



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA EL
MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA POBLACIÓN DE
ARTEAGA MICHOACÁN”**

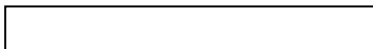
TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

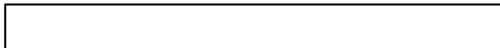
PRESENTA:

P.I.C. MIGUEL ÁNGEL YÁÑEZ OLMOS



ASESOR:

M. C. ROBERTO GARCÍA ACEVEDO



*Morelia, Michoacán.
Noviembre de 2012.*





AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES. (MARIA DE LA LUZ OLMOS y PABLO YAÑEZ)

Antes que nada les agradezco eternamente por haberme dado la vida, por educarme como lo hicieron por que gracias a esa educación que ustedes me dieron estoy escribiendo estos renglones de agradecimientos, me hicieron el hombre que ahora soy con defectos y virtudes pero sobre todo SU HIJO el cual no se cansará de darles las gracias por todo el apoyo que me brindaron en mi formación académica, ustedes siempre estuvieron ahí para convencerme de que lo mejor era estudiar, mis vivencias sentimentales, que aunque en algún tiempo mis ánimos estuvieron por los suelos siempre supieron darme los consejos adecuados para salir adelante.

Por todo ese amor incondicional que me brindaron, solo les puedo decir que ha sido correspondido, LOS AMO, por todo muchas gracias.

A MIS HERMANOS.

Quiero agradecerles todo el apoyo que recibí de ustedes, cada uno de ustedes fueron un modelo para motivarme e inspirarme a iniciar mi formación académica e intervinieron mucho para que ese inicio culminara en esto, estuvieron conmigo en las buenas y en las malas, en la salud y en la enfermedad, siempre supieron ser BUENOS HERMANOS, gracias por todo, los quiero mucho.

A MIS COMPAÑEROS.

Por estar a mi lado y aguantarme todos mis tropiezos y brindarme su hombro cuando los necesitaba, pero sobre todo gracias por aguantar mi carácter.

A MIS PROFESORES.

Por todos los conocimientos que me brindaron durante estos 5 años de carrera.





**A LOS INGENIEROS ROBERTO GARCÍA ACEVEDO Y
RICARDO RUÍZ CHAVEZ.**

Por darme su apoyo en este último esfuerzo.

A LOS NO NOMBRADOS.

A todas aquellas personas que en su momento supieron brindarme su apoyo incondicional, que me levantaron el ánimo, pero sobre todo que creyeron en mí, siempre estarán en mi mente.

A DIOS.

Por darme salud y fuerza para llegar hasta este día, por ponerme en mi camino a las personas indicadas y por darme esta familia que no cambiaría.

A TODOS, MIL GRACIAS.





ÍNDICE DE CONTENIDO





Contenido

1. ANTECEDENTES.	2
1.1 Suministro de agua y fuentes de abastecimiento.	2
1.2 Usos del agua.	3
1.3 Localización de la línea.	5
1.4 Descripción del área de estudio.	6
1.5 Fuentes de abastecimiento.	8
1.6 Aspectos teóricos.	10
1.7 Componentes de una línea de conducción.	12
1.8 Sistema de abastecimiento.	12
1.9 Problemática de estudio.	16
2. OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS.	20
2.1 Objetivo general.	20
2.2 Objetivos específicos.	20
3. JUSTIFICACIÓN.	22
4. REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.	24
4.1 Revisión de gastos.	24
4.2 Revisión de cárcamo de bombeo.	24
4.3 Revisión de línea de conducción.	25
4.4 Revisión de bomba y piezas especiales.	25
4.5 Revisión de la fuente de abastecimiento.	25
4.6 Razones de la deficiencia del sistema.	26
5. DISEÑOS HIDRÁULICOS, FUNCIONALES Y DE CONJUNTO DE LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA.	29
5.1 Periodo de diseño.	29
5.2 Población de proyecto.	29
5.2.1 Método aritmético.	31
5.2.2 Método geométrico.	32





5.2.3	Método del mínimo cuadrado.....	33
5.2.4	Método de la curva exponencial.....	34
5.3	Consumo.....	36
5.3.1	Consumo doméstico.....	36
5.3.2	Consumo no doméstico.....	36
5.4	Demanda.....	37
5.5	Dotación.....	37
5.6	Coeficientes de variación.....	37
5.7	Gastos de diseño.....	38
5.8	Velocidades máximas y mínimas.....	41
5.9	Línea de conducción a gravedad.....	41
5.9.1	Ubicación de la línea de conducción.....	42
5.9.2	Elección del material de la tubería.....	44
5.9.3	Diseño de tramo de línea de conducción a gravedad.....	44
5.9.4	Descripción del esquema de apoyo.....	47
5.10	Línea de conducción por bombeo.....	48
5.10.1	Diseño de línea de conducción por bombeo.....	48
5.10.2	Golpe de ariete.....	53
5.10.3	Descripción del esquema de apoyo.....	62
5.11	Cárcamos de bombeo.....	64
5.11.1	Gasto.....	66
5.11.2	Tiempo de residencia.....	66
5.11.3	Diseño de cárcamos.....	66
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	70
8.	ANEXOS.....	71





1

ANTECEDENTES





1. ANTECEDENTES.

1.1 Suministro de agua y fuentes de abastecimiento.

El agua como componente principal de la materia viva y elemento indispensable para el bienestar social y desarrollo económico del país es un recurso limitado que debe ser cuidado y aprovechado de manera racional, ya que para poder hacer uso de este vital líquido cada día se requiere de mayor capital humano, equipo especializado, recursos económicos, etc., ya sea para excavar y extraer de grandes profundidades el agua y/o movilizarla a través de trayectos cada vez mayores, con lo que se propicia el alza de los costos de producción.

En la antigüedad los poblados no necesitaban de obras de ingeniería para hacer uso del agua, puesto que cazadores y nómadas acampaban cerca de las fuentes naturales de agua fresca y las poblaciones estaban tan distantes unas de otras que la contaminación del agua no parecía ser un problema importante. Una vez que se desarrolló la vida en comunidades y aldeas que dependan de la agricultura, el suministro de agua para los habitantes y para el riego se volvió un problema. Los romanos fueron los primeros en darse cuenta del problema al ver que sus ciudades requerían del suministro del vital líquido, lo que los llevó a construir una extensa red de acueductos que traían agua de regiones montañosas a los valles donde se encontraban emplazadas las aldeas y ciudades. Con la caída del imperio romano decayó el uso de acueductos para el transporte de agua y durante varios siglos la colección de agua se hizo a través de manantiales locales.

Con el invento del equipo de bombeo se propició la posibilidad del desarrollo de sistemas de agua con suministro desde legiones alejadas de las ciudades. Aunado al bombeo del agua a partes altas de las poblaciones para su posterior distribución por gravedad, se popularizó el uso de bombas para la extracción de agua de cada vez mayores profundidades en el subsuelo, generándose así la explotación de los mantos acuíferos, convirtiéndose estos en una fuente de abastecimiento, pero por el elevado costo de tener que extraer el agua con el transcurso del tiempo de profundidades cada vez mayores, conlleva a la elevación del costo de producción.

Viéndolo desde el punto de vista económico, se volvía a que la captación de agua superficial y/o de manantiales cercanos a los poblados constituía la mejor opción de una buena fuente de suministro del agua. Para el abastecimiento de agua por medio de tuberías se experimentó a mediados del siglo XVI con el hierro fundido en primera instancia, teniendo este gran éxito debido a su bajo costo de producción, lo que lo convirtió en el material predilecto para redes y líneas de conducción en los sistemas de agua potable.

Recientemente se ha visto que en regiones en donde se cuenta con un suministro deficiente del líquido se ha optado por crear una nueva fuente de abastecimiento, siendo esta el agua de mar que, por medio de procesos de desalinización, convierten en agua potable el agua del vasto océano. Tales procesos son, en la actualidad, muy caros de realizar, pero tendrán que llevarse a cabo si es que se pretende dotar de agua potable a regiones tan secas como las zonas desérticas. Aunado al suministro de agua, en épocas recientes el ingeniero se ha visto en la necesidad de no solo dotar de agua, sino de su entrega en condiciones tales que ésta esté libre de contaminantes sólidos o bacteriológicos, que permitan hacer uso de ella en viviendas, campos de riego e





industrias tomando en cuenta un criterio de potabilización mínima al momento de su entrega. Esto ha conllevado al perfeccionamiento de métodos de tratamiento, anteriormente limitados a una simple filtración del agua que ha disminuido en forma considerable el riesgo de enfermedades endémicas.

1.2 Usos del agua.

La dotación de agua potable por medio de un sistema de suministro del líquido es ampliada, o en su defecto creada para procurar la entrega de un volumen de agua tal que satisfaga las necesidades de consumo tanto de la población en general, la industria, el campo y el hogar. En general, las instalaciones que sean diseñadas para hacer un uso correcto del suministro de agua deberán constar de varias obras, como son: captación, conducción, regulación y suministro.

Con el desarrollo de proyecto a fines se pretende estimar que cantidad de agua será consumida en el sector al cual se le pretenda dotar con el servicio; cuando se trata de una ampliación de las fuentes de abastecimiento, entonces se pueden tomar como punto de referencia valores promedio de consumo registrados con antelación y así, de este manera, se puede tener una mayor certeza en saber cuál de los sectores (doméstico, público, industrial, campo, etc.) es el que tiene mayor demanda y deficiencia.

Para asegurar el servicio continuo a la población en general de tomas para extinción de incendios y uso sanitario en el caso de alguna contingencia natural, debe tenerse mucho cuidado en la selección del equipo a utilizar en emergencias y suministro de agua, dándose máxima protección a las fuentes de potencia y bombas a utilizar en el caso de un desastre, debiendo estar estos disponibles para un funcionamiento continuo.

La división del suministro del agua para una población, de acuerdo al uso que se le dé. Puede ser: doméstico, industrial, comercial y público.

El uso doméstico es aquel que se da por medio de los consumidores de casas habitación, apartamentos, moteles y hoteles, es usada como: bebida, baño, lavado, sanitario, culinario y riego de jardines. Este consumo representa entre el 30 y el 60% del consumo total del agua en una ciudad promedio.

El agua que es proporcionada para un uso comercial es utilizada en edificios de tiendas y oficinas para los sanitarios, limpieza y aire acondicionado, representando entre el 10 y el 30% del consumo total.

Entre los diversos usos industriales del agua dotada para una población tenemos: intercambio de calor, enfriamiento, limpieza, etc. Por lo general, entre más grandes son las ciudades, mayor es su industrialización, lo que conlleva a tener un porcentaje cada vez mayor de demanda de agua. Su porcentaje varían entre el 20 y el 50% de la cantidad utilizada por persona al día.





El uso público del agua está destinado para el riego de parques, edificios públicos y calles, combate de incendios, etc. Esta dotación contribuye entre un 5 y 10% del volumen de agua requerido.

Hay que tomar en cuenta también que en cada una de las fases de: captación, traslado, almacenamiento, distribución y uso, se tienen pérdidas del líquido, que representan, conservadoramente, entre el 10 y el 15% del consumo total, llegando a tener casos en los que estas pérdidas representan hasta un 40%, como sucede en la ciudad de México.





1.3 Localización de la línea.

El estado de Michoacán colinda al Oeste con los estados de Colima y Jalisco, al Norte con los estados de Guanajuato y Querétaro, al Este con los estados de Guerrero y Edo. de México y al Sur con el océano pacífico. (Imagen 1).



Imagen 1. Localización del estado de Michoacán.

El municipio de Arteaga, Michoacán. Se encuentra enclavado dentro de la región Tierra Caliente del estado, al Sur de éste y colindante con los municipios de Lázaro Cárdenas, Aquila, Tumbiscatío, Coalcomán, La Huerta y Churumuco, así como con el estado de Guerrero al Este del municipio. (Imagen 2).

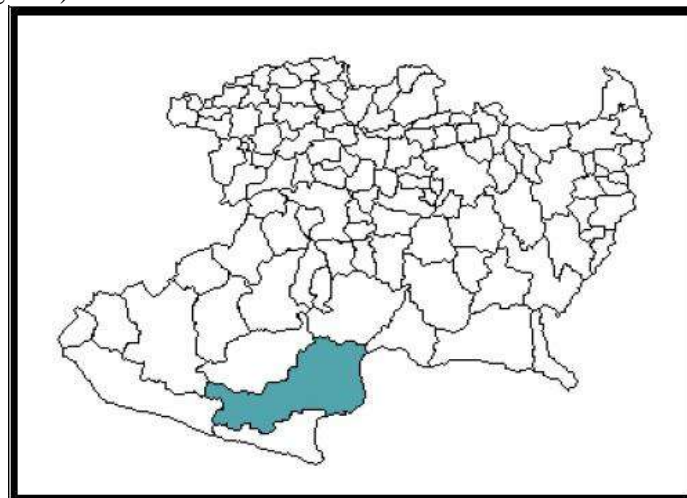


Imagen 2. Localización del municipio de Arteaga Mich.



1.4 Descripción del área de estudio.

Arteaga, era conocida anteriormente con el nombre de El Carrizal, sin embargo, en memoria del Gral. José Ma. Arteaga se le cambio el nombre por el que actualmente tiene.

Se localiza en el sur del Estado, en las coordenadas 18°42' de latitud norte y en los 102°52' de longitud oeste, a una altura de 820 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con La Huacana, al este con Churumuco y el Estado de Guerrero, al sur con Lázaro Cárdenas y al oeste con Tumbiscatío, Aguililla, Coalcomán y Aquila. Su distancia a la capital del Estado es de 305 km. En la imagen 3 se puede apreciar el municipio de Arteaga.

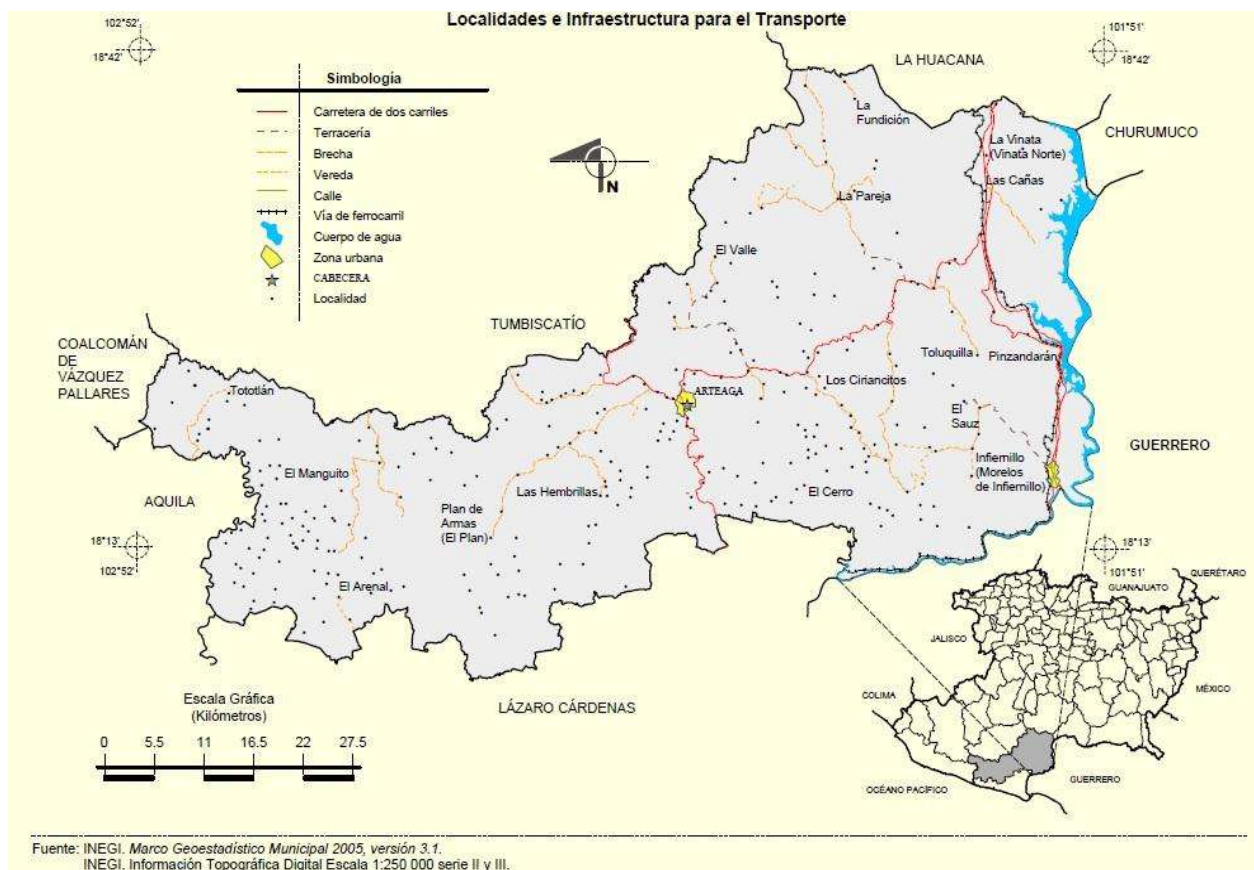


Imagen 3. Características del Municipio.



Algunos de los rasgos más importantes sobre el municipio son:

Extensión.

Su superficie es de 3,454.71 km² y representa el 5.87 por ciento de la superficie del Estado.

Orografía.

La constituyen parte de la sierra Madre del Sur, y los cerros del Agua, del Fraile, de la India, del Chicote y de la Batea.

Hidrografía.

La conforman el río Balsas, Tepalcatepec, Nexpa y la presa de Infiernillo.

Clima.

Es tropical con lluvias en verano y seco estepario. Tiene una precipitación pluvial anual de 546.5 milímetros y temperaturas que oscilan de 22.2 a 34.0 grados centígrados.

Principales ecosistemas.

La vegetación dominante son los bosques: tropical deciduo con parota, cuéramo, ceiba, huisache, temezquite, zapote y mango; y mixto con pino, encino y cedro. Las principales especies animales son la ardilla, armadillo, conejo, zorro, nutria, mapache, tlacuache, cacomixtle, zorrillo, paloma, tórtola, codorniz y peces como el bagre, carpa y mojarra.

Recursos naturales.

La superficie forestal de maderables es ocupada por pino, parota, caoba y primavera, y en el caso de la no maderable, por arbustos de distintas especies. Las principales ramas de la industria son los alimentos, productos de madera y corcho, excepto muebles. Extracción de plata, yacimientos de oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro, molibdeno y calizas.

Características y uso de suelo.

Los suelos del municipio datan de los períodos mesozoicos y corresponden principalmente a los del tipo castaño de pradera, café grisáceo y amarillo. Su uso es primordialmente ganadero y en menor escala forestal y agrícola.

Educación.

Tiene infraestructura educativa para los niveles de: preescolar, primaria, secundaria, bachillerato. Así mismo existen las escuelas para educadoras y para maestros.





Salud.

Cuenta con IMSS, hospital de la secretaria de salud, médicos y clínicas particulares. En el medio rural la atención se proporciona a través de las clínicas IMSS-solidaridad.

Deporte.

Cuenta con canchas de basquetbol en el interior de las escuelas secundarias y preparatorias, solo en algunas comunidades cuentan con campos de futbol.

Vías de comunicación.

Al municipio lo comunica la carretera federal Morelia-Lázaro Cárdenas y con el municipio de Tumbiscatío la carretera esta pavimentada; la comunicación con las comunidades es por caminos de terracería. Cuenta el municipio con aeropista fuera de servicio; servicio telefónico domiciliario en la cabecera municipal y casetas telefónicas en las localidades más importantes; oficina de correos y telégrafos solamente en la cabecera municipal. Se cuenta con servicio de televisión nacional y se escucha radio AM y FM.

1.5 Fuentes de abastecimiento.

El proporcionar agua para el consumo humano, ya sea para necesidades domésticas, industriales o de riego, es una necesidad latente y en constante demanda en todas las regiones del país, por lo que la construcción de la infraestructura necesaria para llevar el servicio a las comunidades que así lo requieran es y seguirá siendo una de las principales prioridades del gobierno.

Se sabe que en las regiones o centros poblacionales de mayor desarrollo se cuenta con una mejor infraestructura de abastecimiento de agua para los diferentes usos que a ella se le dan, esto debido a la constante demanda que esos lugares en específico requieren para llevar a cabo sus trabajos; en cambio, las poblaciones rurales y el campo en general carece de una adecuada planificación del desarrollo de la infraestructura necesaria para elevar el nivel de vida de los habitantes de esas regiones; aunado a esto, la poca infraestructura con que se cuenta, o se encuentra en decadentes condiciones de trabajo o, definitivamente, su uso en nulo ya.

Velar por el equilibrio, uso racional y una buena distribución de los recursos con los que cuentan las diferentes municipalidades que enfrentan el problema de un rezago en la implementación de infraestructura generadora de fuentes de abastecimiento de agua para sus poblaciones es el reto al que se enfrentaran los futuros gobernantes.

En este trabajo de tesis se propone el mejoramiento de la eficiencia de una línea de conducción en el municipio de Arteaga, Michoacán, en donde se pretende captar el agua del manantial “la cueva”, el cual es uno de los manantiales principales, debido a que actualmente dicho manantial abastece a la mayor parte de la población de Arteaga. Este trabajo de tesis se enfoca específicamente en mejorar tanto la obra de captación, el cárcamo de rebombeo y desde luego la





línea, por lo que me refiero a la infraestructura que va desde la obra de captación hasta el cárcamo de bombeo. El mejoramiento de la eficiencia contempla los siguientes puntos:

- Ubicación, reconocimiento y aforo en campo del manantial y planos tipo de la obra de captación.
- Re-diseño hidráulico tanto del tramo de línea a gravedad, como del tramo de la línea por bombeo.
- Resultados.

Como ya es conocido, las principales fuentes de abastecimiento son las superficiales y las subterráneas. Si bien en la antigüedad las aguas superficiales solo incluían al grupo de las aguas dulces naturales, hoy en día, debido a la creciente y constante demanda para su uso por persona y con relación a los estándares de vida, se ha venido considerando el aprovechamiento de aguas tratadas por desalinización o por medios físicos o químicos en el caso de aguas de desecho.

Entre los factores que influyen en la consideración de la utilización de una u otra fuente de abastecimiento de agua se encuentran:

- Viabilidad de realización del proyecto.
- Calidad del agua.
- Costo de obtención del líquido.
- Impacto ambiental de la realización de la obra.
- Aspectos políticos y legales diversos.

Debido a que entre ellos, los factores toman en cuenta criterios de desarrollo diferentes, no se citara más que el “factor costo”, que en nuestro actual entorno de desarrollo del país, es el que repercute de manera más significativa en la decisión de realizar o no determinada obra. En este orden de ideas, considerar la elaboración de un proyecto deberá repercutir directamente sobre cuánto será el costo que el consumidor estará dispuesto a pagar, o en su defecto, cuanto el gobierno está dispuesto a solventar o absorber de la totalidad del monto de la obra.

Mientras que en zonas poco pobladas se puede echar mano del consumo del agua de fuentes cercanas y de mayor afluencia (como en caso de fuentes superficiales que solo requerirán un tratamiento previo antes de su entrega domiciliaria), en regiones densamente pobladas, donde se tenga una demanda del líquido que exceda la capacidad de las fuentes existentes, el costo de una nueva fuente aumenta, centrando la mirada en el aprovechamiento de las aguas residuales o de mar(mediante un previo tratamiento muy costoso).

Una buena fuente de abastecimiento implicará que ésta sea lo bastante grande como para satisfacer toda la demanda de agua de determinada población demandante, o de abastecer de forma correcta un excedente de demanda; no obstante es indeseable que se depende de una sola fuente de abastecimiento, y su diversificación es indispensable. La fuente deberá satisfacer la demanda durante interrupciones de energía y en presencia de desastres naturales o accidentes. Desde el punto de vista de la seguridad, los abastecimientos más deseables son los siguientes:





- Abastecimiento inagotable, superficial o subterráneo, circulando por gravedad.
- Fuente de gravedad con depósitos de almacenamiento.
- Fuente inagotable que requiera bombeo.
- Fuente que requiera almacenamiento y bombeo.
- Fuente que requiera determinado tratamiento para su distribución.

De entre las fuentes que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) tiene contempladas que se ubican en la región se encuentran las siguientes:

Tabla 1. Fuentes de agua en el municipio de Arteaga Michoacán

TIPO DE FUENTE	NO. DE FUENTES
Pozos profundos	2
Manantiales	237
Otras fuentes subterráneas	2
Otras fuentes superficiales	13

Fuente: Datos de la comisión nacional del agua, 2001

Para nuestro caso elegimos la fuente de abastecimiento como manantial “La cueva” que nos proporciona gasto suficiente para abastecer a la mayor parte de la población de Arteaga.

1.6 Aspectos teóricos.

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua, se le llama línea de conducción, al conjunto integrado por tuberías, y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión desde la fuente de abastecimiento, hasta el sitio donde será distribuida.

Clasificación de líneas de conducción.

Estas obras se requieren para conducir o llevar el agua captada desde la fuente hasta el lugar de su almacenamiento, de su tratamiento o distribución. Esta conducción puede realizarse por gravedad o por bombeo. Si es por gravedad se emplean tuberías, canales abiertos o cubiertos; y si es por bombeo se emplean tuberías.

a) Conducción por gravedad.

Tuberías:

Cuando en líneas de conducción por gravedad se eligen tuberías, estas pueden trabajar como canal o a tubo lleno, es decir, a presión, dependiendo de las características topográficas en la línea. La selección en cuanto a resistencia y material del tubo, dependen de las presiones, de las características corrosivas o incrustantes del agua, del grado de resistividad del suelo, mano de obra, ubicación del lugar.





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

b) Conducción por bombeo.

Cuando la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel inferior al depósito o a la población, el agua captada se impulsa por bombeo. Cuando se llega a este caso, se elige el diámetro adecuado mediante un análisis económico en el que se eligen 3 o 4 diámetros posibles, seleccionando el que arroje el menor costo anual de operación.

Este costo está integrado por dos componentes: el costo anual de mano de obra incluida la adquisición de la tubería y el costo anual de consumo de energía eléctrica

El espesor de las paredes de los tubos depende en este caso no solo de la calidad del agua, de las características del terreno y de la presión sino también de la sobrepresión producida por el “golpe de ariete”.

Además de los accesorios mencionados anteriormente (excepto cajas rompedoras de presión), para protección del equipo de bombeo y de la tubería de conducción contra los efectos del golpe de ariete, se recurre a válvulas aliviadoras de presión, torres de oscilación, chimeneas de equilibrio, cámaras neumáticas.

En términos generales puede decirse que la localización de una línea de conducción debe ajustarse a los siguientes lineamientos:

1. Evitar en lo posible las deflexiones tanto en planta como en perfil.
2. Seguir la línea que evite le necesidad de construir puentes, túneles, tajos, puentes-canales, etcétera.
3. Tratar de que la línea se pegue al máximo a la línea piezométrica para hacer que la tubería trabaje con las menores cargas posibles, sin que esto quiera decir que se tenga que seguir una pendiente determinada que obligaría a desarrollar el trazo de la línea.
4. Si existe una altura entre la fuente de abastecimiento y el tanque, o la población, si es bombeo directo, debe llevarse la línea a esta altura para bajar de ahí por gravedad la tubería y tener el menos tramo posible por bombeo, o para trabajar a menor presión si continúa por bombeo.





1.7 Componentes de una línea de conducción.

Materiales.

En la fabricación de tuberías utilizadas en los sistemas de agua potable, los materiales de mayor uso son: Fierro Galvanizado, Fibrocemento, concreto pre esforzado, Policloruro de Vinilo (PVC), y Polietileno de alta densidad.

Piezas especiales.

- Juntas.
- Carretes.
- Extremidades.
- Tees.
- Cruces.
- Codos.
- Reducciones.
- Coples.
- Tapones y tapas.

Válvulas.

- Válvula eliminadora de aire.
- Válvula de admisión y expulsión de aire.
- Válvulas de no retorno.
- Válvula de seccionamiento.

Medios para control de transitorios.

- Torre de oscilación.
- Válvulas reguladoras de presión.
- Caja rompedora de presión.

1.8 Sistema de abastecimiento.

Actualmente la población de Arteaga se abastece en gran medida con el manantial “la cueva”, el actual sistema consta de varias estructuras como son:

Cárcamo de bombeo: El agua extraída del manantial “la cueva” es captada por un cárcamo de bombeo, el cual está situado a unos metros del nacimiento del efluente, tal cárcamo está construido de concreto armado, sobre el cárcamo están montadas dos bombas, de las cuales solo una está en funcionamiento. (Imagen 4).





Imagen 4. Manantial "la cueva".

Línea de bombeo: El actual sistema cuenta también con una línea de bombeo, la cual está construida de acero al carbón de 8"Ø, dicha línea actualmente transporta un gasto de 40l/s. La línea va desde el cárcamo de bombeo hasta un cárcamo de rebombeo que se encuentra en un costado de la carretera en un punto más alto. Dicho tramo de tubería cruza el cerro debido a que en un principio se pensó que sería más barato debido a la menor cantidad de tubería ocupada, pero han surgido una seria de problemas como la toma clandestina del líquido, además de que la tubería comienza a tener fugas y se ha comenzado a oxidar.



En la imagen 5 se puede apreciar dicho tramo de tubería.



Imagen 5. Línea de bombeo existente.

Cárcamo de rebombeo: El cárcamo de rebombeo es una estructura que está situada aproximadamente a media altura del cerro, sobre un costado de la carretera Arteaga-Tumbiscatío. Debido al gran desnivel topográfico entre el cárcamo de bombeo y la caja rompedora de presión se pensó en construir tal cárcamo de rebombeo, en dicha estructura se lleva el proceso de desinfección. Desde esta estructura se bombea el agua hasta el punto más alto que es la caja rompedora de presión. En la imagen 6 se puede apreciar parte del cárcamo de rebombeo que actualmente está en operación.





Imagen 6. Cárcamo de rebombeo.

Línea de rebombeo: Al igual que la línea de bombeo, esta tubería también es de acero al carbón de 8"Ø, pero a diferencia de la línea de bombeo esta sigue la trayectoria de la carretera a partir del Cárcamo del rebombeo. Dicha tubería llega hasta una estructura llamada caja rompedora de presión o también llamada tanque de regularización.

Tanque de regularización: Actualmente existen dos tanques de regularización de mampostería y losa de concreto de 500 m³ cada uno. El primero localizado ya dentro de la localidad fue construido conjuntamente cuando se construyó la línea de conducción en 1979. Posteriormente en el año de 2001 se construyó el segundo tanque de igual capacidad en otra parte más alta, ya que en la actualidad existen construcciones más arriba del primer tanque construido.

Línea de alimentación: Una vez que el agua es bombeada y rebombeada hasta el depósito de transición, entonces se alimenta a la población por gravedad hasta llegar a los tanques de regularización. Esta alimentación se realiza por medio de tubería de PVC de 6"Ø.

Red de distribución: La red de distribución prácticamente cubre la mayor parte de la población, aunque existen los problemas de una mala distribución, por lo que las autoridades municipales planean como segunda etapa de este proyecto realizar una rehabilitación en la red para que toda la población goce de este servicio.

Tomas domiciliarias: De acuerdo al censo levantado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) en 2005, se tiene en este año existían 2109 tomas domiciliarias y en este año 2008 el organismo operador tiene un registro de 2500 tomas aproximadamente.



1.9 Problemática de estudio.

Dentro del presente tema de tesis se pretende dar una solución a la eficiencia del actual sistema de abastecimiento de agua del Municipio de Arteaga Mich. Para esto necesitamos establecer las condiciones en las que actualmente se encuentra operando el sistema, para lo cual hablaremos de cada una de las estructuras que necesitarán dicha rehabilitación.

Obra de captación: La actual obra de captación es básicamente un cárcamo de bombeo, debido a que se encuentra casi directamente sobre el orificio de donde emana el agua. Dicho cárcamo se encuentra en malas condiciones. Algunas de sus deficiencias son:

- Presenta cuarteaduras a lo largo de su superficie, así como fugas en la estructura.
- Le hacen falta válvulas para su buen funcionamiento.
- Las dimensiones del cárcamo son muy pequeñas para colocar todos los dispositivos para el buen funcionamiento (como válvulas).
- El equipo de bombeo ya está en malas condiciones.
- El tren de descarga está oxidado y no cuenta con los dispositivos para su protección.

En la imagen 7 se puede observar el mal estado de la obra de captación.

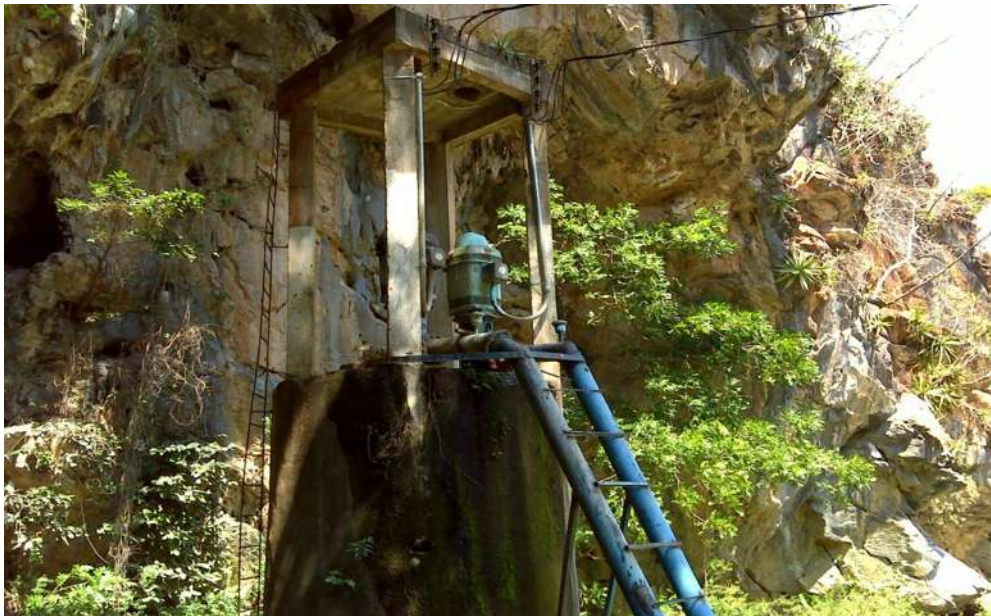


Imagen 7. Obra de captación.

Línea de bombeo: La línea de bombeo está hecha de tubería de acero al carbón c-40 de 8"Ø, en la cual se presentan algunos problemas como son:

- Con el diámetro actual ya no se alcanza a satisfacer la demanda actual.
- La tubería ya es vieja y presenta fugas.
- El gasto que transporta ya no es suficiente para la población.



- Le hacen falta dispositivos para su buen funcionamiento como son válvulas de admisión y expulsión de aire.
- Existen toma clandestina a través de la trayectoria que pasa por el cerro.

En la imagen 8 podemos observar las condiciones de la tubería.



Imagen 8. Línea de bombeo.

Cárcamo de rebombeo: El cárcamo de rebombeo es una estructura que se encuentra aproximadamente a media altura entre el cárcamo de bombeo y la caja rompedora de presión. Dicho cárcamo de rebombeo fue construido con la finalidad de salvar el desnivel topográfico que faltaba debido a que las bombas que están en la obra de captación no eran capaces de elevar el agua hasta el nivel deseado. En dicho rebombeo solo está en funcionamiento una de las bombas, debido a que una de ellas esta averiada. Algunas de las fallas que presenta dicho cárcamo de rebombeo son:

- Al igual que el cárcamo de bombeo, éste presenta también cuarteaduras a todo lo largo de su superficie.
- Presenta fugas de agua.
- Las bombas ya no dan la eficiencia requerida.
- El sistema de desinfección que se encuentra aquí está en muy malas condiciones.
- El acceso al rebombeo es difícil.



En las imágenes 9 y 10 se puede observar el estado de lo que conforma el actual cárcamo de rebombeo.



Imagen 9. Cárcamo de rebombeo actual.



Imagen 10. Sistema de cloración actual.





2

OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS





2. OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS.

2.1 Objetivo general.

Dar una solución para mejorar la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua del Municipio de Arteaga Michoacán, esto haciendo una serie de estructuras nuevas, así como las modificaciones y rediseños pertinentes para el buen funcionamiento del sistema.

2.2 Objetivos específicos.

Aprovechar gran parte del agua que sale del manantial por medio de una obra de captación, para poder ser conducida a través de la tubería, funcionar como estructura capaz de mantener la hermeticidad de la estructura y evitar que se contamine el líquido, funcionar como estructura de transición entre el manantial y la tubería, así como funcionar como reguladora de caudal de diseño. Una vez teniendo dicha estructura se estará asegurando la cantidad y calidad del líquido adecuada.

Almacenar la cantidad de agua adecuada por medio de un cárcamo de bombeo para dar el tiempo de retención hidráulico adecuado para las bombas, así como servir de soporte y estructura de impulsión del caudal requerido, además de servir como caja reguladora de caudal y protección contra contaminantes externos.

Almacenar la cantidad de agua adecuada para dar el tiempo de retención hidráulico adecuado para las bombas al igual que en el cárcamo de bombeo, así como servir de soporte y estructura de re-impulsión del caudal requerido, además de servir como caja reguladora de caudal y también evitar contaminación del líquido.

Transportar el caudal de diseño por medio de una línea de conducción desde la obra de captación, hasta la caja rompedora de presión, así como garantizar la calidad y presión adecuada del agua que sobre ella viajara.





3

JUSTIFICACIÓN





3. JUSTIFICACIÓN.

Dentro del presente tema de tesis se plantea básicamente cambiar tanto la trayectoria como la tubería, así como la creación de una obra de captación y la remodelación del cárcamo de bombeo y cárcamo de rebombeo del tramo de bombeo de la línea de conducción que abastece a la población de Arteaga Michoacán. El planteamiento de una línea de conducción de agua desde el manantial “la cueva” respecto al uso de pozos profundos, cercanos o dentro de la población, como fuentes alternativas de dotación de agua potable a la población plantea los siguientes inconvenientes y ventajas, quedando justificado como:

- De acuerdo a estudios realizados en aguas subterráneas de la zona se encontró que el agua no es apta para el consumo humano, por tener ésta altas concentraciones de minerales.
- Los niveles freáticos del agua subterránea se encuentran a gran profundidad, lo que incrementaría el costo por concepto de excavación del pozo profundo y la extracción del agua.
- De considerarse la extracción del agua de los mantos acuíferos subterráneos como alternativa de suministro alterno de agua, se tendría que implementar una potabilización previa a la entrega a la red de distribución domiciliaria, conllevando con eso un aumento en el costo de infraestructura de una planta potabilizadora de mayor especialización en el retiro de los minerales presentes en el agua extraída.
- El hecho de pensar en cambiar la trayectoria y la tubería de la línea actual se justifica básicamente en que se estaría evitando la extracción clandestina del líquido y las fugas debidas al deterioro de la misma.
- Se plantea también la creación de una obra de captación, debido a que actualmente no se cuenta con alguna y el cárcamo de bombeo funciona también como captación.
- En necesario también la creación de una nuevo cárcamo de bombeo, debido a que este se encuentra en mal estado. Dicho cárcamo será construido aguas abajo del efluente, debido a que en el actual el acceso al sitio es difícil.
- La detección de fugas es otra de las principales razones por las que será modificada la trayectoria de la tubería. Esta será reubicada a un costado de la carretera Arteaga-Tumbiscatío.
- Otra de las razones por las que se justificaría el proyecto es que el actual gasto que se bombea ya no es suficiente para la población, debido al rápido crecimiento de la misma.
- Uno de los inconvenientes de esta línea de conducción planteada es su extensa longitud y el uso de grandes diámetros para salvar lo accidentado de la topografía, reflejado en la línea de conducción.





4

REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE



4. REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.

4.1 Revisión de gastos.

Para la revisión del gasto que actualmente se está bombeando se tuvo que hacer una visita al municipio y de ahí a la línea. Al llegar al sitio observamos el medidor de gasto directamente sobre la línea y observamos que se están bombeando 40 l/s. Se puede observar el gasto bombeado en la imagen 11.



Imagen 11. Gasto de bombeo actual.

Más adelante mostraremos los cálculos del gasto de diseño, y comparándolo con el gasto que actualmente se bombea (ver imagen 11) concluimos que es insuficiente.

4.2 Revisión de cárcamo de bombeo.

Los pozos húmedos, mejor conocidos como “cárcamos de bombeo” pueden ser definidos como una estructura complementaria que sirve como almacenamiento provisional, para rebompear algún líquido de un nivel determinado a un nivel superior. Se emplea para el agua potable, agua tratada, drenaje sanitario y drenaje pluvial.

Puesto que el objetivo de un cárcamo es elevar el agua, estos se componen de cámaras, bombas y de equipos auxiliares. En base a esto a continuación se describirán algunas de las características del cárcamo actual: La estructura que actualmente funciona como cárcamo de bombeo es de forma cilíndrica y se encuentra ubicado a un costado del manantial. Actualmente dicho cárcamo





ha dejado de dar la funcionalidad con la que debería estar trabajando debido a que sus paredes se encuentran cuarteadas, presentan fugas, no contiene tubería de desagüe por lo que se encuentra con bastantes sedimentos, no cuenta con algún tipo de ventilación, las bombas se encuentran al intemperie, el acceso al sitio donde se encuentra ubicado es de difícil acceso, entre otros.

4.3 Revisión de línea de conducción.

Como ya hemos mencionado anteriormente, la línea de conducción que actualmente opera en el municipio de Arteaga, consiste de dos tramo: un primer tramo es el que va desde la fuentes de abastecimiento (manantial) hasta el cárcamo de rebombeo y que viaja a través del monte, el segundo tramo va desde el cárcamo de rebombeo hasta una caja rompedora de presión que es el punto más alto de la línea, en este segundo tramo, la tubería fue cambiada de sitio hace algunos años, para ser colocada a la orilla de la carretera Arteaga-Tumbiscatío con la finalidad de seguir evitando las tomas clandestinas, así como saber inmediatamente el sitio al momento de tener alguna fuga a lo largo de la misma. En esta tesis solo hablaré de lo que es el primer tramo de la línea, debido a que como ya sabemos el segundo tramo hace algunos años fue cambiado y remodelado, por lo que no necesita remodelación actualmente. Como es sabido, el primer tramo de la línea está compuesto por tubería de acero de 8"Ø y sale desde el cárcamo de bombeo que está ubicado a unos metros del manantial y llega hasta el cárcamo de rebombeo. En dicho tramo la tubería presenta una serie de defectos que han ido causando que su eficiencia baje como son: fugas debidas a las altas presiones, al movimiento del terreno que ha causado deformaciones o movimientos en la tubería, también causadas debido al fenómeno del golpe de ariete, así como corrosión tanto interna como externa, entre otras.

4.4 Revisión de bomba y piezas especiales.

Actualmente se encuentran dos bombas en el cárcamo de bombeo, de las cuales sólo una está en funcionamiento. Dichas bombas se encuentran contaminadas, desalineadas, oxidadas, los empaques se encuentran desgastados entre otros daños.

Al igual que en la tubería, en las piezas especiales como codos, reducciones, válvulas, tees, también se presentan defectos como lo es la corrosión, el desgaste, deformaciones por golpes o cambios de temperatura, así como desajustes en bridas y fugas por las mismas.

4.5 Revisión de la fuente de abastecimiento.

Los manantiales se pueden clasificar por su ubicación y afloramiento. Por su ubicación son de ladera o de fondo, y por su afloramiento son de tipo concentrado o difuso.

En nuestro caso tenemos que el manantial "la cueva" es del tipo ladera debido a que el agua aflora de forma horizontal también tenemos que es del tipo concentrado debido a que el agua aflora por una pequeña área.





a) Cantidad de agua producida.

La carencia de registros hidrológicos obliga a realizar una investigación directa sobre las fuentes, en donde lo ideal fue aforar en temporada crítica de rendimiento que correspondió a los meses de estiaje, para así tener los caudales mínimos que se tendrán en el efluente. Lo ideal que tendría que presentarse es que el caudal mínimo sea mayor que el caudal máximo de consumo diario.

Con base en los aforos realizados en época de estiaje, se tiene el caudal que nos proporciona el manantial “la cueva” es de 88.4 l/s.

b) Calidad del agua captada.

En cada país existen reglamentos en los que se estipulan los límites de tolerancia de la calidad del agua. Con el fin de conocer la calidad de la fuente que se pretende utilizar se debe realizar los análisis físico-químicos y bacteriológicos y así conocer los rangos tolerables de las normas oficiales mexicanas, referentes al tema.

Los requerimientos básicos para que el agua se potable son:

- Estar libres de organismos patógenos que puedan causar enfermedades.
- No contener compuestos que contengan un afecto adverso, agudo o crónico sobre la salud humana.
- Ser aceptablemente clara (baja en turbidez, color, olor, etc.)
- No salina.
- Que no contenga compuestos que le den sabor y olor desagradables.
- Que no causen corrosión o incrustaciones en el sistema de abastecimiento o en la propia línea de conducción.

4.6 Razones de la deficiencia del sistema.

El abastecimiento de agua ha llegado a ser un factor determinante para la salud pública y el desarrollo económico de casi todo el mundo, y muy especialmente en los países en vías de desarrollo. Deficiencias y retrasos han creado una situación que exige con urgencia de los gobiernos y los organismos locales medidas inmediatas para fomentar la construcción de nuevos sistemas de abastecimiento de agua y mejorar los ya existentes. Durante los últimos años, el aprovechamiento del recurso hídrico ha sido irracional y descontrolado producto de los acelerados crecimientos demográficos que afectan de manera importante la calidad y cantidad de agua dulce disponible en el municipio de Arteaga Michoacán. Llevando esto a nuestra línea de conducción podemos decir que: existen muchas deficiencias por las cuales el sistema ha dejado de funcionar correctamente y dar a la población el gasto tanto en cantidad como en calidad de lo que se requiere.

Primeramente se tiene el problema del cárcamo de bombeo, el cual se encuentra cuarteado y presenta fugas por varios puntos de mismo, así como un mal diseño del mismo. Las bombas que se encuentra sobre el cárcamo están deterioradas y ya no proporcionan la eficiencia requerida,





además de que no cuentan con los dispositivos adecuados para su buen funcionamiento. De la propia línea podemos decir que se encuentra oxidada, además de que presenta innumerables fugas por diversos puntos de la misma, principalmente por las uniones con las piezas especiales, también se sabe que la línea esta siendo ordeñada clandestinamente por personas que creen que por el hecho de que la línea pasa por sus predios tiene el derecho de tomar el agua sin permiso alguno.

Otro de los problemas que se presenta en la línea es que el diámetro que actualmente existe ya no es suficiente para llevar el gasto de diseño, por lo que se tiene que cambiar el diámetro a uno más grande si es que se quiere transportar mayor caudal, además de mover la trayectoria de la línea a la orilla de la carretera para poder detectar más fácil las fugas y tomas clandestinas.

El cárcamo de rebombeo se encuentra en las mismas condiciones que el cárcamo de bombeo, también necesita nuevas bombas y mejorar el sistema de desinfección que se encuentra ahí. Como se mencionó anteriormente, el segundo tramo de línea de conducción que va desde el cárcamo de rebombeo a caja rompedora no será modificado debido a que no hace mucho se remodeló, por lo que podemos decir que actualmente se encuentra operando en buenas condiciones.





5

DISEÑOS HIDRÁULICOS, FUNCIONALES Y DE CONJUNTO DE LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA





5. DISEÑOS HIDRÁULICOS, FUNCIONALES Y DE CONJUNTO DE LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA.

5.1 Periodo de diseño.

El período de diseño de la obra y acción necesaria para la planificación del desarrollo de sistema de agua potable, se determinó, por un lado, tomando en cuenta que éste es siempre menor que la vida útil de los elementos del sistema; y por otro, considerando que se tendrá que establecer un plan de mantenimiento o sustitución de algún elemento, antes que pensar en la ampliación, mejoramiento o sustitución de todo el sistema.

Para el caso del sistema de la línea de conducción se tomó un periodo de diseño de 20 años en base al Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (MAPAS) 2007, que corresponde precisamente al de las líneas de conducción. Ver tabla 5.

Tabla 5. Periodos de diseño para diferentes sistemas de agua potable y alcantarillado.

ELEMENTO	PERIODO DE DISEÑO (años)
FUENTE: Pozo Embalse (presa)	5 Hasta 50
Línea de conducción	De 5 a 20
Planta potabilizadora	De 5 a 10
Estación de bombeo	De 5 a 10
Tanque	De 5 a 20
Distribución primaria	De 5 a 20
Distribución secundaria	A saturación (*)
Red de atarjeas	A saturación (*)
Colector y emisor	De 5 a 20
Planta de tratamiento	De 5 a 10

Fuente: MAPAS, 2007

5.2 Población de proyecto.

La población de proyecto es la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del período de diseño del sistema de agua potable y alcantarillado.





Para la determinación de la población se analizó de acuerdo a los datos registrados en los censos de población oficiales del INEGI; utilizando los métodos aritmético, geométrico, mínimo cuadrado, y el de la curva exponencial. Se utilizaron censos de población desde el año 1960 para tener un mejor resultado de la población proyectada, por lo tanto registramos los censos en la siguiente tabla.

Tabla 5.1 Censos de la cabecera municipal de Arteaga Mich.

AÑO	POBLACIÓN
1960	2960
1970	5324
1980	6912
1990	10909
1995	9677
2000	9304
2005	9382
2010	10537

Fuente: INEGI





5.2.1 Método aritmético.

En este método se considera que el incremento de población es constante y consiste en obtener el promedio anual en años anteriores y aplicarlos al futuro en base a las formulas siguientes:

$$P_f = P_a + N I_N$$

Dónde:

P_f = Población futura.

P_a = Población actual.

I = Incremento promedio: $\Sigma I_D / n_D$

$$I_D = (P_D - P_{(D-1)}) / N$$

Dónde:

I_D = Incremento decenal.

P_D = Población de cada decena.

$P_{(D-1)}$ = Población de la decena anterior.

N = Diferencia de tiempo en años entre población futura y población pasada.

Tabla 5.2 Incrementos de población para cada censo.

No.	AÑO	POBLACIÓN	INCREMENTO
1	1960	2960	
2	1970	5324	236.40
3	1980	6912	158.80
4	1990	10909	399.70
5	1995	9677	-246.40
6	2000	9304	-74.60
7	2005	9382	15.60
8	2010	10537	231.00
			720.50

$$I=102.9285.$$

Aplicando la formula $P_f = P_a + I_n$





5.2.2 Método geométrico.

El principio en que se basa este método es el de considerar que la población tendrá un incremento análogo, al que sigue un capital aumentado en sus intereses, esto siguiendo la fórmula de interés compuesto en el que el rédito es el factor de crecimiento.

$$P_f = P_a (1 + r)^n$$

Dónde:

P_f = Población futura.

P_a = Población actual.

r = Taza de crecimiento.

n = Años transcurridos.

$$(1 + r) = (P_D / (P_{(D-1)}))^{(1/n)}$$

Dónde:

P_D = Población de cada decena.

P_(D-1) = Población de la decena anterior.

n = Años transcurridos desde P_D Y P_(D-1)

Tabla 5.3 Método por incrementos de tasa de crecimiento.

No.	AÑO	POBLACIÓN	(1 + r)
1	1960	2,960	
2	1970	5,324	1.06046
3	1980	6,912	1.02645
4	1990	10,909	1.04669
5	1995	9,677	0.97632
6	2000	9,304	0.99217
7	2005	9,382	1.00167
8	2010	10,537	1.02349
			7.1272

$(I + r)_{PROM.} =$	1.01817826
---------------------	------------

Aplicando la fórmula de $P_f = P_a (I + r)^n$





5.2.3 Método del mínimo cuadrado.

Sustituyendo en la fórmula del método aritmético; $P_f = P_a + I_N$, lo siguiente:

$$Y_c = P_f;$$

$$a = I;$$

$$X = N;$$

$$b = P_a$$

Obtenemos:

$$Y_c = b + ax$$

Que es la función de regresión lineal, para la línea recta, donde tenemos las siguientes ecuaciones normales:

$$\Sigma Y_o = a \Sigma X_o + nb$$

$$\Sigma X_o Y_o = a \Sigma X_o^2 + b \Sigma X_o$$

Resolviendo las ecuaciones para "a" Y "b" obtenemos las siguientes formulas:

$$a = (n \Sigma X_o Y_o - \Sigma X_o \Sigma Y_o) / (n \Sigma Y_o^2 - \Sigma X_o^2)$$

$$b = ((\Sigma Y_o) / n) - ((\Sigma X_o) / n) a$$

Aplicando lo anterior:

Tabla 5.4 Incógnitas de método del mínimo cuadrado.

No.	AÑO	POBLACIÓN	Xo	Xo ²	Xo Yo
	1960	(Yo)			
1	1960	2,960	0	-	-
2	1970	5,324	10	100	53,240
3	1980	6,912	20	400	138,240
4	1990	10,909	30	900	327,270
5	1995	9,677	35	1,225	338,695
6	2000	9,304	40	1,600	372,160
7	2005	9,382	45	2,025	422,190
8	2010	10,537	50	2,500	526,850
	SUMA :	65,005	230	8,750	2,178,645

Sustituyendo en las ecuaciones de "a" y "b"

$$a = 144.9129$$

$$b = 3959.3801$$

Sustituyendo en la ecuación $Y_o = b + ax$.

Donde Y_o = número de años a proyectar.





5.2.4 Método de la curva exponencial.

Sustituyendo en la fórmula del método geométrico $P_f = P_a(1 + r)^n$, tenemos lo siguiente:

$$a = P_a$$

$$b = (1 + r)$$

$$Y = P_f$$

$$t = N$$

Obtenemos:

$$Y = a b^t$$

Que es la fórmula de regresión lineal, para la curva exponencial, donde tenemos las siguientes ecuaciones normales:

$$\sum \log Y_o = n \log a + \log \sum b \sum t$$

$$\sum t \log Y_o = \log a \sum t + \log b \sum t^2$$

Resolviendo las ecuaciones para "log a" y "log b" obtenemos las siguientes formulas:

$$\log b = (n \sum t \log Y_o - \sum t \sum \log Y_o) / (n \sum t^2 - \sum t^2)$$

$$\log a = ((\sum \log Y_o) / n) - ((\sum t) / n) \log b$$

Aplicando lo anterior:

Tabla 5.5 Incógnitas de método de la curva exponencial.

No.	AÑO	POBLACIÓN	log Yo	t	t ²	t log Yo
	1960	(Yo)				
1	1960	2,960	3.471292	0	0	0.000000
2	1970	5,324	3.726238	10	100	37.262380
3	1980	6,912	3.839604	20	400	76.792075
4	1990	10,909	4.037785	30	900	121.133548
5	1995	9,677	3.985741	35	1,225	139.500926
6	2000	9,304	3.968670	40	1,600	158.746788
7	2005	9,382	3.972295	45	2,025	178.753294
8	2010	10,537	4.022717	50	2,500	201.135849
	SUMA :	65,005	31.024341	230	8,750	913.324861

Sustituyendo en las ecuaciones de "log a" y "log b"

log a =	0.010000	a =	1.023293
log b =	3.590542	b =	3,895.30980

Sustituyendo en la ecuación $Y = a b^t$

Donde Y = número de años a proyectar.

En base a los cálculos anteriores generaremos un cuadro para obtener el promedio y llegar a determinar la población proyecto:





Tabla 5.6 Proyección de la población.

No.	AÑO	MÉTODO				PROMEDIO
		ARITMÉTICO	GEOMÉTRICO	MÍNIMO CUADRADO	CURVA EXPONENCIAL	
	1,960					2,960
	1,970					5,324
	1,980					6,912
	2,005					9,382
	2,010					10,537
1	2,012	9,990	10,171	10,742	12,146	10,762
2	2,013	10,035	10,311	10,829	12,388	10,891
3	2,014	10,190	10,565	11,026	12,748	11,132
4	2,015	10,423	10,900	11,300	13,191	11,454
5	2,016	10,622	11,207	11,542	13,610	11,745
6	2,017	10,789	11,484	11,750	14,003	12,007
7	2,018	10,973	11,783	11,977	14,423	12,289
8	2,019	11,103	12,032	12,149	14,795	12,520
9	2,020	11,314	12,365	12,402	15,256	12,834
10	2,021	11,385	12,562	12,515	15,585	13,012
11	2,022	11,366	12,674	12,538	15,832	13,103
12	2,023	11,367	12,810	12,581	16,109	13,217
13	2,024	10,366	11,948	11,622	15,392	12,332
14	2,025	10,335	12,060	11,633	15,654	12,421
15	2,026	10,297	12,170	11,637	15,918	12,506
16	2,027	10,277	12,303	11,659	16,210	12,612
17	2,028	10,239	12,422	11,662	16,493	12,704
18	2,029	10,187	12,532	11,652	16,772	12,786
19	2,030	10,157	12,669	11,664	17,084	12,894
20	2,031	10,129	12,812	11,678	17,408	13,007
21	2,032	10,104	12,965	11,696	17,746	13,128
22	2,033	10,475	13,517	12,109	18,490	13,648

POBLACIÓN PROYECTO :	13,128	HABITANTES PARA EL AÑO 2032
-----------------------------	---------------	------------------------------------





5.3 Consumo.

El consumo es la parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas en el sistema. Se expresa en unidades de m³/día o l/día, o bien cuando se trata de consumo per cápita se utiliza l/hab/día.

El consumo de agua se determina de acuerdo con el tipo de usuarios, se divide según su uso en: doméstico y no-doméstico; el consumo doméstico, se subdivide según la clase socioeconómica de la población en residencial, medio y popular (tabla 2.1). El consumo no doméstico incluye el comercial, el industrial y de servicios públicos; a su vez, el consumo industrial se clasifica en industrial de servicio e industrial de producción (fábricas).

5.3.1 Consumo doméstico.

Se refiere al agua usada en las viviendas. Este consumo depende principalmente del clima y la clase socioeconómica de los usuarios. Para nuestro caso tenemos que la temperatura media de Arteaga es de 26°C y consideramos que el consumo por clase socioeconómica es de tipo popular, con ello entramos a las tablas 5.7 y 5.8 extraídas del libro de Datos Básicos del MAPAS 2007 y por tanto el consumo por clase socioeconómica es de 185l/hab/día.

Tabla 5.7 Consumos domésticos *per cápita*.

CLIMA	CONSUMO POR CLASE SOCIOECONÓMICA (l/hab/día)		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
CALIDO	400	230	185
SEMICÁLIDO	300	205	130
TEMPLADO	250	195	100

Fuente: MAPAS 2007

Tabla 5.8 Clasificación de climas por su temperatura.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°c)	TIPO DE CLIMA
Mayor que 22	Cálido
DE 18 a 22	Semicálido
De 12 a 17.9	Templado
De 5 a 11.9	Semifrío
Menor que 5	Frío

Fuente: MAPAS 2007

5.3.2 Consumo no doméstico.

Es el que se utiliza en zonas y servicios por personas que no habitan en ellas. Este consumo fue integrado por el consumo para uso público que es el agua que se utiliza en instalaciones de salud,





riego de parques y jardines, combate de incendios etc. Dentro de nuestro análisis en el sector educación se tomó en cuenta preparatoria, secundaria, primaria y pre-escolar.

Dentro del sector salud se tomaron en cuenta clínicas, albergues, hoteles y así como también calles y jardines.

5.4 Demanda.

La demanda actual es la suma de los consumos para cada tipo de usuario más las pérdidas físicas. La demanda es función de factores como: clase socioeconómica, porcentaje de población de cada estrato socioeconómico, tamaño de la población, clima, existencia de alcantarillado sanitario, tipo de abastecimiento, calidad del agua y costo del agua.

Una vez integrado el consumo por cada tipo de usuario se le adicionaron las pérdidas en la línea, que fueron tomadas en cuenta como un porcentaje de la suma total de las demandas, en nuestro caso consideraremos un porcentaje de pérdidas de 15% para toda la línea. Finalmente integramos la demanda total adicionándole las pérdidas.

5.5 Dotación.

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

La dotación media de Arteaga se obtuvo a partir de un estudio de demandas antes mencionado, dividiendo el consumo total, que incluye servicio doméstico, comercial, industrial y de servicios públicos, y las pérdidas físicas de agua, entre el número de habitantes de la localidad. Una vez teniendo la dotación de agua en l/hab/día se procedió a proyectar esa dotación para el año 3032 que es este caso es el periodo de diseño para el cual está siendo proyectada, por lo que tenemos que la dotación para ese año es de 258.44 l/hab/día.

5.6 Coeficientes de variación.

Los coeficientes de variación se derivan de la fluctuación de la demanda debido a los días laborables y otras actividades. Los requerimientos de agua para un sistema de distribución no son constantes durante el año, ni el día, sino que la demanda varía en forma diaria y horaria. Debido a la importancia de estas fluctuaciones para el abastecimiento de agua potable, fue necesario obtener los gastos Máximo Diario y Máximo Horario, los cuales se determinaron multiplicando el coeficiente de variación diaria por el gasto medio diario y el coeficiente de variación horaria por el gasto máximo diario respectivamente.

La tabla 5.9 muestra los gastos utilizados para el diseño de la línea de conducción, así como las estructuras que la conforman.





Tabla 5.9 Gasto de diseño para estructuras de agua potable.

TIPO DE ESTRUCTURA	Diseño con gasto máximo diario	Diseño con gasto máximo horario
Fuentes de abastecimiento	X	
Obra de captación	X	
Línea de conducción antes del tanque de regulación	X	
Tanque de regulación	X	
Línea de alimentación a la red		X
Red de distribución		X

Fuente: MAPAS 2007

Para la obtención de los coeficientes de variación diaria y horaria se consideraron los valores de los coeficientes de variación diaria y horaria medios que se obtuvieron del estudio de "Actualización de dotaciones en el país" llevado a cabo por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. En la tabla 5.10 se muestran dichos coeficientes.

Tabla 5.10 Coeficiente de variación diaria y horaria

CONCEPTO	VALOR
Coeficiente de variación diaria (CVd)	1.4
Coeficiente de variación horaria (CVh)	1.55

Fuente: MAPAS 2007

5.7 Gastos de diseño.

El gasto medio es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio. El gasto medio a considerar será entonces el que corresponda a la población de proyecto y dotación de proyecto, que en este caso es la población y dotación que se tendrán en el año 2032, por lo que podemos decir que el gasto medio será:

$$Q_{med} = (\text{Dotación} * \text{Población total}) / 86400$$

$$Q_{med} = (258.44 * 13128) / 86400 = 39.27 \text{ I/s}$$

Para el gasto máximo diario y el gasto máximo extraordinario utilizaremos los coeficientes de variación diaria y horaria mencionados anteriormente, por lo tanto tenemos:

$$Q_{max,diario} = CV_d * Q_{med}$$

$$Q_{max,diario} = 1.4 * 39.27 = 55 \text{ I/s}$$

$$Q_{max,horario} = CV_h * Q_{max,diario}$$

$$Q_{max,horario} = 1.55 * 55 = 85.2 \text{ I/s}$$

A continuación se anexan las tablas 5.11 y 5.12 donde se resumen algunos de los cálculos antes mencionados:





**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



Tabla 5.11 Proyección de la demanda de agua para la cabecera municipal de Arteaga Mich.

CONCEPTO	Año											
	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Población estimada censo local	10681											
Población Total	10,537	10,762	10,891	11,132	11,454	11,745	12,007	12,289	12,520	12,834	13,012	13,103
Pérdidas (%)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Consumos de agua para sistemas rurales (m ³ /día)												
Consumo Doméstica total (185 lt/hab/día) m ³ /día	1949.35	1990.97	2014.84	2059.42	2118.99	2172.83	2221.30	2273.47	2316.20	2374.29	2407.22	2424.06
Consumo de servicio público (m ³ /día)	79.60	81.30	82.27	84.09	86.53	88.73	90.70	92.84	94.58	96.95	98.30	98.98
Suma de los consumos (m ³ /día)	2028.95	2072.27	2097.11	2143.51	2205.52	2261.55	2312.00	2366.30	2410.78	2471.24	2505.52	2523.04
Demanda de agua y dotación para sistemas rurales (m ³ /día)												
Demanda Doméstica total	2293.35	2342.32	2370.39	2422.85	2492.93	2556.26	2613.29	2674.66	2724.94	2793.28	2832.02	2851.83
Demanda de servicio público	79.60	95.65	96.79	98.94	101.80	104.38	106.71	109.22	111.27	114.06	115.64	116.45
Suma Total de las demandas (m ³ /día)	2372.95	2437.96	2467.19	2521.78	2594.73	2660.65	2720.00	2783.88	2836.21	2907.34	2947.67	2968.28
Pérdidas (m ³ /día)	355.94	365.69	370.08	378.27	389.21	399.10	408.00	417.58	425.43	436.10	442.15	445.24
Suma de las demandas (m ³ /día)	2728.89	2803.66	2837.27	2900.05	2983.94	3059.74	3128.00	3201.46	3261.64	3343.45	3389.82	3413.52
Dotación de agua (l/hab/día)	258.98	260.51	260.51	260.51	260.51	260.51	260.51	260.51	260.51	260.51	260.51	260.51
Datos de proyecto de agua potable												
Gasto Medio Diario (l/s)	31.58	32.45	32.84	33.57	34.54	35.41	36.20	37.05	37.75	38.70	39.23	39.51
Gasto Máximo Diario (l/s), cvd=1.4	44.22	45.43	45.97	46.99	48.35	49.58	50.69	51.88	52.85	54.18	54.93	55.31
Gasto Máximo extraordinario (l/s), cvh=1.55	68.54	70.42	71.26	72.84	74.94	76.85	78.56	80.41	81.92	83.97	85.14	85.73
Cap. de Regularización (m ³)	795.93	817.73	827.54	845.85	870.31	892.43	912.33	933.76	951.31	975.17	988.70	995.61



Tabla. 5.12 Proyección de la demanda de agua para la cabecera municipal de Arteaga Mich.

CONCEPTO	Año										
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Población Total	13,217	12,332	12,421	12,506	12,612	12,704	12,786	12,894	13,007	13,128	13,648
Pérdidas (%)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Consumos de agua para sistemas rurales (m³/día)											
Consumo Doméstica total (185 lt/hab/día) m ³ /día	2445.15	2281.42	2297.89	2313.61	2333.22	2350.24	2365.41	2385.39	2406.30	2428.68	2524.88
Consumo de servicio público (m ³ /día)	79.60	74.27	74.81	75.32	75.96	76.51	77.00	77.65	78.34	79.06	82.20
Suma de los consumos (m ³ /día)	2524.75	2355.69	2372.69	2388.93	2409.18	2426.75	2442.41	2463.04	2484.63	2507.74	2607.08
Demanda de agua y dotación para sistemas rurales (m³/día)											
Demanda Doméstica total	2876.64	2684.02	2703.39	2721.89	2744.96	2764.99	2782.84	2806.34	2830.94	2857.27	2970.45
Demanda de servicio público	79.60	87.38	88.01	88.61	89.36	90.01	90.59	91.36	92.16	93.02	96.70
Suma Total de las demandas (m ³ /día)	2956.24	2771.40	2791.40	2810.50	2834.33	2855.00	2873.43	2897.70	2923.09	2950.29	3067.15
Pérdidas (m ³ /día)	443.44	415.71	418.71	421.58	425.15	428.25	431.01	434.65	438.46	442.54	460.07
Suma de las demandas (m ³ /día)	3399.68	3187.11	3210.11	3232.08	3259.47	3283.25	3304.44	3332.35	3361.56	3392.83	3527.22
Dotación de agua (l/hab/día)	257.22	258.44	258.44	258.44	258.44	258.44	258.44	258.44	258.44	258.44	258.44
Datos de proyecto de agua potable											
Gasto Medio Diario (l/s)	39.35	36.89	37.15	37.41	37.73	38.00	38.25	38.57	38.91	39.27	40.82
Gasto Máximo Diario (l/s), cvd=1.4	55.09	51.64	52.02	52.37	52.82	53.20	53.54	54.00	54.47	54.98	57.15
Gasto Máximo extraordinario (l/s), cvh=1.55	85.39	80.05	80.62	81.18	81.86	82.46	82.99	83.69	84.43	85.21	88.59
Cap. de Regularización (m ³)	991.57	929.57	936.28	942.69	950.68	957.61	963.80	971.94	980.45	989.58	1028.77



En base a la tabla anterior podemos decir que el gasto de diseño de la línea de conducción será de 55L/s, para poder cubrir las demandas futuras de agua potable en la población del Municipio de Arteaga Michoacán.

5.8 Velocidades máximas y mínimas.

Las velocidades permisibles del líquido en un conducto están gobernadas por las características del material del conducto y la magnitud de los fenómenos transitorios.

Existen límites tanto inferiores como superiores. La velocidad mínima de escurrimiento se fija, para evitar la precipitación de partículas que arrastre el agua.

La velocidad máxima será aquella con la cual no deberá ocasionarse erosión en las paredes de las tuberías. En la tabla 5.13 se presentan valores de estas velocidades para diferentes materiales de tubería.

Tabla 5.13 Velocidades máxima y mínima permisibles en tuberías.

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

Fuente: MAPAS 2007

En base a la tabla anterior y a nuestro análisis hidráulico, podemos decir que las velocidades tanto en la tubería de acero como en la de PVC, están dentro del rango permitido, para evitar tanto la sedimentación como la erosión de las paredes de la tubería de ambos materiales. En las tablas 2.5 y 2.7 se pueden observar dichos valores para corroborar lo descrito.

5.9 Línea de conducción a gravedad.

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua, se le llama línea de conducción, al conjunto integrado por tuberías, y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión- desde la fuente de abastecimiento, hasta el sitio donde será distribuida.





La pérdida de presión es la principal consideración en el diseño de cualquier tubería. Aunque existen innumerables fuentes de pérdida de presión a lo largo de las tuberías, éstas se pueden dividir para su estudio en pérdidas mayores o de fricción y en pérdidas menores o localizadas.

Las líneas de conducción de agua se calculan siguiendo varios procedimientos existentes. Su diseño en general consiste en definir el diámetro en función de las pérdidas de carga, a partir del gasto que se conducirá y el material de la tubería. Las pérdidas de carga, se obtienen aplicando las ecuaciones de Darcy-Weisbach, Scobey, Manning o Hazen-Williams. Se pueden presentar dos condiciones de operación de la tubería, por bombeo o gravedad. Pero para los propósitos del presente documento solo se analiza la presión dada por la gravedad, es decir, por la diferencia de elevación. En el caso de tuberías sujetas a la presión de la gravedad se pueden presentar dos situaciones:

- a) Donde la diferencia de alturas apenas es suficiente, para proporcionar una presión adecuada para el funcionamiento, el problema consiste en conservar la energía usando tubos de diámetros grandes para tener mínimas pérdidas de carga por fricción y evitar bombeo de auxilio.
- b) Cuando la diferencia de altura entre la fuente de abastecimiento y la ubicación del sitio a abastecer, es tal que la presión proporcionada es mayor a la requerida, el problema radica en reducir las ganancias de presión, lo cual se logra seleccionando tuberías de diámetros más pequeños.

5.9.1 Ubicación de la línea de conducción.

La información topográfica requerida para la ubicación de un tramo de la línea de conducción de la obra de toma al cárcamo de bombeo se ha obtenido de un levantamiento topográfico del sitio, así como del uso de cartas vectoriales del INEGI (E13B78) e imágenes satelitales obtenidas de “google earth”.

Puesto que se pretende llevar el agua a un cárcamo de bombeo ubicado aguas debajo de la obra de captación con un nivel topográfico menor que esta, se ha decidido que la conducción sea a gravedad para así reducir los costos de operación de la obra y evitar la construcción de un primer cárcamo de bombeo en la zona de captación.

Para la ubicación de la tubería de conducción entre la obra de captación y en cárcamo de bombeo, se han contemplado dos posibilidades:

- *Por un costado de la carretera.*
- *Por las márgenes del río.*





En la primera opción se tiene un mejor acceso para la instalación de la tubería; que generaría un mejor rendimiento el proceso constructivo. Sin embargo el llevar la tubería hasta el punto de la carretera con el mismo nivel topográfico que el manantial requiere una longitud de tubería cerca de 700m lo que representa un 38% del total de la conducción, y además este tramo es de un acceso aún más difícil que llevarla por las márgenes del río.

Por otro lado conducir a gravedad el gasto requerido (65 l/s) del manantial a este punto de la carretera, implicaría colocar un diámetro mayor de tubería que el requerido al llevarlo por las márgenes del río, esto por la poca carga hidráulica. Esto evidentemente incrementaría los costos de construcción del proyecto y bombearlo incrementaría además los de operación.

Por lo que, para que sea un sistema eficiente; se ha elegido llevar línea de conducción por las márgenes del río, siguiendo un descenso gradual (ladereando) y paralelo a las curvas de nivel, para así disminuir los volúmenes de excavaciones para enterrar la tubería y la altura de los atraques que le darán sujeción a la misma.

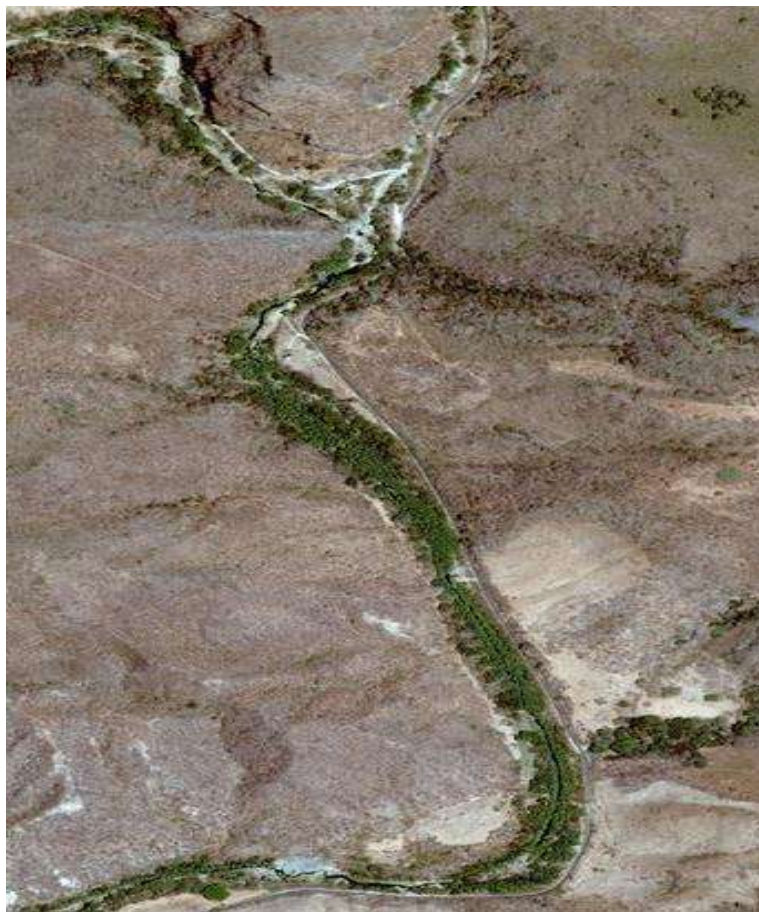


Imagen 12. Tramo por donde pasara línea que trabajara a gravedad.





5.9.2 Elección del material de la tubería.

Para la selección del material de la tubería se han tomado en cuenta diferentes factores señalados por la CONAGUA en el MAPAS como lo son: la economía, resistencia a la corrosión, facilidad de instalación, vida útil.

En este tramo de la conducción, por tratarse de una línea que trabaja a baja presión (conducción por gravedad), la elección de tubería sería una de un material plástico como lo es el PVC o el polietileno. Sin embargo al considerar la vida útil se llegó a la conclusión de elegir tubería de acero al carbón con revestimiento interior, principalmente por las condiciones de la zona donde estará operando ya que esta tubería irá de forma superficial en una de las márgenes del río, mismo que se encuentra en el fondo de un valle rocoso donde estará expuesta al arrastre de ramas, troncos, rocas y todo lo que el río pueda arrastrar en sus crecidas, además del golpe de rocas que puedan caer sobre ella, al golpe provocado por animales como el ganado que descienden al río a beber agua y al de personas que frecuentan el río para recrearse, entre otros.

5.9.3 Diseño de tramo de línea de conducción a gravedad.

Para el diseño hidráulico de la línea de conducción de la captación al cárcamo de bombeo se utilizaron las fórmulas de Manning: con un coeficiente de rugosidad $n = 0.011$ correspondiente a tubería de acero soldado con revestimiento interior, ya que con simple tubería de acero soldada las pérdidas sobrepasan el desnivel disponible. Además el cárcamo se encuentra a 1.45 m del nivel del suelo. El gasto que se desea transportar es de 65 l/s en una longitud de 1825.24 m y un desnivel de 16.79 m desde la obra de captación hasta el cárcamo de bombeo.

Las velocidades mínima es 0.5 m/s. y 5.0 m/s. la máxima.

A continuación se anexa una tabla con los cálculos hidráulicos.

Tabla 5.14 Datos de diseño de línea a gravedad.

DATOS	
Qmax. D.=	65.00 l.p.s. = 0.065 m ³ /seg
H =	16.79 m
L =	1825.13 m
n =	0.011
	Acero al carbón C-40 con revestimiento interior
S=	0.0092

Utilizando tubería de 10 pulg. con un espesor de 9.30 mm





Diámetro exterior = 273.00 mm

Diámetro interior = 254.40 mm = 0.2544 m

Para tubería de un diámetro nominal de 0.254 m (10 pulg.) de diámetro

$$K_{10} = 1.85$$

$$A = 0.051 \text{ m}^2$$

$$V = 1.28 \text{ m/s}$$

$$h_f = 14.23 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{Carga disponible} = 2.56 \text{ m.c.a.}$$





Tabla 5.15 Cálculo hidráulico de la línea a gravedad.

TRAMO	Cadenamiento inicial	Cadenamiento final	NIVEL FINAL (m.s.n.m)	Distancia horizontal (m)	Pendiente	Desnivel (m)	Distancia real (m)	hf por tramo de tubería (m.c.a.)	Pendiente del gradiente
A	0+000.00	0+217.61	702.33	217.61	0.00870	1.89	217.62	1.697	0.0078
B	0+217.61	0+247.75	701.57	30.14	0.02505	0.76	30.15	0.235	0.0078
C	0+247.75	0+334.57	700.16	86.82	0.01629	1.41	86.83	0.677	0.0078
D	0+334.57	0+469.08	699.76	134.51	0.00294	0.40	134.51	1.049	0.0078
E	0+469.08	0+526.49	698.87	57.41	0.01562	0.90	57.42	0.448	0.0078
F	0+526.49	0+786.31	697.80	259.82	0.00412	1.07	259.82	2.026	0.0078
G	0+786.31	0+855.82	695.85	69.51	0.02794	1.94	69.54	0.542	0.0078
H	0+855.82	1+047.99	694.69	192.17	0.00607	1.17	192.17	1.499	0.0078
I	1+047.99	1+167.04	692.89	119.05	0.01507	1.79	119.06	0.929	0.0078
J	1+167.04	1+485.63	690.97	318.59	0.00605	1.93	318.60	2.485	0.0078
K	1+485.63	1+592.23	689.65	106.60	0.01240	1.32	106.61	0.831	0.0078
L	1+592.23	1+733.88	688.80	141.65	0.00594	0.84	141.65	1.105	0.0078
M	1+733.88	1+825.13	687.43	91.25	0.01506	1.37	91.26	0.712	0.0078
			SUMA	1825.13		16.79	1825.24	14.23	
Nivel inicial		704.22	m.s.n.m.						



5.9.4 Descripción del esquema de apoyo.

En el **Anexo II** se observa el perfil topográfico del tramo que corresponde a la línea que trabajara a gravedad. Dicho tramo tiene una longitud de 1825 metros y consiste en bajar la tubería a un costado de río debido a que en la nueva solución así se acordó, en dicho tramo se utilizará tubería de acero al carbón con revestimiento interior, esto debido a que los 16.8m que se tienen de desnivel desde la obra de captación hasta el cárcamo de bombeo solo serán funcionales si se utiliza este tipo de tubería debido a que las pérdidas por fricción son considerables.

Por otro lado, si se utiliza tubería de acero sin revestimiento interior la carga total disponible al final de la tubería no será suficiente siquiera para elevar el agua a nivel del cárcamo debido a que las pérdidas por fricción serán demasiado grandes; por otro lado si se utilizara tubería de PVC las pérdidas por fricción serían muy pequeñas y funcionaria muy bien, pero existe la problemática de que el terreno es demasiado irregular y el hecho de pensar en enterrar la tubería sería un problema muy grande porque la mayor parte del terreno son rocas de gran tamaño y esto dispararía los costos de construcción.

Entonces se pensó en construir la línea con un material que fuera lo suficientemente resistente para soportar el clima y que no necesitara ser enterrado además que fuera lo suficientemente liso para que las pérdidas por fricción no fueran un problema.

Haciendo los cálculos correspondientes a las pérdidas por fricción y al trazar el gradiente hidráulico se puede observar que dicho gradiente sigue casi por todo el tramo al perfil del terreno, esto lo podríamos considerar como beneficioso, debido a que la tubería trabajara con las menores cargas posibles, sin que esto quiera decir que se tenga que seguir una pendiente determinada que obligaría a desarrollar el trazo de la línea.

También podemos observar que la pendiente promedio del tramo en cuestión no es muy prolongada lo que nos podría ocasionar algunos problemas como puede ser si algún día se piensa en cambiar la posición del cárcamo de bombeo a un punto más alto, la presión requerida sería mayor, lo que ocasionaría que el agua llegue hasta su destino. Para este caso la pendiente es suficiente para dar una carga hidráulica al final de la tubería y ésta ser aprovechada para que llene correctamente el cárcamo.

Otra de las cualidades de esta tubería es que puede soportar grandes presiones, y es claro que en este tramo no se presentaran, excepto si llegase a presentarse el golpe de ariete en algún momento dado, es por ello que en este tramo no se colocara válvula contra golpe de ariete ya que la tubería será suficiente para absorber dicho fenómeno.





5.10 Línea de conducción por bombeo.

Cuando la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel inferior al depósito o a la población, el agua captada se impulsa por bombeo. Cuando se llega a este caso se elige el diámetro adecuado mediante un análisis económico en el que se eligen 3 o 4 diámetros posibles, seleccionando el que arroje el menor costo anual de operación. Este costo está integrado por dos componentes: el costo anual de la mano de obra incluida la adquisición de la tubería y el costo anual de consumo de la energía eléctrica.

El espesor de las paredes de los tubos depende en este caso no solamente de la calidad del agua, sino también de la sobrepresión producida por el golpe de ariete.

5.10.1 Diseño de línea de conducción por bombeo.

Para el diseño hidráulico de la línea de conducción del cárcamo de bombeo al cárcamo de rebombeo se utilizaron las fórmulas de Manning: con un coeficiente de rugosidad $n = 0.011$ correspondiente a tubería de acero al carbón con revestimiento interior también se utilizará tubería de PVC, por lo que el coeficiente de Manning de dicha tubería será $n=0.009$, ya que con simple tubería de acero soldada las pérdidas sobrepasan el desnivel disponible, es por ello que se optó por meter dos tipos de tuberías. Además el cárcamo se encuentra a 1.45 m del nivel del suelo. El gasto que se desea transportar es de 55 l/s en una longitud de 5335.56m y un desnivel de 170.56 m desde la obra del cárcamo de bombeo hasta el cárcamo de rebombeo.

Las velocidades mínima es 0.5 m/s. y 5.0 m/s. la máxima.

Tabla 5.16 Datos de diseño de línea por bombeo.

DATOS	
$Q_{\text{MAX.DIARIO}}=$	55l.p.s.=0.055m ³ /s
H	174.06m(Dt+Nd)
L	5335.56m
n_{acero}	0.011
n_{PVC}	0.009

Utilizando tubería de acero al carbón Cedula 40 tenemos:

Diámetro nominal= 10"

Diámetro exterior = 273mm

Espesor de pared = 9.27mm

Diámetro interior = 254.46mm





Utilizando tubería de PVC RD-21 tenemos:

Diámetro nominal = 10"

Diámetro exterior = 273mm

Espesor de pared = 13mm

Dentro de las fórmulas utilizadas en el cálculo de las pérdidas por fricción esta:

$$\text{Área (A)} = (\pi * D^2) / 4$$

Dónde: D = diámetro de la tubería (m)

Ecuación de continuidad $V=Q/A$

Dónde:

Q = gasto (m^3/s)

A = Área de la sección (m^2)

Ecuación de Manning $h_f = LKQ^2$

Dónde:

Q = gasto (m^3/s)

K = constante de Manning

L = Longitud de la tubería

Constante de Manning. $K=10.3n^2/D^{16/3}$

Dónde:

.n = coeficiente de rugosidad

D = diámetro del tubo

Pérdidas menores $5\%h_f$

Se consideraron como un 5% de las pérdidas por fricción, debido a que la cantidad de deflexiones en la tubería es muy grande, además se tiene que cada deflexión tiene ángulos diferentes, esto debido a que el eje de la tubería seguirá la curvatura de la carretera. Se sabe que las pérdidas menores andan alrededor del 5% de las de fricción, por lo que se tomó dicho valor.

Pérdidas totales (hf_t)

Las pérdidas totales hf_t se calcularon sumando las pérdidas por fricción del tramo de tubería de acero más las pérdidas por fricción del tramo de tubería de PVC más el 5% de las pérdidas locales debido a las válvulas, cambios de dirección, entrada y salida de agua a la tubería, etc.

En la selección de una bomba intervienen varios datos esenciales, entre otros son: la columna, capacidad, naturaleza del líquido, condiciones de succión (columna, diámetro de la tubería) condiciones de descarga, columna total, servicio continuo o intermitente, condiciones de





instalación, requisitos especiales en cuanto a su diseño, construcción o características de las bombas, etc.

Potencia de la bomba.

Uno de los datos que intervienen para el cálculo de la potencia requerida para la bomba es la columna. Entendemos por columna, la fuerza que ejerce una columna de fluido sobre una superficie unitaria. Esta presión se puede expresar en lb/pulg², kg/cm² o en metros de columna de líquido.

De acuerdo con la carga total de bombeo, el gasto y el peso específico del agua se calcula la potencia requerida para el bombeo. Esto es:

$$P = (\gamma QH)/(76\eta)$$

En donde:

P = potencia en H.P.

γ = peso específico del agua (1000kg/m³)

Q = gasto (m³/s)

H = carga total de bombeo (m)

η = eficiencia del equipo de bombeo (decimales)

Carga total de bombeo (H)

La carga total de bombeo está dada por la suma del desnivel entre el nivel dinámico y la superficie libre del agua en el tanque, más la pérdida por fricción, más las pérdidas menores.

En las tablas 5.17 y 5.18 se puede presentar los cálculos de las pérdidas por fricción y la potencia requerida por el equipo de bombeo. En base a la tabla 5.18 tenemos que se requieren 164 H.P. para bombear el gasto de diseño requerido.

Debido a que se requieren 164 caballos de fuerza para bombear dicho gasto, se propone colocar dos bombas, una de 100HP y la otra de 75HP funcionando simultáneamente.

En la tabla 5.19 se aprecia el cálculo del tramo de re bombeo a caja rompedora. Como se puede observar la potencia requerida en este tramo es de 217 HP y por tanto mucho mayor que la del tramo de bombeo, por lo que hago la aclaración de que el algún futuro se tendrá que modificar tanto el diámetro como la tubería propia para asegurar que se transporte el caudal de diseño.





Tabla 5.17 Pérdidas de energía en el tubería que va de cárcamo de bombeo a cárcamo de rebombeo.

DIÁMETRO		CALCULO DE PÉRDIDAS POR FRICCIÓN DEL TRAMO CÁRCAMO DE BOMBEO-CÁRCAMO DE REBOMBEO											
pulg.	mm(interior)	Área en m ²	Q en m ³ /s	V en m/s	L Long. En m.	Q ²	η coef. Fricción.	K const. Manning.	hf=KLQ ² en m.	%hf pérdidas menores en m.	hf _t =hf+%hf en m.	h=D _t +N.D.	H=h+hf _t
10 acero	254.46	0.05085	0.055	1.08152	4244.15	0.00303	0.011	1.84228	23.65226	1.18261	24.83487	103.18	128.01487
10 PVC	247	0.04792	0.055	1.14783	1091.41	0.00303	0.009	1.44536	4.77188	0.23859	5.01048	70.88	75.89048
					5335.56						29.84535	174.06	203.90535

Tabla 5.18 Potencia requerida en el equipo de bombeo.

POTENCIA REQUERIDA EN EL EQUIPO DE BOMBEO(para Q=55 l/s) DE BOMBEO A REBOMBEO									POTENCIA REQUERIDA EN EL EQUIPO DE BOMBEO(para Q=55 l/s)								
DIÁMETRO		A	Q	V	L	Q ²	η coef. Fricción.	K const. Manning.	hf=KLQ ² en m.	%hf pérdidas menores en m.	hf _t =hf+%hf en m.	h=D _t +N.D.	H=h+hf _t	γQH	76η η=90%	Pot=(γQH)/76η	
mm.(interior)	pulg.	Área en m ²	en m ³ /s	en m/s	Long. En m.												
254.46	10"	0.05085	0.055	1.08152	4244.15	0.00303	0.011	1.84228	23.65226	1.18261	24.83487	103.18	128.0148738	7040.818059	68.4	102.93594	ACERO
247.1	10"	0.04796	0.055	1.14690	1091.41	0.00303	0.009	1.44224	4.76159	0.23808	4.99967	70.88	75.87967326	4173.382029	68.4	61.01436	PVC
												29.83455	174.06			163.95029	



Tabla 5.19 Potencia requerida en el equipo de bombeo.

POTENCIA REQUERIDA EN EL EQUIPO DE BOMBEO(para Q=55 l/s) DE REBOMBEO A CAJA									POTENCIA REQUERIDA EN EL EQUIPO DE BOMBEO(para Q=55 l/s)								
DIÁMETRO		A Área en m ²	Q en m ³ /s	V en m/s	L Long. En m.	Q ²	η coef. Fricción.	K const. Manning.	hf=KLQ ² en m.	%hf pérdidas menores en m.	hf _t =hf+%hf en m.	h=D _t +N.D.	H=h+hf _t	γQH	76η η=90%	Pot=(γQH)/76η	
mm.(interior)	pulg.																
202.74	8"	0.03228	0.055	1.70370	2345.45	0.003025	0.014	10.03266	71.18161	3.55908	74.74069	93.25	167.99069	9239.48819	68.4	135.08024	ACERO
202.3	8"	0.03214	0.055	1.71112	1033.02	0.003025	0.009	4.19447	13.10725	0.65536	13.76261	89.31	103.07261	5668.9937	68.4	82.88003	PVC
											88.50331	182.56				217.96026	



5.10.2 Golpe de ariete.

El fenómeno de golpe de ariete, también denominado transitorio, consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir básicamente una variación de presión, y se puede producir tanto en impulsiones como en abastecimientos por gravedad.

El valor de la sobrepresión debe tenerse en cuenta a la hora de dimensionar las tuberías, mientras que, en general, el peligro de rotura debido a depresión no es importante, más aun si los diámetros son pequeños. No obstante, si el valor de la depresión iguala a la tensión de vapor del líquido se producirá cavitación y al llegar la fase de sobrepresión estas cavidades de presión se destruirán bruscamente, pudiendo darse el caso, no muy frecuente de que el valor de la sobrepresión producida rebase a la de cálculo, con el consiguiente riesgo de rotura. Los principales elementos protectores en este caso serían las ventosas y los calderines.

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

- Un sobredimensionamiento de las conducciones, con lo que la instalación se encarece de forma innecesaria.
- Tubería calculada por defecto, con el siguiente riesgo de que se produzca una rotura.

Descripción del fenómeno en impulsiones.

En una impulsión, la parada brusca de motores produce el mismo fenómeno, pero al contrario, es decir, se inicia una depresión aguas arriba de la bomba, que se traslada hacia el final para transformarse en compresión que retrocede a la bomba.

En efecto cuando se produce la parada del grupo de bombeo, el fluido inicialmente circulando con velocidad v , continuara en movimiento a lo largo de la tubería hasta que la depresión a la salida del grupo ocasionada por la ausencia de líquido (el que avanza no es repuesto, no es “empujado”), provoque su parada. En estas condiciones, viaja una onda depresiva hacia el depósito, que además va deteniendo el fluido, de tal manera que al cabo de un cierto tiempo toda la tubería está bajo los efectos de una depresión y con el líquido en reposo. Ha concluido la primera etapa del golpe de ariete.

Como la presión en el depósito es siempre superior a la de la tubería, que se encuentra bajo los efectos de la depresión, se inicia un retroceso del fluido hacia la válvula de retención con velocidad v . Con el agua a velocidad de régimen, pero en sentido contrario, nuevamente se tiene la presión de partida en la tubería, de manera que al cabo de un cierto tiempo toda ella estará sometida a la presión inicial y con el fluido circulando a velocidad v .





El inicio de la tercera fase es una consecuencia del choque del líquido contra la válvula de retención.

El resultado es un brusco aumento de presión y una detención progresiva del fluido, de modo que al cabo de un cierto tiempo todo el líquido de la tubería está en reposo y la conducción sometida a una sobrepresión de la misma magnitud que la depresión inicial. Esta tercera fase del golpe de ariete en una impulsión es semejante a la primera fase en el caso de abastecimientos por gravedad.

En la cuarta fase comienza la descompresión, iniciándose de nuevo el movimiento, por lo que al cabo de un tiempo la situación es idéntica a la que teníamos al principio. Comienza un nuevo ciclo.

Tanto en abastecimientos por gravedad como en impulsiones, la duración de cada una de estas fases es

L/a , siendo L la longitud de la tubería y a la celeridad.

Valor de la celeridad.

La celeridad (a) es la velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería, por lo que su ecuación de dimensiones es LxT^{-1} . Su valor se determina a partir de la ecuación de continuidad y depende fundamentalmente de las características geométricas y mecánicas de la conducción, así como de la compresibilidad del agua.

Una expresión práctica propuesta por Allievi, que permite una evaluación rápida del valor de la celeridad cuando el fluido circulante es agua, es la siguiente:

$$a = 9900 / (\text{rcuad}(48.3 + (KD/e)))$$

Siendo:

K : Coeficiente función del módulo de elasticidad (e) del material constitutivo de la tubería, que representa principalmente el efecto de la inercia del grupo motobomba, cuyo valor es:

$$K = 10^{10} / \epsilon$$

D : Diámetro interior de la tubería

e : Espesor de la tubería

En el caso de que la conducción esté constituida por tramos de tubos de diferentes características (diámetro, espesor, timbraje, material, etc.), la celeridad media se calculará como la media ponderada de la celeridad de cada tramo. Si L_1, L_2, L_3, \dots , son las longitudes de los tramos de





distintas características y a_1, a_2, a_3, \dots , las celeridades respectivas, el tiempo total L/a que tarda la onda en recorrer la tubería será la suma de los tiempos parciales:

$$(L/a) = (L_1/a_1) + (L_2/a_2) + (L_3/a_3) + \dots$$

Luego

$$a = L / \sum(L_i/a_i)$$

Tiempo de cierre de la válvula y tiempo de parada de bombas. Cierre lento y cierre rápido.

Se define el tiempo (T) como el intervalo entre el inicio y el término de la maniobra, sea cierre o apertura, total o parcial, ya que durante este tiempo se produce la modificación del régimen de movimiento del fluido. Este concepto es aplicable tanto a conducciones por gravedad como a impulsiones, conociéndose en el primer caso como tiempo de cierre de la válvula y como tiempo de parada en el segundo.

El tiempo de cierre de una válvula puede medirse con un cronómetro, es un tiempo físico y real, fácilmente modificable, por ejemplo, con desmultiplicadores, cambiando la velocidad de giro en válvulas motorizadas, etc.

Por el contrario, en el caso de las bombas, el tiempo de parada no puede medirse de forma directa y es más difícil de controlar. En resumen, en las conducciones por gravedad, el cierre de la válvula se puede efectuar a diferente ritmo, y por tanto, el tiempo T es una variable sobre la que se puede actuar, pero en las impulsiones el tiempo de parada viene impuesto y no es posible actuar sobre él, salvo adicionando un volante al grupo motobomba o un sistema similar.

Mendiluce propone la siguiente expresión para el cálculo del tiempo de parada:

$$T = C + (KLV)/(gH_m)$$

Siendo: L: Longitud de la conducción (m)

v: Velocidad de régimen del agua (m/s)

g: Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s^2

H_m : Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo

$$H_m = H_g + h_T = \Delta z + P/\gamma + h_T$$

C y k: Coeficientes de ajustes empíricos

La altura geométrica o presión estática (H_g) se mide siempre inmediatamente aguas arriba de la bomba, por lo que la profundidad del agua en el pozo debe tenerse en cuenta en el caso de bombas sumergidas.





El coeficiente C (ver figura) es función de la pendiente hidráulica (m), siendo $m = H_m/L$. Toma el valor $C=1$ para pendientes hidráulicas crecientes de hasta el 20%, y se reduce progresivamente a partir de este valor hasta hacerse cero para pendientes del 40%. Pendientes superiores al 50% implican paradas muy rápidas, aconsejándose considerar el golpe de ariete máximo de Allievi en toda la longitud de la tubería.

$$H_m/L < 0.20 \rightarrow C = 1$$

$$H_m/L \geq 0.40 \rightarrow C = 0$$

$$H_m/L \approx 0.30 \rightarrow C = 0.60$$

Valores del coeficiente C según Mendiluce

El coeficiente K depende de la longitud de la tubería y puede obtenerse a partir de la tabla siguiente, propuesta por Mendiluce. Este autor recomienda la utilización de los valores de K redondeados recogidos en la tabla, ya que ha comprobado que las pequeñas diferencias respecto a las gráficas tienen una repercusión despreciable en el golpe de ariete y siempre del lado de la seguridad, y es de más sencillo manejo.

Tabla 5.20 Valores de coeficiente K de Mendiluce

L	K
$L < 500$	2
$L \approx 500$	1.75
$500 < L < 1500$	1.5
$L \approx 1500$	1.25
$L > 1500$	1

Fuente: Cátedra de ingeniería rural.

Puesto que L es la longitud de la tubería y la celeridad a es la velocidad de propagación de la onda de presión, $2L/a$ será el tiempo que tarda la onda de presión en dar una oscilación completa. Por lo tanto, si $T < 2L/a$, la maniobra ya habrá concluido cuando se produzca el retorno de la onda de presión y tendremos un *cierre rápido*, alcanzándose la sobrepresión máxima en algún punto de la tubería. Sin embargo, si $T > 2L/a$, estaremos ante un *cierre lento* y ningún punto alcanzará la sobrepresión máxima, ya que la primera onda positiva reflejada regresa antes de que se genere la última negativa.

$$T < 2L/a: \text{Cierre rápido}$$

$$T > 2L/a: \text{Cierre lento}$$





El caso más desfavorable para la conducción (máximo golpe de ariete) es el cierre instantáneo ($T \gg 0$). En la práctica esto sólo ocurre en impulsiones de gran pendiente hidráulica, no siendo lo habitual.

Como a mayor tiempo T menor sobrepresión, si podemos controlar T limitaremos en gran medida los problemas en tuberías, siendo éste el caso de los abastecimientos por gravedad.

Cálculo de la sobrepresión producida por el golpe de ariete. Fórmulas de Michaud y Allievi.

Una vez conocido el valor del tiempo T y determinado el caso en el que nos encontramos (cierre lento o cierre rápido), el cálculo del golpe de ariete se realizará de la forma siguiente:

a) Cierre lento.

A finales del siglo XIX, **Michaud** propuso la primera fórmula para valorar el golpe de ariete:

$$\Delta H = (2LV)/(gT)$$

Siendo: ΔH : Sobrepresión debida al golpe de ariete (mca)
 L : Longitud de la tubería (m)
 v : Velocidad de régimen del agua (m/s)
 T : Tiempo de parada o de cierre, según el caso (s)
 g : Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s^2

Para deducir esta ecuación, Michaud no tuvo en cuenta ni la compresibilidad del agua ni la elasticidad de la tubería.

b) Cierre rápido.

El cierre rápido sucede cuando el tiempo de parada de las bombas o el cierre de alguna válvula es menor que el tiempo que tarda en completar un ciclo la onda de celeridad.

En 1904 **Allievi** dedujo una expresión con la que se calcula el valor máximo del golpe de ariete que puede producirse en una conducción.

$$\Delta H = aV/g$$

Puede observarse cómo el valor de la sobrepresión es independiente de la longitud de la tubería. Representando gráficamente las ecuaciones de Allievi y de Michaud, se observa que, si la conducción es lo suficientemente larga, las dos rectas se cortan en un punto, denominado **punto crítico**. La longitud del tramo de tubería regido por la ecuación de Michaud se conoce como



longitud crítica (L_c), y su valor se obtiene, lógicamente, igualando las fórmulas de Michaud y Allievi.

$$((2L_c V)/(gT)) = aV/g$$

$$L_c = aT/2$$

Excepto en el caso de ser la pendiente hidráulica mayor del 50%, en que se recomienda considerar la sobrepresión de Allievi en toda la conducción, el valor así calculado lo soportará el tramo de tubería de longitud L_m , siendo

$$L_m = L - L_c.$$

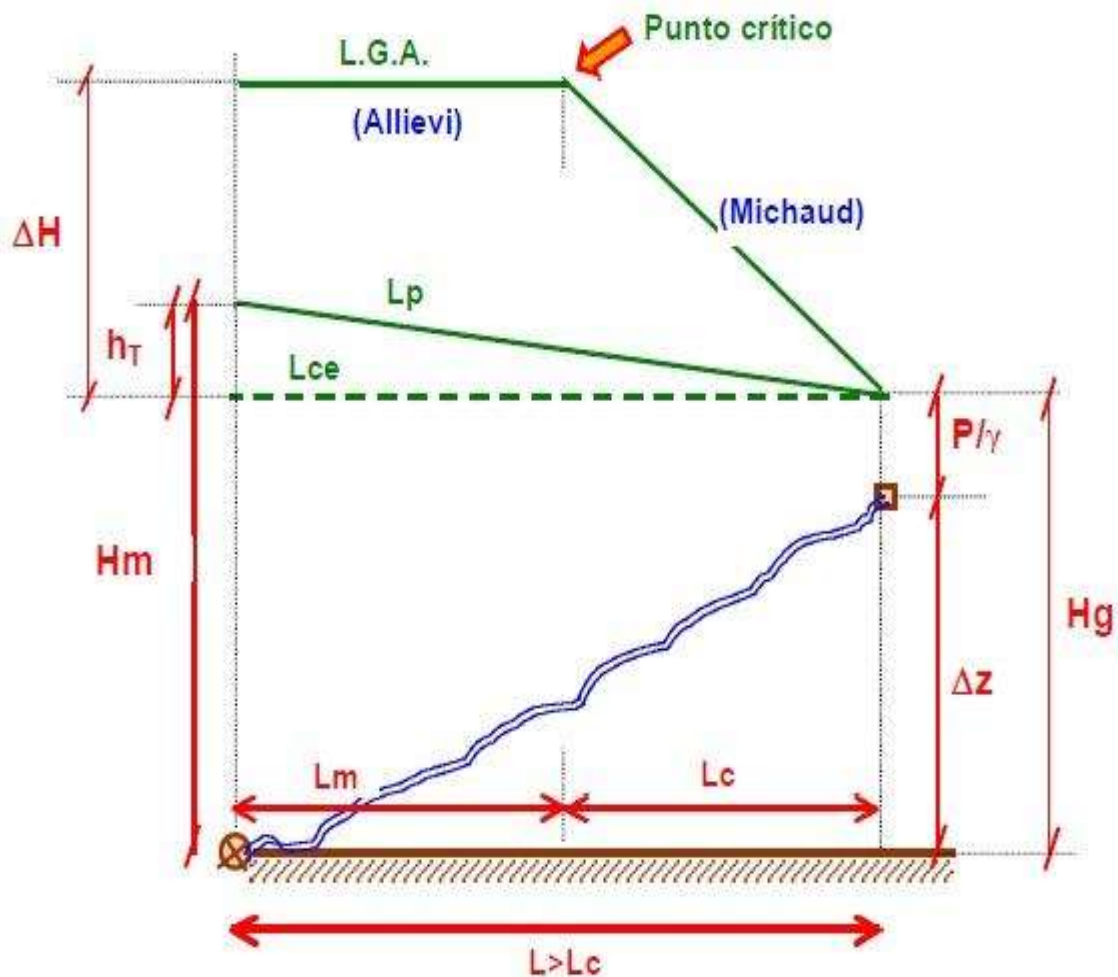


Imagen 13. Representación del golpe de ariete.





Basándonos en el concepto de longitud crítica, se tiene que:

- Si $L < L_c$, se trata de una **impulsión (conducción) corta**, que se correspondería con un **cierre lento**, calculándose el golpe de ariete mediante la fórmula de Michaud.
- Si $L > L_c$, entonces la **impulsión (conducción) es larga** y el **cierre rápido**, siendo el valor del golpe de ariete el dado por Allievi desde la válvula hasta el punto crítico y por Michaud en el resto.

Para el cálculo del golpe de ariete necesitamos calcular previamente la velocidad del agua y, en impulsiones, la altura manométrica del grupo de bombeo.

- Se obtiene el tiempo de parada con la ecuación de Mendiluce. En el caso de abastecimientos por gravedad, el tiempo de cierre de la válvula será conocido.

$$T = C + (KLv)/(gH_m)$$

- Se calcula la celeridad “a” con la fórmula de Allievi o se consultan las tablas para calcular la sobrepresión mediante la fórmula adecuada.

$$a = 9900/(\text{rcuad}(48.3+(KD/e)))$$

- Se calcula la longitud crítica “ L_c ”, que es la distancia que separa el final de la impulsión del punto crítico o de coincidencia de las fórmulas de Michaud y Allievi. En la L_c rige la fórmula de Michaud.

$$L_c = aT/2$$

- Se comparan las longitudes L y L_c .

$L < L_c$	Impulsión corta	$T > \frac{2 \cdot L}{a}$	Cierre lento	Michaud	$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$
$L > L_c$	Impulsión larga	$T < \frac{2 \cdot L}{a}$	Cierre rápido	Allievi	$\Delta H = \frac{a \cdot v}{g}$

El tipo de cierre, lento o rápido, también puede conocerse comparando el tiempo de parada de la bomba o el de cierre de la válvula con el tiempo que tarda la onda de presión en dar una oscilación completa, es decir, con $2L/a$.





- En impulsiones, se colocan las válvulas de retención necesarias para mantener la línea de sobrepresión debida al golpe de ariete por debajo de la línea piezométrica. Con las válvulas de retención se desplaza la línea de máximas presiones del golpe de ariete.

En la tabla 5.20 se muestran las operaciones que se realizaron para el cálculo del golpe de ariete.





Tabla 5.21 Cálculo del golpe de ariete.

TUBERÍA ACERO-PVC(Q=55l.p.s. TRAMO DE CÁRCAMO DE BOMBEO A CÁRCAMO DE REBOMBEO)															
GOLPE DE ARIETE CONSIDERANDO TUBERÍA DE ACERO Y PVC															
DIÁMETRO		K función del material de tubería	Diámetro interior(m)	Espesor(m)	celeridad (a)→(m/s)	C(adim. Función de pendiente hydr.)	K(depene de long. Tubería)	Long. De tubería(m)	gravedad (9.81m/s ²)	Hm. del grupo de bombeo(m)	V(m/s)	"T" tiempo de cierre(s)	Long. Critica (Lc)	Allievi $\Delta h=av/g$	20% por golpe de ariete
pulg.	mm(interior)														
10 acero	254.46	0.5	0.25446	0.00927	1257.04867	1	1	4244.15	9.81	203.90535	1.11468	3.97324664	1695.094092	96.9522372	19.39045
10 PVC	247	33.3	0.247	0.013	379.368824			1091.41							
					853.253898			5335.56							



5.10.3 Descripción del esquema de apoyo.

Como ya se mencionó, el fenómeno del Golpe de Ariete genera sobrepresiones importantes en las tuberías que lo sufren. Esta sobrepresiones, cuando están dentro de valores razonables, pueden enfrentarse dimensionando adecuadamente el espesor de la tubería (a veces engrosándolas un poco respecto de lo que necesitan para el funcionamiento en régimen permanente).

Para la determinación de la longitud de la tubería de PVC se tomaron en cuenta todas las propiedades de la misma como son: espesor, material, diámetro nominal, rugosidad, presión de trabajo, módulo de elasticidad, entre otros, dentro lo que fue el golpe de ariete. Para determinar dicha longitud, se comenzó por proponer una longitud arbitraria de PVC y de acero con revestimiento interior hasta completar la longitud total del tramo en estudio, posteriormente se calcularon las pérdidas por fricción en todo el tramo, así como el golpe de ariete considerando que dicho tramo estará compuesto por tubería de diferentes materiales. Hecho esto y teniendo el perfil topográfico del tramo en estudio, se dibujó una línea vertical que representa la resistencia nominal de la tubería de PVC en metros columna de agua, dicha línea se colocó en el punto donde se unen tanto la tubería de PVC como la de acero. Entonces teniendo la gráfica del golpe de ariete generado con la longitud propuesta y la resistencia nominal en metros columna de agua, se observa la posición de la gráfica del golpe respecto de la resistencia de la tubería, es decir se observa si la línea vertical está por encima de la del golpe, si es así, tendremos que es aceptable por que la resistencia de la tubería será mayor que la gráfica del golpe, pero también observaremos si la gráfica del golpe no se mete demasiado al terreno natural (no mayor de 2 m.c.a.), lo que nos ocasionaría presiones negativas en la tubería, y por consiguiente un posible colapso de la misma. Si alguno de los puntos mencionado anteriormente no se cumple, se propondrá una nueva longitud y nuevamente el procedimiento hasta tener una longitud que cumpla con dichos requisitos. Básicamente lo que se busca es que la resistencia de la tubería quede sensiblemente por encima del diagrama del golpe de ariete, para aprovechar al máximo su resistencia y por consiguiente nos dé una mayor longitud de tubería de PVC que en este caso es lo que se desea. En el **Anexo V** se pueden observar algunos de las iteraciones realizadas para encontrar dicha longitud.

Existen muchos métodos para proteger tanto las bombas como la tubería en una impulsión, en nuestro caso se utilizaron válvulas de aire y válvulas anticipadoras de presión.

Esta solución consiste en la instalación de una Válvula Anticipadora de Presión poco después de la bomba para contrarrestar la onda positiva y negativa. Esta última se complementa en toda la conducción con las válvulas de aire, cuyo cometido es el que no sea superada una dada depresión fijada como pauta de selección.

Esta es una solución simple y muy efectiva. Se puede observar la sencillez de su implementación observando la Imagen 14, donde se muestra una instalación típica para la Válvula Anticipadora de presión mencionada.



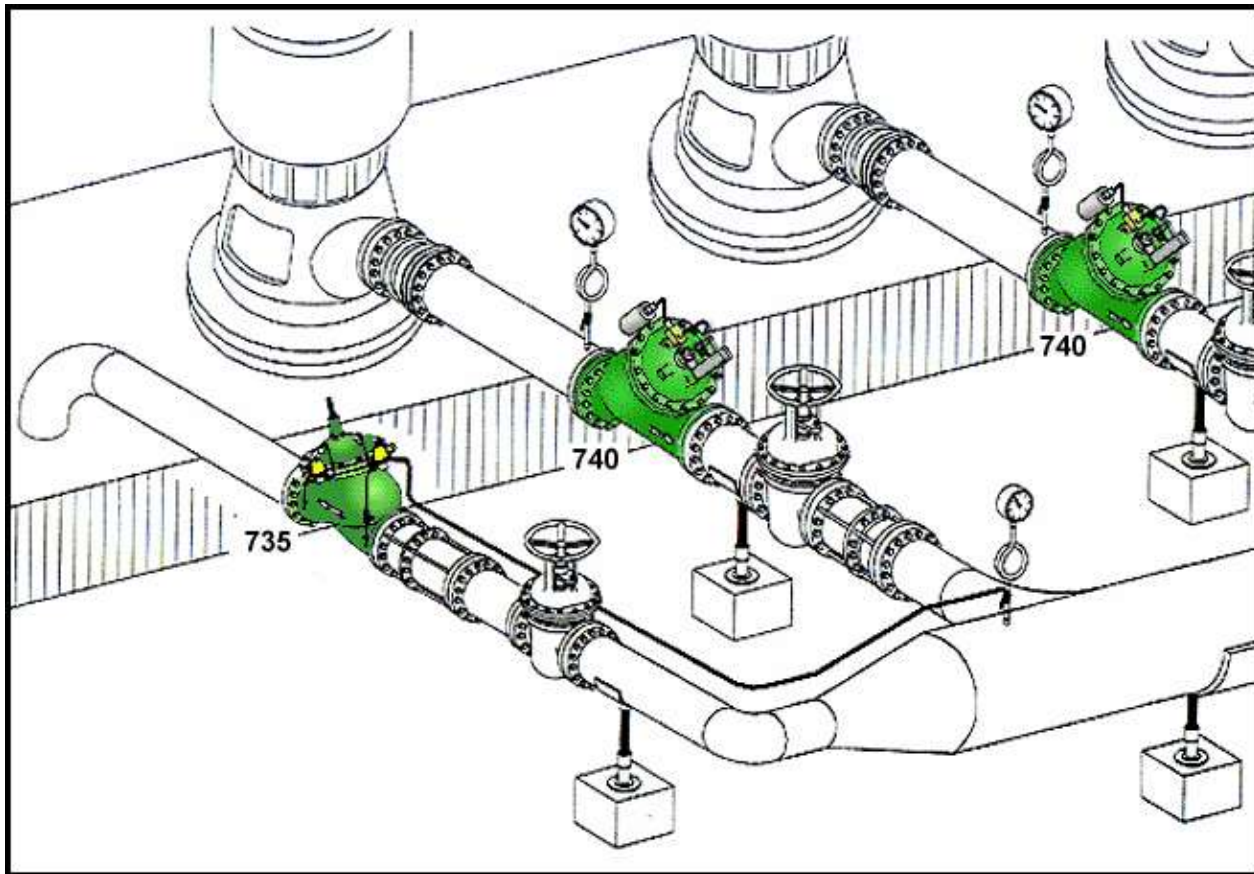


Imagen 14. Válvulas aliviadoras de presión.

Este tipo de válvula es automática y está especialmente diseñada para proteger bombas y tuberías del daño resultante de los cambios bruscos de velocidad del flujo ocasionados por el arranque y detención de bombas, especialmente en el caso de detención abrupta a causa de una falla en el suministro de energía.

En el **Anexo III (Perfil topográfico de cárcamo de bombeo a cárcamo de rebombeo)** se puede observar el perfil topográfico del tramo que corresponde a la línea de conducción por bombeo, dicho tramo es el que irá desde cárcamo de bombeo a cárcamo de rebombeo. En el perfil se puede observar el diagrama del golpe de ariete y de las pérdidas por fricción.

Sabiendo que la válvula contra golpe de ariete soportara un 80% de la presión total producida por el mismo, podemos observar que en tal caso la presión por golpe se reduce significativamente, haciendo que el diagrama caiga por debajo del diagrama de pérdidas, por lo que podemos decir que el golpe dejara de ser relevante y por consiguiente peligroso tanto para la tubería como para las bombas.



5.11 Cárcamos de bombeo.

El proyecto del cárcamo de bombeo fue propuesto aguas abajo de la obra de toma, con la finalidad de encontrar un lugar de fácil acceso para colocar las estructuras que lo conformaran, así como el acomodo y distribución de las bombas. Otra de las razones por las que se pensó en construir el cárcamo aguas abajo de la obra de captación es el fácil acceso, debido a que al actual cárcamo de bombeo genera problemas a la hora de hacer alguna visita, así como para algún mantenimiento o reparación de los equipos de bombeo.

En la imagen 15 podemos observar el estado de lo que actualmente es el cárcamo de bombeo.



Imagen 15. Cárcamo de bombeo actual.

El cárcamo de bombeo estará ubicado en un terreno a la orilla del río Toscano, la superficie del terreno es de 255m^2 . Contará con un pequeño estacionamiento para tres vehículos, así como un carril de acceso al mismo.

Contará también con una caseta de control de motores, así como una caseta de cloración y una pequeña superficie de concreto para colocación de los transformadores, tendrá también un módulo para tablero eléctrico, y además estará cercado con malla ciclónica de acero inoxidable en todo su perímetro. La estructura que conformara el cárcamo será de concreto armado y fue diseñada especialmente con el tiempo de retención hidráulico, para darle buena sumergencia a las bombas y su buen funcionamiento.





Sobre la plataforma del cárcamo estarán instaladas tres bombas, de las cuales solo dos estarán en funcionamiento, la última servirá como repuesto en algún dado caso que alguna de las otras dos sufra alguna descompostura. Las bombas estarán conectadas de tal manera que alimentaran a la línea de conducción que llevara el caudal hasta el cárcamo de rebombeo. En el **Anexo IV** se puede apreciar a detalle la distribución de los elementos que lo conforman.

Dentro del proyecto electromecánico de cada bomba, cada tren de descarga de cada bomba llevara sus piezas especiales como son: junta expansiva de acero inoxidable, válvula de compuerta, válvula de admisión y expulsión de aire, la descarga de cada una de las bombas es de 8" Ø y estarán conectadas a un ángulo de 45 grados respecto a la línea principal que será de 10"Ø. Sobre la línea principal estará instalada la válvula contra golpe de ariete, la válvula no retorno y el medidor de gasto. De las bombas que se instalaran, dos serán de 75HP y la ultima de 100HP.

Las dos bombas que estarán trabajando serán la de 100 HP y la de 75HP, ambas nos proporcionaran el gasto de diseño que es de 55 l/s.

Se instalara un centro de control de motores en tablero eléctrico metálico nema auto soportado con un módulo de 1.20x2.00x0.50m y media sección de 0.60x2.00x0.50m ancho alto y fondo incluye lo siguiente:

- Interruptor principal de alta capacidad interruptiva de 3x600 A.
- Manija rotatoria a distancia.
- Buss principal hasta 600 a.
- Barra de cobre platinada.
- Accesorios de fijación aislados dos combinaciones interruptor, arrancadores conexión tipo transformador. Para motor 150h.p. 440 vca.
- Indicador digital de parámetros eléctricos, transformadores de corriente y protecciones.
- Barra de tierra física.
- Botoneras de arranque y paro, indicador piloto en puerta tablero.
- Transformador de control 440-220/127, protecciones térmicas.
- Un alambrado tipo "b" clase I. voltaje de control 127vca. Control y fuerza.
- Un juego de planos eléctricos. Identificado de cableado.
- Se colocaran motores de tres fases, con voltajes que van de 460-230 volts.

El cárcamo de rebombeo estará localizado sobre la carretera estatal Arteaga-Tumbiscatío, este cárcamo de rebombeo será básicamente una copia del cárcamo de bombeo, excepto que se movió la línea de desagüe, debido a que ahora la pendiente del cerro está en el otro sentido. En todos los demás aspectos será idéntico al cárcamo de bombeo, esto debido a que en la posición en la cual estará localizado el desnivel topográfico a vencer en muy parecido al de bombeo, por lo que también se tendrán las mismas bombas y el mismo tren de descarga, solo que ahora será para la línea de rebombeo. Ver detalles en el plano del cárcamo de rebombeo.





5.11.1 Gasto.

Como se mencionó anteriormente, el gasto de diseño que deberá llevar la línea a la población de Arteaga deberá ir en cantidad suficiente, calidad y con la presión adecuada.

En base a lo anterior se tiene primeramente que la cantidad de agua que proporciona el manantial es lo suficiente para abastecer a la población, esto en base al aforo realizado durante la inspección al manantial “la cueva”. Del aforo realizado en dicho manantial tenemos que el gasto que proporciona es de 88.4 l/s, cabe mencionar que dicho gasto corresponde al más crítico, es decir al gasto que proporciona en época de estiaje.

Del gasto que proporciona el manantial, la obra de captación tomara 65 l/s y serán conducidos por el tramo de línea que trabaja a gravedad hasta llegar al cárcamo de bombeo donde solo se tomaran 55 l/s por el equipo de bombeo, los 10 l/s restantes serán envidos nuevamente al río.

Lo anterior se hizo debido a que se pensó en que si en algún futuro dado se necesita más gasto, tanto la obra de captación como el tramo a gravedad no necesitaran modificación alguna.

Como se mencionó anteriormente, la cantidad de agua que proporcionara la línea debe de ser de la calidad necesaria para el consumo humano, es por ello que se mandó analizar una muestra de agua extraída del manantial de la cual se obtuvieron resultados satisfactorios, dichos resultados se tienen en el **Anexo I**. La presión en la línea es satisfactoria, debido a que las bombas propuestas cumplen con la misma.

5.11.2 Tiempo de residencia.

Otro parámetro importante en el dimensionamiento del cárcamo de bombeo es el tiempo de retención hidráulico. Este representa el tiempo que una partícula de agua deberá de permanecer en el cárcamo. Como el cárcamo de bombeo es igual al de rebombeo, su diseño es el mismo, por tanto basto diseñar solo uno. El tiempo de residencia hidráulico deseado para los cárcamos fue de aproximadamente 5 min.

5.11.3 Diseño de cárcamos.

Para determinar las dimensiones del cárcamo de bombeo, se tomó un tiempo de retención hidráulico de 5 min, así como el gasto de diseño que en este caso son 55 l/s, con ellos y proponiendo una profundidad de succión adecuada para la bombas se obtuvieron las otras dimensiones del cárcamo.

Una vez teniendo las dimensiones de la estructura se propuso un espesor de las paredes y espesor de la losa superior e inferior. El espesor de las paredes fue propuesto de 20 cm, tanto el de la losa superior como inferior se propusieron de 15 cm, todos estos elemento serán de concreto reforzado, debido a las grandes ventajas que presenta frente a otro materiales.





Esta estructura será de forma cubica y sobre ella ira una estructura a base de vigas y columnas, dicha estructura tendrá como fin el colocar sobre ella un monorriel para poder montar y desmontar las bombas en dado caso que presenten alguna descompostura.

En el **Anexo IV** se presenta tanto la forma y distribución del cárcamo, así como la estructura sobre la que se montara el monorriel.





6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Concluimos que con base en las modificaciones hechas al sistema de abastecimiento de agua del municipio de Arteaga Michoacán, se logró dar solución al mejoramiento de la eficiencia del mismo. Por lo que esto se traduce en un mejor servicio hacia la población de Arteaga, y por consiguiente un mejor desarrollo para la población.

Dentro del objetivo para la obra de captación podemos decir que se ha logrado aprovechar la cantidad de agua que se extrae del manantial, así como regular el gasto a través de dicha obra, por lo que podemos decir que el objetivo se ha cumplido.

Después de los cambios realizados al cárcamo de bombeo, y cumplir con los requerimientos planeados para dicha estructura como son: tiempo de retención hidráulico, almacenamiento, soporte y estructura de impulsión. Concluimos que será suficiente para satisfacer las necesidades requeridas.

Podemos decir que tanto el cárcamo de bombeo como el de rebombeo son estructuras idénticas, por tal motivo, ambas estructuras cumplirán con los requerimientos solicitados por el proyecto. Con el tipo de tubería propuesto se cumplen las necesidades principales de la tubería que son: transportar el caudal de diseño en la calidad, cantidad y presión adecuada desde la obra de captación, hasta la caja rompedora de presión.

Dentro de la presente tesis se trató específicamente de la línea de conducción que abastece a la población de Arteaga. En dicha línea se tuvo que hacer una serie de modificaciones y nuevos diseños de partes que conformaran dicha estructura, como ya se mencionó anteriormente, se debe cumplir con los lineamientos establecidos por las dependencias gubernamentales, ya que estas nos dicen cuáles son los requerimientos mínimos que tendrá que cumplir para asegurar que funcione correctamente durante el periodo de diseño proyectado para la obra de la que se trate.

En este nuestro caso, se fijaron objetivos generales y específicos para poder definir el momento en el cual dicha parte ha cumplido con los requisitos establecidos. Así cada una de las partes que conformara el proyecto fue cumpliendo con lo requerido, hasta conformar el proyecto final, por lo que podemos decir que cumplidos los objetivos específicos, se cumplió en objetivo general.

Por medio del presente trabajo de tesis se quiere reflejar la problemática que actualmente existe en la población de Arteaga en cuanto al abastecimiento de agua, así mismo se pretende dar una solución a la misma. Con esto se espera tener una mejor calidad del servicio y por consiguiente satisfacer las necesidades de la población en cuanto a calidad y cantidad del vital líquido.

Personalmente este trabajo no solo me sirvió para fortalecer mis conocimientos obtenidos durante la carrera, sino que fue un reto, una experiencia, una oportunidad para creer en mí.





7. BIBLIOGRAFÍA.

Ronald V. Giles, Jack B. Evett, Cheng Liu. Mecánica de fluidos e hidráulica. Editorial Mc Graw-Hill 3ra edición.

Gilberto Sotelo. Hidráulica general Vol.1 Fundamentos. Editorial Limusa.

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real. Cátedra de Ingeniería Rural. Tema 10. Golpe de Ariete. Ingeniería Rural.

Ing. Luis E. Pérez Farrás. Ing. Adolfo Guitelman. Estudio de transitorios: Golpe de Ariete. Facultad de Ingeniería. Departamento de Hidráulica. Cátedra de Construcciones Hidráulicas.

Secretaría de Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Líneas de Conducción por Gravedad.

SEMARNAT. Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento (MAPAS 2007)

Pedro López Alegría. Abastecimiento de agua potable disposición y eliminación de excretas. Editorial Alfaomega.

P.I.M. García Guzmán Raúl y P.I.M. Hurtado Díaz Eduardo. Calculo hidráulico de la planta de bombeo gran canal de Ecatepec. Tesis Colectiva.

P.I.C. Mario Alberto Hernández Hernández. Diseño hidráulico de una línea de conducción de agua potable por gravedad a la población de Arteaga Mich. Tesis de licenciatura.

Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Arteaga, Michoacán de Ocampo.

Páginas de internet.

www.sagarpa.gob.mx

www.bibliocad.com

www.inegi.org.mx





8. ANEXOS.

Anexo 1. Análisis de calidad del agua.

Anexo 2. Perfil de funcionamiento hidráulico de captación a bombeo.

Anexo 3. Perfil de funcionamiento hidráulico de bombeo a rebombeo.

Anexo 4. Plano de detalles constructivos de cárcamo de bombeo.

Anexo 5. Determinación de longitud de tubería por medio de tanteos.

Anexo 6. Arreglo general de captación.

Anexo 7. Arreglo general de cárcamo de bombeo.

Anexo 8. Arreglo general de cárcamo de rebombeo.

Anexo 9. Detalles constructivos de obra de captación.

Anexo 10. Perfil de funcionamiento hidráulico de rebombeo a caja rompedora de presión.





C. LUIS FERNANDO RAMÍREZ ÁVILA
BORA CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V.

At'n. H. Ayuntamiento de Arteaga, Michoacán

PRESENTE

Por este conducto, presentamos a usted los resultados de los estudios de calidad del agua, practicados a las muestras tomadas el día 1 de mayo de 2012, por personal de este laboratorio. El muestreo se realizó en el manantial "La Cueva", a un costado del río Toscano, perteneciente al municipio de Arteaga, del Estado de Michoacán. Al respecto, en función de los parámetros solicitados, se presentan los resultados de los análisis de campo y laboratorio de dicha muestra.

Muestra única: Manantial "La Cueva", Reg. CNA 1617107, ubicación UTM 777228, 2036860.

Tipo de muestreo: simple

Fecha de muestreo: 1 de mayo de 2012

Hora de muestreo: 11:15 hrs.

Tipo de agua: potable, para uso y consumo humano.

- Resultados de campo:

Resultados de Campo:				
PARÁMETRO	RESULTADO	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NOM-127-SSA1-1994)	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO
pH	7.47	6.5-8.5	U pH	NMX-AA-008-SCFI-2000
Oxígeno Disuelto	5.93	----	mg/l	NMX-AA-012-SCFI-2001
Conductividad eléctrica	240	----	µS/cm	NMX-AA-093-SCFI-2000
Cloro residual	No detectable	0.2-1.5	mg/l	NMX-AA-108-SCFI-2001
Salinidad	0.1	----	‰ (ppt)	NMX-AA-093-SCFI-2000
Sólidos Disueltos Totales	127.8	1000	mg/l	NMX-AA-093-SCFI-2000
Materia flotante	Ausente	----	-----	NMX-AA-006-SCFI-2000
Color del agua	Incolora	----	-----	Organoléptico
Olor	Inodora	Agradable	-----	Organoléptico
Temperatura del agua	22.7	----	°C	NMX-AA-007-SCFI-2000
Temperatura ambiente	29.5	----	°C	NMX-AA-007-SCFI-2000

Resultados de laboratorio:				
PARÁMETRO	RESULTADO	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NOM-127-SSA1-1994)	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO
pH	7.08	6.5-8.5	U pH	NMX-AA-008-SCFI-2000
Temperatura del agua	19	----	°C	NMX-AA-007-SCFI-2000
Color aparente	12	----	UC Pt-Co	NMX-AA-017-1980
Color verdadero	5	20	UC Pt-Co	NMX-AA-017-1980
Turbiedad	0.74	5	UTN	NMX-AA-038-SCFI-2001
Cloruros	6.45	250	mg/l	NMX-AA-073-SCFI-2001



Asunto: Reporte de Análisis de calidad de agua residual
Hoja 2 de 2...

Resultados de laboratorio (continuación muestra única):				
PARÁMETRO	RESULTADO	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE (NOM-127-SSA1-1994)	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO
Alcalinidad total	120	----	mg/l	NMX-AA-036-SCFI-2001
Acidez	21	----	mg/l	NMX-AA-036-SCFI-2001
Oxígeno disuelto	5.20	----	mg/l	NMX-AA-012-SCFI-2001
Conductividad eléctrica	2.71	----	μS/cm	NMX-AA-093-SCFI-2000
Dureza total (CaCO ₃)	155	500	mg/l	NMX-AA-072-SCFI-2001
Dureza cálcica (CaCO ₃)	130	----	mg/l	NMX-AA-072-SCFI-2001
Dureza magnésica (CaCO ₃)	25	----	mg/l	NMX-AA-072-SCFI-2001
Nitrogeno total	6.15	----	mg/l	Espectrofotométrico
Fluoruros	0.10	1.5	mg/l	Espectrofotométrico
Cadmio	0.00	0.005	mg/l	Espectrofotométrico
Cianuros	0.05	0.07	mg/l	Espectrofotométrico
Cobre	0.02	2.00	mg/l	Espectrofotométrico
Cromo total	0.00	0.05	mg/l	Espectrofotométrico
Plomo	0.00	0.025	mg/l	Espectrofotométrico
Zinc	0.17	5.00	mg/l	Espectrofotométrico
Sólidos totales	220	----	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos disueltos totales	204	1000	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos suspendidos totales	16	----	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sulfatos	25	400	mg/l	NMX-AA-074-1981
Hidroxidos	0	----	mg/l	NMX-K-282-SCFI-2012
Carbonatos	0.38	----	mg/l	NMX-K-282-SCFI-2012
Bicarbonatos	119.62	----	mg/l	NMX-K-282-SCFI-2012
Demanda Química de Oxígeno	0	----	mg/l	NMX-AA-030-1981
Salinidad	0.1	----	‰ (ppt)	NMX-AA-093-SCFI-2000
Cloro residual	<0.2	0.2-1.50	mg/l	NMX-AA-108-SCFI-2001
Coliformes totales	Ausente	Ausente	UFC/ml	NOM-113-SSA1-1994
Coliformes fecales	Ausente	Ausente	NMP/100 ml	NMX-AA-042-1987

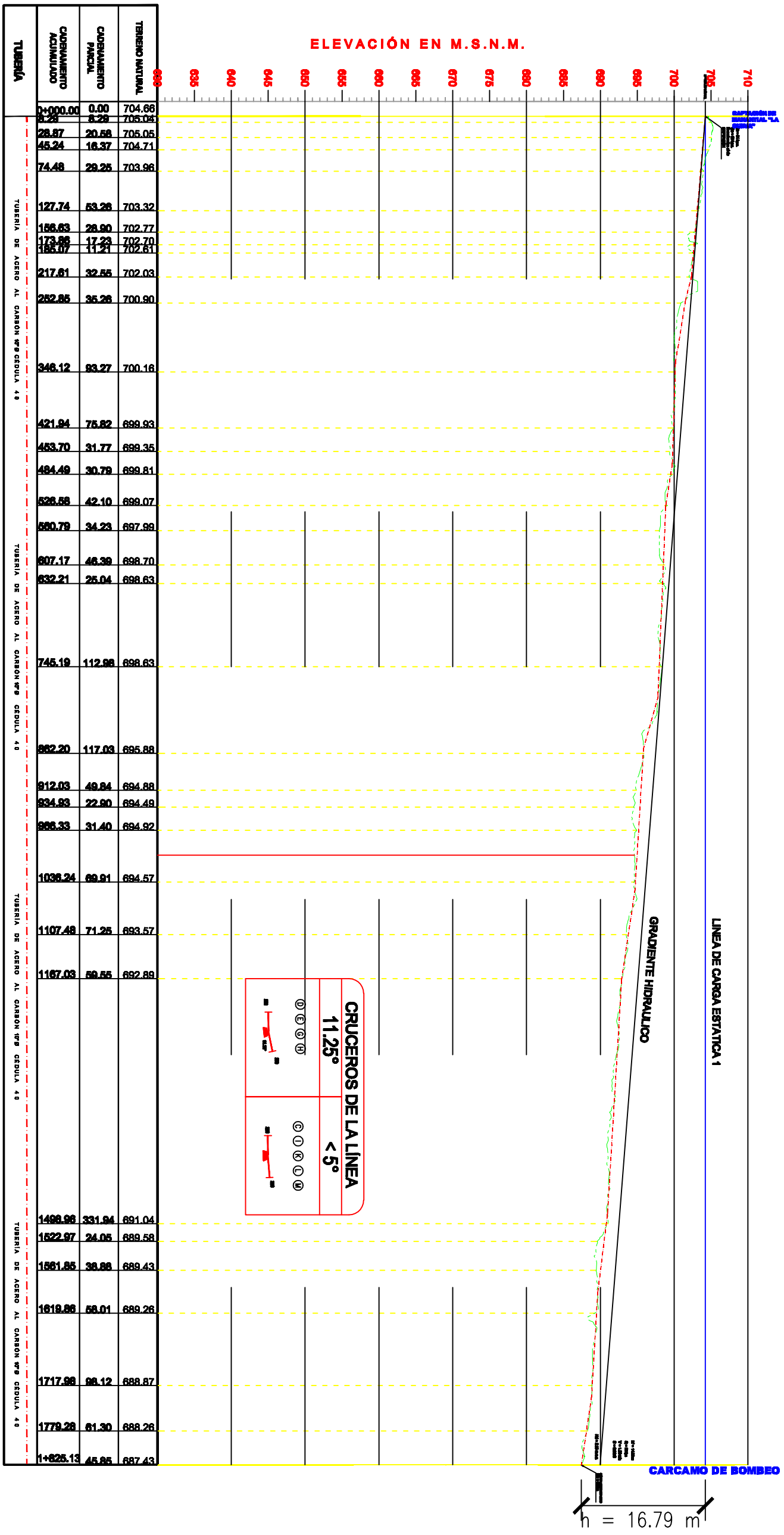
Sin otro particular por el momento reciba un cordial saludo, no sin antes quedando a sus órdenes para cualquier aclaración y comentario al respecto.

Morelia Mich., a 11 de mayo de 2012

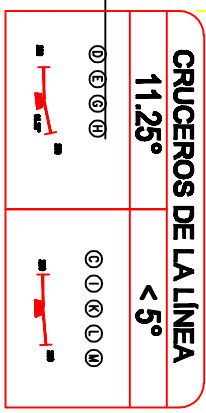
ATENTAMENTE.

Ing. Sonia Aguilera Juárez
Técnico Académico del laboratorio.

C.c.p Archivo



ESTACION	TUBERÍA		ELEVACIÓN EN M.S.N.M.
	CADENAMIENTO PARCIAL	CADENAMIENTO ACUMULADO	
0+000.00	0.00	704.66	
8.28	8.28	705.04	
28.87	20.58	705.05	
45.24	16.37	704.71	
74.48	29.25	703.96	
127.74	53.28	703.32	
156.63	28.90	702.77	
173.86	17.23	702.70	
185.07	11.21	702.61	
217.61	32.55	702.03	
252.85	35.26	700.90	
346.12	83.27	700.16	
421.94	75.82	699.93	
453.70	31.77	699.35	
484.49	30.79	699.81	
526.58	42.10	699.07	
580.79	54.23	697.99	
607.17	46.38	698.70	
632.21	25.04	698.63	
745.19	112.96	698.63	
882.20	117.03	695.88	
912.03	49.84	694.88	
934.83	22.90	694.49	
986.33	31.40	694.92	
1038.24	89.91	694.57	
1107.48	71.25	693.57	
1167.03	59.55	692.89	
1498.98	331.94	691.04	
1522.97	24.05	689.58	
1561.85	38.88	689.43	
1619.86	58.01	689.26	
1717.98	98.12	688.87	
1779.28	61.30	688.26	
1+825.13	45.85	687.43	



$h = 16.79 \text{ m}$

SIEMO OSLA
Sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Siemola, Departamento de Boyacá.

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO: ...

FECHA: ...

CANTIDADES DE TUBERÍA

Tubería de 1200 mm: ...

Tubería de 800 mm: ...

Tubería de 400 mm: ...

VOLUMENES DE OBRA

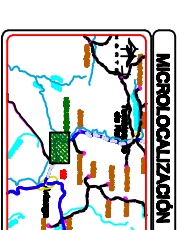
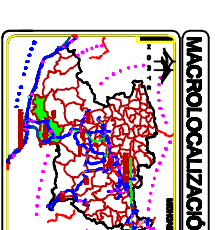
Excavación: ...

Revoque: ...

Acabado: ...

HIDROLOCALIZACIÓN

MAPA LOCALIZACIÓN



DATOS DE PROYECTO

POBLACIÓN 2000	5001 HAB.
POBLACIÓN 2005	5000 HAB.
POBLACIÓN 2010	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2015	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2020	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2025	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2030	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2035	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2040	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2045	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2050	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2055	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2060	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2065	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2070	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2075	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2080	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2085	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2090	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2095	5000 HAB.
POBLACIÓN PROYECTADA 2100	5000 HAB.

VOLUMENES DE OBRA

CONCRETO P.C. 300 kg/m ³	52.84 m ³
CONCRETO P.C. 350 kg/m ³	1.38 m ³

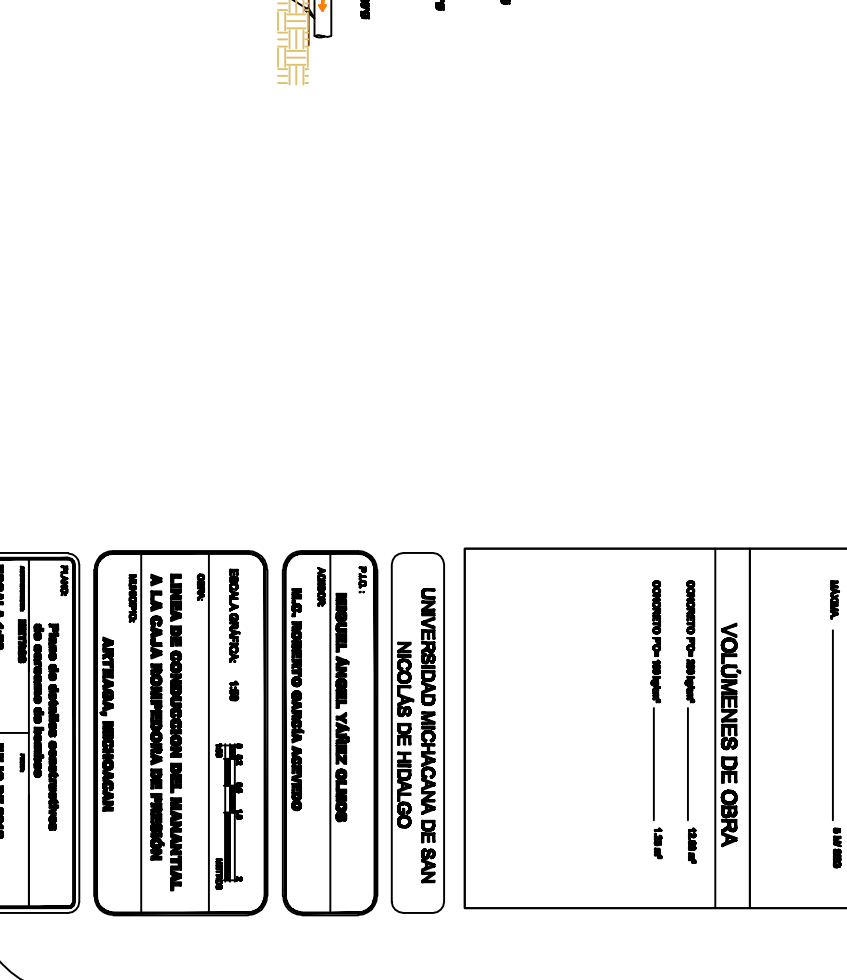
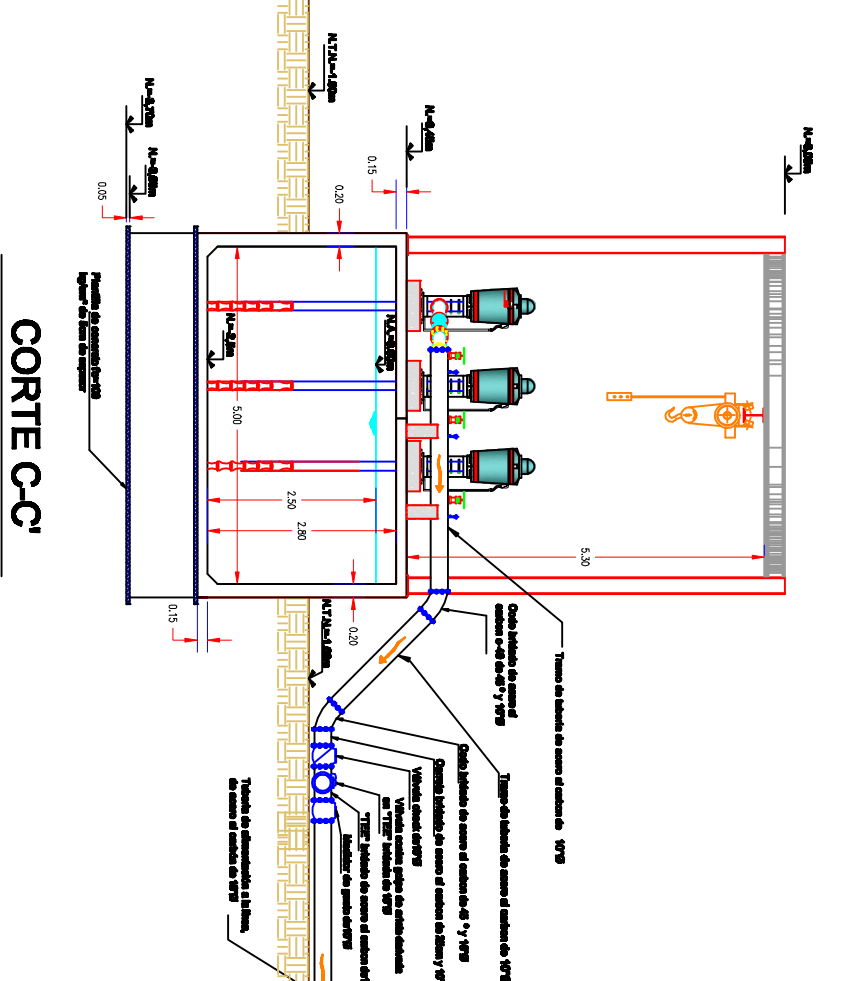
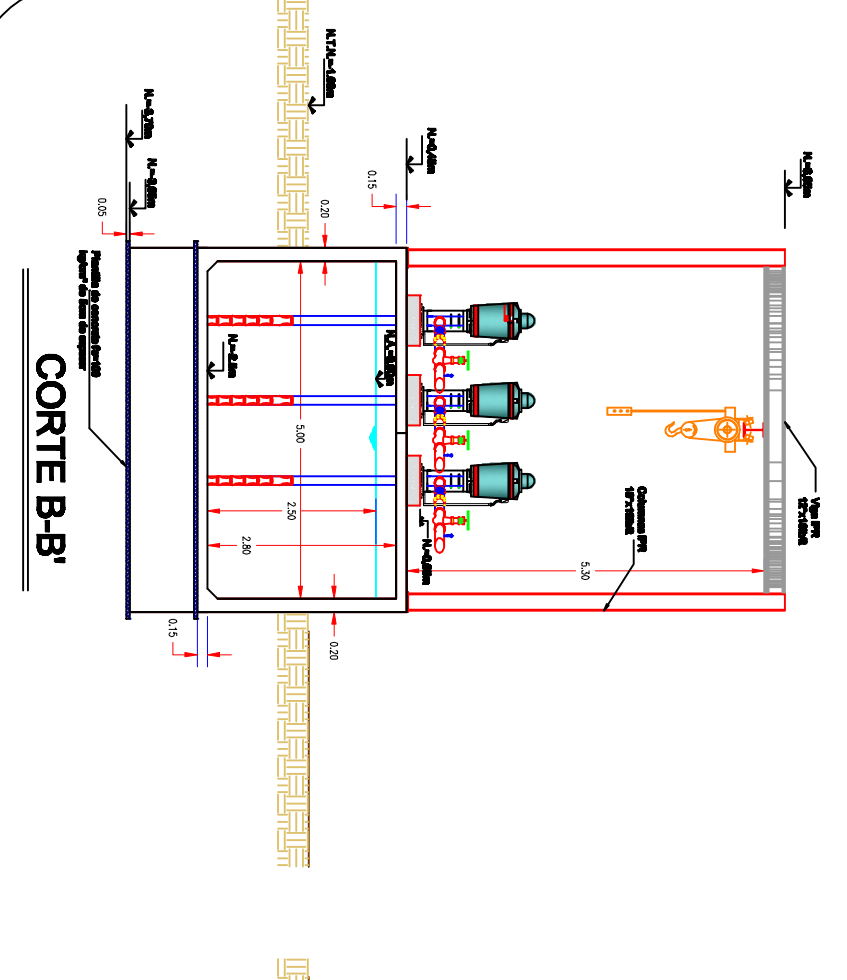
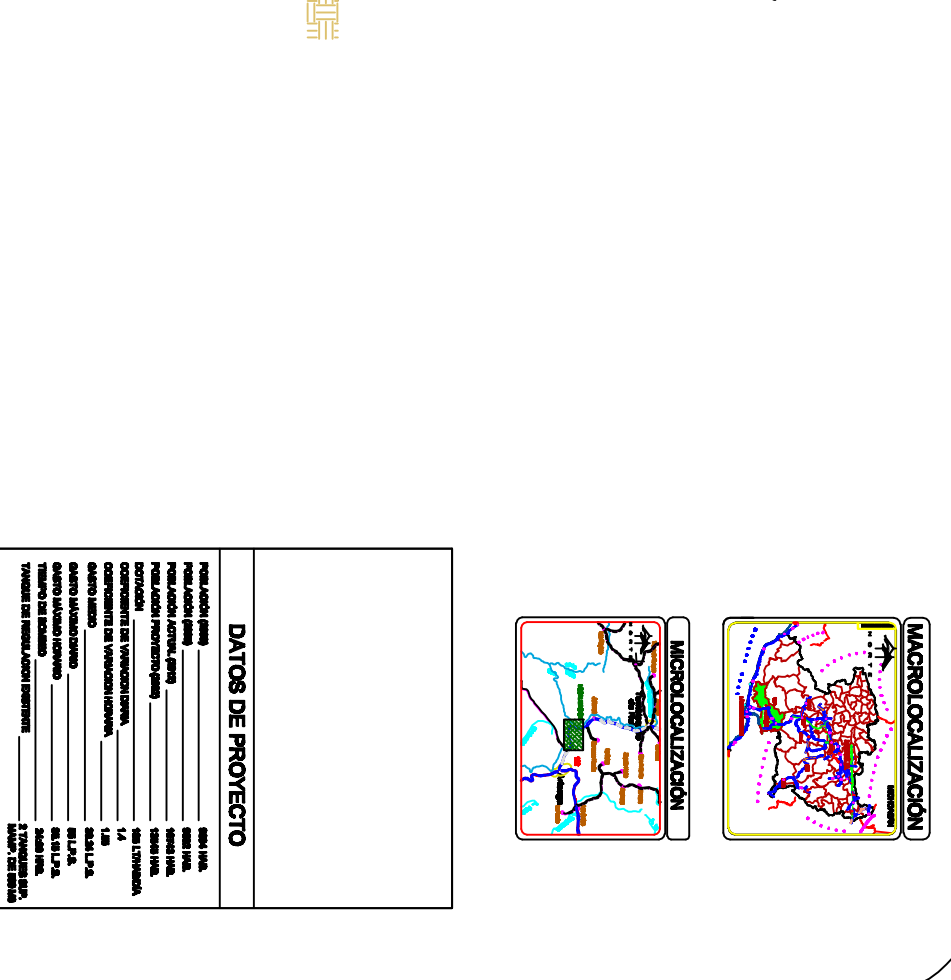
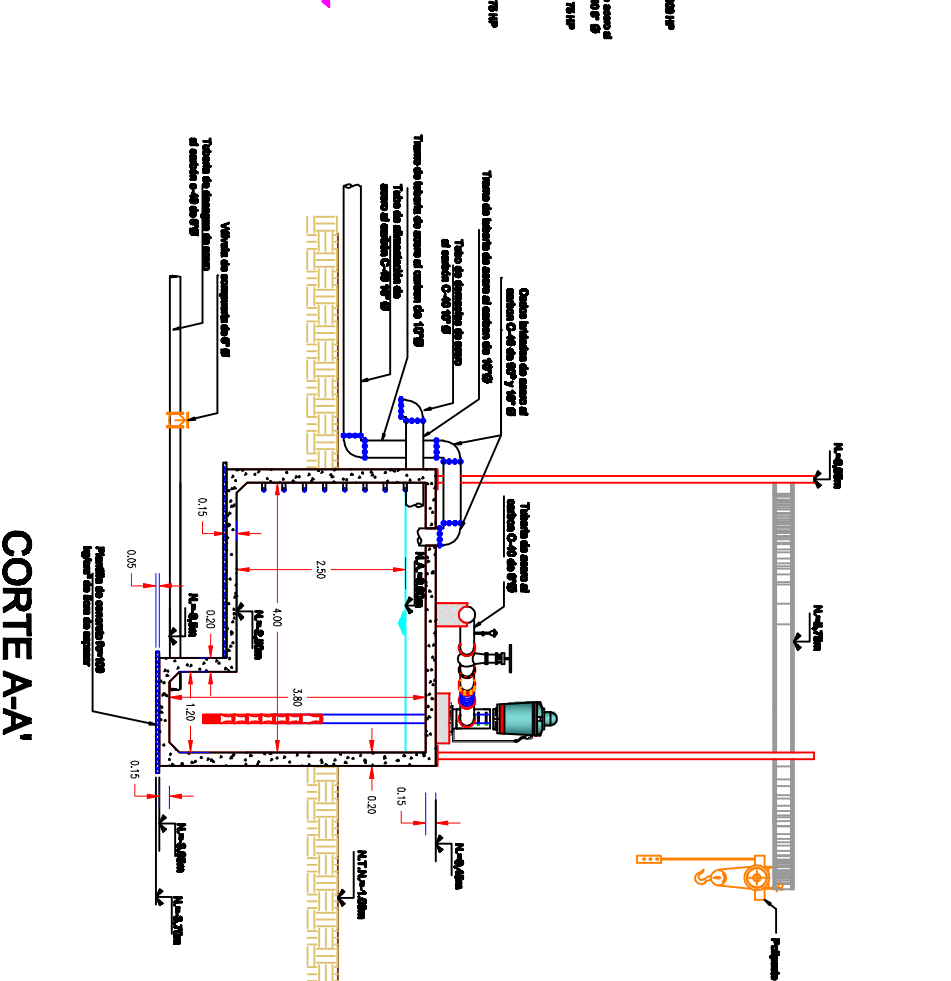
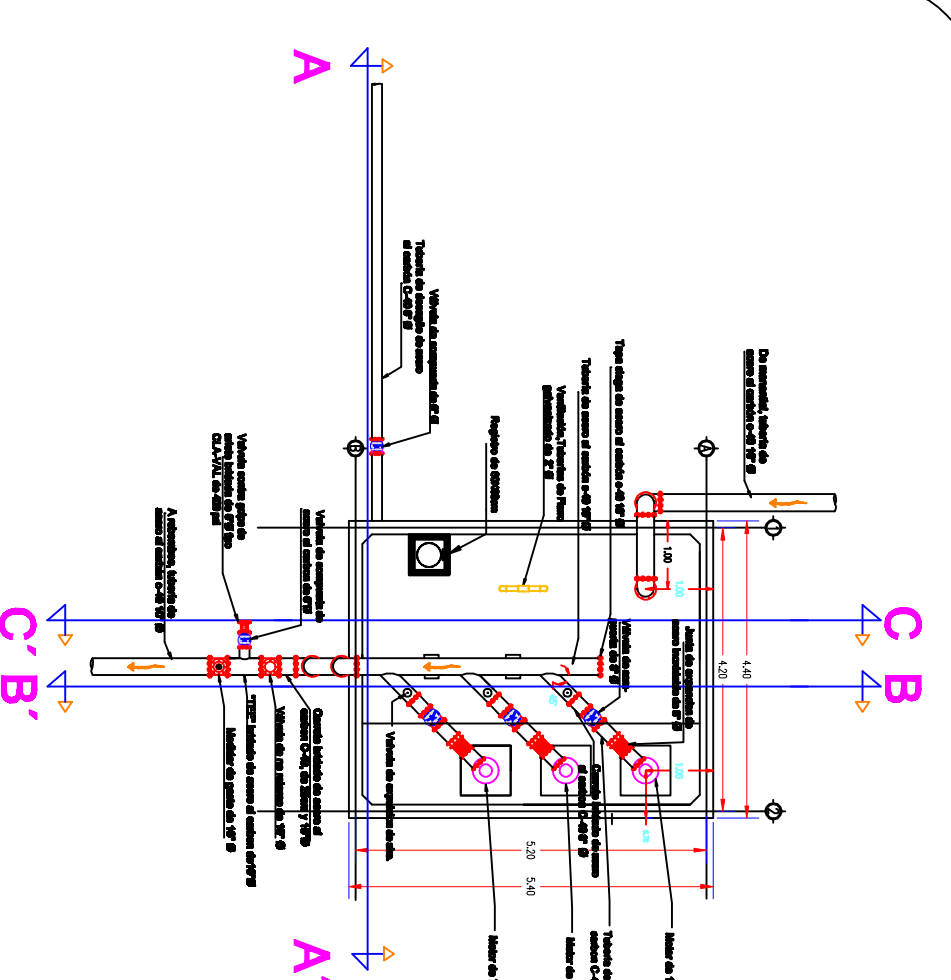
UNIVERSIDAD MICHACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

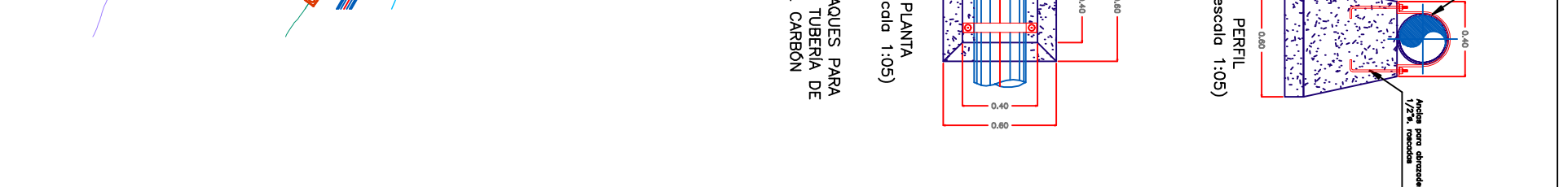
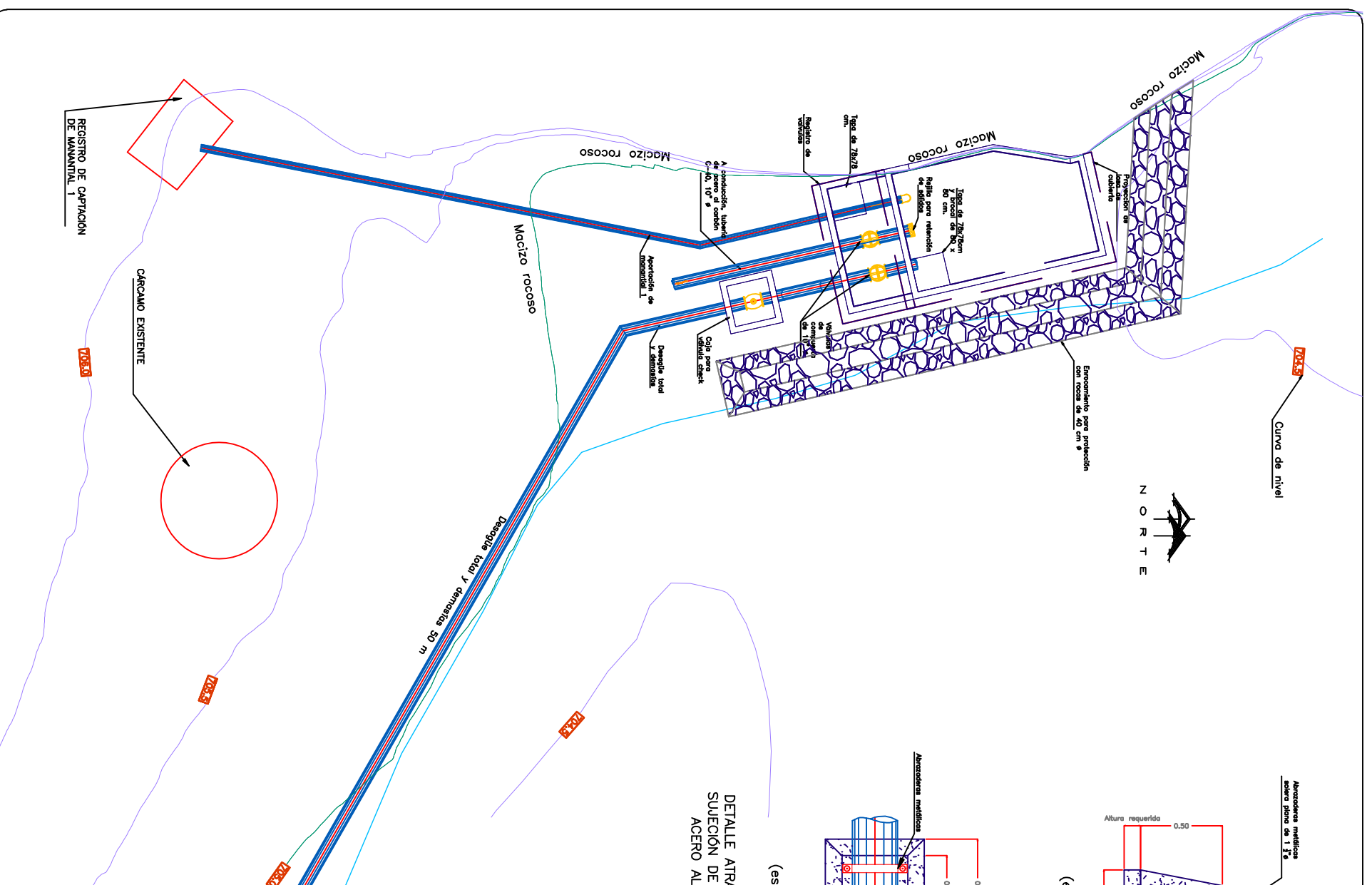
PROFESOR: INGENIERO ANTONIO VILLAR GUERRA

ALUMNO: M.C. ROBERTO GUERRA ALFARO

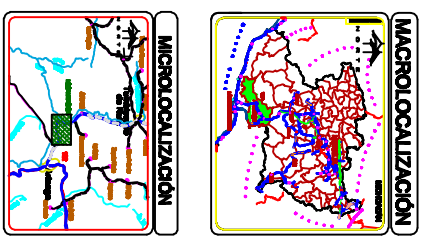
ESCUELA DE INGENIERIA: INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL

FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO: JUNIO DE 2012





DETALLE ATRAQUES PARA SUCCION DE TUBERIA DE ACERO AL CARBON (escala 1:05)



DETALLES CONSTRUCTIVOS

1. SE COLOCARAN ATRAQUES EN CADA CAMBIO DE DIRECCION TANTO HORIZONTAL COMO VERTICAL Y EN DISTANCIAS MAYORES A 12.5 METROS PARA TUBERIA DE 812" Y 873" PARA TUBERIA DE 600".
2. EL ENVOLVEDOR SE CONSTRUIRA CON ROCAS CON UN DIAMETRO PROMEDIO APROXIMADO DE 40CM.

DATOS DE PROYECTO

FECHA ACTUALIZADA	_____	FECHA DE OBRAS	_____
FECHA ACTUALIZADA (PROYECTO)	_____	FECHA DE OBRAS (PROYECTO)	_____
PROYECTO	_____	PROYECTO	_____
CONTINENTE DE INVESTIGACION	_____	CONTINENTE DE INVESTIGACION	_____
QUINTO DISTRITO	_____	QUINTO DISTRITO	_____
QUINTO DISTRITO (PROYECTO)	_____	QUINTO DISTRITO (PROYECTO)	_____
TITULO DE PROYECTO	_____	TITULO DE PROYECTO	_____
TITULO DE PROYECTO (PROYECTO)	_____	TITULO DE PROYECTO (PROYECTO)	_____
TIPO DE OBRAS	_____	TIPO DE OBRAS	_____
TIPO DE OBRAS (PROYECTO)	_____	TIPO DE OBRAS (PROYECTO)	_____
VIA LOCALIZACION	_____	VIA LOCALIZACION	_____
VIA LOCALIZACION (PROYECTO)	_____	VIA LOCALIZACION (PROYECTO)	_____
VIA LOCALIZACION	_____	VIA LOCALIZACION	_____
VIA LOCALIZACION (PROYECTO)	_____	VIA LOCALIZACION (PROYECTO)	_____

CANTIDADES DE TUBERIA

TUBERIA DE ACERO AL CARBON	_____	62.20 m
DIAMETRO DE 812" Y 873"	_____	17.20 m
DIAMETRO DE 600"	_____	1.00 m

VOLUMENES DE OBRA

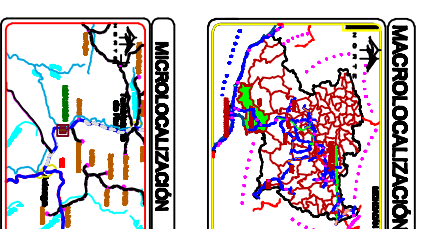
CONCRETO f'c=3400kg/cm ²	14.41 m ³
CONCRETO f'c=2400kg/cm ²	1.82 m ³

UNIVERSIDAD NICHUACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

PISTA:
INGENIERO ANTONIO VALDEZ GILBERTO
 M.C. INGENIERO GUARDIA ALBERTO

ESCALA GENERAL: 1:500
LINIA DE CONSTRUCCION DEL MANANTIAL A LA CALA INDUSTRIAL DE PERIQUILLO
 ANTIPLANTA, MICHOACAN

PROYECTO: CAPTACION GENERAL
 ESCALA: 1:500
 JULIO DE 2012



SIMBOLOGÍA	
	Línea de conducción, tuberías de aluminio
	Tubería de acero al carbono (DIN)

DATOS DE PROYECTO

PROYECTANTE:	ING. ENGENYERÍA
PROYECTADO POR:	ING. ENGENYERÍA
PROYECTADO EN:	ING. ENGENYERÍA
PROYECTADO PARA:	ING. ENGENYERÍA
PROYECTADO EN:	ING. ENGENYERÍA
PROYECTADO PARA:	ING. ENGENYERÍA
PROYECTADO EN:	ING. ENGENYERÍA
PROYECTADO PARA:	ING. ENGENYERÍA
PROYECTADO EN:	ING. ENGENYERÍA
PROYECTADO PARA:	ING. ENGENYERÍA

CANTIDADES DE TUBERÍA

TUBERÍA DE ALUMINIO 60/40	3.48 m
TUBERÍA DE ALUMINIO 40/30	1.81 m
TUBERÍA DE ALUMINIO 30/20	0.00 m
TUBERÍA DE ALUMINIO 20/15	0.00 m

VOLUMENES DE OBRA

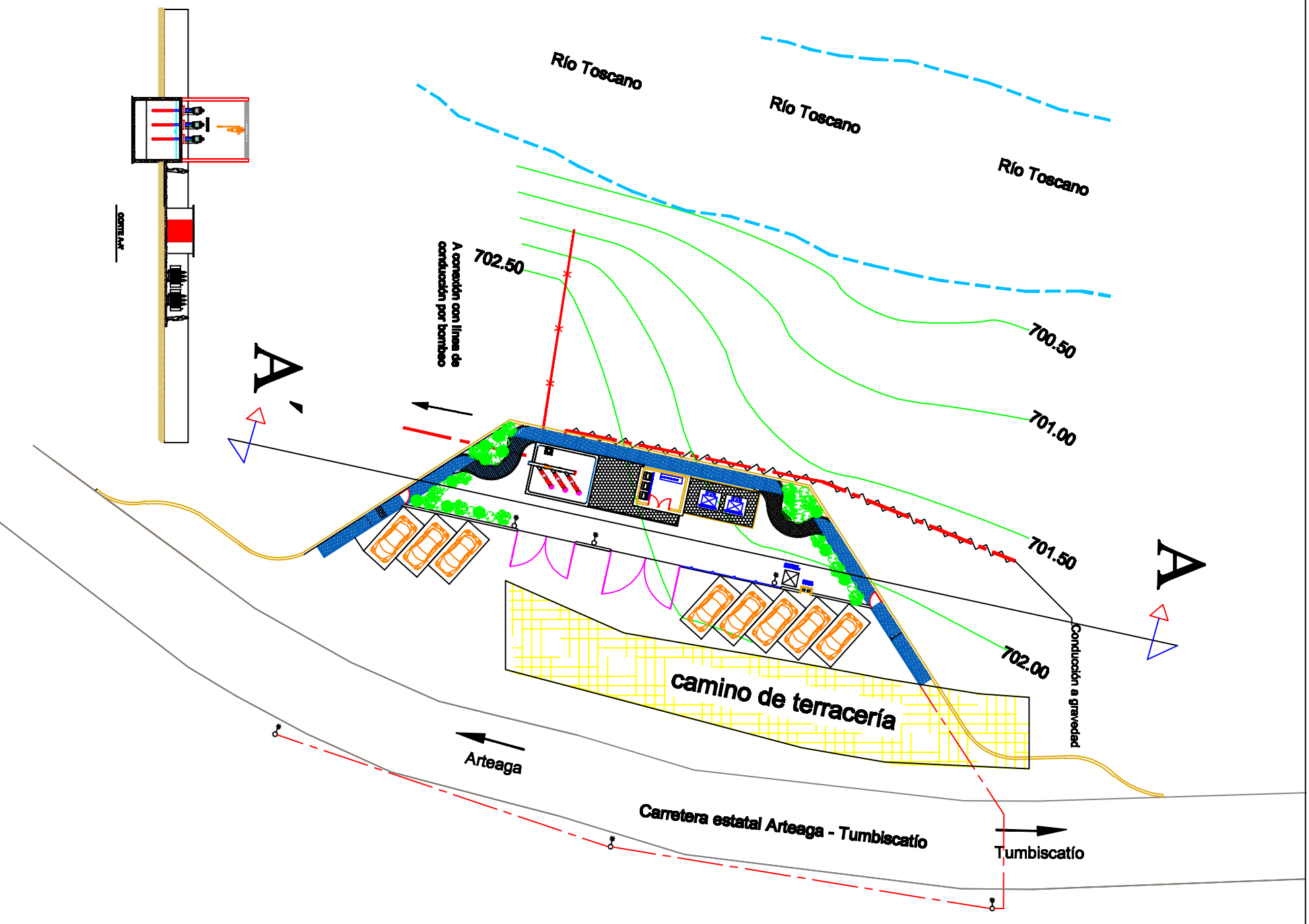
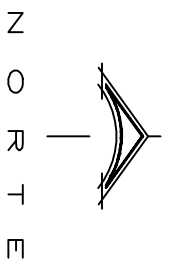
CONCRETO PARA EL CEMENTO	0.00 m ³
CEMENTO PARA EL CEMENTO	0.00 m ³
CEMENTO PARA EL CEMENTO	0.00 m ³
CEMENTO PARA EL CEMENTO	0.00 m ³

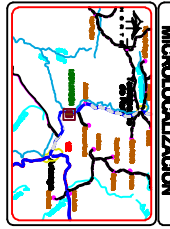
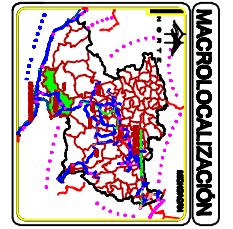
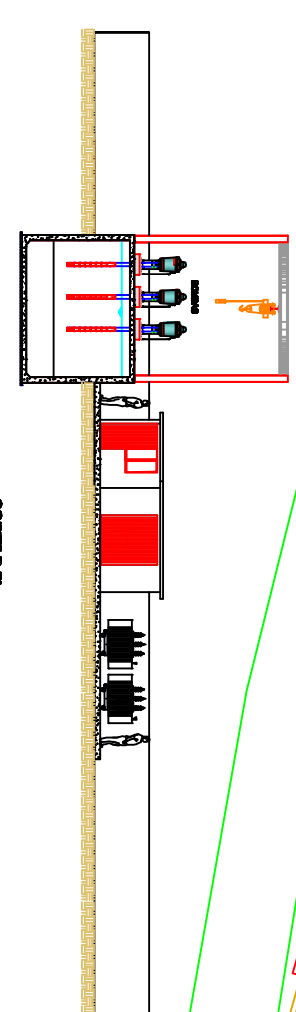
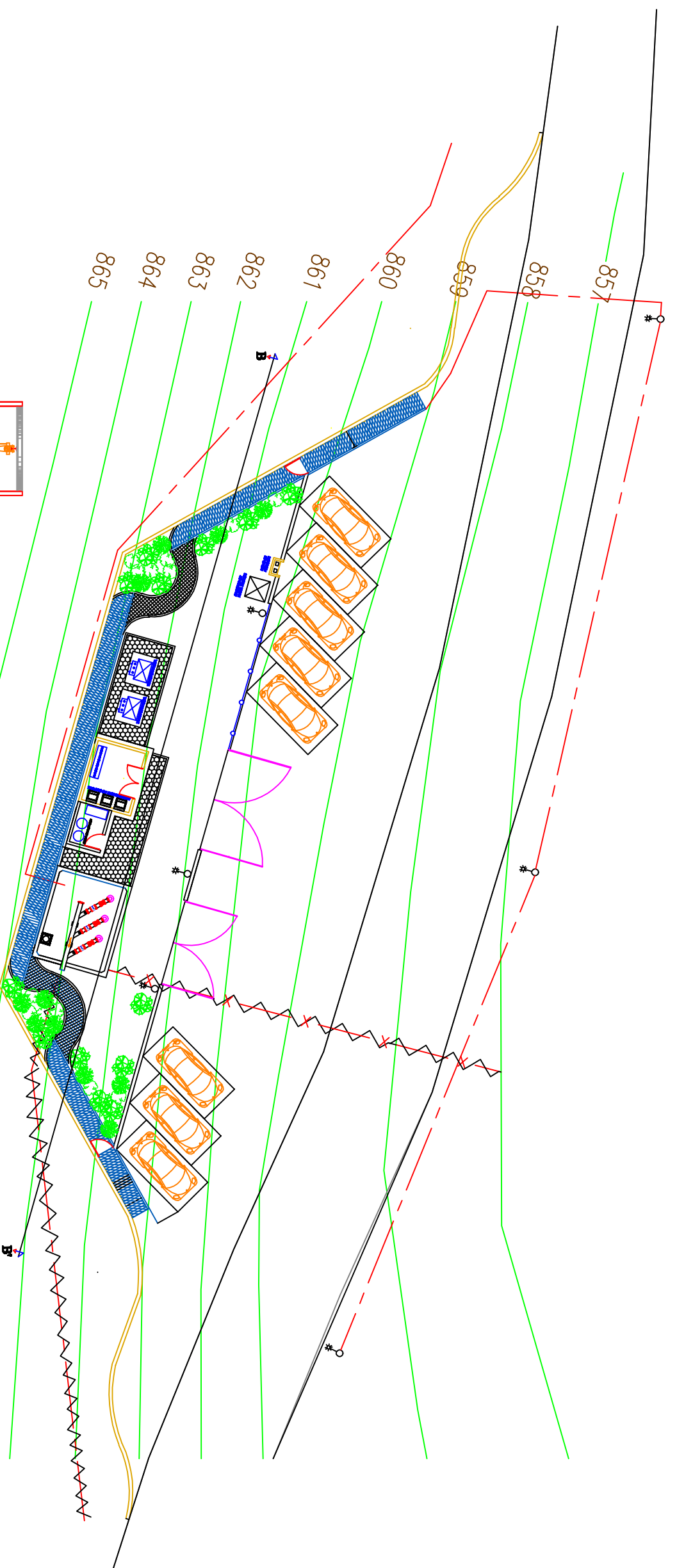
UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

P.A.S.:	INGENIERÍA
ALUMNO:	INGENIERÍA
PROFESOR:	INGENIERÍA
FECHA:	INGENIERÍA

TÍTULO:	INGENIERÍA
FECHA:	INGENIERÍA
ESCALA:	INGENIERÍA
FECHA:	INGENIERÍA

PLANO:	INGENIERÍA
FECHA:	INGENIERÍA
FECHA:	INGENIERÍA
FECHA:	INGENIERÍA





SINBOLOGIA

- Línea de topografía, terreno en estudio.
- - - - - Línea de tubería, tubería existente.
- - - - - Línea de tubería, tubería proyectada.
- Línea de cota, cota existente.
- - - - - Línea de cota, cota proyectada.
- Línea de contorno, terreno en estudio.

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	...
PROYECTANTE	...
PROYECTO	...
PROYECTANTE	...
PROYECTO	...
PROYECTANTE	...
PROYECTO	...
PROYECTANTE	...
PROYECTO	...
PROYECTANTE	...

CANTIDADES DE TUBERIA

TUBERIA DE ALUMINA CONCRETO	...
TUBERIA DE ALUMINA CONCRETO	...
TUBERIA DE ALUMINA CONCRETO	...

VOLUMENES DE OBRA

CANTIDAD DE TUBERIA	...
CANTIDAD DE TUBERIA	...
CANTIDAD DE TUBERIA	...
CANTIDAD DE TUBERIA	...
CANTIDAD DE TUBERIA	...
CANTIDAD DE TUBERIA	...

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

PAU:
ARREOLA, ANDRÉS, YÁÑEZ GARCÉS

ASISTENTE:
E.G. ROBERTO GARCÍA AGUIRRE

ESCALA:
 1:500

BOCANA:
 1:500

BOCANA:
 1:500

PLANOS	FECHA
Cálculo de presupuesto	...
Asesoría de ejecución	...
BOCANA 1:500	...
BOCANA 1:500	...

