



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil**

**DISEÑO DE INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE POR BOMBEO A LA
COMUNIDAD LAS MARAVILLAS, MUNICIPIO DE FRAIJANES,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

CARLOS HUMBERTO TÁNCHEZ LÓPEZ

ASESORADO POR ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

Guatemala, noviembre de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE POR BOMBEO A LA COMUNIDAD LAS
MARAVILLAS, MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS HUMBERTO TÁNCHEZ LÓPEZ

ASESORADO POR ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amaham Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. Erick Rosales Torres
EXAMINADOR	Ing. m.s. Adán Ernesto Pocasangre Collazos
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración, mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE POR BOMBEO A LA COMUNIDAD LAS MARAVILLAS, MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 27 de septiembre de 2002.

Carlos Humberto Tánchez López

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. ANTECEDENTES	
1.1. Planteamiento de la situación	1
1.2. Solución	1
1.3. Monografía	1
1.3.1. Localización geográfica	1
1.3.2. Colindancias	2
1.3.3. Extensión, población, altura y distancia	2
1.3.4. Descripción topográfica	2
1.3.5. Aspectos climatológicos	3
1.3.6. Actividades económicas	3
1.3.7. Autoridades y servicios públicos	4
1.3.8. Investigación sobre servicios básicos prioritarios	5
1.3.9. Calidad del suelo	6
2. ESTUDIOS DE POBLACIÓN	
2.1. Censos anteriores	9

2.2.	Población actual	9
2.3.	Población futura	9
2.4.	Método de estudio de población	10
3.	PARÁMETROS DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	
3.1.	Factores de diseño	11
3.1.1.	Período de diseño	11
3.1.2.	Población de diseño	12
3.1.3.	Caudal de aforo	14
3.1.4.	Dotación para el sistema	15
3.2.	Calidad del agua	17
3.2.1.	Criterios y normas sobre la calidad del agua de consumo	17
3.2.2.	Toma de muestras de agua y requerimientos básicos	18
3.2.3.	Análisis del agua	20
4.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	
4.1.	Métodos y procedimientos	25
4.2.	Planimetría	26
4.3.	Altimetría	26
4.4.	Zonas de levantamiento	27
4.4.1.	Zonas de captación	27
4.4.2.	Zonas para construir obras de arte	27
4.4.3.	Líneas de conducción	27
4.4.4.	Zonas de distribución	28
4.4.5.	Amojonamiento	29

4.4.6.	Libretas de campo	29
4.4.7.	Censo de población	29
4.5.	Docencia	30
4.5.1.	Enseñar al personal la correcta utilización del equipo de topografía en el campo	30
4.6.	Errores permisibles	31
5.	BASES DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	
5.1.	Diseño del sistema	33
5.1.1.	Demanda de agua	33
5.1.2.	Consumo medio diario	33
5.1.3.	Consumo máximo diario	34
5.1.4.	Consumo máximo por hora	34
5.2.	Cálculo Hidráulico	35
5.2.1.	Línea de conducción	36
5.2.2.	Línea de distribución	37
5.2.3.	Perforación del pozo y sistema de bombeo	37
5.2.3.1.	Pozo perforado	37
5.2.3.2.	Equipo de bombeo en pozo perforado	40
5.2.3.3.	Tanque elevado	43
5.2.4.	Cálculo y diseño de la red del sistema de agua potable	44
5.2.4.1.	Red de distribución	44
5.2.4.2.	Presiones	45
5.2.4.3.	Parámetros de diseño	45
5.2.5.	Volumen del tanque de distribución	49
5.2.6.	Diseño del tanque elevado metálico	50

5.2.6.1. Diseño del cuerpo del tanque metálico	50
5.2.6.1.1 Tipos de juntas	50
5.2.6.1.2 Cargas de diseño	51
5.2.6.1.3 Esfuerzos unitarios	52
5.2.6.1.4 Esfuerzos combinados	55
5.2.6.2. Diseño de la torre	57
5.2.6.3. Diseño y cálculo del cuerpo del tanque metálico	62
6. PRESUPUESTO DEL PROYECTO	
6.1. Presupuesto	69
6.2. Control de costos	69
6.3. Elaboración de presupuesto e integración de costos	69
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Mapa del municipio de Fraijanes	7
2	Plano de la planta general y densidad de población	93
3	Plano de detalles de válvulas	95
4	Plano de detalles de caja rompe-presión	97
5	Plano estructural del tanque	99
6	Plano planta perfil de E-1 a E-12	101
7	Plano planta perfil de E-22 a E-55	103
8	Plano planta perfil de E-1 a E-22	105
9	Plano planta perfil de E-29 a E-40	107
10	Plano planta perfil de E-52 a E-41	109
11	Plano perforación del pozo mecánico	111

TABLAS

I	Dotaciones	16
II	Frecuencias mínimas de la toma de muestras	19
III	Características físicas del agua	21
IV	Calidad bacteriológica del agua potable	23
V	Características químicas tóxicas	24
VI	Características químicas permisibles en el agua	24
VII	Caudales y diámetros	38

VIII	Parámetros de diseño	45
IX	Criterios técnicos de diseño	46
X	Valores de diseño hidráulico 1	48
XI	Valores de diseño hidráulico 2	49
XII	Perforación de pozo mecánico	73
XIII	Tanque elevado metálico	74
XIV	Sistema de línea de conducción por bombeo del pozo mecánico al tanque elevado metálico	76
XV	Caseta de bombeo para el pozo mecánico	77
XVI	Línea de distribución	79
XVII	Integración de costos totales	81

GLOSARIO

Aforo	Medición del caudal de agua que lleva una corriente.
Caudal	Cantidad de agua en un tiempo determinado, expresado en m ³ /seg. ó en litros/seg.
Diámetro real	Es el diámetro interno de la tubería.
Estructura	Elemento o conjunto de ellos que forman parte resistente y sustentante de una construcción.
Flujo	Movimiento de un fluido.
Presión	Fuerza normal ejercida por un cuerpo sobre otro, por unidad de superficie.
Rugosidad	Altura media de las asperezas de una tubería o conducto.
Caja rompe presión	Obra de arte utilizada para romper la presión en un punto determinado, llegando a ser la presión del sistema igualado a la presión atmosférica.
UNEPAR	Unidad ejecutora de proyectos de acueductos rurales.

RESUMEN

La comunidad Las Maravillas pertenece al municipio de Fraijanes, se encuentra localizada en el kilómetro 25.6, carretera CA-1 que conduce de la ciudad capital a El Salvador. Está a una distancia de 14.8 kilómetros de la cabecera municipal, con vía de acceso por carretera asfaltada NA-2.

Con la construcción del sistema de abastecimiento de agua potable en esta comunidad se mejoraran las condiciones sanitarias de la población.

Para el estudio, se investigaron varios aspectos de la localidad, entre ellos: ubicación, características de la población, servicios básicos, levantamiento topográfico y se calculó el incremento poblacional con base en el último censo realizado.

Para el diseño y cálculo del sistema de agua potable, se tomaron en cuenta los siguientes factores: período de diseño, clima, dotación, expectativa económica, población tributaria, integración de caudales y longitud del proyecto. Con el diseño final se elaboraron planos y el presupuesto del proyecto.

Se concientizó a la población para evitar daños, a fin de que después de la construcción del sistema de abastecimiento de agua potable, no se incurra en acciones que impidan el correcto funcionamiento del mismo.

OBJETIVOS

Generales

- Contribuir con la población del municipio de Fraijanes en el diseño de obras de infraestructura sanitaria que eviten la alteración de los sistemas ambientales.
- Promover el desarrollo de las comunidades del interior del país a través del Ejercicio Profesional Supervisado implementado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.
- Diseñar un sistema de distribución que abastezca eficientemente de agua potable a la población de la comunidad Las Maravillas, por un período de 20 años.

Específicos

1. Proporcionar a la municipalidad de Fraijanes el estudio y diseño del sistema de abastecimiento de agua potable ubicado del kilómetro 25.6 al 29.2 de la comunidad Las Maravillas.
2. Contribuir al desarrollo socio-económico de la comunidad, mediante el desarrollo de proyectos que beneficien a los habitantes de esta región.

INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable a comunidades rurales cada vez es más problemático, debido a diversos factores. Los nacimientos cercanos a las poblaciones cada vez son más escasos, lo que obliga, como en este caso, a pensar en la perforación de pozos para obtener un sistema satisfactorio para la población beneficiada.

El propósito fundamental del proyecto es cubrir las necesidades básicas de las comunidades y contribuir al desarrollo económico y social para que se tenga un buen nivel de vida. Dentro de las necesidades y problemas que en la actualidad existen, el saneamiento ambiental es un factor muy importante para el desarrollo físico y mental de las personas y poblaciones en general.

Con lo anterior, se presenta una propuesta real y objetiva para la solución de los problemas derivados de la falta de un buen servicio de abastecimiento de agua potable, que aqueja a esta comunidad desde hace varios años.

En el informe que se describe, se presentan datos de antecedentes del municipio y del proyecto a realizar, como localización, descripción topográfica, estudio de población, así como aspectos que determinaron el diseño de abastecimiento de agua potable realizado que incluye, parámetros de diseño, levantamiento topográfico y cálculo hidráulico. Toda la información investigada permitió la elaboración y planificación del trabajo de graduación

1. ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento de la situación

El agua es un líquido vital para la sobrevivencia de las comunidades y su desarrollo en general. El sector de la comunidad Las Maravillas, carece de un sistema de distribución de agua potable, que satisfaga las necesidades básicas de consumo para los habitantes del lugar. Las autoridades municipales quieren dotar de un buen abastecimiento de agua potable sanitariamente segura al sector, beneficiando así a más de 80 familias.

1.2 Solución

Proporcionar a los habitantes de esta población un sistema de distribución que abastezca eficientemente de agua potable para un período de vida de 20 años.

1.3 Monografía

1.3.1 Localización geográfica

La comunidad Las Maravillas se encuentra localizada en el kilómetro 25.6 en la carretera CA-1 que conduce de la ciudad de Guatemala hacia El Salvador, jurisdicción del municipio de Fraijanes.

1.3.2 Colindancias

Sus colindancias son las siguientes: al norte con el municipio de San José Pínula; al sur con la aldea Rabanales del municipio de Fraijanes; al oriente con la cabecera municipal de Fraijanes; al occidente con el municipio de Villa Canales (departamento de Guatemala)(ver figura 1).

1.3.3 Extensión, población, altura y distancia

El municipio de Fraijanes cuenta con un área aproximada de 91 Km². de extensión territorial. Está a una altura de 1,630.00 metros sobre el nivel del mar, la vía de comunicación entre la ciudad capital y este municipio es por carretera asfaltada, 20 Km. por la carretera Interamericana CA-1 y luego 9 Km. por la ruta nacional 18.

Según el último censo efectuado, el municipio de Fraijanes cuenta con 31,000 habitantes, el 97% son ladinos y el 3% indígenas.

1.3.4 Descripción topográfica

La comunidad se encuentra sobre planicies, con algunas hondonadas a su alrededor con pequeñas áreas de suelos casi planos o valles ondulados, sus corrientes de agua viajan en dirección sur. En lo que respecta a su ubicación, se tiene una latitud de 14° 27' 45" y una longitud de 90° 26' 25", la extensión territorial de la aldea es de 7.5 Km².

1.3.5 Aspectos climatológicos

El clima es templado todo el año, con altitudes que varían desde 1,300 a 1,900 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 18.3° centígrados, con una precipitación media anual de 1,400 mm. La estación meteorológica más cercana según datos obtenidos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, es la estación La Soledad, ubicada a 14° 30' 10" de latitud y 90° 23' 50" de longitud, a 1650 metros sobre el nivel del mar.

Los meses en que el clima se torna frío son noviembre, diciembre y enero, los meses más calurosos son marzo y abril.

1.3.6 Actividades económicas

Principalmente su economía se basa en la agricultura, siendo el café la mayor producción agrícola. La segunda actividad principal del municipio es la ganadería de ganado criollo, razas finas, en menor demanda los productos provenientes del ganado vacuno, pequeñas industrias de avicultura y crianza de cerdos.

Sus habitantes encuentran ocupaciones de trabajo en industrias alimenticias ubicadas en el municipio y en obras de infraestructura en urbanizaciones aledañas y en las realizadas por la administración municipal en todo el municipio.

1.3.7 Autoridades y servicios públicos

Corresponde con exclusividad a la corporación municipal la deliberación y decisión del gobierno y administración del patrimonio e intereses del municipio. Cuenta con energía eléctrica en un 65% de su totalidad, agua potable 70%, drenajes 45% y calles en buen estado 50%, mercado municipal, puestos de salud en cada aldea, clínica del I.G.S.S., sub-jefatura de Policía Nacional Civil, correo, servicios telefónicos, cementerio general y cementerios en cada aldea. Hay escuelas de párvulos y primaria en todas las aldeas y cabecera municipal, de educación básica en la cabecera municipal, biblioteca municipal, colegios privados y academia de mecanografía. Así como centros de recreación familiar, canchas polideportivas y gimnasio municipal, el parque central y un centro acuático, y varios parajes naturales. Las carreteras de terracería que unen las aldeas y caseríos del municipio se mantienen transitables en verano, en época de lluvia se vuelven poco transitables por los problemas causados por las aguas pluviales, aunque se les da mantenimiento por parte de la municipalidad y colaboración de vecinos.

La comunidad Las Maravillas cuenta con los siguientes servicios

- a. Agua potable: el sistema que se utiliza actualmente es por excavación de pozos a mano y por abastecimiento de agua para cisternas.
- b. Calles y callejones: en un 90% es de terracería, y las condiciones en que se encuentran son aceptables ya que la municipalidad les ha dado mantenimiento en verano y en invierno.

- c. Drenajes: carece en un 80% de un buen sistema de drenaje tanto para aguas negras como para pluviales, utilizando pozos ciegos, y en algunas viviendas pozos de absorción y fosas sépticas.
- d. Alumbrado público: el servicio de energía eléctrica es de un 60% en la comunidad.

En su mayoría, los habitantes de esta comunidad son de procedencia ladina, son gente muy laboriosa y trabajadora. El municipio ha ido en desarrollo acelerado, con lo cual la comunidad también ha sufrido cambios, esto se puede observar en el tipo de construcción de las viviendas con métodos constructivos tradicionales con levantado de block con lámina, losa reforzada, losa prefabricada etc.

1.3.8 Investigación sobre la necesidad de servicios básicos prioritarios

- a. En educación, construcción de nuevos edificios escolares con áreas deportivas y mejora de condiciones de las existentes.
- b. En salud, construcción de puestos de salud, sistemas de alcantarillados para conducción de aguas servidas o negras para evitar focos de contaminación que afectan la salubridad de las personas, mejorar el sistema de agua potable.
- c. En infraestructura, pavimentar calles y callejones, para que sean transitables y funcionales.

1.3.9 Calidad del suelo

De acuerdo al mapa geológico de Guatemala, edición de noviembre de 1980 del Instituto Geográfico Nacional, el substrato del municipio de Fraijanes corresponde a rocas de origen volcánico, específicamente pómez y aluvión. Los suelos que se han conformado sobre este tipo de substrato corresponden a la serie de suelos Morán, definidos por C.S. Simmons en su libro Clasificación de Suelos de la República de Guatemala como sigue: “Los suelos Morán son bien profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea en un clima húmedo – seco”.

Perfil del suelo Morán franco arcilloso

El suelo superficial a una profundidad de 20 ó 30 centímetros es de color marrón muy oscuro y el contenido de materia orgánica es de 4%.

El subsuelo a una profundidad de 100 centímetros, es arcilla marrón rojiza y su estructura es de fuertemente cúbica a prismática.

A una profundidad de 150 centímetros o más se extiende una capa color marrón amarillenta de ceniza volcánica pomácea que contiene muchos fragmentos de pómez. Su reacción es ligeramente ácida su pH varía de 6.0 a 6.5. Con estas características se considera que el suelo de Fraijanes es muy permeable a partir de 1.8 metros de profundidad.

2. ESTUDIOS DE POBLACIÓN

2.1 Censos anteriores

En el censo realizado por el I.N.E(Instituto Nacional de Estadística) en el año 2,002, el municipio de Fraijanes, contabilizó una población aproximada de 31,000 habitantes, con un 37% de habitantes de edad adulta y 63% jóvenes y niños. El municipio cuenta con cuatro aldeas y varios caseríos con una cantidad de viviendas aproximadamente de 2,600 de acuerdo con el análisis descriptivo realizado. Se considera que el sistema es funcional para satisfacer la necesidad de la población además, resulta económico, lo cual permite que pueda ser financiado para su ejecución.

2.2 Población actual

Es la cantidad de personas que habitan el lugar y que ejercen varios tipos de actividades diarias para su subsistencia, además, tributan caudales de consumo al sistema de abastecimiento de agua potable utilizado. La población actual en la comunidad que se beneficia con el proyecto de introducción de agua potable a la comunidad es de 642 habitantes, en su mayoría adultos.

2.3 Población futura

Es la cantidad de personas que se estiman por algún método, tomando como base censos de población en años anteriores y que tributarán caudales de consumo al sistema de abastecimiento de agua potable utilizado.

2.4 Método de estudio de población

De acuerdo con los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística en años anteriores, se observa que la curva de crecimiento poblacional presenta una forma parabólica, por lo que para la proyección de la población futura en el caso de la comunidad Las Maravillas, se decidió utilizar el método de incremento geométrico, el cual se define a través de la siguiente fórmula:

$$P_n = P_o (1 + R) ^ n$$

P_n = Población buscada.

P_o = Población del último censo.

R = Tasa de crecimiento.

n = Diferencia en años.

3. PARÁMETROS DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

3.1 Factores de diseño

3.1.1 Período de diseño

Se define como período de diseño al número de años para el cual el sistema va a proporcionar agua potable, en la cantidad adecuada, a la población existente al final de dicho período.

El período de diseño de un abastecimiento de agua está determinado por razones económicas. Un período de diseño de pocos años implicaría que las poblaciones se encontrarían con la necesidad de hacer ampliaciones al sistema de abastecimiento en un plazo muy corto de tiempo. Un período de diseño de muchos años haría contribuir a la población actual para cubrir los costos que efectivamente deberían ser cubiertos por la población futura.

No debe confundirse el período de diseño con la vida útil de los elementos de un sistema. Generalmente se adopta en nuestro medio un período de diseño de 20 años.

Para el sistema construido se tomó en consideración los factores que se mencionan a continuación:

- Capacidad de la fuente (captación).
- Vida útil de las tuberías y estructuras.
- Facilidad de ampliación del sistema.
- Crecimiento de la población.
- Normas de diseño.

Para el diseño del sistema en la comunidad Las Maravillas, municipio de Fraijanes, se tomó en consideración un tiempo de 20 años, para lo cual se efectuaron los cálculos respectivos.

3.1.2 Población de diseño

Este parámetro depende del crecimiento de la población en la comunidad, es importante su cálculo para determinar la población existente al terminar el período de diseño, posteriormente obtener la demanda de agua requerida para cada una de las viviendas que están contempladas en el diseño. El crecimiento poblacional en el medio rural guatemalteco, es del orden del 2 al 3%. Cuando no se cuenta con datos estadísticos, no es posible emplear la ecuación del crecimiento geométrico. Es necesario entonces recurrir al número de viviendas y al número promedio de habitantes por vivienda. De acuerdo a condiciones propias de cada localidad, el número de habitantes por vivienda puede tomarse de 6 ó de 7.

Para determinar la población a servir para el final del período de diseño bastaría multiplicar el número total de casas estimado para entonces por el número adoptado de habitantes por vivienda. Tomándose igual el porcentaje de crecimiento para vivienda que el tomado para habitantes.

Utilizar la ecuación de crecimiento

$$N = n (1 + r)^s$$

En la cual **n** es el número de viviendas al año cero y **N** es el número de viviendas al final del período de diseño **s**.

Al tomar **s** = 20 años,

$$N = n(1+0.02)^{20} = 1.49n$$

Por simplicidad de cálculo se puede adoptar un factor de 1.5, por el que se debe multiplicar el número actual de viviendas para obtener el número de ellas al finalizar los 20 años del período de diseño.

Para el cálculo del número de viviendas futuras se deben considerar varias posibilidades.

- a) Que únicamente se cuente con el número actual de viviendas.
- b) Que cuente con el número actual de viviendas y la indicación de viviendas futuras a las que se les puede llamar lotes.
- c) Que no se tenga viviendas actuales pero sí una indicación del número de viviendas futuras (lotes).

Para cada una de los casos anteriores se ha adoptado el siguiente procedimiento

- a) El número de viviendas para el final del período de diseño se obtiene multiplicando el número actual de ellas por 1.5.

- b) En este caso se hace 2 estimaciones
- Sumar las casas y los lotes
 - Multiplicar las casas actuales por 1.5
- De los dos valores obtenidos se toma el mayor.
- c) El número de viviendas se toma igual al número de lotes.

3.1.3 Caudal de aforo

Este se determina por medio de la obtención de una cantidad de agua (en la fuente) en un tiempo determinado, donde luego se podrá calcular el caudal. Se pueden considerar los siguientes caudales en un abastecimiento de agua rural.

- a) Caudal medio diario (c m d)
 - b) Caudal máximo diario (C M D)
 - c) Caudal máximo horario (C M H)
 - d) Caudal de uso simultáneo (C U S)
- A falta de registro, el caudal medio diario (c m d) es el producto de multiplicar la dotación adoptada por el número de habitantes que se haya estimado para el final del período de diseño.
 - El caudal máximo diario, caudal de día máximo o caudal de conducción, es el resultado de multiplicar el consumo medio diario por un factor que oscila entre 1.2 y 1.3; 1.3 para poblaciones futuras menores de 1000 habitantes y 1.2 para poblaciones futuras mayores de 1000 habitantes. El factor adoptado en cada caso deberá ser justificado.

- El caudal máximo horario, caudal de hora máxima o caudal de distribución, se calcula multiplicando el caudal de día máximo por un factor que varía entre 1.5 y 1.8.
- El caudal de uso simultáneo se basa en la probabilidad de que se utilice al mismo tiempo solamente un porcentaje del número de viviendas de un ramal. El caudal está dado por la ecuación.

$$Q = k (N - 1)^{1/2}$$

En esta ecuación

q = es el caudal de uso simultáneo, no menor de 0.20 litros/segundo;

k = coeficiente, entre 0.15 y 0.20

N = número de viviendas estimado para el final del período de diseño.

3.1.4 Dotación para el sistema

Se define la dotación como la cantidad de agua que se le proporciona a cada habitante de una población en un día. Se le representa con la letra D y se expresa en litros por habitante por día (l/h/d).

La dotación para una comunidad rural depende de las costumbres de la población, del clima, del tipo y magnitud de la fuente, de la calidad del agua, de la actividad productiva y de la medición del consumo.

Los estudios de demanda llevados a cabo para poblaciones de características semejantes pueden servir de base para fijar la dotación de una población. Sin embargo, la magnitud de la fuente puede llegar a ser determinante para fijar el valor de la dotación.

Se consideran los factores: clima, nivel de vida, actividades productivas, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad del agua, medición, administración del sistema y presiones del mismo.

A falta de éstos se tomarán en cuenta los siguientes valores:

- Servicio a base de llenacántaros exclusivamente: 30 – 60 l/h/d.
- Servicio mixto de llenacántaros y conexiones prediales: 60 – 90 l/h/d.
- Servicio conexiones prediales fuera de la vivienda: 60 – 120 l/h/d.
- Servicio de conexión intradomiciliar, con opción a varios grifos por vivienda: 90 – 170 l/h/d.
- Servicio de pozo excavado, con bomba de mano como mínimo 15 l/h/d.

Tabla I. Dotaciones

Condición de la vivienda	Dotación	
Rural primario (bebida y alimento)	20	l/hab/día
Rural facilidades mínimas	50	l/hab/día
Rural (interiores + baños y cocina)	100 – 190	l/hab/día
Semi urbano(jardines y autos)	200 – 350	l/hab/día
Urbano	350 – 500	l/hab/día

Tomando como base el clima, así como el desarrollo y cambio de altitudes para la distribución del agua en el proyecto de la comunidad Las Maravillas, se estimó una dotación de 90 litros/habitante/día, esta dotación se encuentra en el rango de los valores de las dotaciones recomendadas para acueductos rurales entre 60 litros/habitante/día a 120 litros/habitante/día, según normas de UNEPAR.

3.2 Calidad del agua

El término calidad del agua está estrechamente relacionado con aquellas características físicas, químicas, bacteriológicas y biológicas por medio de las cuales puede evaluarse si el agua es o no apta para el uso que se destine. Idealmente, el agua de consumo no debe contener microorganismos patógenos. Debe también estar libre de bacterias indicadoras de contaminación para excretas. Para asegurar que una fuente de abastecimiento de agua potable que posteriormente servirá para un sistema, es importante que se tomen muestras para detectar esos indicadores de contaminación fecal. El indicador bacteriano primario es el grupo de organismos coliformes, estas bacterias están universalmente presentes en gran número en las heces del hombre y de otros animales, permitiendo su detección en diluciones considerables.

3.2.1 Criterios y normas sobre la calidad del agua de consumo

Criterio: se basa esencialmente en investigaciones científicas y es el conjunto de conocimientos utilizados para la formulación de un juicio o bien todos aquellos principios evaluados y de los cuales se derivan recomendaciones para las características del agua en relación al uso que se le destine.

Normas: éstas generalmente representan límites que establecen valores para cuantificar los efectos de la exposición a contaminantes que pueden afectar la salud y que son fijadas por gobiernos y entidades componentes y por lo tanto tienen fuerza de ley.

Para formular las normas para el agua potable, es decir la calidad segura, se ha tenido presente el principio universalmente admitido que en el agua de consumo no ha de haber sustancias químicas ni microorganismos peligrosos para la salud; el agua que se suministra para beber ha de ser agradable como las circunstancias lo permitan. En el agua que se destina al consumo humano, es importante su transparencia, la carencia de color y cualquier sabor u olor desagradable.

La localización, la construcción, el funcionamiento y la inspección de los sistemas de abastecimiento de agua (lugares de captación, depósitos, instalaciones de depuración y red de distribución), deben excluir cualquier posibilidad de contaminación.

3.2.2 Toma de muestra de agua y requerimientos básicos

Uno de los pilares en el control de la calidad del agua de bebida es el examen microbiológico del agua. Éste se lleva a cabo por medio de la recolección de las muestras, del sistema en provisión.

Requerimientos que debe cumplir el muestreo

- a) Debe ser adecuadamente planificado e idealmente efectuado con la frecuencia suficiente para detectar las variaciones de la calidad del agua que pudieran ocurrir en el transcurso del tiempo.
- b) Las muestras deben ser tomadas, conservadas y enviadas en frascos adecuados, perfectamente esterilizados.
- c) El volumen tomado debe ser suficiente para poder desarrollar un correcto análisis.
- d) Las muestras deberán ser tomadas en puntos del sistema tal que sean lo más representativas posibles.
- e) Se debe de utilizar una metodología que impida la contaminación en el acto de extracción de la muestra.
- f) Debe ser enviada al laboratorio en tal forma que no permitan modificaciones en sus características originales.
- g) Los detalles del muestreo deben ser adecuadamente descritos en etiquetas apropiadas, para evitar confusiones.

Tabla II. Frecuencias mínimas de la toma de muestras

Población abastecida	Número de muestras mensuales
Menor de 5000 5000 - 100,000 Más de 100,000	1 muestra 1 muestra por 5000 usuarios 1 muestra por 10,000 usuarios, más 10 muestras adicionales
Las frecuencias recomendadas son las mínimas necesarias para exámenes microbiológicos rutinarios. Es necesaria la obtención de exámenes microbiológicos más frecuentes en circunstancias desfavorables o en inmediato peligro de contaminación.	

3.2.3 Análisis del agua

El análisis del agua se efectúa para identificar los contenidos y concentraciones de sustancias indicadoras de su calidad. Los instrumentos y reactivos utilizados según métodos científicos estandarizados, vienen a amplificar la relativamente escasa percepción sensorial humana.

El tipo de análisis y exámenes realizados para el proyecto de introducción de agua por gravedad a la comunidad Las Maravillas fueron los siguientes

- a) Análisis físico – químico
- b) Examen bacteriológico

Análisis físico – químico

Este análisis determina las condiciones físico-químicas del agua, como temperatura, turbiedad, color, olor, sabor y dureza.

Examen bacteriológico

La principal causa de enfermedades humanas de origen entérico, tales como bacterianas, virales y parasitósicas, son organismos de origen microbiológico.

La contaminación por excremento animal constituye el mayor peligro, no solamente en el agua de bebida sino también a través de la preparación de comida. El objetivo primario del examen bacteriológico del agua es la detección de esa polución fecal.

Aunque es posible determinar la presencia en el agua de numerosos gérmenes patógenos, el aislamiento e identificación de muchos de ellos es a menudo muy complicado y a veces sólo cualitativo.

El agua debe llenar normas en cuanto a condiciones:

Físicas

Características físicas, son aquellas relativas a su comportamiento físico, que determinan su calidad.

Debe ser clara, transparente, fresca, inodora e insípida.

Temperatura: no mayor de 5° C a la del medio ambiente.

Color: por debajo de 20 ppm., en la escala estándar platino-cobalto.

Turbiedad: por debajo de 20 ppm., en la escala sílice.

Olor: inapreciable.

Sabor: inapreciable.

Tabla III. Características físicas del agua

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Potencial de hidrógeno (2)	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
Sólidos totales	500.0 mg/L	1000.0 mg/L
Temperatura	15.0 - 25.0° C	34.0° C
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT o UJT	15.0 UNT o UJT (3)
(1) Unidades de color en la escala de platino—cobalto (2) En unidades de pH (3) Unidades de turbiedad, sea en unidades Jackson (UJT) o unidades nefelométricas (UNT).		

Bacteriológicas

Características bacteriológicas, son aquellas relativas a la presencia de bacterias, que determinan su calidad. Una muestra normal estará constituida por 5 porciones iguales de 10 ml.

Grupo coliforme: es el definido en los métodos normales para los exámenes de agua de la A.P.H.A. que incluye todos los bacilos aeróbicos o anaeróbicos facultativos, gramnegativos, no esporógenos, que fomentan la lactosa en formación de gas dentro de las 48 horas a 35° C.

Requisitos: de todas las porciones normales examinadas, no más del 10% podrá mostrar la presencia de organismos del grupo coliforme.

Ocasionalmente: 3 ó más de las 5 porciones de 10 ml, podrá mostrar la presencia de E.Coli.

Tabla IV. Calidad bacteriológica del agua potable

ORGANISMOS	LÍMITES
TODA EL AGUA DE BEBIDA Coliformes fecales (termorresistentes)	No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml
AGUA TRATADA QUE LLEGA AL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Coliformes fecales (termorresistentes) Coliformes totales	No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml
AGUA TRATADA QUE SE HALLA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Coliformes fecales (termorresistentes) Coliformes totales	No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml No deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml En el caso de los grandes sistemas de abastecimientos, cuando se examinen suficientes muestras, deberán estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas durante cualquier período de 12 meses.
<p>a) si se detectan E.Coli o bacterias coliformes en general, deben adoptarse inmediatamente medidas para investigar la situación, en caso de las bacterias coliformes en general, se debe como mínimo, repetir el muestreo; si las bacterias se detectan también en la nueva muestra, se deben realizar inmediatamente nuevas investigaciones para determinar la causa.</p> <p>b) E.Coli es el indicador más preciso de contaminación fecal. El recuento de coliformes fecales (termorresistentes) es una opción aceptable. Los coliformes totales no son un indicador aceptable de la calidad sanitaria del abastecimiento de agua en las zonas rurales.</p>	

Químicas

Características químicas, son aquellas relativas a sustancias contenidas en el agua de consumo, que determinan su calidad.

La tabla V presenta los límites de concentración de sustancias químicas que no deben observarse en el agua.

Tabla V. Características químicas tóxicas

Tóxicos	Ppm	Tóxicos	ppm
Plomo	0.1	Calcios	75
Arsénico	0.05	Cloruros	200
Selenio	0.01	Cobre	0.05
Mercurio total	0.001	Hierro	0.1
Cianuro	0.05	Manganeso	0.05
Cadmio	0.01	Sulfato	200
Otras sustancias químicas:		Zinc	5
Detergentes aniónicos	0.2	Alcalinidad	No debe contener
Aceite mineral	0.01		Alcalinidad cáustica
Dureza total	100	Ph	No menor de 7 ni mayor de 8.5

Tabla VI. Características químicas permisibles en el agua

Características	Límites permisibles	
	LMA en miligramos/litro	LMP en miligramos/litro
Detergentes aniónicos	0.2	1
Aluminio (Al)	0.05	0.1
Amoníaco	----	1.5
Bario (Ba)	----	1
Calcio (Ca)	75	150
Cinc (Zn)	3	7
Cloruro (Cl-)	100	250
Cobre (Cu)	0.05	1.5
Dureza total (CaCO ₃)	100	500
Hierro total (Fe)	0.1	1
Magnesio (Mg)	50	100
Manganeso (Mn)	0.05	0.5
Niquel (Ni)	0.01	0.02
Nitrato	----	45
Nitrito	----	0.01
Substancias fenólicas	0.001	0.002
Sulfato (SO)	100	250

LMA = Límite Máximo Aceptable que debe tener el agua potable

LMP = Límite Máximo Permissible que debe tener el agua potable

4. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

4.1 Métodos y procedimientos

En cada libreta el topógrafo debe indicar el procedimiento que empleo para hacer el levantamiento. Si empleó nivelación taquimétrica debe indicar el ángulo de inclinación y la lectura de los hilos y no únicamente dar el resultado. Si las longitudes las ha medido con cinta indicarlo. Al final de cada día debe cerrar tanto el levantamiento en planta como la nivelación, para detectar cualquier error que haya sido cometido.

Se debe prestar atención al trazo del levantamiento, constatando si no es posible salvar sifones o pasos aéreos muy largos. Por otra parte, es conveniente que el trazo quede a mayor altura que las casas. El diseñador debe recorrer el levantamiento antes de proceder al diseño hidráulico, constatando la naturaleza del terreno para determinar qué tipo de tubería debe emplear en cada tramo. Algunos proyectos han tenido que ser rediseñados por no haber cumplido el diseñador con esta norma.

En los pasos de quebradas y zanjones el topógrafo debe incluir la mayor información posible, además del ancho y profundidad. La información adicional se refiere a si existe una corriente de agua, si es de aguas residuales o no, al nivel máximo de las aguas y a la naturaleza del suelo.

Puede ser necesario que la cuadrilla de topografía tenga que regresar, por indicaciones del diseñador, para encontrar un mejor trazo para algún tramo, como por ejemplo, para evitar sifones o para ver la posibilidad de un túnel donde la excavación para el paso de la tubería fuera muy profunda.

Al considerar que la población de la comunidad no presenta una adecuada urbanización y debido a la dispersión de las viviendas, se estipuló que el procedimiento ideal para el levantamiento topográfico del proyecto de abastecimiento de agua potable en la conducción por bombeo y luego la distribución por gravedad es el de una poligonal abierta, el cual consiste en una serie de líneas unidas que no regresan al mismo punto de partida.

4.2 Planimetría

Conjunto de trabajos necesarios para obtener la representación gráfica de un terreno proyectado en un plano horizontal. Para el levantamiento topográfico, se utilizó el método de conservación de azimut, dado que es el más adecuado para la medición en poligonales abiertas.

4.3 Altimetría

Conjunto de trabajos necesarios para obtener la representación gráfica de la tercera dimensión del terreno, toma en cuenta las tres dimensiones, generalmente, se les llama trabajos de nivelación. Se utilizó en el proyecto el método de nivelación diferencial. La unión de trabajos de planimetría y altimetría proyecta en un plano toda la información requerida del terreno para luego tomarlos como base para el diseño del sistema a ejecutar posteriormente.

4.4 Zonas de levantamiento

4.4.1 Zona de captación

Cuando se trate de una corriente de agua, se levantarán secciones en una longitud mínima de 20 m más un espaciamiento máximo de 20m transversales, aguas arriba y aguas abajo del sitio seleccionado. En corrientes se determinarán los niveles de escorrentía máxima y mínima.

4.4.2 Zonas para construir obras de arte

Se hará un levantamiento topográfico, lo más amplio y detallado posible de acuerdo a las condiciones del terreno y al tipo de la obra, en los sitios precisamente seleccionados para ello.

4.4.3 Líneas de conducción

Previamente a iniciar el levantamiento de las líneas de conducción, se deberá hacer un recorrido desde la fuente hasta la comunidad para hacer una selección preliminar de la localización de la línea de conducción.

El levantamiento topográfico de esta línea deberá registrar los obstáculos más importantes y los que pudieran provocar algún problema en el diseño y construcción y para tales efectos, deberá observarse la siguiente norma: cuando las distancias sean uniformes, sin accidentes intermedios como zanjones o montículos, las distancias entre puntos de nivelación dependerán de la pendiente longitudinal y se tomarán los siguientes parámetros.

Pendiente longitudinal	Distancia horizontal mínima
Línea de conducción	entre puntos nivelados
Menor de 5%	20.00 metros
Entre 5 y 20%	10.00 metros
Mayor de 20%	5.00 metros

4.4.4 Zonas de distribución

En los levantamientos topográficos del núcleo de la población así como de la zona de desarrollo futuro, se localizarán y nivelarán todas las calles y caminos indicando el tipo y estado de la rasante.

Se localizarán las edificaciones por radiaciones. Se señalarán los edificios públicos, escuelas, industrias, puestos de salud, parques, campos de deporte, cursos de agua, puentes y todas aquellas estructuras naturales o artificiales que guardan relación con el proyecto de la red o influyen en su diseño. Se correrá nivelación de los accidentes topográficos de importancia y se tomará la cota de los cruces de las calles, viviendas, escuelas e iglesias ligando estas nivelaciones a la general, cuando el nivel de servicio lo requiera.

La zona de distribución deberá levantarse por medio de poligonales cerradas cuando sea posible, o abiertas teniendo que enlazarse a la poligonal principal. El detalle de estos trabajos será consecuente con el orden del levantamiento topográfico.

4.4.5 Amojonamiento

Para los levantamientos de primero y segundo orden, en las líneas de conducción y en la zona de distribución y de desarrollo futuro, se dejarán mojones de concreto debidamente referenciados en número tal que permitan su replanteo y que sean visibles de 2 en 2.

Los mojones deberán tener una dimensión mínima de 20 centímetros y una profundidad mínima de 30 centímetros, un tamaño adecuado para registrar la siguiente información.

Número de estación

Caminamiento y fecha

4.4.6 Libretas de campo

Los datos de todo estudio topográfico deberán quedar claramente consignados en las libretas de campo y estarán libres de borrones, manchas, etc. Además, se considera indispensable que se acompañen los croquis o esquemas correspondientes, los que deberán ser ejecutados en el campo y a medida que avanza el trabajo. Deberá consignarse el tipo de suelo encontrado en el recorrido.

4.4.7 Censo de población

Durante el proceso del levantamiento topográfico, la cuadrilla de topografía deberá levantar un censo de la localidad en el que se ubiquen el número de habitantes por vivienda totales y nombre del jefe de familia.

4.5 Docencia

4.5.1 Enseñar al personal la correcta utilización del equipo de topografía en el campo

Como primer paso, se enseñó la utilidad de los siguientes aparatos:

Estacas y trompos, se les explicó que son utilizadas para dejar referencias y marcación del trayecto en el cual se construirá posteriormente el proyecto. Se fabricaron de madera. Se deben enterrar en los lugares apropiados que se les indique, o sea en cada estación, en los puntos donde se registran las obras que constituyen el sistema de abastecimiento.

Cinta métrica, se indicó que sirve para medir distancias cortas y en lugares de fácil medición, donde no es necesario el uso del teodolito y nivel.

Estadal, se explicó que sirve para medir las distancias que hay entre un punto a otro observado con el teodolito y para medir alturas entre un punto y otro con el nivel; la medida del utilizado es de 4 metros y cada cuadrado significa un centímetro. Para que las medidas de distancia y para que las alturas de diferencia de nivel entre un punto a otro no varíen demasiado, se explicó la correcta posición de este aparato y la colocación de la persona que va efectuar el trabajo.

4.6 Errores permisibles

Con el objetivo de realizar un levantamiento topográfico de primer orden, se verificó al terminar la medición que se cumpliera con los siguientes errores permisibles.

Error lineal

$$E = 0.003 * L^{1/2}$$

E = Error de cierre metros.

L = Longitud del caminamiento en metros

Error angular

$$Ea = n^{1/2}$$

Ea = error angular permisible en minutos

n = número de estaciones

Error de nivelación

$$En = 24 * L^{1/2}$$

En = Error de cierre en la nivelación en milímetros

L = Longitud nivelada en kilómetros

5. BASES DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

5.1 Diseño del sistema

5.1.1 Demanda de agua

Cuando se habla de demanda de agua se sabe que ésta no es constante, varía según hora, día o estación del tiempo y está relacionada con el tipo de comunidad, clima, costo, calidad y presión del servicio.

Para el diseño hidráulico que se describe, se tomó un ramal como ejemplo de memoria de cálculo y se trabajó en él los parámetros descritos.

5.1.2 Consumo medio diario (Qm)

Es el promedio de los consumos medios diarios registrados durante un año. Debido a las condiciones de la comunidad Las Maravillas, no se cuenta con esos registros, por lo tanto se usó el producto de la dotación adoptada, por el número de habitantes estimados al final del período de diseño, se calculó de la siguiente manera:

$$Q_m = \frac{\text{Población futura} * \text{Dotación}}{86,400 \text{ seg/día}}$$

$$Q_m = 1242 * 90 \text{ lts/hab/día} / 86,400 \text{ seg/día}$$

$$Q_m = 1.30 \text{ lts/seg.}$$

5.1.3 Consumo máximo diario (Qc)

Debido a la falta de registros, el consumo máximo diario se obtuvo del producto de multiplicar el consumo medio diario por un factor de día máximo que varía entre 1.2 a 1.5, para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes y 1.2 para poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes, según normas de diseño para acueductos rurales de UNEPAR.

El caudal de consumo máximo diario a ser transportado en las tuberías de conducción se calculó de la siguiente manera:

$$Qc = Qm * f.d.m.$$

$$Qc = \text{consumo máximo diario o caudal de conducción (lts/seg).}$$

$$Qm = \text{consumo medio diario}$$

$$f.d.m = \text{factor de día máximo según valor recomendado por UNEPAR,}$$

$$\text{en este caso } f.d.m = 1.5$$

$$Qc = 1.5 * 1.30$$

$$= 1.95 \text{ lts/seg.}$$

5.1.4 Consumo máximo por hora (Qd)

Es el consumo máximo instantáneo esperado en una o varias horas. Este consumo se determina por el producto del consumo medio diario por un coeficiente que será de 2 a 3; donde el promedio es usado para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes y 2.2 para poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes; según normas de acueductos rurales de UNEPAR.

Este valor se obtuvo de la siguiente manera:

$$Q_d = Q_m * f.h.m.$$

Qd = consumo máximo horario o caudal de distribución (lts/seg).

Qm = consumo medio diario (litros/segundo).

f.h.m. = factor de hora máxima, según valor recomendado por UNEPAR

$$f.h.m = 2$$

$$Q_d = 1.30 * 2$$

$$Q_d = 2.60 \text{ litros/segundo.}$$

Variaciones normales: conforme menos es el número de población a servir en una comunidad, es más variable la demanda de agua y depende de la población en estudio.

Factor de gasto

Es el consumo de gasto por vivienda, se calcula de la siguiente manera:

$$F.G. = 2.60/114 = 0.0228 \text{ litros/segundo/vivienda}$$

5.2 Cálculo hidráulico

Para realizar los cálculos hidráulicos se hizo uso de la fórmula de Hazzen – Williams, por considerarse la más adecuada.

Esta fórmula expresa las relaciones de flujos de agua en conductos circulares a presión o conductos que fluyen llenos.

La fórmula es:

$$H_f = \frac{1,743.811141 * L * Q^{1.85}}{d^{4.87} * C^{1.85}}$$

Hf	=	pérdida de agua en metros columna de agua (m.c.a)
L	=	longitud (en metros) por un factor de pendiente 1.03
Q	=	caudal de diseño (litros/segundo)
d	=	diámetro de tubería en pulgadas (")
c	=	coeficiente de diseño para P.V.C. c = 150

La velocidad se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$V = Q/A$$

Q = caudal (litros/segundo)

A = área de la tubería

5.2.1 Línea de conducción

Es el conjunto de tuberías, diseñadas para conducir el caudal de día máximo, desde la obra de captación al tanque de distribución.

En sistemas a gravedad, la línea de conducción se diseñará para el caudal de día máximo. En sistema por bombeo las líneas de conducción se diseñarán para conducir el caudal máximo diario durante el tiempo de bombeo adoptado.

$$Q_b = QMD * 24/\text{horas de bombeo.}$$

Se recomienda períodos de bombeo entre 8 y 12 horas por día para motores Diesel y de 12 a 18 horas por día para motores eléctricos.

5.2.2 Línea de distribución

Son las líneas y ramales de distribución, ubicados desde el tanque de distribución hasta los ramales, sin tomar en cuenta las tuberías de las tomas domiciliarias.

5.2.3 Perforación del pozo y sistema de bombeo

5.2.3.1 Pozo perforado

Los pozos perforados deberán, como los excavados

- Ubicarse en zonas no inundables y de fácil acceso para el agua superficial.
- Perforarse aguas arriba de cualquier fuente real o potencial de contaminación.
- Protegerse contra riesgos de contaminación.
- No deberán localizarse a menos de 20 metros de los tanques sépticos, letrinas, sumideros, campos de infiltración o cualquier otra fuente de contaminación similar.
- El diámetro de la tubería de revestimiento del pozo deberá seleccionarse de acuerdo con las características del acuífero y del consumo requerido.

Tabla VII. Caudales y diámetros

Caudal (Consumo)	Diámetro de la tubería de revestimiento
Hasta 10 litros/segundo (158 gpm)	152 mm (6")
De 10 a 15 litros/segundo (de 158 a 237 gpm)	203 mm (8")
De 15 a 25 litros/segundo (de 237 a 396 gpm)	254 mm (10")
de 25 a 40 litros/segundo (de 396 a 634 gpm)	305 mm (12")

El espacio comprendido entre la perforación y el tubo de revestimiento deberá sellarse con mortero rico en cemento hasta una profundidad mínima de 3 metros (sello sanitario).

El tubo de revestimiento deberá sobresalir un mínimo de 25 centímetros del piso terminado de la caseta de bombeo.

El acondicionamiento del terreno en los alrededores del pozo debe hacerse de tal forma que garantice que las aguas superficiales drenen hacia fuera.

Antes de entubar el pozo, deberá correrse un registro eléctrico para establecer el diseño que tendrá la rejilla y su ubicación respecto a los acuíferos a explotar.

En las zonas adyacentes al acuífero se colocarán rejillas previamente diseñadas de acuerdo a la granulometría del mismo, de tal manera que impidan el paso de arenas que puedan dañar los equipos de bombeo y obstruir el pozo. La velocidad del agua de entrada por los orificios o ranuras de la rejilla o en el filtro, no debe exceder de 0.03 metros/segundo. Podrá utilizarse tubo ranurado con soplete de acetileno.

En acuíferos con material permeable, de diámetro muy pequeño y uniforme, se debe construir un empaque de grava o filtro, alrededor de la rejilla o zona de ranura. Con este fin el espacio anular en la zona de filtración debe tener como mínimo 5 centímetros. (El diámetro de la perforación será 10 centímetros más grande que el diámetro de la tubería de revestimiento).

Terminada la perforación y después de entubar el pozo debe limpiarse, y desarrollarse para sacar los residuos de perforación, y conglomerados de arena, utilizando aire comprimido o cubeta mecánica adecuada.

La producción efectiva de los pozos deberá estimarse con base en la prueba de producción de bombeo continuo, la cual durará como mínimo 24 horas a caudal constante, midiendo caudal y abatimiento del nivel freático, por medio de bomba de capacidad adecuada. Deberá hacerse además una prueba de recuperación también de 24 horas de duración.

Los materiales de la tubería de revestimiento, rejilla, columna de las bombas y demás elementos en contacto con el agua, deberán ser resistentes a la acción corrosiva de ésta y soportar los esfuerzos máximos a que puedan estar sometidos.

Datos de perforación del pozo

- Método de perforación por percusión con perforadora 60-I.
- Diámetro de la tubería 8".
- Temperatura del agua 20°.
- Profundidad del pozo 500'.
- Total de tubería ranurada 200'.
- Nivel estático 195'.
- Nivel dinámico 364'.

- Producción 180 GPM (galones por minuto).

Aforo encontrado a 500 pies = 13.6 litros por segundo.

Producción = 180 galones/minuto*3.78 litros*1 minuto/60 segundos

Producción = 11.34 litros/segundo.

5.2.3.2 Equipo de bombeo en pozo perforado

La capacidad de la bomba y la potencia del motor deberá ser suficiente para elevar el caudal de bombeo previsto contra la altura máxima de diseño.

La eficiencia de la bomba en ningún caso será menor del 60%.

La bomba debe instalarse a una profundidad tal que se asegure una sumergencia que garantice su enfriamiento adecuado.

A la salida de los equipos de bombeo deberán proveerse como mínimo los siguientes dispositivos

- Manómetro en la descarga
- Tubería de limpieza
- Válvulas de retención y de paso en la línea de descarga
- Junta flexible en la línea de descarga
- Protección contra golpe de ariete si fuera necesario
- Elementos que permitan determinar en cada caso la altura del nivel de bombeo

La capacidad del motor deberá calcularse para suministrar la potencia requerida por la bomba (considerando el rendimiento del conjunto), más una capacidad de 10 a 25% para compensar el desgaste normal del equipo.

En el sistema de bombeo se utiliza energía potencial del agua con la diferencia que para llevarla a ese nivel de energía se utiliza un equipo de bombeo que proporcione la energía necesaria (energía mecánica) para elevar el nivel natural de la fuente a un nivel aprovechable.

El tiempo de bombeo diario se obtendrá considerando criterios económicos y de consumo; se recomienda no mayor de 18 horas diarias.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{C.D.T.} * \text{Qb}}{76 * e}$$

C.D.T = Carga Dinámica Total en metros por columna de agua.

Qb = caudal de bombeo en litros por segundo.

e = eficiencia del equipo de bombeo en porcentaje.

Qc = Qm*f.d.m.

Qc = caudal de conducción (litros/segundo).

Qm = consumo medio diario

f.d.m = factor de día máximo según el valor recomendado por UNEPAR,

en este caso f.d.m = 1.5

$$\text{Qc} = 1.5 * 1.30$$

$$= 1.95 \text{ litros/segundo.}$$

$$\text{Qb} = (\text{Qmd} * 24) / \text{tiempo de bombeo}$$

$$\text{Qb} = (1.95 * 24) / 12 = 3.90 \text{ litros/segundo.}$$

C.D.T. =	Carga dinámica total	=	111	metros.
Pérdidas de carga por especificaciones		=	5	metros
Salida del pozo a la descarga		=	12	metros.

Pérdidas de carga por línea de impulsión por Hazzen-Williams:

$$H_f = \frac{1,743.811141 * L * Q^{1.85}}{d^{4.87} * C^{1.85}}$$

d	=	Ø8" de acero al carbón
c	=	150
Q	=	3.90 litros/segundo.
L	=	128 metros
Hf	=	0.104 metros.

Pérdidas de cargas menores $10\% * H_f = 0.01$ metros

$$\begin{aligned} \text{Carga de velocidad} &= V^2/2g = (q/a)^2/2g = (0.12/19.62) \\ &= 0.06116 \text{ m.c.a} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potencia} &= \frac{C.D.T. * Q_b}{76 * e} \\ &= \frac{H_{total} * Q}{76 * e} \\ &= \frac{256.17516 * 3.90}{76 * 0.6} = 21.91 \text{ HP} \end{aligned}$$

Datos de aforo:

Nivel estático	213 pies	64.92 metros
Nivel dinámico	306 pies	93.27 metros

Curva de la bomba instalada:

400 pies	135 GPM
300 pies	170 GPM
200 pies	200 GPM

Agregando un 25% a la capacidad para compensar el desgaste normal del equipo.

Potencia de la bomba = 27.39 HP

Potencia de la bomba comercial = 30 HP.

5.2.3.2.1 Tanque elevado

Los tanques elevados podrán ser de concreto o metálicos, atendiendo criterios económicos. Deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos

- Que el nivel mínimo de agua en el tanque sea suficiente para conseguir las presiones adecuadas en la red de distribución.
- Que la tubería de rebose descargue libremente.
- Que la tubería de salida hacia el servicio sea reentrante como mínimo 20 centímetros.
- Tubo de desagüe con su correspondiente válvula de compuerta, que permita vaciar el tanque.
- Dispositivo para ventilación convenientemente protegidos, instalándose uno por cada 30 m² de superficie como mínimo.
- Escaleras interiores y exteriores en caso de que las dimensiones excedan de 1.20 metros de alto.
- Caja común o cámara seca para facilitar la operación de las llaves y válvulas del tanque.

- Las tuberías de rebose desagüe no se conectarán directamente a los alcantarillados; deberán tener una descarga libre de 1.00 metros como mínimo y siempre se buscará un desfogue adecuado, donde no cause daño o erosión.
- Los extremos de las tuberías de rebose y desagüe deben protegerse para impedir el paso de insectos y otros animales.

5.2.4 Cálculo y diseño de la red del sistema de agua potable

5.2.4.1 Red de distribución

- Para poblaciones en general, el cálculo de la red se hará preferentemente por el método de la gradiente hidráulica, considerando que las presiones de servicio en cualquier punto de red, estarán limitadas entre 10 y 60 metros columna de agua.
- La velocidad del agua en las tuberías podrá llegar hasta 2.00 m/seg. El método de Hardy-Cross se utilizará como acabado o verificación del cálculo, admitiéndose para el cierre de los circuitos una aproximación no mayor de 1% del caudal total que entra en la red.
Para estimaciones preliminares en distribuciones abiertas se empleará el método de secciones. En todo caso se considerará la optimización de los resultados.
- Se aceptarán ramales abiertos que partan de la tubería matriz de distribución siempre que terminen en conexiones prediales o domiciliarias, servicios públicos, o en casos excepcionales, en puntos muertos provistos de válvulas que sirvan para la limpieza de la tubería.

El diseño de la red deberá contemplar el posible desarrollo futuro de la localidad, con el fin de proveer facilidad de ampliaciones.

5.2.4.2 Presiones

En consideración a la menor altura de las edificaciones en medios rurales, las presiones tendrán los siguientes valores

- Mínima 10 metros (presión de servicio).
- Máxima 40 metros (presión de servicio).

5.2.4.3 Parámetros de diseño

Tabla VIII. Parámetros de diseño

PARÁMETROS DE DISEÑO	
SISTEMA	FACTORES
Período de diseño	20 años(2003-2023)
Población actual 2,002	684 habitantes
Población futura 2,023	1242
Dotación (lts/hab/día)	90 lts/hab/día
Factor de conducción f.d.m.	1.5
Consumo máximo diario Qc	1.95 lts/seg.
Factor de distribución f.h.m	2
Consumo máximo horario Qd	2.60 lts/seg.
Consumo medio diario Qm	1.30 lts/seg.
Capacidad de almacenamiento	40 m ³

Los criterios técnicos tomados en consideración para el desarrollo de los cálculos hidráulicos, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla IX. Criterios técnicos de diseño

CRITERIOS TÉCNICOS DE DISEÑO	
Diámetro mínimo tubería secundaria en	
línea de distribución área rural	1"
Clase de Tuberías	P.V.C.
Presión de trabajo de la tubería	160 P.S.I.
Velocidad mínima	0.30 m/s
Velocidad máxima	6.00 m/s
Presión estática máxima	40
Presión estática mínima	10
Presión dinámica máxima	60
Presión dinámica mínima	40

A continuación se presentan en forma tabulada, los datos respectivos a cada uno de los tramos de diseño (páginas 43-44), calculando por cada uno de éstos el tipo de tubería y diámetro a ser necesario para que el agua llegue a todas las viviendas sin ningún inconveniente, así como datos de longitud, distribución de caudales, pérdida y puntos de consumo, los cuales se utilizaron para determinar el valor del caudal en cada ramal de acuerdo al número de habitantes.

Ejemplo de cálculo del tramo de E-1 a E-12

Valores de diseño Hidráulico;

Longitud de diseño	=	800.63 metros.
Caudal de diseño	=	0.53 litros/segundo.
Número de vivienda	=	17
Población Actual	=	102
Población Futura de diseño	=	185
Cota terreno inicial E-1	=	1,700.00 m.s.n.m.
Cota terreno final E-12	=	1,681.22 m.s.n.m.
Coefficiente de rugosidad	=	150
Por combinación de diámetros	=	Ø1 ½" y Ø2"

Por Hazzen & Williams:

$$H_f = \frac{1,743.811141 * L * Q^{1.85}}{d^{4.87} * C^{1.85}}$$

$$H_f \text{ para } \text{Ø}1 \frac{1}{2}'' = 5.64 \text{ m.c.a.}$$

$$H_f \text{ para } \text{Ø}2'' = 1.38 \text{ m.c.a.}$$

$$\text{Diámetro a utilizar por tener el menor } H_f = \text{Ø}2''$$

$$\text{Carga disponible en el tramo} = 28.78 \text{ metros.}$$

$$\begin{aligned} \text{Cota piezométrica} &= \text{cota del tanque} - H_f = 1,710 - 1.38 = \\ &1,708.62 \text{ m.s.n.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presión en metros columna de agua} &= \text{C. piezométrica} - \text{C. final en E - 12} \\ &= 1,708.62 - 1,681.22 = 27.40 \text{ m.c.a.} \end{aligned}$$

Tubería a utilizar P.V.C de 160 psi con coeficiente de rugosidad $c = 150$

Tabla X. Valores de diseño hidráulico 1

TRAMO	Longitud diseño	Q diseño L/S	Núm. Vivienda dctual	Núm. Vivienda diseño	PÉRDIDA Hf m.c.a.	Pob. actual	Pob. futura diseño
E1 - E12	800.63	0.530	17	17	1.38	102	185
E1 - E12	569.58	4.045	20	97	14.23	120	1057
E12 - E28	1035.12	3.373	29	77	18.47	174	839
E28 - E29	97.31	1.750	2	48	0.52	12	534
E29 - E40	1071.47	0.875	23	46	4.65	138	512
E29 - E52	12.36	0.875	0	23	0.05	0	251
E29 - E41	1069.45	0.638	13	23	2.59	78	251
E52 - E55	185.26	0.241	6	10	2.16	36	109
E38 - E54	135.00	0.16	4	4	0.74	24	44

Distancia acumulada 4,976.18 metros lineales

Cálculo basado en la fórmula de Hazzen & Williams para tuberías de P.V.C. (c=150)

$$H_f = \frac{1,743.811141 * L * Q^{1.85}}{d^{4.87} * C^{1.85}}$$

Donde

- H_f = Pérdida de presión en metros columna de agua
- L = Longitud en metros lineales
- D = Diámetro de tubería
- Q = Caudal en litros/segundo
- C = Coeficiente de rugosidad

Tabla XI. Valores de diseño hidráulico 2

TRAMO	Terreno observado		COTA PIEZOMÉTRICA	Ø Tubería	PRESIÓN m.c.a.	Observaciones
	C.T.I.	C.T.F.				
TANQUE			1,710.00			
E1 - E12	1,700.00	1,681.22	1,708.62	2	27.40	c=150, pvc 160 psi
E1 - E12	1,700.00	1,681.22	1,695.77	2.5	14.55	c=150, pvc 160 psi
E12 - E28	1,681.22	1,625.66	1,677.30	2.5	51.64	c=150, pvc 160 psi
E28 - E29	1,625.66	1,619.47	1,625.14	2.5	5.67	c=150, pvc 160 psi
E29 - E40	1,619.47	1,573.09	1,620.49	2	47.40	c=150, pvc 160 psi
E29 - E52	1,619.47	1,619.32	1,625.09	2	5.77	c=150, pvc 160 psi
E29 - E41	1,619.47	1,573.51	1,622.50	2	48.99	c=150, pvc 160 psi
E52 - E55	1,619.32	1,590.48	1,622.93	1	32.45	c=150, pvc 160 psi
E38 - E54	1,579.01	1,587.04	1,620.44	1	33.40	c=150, pvc 160 psi

Factor de pendiente en diseño de longitud = +3% de longitud medida

C.T.I. = cota terreno inicial

C.T.F. = cota terreno final

m.c.a. = metros columna de agua

5.2.5 Volumen del tanque de distribución

El tanque para el almacenamiento de agua debe diseñarse para que supla las demandas máximas horarias esperadas en la red de distribución. De esta forma se mantiene una reserva adecuada para el caso en el que se interrumpa la distribución de las líneas o fuente de abastecimiento, y para casos de incendio. El volumen del tanque debe ser igual a la suma de los requerimientos anteriores.

El caudal de agua que llega a los tanques es prácticamente constante, por lo que puede almacenarse agua en los períodos en que el consumo es menor para cubrir los de mayor consumo. Para cubrir la demanda de agua en las horas de mayor consumo, siendo su volumen igual a 25% al 40% del caudal medio diario.

$$Q_m = 1.30 \text{ litros/segundo}$$

$$\text{Volumen} = Q_m * 86,400/1000$$

$$\text{Volumen} = 35\% * (1.30 * 86.4)$$

$$\text{Volumen} = 39.312 \text{ m}^3.$$

$$\text{Volumen tanque metálico} = \pi * d * h$$

$$\text{Volumen tanque metálico} = 3.141593 * 3.61 * 3.66$$

$$\text{Volumen tanque metálico} = 41.5086 \text{ m}^3$$

5.2.6 Diseño del tanque elevado metálico

Consideraciones

5.2.6.1 Diseño del cuerpo del tanque metálico

5.2.6.1.1 Tipos de juntas

El empalme o unión de placas del tanque y partes o conexiones se hará por medio de soldadura. Pueden usarse tornillos para uniones secundarias y para empalmes de columnas que resistan principalmente cargas de compresión. Pernos tratados o laminados en frío pueden ser usados para conexiones de barras a tracción que tengan sus extremos previstos para estos accesorios.

Las roscas de los tornillos serán pulidas para evitar la rebaba exterior y prevenir una fácil remoción de las tuercas. Las uniones entre juntas traslapadas de placas del fondo se encuentran soportadas directamente en una plataforma de cimentación, serán soldadas continuamente en el lado superior únicamente, todas las demás juntas traslapadas de placas en contacto con el líquido serán soldadas continuamente en ambos lados.

5.2.6.1.2 Cargas de diseño

Carga muerta: será el peso estimado de todas las construcciones permanentes y accesorios. El peso unitario del acero se considerará como 490 libras/pie cúbico (7,850 kilogramos/metro cúbico), y el del concreto entre los límites de 144 a 150 libras/pie cúbico (2,300 kilogramos/metro cúbico).

Carga viva: será el peso estimado de todo el líquido cuando el tanque está lleno hasta el rebosadero y todas las demás cargas vivas que correspondan. El peso unitario del agua se considerará 62.4 libras/pie cúbico (1000 kilogramos/metro cúbico). El peso de un cilindro de agua de diámetro igual al diámetro interior del tubo de admisión, si se encuentra soportado directamente sobre su cimentación, no será considerado como una carga viva vertical sobre dicho tubo.

Carga por nieve: en los lugares que haya de considerarse esta carga, se asignarán 25 libras/pie cuadrado (120 kilogramos/metro cuadrado). La carga mínima viva para el diseño de un techo será de 15 libras/pie cuadrado (75 kilogramos/metro cuadrado). Las placas del techo pueden sufrir una deflexión entre soportes estructurales para resistir la carga anterior.

Carga de viento: se asumirá que es de 30 libras/pie cuadrado (150 kilogramos/metro cuadrado), en superficies planas verticales y de 18 a 20 libras/pie cuadrado (90 – 100 kilogramos/metro cuadrado), en proyecciones de áreas de superficies cilíndricas y 15 libras/pie cuadrado (75 kilogramos/metro cuadrado), en proyecciones de áreas de doble curvatura (placas) y superficies cónicas. En estructuras diseñadas para velocidades de viento mayores de 100 millas/hora (160 kilómetro/hora), todas las presiones unitarias anteriores serán ajustadas en proporción del cuadrado de la velocidad, asumiendo que las presiones de arriba son para una velocidad de 100 millas por hora.

Cargas de sismo: se asumirá que la carga completa lateral sobre la estructura (techo, paredes, fondo y la proyección adecuada de los miembros de la torre para cargas de viento, incluyendo la proyección del tubo de admisión), actúa sobre la estructura, en el centro de gravedad de estas cargas.

5.2.6.1.3 Esfuerzos unitarios

Excepto para soportes de techo, todos los miembros de acero serán diseñados y proporcionados para que durante la aplicación de cualquiera de las cargas previamente mencionadas, o cualquier combinación de ellas, el máximo esfuerzo no exceda los valores especificados

ESFUERZOS UNITARIOS – TRACCIÓN

Tipo	Esfuerzo unitario máximo (libras/pulg ²)
Acero estructural en sección neta	15,000
Pernos y otras partes roscadas	15,000
Acero de fundición	11,250
Placas de acero en paredes del tanque	15,000

Todos los esfuerzos unitarios dados serán reducidos multiplicándolos por la eficiencia aplicable a la junta que se conecta.

ESFUERZOS UNITARIOS – COMPRESIÓN

Tipo	Esfuerzo unitario máximo (libras/pulg ²)
Placas de paredes	15,000
Acero estructural y metal de soldadura	15,000
Rigidizadores de vigas de alma llena, almas de secciones laminadas al pie del filete	18,000
Acero de fundición	15,000

ESFUERZO UNITARIO – FLEXIÓN

Tipo	Esfuerzo unitario máximo (libras/pulg ²)
Tensión en las fibras extremas excepto placas para base de columnas	15,000
Placas para base de columnas	20,000
Compresión en las fibras extremas de secciones laminadas y vigas de alma llena, miembros compuestos para valores de LD/BT, menores o iguales de 600	15,000
LD/BT, mayor de 600	$9,000,000/(LD/BT)$
L = longitud no soportada, D = peralte del miembro, B = ancho del miembro, T = espesor de su patín en compresión.	
Pines en fibra extrema	22,500
Acero de fundición	11,250

ESFUERZO UNITARIO – CORTE

Tipo	Esfuerzo unitario máximo (libras/pulg ²)
Pines y pernos tratados, en agujeros rimados o barrenados	11,250
Pernos corrientes	7,500
Almas de vigas y vigas de alma llena, sección total	9,750
Acero de fundición	7,325
Placas del tanque y uniones estructurales de material de acero	11,250

ESFUERZO UNITARIO – APLASTAMIENTO

Tipo	Esfuerzo unitario máximo (libras/pulg ²)	
Pines	24,000	
Áreas en contacto con superficies laminadas	22,500	
Áreas en contacto de materiales similares	20,250	
Expansión de rodillos y arcos de diámetro (d)	600d	
d = diámetro (pulgadas)		
Concreto:		
2,500 libras/pulgada cuadrada	625	
3,000 libras/pulgada cuadrada	750	
4,000 libras/pulgada cuadrada	1,000	
5,000 libras/pulgada cuadrada	1,250	
	Corte doble	Corte simple
Pernos tratados, en agujeros rimados o barrenados	30,000	24,000
Pernos corrientes	18,750	15,000

5.2.6.1.4 Esfuerzos combinados

Esfuerzos axiales y de flexión: todos aquellos miembros diferentes de las columnas, sujetos tanto a esfuerzos axiales y de flexión, serán proporcionados para que la cantidad $(f_a/F_a + f_b/F_b)$ no exceda la unidad. Las columnas, sujetas tanto a esfuerzos axiales y de flexión, serán proporcionadas para que el término $(f_a + f_b)$, no exceda del valor de P/A , tal como se describe más adelante. F_a : esfuerzo unitario que se permitiría, si únicamente existiera el esfuerzo axial; F_b : esfuerzo unitario que se permitiría, si únicamente existiera el esfuerzo de flexión; f_a : esfuerzo unitario axial real, igual a la fuerza axial dividida por el área del miembro; f_b : Esfuerzo unitario de flexión real, igual a dividir el momento de flexión por el módulo de sección del miembro.

Pernos: los pernos sujetos a corte y fuerzas de tensión, serán proporcionados, para que los esfuerzos unitarios combinados no excedan el esfuerzo unitario permisible para pernos en tensión únicamente. Los pernos en tensión tendrán sus cabezas en formas especiales para proveer una adecuada resistencia al corte a través de ella.

Viento y otras fuerzas: los miembros sujetos a esfuerzos producidos por la combinación de viento con cargas muerta y viva o únicamente por viento, serán proporcionados para esfuerzos unitarios, incrementándolos en un 25% para aquellos especificados en el inciso 3. Siempre previendo que las secciones requeridas no sean menores que las solicitadas para combinación de cargas muerta y viva como se especificó anteriormente.

En el diseño de cimentaciones de concreto, sin embargo, el incremento en los esfuerzos de diseño, cuando se incluye viento y cargas muerta y viva pueden ser 33.33%, tanto para esfuerzos permisibles en el concreto, como en el acero de refuerzo, permitidos por la última revisión del Instituto Americano del Concreto (ACI) norma 318, previendo que las cimentaciones en su diseño, no sean menores que las requeridas por la combinación de cargas muerta y viva actuando independientes.

ESPESORES MÍNIMOS

Espesores mínimos para cualquier parte de la estructura de un tanque metálico elevado.

Tanques no mayores de 120 pies de diámetro	1/4"
Tanques mayores de 120 pies y menores de 200	5/16"
Tanques mayores de 200 pies de diámetro	3/8"

VALORES DE DISEÑO DE SOLDADURAS

Soldaduras acanaladas

Tensión	85%
Compresión	100%
Corte	75%

Soldaduras de filete

Corte transversal	65%
Corte longitudinal	50%

Los esfuerzos en una soldadura de filete serán considerados como corte en la garganta, para cualquier dirección de aplicación de la carga. La garganta de una soldadura de filete se asumirá que es 0.707 veces la longitud del lado más corto del filete de soldadura.

5.2.6.2 Diseño de la torre

- Cargas laterales

Para las columnas y riostres horizontales (puntales), de formas estructurales, la carga de viento actuando sobre estos miembros se encontrará multiplicando el área proyectada por los miembros con la carga distribuida asumida. La presión del viento en cualquier dirección sobre una columna estructural no de forma tubular, se tomará como 30 libras/pie cuadrado (150 kilogramos/metro cuadrado), de la más grande de las dos áreas proyectadas; la primera, sobre el plano vertical, el que contiene el eje longitudinal de la columna y el eje vertical del tanque y de la torre, la segunda, en un plano vertical perpendicular al anterior.

- Columnas y puntales

Secciones estructurales: el esfuerzo unitario máximo permisible para las columnas estructurales o puntales, será determinado por la siguiente fórmula

$$P/A = XY$$

$$X = (18,000)/(1 + (L^2/1,800r^2)) \text{ ó}$$

1,500 libras/pulgada cuadrada, escogiendo la menor, y

$$Y = (2/3)(100t/r)(2 - (2/3)(100t/R))$$

Para valores de t/R menores que 0.015 y $Y = 1.00$

Para valores de t/R igual o excediendo 0.015

P = Carga total axial (libras)

A = Sección del área transversal (pulgadas cuadradas)

L = Longitud efectiva de la columna (pulgadas)

r = Radio de giro mínimo (pulgadas)

R = Radio del miembro tubular a la superficie exterior (pulgadas)

t = Espesor del miembro tubular (pulgadas), mínimo $\frac{1}{4}$ ".

Todas las juntas circunferenciales en columnas y puntales tubulares, serán juntas soldadas para juntas completas de penetración. Las juntas longitudinales serán juntas a tope soldadas como mínimo del lado exterior, pero no necesitan tener junta completa de penetración, previendo que la profundidad total de la soldadura, sin incluir la soldadura de refuerzo ($1/16$ "), será como mínimo igual al espesor de la placa. Sí columnas tubulares se usan como tubos de admisión, ellos también serán diseñados y soldados para resistir los esfuerzos de zuncho.

- Tolerancia en columnas

El eje de las columnas no se desviará de una línea recta por más de 0.10%, de la longitud lateral no soportada. En ninguna sección transversal, la diferencia entre el máximo y mínimo diámetro exterior de una columna tubular, excederá 2% del diámetro nominal exterior. Abolladuras en las columnas tubulares no serán mayores que el espesor de la pared de las columnas.

- Esbeltez

MÁXIMA RELACIÓN DE ESBELTEZ

	L/r
Miembros a compresión transportando peso o presión del contenido del tanque	120
Miembros a compresión transportando cargas laterales de viento o sismo, o ambas	175
Miembros transportando cargas únicamente del techo	175

- Espesor mínimo

El espesor mínimo para columnas y puntales tubulares, será de $\frac{1}{4}$ "; barras redondas o cuadradas de sección sólida pueden usarse para arriostramiento diagonal contra cargas laterales y tendrán un diámetro mínimo de $\frac{3}{4}$ ", o ancho de un lado si son cuadradas, las barras de otras formas si se usan tendrán un área total neta como mínimo igual a $\frac{3}{4}$ partes de una barra redonda.

- Pernos de anclaje

Estos pernos se diseñarán para el máximo esfuerzo posible a que puedan estar sometidos, usando el área en la raíz de la rosca o la más pequeña que exista. Los pernos de anclaje pueden extenderse hasta un máximo de 3 pulgadas del fondo de la cimentación, pero no necesariamente más allá de lo suficiente para desarrollar la máxima fuerza de levantamiento, y terminarán en ángulo recto, gancho, doblez, o en una placa con forma de arandela. La fuerza a desarrollar por los pernos de anclaje para barras simples usadas como pernos de anclaje serán calculadas por medio de la siguiente fórmula:

$$U = 1.5 * (f'c)^{1/2} \text{ menor o igual a } 160$$

U = esfuerzo unitario de anclaje (libras/pulgada cuadrada)

F'c = esfuerzo de compresión del concreto (libras/pulgada cuadrada)

Los extremos roscados de los pernos de anclaje en la parte superior de la cimentación, serán proyectados 2 pulgadas arriba del nivel nominal de la cimentación, deberán proveerse tuercas y contra tuercas para los extremos de los tornillos en la parte superior, los extremos de los tornillos en su parte superior si no se usan contratuercas se aplanarán con un martillo a efecto de prevenir que no se aflojen las tuercas.

- Cimentaciones

Las cimentaciones para estructuras de tanques elevados, podrán ser zapatas aisladas de sección constante o variable y losas continuas, la alternativa se escogerá con base en diversos factores, tomando en cuenta principalmente; el valor soporte del suelo, magnitud de las cargas que actúan en la estructura, etc.

Para brindar economía y seguridad una estructura debe prever lo siguiente:

- Costo inicial
- Costos de fabricación y montaje
- Costo de mantenimiento

Seguridad

- Tipo de especificaciones a usar
- Resistencia de los materiales empleados
- Detalles de construcción
- Durabilidad
- Tipo de supervisión

Los tanques elevados de metal tienen en comparación a uno de concreto menor costo inicial, menor durabilidad, un mayor mantenimiento, un menor tiempo en su construcción y dependiendo del uso así será su funcionalidad.

5.2.6.3 Diseño y calculo del cuerpo del tanque metálico

Datos:	
Capacidad:	40 metros cúbicos
Altura de la torre:	12 metros
TECHO	
Forma:	Cónica
Altura:	0.45 metros.
Diámetro:	3.60 metros.
Inclinación:	1/8
CUERPO	
Forma:	Cilíndrica
Altura:	3.66 metros.
Diámetro:	3.61 metros.
FONDO	
Forma:	Cónica
Altura:	1.00 metros.
Diámetro:	3.61 metros.
Inclinación:	¼
TORRE	
Columnas inclinadas:	4
Altura de la torre:	12.00 metros.
Separación de las columnas adyacentes:	4.50 metros.
Separación de las columnas de dirección diagonal:	6.37 metros.
Longitud de las riostras horizontales:	variable
Longitud de los arriostres diagonales:	variable
CIMENTACIÓN	
Losa continúa con un agujero en el centro.	
Profundidad de cimentación:	1.40 metros.

MATERIALES

- Acero estructural: $F_y = 36 \text{ ksi.}$
- Acero de refuerzo: $f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2.$
- Concreto: $f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2.$

CARGAS

Acero	490 libras/pie cúbico.
Concreto	150 libras/pie cúbico.
Suelo	100 libras/pie cúbico.
Agua	62.4 libras/pie cúbico.

VALOR SOPORTE DEL SUELO

12.0 T/metro cuadrado (asumido).

SISMO

$$V = ZIKCSW$$

$$Z = 1.00$$

$$I = 1.00$$

$$K = 2.50 \text{ (Tanque lleno)}$$

$$C = 0.076$$

$$S = 1.50$$

$$CS = 0.11$$

$$T \pm 0.05 * 18.00 * 3.28 / (4.50 * 3.28)^{1/2} = 0.768$$

$$C \pm 1/15 * (0.768)^{1/2} = 0.076$$

$$CS = 0.076 * 1.50 = 0.114 \leq 0.14$$

$$KC = 2.50 * 0.076 = 0.190 < 0.25 > 0.12$$

$$V = 1.00 * 1.00 * 2.50 * 0.114 W = 0.285 W$$

VOLUMEN

$$\text{Volumen} = (3.14 * 3.61^2 / 4) (3.88 - 0.15) + (3.14 * 3.61^2 / 4) (1.00 / 3) = 41.5086 \text{ m}^3$$

PESO (asumiendo un espesor de 1/4", para todo el depósito)

W_{agua}	$= 40.00 * 3.28^2 * 62.4$	88,080
W_{tapa}	$= (3.14 * 3.61^2/4)(3.28^2)(490)/(4)(12)$	1,123
W_{cuerpo}	$= (3.14 * 3.61)(4)(3.28^2)(490)/(4)(12)$	4,980
W_{fondo}	$= (3.14 * 3.61^2/4)(3.28^2)(490)/(4)(12)$	1,123
$W_{\text{accesorios}}$	$= (\text{asumido})$	<u>1,000</u>
		96,306
W_{columnas}	$= 4 * 12.00 * 3.28 * 28.55$	4,495
W_{breizas}	$= 40 * 3.20 * 3.28 * 3.65/0.625$	2,450
W_{miembros}	$= 12 * 3.66 * 3.28 * 3.65$	<u>525</u>
		7,470

ANÁLISIS

El viento no es crítico, analizamos únicamente por sismo:

$$W_{\text{total}} = 96,306 \text{ libras} + 7,470 \text{ libras} = 103,776 \text{ libras.}$$

$$W_{\text{columna}} = 103,776/4 = 25,944 \text{ libras} \pm 25.94 \text{ kips.}$$

$$V'_{\text{sismo}} = 0.285 * 96,306/1000 = 27.44 \text{ kips} * 1.25 = 34.31 \text{ kips.}$$

$$V''_{\text{sismo}} = 0.285 * 7,470/1000 = 2.13 \text{ kips} * 1.25 = 2.66 \text{ kips.}$$

$$\text{Total} = 29.57 \text{ kips} * 1.25 = 36.97 \text{ kips.}$$

$$M'_{\text{sismo}} = 34.31 * 14.00 * 3.28 = 1,576 \text{ kip-pie}$$

$$M''_{\text{sismo}} = 2.66 * 8.00 * 3.28 = \underline{70 \text{ kip-pie}}$$

$$1,646 \text{ kip-pie}$$

$$\text{Separación a ejes columnas adyacentes} = 4.50 * 3.28 = 14.76 \text{ pies}$$

$$\text{Separación columnas en dirección diagonal} = 14.76/0.707 = 20.88 \text{ pies.}$$

Analizando en dirección XX y YY

$$V_{\text{marco}} = 36.97/2 = 18.49 \text{ kip.}$$

$$M_{\text{marco}} = 1,646/2 = 823 \text{ kip-pie.}$$

Reacción en la base = $R = 823/14.76 = 55.76$ kip

$T \pm C \pm 55.76$ kips (en columnas)

$T \pm 20.61$ kips (en diagonales)

$C \pm 18.49$ kips (en horizontales)

$V_{\text{pernos}} \pm 18.49$ kips

Analizando en dirección xy (diagonal)

$V_1 = 36.98/2 = 18.49$ kips

$V_{\text{marco}} = 0.707 * 18.49 = 13.07$ kips

$M_{\text{marco}} = (1,646/2)*0.707 = 582$ kips-pie

$T \pm C \pm 2 * 50.07 * 100.14$ kips (en columnas)

$T \pm 14.16$ kips (en diagonales)

$C \pm 13.16$ kips (en horizontales)

$V_{\text{pernos}} \pm 18.49$ kips

Diseño de las columnas

Es crítica la compresión

$C \pm 100.14 \pm 25.94 = 126.08$ kips

$L \pm 3.20$ metros * 10.50 pies ± 125.96 pulgadas.

Ensayando con tubo de $\varnothing = 8$ " estándar

$A = 8.40$ pulgadas² $r = 2.25$ pulgadas

K menor o igual 1.00 $kl/r \pm 1.00 * 125.98/2.94 = 42.84 \pm 43$

$F_a = 18.95 * 1.33 = 23.69$ ksi

$f_a = 126.27/5.58 = 22.63 \leq F_a = 23.69$

Usar tubo de 6" en columnas

Diseño de miembros diagonales

$T \pm 20.61$ kips

$L \pm 5.52$ metros ± 217.34 " = 18.11 pies

L/r menor o igual 240 aprox $r \geq 217.34/240 = 0.91$ "

$$F_t = 0.60 * 36.00 = 22.00 * 1.33 = 29.35 \text{ ksi}$$

$$A_t = 20.61/29.33 = 0.70 \text{ pulgada}^2.$$

Usando tubo de Ø2" estándar

$$A = 1.07 \text{ pulgadas}^2 \quad r = 0.787 \text{ pulgadas}$$

$$F_t = 20.61/1.07 = 19.26 \leq F_t = 29.33$$

$L/r = 217.34/0.787 = 276$ y $240 < L/r < 3000$ se acepta para rigidizar la torre.

Con tubo de Ø2" en tirantes

Diseño de miembros horizontales

$$C = 18.49 \text{ kips}$$

$$L \pm 4.30 \text{ metros} \pm 14.10 \text{ pies} \pm 169.25 \text{ pulgadas.}$$

$$Kl/r \leq 200$$

$$K \pm 1.00 \quad r \geq 1.00 * 169.25/200 = 0.85$$

Usando tubería de Ø3" en riostras horizontales

Diseño de los pernos de anclaje

$$T \pm 100.14 - 25.94 = 74.20 \text{ kips.}$$

$$T/\text{perno} \pm 74.20/8 = 9.275 \text{ kips}$$

$$V \pm 18.49 \text{ kips}$$

$$V/\text{perno} = 18.49/8 = 2.31 \text{ kips}$$

Usando 8 pernos de Ø = 1" (A307)

$$A_t = 0.606$$

$$A_v = 0.785$$

$$f_v = 2.31/0.785 = 2.94 \leq F_v = 10.00$$

$$f_t = 9.275/0.606 = 15.31 \leq F_t = 20.00$$

$$F_{tv} = 28 - 1.6 (2.92) = 23.33 \leq F_t = 20.00$$

Se emplean 8 pernos Ø1" A307 en la base $T_w = 5/16"$, se utiliza una placa de $12" \times 12" \times 1"$

$$T_w = ((0.707 * 5/16)(14)(3.14)(6.625)) = 64.34 < 74.20 \quad t_w = 1/4"$$

$$M_{pl} = ((40\% * 74.20)(3.00)) * 70\% = 62.33 \text{ kip-pulgada}$$

$$T \pm (6 * 62.33 / 27 * 12)^{1/2} = 1.07 \pm 1"$$

$$F_p = 126.27 / 12^2 = 0.88 \leq F_p = 0.25 * 4000 = 1.00 \text{ ksi}$$

Cimiento

$$P = 104.54 \text{ kips} \pm 47.52 \text{ toneladas}$$

$$M = 1,646 / 1.25 = 1,317 \text{ kip-pie} \pm 231.85 \text{ T - m}$$

$$M_{ad} = 29.94 * 1.40 / 2.2 = 19.05 \text{ T - m}$$

$$M_{total} = 231.85 + 19.05 = 250.90 \text{ T - m}$$

$$A = 36 \text{ m}^2$$

$$I = 145.50 \text{ m}^4$$

$$S = 44.77 \text{ m}^3$$

$$ME = (97.92 + 47.52)(6.5/2) = 472.68 \text{ T - m}$$

$$P_{stc} = (1.6 * 0.8 + 2.4 * 0.6)(36) = 97.92 \text{ T}$$

$$FS_v = 472.68 / 250.90 = 1.88 > 1.50$$

$$FS_d = ((0.4)(97.92 + 47.52)) / 13.54 = 4.30 > 1.50$$

Cimentación de $6.50 * 6.50 * 0.60$ (con agujero de $2.50 * 2.50$)

Losa

$$P \pm 1.7(9.75 - 2.4*6.50 - 1.6*0.80) = 11.95 \text{ T/m}^2$$

$$M_{vol} \pm 11.95 * 1^2/2 = 5.98 \text{ T-m/m}$$

$$M_{lc} \pm 11.95 * 4.50^2/8 - 5.98 = 24.27 \text{ T-m/m}$$

En 2 metros, $b = 2$ y $d \pm 0.5$ metros

$$A_s = 19.38$$

$$A_s (\text{min}) = 24$$

Colocar varillas número 6 a 0.25 en 2/camas

En pedestales

$$M_u \pm 1.7(29.31/2.2)(0.80) = 18.12$$

$$A_s = 14.26 \text{ cm}^2 * 4 = 57.06 \text{ utilizar 12 varillas número 8}$$

$$V_u = (1.7*29.94/2.2)(1000)/0.85 * 60 * 52.46 = 8.52 < 8.83,$$

Utilizar varillas número 3 a 0.15

$$B = 60, d \pm 60 - (5 + 1.27 + 2.54/2) = 52.46 \text{ cm}$$

Sección de $0.60 * 0.60 * 0.60$ utilizar 12 varillas número 8 y estribos número 3 a 0.15

6. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

6.1 Presupuesto

El presupuesto debe reflejar el costo proyectado de obra lo más cercano posible a la realidad. Para lograrlo, debe ser fácilmente modificable para adaptarse a una realidad en la cual el cambio es constante.

6.2 Control de costos

Debe controlar los distintos elementos de costo durante el desarrollo de la obra: como materiales, mano de obra, contratistas, gastos indirectos y todos aquellos que forman parte del costo.

En el área de control de materiales es indispensable controlar que en cada proceso de la obra se usen los materiales asignados para cada fase y que no existan desperdicios, que el inventario de bodegas sea fácil de llevar, bien costado y al día.

6.3 Elaboración del presupuesto e integración de costos

Después de integrar los renglones que formarán parte del presupuesto, se procede a ingresar el presupuesto en sí, en el cual se indican los renglones que lo componen y sus respectivas cuantificaciones de acuerdo con su unidad de medida.

El presupuesto puede ser elaborado por etapas para que salgan clasificados de esa manera en la integración final.

El presupuesto que a continuación se presenta se tomó respecto a los siguientes aspectos

Bases de diseño

Sistema:	Línea de conducción por bombeo, sobre el pozo perforado. Línea de distribución por gravedad.	
Tipo de servicio:	Domiciliar.	
Viviendas actuales:	114.	
Población actual:	684 habitantes.	
Tasa de crecimiento:	2.75 % anual.	
Período de diseño:	20 años.	
Población futura:	1,242	habitantes.
Dotación:	90	litros/habitante/día.
Factor por día máximo:	2	
Caudal medio:	1.30	litros/segundo.
Caudal por día máximo:	2.60	litros/segundo.
Volumen de almacenamiento incluye tanque metálico y equipo de bombeo:	40.00	metros ³
Línea de distribución:	4,976.18	metros lineales
Cota del tanque:	1,710	m.s.n.m..

Perfil del proyecto

Ubicación del proyecto

Este proyecto se encuentra localizado en el kilómetro 25.6, carretera a El Salvador, en el Municipio de Fraijanes, Departamento de Guatemala, a 14.6 kilómetros de la cabecera municipal.

Justificación del proyecto

El agua es un líquido vital para la sobrevivencia de las familias de este municipio y se ha venido adoleciendo de este líquido debido al aumento de la población, así como a la escasez de fuentes de abastecimiento que sean sanitariamente seguras. Con la perforación de un pozo mecánico, la construcción de un nuevo tanque de distribución se dará pronta solución a este problema, beneficiando a más de 600 habitantes.

Objetivos del proyecto

Brindar un servicio eficiente de abastecimiento de agua a los habitantes de la comunidad Las Maravillas, que cumpla con las normas sanitarias de consumo humano.

Características del proyecto

Nuevo.

Descripción del proyecto

- Adquisición legal del predio que se utilizará.
- Perforación de un pozo mecánico de 500 pies de profundidad y 8 pulgadas de diámetro.
- Fabricación de una caseta de control
- Equipamiento del pozo mecánico.
- Introducción de energía eléctrica para el pozo mecánico.
- Construcción de un tanque metálico de distribución general de 40 m³. con una torre de 12 metros de altura.
- Línea de distribución de 4,976.18 metros lineales.
- 114 conexiones domiciliarias.
- 684 metros lineales de acometida domiciliar.
- 9 válvulas de control.

Costo del proyecto

**Introducción de agua potable por bombeo a la comunidad
Las Maravillas, municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala**

Tabla XII. Perforación de pozo mecánico

Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Total
Preliminares				
Movilización y transporte de materiales	<i>global</i>	1	10,000.00	10,000.00
Montaje y desmontaje de maquinaria	<i>global</i>	1	4,500.00	4,500.00
Perforación en 12" de diámetro	<i>pies</i>	500	125.00	62,500.00
<i>Total de preliminares</i>			Q	77,000.00
Materiales				
Tubería de acero al carbón de Ø8"	<i>pies</i>	500	135.00	67,500.00
Entubación	<i>pies</i>	500	24.00	12,000.00
Ranuración de pichachas	<i>pies</i>	260	80.00	20,800.00
Filtro de grava	<i>global</i>	1	5,000.00	5,000.00
Sello sanitario de cemento	<i>u</i>	1	1,900.00	1,900.00
<i>Total de materiales</i>			Q	107,200.00
Otros				
Desarrollo y limpieza del pozo	<i>hora</i>	60	200.00	12,000.00
Prueba de bombeo	<i>hora</i>	24	450.00	10,800.00
Perfilaje y control de muestras	<i>global</i>	1	1,000.00	1,000.00
Bentonita, energía y supervisión	<i>global</i>	1	1,000.00	1,000.00
<i>Total de otros</i>			Q	24,800.00
Integración de los costos de perforación del pozo mecánico				

Descripción		Total
Preliminares	Q	77,000.00
Materiales	Q	107,200.00
Otros	Q	24,800.00
<i>Total</i>		Q 209,000.00

Tabla XIII. Tanque elevado metálico

Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Total
Tanque elevado metálico con capacidad de 40 mts. ³ , con un diámetro del cuerpo de 13 pies, altura de 15 pies, acero ASTM A36, factor sísmico 0.30 W, torre formada por 4 columnas metálicas de alma llena tensadas y rigidizadas horizontal y diagonalmente, con altura de 10 mts, de la parte superior del cimientto al cono inferior del tanque. Incluire un manhole de inspección de 24" de diámetro, escalera interior tipo marinerero sin anillos protectores y la exterior con anillos de protección, niples de entrada y salida, respiradero y rebosadero, en el exterior se aplicará pintura anticorrosiva y en el interior pintura especial para mantener la potabilidad del agua.	<i>global</i>	1	77,500.00	77,500.00
<i>Total del tanque elevado metálico</i>				Q 77,500.00
Bases para tanque metálico				
Preliminares				
Limpieza y chapeo	<i>global</i>	1.00	100.00	100.00
Nivelación y trazo	<i>global</i>	1.00	150.00	150.00
<i>Total de preliminares</i>				Q 250.00

Materiales				
Hierro Número 6	<i>qq</i>	8.00	130.00	1,040.00
Hierro Número 4	<i>qq</i>	12.00	130.00	1,560.00
Hierro Número 3	<i>qq</i>	10.00	130.00	1,300.00
Alambre de amarre	<i>libra</i>	150.00	3.00	450.00
Arena de río	<i>m³</i>	15.00	85.00	1,275.00
Madera	<i>pie-tabla</i>	350.00	3.00	1,050.00
Clavo para madera de 3"	<i>libra</i>	30.00	3.00	90.00
Piedrín	<i>m³</i>	12.00	140.00	1,680.00
Cemento	<i>saco</i>	190.00	36.00	6,840.00
<i>Total de materiales</i>			Q	15,285.00

Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Total
Mano de obra				
Excavación	<i>m³</i>	32.00	20.00	640.00
Fundición y armadura de vigas	<i>ml</i>	48.00	25.00	1,200.00
Fundición y armado de cimiento corrido	<i>ml</i>	24.00	25.00	600.00
Relleno compactado	<i>m³</i>	8.00	15.00	120.00
Fundición y armadura de zapatas	<i>m²</i>	16.00	24.00	384.00
Fundición y armadura de columnas	<i>ml</i>	33.00	20.00	660.00
Maestro de obra	<i>día</i>	10.00	80.00	800.00
Albañil(1)	<i>día</i>	10.00	50.00	500.00
Ayudantes(2)	<i>día</i>	20.00	35.00	700.00
<i>Total de mano de obra</i>			Q	5,604.00
Otros				
Trazo, limpieza y nivelación del terreno	<i>ml</i>	35.00	7.00	245.00
Herramienta	<i>global</i>	1.00	400.00	400.00
Acarreo del material sobrante	<i>m³</i>	32.00	10.00	320.00
Transporte de materiales	<i>global</i>	1.00	650.00	650.00
<i>Total de otros</i>			Q	1,615.00
Integración de costos del tanque elevado metálico				

Descripción	Total
Tanque elevado metálico	Q 77,500.00
Bases para el tanque metálico	Q 22,754.00
<i>Total</i>	Q 100,254.00

Tabla XIV. Sistema de línea de conducción por bombeo del pozo mecánico al tanque elevado metálico

Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Total
Preliminares				
Movilización y montaje de grúa	<i>global</i>	1	4,000.00	4,000.00
Instalación mecánica	<i>global</i>	1	3,000.00	3,000.00
<i>Total de preliminares</i>			Q	7,000.00
Materiales				
Bomba sumergible 150S300-1S GRUNDFOS de acero inoxidable de 30 HP, acoplada a un motor de 30 HP				
460V con diámetro de Ø3"	<i>u</i>	1	23,600.00	23,600.00
Tubería HG de Ø3" tipo mediano	<i>u</i>	21	590.00	12,390.00
Sello sanitario de Ø3"	<i>u</i>	1	160.00	160.00
440 pies de cable sumergible	<i>global</i>	1	7,150.00	7,150.00
440 pies de cable de aire	<i>global</i>	1	715.00	715.00
440 pies de cable porta electrodos Núm.14/3	<i>global</i>	1	1,045.00	1,045.00
Electrodos	<i>u</i>	2	100.00	200.00
Válvula de cheque horizontal de Ø3"	<i>u</i>	1	850.00	850.00
Válvula de compuerta de Ø3"	<i>u</i>	1	350.00	350.00
Válvula de cheque vertical de Ø3"	<i>u</i>	1	850.00	850.00
Collarín de soporte de Ø3"	<i>u</i>	1	220.00	220.00
Unión universal	<i>u</i>	1	170.00	170.00
Arranque eléctrico	<i>u</i>	1	500.00	500.00
kit tee, niple y tapón de Ø3"	<i>global</i>	1	450.00	450.00
Niple tipo pesado HG de Ø 3"	<i>u</i>	1	50.00	50.00
Kit de amarre y empalme vulcanizado	<i>global</i>	1	300.00	300.00
Panel de arranque de 30 HP 460, voltios de Ø3"que incluye: contactor flipón, sensor de voltaje, guardanivel, botonera, pararrayos, señal luminosa, fusibles de control, relee térmico, gabinete.	<i>global</i>	1	11,500.00	11,500.00
<i>Total de materiales</i>			Q	60,500.00

Integración de costos del sistema de bombeo del pozo mecánico		
Descripción		Total
Preliminares	Q	7,000.00
Materiales	Q	60,500.00
Total	Q	67,500.00

Tabla XV. Caseta de bombeo para el pozo mecánico

Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Total
Preliminares				
Limpieza y chapeo	<i>global</i>	1.00	50.00	50.00
Nivelación y trazo	<i>global</i>	1.00	125.00	125.00
Total preliminares			Q	175.00
Materiales				
Cemento	<i>saco</i>	50.00	35.00	1,750.00
Arena de río	<i>m³</i>	5.00	85.00	425.00
Piedrín	<i>m³</i>	4.00	140.00	560.00
Block pomez de 0.15*0.20*0.40	<i>u</i>	380.00	2.25	855.00
Hierro número 3	<i>qq</i>	7.50	130.00	975.00
Hierro número 2	<i>qq</i>	2.00	130.00	260.00
Alambre de amarre	<i>lbs.</i>	40.00	2.50	100.00
Madera	<i>pié-tabla</i>	300.00	3.00	900.00
Clavo	<i>lbs.</i>	20.00	2.50	50.00
Puerta metálica 0.90 x 2.00 mts	<i>u</i>	1.00	800.00	800.00
Accesorios de acometida eléctrica	<i>u</i>	1.00	300.00	300.00
Total de materiales			Q	6,975.00

Mano de obra				
Cimiento corrido 0.40 x 0.15	<i>ml</i>	9.00	35.00	315.00
Solera de humedad 0.20 x 0.15	<i>ml</i>	8.60	25.00	215.00
Columnas 0.15 x 0.15	<i>ml</i>	25.60	20.00	512.00
Columna 0.25 x 0.30	<i>ml</i>	4.80	45.00	216.00
Solera intermedia	<i>ml</i>	8.60	20.00	172.00
Solera de remate	<i>ml</i>	8.60	20.00	172.00
Fundición de losa 0.13	<i>m²</i>	9.00	60.00	540.00
Fundición de piso 0.10	<i>m²</i>	4.20	30.00	126.00
Colocación de puerta	<i>u</i>	1.00	150.00	150.00
Levantado de muros de block visto	<i>m²</i>	28.00	25.00	700.00
Tallado de columnas y soleras	<i>ml</i>	50.00	15.00	750.00
Maestro de obra	<i>día</i>	15.00	80.00	1,200.00
Albañil(1)	<i>día</i>	15.00	50.00	750.00
Ayudantes(2)	<i>día</i>	30.00	35.00	1,050.00
<i>Total de mano de obra</i>			Q	6,868.00

Otros:				
Transporte de materiales	<i>global</i>	1.00	200.00	200.00
Herramienta y equipo	<i>global</i>	1.00	450.00	450.00
Total de otros			Q	650.00
Integración de costos de una caseta de bombeo para el pozo mecánico				
Descripción				Total
Preliminares			Q	175.00
Materiales			Q	6,975.00
Mano de obra			Q	6,868.00
Otros			Q	650.00
Prestaciones laborales			Q	1,579.64
Total			Q	16,247.64

Tabla XVI. Línea de distribución

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
Preliminares				
Topografía	<i>global</i>	1.00	2,100.00	2,100.00
Limpieza y trazo	<i>ml</i>	4,976.18	1.00	4,976.18
Bodega	<i>global</i>	1.00	500.00	500.00
<i>Total de preliminares</i>			Q	7,576.18
Materiales				
Tubería pvc Ø 2 1/2" 160 psi	<i>u</i>	293.00	102.92	30,155.56
Tubería pvc Ø 2" 160 psi	<i>u</i>	508.00	70.22	35,671.76
Tubería pvc Ø1" 160 psi	<i>u</i>	55.00	25.48	1,401.40
Tubería pvc Ø 1/2" 315 psi	<i>u</i>	114.00	15.50	1,767.00
Codo pvc Ø 2 1/2" * 90°	<i>u</i>	1.00	26.78	26.78
Tee 2 1/2" PVC	<i>u</i>	60.00	35.74	2,144.40
Tee 2" PVC	<i>u</i>	80.00	7.83	626.40
Tee 1" PVC	<i>u</i>	10.00	6.70	67.00
Adaptador macho Ø2" PVC	<i>u</i>	4.00	6.50	26.00
Adaptador macho Ø2 1/2" PVC	<i>u</i>	9.00	16.50	148.50
Adaptador macho Ø1" PVC	<i>u</i>	2.00	3.25	6.50
Reducidor de Ø2 1/2" x 2" PVC	<i>u</i>	4.00	9.43	37.72
Reducidor de Ø2 1/2" x 1/2" PVC	<i>u</i>	85.00	9.25	786.25
Reducidor de Ø2" x 1" PVC	<i>u</i>	2.00	5.85	11.70
Reducidor de Ø2" x 1/2" PVC	<i>u</i>	80.00	5.85	468.00
Reducidor de Ø1" x 1/2" PVC	<i>u</i>	10.00	3.47	34.70
Válvula de compuerta de Ø 2 1/2" HG	<i>u</i>	4.00	150.00	600.00
Válvula de compuerta de Ø 2" HG	<i>u</i>	2.00	120.00	240.00
Válvula de compuerta de Ø 1" HG	<i>u</i>	1.00	46.75	46.75
Válvula de flote de Ø2 1/2" HG	<i>u</i>	1.00	400.00	400.00
Tapón hembra de Ø2" PVC	<i>u</i>	3.00	3.47	10.41
Tapón hembra de Ø1" PVC	<i>u</i>	2.00	2.92	5.84
Codo de Ø2"x 90° PVC	<i>u</i>	1.00	11.25	11.25
Codo de Ø2" x 45° PVC	<i>u</i>	19.00	13.50	256.50
Codo de Ø2 1/2" x 90° PVC	<i>u</i>	1.00	38.25	38.25
Codo 2 1/2" x 45° PVC	<i>u</i>	4.00	36.11	144.44
Codo 1" x 90° PVC	<i>u</i>	1.00	3.98	3.98
Yee 2" PVC	<i>u</i>	2.00	14.50	29.00
Pegamento para PVC	<i>galón</i>	3.00	400.00	1,200.00
Teflón 3/4"	<i>rollo</i>	10.00	3.00	30.00
Cemento	<i>saco</i>	11.00	36.00	396.00
Arena	<i>m³</i>	1.00	85.00	85.00
Piedrín	<i>m³</i>	0.75	140.00	105.00

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
Ladrillo tayuyo	<i>u</i>	500.00	1.00	500.00
Hierro número 3	<i>qq</i>	1.50	130.00	195.00
Hierro número 2	<i>qq</i>	0.75	130.00	97.50
Alambre de amarre	<i>lbs.</i>	12.00	3.00	36.00
Madera	<i>pié-tabla</i>	150.00	3.50	525.00
Clavo	<i>lbs.</i>	8.00	3.00	24.00
Total de materiales			Q	78,359.59
Mano de obra				
Excavación de la zanja	<i>ml</i>	4,976.18	7.50	37,321.35
Relleno y compactación	<i>ml</i>	4,976.18	4.50	22,392.81
Instalación de la tubería de 2 1/2"	<i>ml</i>	1,702.01	3.00	5,106.03
Instalación de la tubería de 2"	<i>ml</i>	2953.91	2.50	7,384.78
Instalación de la tubería de 1"	<i>ml</i>	320.26	2.25	720.59
Instalación de las conexiones domiciliarias	<i>ml</i>	684.00	25.00	17,100.00
Construcción de cajas para válvulas	<i>u</i>	7.00	150.00	1,050.00
Construcción de caja rompe-presión	<i>u</i>	1.00	550.00	550.00
Maestro de obra (fontanero)	<i>día</i>	45.00	80.00	3,600.00
Albañil(1)	<i>día</i>	45.00	50.00	2,250.00
Ayudantes(6)	<i>día</i>	270.00	35.00	9,450.00
Total de mano de obra			Q	106,925.55
Otros				
Transporte de materiales	<i>global</i>	1.00	1,000.00	1,000.00
Herramienta y equipo	<i>global</i>	1.00	750.00	750.00
Limpieza final	<i>global</i>	1.00	1,800.00	1,800.00
Total de otros			Q	3,550.00
Integración de costos de línea de distribución				
Descripción				Total
Preliminares			Q	7,576.18
Materiales			Q	78,359.59
Mano de obra			Q	106,925.55
Otros			Q	3,550.00
Prestaciones laborales			Q	33,146.92
Total			Q	229,558.24

Tabla XVII. Integración de costos totales

DESCRIPCIÓN	TOTAL
PAQUETE DE PERFORACIÓN DEL POZO MECÁNICO CON UN DIÁMETRO DE 12" PROFUNDIDAD DE 500 PIES	Q 209,000.00
TANQUE ELEVADO METÁLICO DE 40 mts. ³ CON TORRE DE 13 METROS.	Q 100,254.00
SISTEMA DE BOMBEO CON PRODUCCIÓN DE 180 GALONES POR MINUTO CON CDT = 400'	Q 67,500.00
CASETA DE BOMBEO	Q 16,247.64
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 4,976.18 ML	Q 229,558.24
SUB-TOTAL	Q 622,559.88
IMPREVISTOS	Q 62,255.99
SUB-TOTAL	Q 684,815.87
SUPERVISIÓN	Q 62,255.99
GRAN TOTAL	Q 747,071.86

Costo del proyecto	Q 747,071.86
Costo del proyecto	\$ 93853.25

Tipo de cambio \$1 = Q 7.96 al 25 de septiembre de 2003.

El costo del proyecto asciende a la cantidad de: setecientos cuarenta y siete mil ochenta y nueve quetzales con 86/100.

Financiamiento

Este proyecto será financiado en su totalidad por la Administración Municipal:

TOTAL	Q	747,089.86
-------	---	------------

Tiempo de ejecución

El tiempo de ejecución será de 150 días hábiles.

Período de ejecución

El período de ejecución comprende de marzo a agosto de 2,003.

Tipo de ejecución

Por inversión de la administración municipal.

Observaciones

El aporte de los vecinos será la adquisición legal del predio donde se perforará el pozo mecánico y se ubicará el tanque elevado de distribución con su caseta de bombeo.

Mano de obra no calificada.

Se debe mencionar que la municipalidad costeará los gastos de electricidad en un 85% del consumo mensual, con lo cual beneficia económicamente a los habitantes de la comunidad Las Maravillas.

CONCLUSIONES

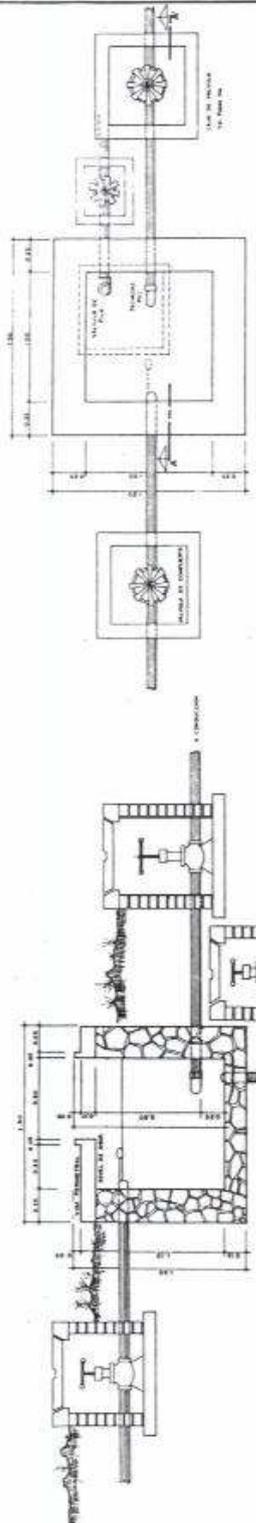
1. Un sistema de distribución de agua potable eficiente en áreas rurales permite que haya un incremento en el desarrollo social y económico, el cual también mejora la salud y el nivel de vida de los habitantes.
2. Es importante que la Facultad de Ingeniería continúe participando en las soluciones de proyectos conjuntamente con las autoridades municipales, de las diferentes partes del país, ya que los estudios muchas veces no están al alcance económico de las comunidades. De esta forma la Facultad de Ingeniería se proyecta en estudios útiles y factibles para nuestras comunidades rurales.
3. Para la elaboración de este trabajo se hicieron investigaciones de campo, y con los métodos utilizados en gabinete para el cálculo del proyecto, se presentó el más factible, ya que existen varios criterios y parámetros que determinan el diseño de los diferentes componentes del sistema. Es difícil decir en forma general que materiales han de usarse en los diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua potable, por tanto se recomienda tomar en cuenta todos los factores para obtener resultados satisfactorios para la población y el servicio que este proyecto presta para crear un acceso económico-social a la comunidad Las Maravillas..
4. El desarrollo de estos proyectos permite la aplicación de varios de los conocimientos elementales de la Ingeniería Civil, especialmente los relacionados con ingeniería sanitaria, topografía, costo y calidad de materiales.

RECOMENDACIONES

1. La municipalidad de Fraijanes, conjuntamente con los vecinos de los sectores beneficiados, deben implementar un plan educativo continuo para el mantenimiento del tanque de distribución, equipo de bombeo, y línea de distribución para mejorar el tiempo de vida de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable, así como de los servicios básicos existentes y los que posteriormente se construyan.
2. La Universidad de San Carlos de Guatemala debe seguir con la promoción e impulso del programa de Ejercicio Profesional Supervisado, ya que constituye el complemento práctico a la formación académica de los nuevos profesionales, además de ser una gran proyección en beneficio social a las comunidades rurales del país.
3. Efectuar análisis químico y bacteriológico, para comprobar la calidad del agua de la fuente de abastecimiento cuando entre en funcionamiento y un programa de control de calidad del agua en años posteriores.
4. Supervisar técnicamente la construcción del sistema y dejar contadores de agua para medir el consumo de cada una de las conexiones domiciliarias en servicio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Azevedo Neto, J. M. **Manual de hidráulica**. (Sexta edición. México Editorial Harla, S.A. de C.V. 1975) pp. 140-162.
2. Beer, Ferdinand & Johnston Russell, Jr. **Mecánica de materiales**. (Editorial McGraw-Hill. Segunda Edición. Colombia 1995) pp.35-152.
3. Brinker, Russell C. Wolf, Paul R. **Topografía moderna**, (Editorial México: Harla 1982) pp.90-200 pp.
4. Crespo, Carlos Villalaz. **Mecánica de suelos y cimentaciones**. (Editorial Limusa. Cuarta Edición. México 1996) pp.20-110.
5. Giles, Ronald. **Mecánica de fluidos e hidráulica**. (Editorial McGraw-Hill. Serie Schaum. Segunda edición. México 1990) pp. 127-181.
6. Mayorga Rouge, Roberto. Diseño de abastecimientos rurales de agua potable. Tesis Ingeniero Civil, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 22 pp.
7. Montenegro Paíz, José Gabriel. Análisis y Diseño de Tanques Elevados. Tesis Ingeniero Civil, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 60 pp.
8. Simmons, Charles S. **Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala**. (Guatemala: Editorial José de Pineda Ibarra, 1959) pp. 7-20.
9. Unidad ejecutora de proyectos de acueductos rurales. **Normas de diseño**. Departamento de Estudio y Diseño, Guatemala, 1988. pp. 35-55.



PLANTA
ESC. 1/5

SECCIÓN A-A
ESC. 1/5
CAJA ROMPE-PRESIÓN

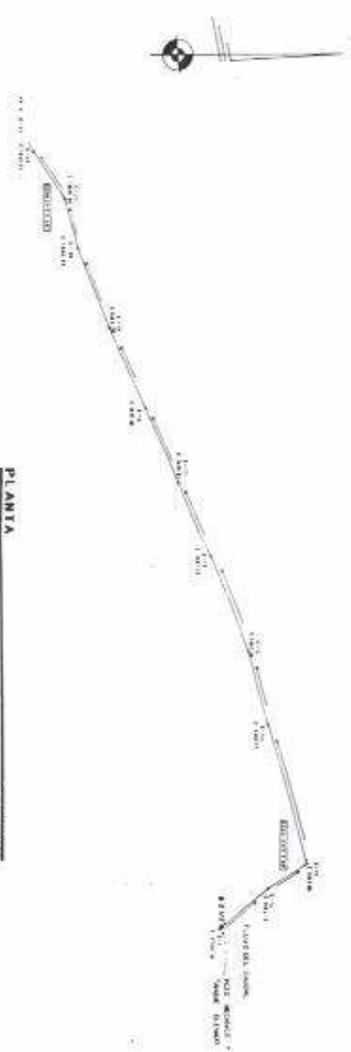


PLANTA
DETALLE DE LA TAPADERA
ESC. 1/5



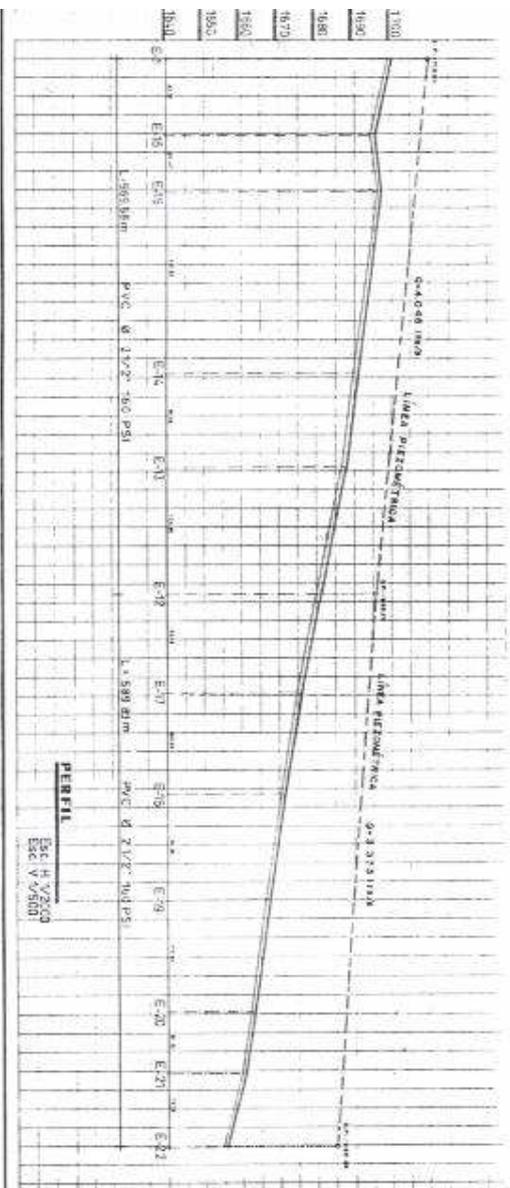
SECCIÓN B-B
ESC. 1/5

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA MARCANIDAD DE TALLAJES	INGENIERIA Y TALLAJES TALLAJES DE INGENIERIA
	PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE TALLAJES PARA LA FABRICACION DE TALLAJES DE INGENIERIA PARA EL AREA DE TALLAJES DE INGENIERIA	TALLAJES DE INGENIERIA TALLAJES DE INGENIERIA
DETALLES		TALLAJES DE INGENIERIA TALLAJES DE INGENIERIA
TALLAJES DE INGENIERIA TALLAJES DE INGENIERIA		TALLAJES DE INGENIERIA TALLAJES DE INGENIERIA



PLANIA

Esc. 1/1500



PERFIL

Esc. 1/5000

 <p>DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS AND HIGHWAYS PHILIPPINES</p>	
<p>OFFICE OF THE CHIEF ENGINEER DIVISION OF HIGHWAYS MANILA</p>	
<p>EPS</p>	
<p>PROJECT: PLANIA - PERFIL</p>	
<p>DATE: 1/15/2020</p>	
<p>SCALE: 1/5000</p>	
<p>DESIGNED BY: [Signature]</p>	
<p>CHECKED BY: [Signature]</p>	
<p>APPROVED BY: [Signature]</p>	

