloro, hidrógeno y carbono.

Los tubos de PVC (serie métrica) se fabrican en color blanco, de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-E-143 vigente, la cual considera el sistema de unión (un solo tipo) y el grado de calidad (también único) y lo denomina espiga-campana; por su resistencia a la presión de trabajo, clasifica los tubos en cinco clases como se aprecia en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Presión máxima de trabajo en tubería de PVC

Clase	Presión Máxima De Trabajo	
	MPa	Kg/Cm2
<b>5</b>	0.5	5
<b>7</b>	0.7	7
<b>10</b>	1.0	10
<b>14</b>	1.4	14
<b>20</b>	2.0	20

La serie métrica de tubos de PVC, se fabrica en diámetros nominales de 50 a 630 mm (50, 63, 80, 100, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450, 500 y 630 mm), con longitud útil de seis metros (fabricante y comprador pueden acordar otras longitudes). Las cinco clases existentes se diferencian en el espesor de pared del tubo. Es importante señalar que en este tipo de tubería, el diámetro nominal es igual al diámetro exterior del tubo como se muestra en la tabla 5.2 (MAPAS 2015).

Según el Fabricante DURMAN, mencionan que fue diseñado con base al sistema de unidades inglesas. Se fabrican en diámetros que van desde 1½” (38mm.) hasta 14” (350mm.). Su presión de trabajo va en función de la relación entre el diámetro exterior del tubo y su espesor de pared (RD). Basándose en lo anterior, se clasifican en RD41, 32.5, 26 y 21. Bajo la norma NMX-E145/1-VIGENTE.

. A continuación, se muestra en la tabla 5.3.

DIÁMETRO NOMINAL (mm)	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	ESPEORES PROMEDIO (e), DIÁMETROS INTERIORES PROMEDIO (d) EN mm							
		CLASE 5		CLASE 7		CLASE 10		CLASE 14	
		e	d	e	d	e	d	e	d
50	50					1.7	46.6	2.4	45.2
63	63			1.5	60.0	2.2	58.6	3.0	57.0
80	80	1.5	77.0	2.0	76.0	2.8	74.4	3.8	72.4
100	100	1.8	96.4	2.5	95.0	3.5	93.0	4.8	90.4
160	160	2.8	154.4	3.9	152.2	5.5	149.0	7.6	144.8
200	200	3.5	193.0	4.9	190.2	6.9	186.2	9.5	181.0
250	250	4.4	241.2	6.1	237.8	8.6	232.8	11.9	226.2
315	315	5.6	303.8	7.7	299.6	10.9	293.2	15.0	285.0
355	355	6.2	342.6	8.7	337.6	12.2	330.6	16.9	321.2
400	400	7.0	386.0	9.8	380.4	13.8	372.4	19.0	360.3
450	450	7.9	434.2	11.0	428.0	15.5	419.0	21.4	405.3
500	500	8.8	482.4	12.2	475.6	17.2	465.6		
630	630	11.1	607.8	15.4	599.2	21.7	586.6		
800	800	14.1	771.3	19.5	759.9				

Fuente: Durman, 2016.

**Tabla 5.2.- Tabla de la serie métrica de tubos de PVC.**

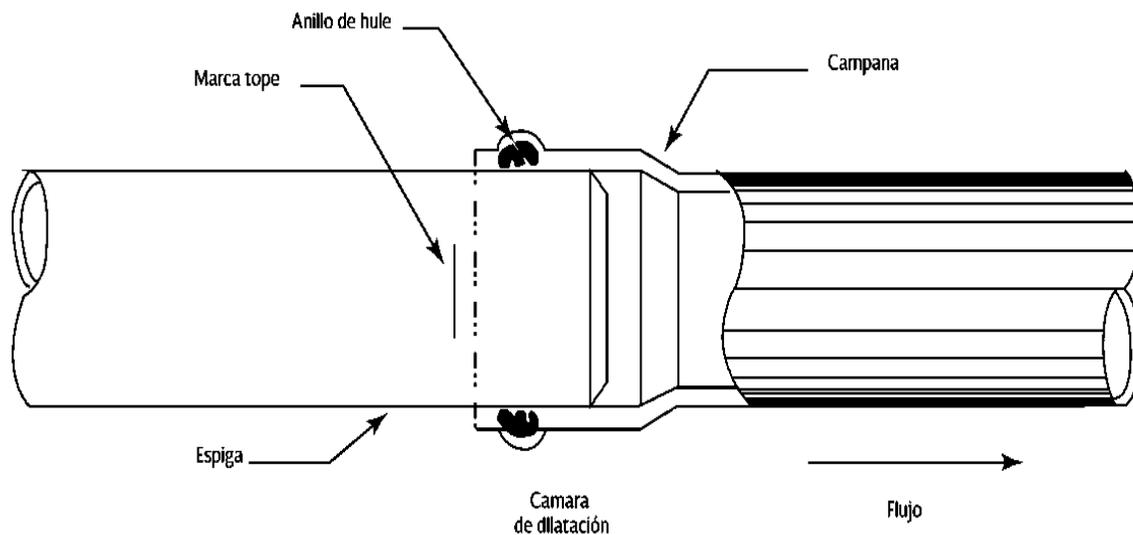
**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**

DIÁMETRO NOMINAL (mm)	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	ESPEORES PROMEDIO (e), DIÁMETROS INTERIORES PROMEDIO (d) EN mm.							
		RD-41		RD-32.5		RD-26		RD-21	
		e	d	e	d	e	d	e	d
38	48.3			1.5	45.3	1.9	44.5	2.3	43.7
50	60.3	1.5	57.3	1.9	57.1	2.3	55.7	2.9	54.5
60	73.0	1.8	69.4	2.2	68.6	2.8	67.4	3.5	66.0
75	88.9	2.2	84.5	2.7	83.5	3.4	82.1	4.2	80.5
100	114.3	2.8	108.7	3.5	107.3	4.4	105.5	5.4	103.5
150	168.3	4.1	160.1	5.1	158.1	6.5	155.3	8.0	152.3
200	219.1	5.3	208.5	6.7	205.7	8.4	202.3	10.4	198.3
250	273.1	6.7	258.9	8.4	255.3	10.5	250.8	13.0	245.5
300	323.9	7.9	307.2	10.0	302.7	12.5	297.4	15.4	291.3
350	355.6	8.7	337.2	10.9	332.4	13.7	326.6	16.9	319.7

Fuente: Durman., 2016.

**Tabla 5.3.- Tabla dimensiones de tubos de PVC en sistema inglés.**

La junta espiga-campana se forma al insertar el extremo liso del tubo en el extremo campana del siguiente tubo como se muestra en la figura 5.3. Para garantizar la unión hermética se coloca un anillo de material elástico. Tiene la ventaja de funcionar como junta de dilatación, y de permitir deflexiones y realizar la prueba hidrostática al terminar su instalación. Este tipo de junta es ampliamente utilizada en la tubería de PVC, concreto y hierro fundido.



Fuente: MAPAS, 2015.

**Figura 5.3. Junta Espiga-Campana**

### Ventajas y Desventajas de la utilización de tuberías de PVC

Como se mencionó anteriormente todo tipo de materiales tienen unas ciertas ventajas sobre otro tipo de tuberías, que favorecen a elegirlo sobre los demás; o en ciertas situaciones o problemas que se lleguen a presentar, pero también cuenta con ciertas desventajas a comparación de otras tuberías, que lo pueden llegar a relegar en contra de otras.

A continuación, en la tabla 5.4 se llegará a dar algunas desventajas que considera MAPAS en su edición del 2015 que tiene sobre otras tuberías y posterior mente en la tabla 5.5 se darán algunas ventajas de la utilización de las tuberías de PVC que existen comúnmente.

Tabla 5.4 Desventajas de las tuberías de PVC

<b>Desventajas</b>	<b>Descripción</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Susceptibilidad a daños durante su manejo</li> <li>2. Temperaturas</li> <li>3. Expuesto directo al sol</li> <li>4. Presiones</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Su resistencia puede ser afectada por raspaduras, la caída de rocas durante la excavación o relleno de la zanja. Es recomendable que el tubo sea reparado o reemplazado si la raspadura es mayor al 10 por ciento del espesor del tubo</li> <li>2. temperaturas menores a 0 °C, el PVC reduce su resistencia al impacto • A temperaturas mayores a 25 °C, se debe reducir la presión de trabajo</li> <li>3. La exposición prolongada a los rayos solares reduce su resistencia mecánica</li> <li>4. Poca resistencia a presiones muy fuertes en comparación a otros materiales</li> </ol>

Tabla 5.5 Ventajas de la tubería de PVC

<b>Ventajas</b>	<b>Descripción</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hermeticidad</li> <li>2. Pared interior lisa</li> <li>3. Resistencia a la corrosión</li> <li>4. Resistencia química</li> <li>5. Ligereza</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Por su naturaleza, el PVC impide filtraciones y fugas, lo cual se garantiza si los tubos cuentan con una junta hermética</li> <li>2. Presenta bajas pérdidas por fricción, por lo cual tiene alta eficiencia en la conducción de fluidos</li> <li>3. El PVC es inmune a la corrosión química o electroquímica, por lo que no requiere recubrimientos, forros ni protección catódica. No se forman incrustaciones ni tuberculizaciones (formaciones de óxido)</li> </ol>

<ul style="list-style-type: none"><li>6. Flexibilidad</li><li>7. Resistencia a la tensión.</li><li>8. Facilidad de instalación</li><li>9. No altera la calidad del agua</li><li>10. Bajo Costo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>4. El PVC es altamente resistente al ataque químico de suelos agresivos, de aguas conducidas, y en general de ácidos, álcalis y soluciones salinas. Algunos hidrocarburos afectan temporalmente sus propiedades, pero se restablecen cuando se evaporan los hidrocarburos. Además, resiste el ataque de algas, hongos y bacterias por no existir en el PVC materia nutriente para su desarrollo</li><li>5. Es sencillo de transportar, manejar y colocar</li><li>6. Permite cierta deflexión durante su instalación</li><li>7. Mejor comportamiento frente a movimientos sísmicos, cargas externas muertas y vivas, así como ante sobrepresiones momentáneas (golpe de ariete)</li><li>8. Puede manejarse y cortarse en obra</li><li>9. Su material no se desprende ni arroja ninguna sustancia al agua</li><li>10. El costo a comparación de otras tuberías es muy accesible hasta para su instalación</li></ul>
--	---

**Tubería de acero**

Según el MAPAS en líneas de conducción de acero, al igual que la tubería de concreto, la de acero es utilizada cuando se tienen altas presiones y se requieren grandes diámetros. La diferencia entre su uso es que las tuberías de concreto generalmente son enterradas y las de acero se pueden emplear en instalaciones expuestas, que en caso de ser enterradas son protegidas por un recubrimiento exterior.

En redes de distribución se utilizan tubos de acero de diámetros pequeños, de 50.4 mm (2") hasta 152.4 mm (6"), los cuales son generalmente revestidos con zinc tanto en el interior como en el exterior, en cuyo caso se les denomina galvanizados. Si no poseen tal recubrimiento se les llama tubos negros. El uso de tuberías de acero (con excepción de las galvanizadas) obliga a su protección interior y exterior contra la corrosión.

La tubería de acero se fabrica de acuerdo a las Normas Mexicanas NMX-B-10 y NMX-B-177 como se muestra en la tabla 5.6. Ambas Normas se refieren a los tubos de acero con o sin costura (longitudinal o helicoidal), negros o galvanizados por inmersión en caliente para usos comunes (conducción de agua, vapor, gas o aire). Sin embargo, la NMX-B-10 trata tubos de acero al carbono en diámetros de 3.175 mm (1/8") hasta 406.4 mm (16"), y la NMX-B-177 a los tubos de acero en diámetros de 3.175 mm (1/8") hasta 660.4 mm (26").

Tabla 5.6.- Tabla de normas para tubería de conducción.

ESPECIFICACIONES		TITULO	DIMENSIONES				USOS
MEXICO	USA		DIAMETRO		ESPESOR		
			Min.	Max.	Min.	Max.	
N.O.M. B.177 Tipo E Grado A	A.S.T.M. A-53 Grado A	Tubos de acero al carbono con costura, negros y galvanizados por inmersión en caliente. Para usos comunes.	3/8"	4"	Cédula 40		Conducción de líquidos, aire y vapor, y para trabajos donde se requiera doblar o rebordear.
					0.091"	0.237"	
			1/2"	2"	Cople		
					0.156"	0.291"	
2- 1/2"	4"	Cédula 80					
		0.147"	0.218"				
Norma X		0.160"	0.188"				

Fuente: TUMASA, 2016

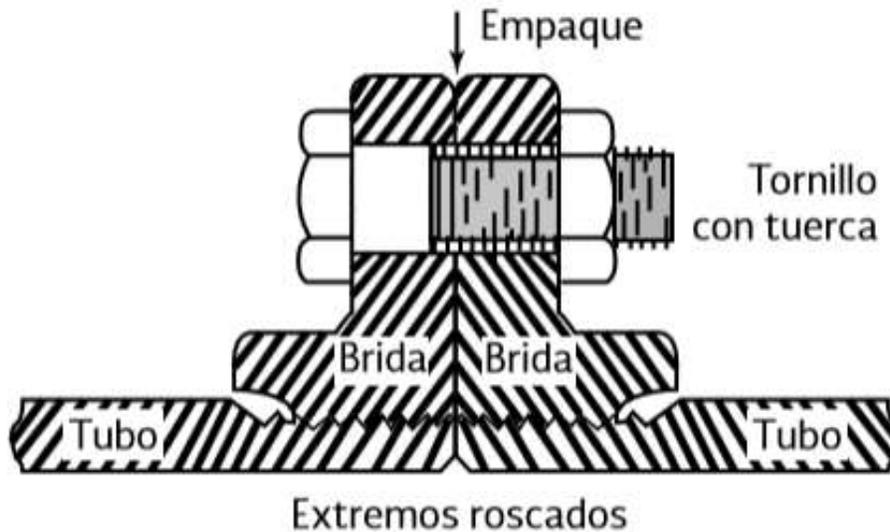
Ambas Normas clasifican a los tubos según su proceso de fabricación en tres tipos:

- F Soldado a tope con soldadura continua por calentamiento en horno

- E Soldado por resistencia eléctrica
- S Sin costura

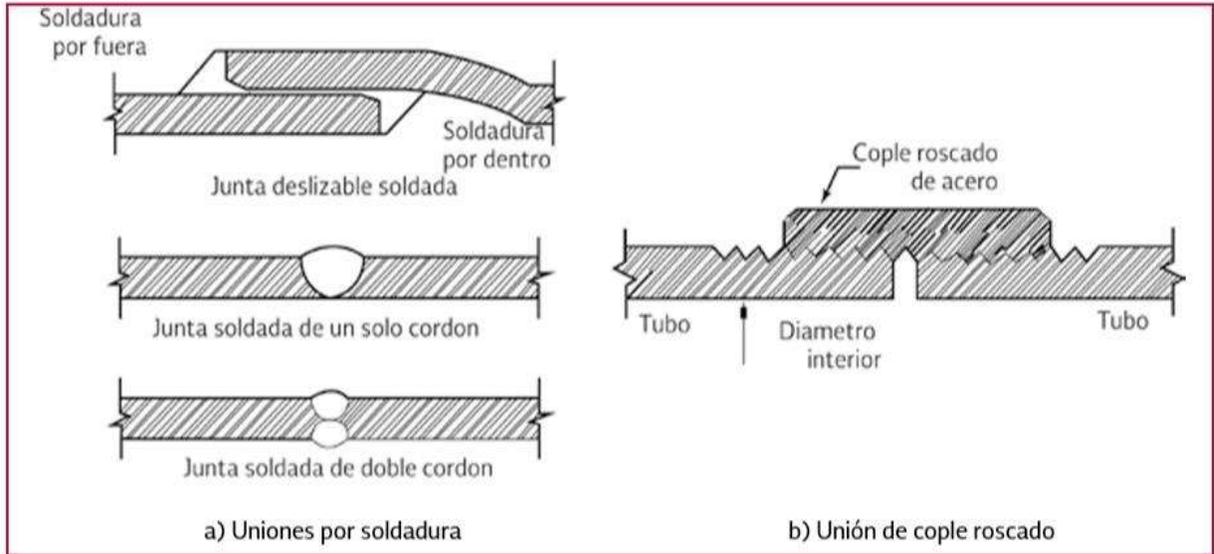
Existe una Norma adicional, la NMX-B-179 Tubos de acero con o sin costura (series dimensionales), la cual define las dimensiones normales en las cuales pueden fabricarse los tubos. En tal Norma, se clasifican los tubos de acuerdo a su espesor de pared en tres clases denominadas: peso estándar E, extrafuerte XE y doble extrafuerte XXE. También, de acuerdo al espesor, se puede obtener el número de cédula, el cual representa en cierta forma una relación entre el espesor y el diámetro de la tubería.

El sistema de unión empleado en las tuberías de acero puede ser: soldadura, bridas que se aprecian en la figura 5.4, coples y soldadura que se muestra en la figura 5.5 o ranuras (moldeadas o talladas) con junta mecánica en la figura 5.6.



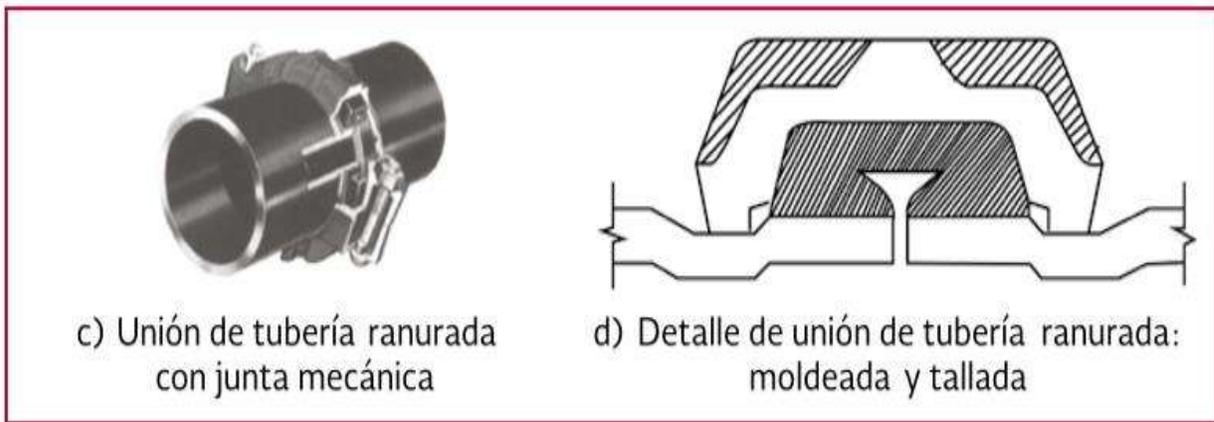
Fuente: MAPAS, 2015.

Figura 5.4. Unión Con brida



Fuente: MAPAS, 2015.

Figura 5.5. Unión con soldadura y cople roscado



Fuente: MAPAS, 2015.

Figura 5.6. Unión con ranuras y con junta mecánica

A continuación, como en los demás casos se darán las ventajas que aparecerán en la tabla 5.7 y desventajas que aparecen en la tabla 5.8 de utilizar la tubería de acero respecto a los demás tipos de tubería que existen en la actualidad.

Tabla 5.7 Ventajas de la tubería de acero

<b>Ventajas</b>	<b>Descripción</b>
1. Resiste presiones internas elevadas	1. Resiste presiones más elevadas que por ejemplo las del PVC
2. Mayor ligereza y bajo costo en comparación con tuberías de hierro fundido o de concreto	2. En comparación con tubería de concreto o de hierro fundido resulta más ligera
3. Fácil adaptación a cualquier tipo de montaje	3. Fácil transporte e instalación
4. Alta resistencia mecánica	4. Resiste cargas de impacto, es decir, aunque se abolla no se rompe (dúctil).

Tabla 5.8 Desventajas de la tubería de acero

<b>Desventajas</b>	<b>Descripción</b>
1. Es susceptible a la corrosión	1. Debido a su diferente composición química, la corrosión es más severa que en el hierro fundido por lo que debe protegerse tanto el interior como el exterior (en el caso de tubería no galvanizadas)
2. No soporta cargas externas ni vacíos parciales	2. pues es susceptible al aplastamiento
3. Requiere mantenimiento periódico	3. Debe de tener mantenimiento periódicamente para no dañarse
4. Fracturación	4. Cuando se reviste y sufre fracturas en el revestimiento deben ser reparadas rápidamente para prevenir una corrosión acelerada en tales condiciones

### 5.3.- CAJAS ROMPEDORAS DE PRESIÓN

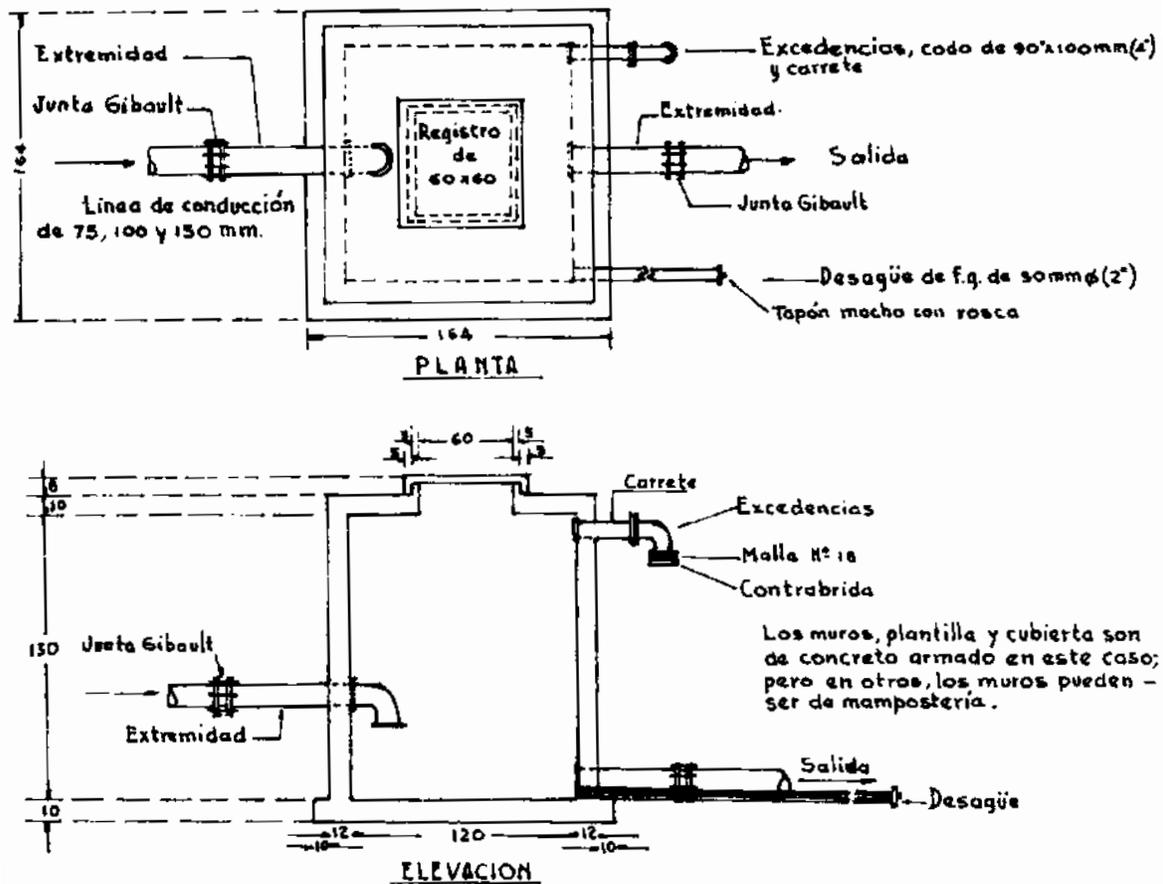
En el nuevo diseño también se propondrán cajas rompedoras de presión, debido a que existe una topografía con desniveles muy fuertes, además de considerar los accesorios necesarios como las válvulas de expulsión de aire y los desagües, pero solamente para fines de operación, ya que estos no solucionarían la presión que se tiene en la tubería.

Como ya se mencionó en el apartado 4.3, las cajas rompedoras de presión “son simple y sencillamente, y como su nombre lo indica, cajas de cemento de un metro por un metro, en las cuales está la entrada y salida de una tubería que pueden llegar a ser de diferentes diámetros y la función de una caja rompedora de presión es el de permitir que el caudal que lleve la tubería sea descargado en la atmósfera reduciendo su presión hidrostática a cero y establecer un nuevo nivel estático”.

Se dice que cuando los desniveles son fuertes y van más allá de los 50m., se intercalan en estas tuberías estructuras que ponen en contacto el agua con la atmosfera rompiendo así la presión; se llaman por esta función, “cajas rompedoras de presión” y se colocan generalmente a cada 50 m. más o menos de desnivel. A veces estas cajas son sustituidas por válvulas reductoras de presión.

(“Apuntes De La Materia de Abastecimiento de Agua Potable”,2016).

A continuación, en la figura 5.7 un ejemplo de una caja rompedora de presión para líneas de 3”, 4” y 6” de diámetro con todos los aditamentos que debe de contener.



Fuente: Ruiz-García, 2016.

Figura 5.7.- Caja rompedora de presión para 3" 4" y 6" de diámetro.

Por lo regular, el tubo de admisión a la caja debe ser de Fierro Galvanizado, con el flujo de descarga dirigido directamente hacia el piso del tanque si se deja que rocíe contra las paredes, muy pronto existirá la corrosión en la pared. Ahora el tubo de salida debe ser un tubo también de fierro galvanizado, y que tenga un calibre más grande que la tubería a la que se conecta. Para poner la tubería de fierro galvanizado en las cajas rompedoras de presión y conectarlo en nuestro caso con tubería de PVC se hará la transición mediante un sistema de juntas bridadas.

## 5.4.- PIEZAS ACCESORIAS O ESPECIALES

### Piezas especiales

Se les llama piezas especiales, a todos aquellos accesorios de la tubería que permiten formar cambios de dirección, como podemos ver en la figura 5.8, ramificaciones e intersecciones, así como conexiones incluso entre tubería de diferente material y diámetros. También permiten la inserción de válvulas y la conexión con estaciones de bombeo y otras instalaciones hidráulicas.

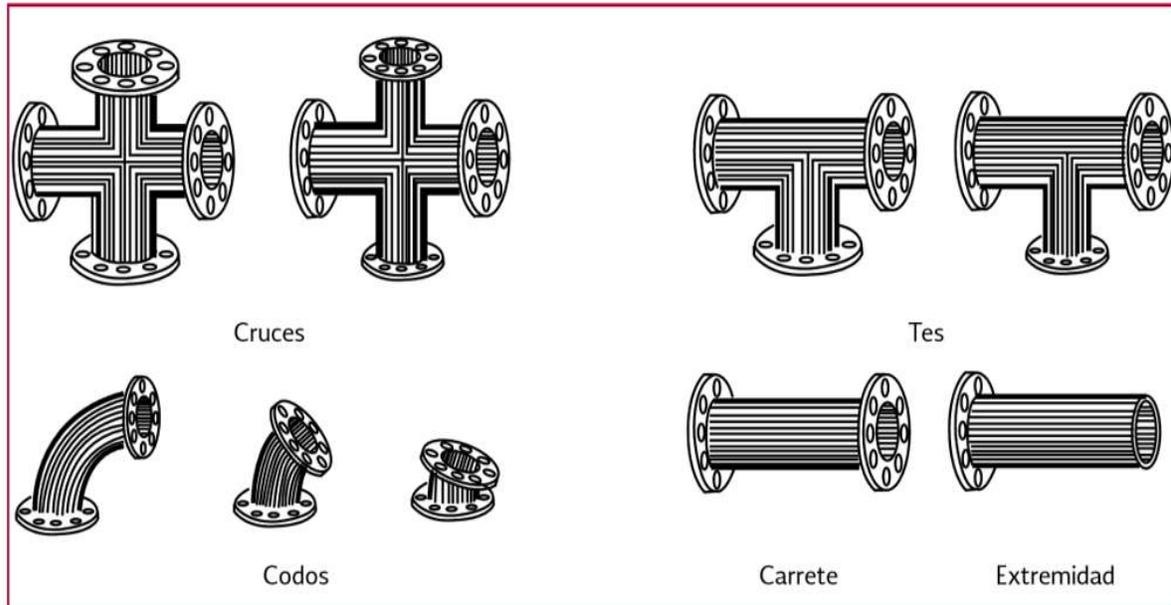


Fuente: Poolaria, 2017.

**Figura 5.8. Piezas especiales de PVC**

En general, se dispone de piezas especiales fabricadas de: hierro fundido (con bridas, extremos lisos, campana-espiga), fibrocemento, PVC, polietileno, concreto presforzado y acero. También se dispone de accesorios complementarios empleados para formar uniones como: juntas mecánicas (Gibault, universal, etc.), empaques y tornillos de acero con cabeza y tuerca hexagonal estándar.

Las piezas especiales de hierro fundido que se aprecian en la figura 5.9 son las más empleadas y se fabrican para todos los diámetros de la tubería. Se conectan entre sí o con válvulas mediante bridas con tornillos y un empaque intermedio, también pueden unirse a tubería de fibrocemento utilizando juntas Gibault.



Fuente: MAPAS, 2015.

**Figura 5.9. Piezas especiales de hierro fundido con extremos bridados**

Incluso se fabrican, bajo pedido, piezas especiales de fibrocemento hasta de 150 mm (6") ya que su resistencia mecánica es baja en diámetros mayores.

Los fabricantes de tubería ofrecen entre sus líneas de productos adaptadores para tubería de otros materiales, otros sistemas de unión o incluso tubos lisos que pueden ser unidos mediante juntas mecánicas.

(MAPAS, 2015)

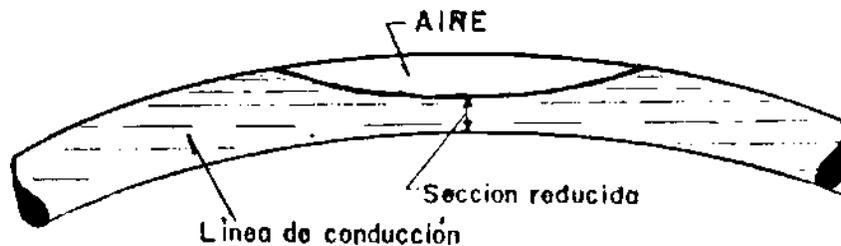
### Válvulas de expulsión de aire

Son importantes pues tienen por objeto eliminar el aire que se va almacenando en la parte alta de las curvas verticales de la línea de conducción de agua potable.

Este aire en el interior de las tuberías es peligroso porque puede originar la rotura de las mismas o reducir parcialmente de un 5 a un 10% la capacidad y eficiencia de la línea y aun en forma total cerrar el paso del agua cuando estas bolsas de aire llegan a ser largas. El aire en el interior se origina bien porque las bombas lo inyectan o porque se va liberando el que va disuelto en el agua.

Cuando este aire existe acumulado en la tubería a una presión considerable y se combina con un golpe de ariete y estos dos con la presión normal de trabajo, puede producirse una explosión o colapso de la tubería con proyección de fragmentos.

Estos hechos desconciertan a veces a los técnicos que no se explican bien la razón del estallamiento porque se pierde de vista la presión del aire acumulado en el interior de las tuberías que en ocasiones es de consideración en la figura 5.10 podemos apreciar cómo se reduce la sección debido al aire.

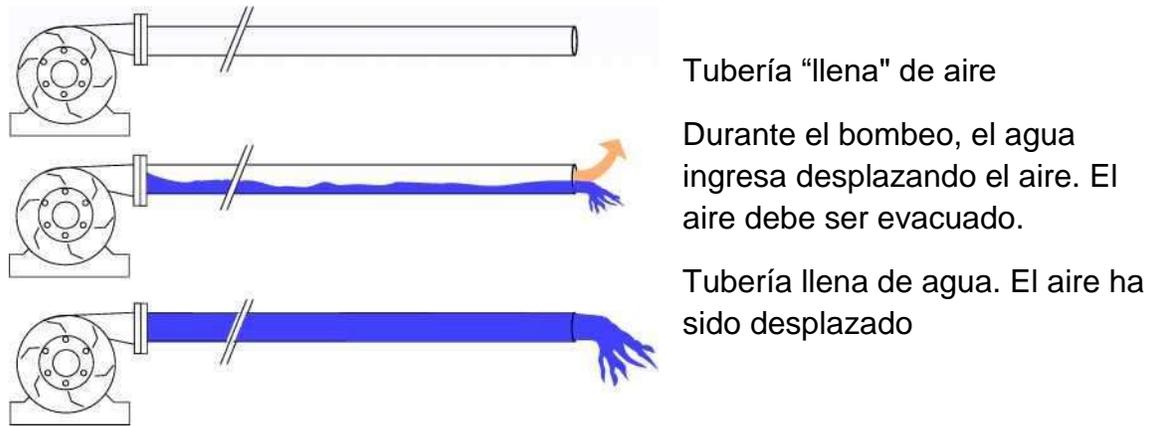


Fuente: Ruiz-García, 2016.

**Figura 5.10. aire acumulado en una línea de conducción.**

### Necesidad de las Válvulas de admisión y expulsión de aire

Si bien es común la expresión “esta tubería está vacía”, en realidad lo que queremos expresar es que no tiene agua. realmente esta “llena” de aire. Durante el llenado de la misma, el agua que está siendo incorporada, debe desplazar el aire existente a continuación en la figura 5.11 podremos ver el agua poco a poco desplaza al aire.



Fuente: Ruiz-García, 2016.

Figura 5.11. Desplazamiento del aire en la tubería.

El aire y las válvulas de aire en las conducciones

¿Qué problemas trae la presencia de aire en las conducciones?

Lo primero que debemos recordar es que, a diferencia del agua, el aire es capaz de ser comprimido. Es decir, al aumentar la presión, el aire disminuye su volumen. El aire puede ser el desencadenante de ondas de presión y golpes de ariete. Otro efecto indeseable del aire en las conducciones es la acumulación en los puntos altos en forma de "bolsones" o "bolsas de aire". Los bolsones de aire generan importantes inconvenientes especialmente en las conducciones "planas", con escasa pendiente o en conducciones de baja velocidad, donde el flujo del agua no es capaz de "arrastrar" el aire como se aprecia en la figura 5.12.



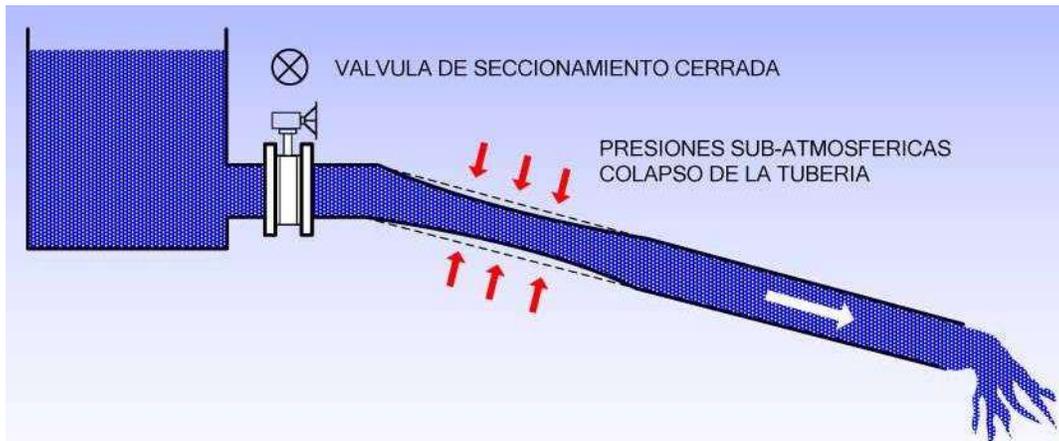
Fuente: Ruiz-García, 2016.

Figura 5.12. Bolsones en puntos altos.

Problemas que trae la presencia de vacío en las conducciones:

Cuando decimos vacío, en realidad nos referimos a presiones negativas, sub-atmosféricas. Durante el vaciado o drenaje de las tuberías (sea que se esté realizando en forma programada y controlado o sea que ocurra en forma violenta producto de una rotura), las presiones negativas pueden generar colapso y aplastamiento del tubo.

Este fenómeno se da especialmente en los tubos plásticos, especialmente los de baja clase (escaso espesor de pared) como se aprecia en la figura 5.13.



Fuente: Ruiz-García, 2016.

**Figura 5.13. Colapso de tubería.**

El colapso puede o no traer roturas inmediatas, pero sin dudas debilita la tubería, en especial en las juntas de goma. Probablemente muchas de las pérdidas experimentadas por las juntas de goma bajo presión, tienen su origen en situaciones de colapso previas.

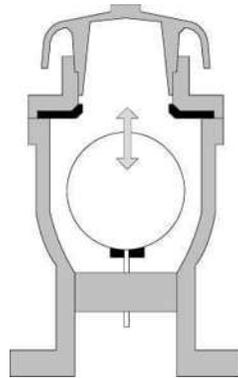
Que tipos de válvulas de aire existen

Hay 3 tipos de válvulas de aire:

- Válvulas cinéticas
- Válvula automática
- Válvula combinada

- Válvula cinética

También es llamada ventosa de aire-vacío, opera a baja presión (pocos metros), libera grandes volúmenes de aire durante el llenado de la tubería. Reingresa grandes volúmenes de aire durante el vaciado de la tubería. A continuación, en la figura 5.14 se muestra como la misma válvula presentan un orificio, llamado orificio cinético, por donde sale y entra el aire.



Fuente: Ruiz-García, 2016.

**Figura 5.14. Válvula cinética.**

Válvula de aire cinética tradicional, de flotante hueco (pelota).

La función cinética es sin dudas la principal función de las válvulas de aire.

Mientras la conducción está llena de agua y presurizada, la función cinética se cierra y no opera; solo trabaja durante el llenado y vaciado de la tubería.

Las tradicionales válvulas cinéticas, poseen un flotante hueco, en forma de esfera.

Este diseño tradicional de válvulas de aire presenta las siguientes características:

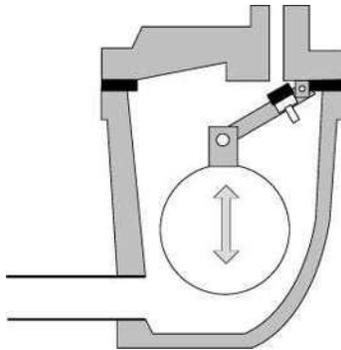
- El orificio cinético normalmente es de menor sección que el diámetro nominal de la brida.
- El flotante hueco, sea plástico o de acero inoxidable, suele aplastarse y deformarse. Inmediatamente la válvula pierde agua. Es la principal pieza de recambio de estas válvulas.
- En acueductos presurizados durante largo tiempo, es frecuente que el flotante se “pegue” al asiento de goma, dificultando la reapertura de la válvula.
- Hay riesgo de cierre prematuro, con baja presión.

- Válvula automática

También es llamada válvula de purga. Opera a alta presión (varios  $\text{kg/cm}^2$ ). Libera pequeños volúmenes de aire presurizado existente en la conducción. Es una función “de mantenimiento”. El orificio por donde sale el aire en la válvula automática, es llamado orificio automático y solo es importante liberando el aire presurizado. No reemplaza al orificio cinético.

El diseño tradicional de las válvulas de aire automáticas como se aprecia en la figura 5.15 presenta las siguientes características:

- Poseen un flotante hueco, en forma de esfera o similar.
- Suelen existir piezas móviles, propensas a trabarse o desgastarse



Fuente: Ruiz-García, 2016.

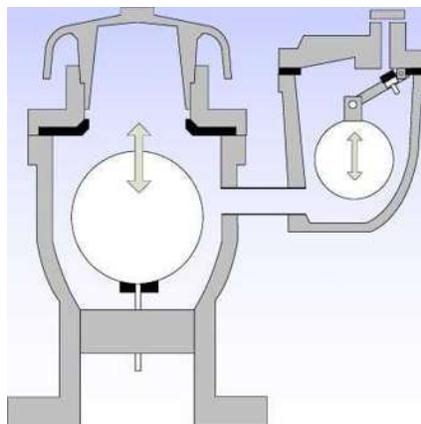
**Figura 5.15. Válvula automática.**

- Válvula combinada

También es llamada tri funcional = aire - vacío – purga. En una misma unidad, se encuentra la función cinética y la automática. A baja presión (pocos metros), libera grandes volúmenes de aire durante el llenado de la tubería y reingresa grandes volúmenes de aire durante el vaciado de la tubería. A alta presión (varios  $\text{kg/cm}^2$ ), libera pequeños volúmenes de aire presurizado.

El diseño tradicional de válvula de aire combinada presenta las siguientes características:

- Existe un cuerpo para la función cinética y un adosado a este, un segundo cuerpo para la función automática.



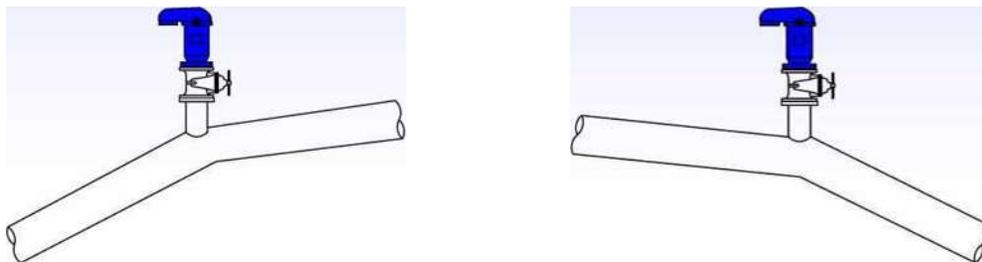
Fuente: Ruiz-García, 2016.

**Figura 5.16. Válvula de aire combinada tradicional función cinética y automática en dos cuerpos separados.**

Sitios donde se colocarán las válvulas en nuestro proyecto.

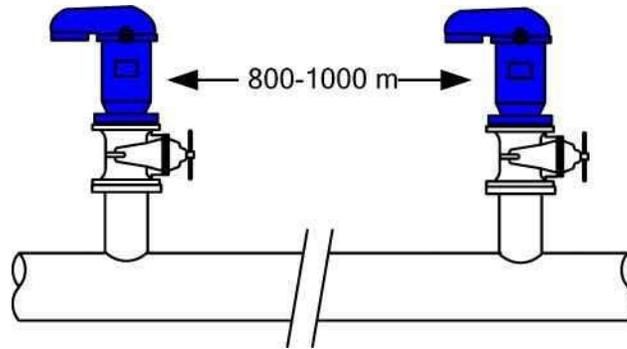
A continuación, en la figura 5.17 y 5.18 se muestran los lugares en donde se pondrán las válvulas de aire en nuestro proyecto

En cambio, de pendiente (disminución o aumento)



Fuente: Ruiz-García, 2016.

**Figura 5.17. Válvula de aire en cambios de pendiente.**



Fuente: Ruiz-García, 2016.

**Figura 5.18. Válvula de aire en pendiente uniforme y prolongada.**

Se deberá reducir dicha distancia en los siguientes casos:

- Si la tubería es altamente sensible a condiciones de colapso o hay alto riesgo de presiones negativas.
- Donde desde la fuente del agua se pueda introducir grandes cantidades de aire.
- En topografías montañosas, donde las diferencias de elevación son relativamente altas.
- En sistemas de baja presión.

En los puntos intermedios con posibilidad de ruptura de la vena líquida y riesgo de golpe de ariete, se deberá incorporar en las válvulas de aire válvulas contra golpe de ariete.

Para la elección de las válvulas, deberá considerarse las especificaciones del fabricante, en función de las cargas de operación de la tubería. De igual manera, es de considerar para fines de protección, la construcción o colocación de registros que confinen la válvula para evitar daño por vandalismo o extracción clandestina de agua. (MAPAS,2015)

### Dispositivo de desfogue, desagüe o limpieza

Las válvulas de “desfogue”, “desagüe” o “limpieza” son aquellas que se instalan con la finalidad de “purgar” la línea de conducción en las zonas “bajas” o de “columpio”, que es donde se puede depositar y almacenar los sedimentos y arenas producto de la conducción del agua. Estos dispositivos son puramente para el mantenimiento de la línea de conducción.

Los sólidos y materia extraña generalmente se pueden introducir en la línea de conducción mediante el bombeo en pozos profundos, agua de manantial, agua que en época de lluvia resuspenda fracciones de sedimentos, etc. Este material, debido a la baja velocidad puede ocasionar taponamiento o mal funcionamiento, de ahí la necesidad de colocar un sistema de desalojo de sedimentos.

Esta operación se resuelve de manera sencilla, colocando una “tee” en la zona baja de la línea de conducción y adicionalmente colocándole una tapa bridada. Dicha tapa estará sujeta con tornillos de sujeción que al aflojar desalojará el agua acumulada de manera paulatina, no siendo necesaria la colocación de válvulas a continuación se muestra en la figura 5.19 una tee que se instala en la zona baja para el desfogue.



Fuente: Ruiz-García, 2016.

**Figura 5.19. Tee de desfogue.**

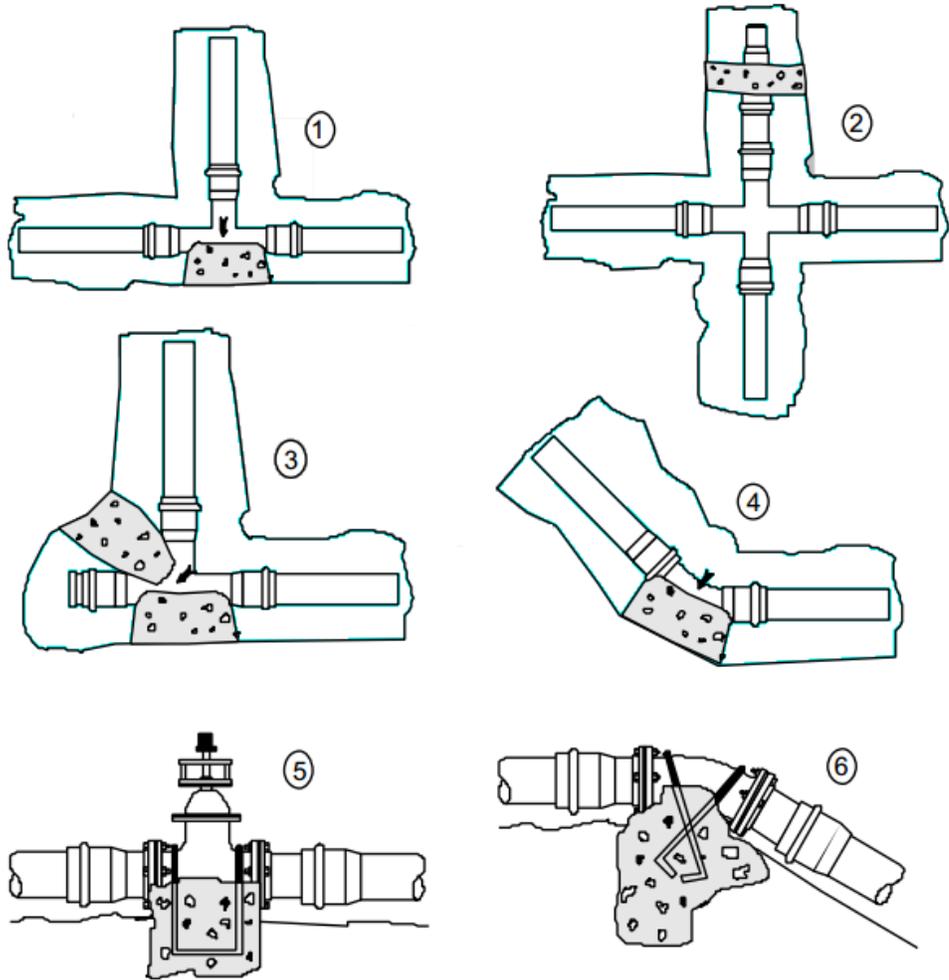
## Atraques

Todos los tipos de tubería requieren de atraques para ser fijadas al terreno que las rodea, los atraques consisten de un bloque de concreto formado con una parte de cemento, dos de arena y cinco de grava. Los atraques se deben hacer en los cambios de dirección (codos, tees, cruces), en los cambios de diámetro (reducciones), en las terminales (tapones y tapas) y en válvulas e hidrantes, en los cuales el esfuerzo se desarrolla al cerrarlos como se muestra en la figura 5.20 y en la tabla 5.9 se mostrara las especificaciones de los atraques.

El tamaño del atraque depende de:

- La presión máxima del sistema (se debe considerar 1.5 veces la presión de trabajo, la cual es la presión a la que se prueba la tubería en campo)
- El tamaño del tubo (diámetro)
- Tamaño de accesorios
- Tipo de conexiones o accesorios
- Perfil de la línea (p.ej. curvas horizontales o verticales)
- Tipo de suelo

- 1.- Tes
- 2.- Cruz con reducción
- 3.- Te usada como codo en un cambio de dirección
- 4.- Codo (cambio de dirección)
- 5.- Válvula con anclaje
- 6.- Codo con anclaje (cambio de dirección vertical)



Fuente: Ruiz-García, 2016.

Figura 5.20. Localización de los atraques.

Tabla 5.9 Especificaciones de atraques

DIMENSIONES DE LOS ATRAQUES DE CONCRETO PARA LAS PIEZAS ESPECIALES DE F.F.					
DIAM. NOMINAL DE LA PIEZA ESP		ALTURA	LADO "A"	LADO "B"	VOL. POR ATRAQUE
MILIMETROS	PULGADAS	EN cm.	EN cm.	EN cm.	EN m <sup>3</sup>
76	3"	30	30	30	0.027
102	4"	35	30	30	0.032
152	6"	40	30	30	0.036
203	8"	45	35	35	0.055
254	10"	50	40	35	0.070
305	12"	55	45	35	0.087
356	14"	60	50	35	0.105
406	16"	65	55	40	0.143
457	18"	70	60	40	0.188
508	20"	75	65	45	0.219
610	24"	85	75	50	0.319
762	30"	100	90	55	0.495
914	36"	115	105	60	0.725
1067	42"	130	120	65	1.014
1219	48"	145	130	70	1.320

DIRECCION DE LOS EMPUJES Y FORMA DE COLOCAR LOS ATRAQUES

1).- Las piezas especiales deberán estar alineadas y niveladas antes de colocar los atraques, los cuales quedarán perfectamente apoyados al fondo y pared de la zanja.

2).- El atraque deberá colocarse en todos los casos, antes de hacer la prueba hidráulica de las tuberías.

3).- Estos atraques se usarán exclusivamente para tuberías alojadas en zanja.

Este plano anula y substituye al V.C. 327

SECRETARÍA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PÚBLICAS  
 SUBSECRETARÍA DE BIENES INMUEBLES Y OBRAS PÚBLICAS  
 DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
 SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS

**AGUA POTABLE  
 ATRAQUES**

Conforme: \_\_\_\_\_  
 Aprobó: \_\_\_\_\_

DIRECTOR GENERAL      SECRETARÍA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PÚBLICAS

México, D.F. marzo de 1979      V.C. 1938

Proyectó: \_\_\_\_\_ Dibuñó: \_\_\_\_\_  
 Ing. L. Moctezuma      J. Reynoso H.

Revisó: \_\_\_\_\_  
 Ing. Laura Reynoso T.

Fuente: Ruiz-García, 2016.

## 5.5.- REVISIÓN HIDRÁULICA

La línea de conducción que se diseñará, también se realizará por el sistema llamado “línea de conducción por gravedad”, y utilizando un conducto cerrado para evitar la contaminación del cauce antes de que llegue al tanque.

En el caso del diseño hidráulico, se ajustará a las fórmulas empleadas en canales abiertos y se cuidará asimismo las velocidades mínimas, 0.3 m/s (PVC, acero galvanizado, fierro fundido, acero sin revestir, polietileno) y máximo velocidad hasta 5 m/s

El coeficiente de rugosidad que ocuparemos será el de  $n=0.009$  ya que como se mencionó anteriormente, la línea está constituida en su totalidad de PVC.

Como nuestra tubería trabaja a presión, el cálculo hidráulico como en el cálculo anterior, se basará en aprovechar íntegramente el desnivel topográfico entre la entrada y la salida del agua en la conducción.

El diámetro teórico es el que nos da la fórmula:

$$D = \left( 3.21 \frac{Qn}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{3/8}$$

Donde:

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

D= diámetro del tubo en m.

n= coeficiente de rugosidad

S= pendiente hidráulica

Para obtener la pendiente hidráulica utilizaremos la siguiente formula:

$$S = \frac{\text{Desnivel toografico}}{\text{longitud de la linea}}$$

El desnivel será la perdida por fricción:

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

Donde:

L= longitud de la tubería en m.

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

D= diámetro del tubo en m.

n= coeficiente de rugosidad

hf= Perdida por fricción

También podemos encontrar esta fórmula con esta otra opción:

$$hf = KLQ^2$$

Donde:

L= longitud de la tubería en m.

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

hf= Perdida por fricción

Y “K” siendo:

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

Donde:

D= diámetro del tubo en m.

n= coeficiente de rugosidad

Otra opción simplificada para determinar el diámetro tentativo, es utilizar la fórmula de Dupuit.

$$D= 1.5 \sqrt{Q}$$

Donde:

Q= gasto en l/s

D= diámetro del tubo en pulgadas

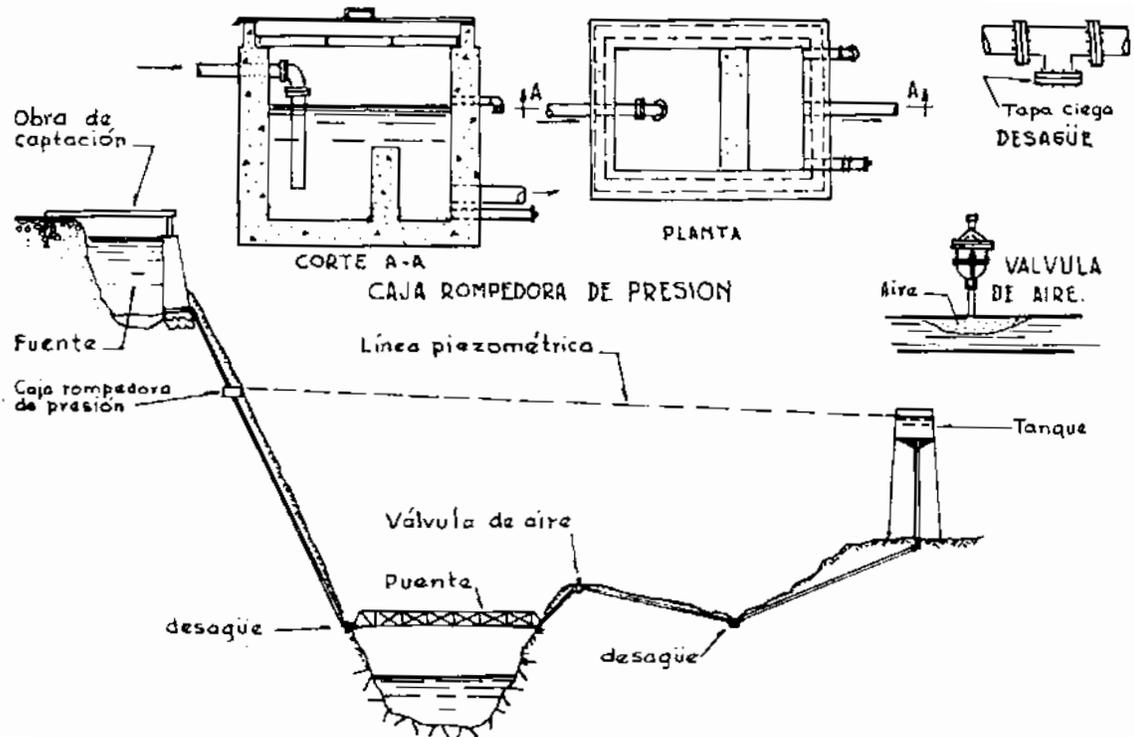
De este diámetro, se tomará el diámetro comercial inmediatamente superior, debido a cuestiones de sobredimensionamiento, y si es necesario, se ajustará al revisar las pérdidas por fricción y la velocidad.

En el perfil de la línea de conducción se traza el curso de la línea piezométrica cuyo final coincidirá con la superficie libre del agua en el depósito como confirmación de que se ha aprovechado íntegramente la carga disponible.

(“Apuntes De La Materia de Abastecimiento de Agua Potable”,2016).

En esta línea además del funcionamiento y protección de la misma, se instalaron como accesorios las cajas rompedoras de presión, ya citadas en el punto 5.3 esto debido a que como se mencionó anteriormente la línea de conducción tienen desniveles fuertes y van más allá de los 50m de altura, a continuación, en la figura 5.21 un ejemplo de una línea de conducción a gravedad mediante tubería después se verán los resultados de los cálculos en la tabla 5.10 y 5.11.

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**



Fuente: Ruiz-García, 2016.

**Figura 5.21.-Línea de conducción a gravedad mediante tubería y accesorios requeridos.**

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**

Tabla 5.10.- Cálculos de la línea de conducción (parte 1 de 2).

Tipo	Distancia de tubería (m)	Distancia Total (m)	Altura de tubería (m)	Pendiente Hidraulica
Qmax (m3/seg)=	n=			S=H/L
0.2	0.009			
Manantial a Caja 1	486.71	486.71	2664	0.008218446
Caja 1 a Caja 2	1384.91	1871.62	2660	0.03232701
Caja 2 a Caja 3	592.24	2463.86	2615.23	0.081824936
Caja 3 a Caja 4	743.11	3206.97	2566.77	0.049346665
Caja 4 a Caja 5	495.57	3702.54	2530.1	0.049498557
Caja 5 a Caja 6	829.62	4532.16	2505.57	0.032038765
Caja 6 a Caja 7	1798.02	6330.18	2478.99	0.006590583
Caja 7 a Caja 8	3261.59	9591.77	2467.14	0.004969969
Caja 8 a Caja 9	343.24	9935.01	2450.93	0.008711106
Caja 9 a Tanque	1952.99	11888	2447.94	1.253431917
Elevacion del Tanque			2420	

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**

Tabla 5.11.- Cálculos de la línea de conducción (parte 2 de 2).

Diametro EXISTENTE		Diametro	Diametro	Factor K	Perdidas por fricción	Pendientes
$d = (3.21 \frac{Qn}{S^{\frac{1}{2}}})^{3/8}$		Total	Comercial	$k = \frac{10.3n^2}{d^{16/3}}$	$hf = KLQ^2$	$\frac{hf}{l}$
0.35615866	356.158656	357	355	2.0898E-17	2664	5.47348524
0.27550091	275.50091	276	315	3.95366E-17	2660	1.92070243
0.23147309	231.473092	232	250	1.35615E-16	2615.23	4.41582804
0.25449587	254.49587	255	250	1.35615E-16	2566.77	3.45409159
0.25434926	254.349258	255	315	3.95366E-17	2530.1	5.10543415
0.27596396	275.963962	276	400	1.10578E-17	2505.57	3.02014175
0.37120888	371.208881	372	400	1.10578E-17	2478.99	1.37873327
0.39138148	391.381477	392	355	2.0898E-17	2467.14	0.75642248
0.35229204	352.292043	353	355	2.0898E-17	2450.93	7.14057219
0.13876268	138.762682	139	250	1.35615E-16	2447.94	1.25343192

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**

Tabla 5.12 Resumen de Resultados

Tipo	Altura de tubería (m)	Diametro	Tipo de Tubería
Qmax (m3/seg)=	n=	Comercial	
0.2	0.009		PVC
Manantial a Caja 1	2664	355	Clase 5
Caja 1 a Caja 2	2660	315	Clase 7
Caja 2 a Caja 3	2615.23	250	Clase 5
Caja 3 a Caja 4	2566.77	250	Clase 7
Caja 4 a Caja 5	2530.1	315	Clase 5
Caja 5 a Caja 6	2505.57	400	Clase 7
Caja 6 a Caja 7	2478.99	400	Clase 5
Caja 7 a Caja 8	2467.14	355	Clase 7
Caja 8 a Caja 9	2450.93	355	Clase 5
Caja 9 a Tanque	2447.94	250	Clase 5
Elevacion del Tanque	2420		

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**

A continuación, se verán en las siguientes figuras de la 5.22 a la 5.32, el diseño de nuestro nuevo trazo propuesto, esto dividido en secciones que parte desde el manantial y que va de caja a caja respectivamente en cada trazo.



**Figura 5.22.-Trazo de la nueva línea de conducción propuesta (Parte 1 de 10).**

“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”

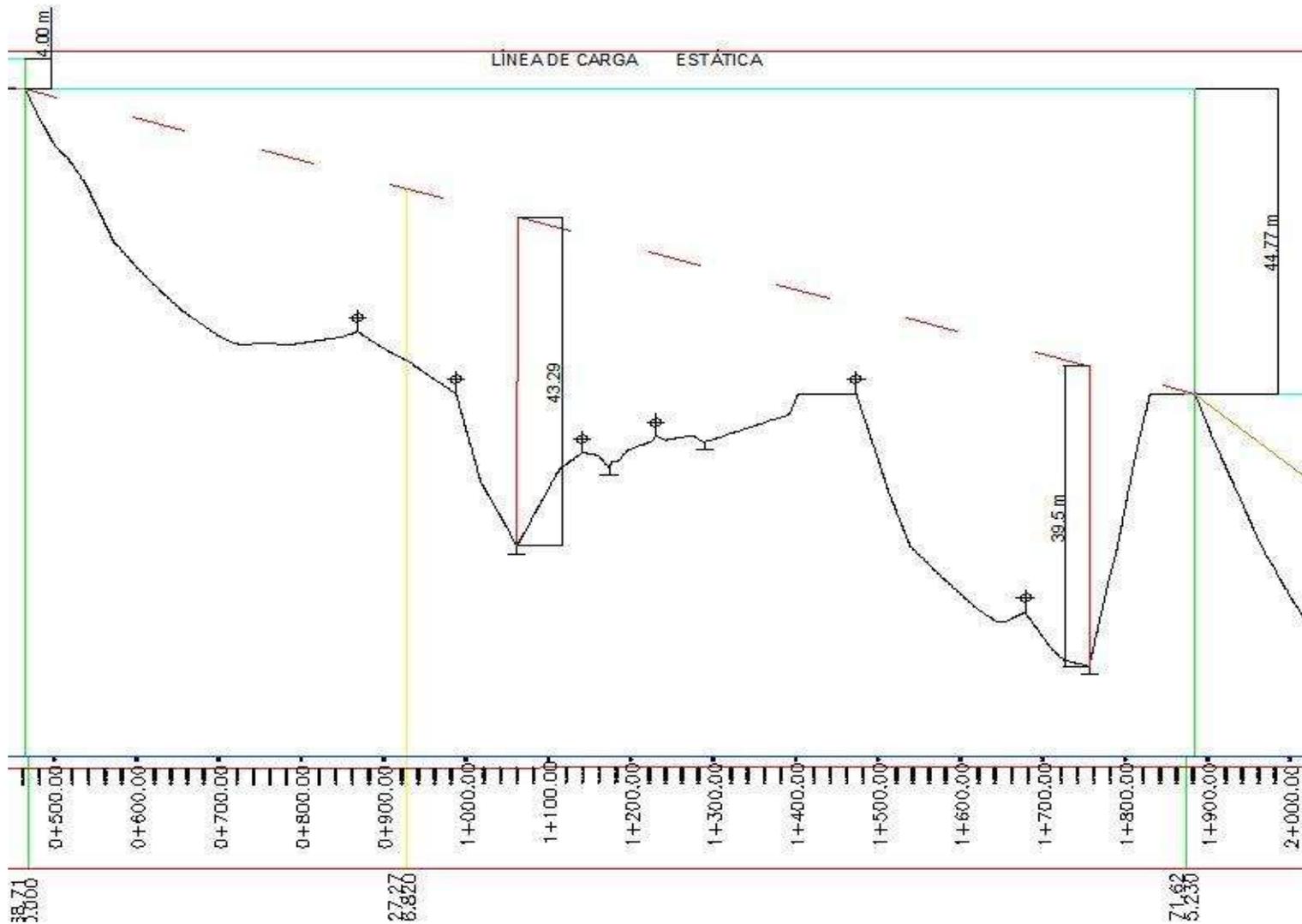


Figura 5.23.-Trazo de la nueva línea de conducción propuesta (Parte 2 de 10).

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**



**Figura 5.24.-Trazo de la nueva línea de conducción propuesta (Parte 3 de 10).**

“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”

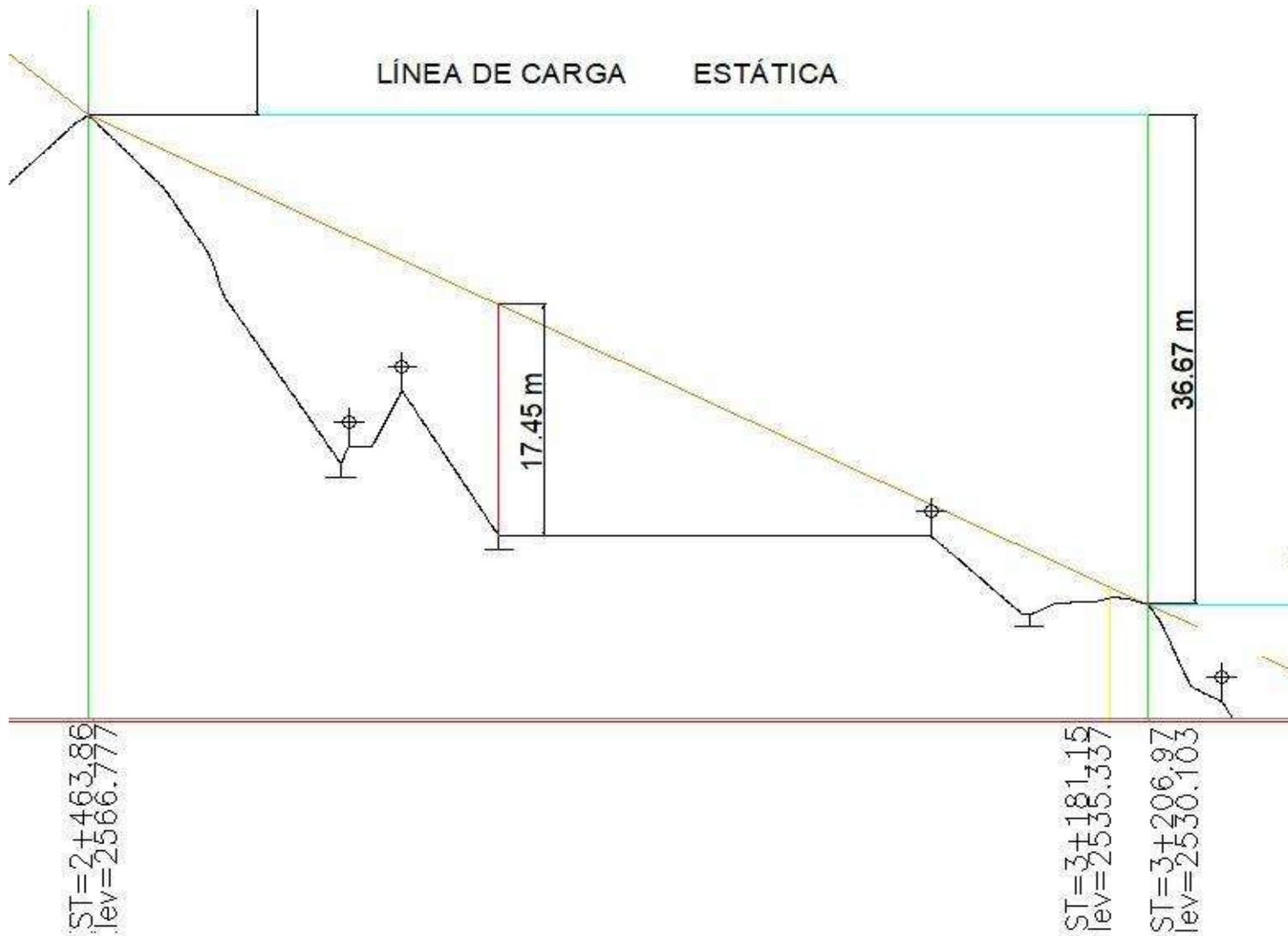


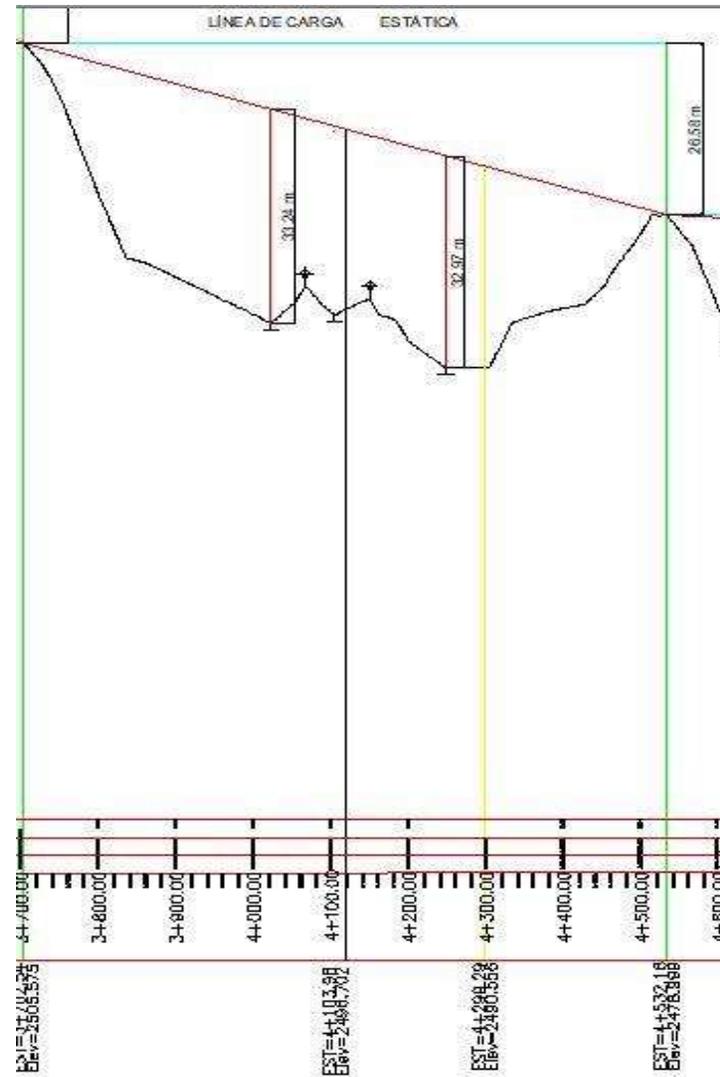
Figura 5.25.-Trazo de la nueva línea de conducción propuesta (Parte 4 de 10).

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**



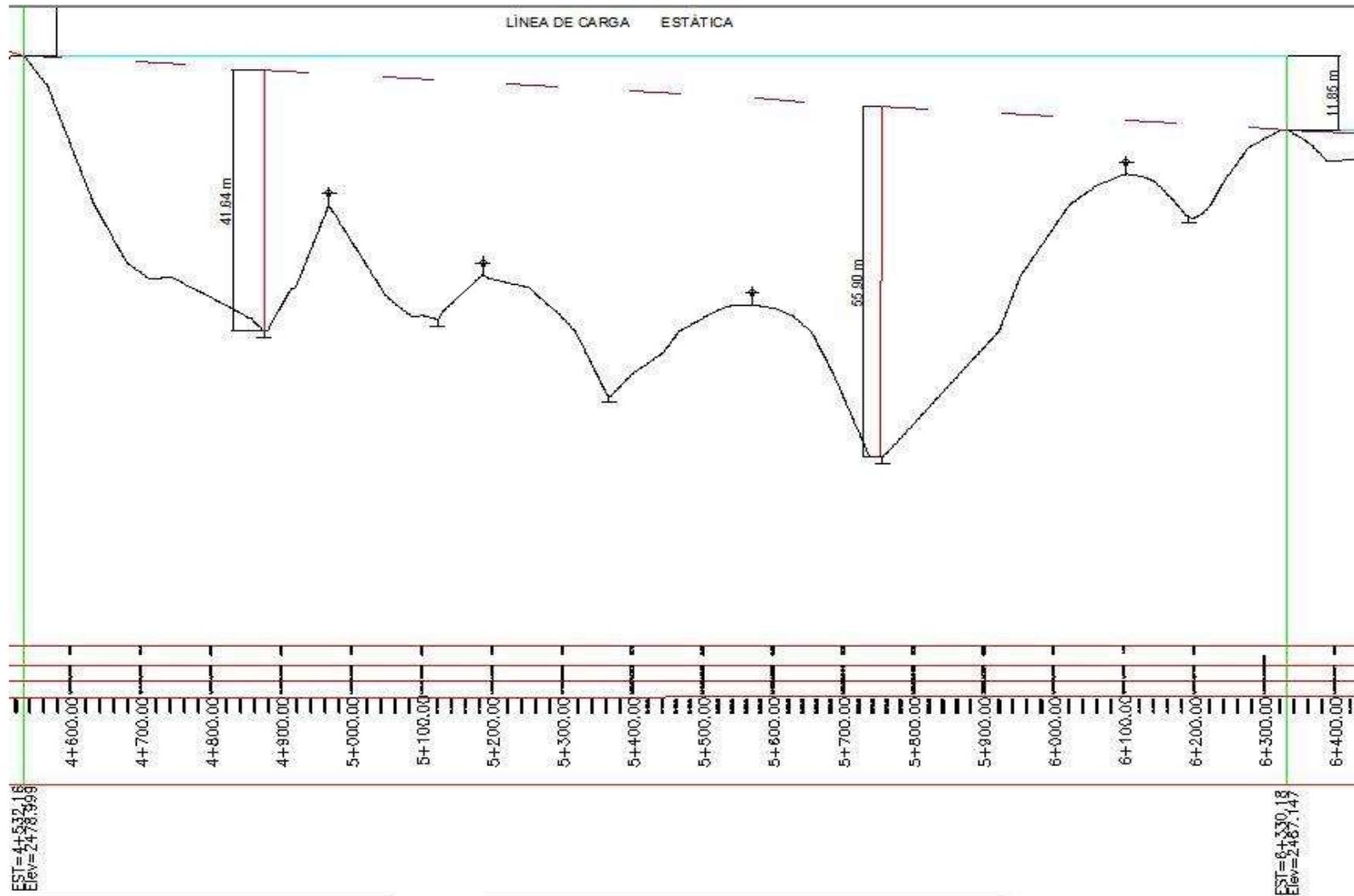
**Figura 5.26.-Trazo de la nueva línea de conducción propuesta (Parte 5 de 10).**

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**



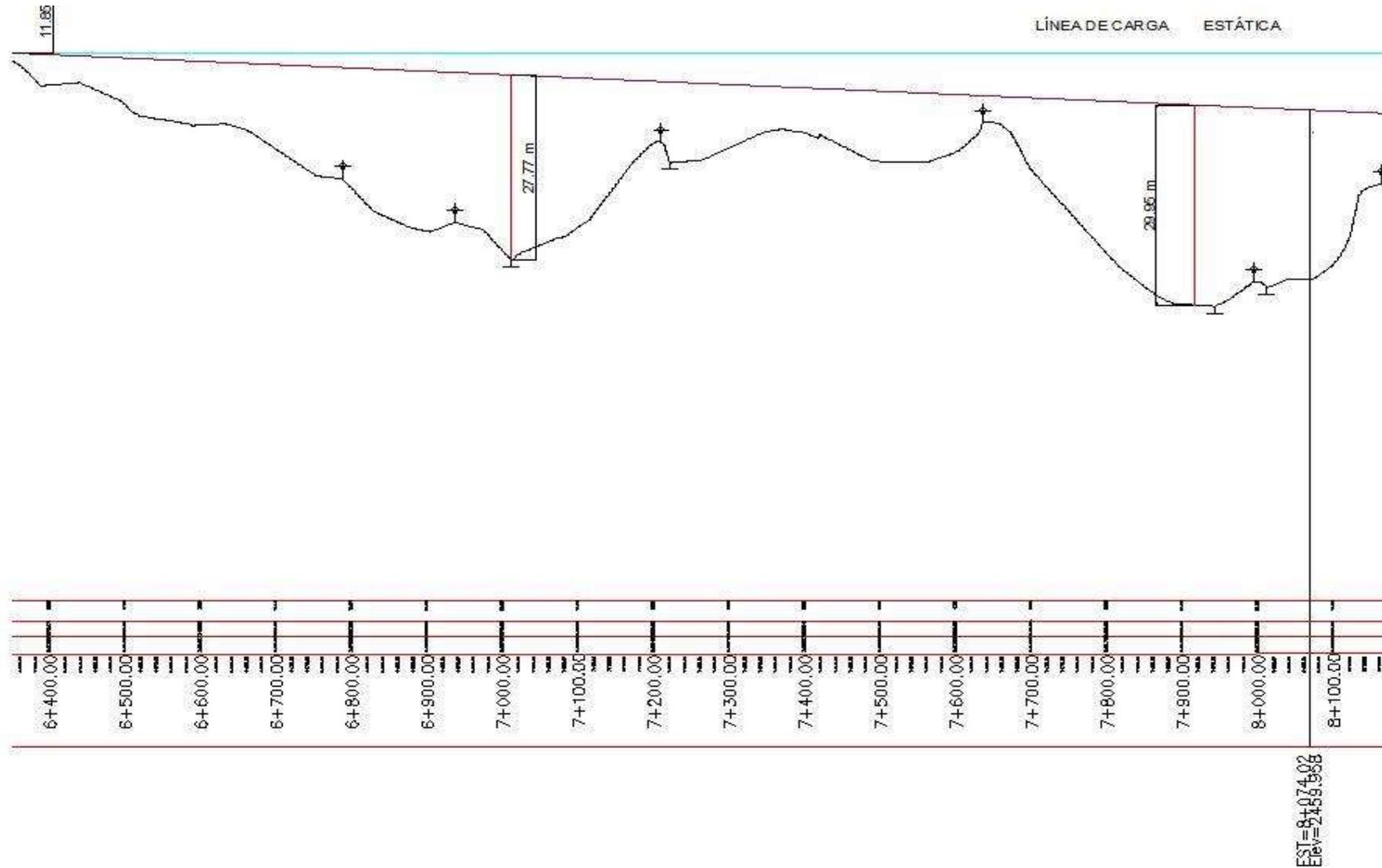
**Figura 5.27.-Trazo de la nueva línea de conducción propuesta (Parte 6 de 10).**

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**



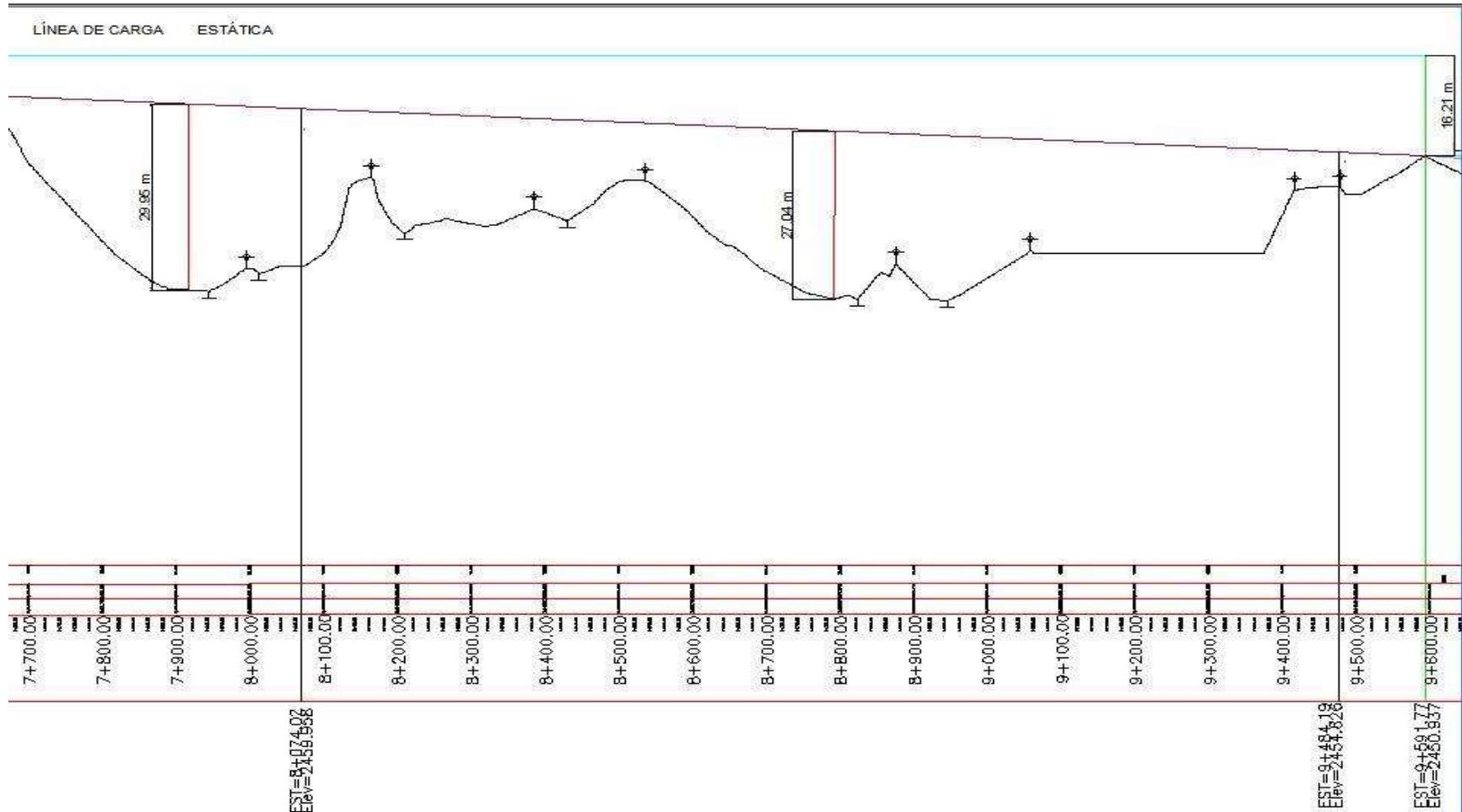
**Figura 5.28.-Trazo de la nueva línea de conducción propuesta (Parte 7 de 10).**

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**



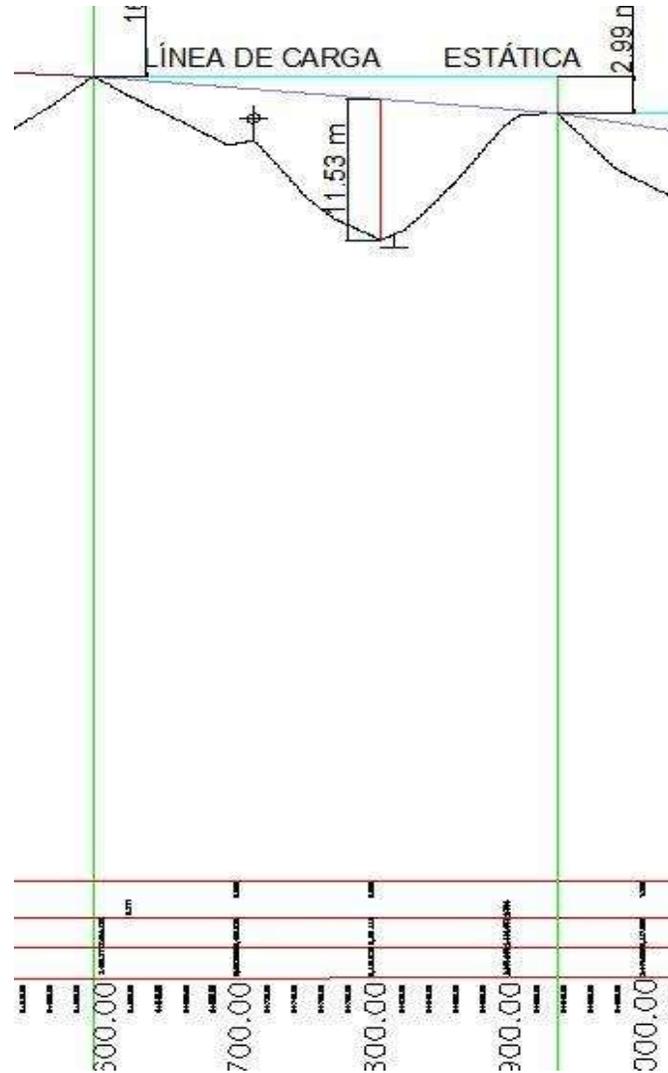
**Figura 5.29.-Trazo de la nueva línea de conducción propuesta (Parte 8a de 10).**

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**



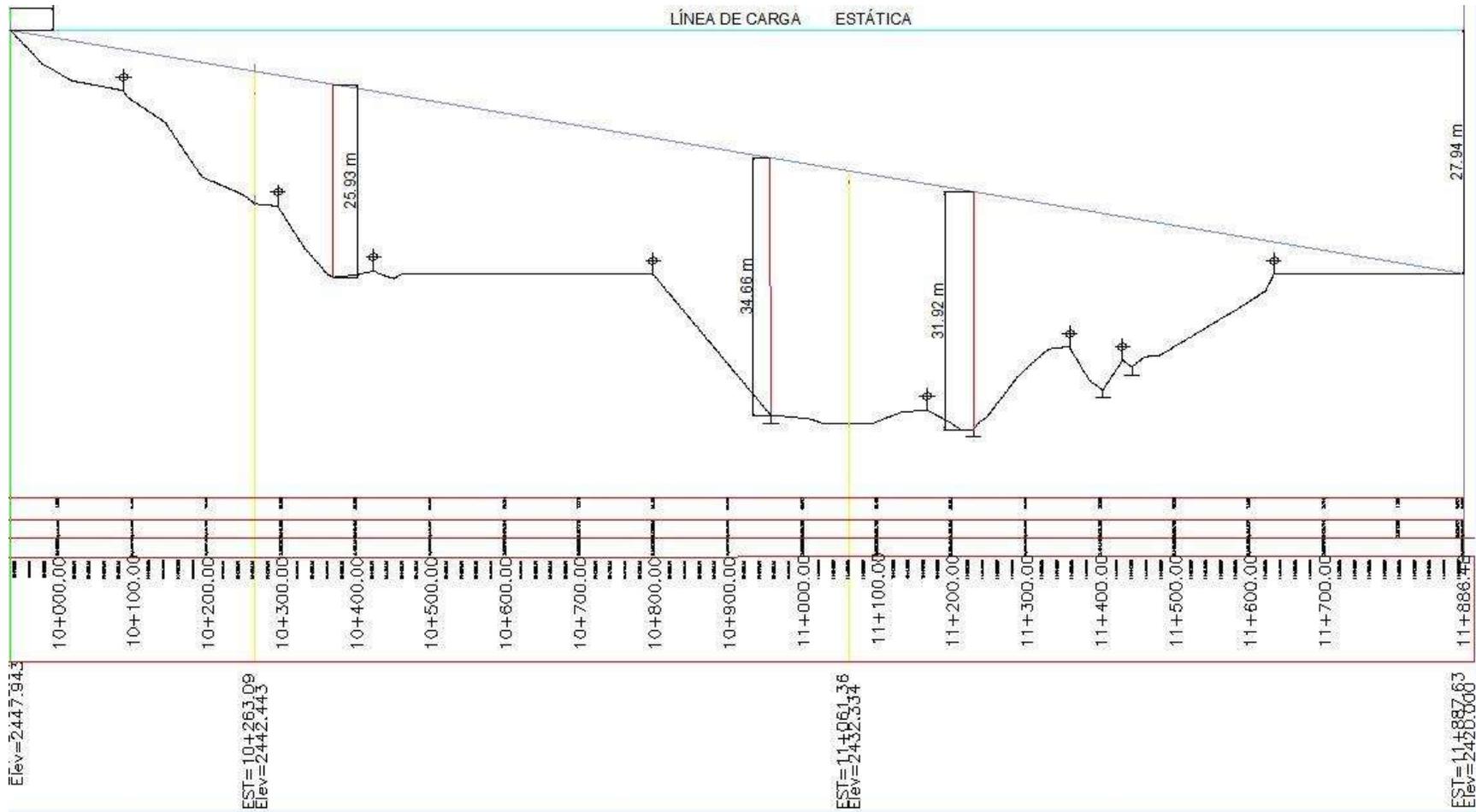
**Figura 5.30.-Trazo de la nueva línea de conducción propuesta (Parte 8b de 10).**

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**



**Figura 5.31.-Trazo de la nueva línea de conducción propuesta (Parte 9 de 10).**

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**



**Figura 5.32.-Trazo de la nueva línea de conducción propuesta (Parte 10 de 10).**

## **6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1.- CONCLUSIONES**

Al realizar este proyecto, se pudo apreciar que es urgente la renovación de línea de conducción, ya que existen serias carencias en la tubería actual, debido a que es muy vieja y se necesita renovar, pues como se mencionó anteriormente, uno de los principales problemas que tiene en ella es el asbesto, que prácticamente es inutilizado en las líneas de distribución actuales, y se genera un peligro hacia las personas que manipulan la tubería, debido a que como se mencionó anteriormente, existen pruebas que señalan que el asbesto es un material que puede llegar a producir cáncer por inhalación, esto específicamente para quienes manipulan y dan mantenimiento a la tubería

Otro de los aspectos que se deberá tomar en cuenta, es el incremento en la población, debido a que como se mencionó anteriormente la población en su expansión territorial, se ha situado por encima de la tubería, es decir; las casas literalmente están encima de la tubería, y si esta llegase a tener una fuga, sería muy complicado el repararla, o bien, se pone en riesgo de daño en las casas ubicadas sobre esta línea.

En este proyecto, las cajas rompedoras de presión toman un rol muy importante, pues debido a los diámetros y alturas que se tienen, las cajas rompedoras de presión ayudan a que no existan presiones grandes y que la tubería de PVC que es en su totalidad, resista haciendo más económica la obra.

## 6.2.- RECOMENDACIONES

Tratar de seguir el trazo propuesto, tal cual, para aprovechar el tipo de topografía con el que se cuenta para la línea de conducción, pues si se hace por gravedad se ahorrarán una significativa cantidad monetaria, debido a que no se pagará electricidad para el funcionamiento de equipos de bombeo u otros instrumentos que se llegaran a ocupar como en los casos de otros tipos de líneas de conducción.

Tener una persona encargada de vigilar periódicamente (al menos 1 vez cada mes), el funcionamiento de la tubería, verificando que no existan fugas en esta, pues debido a que prácticamente pasaría por el cerro, estaría desprotegida de cualquier factor que la pueda llegar a dañar.

Es recomendable verificar la topografía, es decir, realizar la poligonal abierta para determinar de manera precisa la ubicación y elevación de la línea de trazo, puesto que para el cálculo y análisis de la línea existente se utilizó la topografía del plano original, para la línea propuesta se utilizó el modelo digital de elevación provisto por Google Maps.

## 7.- BIBLIOGRAFÍA

- Carreño, Gloria: El Pueblo que se Negó a Morir, México, D.F., Editorial, S.A., 1989, 121 págs.
- Comisión Nacional Del Agua (CONAGUA), Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (M.A.P.A.S.), subdirección general técnica, gerencia de ingeniería básica y normas técnicas, Libro 12, México D.F.2015.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática: Anuario Estadístico del Estado de Michoacán, Aguascalientes, Méx., 1996, 434 págs.
- Romero Flores, Jesús: Nomenclatura Geográfica de Michoacán, Morelia, Mich., Investigaciones Lingüísticas, 1974, 52 págs.
- Romero Flores, Jesús: Michoacanos Distinguidos, Morelia, Mich., Cuadernos de Cultura Popular, 1975, 43 págs.
- Ruiz Chávez Ricardo, García Acevedo Roberto. Apuntes de la materia de abastecimiento de agua potable, Facultad de Ingeniería Civil, U.M.S.N.H. agosto 2016.
- Secretaría de Gobernación, Gobierno del Estado de Michoacán, Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Centro Estatal de Estudios Municipales: Los Municipios de Michoacán, 532 págs.
- Tavera Alfaro, Javier y Martínez de Lejarza J.J.: Análisis Estadístico de la Provincia de Michoacán, 1974.
- UNAM: Atlas Geográfico del Estado de Michoacán, 1979, 85 págs.

### Webgrafía:

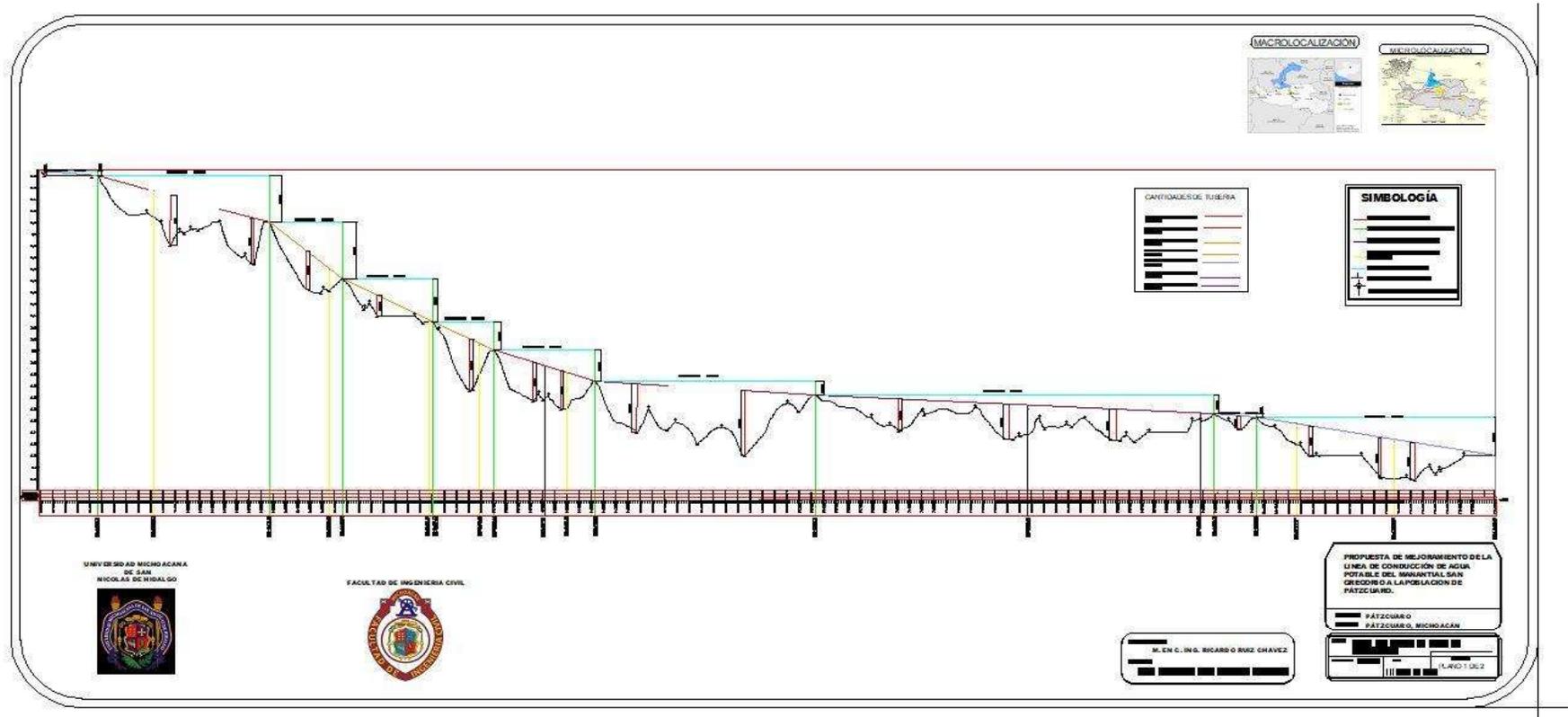
- <http://www.obrasweb.mx/construccion/1995/04/01/el-asbesto-questconfiabilidad-o-peligro> Consultado el 16 de noviembre del 2017.
- <http://www.obrasweb.mx/construccion/1995/04/01/el-asbesto-questconfiabilidad-o-peligro> Consultado el 16 de noviembre del 2017.
- <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/asbesto/hoja-informativa-asbesto> Consultado el 18 de noviembre del 2017.
- [http://www.mexalit.com.mx/3d/FOLLETOS/folleto\\_claseA.pdf](http://www.mexalit.com.mx/3d/FOLLETOS/folleto_claseA.pdf) Consultado el 18 de noviembre del 2017.
- <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825268701C> Consultado el 24 de noviembre del 2017.

- [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/16/16066.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/16/16066.pdf) Consultado el 16 de diciembre del 2017.
- <http://www.constructoraindustrialyminas.com/blog/tag/cajas-rompedoras-de-presion/> Consultado el 9 de enero del 2018.
- <https://definicion.de/pvc/> Consultado el 9 de febrero del 2018.
- <http://www.tuberiadepvc.mx/Tuberia-Hidraulica-de-PVC-Serie-Metrica.html> Consultado el 19 de febrero del 2018.
- <http://www.tuberiadepvc.mx/pdfs/PVC-Hidraulica-SerieMetrica.pdf> Consultado el 19 de febrero del 2018.
- <http://www.tumatsa.com/assets/tablas-de-normas-y-requerimientos.png> Consultado el 19 de febrero del 2018.
- <http://www.cavinse.com/assets/catalogos/vayremex/EAP25-06.pdf> Consultado 10 de abril del 2018

## ANEXOS:

**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**

- Perfil de la línea de conducción



**“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE QUE PARTE DEL MANANTIAL SAN GREGORIO Y SUMINISTRA AGUA POTABLE A LA POBLACIÓN DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN.”**

- Planta de la línea de conducción

