

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

“Evaluación y mejoramiento del sistema de conducción y tanques de distribución del abastecimiento de agua potable de la Cabecera Municipal de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa”

**Trabajo de investigación presentado
por Glen Chrystiann Valladares Berry
para optar al grado de Licenciado en Ingeniería Civil**

**Guatemala
2006**

“Evaluación y mejoramiento del sistema de conducción y tanques de distribución del abastecimiento de agua potable de la Cabecera Municipal de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

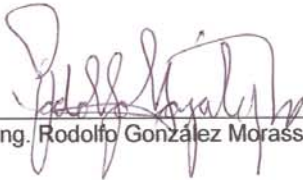
Facultad de Ingeniería

“Evaluación y mejoramiento del sistema de conducción y tanques de distribución del abastecimiento de agua potable de la Cabecera Municipal de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa”

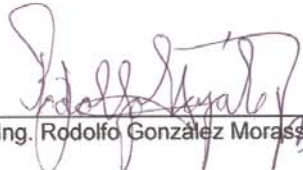
**Trabajo de investigación presentado
por Glen Chrystiann Valladares Berry
para optar al grado de Licenciado en Ingeniería Civil**

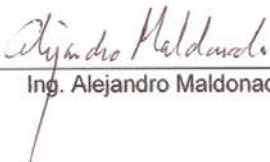
**Guatemala
2006**

Vo.Bo.:

(f) 
Ing. Rodolfo González Morasso

Tribunal

(f) 
Ing. Rodolfo González Morasso

(f) 
Ing. Alejandro Maldonado

(f) 
Ing. Julio Morataya

Fecha de aprobación: 5 de diciembre de 2006

PREFACIO

Como parte del desarrollo profesional se realizó el trabajo de investigación: Evaluación y mejoramiento del sistema de conducción y tanques de distribución del abastecimiento de agua potable de la Cabecera Municipal de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa con la inquietud de realizar un aporte que ayude a solucionar los problemas de la comunidad.

Me permito expresar mi agradecimiento a todas las personas que apoyaron la realización de este trabajo, en especial:

A Dios

A mi Papá

A mi familia

A mis amigos

A la Universidad del Valle de Guatemala

Al Ingeniero Rodolfo González Morasso por su asesoría

Al Sr. Pablo Nelson Dávila, alcalde de Guayacán, Santa Rosa

Al Dr. Yuri Contreras, Director del centro de Salud de Guazacapán, por su valiosa colaboración.

Al Sr. Roberto Vásquez, fontanero de Guazacapán, por su información y apoyo en el trabajo de campo.

RESUMEN

Este trabajo consistió en evaluar las condiciones actuales del sistema de la línea de conducción de abastecimiento de agua, al igual que determinar el estado de los tanques de distribución en la cabecera municipal de Guazacapán, Santa Rosa.

Dicho estudio se realizó con el objetivo de darle una solución al problema sobre la distribución de agua, estableciéndose los datos necesarios para realizar las conclusiones y recomendaciones que este documento tiene, para mejorar y optimizar la línea de conducción de agua y tanques de distribución.

Descubriendo los posibles problemas actuales, que podrían ser mejorados a corto y mediano plazo, así también como una proyección hacia el futuro, para mantener el caudal de agua, como la recomendación de mejorar el sistema actual, dándole la oportunidad a la misma comunidad para que tenga una conciencia de mantener el medio ambiente en la región

Índice

	pag.
Prefacio	vi
Resumen	vii
Lista de Tablas	xi
Lista de Ilustraciones	xv
I. Introducción	1
II. Descripción de la población y situación actual del sistema de abastecimiento de agua	2
A. Descripción de la población	2
1. Ubicación	2
2. Organización Administrativa	2
3. Clima	4
4. Actividades económicas	4
5. Servicios públicos existentes	5
B. Formas en que se abastece de agua la población	6
C. El actual sistema de abastecimiento de agua	6
D. Historia del sistema actual de abastecimiento	8
E. Administración, operación y mantenimiento del servicio	8
F. Calidad de agua	9
G. Condiciones sanitarias de la población	9

H.	Incidencia de enfermedades gastro-intestinales relacionadas con el agua	11
III.	Población y demanda de agua	12
A.	Generalidades	12
B.	Estimación de la población	12
C.	Población con servicio y sin servicio en la actualidad	14
D.	Estimación de la demanda actual y futura	15
IV.	Sistema de conducción	18
A.	Descripción general del sistema de conducción	18
B.	Descripción de la línea de conducción manantial las Nubes	20
1.	Análisis hidráulico de la línea de conducción Las Nubes	24
2.	Estado físico de la línea de conducción manantial Las Nubes	42
C.	Descripción de la línea de conducción manantial Vuelta Grande	43
1.	Análisis hidráulico de la línea de conducción Vuelta Grande	47
2.	Estado físico de la línea de conducción manantial Vuelta Grande	56
D.	Descripción de la línea de conducción manantial Santa Rita	57
1.	Análisis hidráulico de la línea de conducción Santa Rita	61
2.	Estado físico de la línea de conducción manantial Rita	64
E.	Descripción de la línea de conducción manantial El Carmen	65
1.	Análisis hidráulico de la línea de conducción El Carmen	69
2.	Estado físico de la línea de conducción manantial El Carmen	72

F.	Descripción de la línea de conducción manantial El Belén	72	
	1.	Análisis hidráulico de la línea de conducción El Belén	76
	2.	Estado físico de la línea de conducción manantial El Belén	85
G.	Descripción de la línea de conducción Rió Uzarín	86	
	1.	Análisis hidráulico de la línea de conducción Rió Uzarín	92
	2.	Estado físico de la línea de conducción Río Uzarín	98
H.	Comparación entre la capacidad de conducción de las líneas y la demanda	98	
V.	Tanques de distribución	100	
	A.	Descripción general del sistema de distribución	100
	B.	Descripción del tanque de distribución No.1	101
	C.	Descripción del tanque de distribución No.2	103
	D.	Descripción den tanque de distribución No. 3	104
VI.	Condiciones que debe cumplir un tanque de distribución	106	
VII.	Evaluación del volumen de almacenamiento de los tanques de distribución según la demanda	108	
	A.	Generalidades	108
	B.	Tanques No. 1 y Tanque No. 2	108
	C.	Tanque No. 3	112
VIII.	Análisis de la situación actual de las líneas de conducción y de los tanques	116	

IX.	Conclusiones y recomendaciones	117
X.	Bibliografía	119

Lista de tablas

Tabla	página
2.1 Análisis bacteriológico	9
2.2 Diez primeras causas de morbilidad general de las enfermedades transmisibles	10
2.3 Diez primeras causas de morbilidad general de las enfermedades no transmisibles	10
2.4 Diez primeras causas de mortalidad general	11
3.1 Estimación de la población	13
4.1 Datos diseño manantial Las Nubes	20
4.2 Diámetro de las tuberías y sus longitudes	21
4.3 Diámetro de las tuberías y sus longitudes	26
4.4 Cálculo factor de fricción	28
4.5 Cálculo factor de fricción	29
4.6 Cálculo factor de fricción	30

4.7 Cálculo factor de fricción	31
4.8 Cálculo factor de fricción	32
4.9 Cálculo factor de fricción	34
4.10 Cálculo factor de fricción	35
4.11 Resultado de las iteraciones para el cálculo de la cabeza total y la corrección para h_{f1k} .	37
4.12 Resultado de las iteraciones para comprobación de diseño del sistema de tuberías manantial “Las Nubes”	41
4.13 Datos de diseño manantial Vuelta Grande	44
4.14 Diámetro de las tuberías y sus longitudes	44
4.15 Diámetro de las tuberías y sus longitudes	49
4.16 Cálculo factor de fricción	50
4.17 Calculo factor de fricción	52
4.18 Resultado de las iteraciones para el cálculo de la cabeza total y la corrección para h_{f1k} .	54
4.19 Resultado de las iteraciones para comprobación de diseño del sistema de tuberías manantial “Vuelta Grande”	55
4.20 Datos de diseño manantial Santa Rita	57

4.21 Diámetro de la tubería y su longitud	58
4.22 Diámetro de la tubería y su longitud	62
4.23 Resultado de las iteraciones para comprobación de diseño del sistema de tuberías manantial “Santa Rita”	63
4.24 Datos diseño manantial El Carmen	66
4.25 Diámetro de la tubería y su longitud	66
4.26 Diámetro de la tubería y su longitud	70
4.27 Resultado de las iteraciones para comprobación de diseño del sistema de tuberías manantial “El Carmen	71
4.28 Datos de diseño manantial El Belén	72
4.29 Diámetro de las tuberías y sus longitudes	73
4.30 Diámetro de la tuberías y sus longitudes	78
4.31 Cálculo factor de fricción	79
4.32 Cálculo factor de fricción	81
4.33 Resultado de las iteraciones para el cálculo de la cabeza total y la corrección para h_{f1k} .	83
4.34 Resultado de las iteraciones para comprobación de diseño del sistema de tuberías manantial El Belén	84

4.35 Diámetro de las tuberías y sus longitudes captación 1 hacia el Tanque No.1	87
4.36 Diámetro de las tuberías y sus longitudes captación 2 hacia el Tanque No. 2	87
4.37 Diámetro de las tuberías y sus longitudes captación 1 hacia el Tanque No.1	93
4.38 Resultado de las iteraciones para comprobación de diseño del sistema de tuberías manantial “Río Uzarín	94
4.39 Resultado de las iteraciones para comprobación de diseño del sistema de tuberías manantial “Río Uzarín ”	97
5.1 Caudal de las fuentes de abastecimiento	101

Lista de Ilustraciones	pag.
2. 1 Mapa base del Municipio de Guazacapán	3
2.2 Esquema general del sistema	7
3.1 Estimación de la población	14
4.1 Esquema general de las líneas de conducción	19
4.2 Planta manantial Las Nubes	22
4.3 Perfil manantial Las Nubes	23
4.4 Manantial Las Nubes, línea de conducción expuesta	42
4.5 Manantial Las Nubes, caja sin mantenimiento	43
4.6 Planta manantial Vuelta Grande	45
4.7 Perfil manantial Vuelta Grande	46
4.8 Manantial Vuelta Grande, tubería con fuga y expuesta	56
4.9 Planta manantial Santa Rita	59
4.10 Perfil manantial Santa Rita	60

4.11 Manantial Santa Rita, losa dañada	64
4.12 Manantial Santa Rita, tapadera en mal estado	65
4.13 Planta manantial El Carmen	67
4.14 Perfil manantial El Carmen	68
4.15 Planta manantial El Belén	74
4.16 Perfil manantial El Belén	75
4.17 Manantial El Belén, cable tensor sujeto a piedra	85
4.18 Manantial Belén, línea de conducción	86
4.19 Planta Río Uzarín Toma 1	88
4.20 Perfil Río Uzarín Toma 1	89
4.21 Planta Río Uzarín Toma 2	90
4.22 Perfil Río Uzarín Toma 2	91
5.1 Línea de conducción al tanque de distribución No. 1	102
5.2 Losa de tanque de distribución No. 1	103
5.3 Tanque de distribución No. 3	105
5.4 Losa sin mantenimiento del tanque de distribución No. 3	106

I. Introducción

La ubicación geográfica de Guatemala la hace especial, se caracteriza por ser una potencia en recursos naturales, sus fuentes de agua se mantienen en casi todos los períodos del año. Estas cualidades geográficas no eximen al departamento de Santa Rosa.

Santa Rosa con sus montañas y ríos hacen del lugar un sitio adecuado para que florezca el desarrollo de la población en todos los campos de progreso del departamento.

El municipio de Guazacapán cuenta actualmente con un sistema de conducción y almacenamiento de agua que data de años anteriores, la cual permite hasta el momento subsanar las necesidades de consumo de agua de la población.

Este estudio trata de colaborar y demostrar con su investigación que actualmente este sistema se encuentra en sus máximos límites de capacidad a los que fueron diseñados originalmente pues algunos afluentes, tuberías y depósitos llegaron a su tiempo óptimo de vida, por tal razón es necesario reconstruir este sistema y crear nuevos depósitos de agua para que este sistema siga funcionando y a su vez proyectarlo hacia el futuro donde nuevas generaciones puedan aprovechar este vital líquido para subsistir.

Con esta investigación se llevó a cabo un trabajo de campo, y así con la información obtenida por parte de los habitantes del lugar y la observación del investigador en el área, se obtuvieron los siguientes datos:

- ¿Cuántos afluentes alimentan el sistema?
- ¿Con qué caudal cuenta el sistema?

El estado físico del sistema y una proyección de la cantidad de agua y del sistema para el año 2026

De esta forma se trata de colaborar en el desarrollo del Municipio y la optimización de los recursos existentes.

II. Descripción de la población y situación actual del sistema de abastecimiento de agua¹

A. Descripción de la población

1. Ubicación. Guazacapán forma parte de los municipios que conforman el departamento de Santa Rosa, departamento localizado en la Región IV o Región Sur-Oriente de Guatemala. El área del municipio es de 172 km². Se ubica a 261.33 metros sobre el nivel del mar. Se localiza en las coordenadas 14° 04'18" de latitud norte y 90°25'07" de longitud oeste. Al norte colinda con Pueblo Viñas (Santa Rosa), al este con Chiquimulilla (Santa Rosa), al oeste con Taxisco (Santa Rosa) y al sur con el Océano Pacífico. (IGN, 1981)

Se encuentra a una distancia de 55 kilómetros de la cabecera departamental de Escuintla, a 5 kilómetros de la cabecera municipal de Taxisco, las cuales fueron tomadas a partir de la carretera internacional del pacífico CA-2. Las aldeas, caseríos y fincas de Guazacapán se conectan con la cabecera por medio de caminos de terracería. (IGN, 1981)

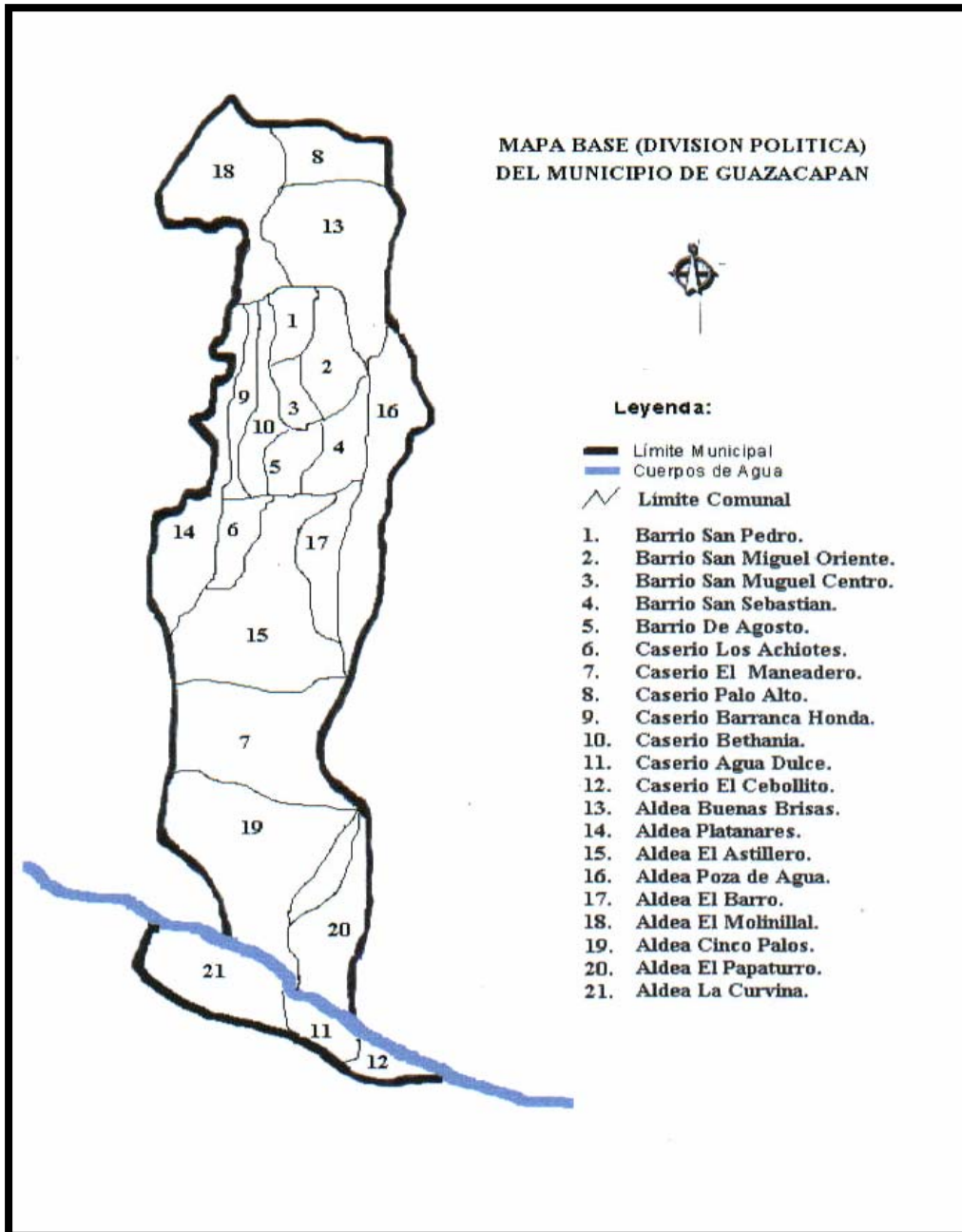
2. Organización Administrativa. El municipio de Guazacapán se divide política y administrativamente en:

- Una cabecera municipal denominada Guazacapán, cuya categoría es de tercera debido a la cantidad de población.
- 5 barrios que son San Miguel Centro, San Miguel Oriente, San Pedro, San Sebastián y De Agosto;

¹ Este capítulo y el siguiente fueron elaborados en conjunto con el trabajo de graduación titulado Evaluación y mejoramiento del sistema de captación del sistema de abastecimiento de agua potable de la cabecera municipal de Guazacapán, Santa Rosa por ser información importante y común a ambos trabajos.

- 1 Colonia, 9 aldeas, 7 caseríos, 2 haciendas y 84 fincas. (Ver figura 2.1)

2.1 Mapa base del Municipio de Guazacapán



3. Clima. Guazacapán posee un clima cálido tropical debido a su ubicación. La temperatura oscila entre 28.5° C y 31° C la máxima y 17° C y 19° C mínima. La temperatura promedio anual es de 23.5° C. El viento en esta región costera, sopla a una variación de 12 Km./h a 22.5 Km./h, teniendo un promedio de velocidad de 17.4 Km./h.

El período de lluvias lo comprenden los meses de mayo a octubre, con un promedio anual de 1450 mm.

4. Actividades económicas. Las actividades económicas más sobresalientes las constituyen la ganadería y la agricultura; no obstante y en un menor grado, también las industrias tradicionales forman parte de esta actividad. La ganadería bovina es el rubro más importante y desarrollado del lugar, siendo la leche y la carne una producción a gran escala. En un menor grado la ganadería equina, porcina, avícola y pesquera conforman este rubro.

La producción agrícola es muy variada y abundante. Siendo los productos más obtenidos de esta actividad: el café, maíz, arroz, maicillo, ajonjolí, frijol, sorgo, plátano y la caña de azúcar. Así mismo se suma la producción de frutas tropicales.

En lo referente a la industria cabe mencionar la alfarería y la jarcia, así como la ebanistería y carpintería en general.

Por último, otra industria muy desarrollada la conforma la panificadora, que sumados a los establecimientos comerciales y de servicios, satisfacen las necesidades básicas de consumo.

5. Servicios públicos existentes

- Servicio público de agua.
- Sistema de drenajes para la conducción de aguas servidas hacia el río Uzarín y San Francisco. El agua pluvial es descargada hacia esos mismos ríos por medio de drenajes superficiales.
- Un cementerio localizado a 1 kilómetro de la municipalidad.
- Servicio de policía municipal
- Servicio público de energía eléctrica a cargo del Instituto Nacional de Electrificación (INDE).
- Centro de Salud tipo "B" y dos Puestos de Salud.
- Servicio de Seguro Social proporcionado por el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).
- Servicio municipal de correos y telégrafos.
- Servicio de telefonía domiciliar suministrado por Telecomunicaciones de Guatemala (TELGUA).
- Un juzgado de paz
- Una subestación de la Policía Nacional.
- 12 escuelas mixtas oficiales de las cuales 2 son urbanas.

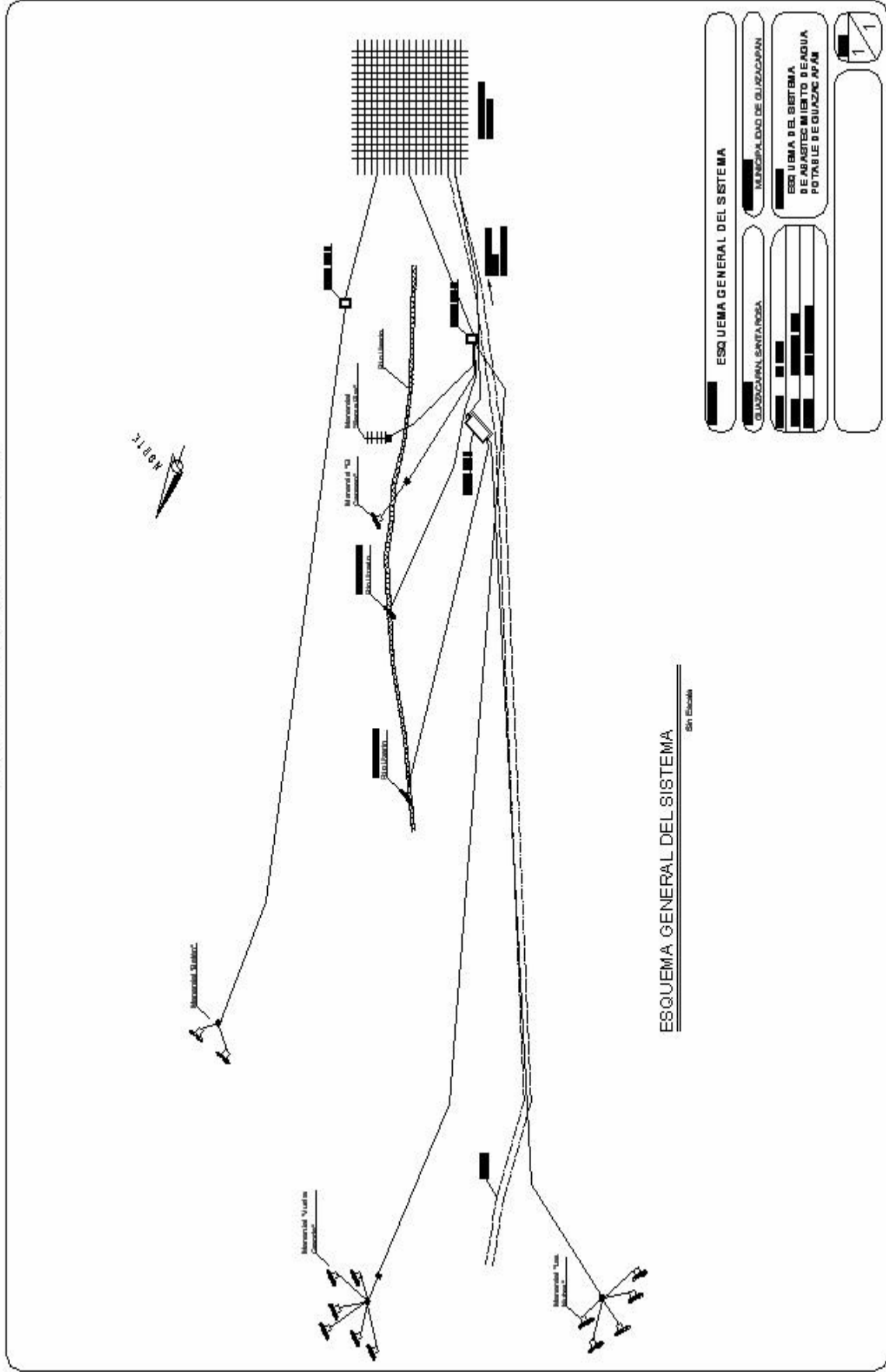
B. Formas en que se abastece de agua la población

El servicio de agua para consumo humano en el municipio de Guazacapán es abastecido por manantiales, ríos y pozos. Existe sistema de abastecimiento para el área urbana conformado por 5 manantiales y 1 río. También hay sistema de distribución para el área rural el cual está formado por 6 manantiales. Otra parte de la población es abastecida por medio de 17 pozos. El agua es distribuida por medio de conexiones intradomiciliarias y 3 chorros públicos que cubren, tanto el área urbana como rural.

C. El actual sistema de abastecimiento de agua

Actualmente la cabecera municipal de Guazacapán posee un sistema de abastecimiento que funciona en su totalidad por gravedad. El mismo se abastece por medio de los manantiales: Las nubes, Vuelta Grande, El Carmen, Santa Rita y Belén; y el Río Uzarín. El agua es almacenada en 3 tanques. En el tanque 1, localizado en el Barrio San Pedro, abastecido por el manantial Las Nubes y parte es captada por el Río Uzarín. En el tanque 2, también localizado en el mismo barrio, se almacena agua de los manantiales Vuelta Grande, Santa Rita y El Carmen, además otra parte captada del Río Uzarín. El Tanque 3, ubicado en la aldea Buenas Brisas, es abastecido por el manantial Belén. De estos tanques sólo el 1 y 2 cuentan con un sistema de cloración. En la página siete se puede apreciar un esquema general del sistema.

2.2 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA



ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA

Sin Escala

ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA

MUNICIPALIDAD DE GUAYAQUIL

ESQUEMA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE GUAYAQUIL

1 1

D. Historia del sistema actual de abastecimiento

El Instituto de Fomento Municipal (INFOM) en el año de 1970 realizó un primer proyecto de introducción de agua potable a la población de Guazacapán. El mismo era abastecido por medio de los manantiales Santa Rita y El Carmen. Posteriormente en el año 1982 el INFOM realizó un mejoramiento del sistema, que consistió en rediseñar las captaciones en los manantiales Santa Rita y El Carmen y la adición de una captación en el manantial Las Nubes. También se efectuó la construcción de los Tanques 1 y 2. Este proyecto fue efectuado con un período de diseño de 20 años. La población a servir al final del período de diseño era de 5770 personas.

En el año 1998, la municipalidad de Guazacapán introdujo la captación al Río Uzarín, como parte del sistema urbano de abastecimiento de agua. Este proyecto estuvo a cargo del fontanero municipal.

Debido a la necesidad de agua que ha tenido Guazacapán, se introdujo en el año 2000 la captación al manantial Vuelta Grande y en el año 2003 al manantial Belén. La construcción de ambos proyectos estuvo a cargo del fontanero municipal de Guazacapán. Conjuntamente con la construcción de la captación en el manantial Belén se construyó el Tanque 3 del sistema.

E. Administración, operación y mantenimiento del servicio

El sistema de abastecimiento de Guazacapán es administrado actualmente por la municipalidad de Guazacapán, y no existe un comité específico que coordine las actividades relacionadas con el mismo, sino la municipalidad lo hace directamente. Entre el personal con que se cuenta están un fontanero y 2 ayudantes, quienes se encargan de darle mantenimiento y atender cualquier incidencia técnica que surja en el sistema.

La tarifa del servicio que se presta a los usuarios del sistema es de Q.5.00 por media paja de agua al mes. La instalación del mismo tiene un precio de Q.500.00 al contado. Así mismo estas tarifas son pagadas directamente por parte de los usuarios al Oficial 1 de Tesorería de la municipalidad.

F. Calidad de agua

En lo que respecta a la calidad del agua del sistema de abastecimiento se debe mencionar que solamente se efectúan análisis bacteriológicos. Estos análisis son efectuados por parte del Centro de Salud del municipio de Guazacapán. Los análisis realizados son de muestras tomadas en algunas conexiones domiciliarias y en los tanques del sistema de distribución. Se efectuaron dos análisis, siendo el más reciente el efectuado el día 16 de noviembre de 2006. Los resultados de dicho análisis se detallan a continuación:

Tabla 2.1 Análisis bacteriológico

Lugar donde se tomó la muestra	Resultado
Tanque 1	8 Colonias de Coliformes Fecales
Tanque 2	0 Colonias de Coliformes Fecales
Tanque 3	Innumerables Colonias de Coliformes Fecales

G. Condiciones sanitarias de la población

Para el estudio de las condiciones sanitarias de la población de Guazacapán se acudió al Centro de Salud, quienes detallaron la siguiente información en lo que se refiere a morbilidad y mortalidad acontecida en el municipio en el año 2005.

Tabla 2.2 Diez primeras causas de morbilidad general de las enfermedades transmisibles

No.	Diez primeras causas de morbilidad general de las enfermedades transmisibles	Total de personas
1	Amigdalitis	2071
2	Resfriado común	1934
3	Amebiasis	607
4	Micosis	554
5	Parasitosis intestinal	550
6	Infección del tracto urinario	479
7	Impétigo	382
8	Bronquitis	291
9	Otitis	202
10	Conjuntivitis	174
	RESTO DE CAUSAS	472
	TOTAL DE CAUSAS	7683

Tabla 2.3 Diez primeras causas de morbilidad general de las enfermedades no transmisibles

No.	Diez primeras causas de morbilidad general de las enfermedades no transmisibles	Total de personas
1	Gastritis	559
2	Cefalea	248
3	Dermatitis	181
4	Artritis	168
5	Trastornos inflamatorio no infecciosos de la vagina	161
6	Lumbago	130
7	Neuralgia/Neuritis	93
8	Desnutrición proteico calórico	78
9	Alergia no especificada	72
10	Traumatismo no especificado	25
	RESTO DE CAUSAS	2711
	TOTAL DE CAUSAS	4426

Tabla 2.4 Diez primeras causas de mortalidad general

No.	Diez primeras causas de mortalidad general	Total de personas
1	Accidente cerebro vascular	7
2	Insuficiencia cardiaca	6
3	Desnutrición proteico calórico	5
4	Diabetes Mellitus	4
5	Senilidad	4
6	Paro cardiaco	4
7	Infarto agudo al miocardio	3
8	Diarrea	3
9	Bronconeumonía	2
10	Síndrome convulsivo	2
	RESTO DE CAUSAS	24
	TOTAL DE CAUSAS	64

H. Incidencia de enfermedades gastro-intestinales relacionadas con el agua

Entre las enfermedades gastro-intestinales más comunes que pueden ser transmitidas por el agua y que afectan a Guazacapán se encuentran la amebiasis con 607 casos y la parasitosis intestinal con 550 casos. Sin embargo, hay que mencionar que no necesariamente todos los casos deben atribuirse al abastecimiento de agua público pues en algunos casos, por ser infecciosos, las moscas o los portadores humanos pueden contaminar la comida o la bebida.

Se observa en la tabla 2.4 que 3 personas murieron por diarrea, la cual podría ser una causa atribuida a una enfermedad gastro-intestinal relacionada con el agua.

III. Población y demanda de agua

A. Generalidades

El objetivo de este punto es conocer la cantidad de personas que actualmente poseen el servicio de agua potable en Guazacapán, y estimar la demanda actual de agua. Luego hacer estimaciones para un período de estudio de 20 años para establecer la demanda futura.

Por lo mismo, lo primero que se realizará es la estimación de la población futura, para ello se utilizarán dos métodos estadísticos que proporcionen parámetros que sirvan para estimar la cantidad de población

B. Estimación de la población

Para obtener la cantidad de personas que son abastecidas actualmente con el sistema se avocó a dos fuentes de información; la primera fuente de información la constituyó el Instituto Nacional de Estadística (INE) y la segunda el registro de población que mantiene el Centro de Salud de Guazacapán. Respecto a este punto es necesario mencionar que el INE posee un dato de 12245 personas según el censo del año 2002 para todo el municipio de Guazacapán, y que el Centro de Salud en ese mismo año tenía registradas 16195. Como se aprecia, el dato proporcionado por el Centro de Salud sobrepasa al del INE por bastantes personas, por lo que se utilizará el número de población del Centro de Salud para estar en el lado conservador del estudio.

Según el Centro de Salud la población en el año 2005 en todo el municipio de Guazacapán era de 17075 personas. De esta cantidad 11562 personas eran abastecidas por el sistema de agua en estudio. Además se encontró que en el año 2002 el mismo sistema abastecía a 10966 personas. Estos datos se utilizarán para realizar las proyecciones de población.

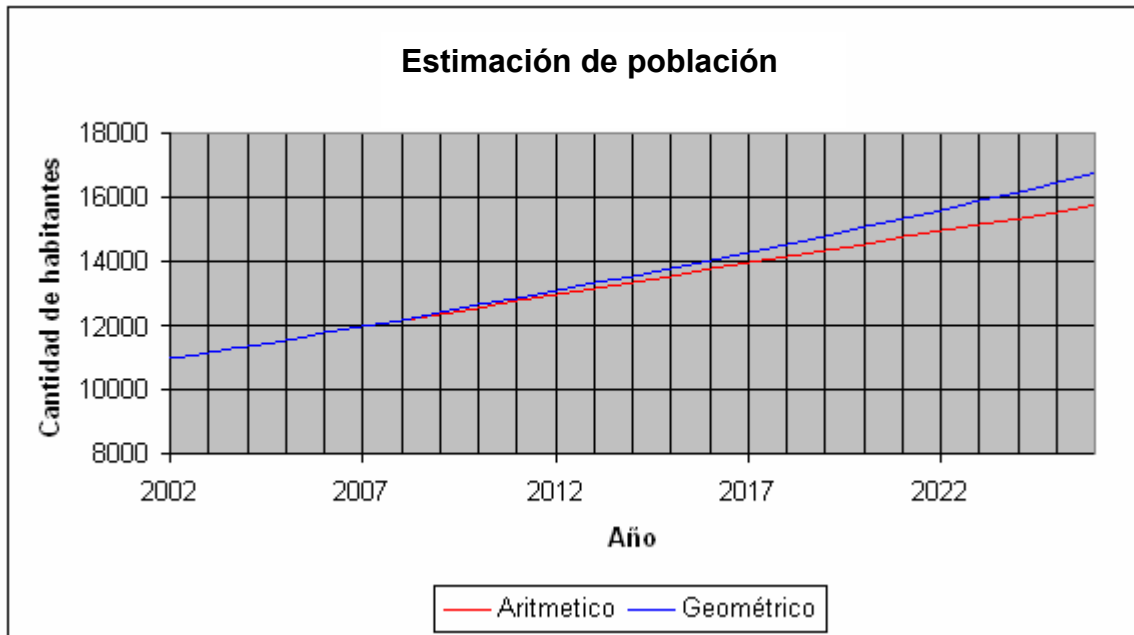
Se utilizarán los métodos geométricos y aritméticos para el cálculo de población futura, por ser estos métodos los más utilizados y sencillos de aplicar, en comparación con los métodos utilizados con otras poblaciones similares, en los cuales es necesario contar con factores como la proximidad geográfica, la similitud en posibilidades económicas, el acceso a sistemas de transporte similares y otros. Además Guazacapán es una comunidad con grandes extensiones de tierra, y el método recomendado en estos casos es el geométrico o el aritmético.

Los valores obtenidos se pueden apreciar en la Tabla 3.1. Como se ve el valor estimado con el método aritmético para el año 2026 es de 15733 personas y con el método geométrico 16745. Se utilizarán los valores obtenidos con el método geométrico por ser los mayores y no representar una diferencia tan grande en comparación con el otro método, y a la vez para ser conservadores en el estudio.

Tabla 3.1 Estimación de la población

Año	Método Aritmético (personas)	Método Geométrico (personas)	Valor utilizado en el estudio (personas)
2006	11761	11768	11,768
2007	11959	11977	11,977
2008	12158	12190	12,190
2009	12356	12407	12,407
2010	12555	12628	12,628
2011	12754	12853	12,853
2012	12952	13081	13,081
2013	13151	13314	13,314
2014	13350	13551	13,551
2015	13548	13792	13,792
2016	13747	14038	14,038
2017	13945	14287	14,287
2018	14144	14542	14,542
2019	14343	14800	14,800
2020	14541	15064	15,064
2021	14740	15332	15,332
2022	14939	15605	15,605
2023	15137	15882	15,882
2024	15336	16165	16,165
2025	15534	16452	16,452
2026	15733	16745	16,745

3.1 Estimación de la población



Como se puede apreciar en la figura 3.1 y tabla 3.1, la población estimada que utilizará el sistema de agua en estudio será de 16,745 personas en el año 2026.

C. Población con servicio y sin servicio en la actualidad

Según el Centro de Salud existen 3309 viviendas en todo Guazacapán, de las cuales 2892 poseen un servicio municipal de agua. El resto se abastece por medio de pozos, agua de lluvia y agua captada en los ríos.

El sistema de abastecimiento de la cabecera municipal de Guazacapán abastece a 2283 casas. De las cuales 1456 pertenecen al área urbana y 827 al área rural.

Según la estimación obtenida, en el año 2006 hay 11768 personas que gozan del servicio municipal de agua de la cabecera de Guazacapán.

D. Estimación de la demanda actual y futura

Para calcular la demanda actual de la población, a la que el sistema abastece, se tomarán en cuenta varios factores: una dotación doméstica por habitante, el uso comercial que se da al agua, el uso público y las pérdidas y desperdicios que existen.

Lo primero que se establecerá es la dotación doméstica para el análisis. Como se sabe la dotación doméstica es un parámetro que depende de varios factores entre los que destacan: el clima y los recursos hidrológicos (capacidad de la fuente), el nivel de vida, las características de la población y cualquier cambio que ocurriera si se introdujeran mejoras a los servicios de agua.

Teniendo en cuenta estos factores, varios estudios han sido planteados por diferentes instituciones como la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS) a nivel nacional y AIDIS a nivel interamericano. Según AIDIS para cabeceras departamentales una dotación entre 120 y 150 Lts./hab./día es adecuada para un sistema de abastecimiento y 100 Lts./hab./día para una cabecera municipal. (Arriola, 1988)

Así mismo, la Organización Panamericana de la Salud, en un estudio nacional, efectuó una guía para el diseño de abastecimientos de agua potable en Guatemala; en la misma se recomienda una dotación de 90 a 170 Lts./hab./día cuando se analizan servicios de abastecimiento con conexiones intradomiciliares como en el caso de Guazacapán. (Organización Panamericana de la Salud, 1997)

Por otro lado el INFOM utiliza actualmente un valor de 150 Lts./hab./día como dotación doméstica mínima en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua. Cabe mencionar que en el diseño original de los sistemas actuales de

Guazacapán elaborados por el INFOM, se utilizó una dotación de 175 Lts./hab./día.

Teniendo en cuenta todo lo anterior y que el INFOM es la institución nacional encargada de promover este tipo de proyectos, se tomará este mismo valor de 175 Lts./hab./día para ser conservadores en el análisis.

Para tomar en cuenta el uso comercial del agua, que es el suministro de agua a establecimientos industriales y comerciales tales como fábricas, oficinas y almacenes, se adoptará un 15% del total.

El uso público según varios autores, es el suministro de agua a edificios públicos como escuelas, edificios del gobierno, etc. Además sugieren un uso de 50 a 75 Lts/hab/día. Se tomará 50 litros como un valor que represente lo anterior. (McGhee, 1999)

Por último, las pérdidas y desperdicios, se refieren al agua que no es contabilizada a un usuario específico. En el caso de Guazacapán se debe tomar en cuenta que no existen medidores en las conexiones y que por lo mismo los desperdicios y pérdidas pueden representar un valor elevado. Se adoptará un 20% del total como un parámetro de estudio.

Tomando en cuenta todo lo anterior se tiene que:

Demanda actual total:

- Demanda doméstica = $175 \times 11768 = 23.84$ Lts/seg.
- Consumo comercial e industrial = 15% del Total
- Consumo público = $50 \times 11768 = 6.81$ Lts/seg.
- Pérdidas y desperdicios = 20% del Total

Demanda actual total = **47.15** Lts/seg.

Para el cálculo de la demanda futura se tomarán los mismos factores, variando solamente la cantidad de personas, que en el año 2026 sería de 16745 según las estimaciones. Realizando los cálculos se tiene que:

Demanda Futura Total = **67.09** Lts/seg.

IV. Sistema de conducción

A. Descripción general del sistema de conducción

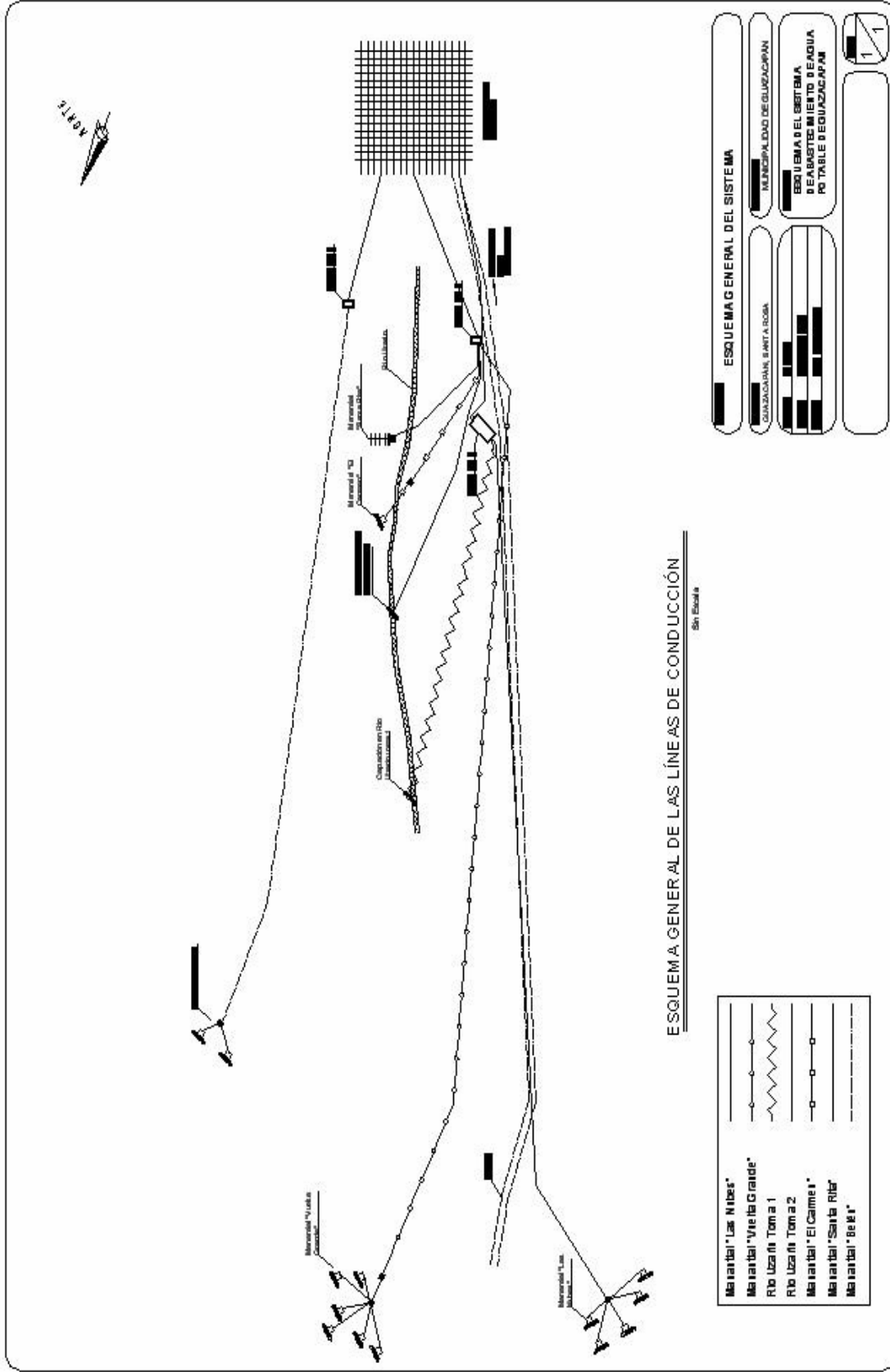
El servicio de agua para consumo humano en Guazacapán es abastecido por aguas subterráneas o manantiales que son el flujo natural de agua que surge del interior de la tierra desde un solo punto o área pequeña.

Las fuentes que contribuyen al abastecimiento de agua de la cabecera municipal de Guazacapán son el río Uzarín y los manantiales El Belén, El Carmen, Santa Rita , Vuelta Grande, y Las Nubes. Para realizar los cálculos fue necesario hacer aproximaciones sobre la ubicación de los manantiales utilizando el mapa de el municipio de Chiquimulilla, Santa Rosa del IGN(Instituto Geográfico Nacional) a escala 1:50,000 por no contar con planos de cada uno, solamente existen registrados los de el manantial las Nubes.

La evaluación de cada línea de conducción de los ríos y manantiales se hizo por medio de iteraciones.

Los sistemas de abastecimiento de agua fueron realizados por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y por La Municipalidad, los cuales funcionan por el sistema de gravedad almacenando el agua en tres tanques. Los tanques número uno y dos se encuentran en el Barrio San Pedro y el tanque número tres está ubicado en la aldea Buenas Brisas. A continuación se muestra un esquema general de las líneas de conducción y los tanques de distribución.

4.1 ESQUEMA GENERAL DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN



ESQUEMA GENERAL DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

San Esteban

B. Descripción de la línea de conducción manantial Las Nubes

Se encuentra ubicado aproximadamente a 3 Km. de la población urbana y del tanque No.1, tiene una extensión de 200 m², es propiedad municipal, se encuentra dentro de la finca Las Nubes. El diseño de este sistema de captación fue realizado por el INFOM en el año 1982. Esta línea de conducción, cuenta con todos los planos del INFOM. El mantenimiento que se le proporciona a la línea es de una vez cada tres días a la semana. A continuación se presenta los datos de diseño realizados por el Instituto Nacional de Fomento Municipal en el año 1982:

Tabla 4.1 Datos diseño Manantial Las Nubes

Sistema	Gravedad
Fuente	Nacimiento Finca Las Nubes
Caudal a utilizar	10.50L/seg
Población a servir para el año 2003	3470 habitantes
Periodo de Diseño (1982-2003)	20 años
Dotación	175 L/h/día
Caudal promedio	10.5 L/seg
Factor día máximo	1.20
Caudal medio total	15 L/seg

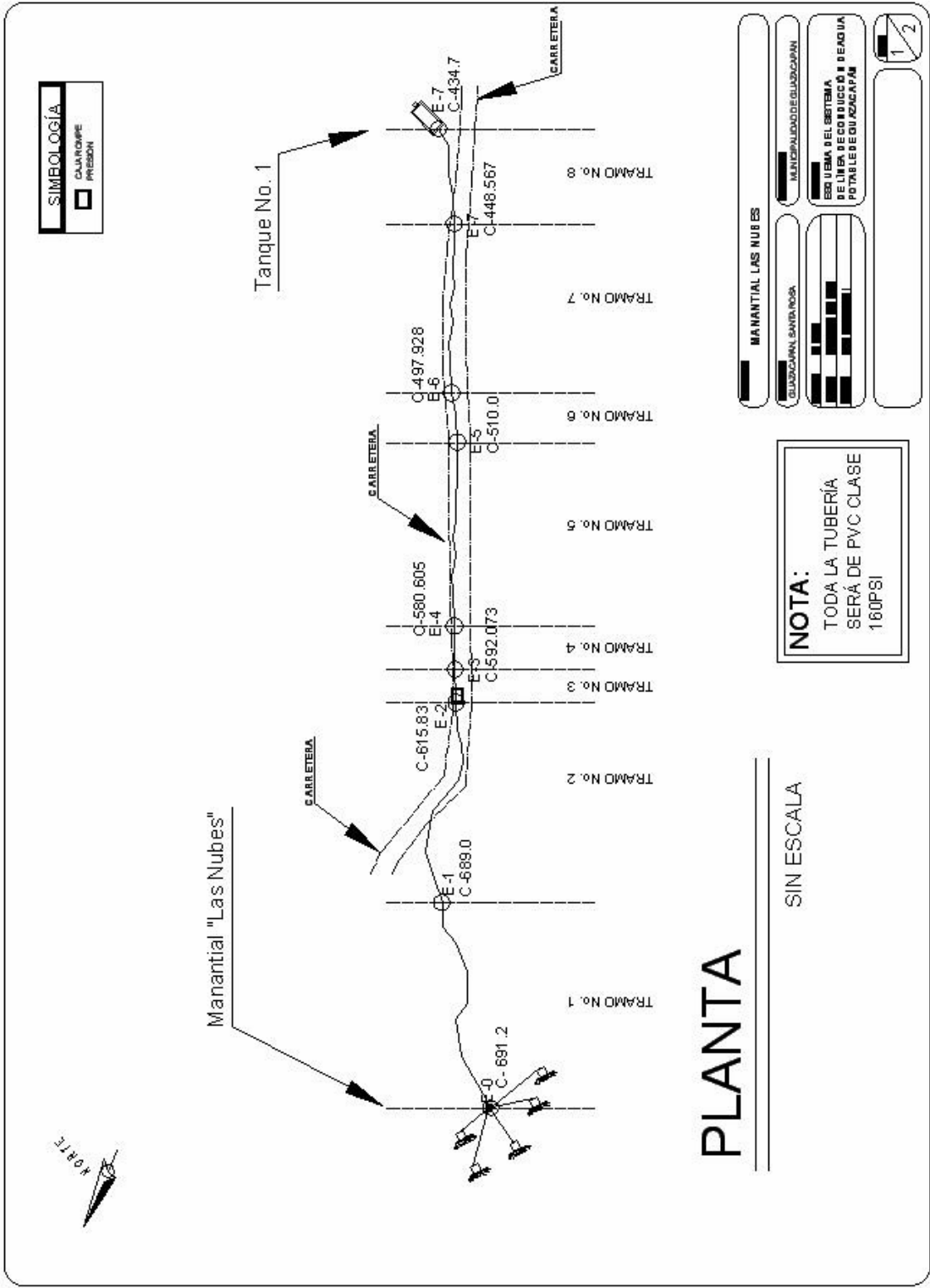
La línea de conducción está formada con tubería de PVC con diámetros de 6", 4", 3" y 2 1/2". A continuación se muestran los tramos de la línea de conducción y sus longitudes.

Tabla 4.2 Diámetro de las tuberías y sus longitudes

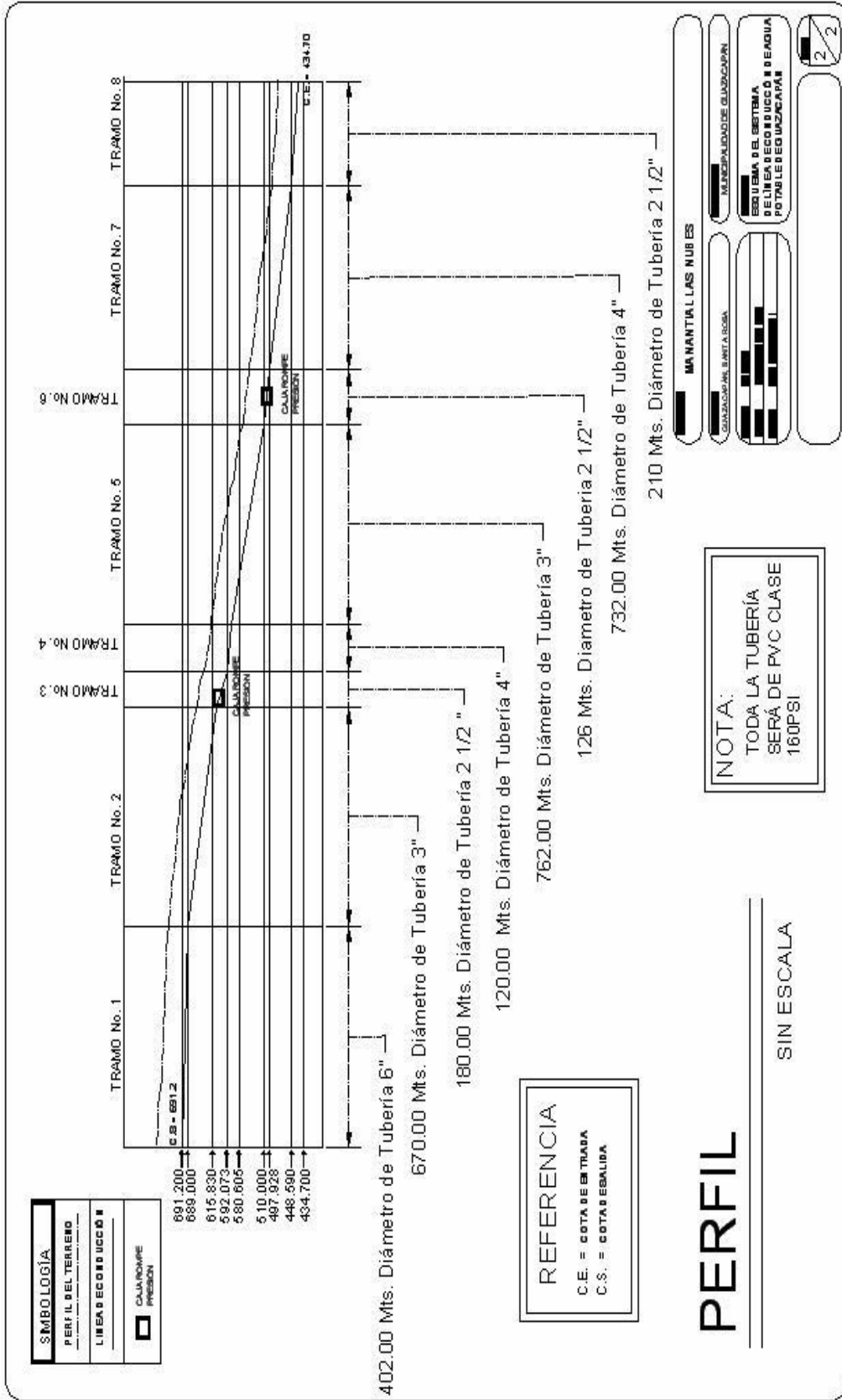
Tramo	Diámetro Tubería (pulgadas)	Diámetro Tubería (m)	Longitud (m)
1	6	0.1524	402
2	3	0.0762	670
3	2.5	0.0635	180
4	4	0.1016	120
5	3	0.0762	762
6	2.5	0.0635	126
7	4	0.1016	732
8	2.5	0.0635	210

En la páginas 22 y 23 se muestra la planta y perfil de la tubería utilizada para la conducción del agua del Manantial Las Nubes con sus longitudes y diámetros.

4.2 PLANTA MANANTIAL LAS NUBES



4.3 PERFIL MANANTIAL LAS NUBES



1. Análisis Hidráulico de la línea de conducción Las Nubes. A continuación se determina la capacidad de conducción del manantial Las Nubes.

Para llevar a cabo el proceso de comprobación de la capacidad de la tubería se debe suponer para la primera iteración el valor de las pérdidas por fricción para la primera tubería (h_{f1}) por medio de la siguiente ecuación, la cual se basa en la ecuación de Darcy- Weisbach.

Ecuaciones utilizadas para la comprobación de la capacidad de conducción:

$$h_{f1} = H_T \left(\frac{L_1 / d_1^5}{\sum L_i / d_i^5} \right)$$

Velocidad:

$$V_i = \frac{-2 \times \sqrt{(2 \times g \times d_i \times h_{f1})}}{\sqrt{L_i}} \times \text{Log}_{10} \left(\frac{K_s}{(3.7 \times d_i)} + \frac{(2.51 \times v \times \sqrt{L_i})}{(2 \times g \times d_i \times h_{f1})} \right)$$

$$V_i = \frac{4 \times (Q_i)}{\pi d_i^2}$$

Caudal:

$$Q_i = \frac{\pi}{4} (d_i)^2 \times V_i$$

Pérdidas menores:

$$h_{m1} = \sum k m_i \left(\frac{V_i^2}{2 \times g} \right)$$

Número de Reynolds:

$$Re_i = V_i d_i / \nu$$

Donde

h_{fi} = pérdida por fricción (m)

H_T = Diferencia de altura (m)

L_i = Longitud de la tubería (m)

d_i = Diámetro de tubería (m)

ν = viscosidad del agua (m²/s)

g = gravedad (m / s²)

K_s = Rugosidad relativa (m)

km_i = coeficiente global de pérdidas

Q_i = Caudal (m³/s)

Datos para analizar la capacidad de conducción del manantial Las Nubes:

$$H_T = 256.0 \text{ m}$$

$$K_s = 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$km = 5$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\nu = 1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ para el agua}$$

Tabla 4.3 Diámetro de las tuberías y sus longitudes

Tramo	Diámetro tubería (pulgadas)	Diámetro tubería (m)	Longitud (m)
1	6	0.1524	402
2	3	0.0762	670
3	2.5	0.0635	180
4	4	0.1016	120
5	3	0.0762	762
6	2.5	0.0635	126
7	4	0.1016	732
8	2.5	0.0635	210

Para la primera tubería

Pérdidas por fricción:

$$\frac{402}{0.1524^5}$$

$h_{f1} = 256.0 \text{ m} \times$

$$\frac{402}{0.1524^5} + \frac{670}{0.0762^5} + \frac{180}{0.0635^5} + \frac{120}{0.1016^5} + \frac{762}{0.0762^5} + \frac{126}{0.0635^5} + \frac{732}{0.1016^5} + \frac{210}{0.0635^5}$$

$$h_{f1} = 1.099 \text{ m}$$

Velocidad

$$V_1 = \frac{-2 \times \sqrt{(2 \times 9.81 \times 0.1524 \times 1.099)}}{\sqrt{402}} \times \text{Log}_{10} \left(\frac{0.0000015}{(3.7 \times 0.1524) + (2 \times 9.81 \times 0.1524 \times 1.099)} + \frac{2.51 \times 1.14 \times 10^{-6} \times \sqrt{402}}{(3.7 \times 0.1524) + (2 \times 9.81 \times 0.1524 \times 1.099)} \right)$$

$V_1 = 0.81$ metros / segundos

Caudal:

$$Q_1 = \frac{\pi}{4} (0.1524 \text{ m})^2 \cdot 0.81 \text{ m / s}$$

$$Q_1 = 0.0147 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Pérdidas menores:

$$H_{m1} = 5 \times \frac{0.81^2}{2 \times 9.81}$$

$$H_{m1} = 0.166 \text{ m}$$

Para la segunda tubería:

$$V_2 = \frac{4}{\pi} \frac{0.0147 \text{ m}}{0.0762^2 \text{ s}}$$

$$V_2 = 3.23 \text{ metros / segundos}$$

Pérdidas por fricción y pérdidas menores:

Cálculo del número de Reynolds

$$Re = (3.23 \times 0.0762) / 1.14 \times 10^{-6} = 215900$$

Calculando el factor de fricción mediante el método de Newton se tiene :

Tabla 4.4 Cálculo factor de fricción

f	x	g(x)	f
	Re= 215900		
0.001	31.6227766	6.85667814	0.02127024
0.02127024	6.856678142	8.14081146	0.01508914
0.01508914	8.140811462	8.00031847	0.01562376
0.01562376	8.000318471	8.01462788	0.01556802
0.01556802	8.01462788	8.01315962	0.01557372
0.01557372	8.013159617	8.01331016	0.01557314
0.01557314	8.013310159	8.01329472	0.0155732
0.0155732	8.013294722	8.01329631	0.01557319
0.01557319	8.013296305	8.01329614	0.01557319
0.01557319	8.013296143	8.01329616	0.01557319
0.01557319	8.01329616	8.01329616	0.01557319
0.01557319	8.013296158	8.01329616	0.01557319

Luego : $f_2 = 0.01557319$

$$h_{f2} = 0.01557319 \times \frac{670}{0.0762} \times \frac{3.23^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{f2} = 72.81 \text{ m}$$

$$h_{m2} = 5 \times \frac{3.23^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{m2} = 2.66 \text{ m}$$

Para la tercera tubería

$$V_3 = \frac{4}{\pi} \frac{0.0147}{0.0635^2} \text{ m/s}$$

$$V_3 = 4.65 \text{ metros / segundos}$$

Pérdidas por fricción y pérdidas menores:

Cálculo del número de Reynolds

$$Re = (4.65 \times 0.0635) / 1.14 \times 10^{-6} = 259013.158$$

Calculando el factor de fricción mediante el método de Newton se tiene :

Tabla 4.5 Cálculo factor de fricción

f	X	g(x)	f
	Re=259013.158		
0.001	31.6227766	7.00938632	0.02035354
0.02035354	7.00938632	8.25790912	0.01466425
0.01466425	8.25790912	8.12688549	0.0151409
0.0151409	8.12688549	8.13974336	0.0150931
0.0150931	8.13974336	8.13847311	0.01509782
0.01509782	8.13847311	8.13859852	0.01509735
0.01509735	8.13859852	8.13858613	0.0150974
0.0150974	8.13858613	8.13858736	0.01509739
0.01509739	8.13858736	8.13858723	0.01509739
0.01509739	8.13858723	8.13858725	0.01509739
0.01509739	8.13858725	8.13858725	0.01509739
0.01509739	8.13858725	8.13858725	0.01509739

Luego : $f_3 = 0.01509739$

$$h_{f3} = 0.01509739 \times \frac{180}{0.0635} \times \frac{4.65^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{f3} = 47.18 \text{ m}$$

$$h_{m3} = 5 \times \frac{4.65^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{m3} = 5.51 \text{ m}$$

Para la cuarta tubería

$$V_4 = \frac{4}{\pi} \frac{0.0147 \text{ m}}{0.1016^2 \text{ s}}$$

$$V_4 = 1.82 \text{ metros / segundos}$$

Pérdidas por fricción y pérdidas menores:

Cálculo del número de Reynolds

$$Re = (1.82 \times 0.1016) / 1.14 \times 10^{-6} = 161918.31$$

Calculando el factor de fricción mediante el método de Newton se tiene :

Tabla 4.6 Cálculo factor de fricción

f	x	g(x)	f
	Re = 161918.3158		
0.001	31.6227766	6.61220292	0.02287218
0.02287218	6.612202922	7.94538053	0.01584056
0.01584056	7.945380529	7.79132173	0.01647319
0.01647319	7.79132173	7.80779008	0.01640377
0.01640377	7.807790077	7.80601469	0.01641124
0.01641124	7.806014689	7.80620591	0.01641043
0.01641043	7.806205913	7.80618531	0.01641052
0.01641052	7.806185314	7.80618753	0.01641051
0.01641051	7.806187533	7.80618729	0.01641051
0.01641051	7.806187294	7.80618732	0.01641051
0.01641051	7.80618732	7.80618732	0.01641051
0.01641051	7.806187317	7.80618732	0.01641051

Luego: $f_4 = 0.01641051$

$$h_{f4} = 0.01641051 \times \frac{120}{0.1016} \times \frac{1.82^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{f4} = 3.26 \text{ m}$$

$$h_{m4} = 5 \times \frac{1.82^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{m4} = 0.84 \text{ m}$$

Para la quinta tubería

$$V_5 = \frac{4}{\pi} \frac{0.0147 \text{ m}}{0.0762^2 \text{ s}}$$

$$V_5 = 3.23 \text{ metros / segundos}$$

Pérdidas por fricción y pérdidas menores:

Cálculo del número de Reynolds

$$Re = (3.23 \times 0.0762) / 1.14 \times 10^{-6} = 2159$$

Calculando el factor de fricción mediante el método de Newton se tiene :

Tabla 4.7 Cálculo factor de fricción

f	x	g(x)	f
	Re= 215900		
0.001	31.6227766	6.85667814	0.02127024
0.02127024	6.856678142	8.14081146	0.01508914
0.01508914	8.140811462	8.00031847	0.01562376
0.01562376	8.000318471	8.01462788	0.01556802
0.01556802	8.01462788	8.01315962	0.01557372
0.01557372	8.013159617	8.01331016	0.01557314
0.01557314	8.013310159	8.01329472	0.0155732
0.0155732	8.013294722	8.01329631	0.01557319
0.01557319	8.013296305	8.01329614	0.01557319
0.01557319	8.013296143	8.01329616	0.01557319
0.01557319	8.01329616	8.01329616	0.01557319
0.01557319	8.013296158	8.01329616	0.01557319

Luego : $f_5 = 0.01557319$

$$h_{f5} = 0.01557319 \times \frac{762}{0.0762} \times \frac{3.23^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{f5} = 82.81 \text{ m}$$

$$h_{m5} = 5 \times \frac{3.23^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{m5} = 2.66 \text{ m}$$

Para la sexta tubería

$$V_6 = \frac{4}{\pi} \frac{0.0147 \text{ m}}{0.0635^2 \text{ s}}$$

$$V_6 = 4.65 \text{ metros / segundos}$$

Pérdidas por fricción y pérdidas menores:

Cálculo del número de Reynolds

$$Re = (4.65 \times 0.0635) / 1.14 \times 10^{-6} = 259013.15$$

Calculando el factor de fricción mediante el método de Newton se tiene :

Tabla 4.8 Cálculo factor de fricción

f	X	g(x)	f
	Re=259013.158		
0.001	31.6227766	7.00938632	0.02035354
0.02035354	7.00938632	8.25790912	0.01466425
0.01466425	8.25790912	8.12688549	0.0151409
0.0151409	8.12688549	8.13974336	0.0150931
0.0150931	8.13974336	8.13847311	0.01509782
0.01509782	8.13847311	8.13859852	0.01509735
0.01509735	8.13859852	8.13858613	0.0150974
0.0150974	8.13858613	8.13858736	0.01509739
0.01509739	8.13858736	8.13858723	0.01509739
0.01509739	8.13858723	8.13858725	0.01509739
0.01509739	8.13858725	8.13858725	0.01509739
0.01509739	8.13858725	8.13858725	0.01509739

Luego : $f_6 = 0.01509739$

$$h_{f6} = 0.01509739 \times \frac{126 \times 4.65^2}{0.0635 \times 2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$\mathbf{h_{f6} = 33.03 \text{ m}}$$

$$h_{m6} = 5 \times \frac{4.65^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$\mathbf{h_{m6} = 5.51 \text{ m}}$$

Para la séptima tubería

$$V_7 = \frac{4}{\pi} \frac{0.0147}{0.1016^2} \text{ m/s}$$

$$\mathbf{V_7 = 1.82 \text{ metros / segundos}}$$

Pérdidas por fricción y pérdidas menores:

Cálculo del número de Reynolds

$$\text{Re} = (1.82 \times 0.1016) / 1.14 \times 10^{-6} = 161918.31$$

Calculando el factor de fricción mediante el método de Newton se tiene :

Tabla 4.9 Cálculo factor de fricción

f	x	g(x)	f
	Re = 161918.3158		
0.001	31.6227766	6.61220292	0.02287218
0.02287218	6.612202922	7.94538053	0.01584056
0.01584056	7.945380529	7.79132173	0.01647319
0.01647319	7.79132173	7.80779008	0.01640377
0.01640377	7.807790077	7.80601469	0.01641124
0.01641124	7.806014689	7.80620591	0.01641043
0.01641043	7.806205913	7.80618531	0.01641052
0.01641052	7.806185314	7.80618753	0.01641051
0.01641051	7.806187533	7.80618729	0.01641051
0.01641051	7.806187294	7.80618732	0.01641051
0.01641051	7.80618732	7.80618732	0.01641051
0.01641051	7.806187317	7.80618732	0.01641051

Luego : $f_7 = 0.016401051$

$$h_{f7} = 0.016401051 \times \frac{732}{0.1016} \times \frac{1.81^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{f7} = 19.89 \text{ m}$$

$$h_{m7} = 5 \times \frac{1.81^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{m7} = 0.84 \text{ m}$$

Para la octava tubería

$$V_8 = \frac{4}{\pi} \frac{0.0147 \text{ m}}{0.0635^2 \text{ s}}$$

$$V_8 = 4.65 \text{ metros / segundos}$$

Pérdidas por fricción y pérdidas menores:

Cálculo del número de Reynolds

$$Re = (4.65 \times 0.0635) / 1.14 \times 10^{-6} = 259013.158$$

Calculando el factor de fricción mediante el método de Newton se tiene :

Tabla 4.10 Cálculo factor de fricción

f	X	g(x)	f
	Re=259013.158		
0.001	31.6227766	7.00938632	0.02035354
0.02035354	7.00938632	8.25790912	0.01466425
0.01466425	8.25790912	8.12688549	0.0151409
0.0151409	8.12688549	8.13974336	0.0150931
0.0150931	8.13974336	8.13847311	0.01509782
0.01509782	8.13847311	8.13859852	0.01509735
0.01509735	8.13859852	8.13858613	0.0150974
0.0150974	8.13858613	8.13858736	0.01509739
0.01509739	8.13858736	8.13858723	0.01509739
0.01509739	8.13858723	8.13858725	0.01509739
0.01509739	8.13858725	8.13858725	0.01509739
0.01509739	8.13858725	8.13858725	0.01509739

Luego : $f_8 = 0.01509739$

$$h_{f8} = 0.01509739 \times \frac{210}{0.0635} \times \frac{4.65^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{f8} = 55.05 \text{ m}$$

$$h_{m8} = 5 \times \frac{4.65^2}{2 \times 9.81}$$

$$h_{m8} = 5.51$$

Cálculo de la cabeza total y de la corrección para h_{f1}

$$H = 1.099 + 0.166 + 72.81 + 2.66 + 47.18 + 5.51 + 3.26 + 0.84 + 82.81 \\ + 2.66 + 33.03 + 5.51 + 19.89 + 0.84 + 55.05 + 5.51$$

$$H = 294.66 \text{ m}$$

$$\Delta h_{f1} = (256.0 \text{ m} - 294.66) \times \frac{\frac{402}{0.1524^5}}{\frac{402}{0.1524^5} + \frac{670}{0.0762^5} + \frac{180}{0.0635^5} + \frac{120}{0.1016^5} + \frac{762}{0.0762^5} + \frac{126}{0.0635^5} + \frac{732}{0.1016^5} + \frac{210}{0.0635^5}}$$

$$\Delta h_{f1} = -0.1636 \text{ metros}$$

$$h_{f1k} = h_{f1k-1} + \Delta h_{f1}$$

$$h_{f1k} = 1.099 + (-0.1636)$$

$$h_{f1k} = 0.94 \text{ metros}$$

Los resultados para todas las iteraciones se encuentran en la siguiente tabla para el cálculo de la cabeza total y de la corrección de cada una de h_{f1k}

Tabla 4.11 Resultado de las iteraciones para el Cálculo de la cabeza total y la corrección para h_{f1k} .

H (m)	Δh_{f1} (m)	h_{f1k} (m)
294.661254	-0.16357785	0.93590696
247.696024	0.03773816	0.97364512
258.474498	-0.00846367	0.96518145
256.054082	0.00191142	0.96709287
256.600551	-0.00043101	0.96666186
256.477319	9.7223E-05	0.96675908
256.505116	-2.1929E-05	0.96673716
256.498846	4.9462E-06	0.9667421
256.50026	-1.1157E-06	0.96674099
256.499941	2.5164E-07	0.96674124
256.500013	-5.6759E-08	0.96674118
256.499997	1.2802E-08	0.96674119
256.500001	-2.8877E-09	0.96674119
294.661254	-0.16357785	0.93590696
247.696024	0.03773816	0.97364512
258.474498	-0.00846367	0.96518145

Obteniendo la corrección de la cabeza total y de la corrección para h_{f1k} se prosiguió a obtener los resultados de las iteraciones para la comprobación de diseño de las líneas de conducción para el manantial Las Nubes.

H_{f1}	V_1	Q_1	H_{m1}	Q_2	V_2	H_{f2}	H_{m2}	Q_3	V_3	H_{f3}	H_{m3}
(metros)	(m/s)	(m ³ /s)	(m)	(m ³ /s)	(m/s)	(m)	(m)	(m ³ /s)	(m/s)	(m)	(m)
1.0994848	0.8075038	0.0147301	0.1661729	0.0147301	3.2300153	72.8127783	2.6587663	0.0147301	4.6512220	47.1884678	5.5132178
0.9359070	0.7396166	0.0134917	0.1394069	0.0134917	2.9584666	61.0846065	2.2305109	0.0134917	4.2601919	39.5876803	4.6251873
0.9736451	0.7557358	0.0137857	0.1455496	0.0137857	3.0229431	63.7761611	2.3287933	0.0137857	4.3530380	41.3320216	4.8289857
0.9651814	0.7521461	0.0137203	0.1441702	0.0137203	3.0085845	63.1717425	2.3067228	0.0137203	4.3323616	40.9403103	4.7832205
0.9670929	0.7529581	0.0137351	0.1444816	0.0137351	3.0118322	63.3082048	2.3117058	0.0137351	4.3370384	41.0287487	4.7935531
0.9666619	0.7527750	0.0137317	0.1444114	0.0137317	3.0111002	63.2774316	2.3105821	0.0137317	4.3359842	41.0088052	4.7912230
0.9667591	0.7528163	0.0137325	0.1444272	0.0137325	3.0112653	63.2843730	2.3108356	0.0137325	4.3362220	41.0133038	4.7917486
0.9667372	0.7528070	0.0137323	0.1444236	0.0137323	3.0112281	63.2828074	2.3107784	0.0137323	4.3361684	41.0122892	4.7916301
0.9667421	0.7528091	0.0137323	0.1444245	0.0137323	3.0112365	63.2831605	2.3107913	0.0137323	4.3361805	41.0125180	4.7916568
0.9667410	0.7528086	0.0137323	0.1444243	0.0137323	3.0112346	63.2830809	2.3107884	0.0137323	4.3361778	41.0124664	4.7916508
0.9667412	0.7528087	0.0137323	0.1444243	0.0137323	3.0112350	63.2830988	2.3107890	0.0137323	4.3361784	41.0124780	4.7916521
0.9667412	0.7528087	0.0137323	0.1444243	0.0137323	3.0112349	63.2830948	2.3107889	0.0137323	4.3361782	41.0124754	4.7916518
0.9667412	0.7528087	0.0137323	0.1444243	0.0137323	3.0112349	63.2830957	2.3107889	0.0137323	4.3361783	41.0124760	4.7916519
0.9667412	0.7528087	0.0137323	0.1444243	0.0137323	3.0112349	63.2830955	2.3107889	0.0137323	4.3361783	41.0124759	4.7916519
0.9667412	0.7528087	0.0137323	0.1444243	0.0137323	3.0112349	63.2830955	2.3107889	0.0137323	4.3361783	41.0124759	4.7916519
0.9667412	0.7528087	0.0137323	0.1444243	0.0137323	3.0112349	63.2830955	2.3107889	0.0137323	4.3361783	41.0124759	4.7916519

Q₄ (m³/s)	V₄ (m/s)	H_{f4} (m)	H_{m4} (m)	Q₅ (m³/s)	V₅ (m/s)	H_{f5} (m)	H_{m5} (m)
0.01473006	1.81688361	3.26110524	0.84125027	0.01473006	3.23001531	82.81095085	2.65876629
0.01349169	1.66413746	2.73582927	0.70574758	0.01349169	2.95846660	69.47234353	2.23051086
0.01378573	1.70040547	2.85637738	0.73684474	0.01378573	3.02294306	72.53348471	2.32879326
0.01372025	1.69232876	2.82930696	0.72986153	0.01372025	3.00858446	71.84607129	2.30672285
0.01373506	1.69415564	2.83541877	0.73143816	0.01373506	3.01183225	72.00127170	2.31170578
0.01373172	1.69374384	2.83404051	0.73108262	0.01373172	3.01110016	71.96627299	2.31058210
0.01373248	1.69383674	2.83435140	0.73116281	0.01373248	3.01126531	71.97416755	2.31083556
0.01373231	1.69381578	2.83428128	0.73114473	0.01373231	3.01122806	71.97238691	2.31077839
0.01373234	1.69382051	2.83429710	0.73114881	0.01373234	3.01123646	71.97278854	2.31079129
0.01373234	1.69381944	2.83429353	0.73114789	0.01373234	3.01123456	71.97269795	2.31078838
0.01373234	1.69381968	2.83429433	0.73114809	0.01373234	3.01123499	71.97271838	2.31078904
0.01373234	1.69381963	2.83429415	0.73114805	0.01373234	3.01123490	71.97271378	2.31078889
0.01373234	1.69381964	2.83429419	0.73114806	0.01373234	3.01123492	71.97271482	2.31078892
0.01373234	1.69381964	2.83429418	0.73114805	0.01373234	3.01123491	71.97271458	2.31078891
0.01373234	1.69381964	2.83429419	0.73114806	0.01373234	3.01123491	71.97271463	2.31078891
0.01373234	1.69381964	2.83429419	0.73114806	0.01373234	3.01123491	71.97271462	2.31078891

Q₆	V₆	H_{f6}	H_{m6}	Q₇	V₇	H_{f7}	H_{m7}
(m³/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m³/s)	(m/s)	(m)	(m)
0.01473006	4.65122205	33.03192745	5.51321777	0.01473006	1.81688361	19.88593544	0.84125027
0.01349169	4.26019190	27.71137619	4.62518731	0.01349169	1.66413746	16.68284839	0.70574758
0.01378573	4.35303800	28.93241510	4.82898570	0.01378573	1.70040547	17.41794025	0.73684474
0.01372025	4.33236162	28.65821718	4.78322049	0.01372025	1.69232876	17.25286717	0.72986153
0.01373506	4.33703844	28.72012407	4.79355311	0.01373506	1.69415564	17.29013646	0.73143816
0.01373172	4.33598422	28.70616367	4.79122304	0.01373172	1.69374384	17.28173199	0.73108262
0.01373248	4.33622204	28.70931268	4.79174862	0.01373248	1.69383674	17.28362776	0.73116281
0.01373231	4.33616840	28.70860241	4.79163008	0.01373231	1.69381578	17.28320016	0.73114473
0.01373234	4.33618050	28.70876261	4.79165681	0.01373234	1.69382051	17.28329661	0.73114881
0.01373234	4.33617777	28.70872648	4.79165078	0.01373234	1.69381944	17.28327486	0.73114789
0.01373234	4.33617839	28.70873463	4.79165214	0.01373234	1.69381968	17.28327976	0.73114809
0.01373234	4.33617825	28.70873279	4.79165184	0.01373234	1.69381963	17.28327866	0.73114805
0.01373234	4.33617828	28.70873320	4.79165191	0.01373234	1.69381964	17.28327891	0.73114806
0.01373234	4.33617827	28.70873311	4.79165189	0.01373234	1.69381964	17.28327885	0.73114805
0.01373234	4.33617827	28.70873313	4.79165189	0.01373234	1.69381964	17.28327886	0.73114806
0.01373234	4.33617827	28.70873313	4.79165189	0.01373234	1.69381964	17.28327886	0.73114806

Tabla 4.12 Resultado de las iteraciones para comprobación de diseño del sistema de tuberías manantial “Las Nubes”

Q₈	V₈	H_{f8}	H_{m8}
(m³/s)	(m/s)	(m)	(m)
0.014730056	4.651222048	55.053212422	5.513217773
0.013491694	4.260191898	46.185626976	4.625187311
0.013785731	4.353038004	48.220691835	4.828985695
0.013720250	4.332361621	47.763695308	4.783220493
0.013735061	4.337038436	47.866873458	4.793553108
0.013731723	4.335984224	47.843606110	4.791223036
0.013732476	4.336222042	47.848854462	4.791748624
0.013732306	4.336168403	47.847670677	4.791630075
0.013732344	4.336180501	47.847937688	4.791656815
0.013732336	4.336177772	47.847877462	4.791650783
0.013732338	4.336178388	47.847891046	4.791652144
0.013732337	4.336178249	47.847887982	4.791651837
0.013732337	4.336178280	47.847888673	4.791651906
0.013732337	4.336178273	47.847888518	4.791651891
0.013732337	4.336178275	47.847888553	4.791651894
0.013732337	4.336178275	47.847888545	4.791651893

Como se puede ver en la tabla 4.12, el caudal que llega al tanque de distribución número 1 es :

$$Q = 13.73 \text{ Litros/ Segundo}$$

Por lo tanto la capacidad de conducción de la línea del manantial Las Nubes es de 13.73 lt/s

2. Estado físico de la línea de conducción manantial Las

Nubes. Se hizo un estudio en el área del manantial para observar que fue construido con base a los planos proporcionados por el INFOM.

Las líneas de conducción son las adecuadas, con el diámetro correcto en su tubería, se encuentra enterrada a la profundidad indicada en ciertos tramos, en algunos otros se encuentra la tubería expuesta al medio ambiente.

Durante el recorrido se observó que la tubería está expuesta en la carretera y es vulnerable a cualquier vehículo o persona que pueda contribuir a romper la línea de conducción.

También las cajas rompe-presión presentan daños debido a la falta de mantenimiento, al igual que la falta de normas de seguridad para mantener las tapaderas con candados y en buen estado para evitar contaminación en la conducción de agua.

4.4 Manantial Las Nubes, línea de conducción expuesta



4.5 Manantial las Nubes, caja sin mantenimiento



C. Descripción de la línea de conducción Vuelta Grande

Se encuentra ubicado a 3.5 Km. del tanque número 2, tiene una extensión de una manzana aproximadamente, es propiedad municipal, está dentro de la finca Vuelta Grande.

Este sistema fue realizado por la municipalidad de Guazacapán, diseñado y supervisado por el fontanero de la localidad. No se encontró ningún plano de éste en el INFOM ni en la municipalidad de Guazacapán. La información es empírica y no tiene ningún estudio realizado para crear un diseño adecuado y aprovechar al máximo el estudio de este manantial. Su almacenamiento se da en el tanque número 2. El mantenimiento que se le proporciona a la línea de conducción es de una vez cada tres días a la semana.

A continuación se presentan los datos que fueron proporcionados por la municipalidad de Guazacapán:

Tabla 4.13 Datos de diseño manantial Vuelta Grande

Sistema	Gravedad
Fuente	Nacimiento Finca Vuelta Grande
Año de construcción	2000

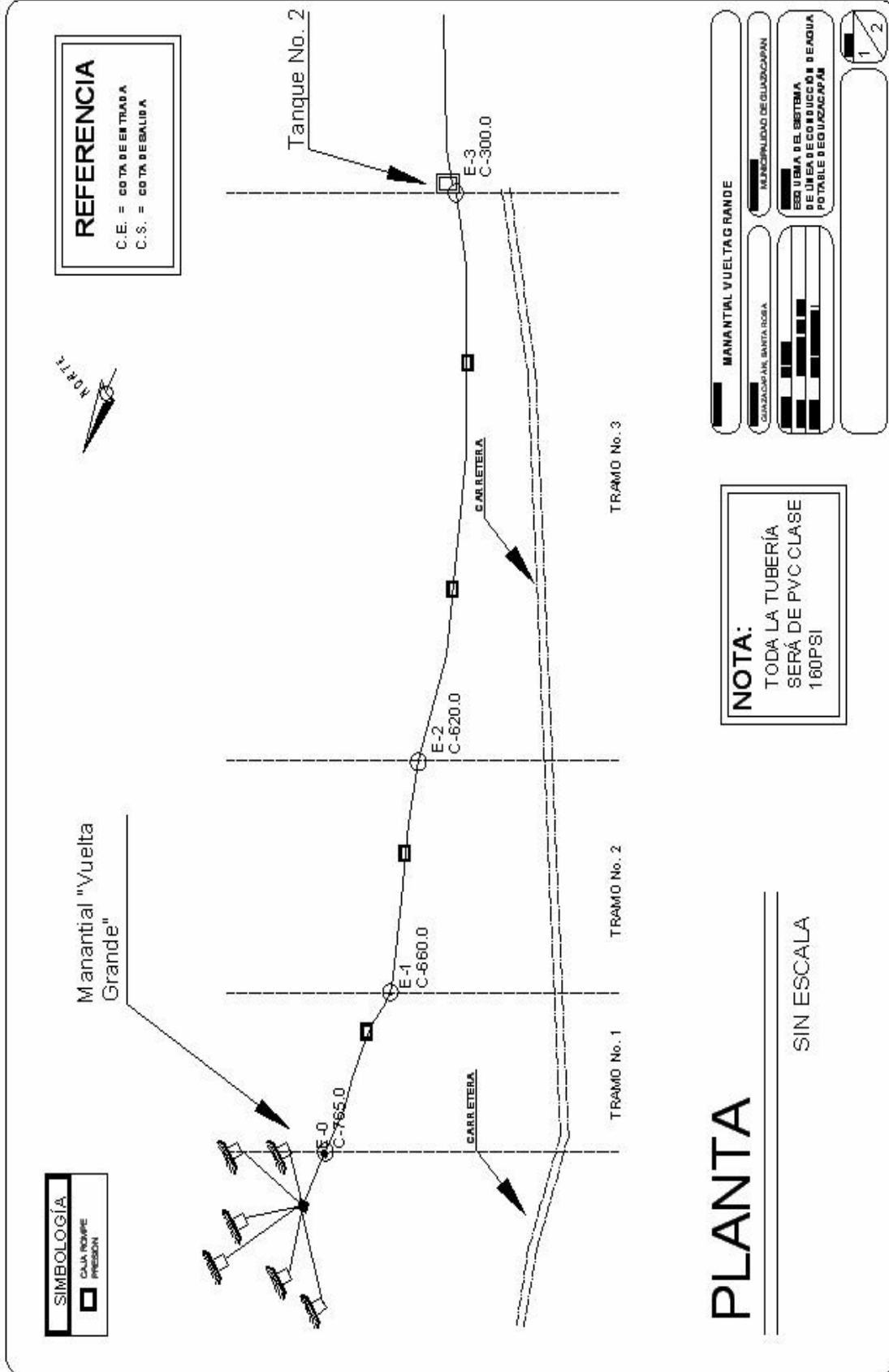
La línea de conducción está formada con tubería de PVC con diámetro de 4" ,3" y 2 ½". A continuación se muestra los tramos de la línea de conducción sus diámetros y sus longitudes.

Tabla 4.14 Diámetro de las tuberías y sus longitudes

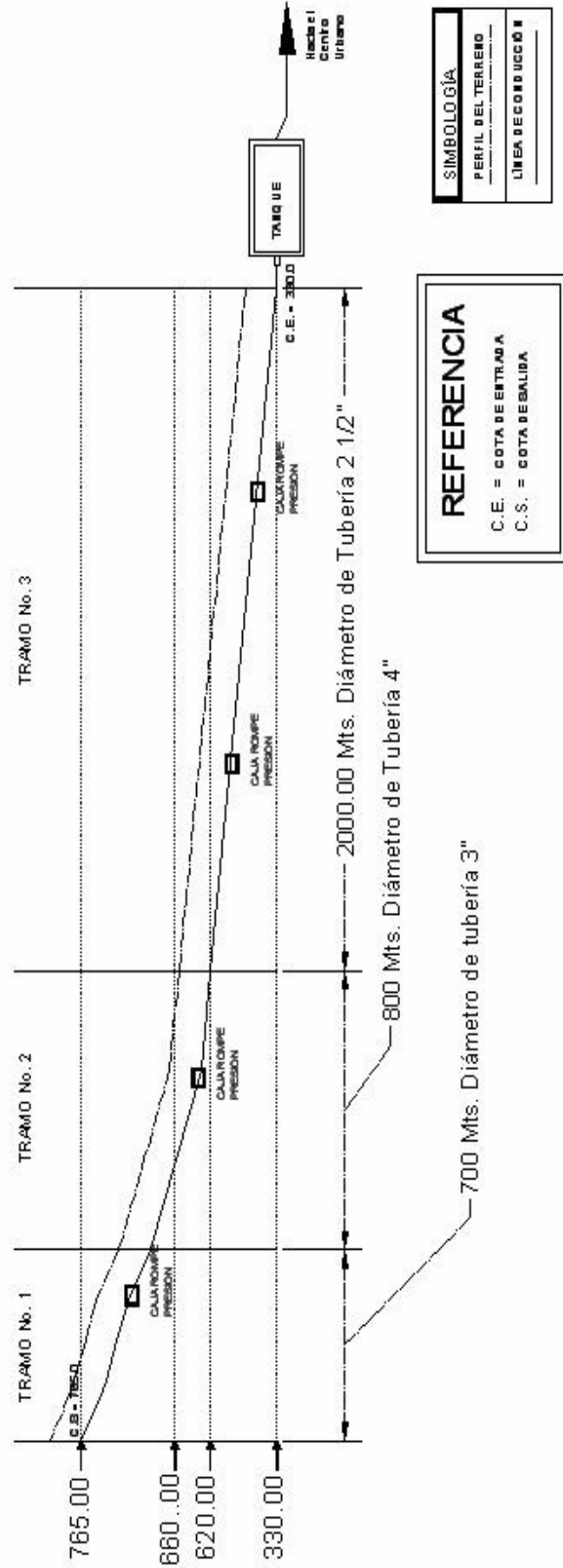
Tramo	Diámetro tubería (pulgadas)	Diámetro tubería (m)	Longitud (m)
1	3	0.0762	700
2	4	0.1016	800
3	2.5	0.0635	2000

A continuación se presenta un esquema de la línea de conducción Vuelta Grande

4.6 PLANTA MANANTIAL VUELTA GRANDE



4.7 PERFIL MANANATIAL VUELTA GRANDE



PERFIL

SIN ESCALA

NOTA:
TODA LA TUBERÍA
SERÁ DE PVC CLASE
160PSI

MANANTIAL VUELTA GRANDE

MUNICIPALIDAD DE GUAYACÁN

ESTADÍSTICA DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE DE GUAYACÁN

2/2

REFERENCIA

C.E. = COTA DE ENTRADA
C.S. = COTA DE SALIDA

SIMBOLOGIA

PERFIL DEL TERRENO

LINEA DE CONDUCCION

1. Análisis hidráulico de la línea de conducción Vuelta Grande. A continuación se determina la capacidad de conducción de agua del manantial Vuelta Grande.

Para llevar a cabo el proceso de comprobación de la capacidad de la tubería se debe suponer para la primera iteración el valor de las pérdidas por fricción para la primera tubería (h_{f1}) por medio de la siguiente ecuación, la cual se basa en la ecuación de Darcy- Weisbach.

Ecuaciones utilizadas para la comprobación de la capacidad de conducción:

$$h_{f1} = H_T \left(\frac{L_1 / d_1^5}{\sum L_i / d_i^5} \right)$$

Velocidad:

$$V_i = \frac{-2 \times \sqrt{(2 \times g \times d_i \times h_{f1})}}{\sqrt{L_i}} \times \text{Log}_{10} \left(\frac{K_S}{(3.7 \times d_i)} + \frac{(2.51 \times v \times \sqrt{L_i})}{(2 \times g \times d_i \times h_{f1})} \right)$$

$$V_i = \frac{4 \times (Q_i)}{\pi d_i^2}$$

Caudal:

$$Q_i = \frac{\pi}{4} (d_i)^2 \times V_i$$

Pérdidas menores:

$$h_{m1} = \sum k_{m_i} \left(\frac{V_i^2}{2 \times g} \right)$$

Donde

h_{fi} = pérdida por fricción (m)

H_T = Diferencia de altura (m)

L_i = Longitud de la tubería (m)

d_i = Diámetro de tubería (m)

ν = viscosidad del agua (m^2/s)

g = gravedad (m / s^2)

K_s = Rugosidad relative (m)

km_i = coeficiente global de pérdidas

Q_i = Caudal (m^3 / s)

Datos para analizar la capacidad de conducción del manantial Vuelta Grande:

$$H_T = 465.0 \text{ m}$$

$$K_s = 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$km = 5$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\nu = 1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ para el agua.}$$

Tabla 4.15 Diámetro de las tuberías y sus longitudes

Tramo	Diámetro tubería (pulgadas)	Diámetro tubería (m)	Longitud (m)
1	3	0.0762	700
2	4	0.1016	800
3	2.5	0.0635	2000

Para la primera tubería

Pérdidas por fricción:

$$\frac{700}{0.0762^5}$$

$h_{f1} = 465.0 \text{ m} \times$

$$\frac{700}{0.0762^5} + \frac{800}{0.1016^5} + \frac{2000}{0.0635^5}$$

$$h_{f1} = 55.48 \text{ m}$$

Velocidad

$$V_1 = \frac{-2 \times (\sqrt{(2 \times 9.81 \times 0.0762 \times 55.48)})}{\sqrt{(700)}} \times \text{Log}_{10} \left(\frac{(0.0000015)}{(3.7 \times 0.0762) + (2 \times 9.81 \times 0.0762 \times 58.48)} + (2.51 \times 1.14 \times 10^{-6} \times \sqrt{700}) \right)$$

$$V_1 = 3.35 \text{ metros / segundos}$$

Caudal:

$$Q_1 = \frac{\pi}{4} (0.0762 \text{ m})^2 \times 3.35 \text{ m / s}$$

$$Q_1 = 0.0152 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Pérdidas menores:

$$H_{m1} = 5 \times \frac{3.35^2}{2 \times 9.81}$$

$$H_{m1} = 2.86 \text{ m}$$

Para la segunda tubería:

$$V_2 = \frac{4 \times 0.0152 \text{ m}}{\pi \times 0.1016^2 \text{ s}}$$

$$V_2 = 1.88 \text{ metros / segundos}$$

Pérdidas por fricción y pérdidas menores:

Cálculo del número de Reynolds

$$Re = (1.88 \times 0.1016) / 1.14 \times 10^{-6} = 162203.50$$

Calculando el factor de fricción mediante el método de Newton se tiene:

Tabla 4.16 Cálculo factor de fricción

f	x	g(x)	f
	Re=162203.509		
0.001	31.6227766	6.6137191	0.0228617
0.0228617	6.6137191	7.94666007	0.01583546
0.01583546	7.94666007	7.79266679	0.0164675
0.0164675	7.79266679	7.80912455	0.01639817
0.01639817	7.80912455	7.8073507	0.01640562
0.01640562	7.8073507	7.80754172	0.01640482
0.01640482	7.80754172	7.80752114	0.0164049
0.0164049	7.80752114	7.80752336	0.01640489
0.01640489	7.80752336	7.80752312	0.01640489
0.01640489	7.80752312	7.80752315	0.01640489

0.01640489	7.80752315	7.80752314	0.01640489
0.01640489	7.80752314	7.80752314	0.01640489

Luego : $f_2 = 0.01640489$

$$h_{f2} = 0.01640489 \times \frac{800}{0.1016} \times \frac{1.88^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{f2} = 23.37 \text{ m}$$

$$h_{m2} = 5 \times \frac{1.88^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{m2} = 0.90 \text{ m}$$

Para la tercera tubería

$$V_3 = \frac{4 \times 0.0152 \text{ m}}{\pi \times 0.0635^2 \text{ s}}$$

$$V_3 = 4.82 \text{ metros / segundos}$$

Pérdidas por fricción y pérdidas menores:

Cálculo del numero de Reynolds

$$Re = (4.82 \times 0.1016) / 1.14 \times 10^{-6} = 259570.175$$

Calculando el factor de fricción mediante el método de Newton se tiene:

Tabla 4.17 Cálculo factor de fricción

f	x	g(x)	f
	Re =259570.175		
0.001	31.6227766	7.01121412	0.02034293
0.02034293	7.01121412	8.25940761	0.01465893
0.01465893	8.25940761	8.12846748	0.01513501
0.01513501	8.12846748	8.14131286	0.01508729
0.01508729	8.14131286	8.14004428	0.01509199
0.01509199	8.14004428	8.14016948	0.01509152
0.01509152	8.14016948	8.14015712	0.01509157
0.01509157	8.14015712	8.14015834	0.01509157
0.01509157	8.14015834	8.14015822	0.01509157
0.01509157	8.14015822	8.14015823	0.01509157
0.01509157	8.14015823	8.14015823	0.01509157
0.01509157	8.14015823	8.14015823	0.01509157

Luego : $f_3 = 0.01509157$

$$h_{f3} = 0.015091566 \times \frac{2000}{0.0635} \times \frac{4.82^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{f3} = 563.69 \text{ m}$$

$$h_{m3} = 5 \times \frac{4.82^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{m3} = 5.93 \text{ m}$$

Cálculo de la cabeza total y de la corrección para h_{f1}

$$H = 55.48 \text{ m} + 2.86 \text{ m} + 23.37 \text{ m} + 0.90 \text{ m} + 563.69 \text{ m} + 5.93 \text{ m}$$

$$H = 652.25 \text{ m}$$

$$\frac{700}{0.0762^5}$$

$$\Delta h_{f1} = (465.0 - 608.13) \text{ m} \times \frac{\frac{700}{0.0762^5} + \frac{800}{0.1016^5} + \frac{2000}{0.0635^5}}{\frac{700}{0.0762^5} + \frac{800}{0.1016^5} + \frac{2000}{0.0635^5}}$$

$$\frac{700}{0.0762^5} + \frac{800}{0.1016^5} + \frac{2000}{0.0635^5}$$

$$\Delta h_{f1} = -22.34 \text{ metros}$$

$$h_{f1k} = h_{f1k-1} + \Delta h_{f1}$$

$$h_{f1k} = 55.48 + (-22.37)$$

$$h_{f1k} = 33.14 \text{ metros}$$

Los resultados para todas las iteraciones se encuentran en la siguiente tabla para el cálculo de la cabeza total y de la corrección de cada una de h_{f1k} .

Tabla 4.18 Resultado de las iteraciones para el cálculo de la cabeza total y la corrección para h_{f1k} .

H (m)	Vhf1 (m)	hf1k (m)
652.252573	-22.3433332	33.1413513
379.182269	10.2399349	43.3812861
503.594851	-4.60521104	38.7760751
447.46295	2.09255412	40.8686292
472.935086	-0.94682959	39.9217996
461.402405	0.42927188	40.3510715
466.629628	-0.19445026	40.1566212
464.261517	0.08811714	40.2447384
465.33459	-0.0399239	40.2048145
464.848392	0.01809012	40.2229046
465.068693	-0.0081966	40.214708
464.968875	0.00371393	40.2184219
465.014103	-0.00168279	40.2167391
464.99361	0.00076248	40.2175016
465.002895	-0.00034548	40.2171561
464.998688	0.00015654	40.2173127

Obteniendo la corrección de la cabeza total y de h_{f1k} se prosiguió a obtener los resultados de las iteraciones para la comprobación del diseño de las líneas de conducción para el manantial Vuelta Grande.

Tabla 4.19 Resultado de las iteraciones para comprobación de diseño del sistema de tuberías manantial “Vuelta Grande”

H_{f1}	V₁	Q₁	H_{m1}	Q₂	V₂	H_{f2}	H_{m2}	Q₃	V₃	H_{f3}	H_{m3}
(metros)	(m/s)	(m³/s)	(m)	(m³/s)	(m/s)	(m)	(m)	(m³/s)	(m/s)	(m)	(m)
55.484685	3.349773	0.015276	2.859577	0.015276	1.884247	23.374730	0.904788	0.015276	4.823674	563.699174	5.929620
33.141351	2.550800	0.011633	1.658150	0.011633	1.434825	13.554035	0.524649	0.011633	3.673152	326.865743	3.438340
43.381286	2.941660	0.013415	2.205240	0.013415	1.654683	18.026050	0.697752	0.013415	4.235990	434.711738	4.572785
38.776075	2.772095	0.012642	1.958335	0.012642	1.559303	16.007808	0.619630	0.012642	3.991816	386.040298	4.060804
40.868629	2.850283	0.012998	2.070365	0.012998	1.603284	16.923560	0.655076	0.012998	4.104407	408.124347	4.293109
39.921800	2.815150	0.012838	2.019640	0.012838	1.583522	16.508924	0.639027	0.012838	4.053816	398.125089	4.187926
40.351071	2.831128	0.012911	2.042631	0.012911	1.592509	16.696854	0.646301	0.012911	4.076824	402.657171	4.235599
40.156621	2.823900	0.012878	2.032215	0.012878	1.588444	16.611714	0.643006	0.012878	4.066416	400.603960	4.214001
40.244738	2.827177	0.012893	2.036935	0.012893	1.590287	16.650294	0.644499	0.012893	4.071136	401.534336	4.223788
40.204814	2.825693	0.012886	2.034796	0.012886	1.589452	16.632814	0.643822	0.012886	4.068998	401.112792	4.219354
40.222905	2.826366	0.012889	2.035765	0.012889	1.589831	16.640734	0.644129	0.012889	4.069967	401.303797	4.221363
40.214708	2.826061	0.012888	2.035326	0.012888	1.589659	16.637145	0.643990	0.012888	4.069528	401.217253	4.220453
40.218422	2.826199	0.012889	2.035525	0.012889	1.589737	16.638771	0.644053	0.012889	4.069727	401.256466	4.220865
40.216739	2.826136	0.012888	2.035435	0.012888	1.589702	16.638035	0.644024	0.012888	4.069637	401.238698	4.220678
40.217502	2.826165	0.012888	2.035476	0.012888	1.589718	16.638368	0.644037	0.012888	4.069677	401.246749	4.220763
40.217156	2.826152	0.012888	2.035457	0.012888	1.589710	16.638217	0.644031	0.012888	4.069659	401.243101	4.220725

Como se puede ver en la tabla 4.19, el caudal que llega al tanque de distribución número 2 es :

Q= 12.88 Litros/Segundo

Por lo tanto, la capacidad de conducción de la línea del manantial Vuelta Grande es de 12.88 litros / Segundo

2. Estado físico de la línea de conducción manantial Vuelta

Grande. Durante el recorrido se observó que la línea de conducción se encuentra en la superficie y tiene varias reparaciones inadecuadas. Las cajas rompe presión muestran deterioro y se encuentran en mal estado al igual que las tapaderas.

La persona encargada de darle mantenimiento, indica que este manantial es el que mayores problemas presenta, tales como tapones en las líneas de conducción, grietas en las cajas rompe-presión provocadas por raíces de la diversidad de vegetación que se encuentra en el lugar.

Durante el recorrido se observó que la línea de conducción está expuesta a la intemperie y muestra daños provocando fugas de agua y evitando que llegue el caudal adecuado al tanque. El daño se puede observar en la fotografía 4.8.

4.8 Manantial Vuelta Grande, tubería con fuga y expuesta



D. Descripción de la línea de conducción manantial Santa Rita

Se encuentra ubicado en la región noroeste de la finca Santa Rita, a 3km. del Tanque No. 2. Tiene un área de terreno de 30m² aproximadamente, es propiedad municipal. Fue diseñado por primera vez en el año 1970 y luego fue rediseñado por el INFOM. Este manantial no cuenta con todos los planos. El mantenimiento que se le proporciona a la línea es de una vez cada tres días a la semana.

A continuación se presentan los datos de diseño realizados por el Instituto de Fomento Municipal del sistema de conducción que fue rediseñado en el año 1982.

Tabla 4.20 Datos de diseño manantial Santa Rita

Sistema	Gravedad
Fuente	Nacimiento Santa Rita
Caudal disponible	3.33L/seg
Población a servir para el año 2003	2300 habitantes
Periodo de diseño (1982-2003)	20 años
Dotación	175 L/h/día
Caudal medio	4.5 L/seg
Factor hora máximo	2.00

El nacimiento inicia en un área forestada. Según los planos adquiridos del INFOM donde se muestra el área de brote, se encuentran galerías filtrantes que tienen tubos de asbesto de cemento de 6 pulgadas de diámetro. La longitud de cada galería filtrante es de 6 metros.

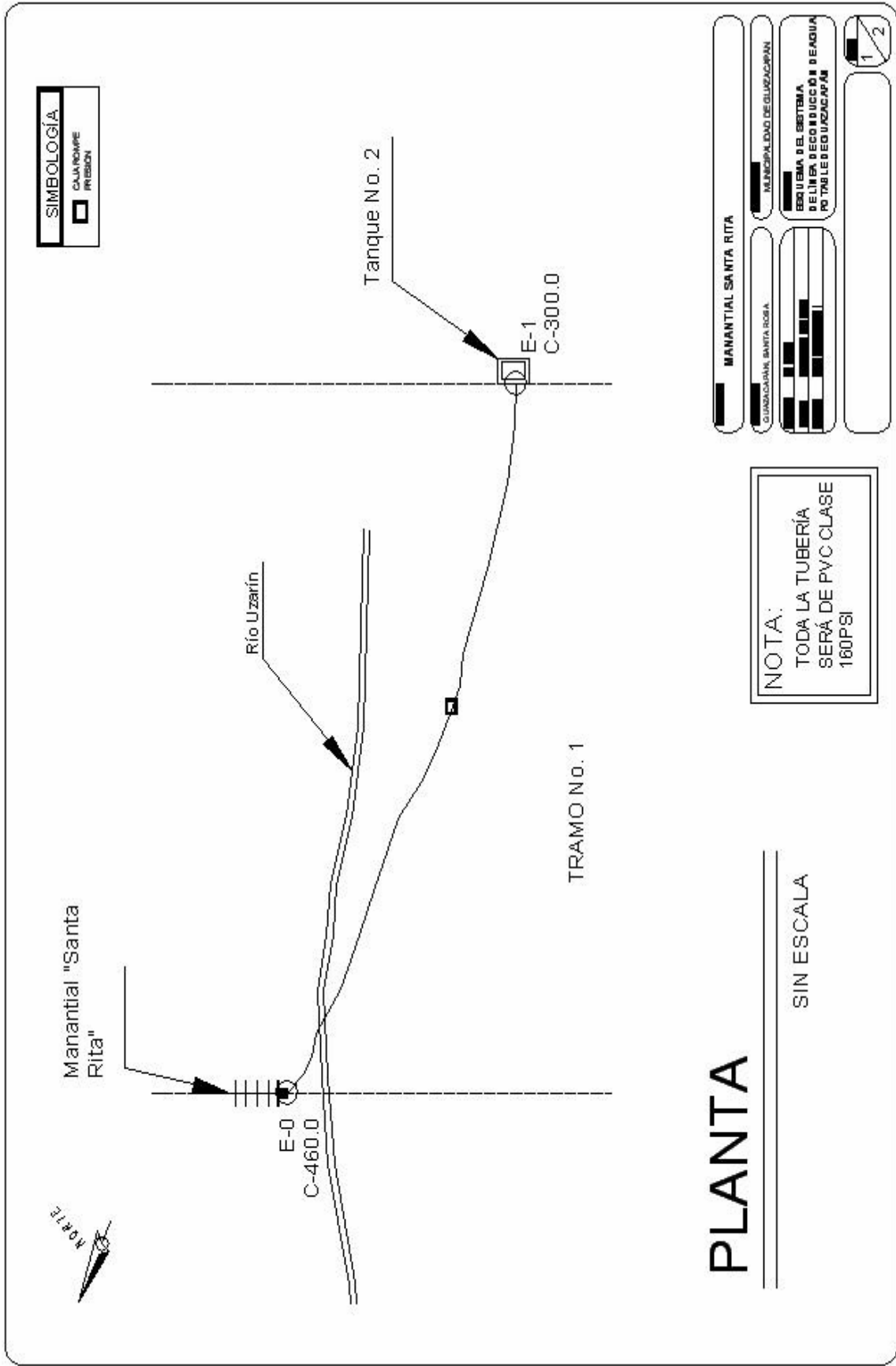
Luego toda las tuberías de las galerías filtrantes se unen a un tubo recolector de asbesto de cemento de 8 pulgadas de diámetro el cual tiene una longitud de 23.52 metros hasta llegar a las cajas unificadoras que se encuentran en el muro de concreto existente. A partir de este muro toda la línea de conducción está formada con tubería de PVC de 3" de diámetro con longitud de 3km hasta llegar al tanque de distribución número 2. A continuación se muestra el tramo de línea de conducción del manantial Santa Rita y su longitud.

Tabla 4.21 Diámetro de la tubería y su longitud

Tramo	Diámetro tubería (pulgadas)	Diámetro tubería (m)	Longitud (m)
1	3	0.0762	3000

A continuación se presenta un esquema de la línea de conducción.

4.9 PLANTA MANANTIAL SANTA RITA



PLANTA

SIN ESCALA

NOTA:
TODA LA TUBERÍA
SERÁ DE PVC CLASE
180PSI

SIMBOLOGÍA
CAJAS DE PRESIÓN
PRESIÓN

MANANTIAL SANTA RITA

MUNICIPALIDAD DE GUAYACÁN

CARRERA DE INGENIERÍA DE AGUAS

ESCUELA DE INGENIERÍA DE AGUAS

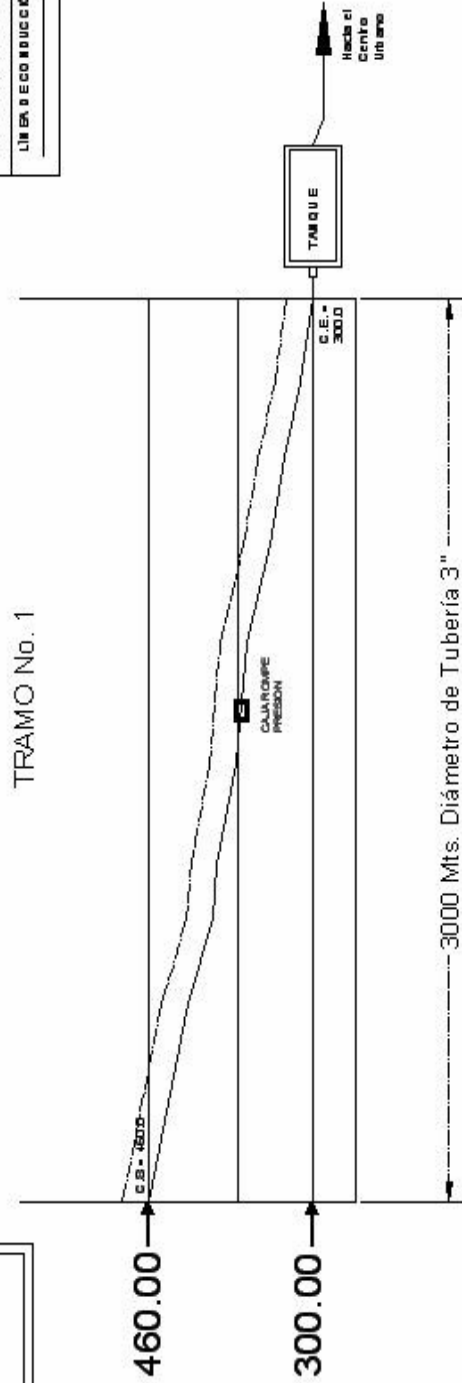
PROYECTO DE GUAYACÁN

1 2

4.10 PERFIL MANANTIAL SANTA RITA

REFERENCIA
 C.E. = COTA DE ENTRADA
 C.S. = COTA DE SALIDA

SIMBOLOGIA
 PERFIL DEL TERRENO
 LINEA DE COEFICIENTE



PERFIL

SIN ESCALA

NOTA:
 TODA LA TUBERÍA
 SERÁ DE PVC CLASE
 160PSI

MANANTIAL SANTA RITA

MUNICIPALIDAD DE GUAZACAPAN

SECRETARÍA DEL SISTEMA DE LÍNEA DE COEFICIENTE DE AGUA POTABLE DE GUAZACAPAN

2/2

1. Análisis hidráulico de la línea de conducción Santa Rita. A continuación se determina la capacidad de conducción del manantial Santa Rita

Ecuaciones utilizadas para la comprobación de la capacidad de conducción:

Caudal:

$$Q = V_i A$$

Velocidad:

$$V_i = \frac{-2 \times \sqrt{(2 \times g \times d_i \times h_{fi})} \times \text{Log}_{10} \left(\frac{K_s}{3.7 \times d_i} + \frac{2.51 \times v \times \sqrt{L_i}}{2 \times g \times d_i \times h_{fi}} \right)}{\sqrt{L_i}}$$

Donde

h_{fi} = pérdida por fricción (m)

H_T = Diferencia de altura (m)

L_i = Longitud de la tubería (m)

d_i = Diámetro de tubería (m)

v = viscosidad del agua (m²/s)

g = gravedad (m / s²)

K_s = Rugosidad relativa (m)

km_i = coeficiente global de pérdidas

Q_i = Caudal (m³/s)

Datos para analizar la capacidad de conducción del manantial Santa Rita:

$$H_T = 160.0 \text{ m}$$

$$K_s = 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$v = 1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ para el agua.}$$

Tabla 4.22 Diámetro de la tubería y su longitud

Tramo	Diámetro tubería (pulgadas)	Diámetro tubería (m)	Longitud (m)
1	3	0.0762	3000

Para la tubería 1 se tiene:

Se supone que $h_f = H_t = 160$ metros de altura

$$K_s/d = 0.0000015/0.0762 = 1.968 \times 10^{-5}$$

Cálculo de Velocidad

$$V = \frac{-2 \times (\sqrt{(2 \times 9.81 \times 0.0762 \times 160)}) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{0.0000015}{(3.7 \times 0.0762)} + \frac{2.51 \times 1.14 \times 10^{-6} \times \sqrt{3000}}{(2 \times 9.81 \times 0.0762 \times 160)} \right)}{\sqrt{3000}}$$

$$V = 2.179 \text{ metros / segundo}$$

$$h_f = 120 - \frac{5 \times (2.17^2)}{(2 \times 9.81)}$$

$$h_f = 158.79 \text{ m}$$

Los resultados para todas las iteraciones se muestran en la siguiente tabla

Tabla 4.23 Resultado de las iteraciones para comprobación de diseño del sistema de tuberías manantial “Santa Rita”

H (m)	Ks/d (-)	H _{fi} (m)	V (m/s)	H _{fi+1} (m)
160	1.9685E-05	160	2.17946	158.789484
160	1.9685E-05	158.789484	2.17120	158.798642
160	1.9685E-05	158.798642	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573
160	1.9685E-05	158.798573	2.17127	158.798573

Los resultados se pueden resumir así:

$$H_f = 158.79 \text{ metros}$$

$$h_m = H - H_f = 160.0 \text{ m} - 158.79 \text{ m}$$

$$h_m = 1.21 \text{ m}$$

$$v = 2.17 \text{ m/s}$$

Finalmente se calcula la capacidad de conducción del manantial Santa Rita:

$$Q = VA$$

$$Q = (2.17 \text{ m/s}) * (\pi/4) * (0.0762 \text{ m})^2 = 0.0099 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 9.90 \text{ Litros/Segundos}$$

Por lo tanto la capacidad de conducción del manantial Santa Rita es de 9.90 Litros/Segundos

2. Estado físico de la línea de conducción manantial Santa

Rita. Este sistema de conducción tiene tubería de asbesto, con alto grado de deterioro. La loza que es parte del muro de contención, muestra daños y fisuras que provocan fugas de agua, ver fotografía 4.11. Las cajas rompepresión presentan daños y falta de mantenimiento, no existen normas de seguridad para mantener las tapaderas con candados y en buen estado para evitar riesgos de contaminación en la conducción de agua, ver fotografía 4.12.

En ciertos tramos la línea de conducción se encuentra expuesta a la intemperie y con ciertas reparaciones en sus uniones. Se nota poca forestación en el lugar.

4.11 Manantial Santa Rita, losa dañada



4.12 Manantial Santa Rita, tapadera en mal estado



E. Descripción de la línea de conducción manantial El Carmen

Se encuentra ubicado a 1.5 km. del tanque No. 2, Tiene una extensión de 20m², es propiedad de la municipalidad, el terreno está dentro de la finca el Carmen. La construcción fue realizada por el Instituto Nacional de Fomento Municipal en el año 1970 por primera vez y luego fue rediseñado por el INFOM en el año 1982. Este manantial cuenta con registro de planos en el INFOM, pero no en su totalidad. El mantenimiento que se le proporciona es de una vez cada tres días a la semana.

A continuación se presentan los datos del diseño realizado por el Instituto de Fomento Municipal que fue rediseñado en el año 1982:

Tabla 4.24 Datos diseño manantial El Carmen

Sistema	Gravedad
Fuente	El Carmen
Caudal disponible	1.30 L/seg
Población a servir para el año 2003	2300 habitantes
Periodo de diseño (1982-2003)	20 años
Dotación	175 L/h/día
Caudal medio	4.5 L/seg

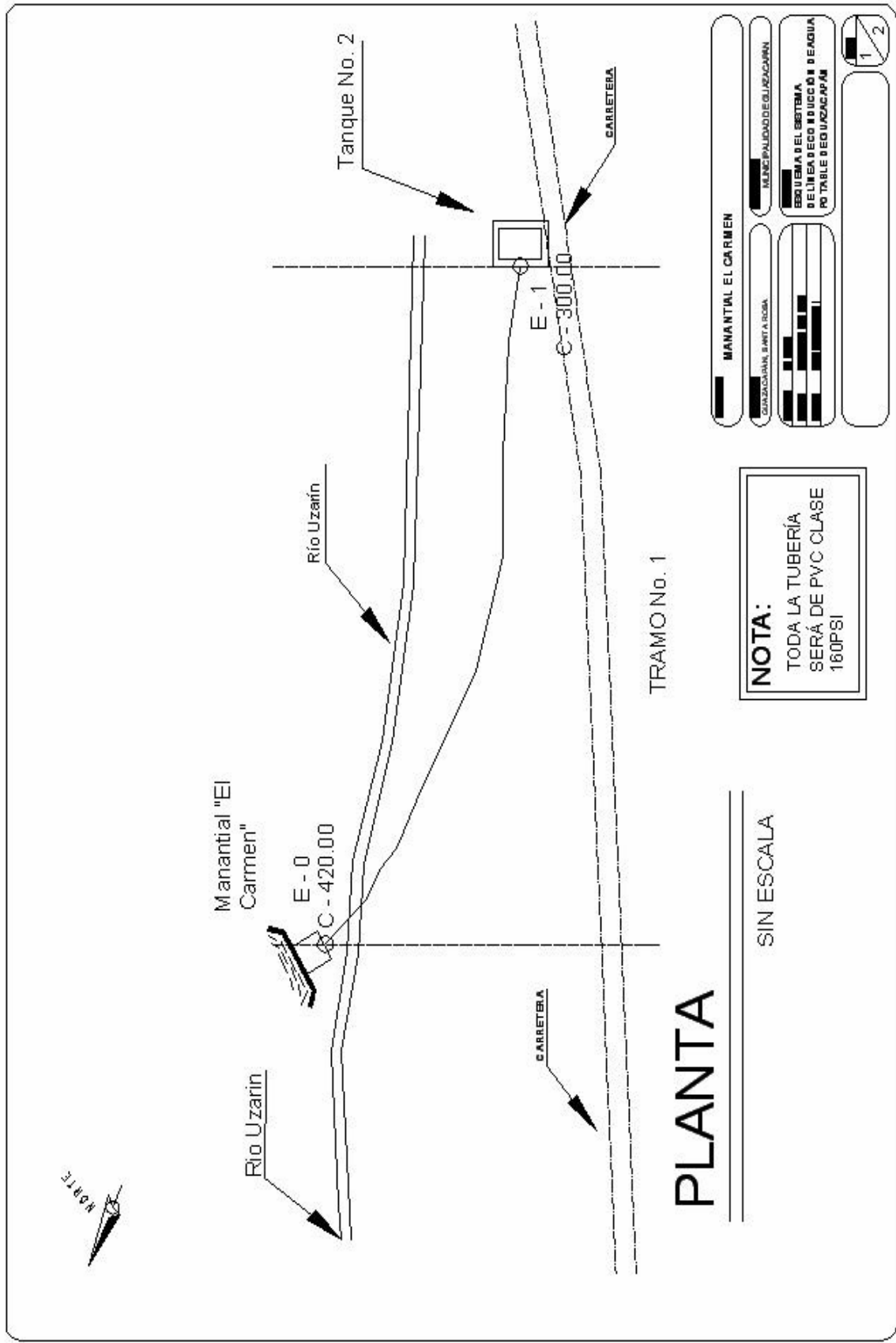
Cuenta con tubería de 3" de hierro galvanizado para la caja unificadora la cual pasa abajo del río Uzarín. A partir de aquí la línea de conducción ésta formada con tubería de PVC con diámetro de 3". El agua es conducida y llevada al tanque de distribución No. 2. A continuación se muestra el tramo de la línea de conducción del manantial El carmen y su longitud.

Tabla 4.25 Diámetro de la tubería y su longitud

Tramo	Diámetro tubería (pulgadas)	Diámetro tubería (m)	Longitud (m)
1	3	0.0762	1500

A continuación se presenta un esquema de la línea de conducción.

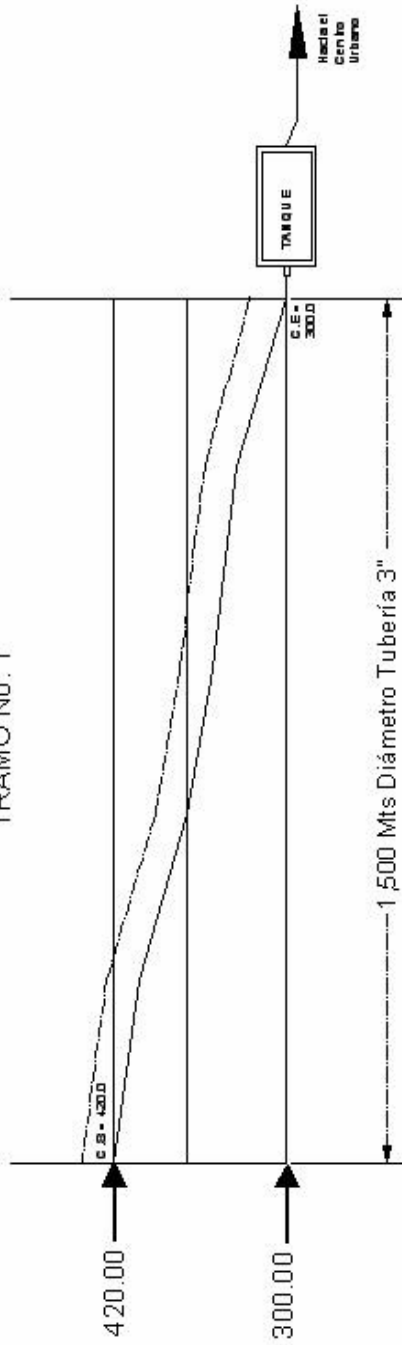
4.13 PLANTA MANANTIAL EL CARMEN



4.14 PERFIL MANANTIAL EL CARMEN

SIMBOLOGIA
PERFIL DEL TERRENO
LINEA DE COCIDA

TRAMO No. 1



REFERENCIA

C.E. = COTA DE ENTRADA
C.S. = COTA DE SALIDA

NOTA:

TODA LA TUBERÍA
SERÁ DE PVC CLASE
160PSI

PERFIL

SIN ESCALA

MANANTIAL EL CARMEN	MUNICIPALIDAD DE GUZUCAPAN
GUZUCAPAN SANTA ROSA	ESQUEMA DEL SISTEMA DE LINEA DE COCIDA DE AGUA POTABLE DE GUZUCAPAN
	2/2

1. **Análisis hidráulico de la línea de conducción El Carmen.** A continuación se determina la capacidad de conducción del manantial El Carmen.

Ecuaciones utilizadas para la comprobación de la capacidad de conducción:

Caudal:

$$Q = V_i A$$

Velocidad:

$$V_i = \frac{-2 \times \sqrt{(2 \times g \times d_i \times h_{fi})} \times \text{Log}_{10} \left(\frac{K_s}{(3.7 \times d_i)} + \frac{(2.51 \times v \times \sqrt{L_i})}{(2 \times g \times d_i \times h_{fi})} \right)}{\sqrt{L_i}}$$

Donde

h_{fi} = pérdida por fricción (m)

H_T = Diferencia de altura (m)

L_i = Longitud de la tubería (m)

d_i = Diámetro de tubería (m)

v = viscosidad del agua (m²/s)

g = gravedad (m / s²)

K_s = Rugosidad relativa (m)

km_i = coeficiente global de pérdidas

Q_i = Caudal (m³/s)

Datos para analizar la capacidad de conducción del manantial Vuelta Grande:

$$H_T = 120.0 \text{ m}$$

$$K_s = 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$v = 1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ para el agua.}$$

Tabla 4.26 Diámetro de la tubería y su longitud

Tramo	Diámetro tubería (pulgadas)	Diámetro tubería (m)	Longitud (m)
1	3	0.0762	1500

Para la tubería uno se tiene

Se supone que $h_f = H_t = 120$ metros de altura

$$K_s/d = 0.0000015/0.0762 = 1.968 \times 10^{-5}$$

Cálculo de Velocidad

$$V = \frac{-2 \times (\sqrt{(2 \times 9.81 \times 0.0762 \times 120)})}{\sqrt{(1500)}} \times \text{Log}_{10} \left(\frac{(0.0000015) + (2.51 \times 1.14 \times 10^{-6} \times \sqrt{1500})}{(3.7 \times 0.0762) + (2 \times 9.81 \times 0.0762 \times 120)} \right)$$

$$V = 2.72 \text{ metros / segundo}$$

Los resultados para todas las iteraciones se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.27 Resultado de las iteraciones para comprobación de diseño del sistema de tuberías manantial “El Carmen”

H (m)	Ks/d (-)	h_{fi} (m)	V (m/s)	h_{fi+1} (m)
120	1.9685E-05	120	2.72760	118.104024
120	1.9685E-05	118.104024	2.70597	118.13398
120	1.9685E-05	118.13398	2.70631	118.133507
120	1.9685E-05	118.133507	2.70631	118.133514
120	1.9685E-05	118.133514	2.70631	118.133514
120	1.9685E-05	118.133514	2.70631	118.133514
120	1.9685E-05	118.133514	2.70631	118.133514
120	1.9685E-05	118.133514	2.70631	118.133514
120	1.9685E-05	118.133514	2.70631	118.133514
120	1.9685E-05	118.133514	2.70631	118.133514
120	1.9685E-05	118.133514	2.70631	118.133514
120	1.9685E-05	118.133514	2.70631	118.133514
120	1.9685E-05	118.133514	2.70631	118.133514
120	1.9685E-05	118.133514	2.70631	118.133514
120	1.9685E-05	118.133514	2.70631	118.133514

Los resultados se pueden resumir así:

$$h_f = 118.13 \text{ metros}$$

$$h_m = H - H_f = 120.0 \text{ m} - 118.13 \text{ m}$$

$$h_m = 1.87 \text{ m}$$

$$v = 2.70 \text{ m/s}$$

Finalmente se calcula la capacidad de conducción del manantial El Carmen:

$$Q = VA$$

$$Q = (2.70 \text{ m/s}) * (\pi/4) * (0.0762 \text{ m})^2 = 0.01231 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 12.31 \text{ Litros/Segundos}$$

Por lo tanto, la capacidad de conducción del manantial Santa Rita es de 12.31 Litros/Segundos.

2. Estado físico de la línea de conducción manantial El

Carmen. Se observó que las líneas de conducción se instalaron con tubería galvanizada, se aprecia un alto grado de corrosión y deterioro. Las cajas de captación y sus tapaderas se encuentran en mal estado, las líneas de conducción se encuentran en la intemperie, expuestas al sol, con reparaciones inadecuadas provocando pequeñas fugas que disminuyen el caudal que llega al tanque de almacenamiento.

F. Descripción de la línea de conducción manantial El Belén

Este sistema fue realizado por la municipalidad de Guazacapán, diseñado y supervisado por el fontanero de la localidad. No se encontró ningún plano de este sistema en el INFOM. La información es empírica y no tiene ningún estudio realizado para crear un diseño adecuado y aprovechar al máximo el estudio de este manantial. Se localiza a 4 km. del Tanque No. 3 en la finca Belén, es propiedad municipal. El mantenimiento que se le proporciona es de una vez cada tres días a la semana

A continuación se presentan los datos proporcionados por la municipalidad.

Tabla 4.28 Datos de diseño manantial El Belén

Sistema	Gravedad
Fuente	Nacimiento finca El Belén
Año de construcción	2003

Este manantial inicia en un área forestada. Su captación es por medio de 2 cajas de concreto de 1m^3 y galerías de infiltración. El agua es conducida por tubería de PVC con diámetros de 3" y 4" llegando al tanque número 3.

A continuación se muestran los tramos de la línea de conducción del manantial El Belén.

Tabla 4.29 Diámetro de las tuberías y sus longitudes

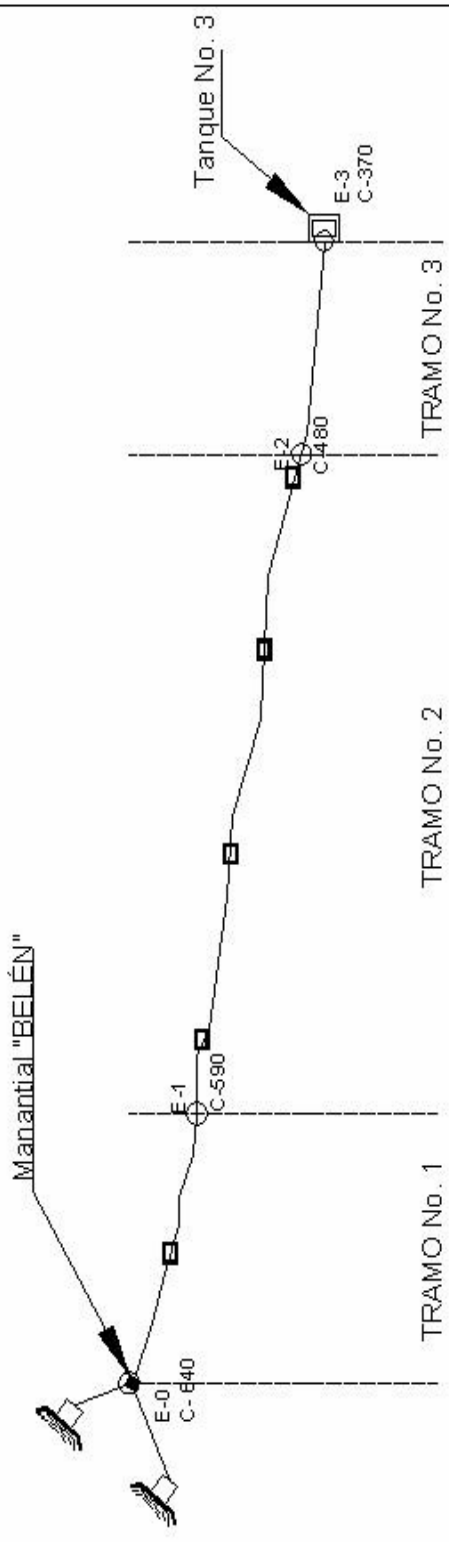
Tramo	Diámetro tubería (pulgadas)	Diámetro tubería (m)	Longitud (m)
1	3	0.0762	1020
2	4	0.1016	2500
3	3	0.0762	400

A continuación se presenta un esquema de la línea de conducción.

4.15 PLANTA MANANTIAL EL BELÉN



SIMBOLOGÍA	
	CANA, NOMBRE
	PRESION



PLANTA

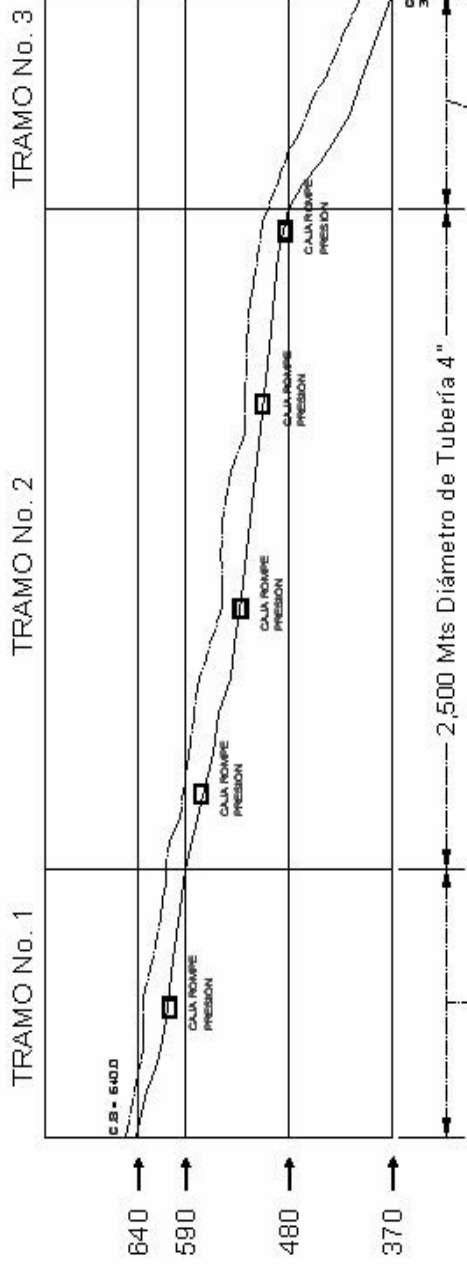
SIN ESCALA

NOTA:
TODA LA TUBERÍA
SERÁ DE PVC CLASE
160PSI

	MANANTIAL BELÉN
	EDUCACION BELÉN
	MUNICIPALIDAD DE BUZACABÁN
	ESQUEMA DEL SISTEMA DE LINEA DE CONDUCCION DE AGUA POTABLE DE BUZACABÁN
1/2	

4.16 PERFIL MANANTIAL EL BELÉN

SIMBOLOGÍA	
	PERFIL DEL TERRENO
	LÍNEA DE COEFICIENTE
	CAJA ROMPE PRESION



REFERENCIA
 C.E. = COTA DE ENTRADA
 C.S. = COTA DE SALIDA

NOTA:
 TODA LA TUBERÍA
 SERÁ DE PVC CLASE
 160PSI

PERFIL

SIN ESCALA

MANANTIAL EL BELÉN

MUNICIPALIDAD DE GUAYACÁN

ESTADIA DEL SISTEMA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE DE GUAYACÁN

2/2

1. Análisis hidráulico de la línea de conducción El Belén. A

continuación se determina la capacidad de conducción del manantial el Belén.

Para llevar a cabo el proceso de comprobación de la capacidad de la tubería se debe suponer para la primera iteración el valor de las pérdidas por fricción para la primera tubería (h_{f1}) por medio de la siguiente ecuación, la cual se basa en la ecuación de Darcy- Weisbach.

Ecuaciones utilizadas para la comprobación de la capacidad de conducción:

$$h_{f1} = H_T \left(\frac{L_1 / d_1^5}{\sum L_i / d_i^5} \right)$$

Velocidad:

$$V_i = \frac{-2 \times \sqrt{(2 \times g \times d_i \times h_{f1})}}{\sqrt{(L_i)}} \times \text{Log}_{10} \left(\frac{(K_s)}{(3.7 \times d_i)} + \frac{(2.51 \times v \times \sqrt{L_i})}{(2 \times g \times d_i \times h_{f1})} \right)$$

$$V_i = \frac{4 \times (Q_i)}{\pi d_i^2}$$

Caudal:

$$Q_i = \frac{\pi}{4} (d_i)^2 \times V_i$$

Pérdidas menores:

$$h_{m1} = \sum k_{m_i} \left(\frac{V_i^2}{2 \times g} \right)$$

Número de Reynolds:

$$Re_i = V_i d_i / \nu$$

Donde

h_{fi} = pérdida por fricción (m)

H_T = Diferencia de altura (m)

L_i = Longitud de la tubería (m)

d_i = Diámetro de tubería (m)

ν = viscosidad del agua (m²/s)

g = gravedad (m / s²)

K_s = Rugosidad relativo (m)

km_i = coeficiente global de pérdidas

Q_i = Caudal (m³/s)

Datos para analizar la capacidad de conducción del manantial El Belén:

$$H_T = 270.0 \text{ m}$$

$$K_s = 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$km = 5$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\nu = 1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ para el agua.}$$

Tabla 4.30 Diámetro de las tuberías y sus longitudes

Tramo	Diámetro tubería (pulgadas)	Diámetro tubería (m)	Longitud (m)
1	3	0.0762	1020
2	4	0.1016	2500
3	3	0.0762	400

Para la primera tubería

Pérdidas por fricción:

$$\frac{1020}{0.0762^5}$$

$h_{f1} = 270.0 \text{ m} \times$

$$\frac{1020}{0.0762^5} + \frac{2500}{0.1016^5} + \frac{400}{0.0762^5}$$

$h_{f1} = 136.79 \text{ m}$

Velocidad

$$V_1 = \frac{-2 \times (\sqrt{(2 \times 9.81 \times 0.0762 \times 136.79)}) \times \log_{10}((0.0000015) + (2.51 \times 1.14 \times 10^{-6} \times \sqrt{1020}))}{\sqrt{(1020)} \quad (3.7 \times 0.0762) + (2 \times 9.81 \times 0.0762 \times 136.79)}$$

$V_1 = 4.41 \text{ metros / segundos}$

Caudal:

$$Q_1 = \frac{\pi}{4} (0.0762 \text{ m})^2 \times 4.41 \text{ m / s}$$

$$Q_1 = 0.02014 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pérdidas menores:

$$H_{m1} = 5 \times \frac{4.41^2}{2 \times 9.81}$$

$$H_{m1} = 4.97 \text{ m}$$

Para la segunda tubería:

$$V_2 = \frac{4 \times 0.02014 \text{ m}}{\pi \times 0.1016^2 \text{ s}}$$

$$V_2 = 2.48 \text{ metros / segundos}$$

Pérdidas por fricción y pérdidas menores:

Cálculo del numero de Reynolds

$$Re = (2.48 \times 0.1016) / 1.14 \times 10^{-6} = 168442.105$$

Calculando el factor de fricción mediante el método de Newton se tiene :

Tabla 4.31 Cálculo factor de fricción

:

f	x	g(x)	f
	Re= 168442.105		
0.001	31.6227766	6.64622977	0.02263859
0.02263859	6.64622977	7.97409432	0.01572669
0.01572669	7.97409432	7.82150225	0.01634631
0.01634631	7.82150225	7.83773426	0.01627867
0.01627867	7.83773426	7.83599309	0.01628591
0.01628591	7.83599309	7.83617969	0.01628513
0.01628513	7.83617969	7.83615969	0.01628521
0.01628521	7.83615969	7.83616183	0.0162852
0.0162852	7.83616183	7.8361616	0.01628521
0.01628521	7.8361616	7.83616163	0.0162852
0.01628521	7.83616163	7.83616163	0.01628521
0.01628521	7.83616163	7.83616163	0.01628521

Luego : $f_2 = 0.01628521$

$$h_{f2} = 0.01628521 \times \frac{2500}{0.1016} \times \frac{2.48^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{f2} = 126.04 \text{ m}$$

$$h_{m2} = 5 \times \frac{2.48^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{m2} = 1.57 \text{ m}$$

Para la tercera tubería

$$V_3 = \frac{4 \times 0.02014 \text{ m}}{\pi \times 0.0762^2 \text{ s}}$$

$$V_3 = 4.42 \text{ metros / segundos}$$

Pérdidas por fricción y pérdidas menores:

Calculo del numero de Reynolds

$$Re = (4.42 \times 0.1016) / 1.14 \times 10^{-6} = 223921.053$$

Calculando el factor de fricción mediante el método de Newton se obtiene:

Tabla 4.32 Cálculo factor de fricción

f	x	g(x)	f
	Re =223921.053		
0.001	31.6227766	6.88790251	0.02107784
0.02107784	6.88790251	8.16678789	0.01499331
0.01499331	8.16678789	8.02767233	0.01551746
0.01551746	8.02767233	8.04176926	0.01546311
0.01546311	8.04176926	8.04033032	0.01546864
0.01546864	8.04033032	8.04047709	0.01546808
0.01546808	8.04047709	8.04046212	0.01546814
0.01546814	8.04046212	8.04046364	0.01546813
0.01546813	8.04046364	8.04046349	0.01546813
0.01546813	8.04046349	8.0404635	0.01546813
0.01546813	8.0404635	8.0404635	0.01546813
0.01546813	8.0404635	8.0404635	0.01546813

Luego : $f_3 = 0.01546813$

$$h_{f3} = 0.01546813 \times \frac{400}{0.0635} \times \frac{4.42^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{f3} = 80.72 \text{ m}$$

$$h_{m3} = 5 \times \frac{4.42^2}{2 \times 9.81} \text{ m}$$

$$h_{m3} = 4.97 \text{ m}$$

Cálculo de la cabeza total y de la corrección para h_{f1}

$$H = 136.79 + 4.97 + 126.04 + 1.57 + 80.72 + 4.97$$

$$H = 355.06 \text{ m}$$

$$\frac{1020}{0.0762^5}$$

$$\Delta h_{f1} = (270 - 355.06) \text{ m} \times \frac{\frac{1020}{0.0762^5} + \frac{2500}{0.1016^5} + \frac{400}{0.0635^5}}{\frac{1020}{0.0762^5} + \frac{2500}{0.1016^5} + \frac{400}{0.0635^5}}$$

$$\frac{1020}{0.0762^5} + \frac{2500}{0.1016^5} + \frac{400}{0.0635^5}$$

$$\Delta h_{f1} = -43.09 \text{ metros}$$

$$h_{f1k} = h_{f1k-1} + \Delta h_{f1}$$

$$h_{f1k} = 136.79 + (-43.09)$$

$$h_{f1k} = 93.7 \text{ metros}$$

Los resultados para todas las iteraciones se encuentran en la siguiente tabla para el cálculo de la cabeza total y de la corrección de cada una de h_{f1k} .

Tabla 4.33 Resultado de las iteraciones para el cálculo de la cabeza total y la corrección para h_{f1k} .

H (m)	Δh_{f1} (m)	h_{f1k} (m)
355.063319	-43.0965257	93.6964195
240.379537	15.0069271	108.703347
280.193119	-5.16424715	103.5391
266.475761	1.78552237	105.324622
271.216624	-0.61639124	104.708231
269.579775	0.21290325	104.921134
270.14512	-0.07352374	104.84761
269.949881	0.02539223	104.873002
270.017309	-0.00876929	104.864233
269.994022	0.00302853	104.867262
270.002064	-0.00104592	104.866216
269.999287	0.00036121	104.866577
270.000246	-0.00012475	104.866452
269.999915	4.3082E-05	104.866495
270.000029	-1.4879E-05	104.86648
269.99999	5.1384E-06	104.866485

Obteniendo la corrección de la cabeza total y de la corrección para h_{f1k} se prosiguió a obtener los resultados de las iteraciones para la comprobación de diseño de las líneas de conducción para el manantial El Belén.

Tabla 4.34 Resultado de las iteraciones para comprobación de de diseño del sistema de tuberías manantial “El Belén”

H_{f1} (metros)	V₁ (m/s)	Q₁ (m³/s)	H_{m1} (m)	Q₂ (m³/s)	V₂ (m/s)	H_{f2} (m)	H_{m2} (m)	Q₃ (m³/s)	V₃ (m/s)	H_{f3} (m)	H_{m3} (m)
136.792945	4.41632418	0.02014006	4.97041775	0.02014006	2.48418235	126.039732	1.57267124	0.02014006	4.41632418	80.7171348	4.97041775
93.6964195	3.62037549	0.01651024	3.34024431	0.01651024	2.03646121	84.7018337	1.05687417	0.01651024	3.62037549	54.2439214	3.34024431
108.703347	3.91455736	0.01785182	3.90513743	0.01785182	2.20193851	99.0263799	1.23560989	0.01785182	3.91455736	63.4175074	3.90513743
103.5391	3.81568888	0.01740094	3.71036738	0.01740094	2.14632499	94.0874055	1.17398343	0.01740094	3.81568888	60.2545377	3.71036738
105.324622	3.8501378	0.01755804	3.77766593	0.01755804	2.16570251	95.7939606	1.19527711	0.01755804	3.8501378	61.347433	3.77766593
104.708231	3.83827778	0.01750396	3.75442821	0.01750396	2.15903125	95.204699	1.18792455	0.01750396	3.83827778	60.9700639	3.75442821
104.921134	3.84237809	0.01752266	3.76245397	0.01752266	2.16133768	95.4082161	1.19046395	0.01752266	3.84237809	61.1003983	3.76245397
104.84761	3.84096255	0.0175162	3.75968229	0.0175162	2.16054143	95.3379319	1.18958698	0.0175162	3.84096255	61.0553876	3.75968229
104.873002	3.84145148	0.01751843	3.76063951	0.01751843	2.16081646	95.3622051	1.18988985	0.01751843	3.84145148	61.0709324	3.76063951
104.864233	3.84128263	0.01751766	3.76030893	0.01751766	2.16072148	95.3538222	1.18978525	0.01751766	3.84128263	61.0655639	3.76030893
104.867262	3.84134094	0.01751793	3.7604231	0.01751793	2.16075428	95.3567173	1.18982137	0.01751793	3.84134094	61.067418	3.7604231
104.866216	3.84132081	0.01751783	3.76038367	0.01751783	2.16074295	95.3557175	1.1898089	0.01751783	3.84132081	61.0667777	3.76038367
104.866577	3.84132776	0.01751787	3.76039729	0.01751787	2.16074686	95.3560628	1.1898132	0.01751787	3.84132776	61.0669988	3.76039729
104.866452	3.84132536	0.01751785	3.76039259	0.01751785	2.16074551	95.3559435	1.18981172	0.01751785	3.84132536	61.0669224	3.76039259
104.866495	3.84132619	0.01751786	3.76039421	0.01751786	2.16074598	95.3559847	1.18981223	0.01751786	3.84132619	61.0669488	3.76039421
104.86648	3.8413259	0.01751786	3.76039365	0.01751786	2.16074582	95.3559705	1.18981205	0.01751786	3.8413259	61.0669397	3.76039365
104.866485	3.841326	0.01751786	3.76039384	0.01751786	2.16074588	95.3559754	1.18981211	0.01751786	3.841326	61.0669428	3.76039384
104.866484	3.84132597	0.01751786	3.76039378	0.01751786	2.16074586	95.3559737	1.18981209	0.01751786	3.84132597	61.0669417	3.76039378
104.866484	3.84132598	0.01751786	3.7603938	0.01751786	2.16074586	95.3559743	1.1898121	0.01751786	3.84132598	61.0669421	3.7603938
104.866484	3.84132597	0.01751786	3.76039379	0.01751786	2.16074586	95.3559741	1.1898121	0.01751786	3.84132597	61.066942	3.76039379

Como se puede ver en la tabla 4.34, la capacidad de conducción de manantial el Belén que llega al tanque de distribución número 2 es de:

Q= 17.51 Litros/Segundos

2. Estado físico de la línea de conducción manantial El

Belén. Esta línea de conducción es la más reciente que se incluyó

al sistema de distribución del municipio de Guazacapán. No cuenta con planos de construcción.

La línea de conducción se encuentra protegida por un muro de concreto con una altura de 50 centímetros aproximadamente, con longitud de 300 metros hasta llegar a un paso aéreo, sostenido por un cable tensor sujeto a una piedra ver fotografía 4.17.

4.17 Manantial El Belén, cable tensor sujeto a piedra



Al realizar el recorrido de la línea de conducción se observó que debido a la humedad y a las raíces, el muro se ha erosionado y fracturado dejando expuesta la tubería, ver fotografía 4.18.

4.18 Manantial Belén, línea de conducción



Las cajas rompe-presión no cuentan con seguridad en las tapaderas dejándolas vulnerables a cualquier tipo de contaminación. También se observó la falta de mantenimiento en ellas.

G. Descripción de la línea de conducción Río Uzarín

El agua que proviene del río Uzarín es captada por medio de dos diques de mampostería de piedra y cemento, el primer dique se sitúa a 1.5 km del tanque No. 1 y el segundo dique se encuentra a 0.5 km del tanque No. 2. La información es empírica y no tiene ningún estudio realizado para crear un diseño adecuado y aprovechar al máximo el estudio del manantial. Su mantenimiento es proporcionado, una vez cada tres días a la semana.

Estas obras de captación fueron realizadas en el año 1998 por la municipalidad de Guazacapán, fue diseñado y supervisado por el fontanero de la municipalidad. No cuenta con ningún plano de líneas de conducción en el INFOM ni en la municipalidad de Guazacapán

Para la primera captación la línea de conducción está formada por tubos de PVC con diámetro de 4 “ llegando al tanque No. 1

En la segunda captación la línea de conducción es de tubos de PVC con diámetro de 3” llegando al tanque No. 2

A continuación se muestra los tramos de la línea de conducción para la captación 1 y 2.

Tabla 4.35 Diámetro de las tuberías y sus longitudes captación 1 hacia el tanque No.1

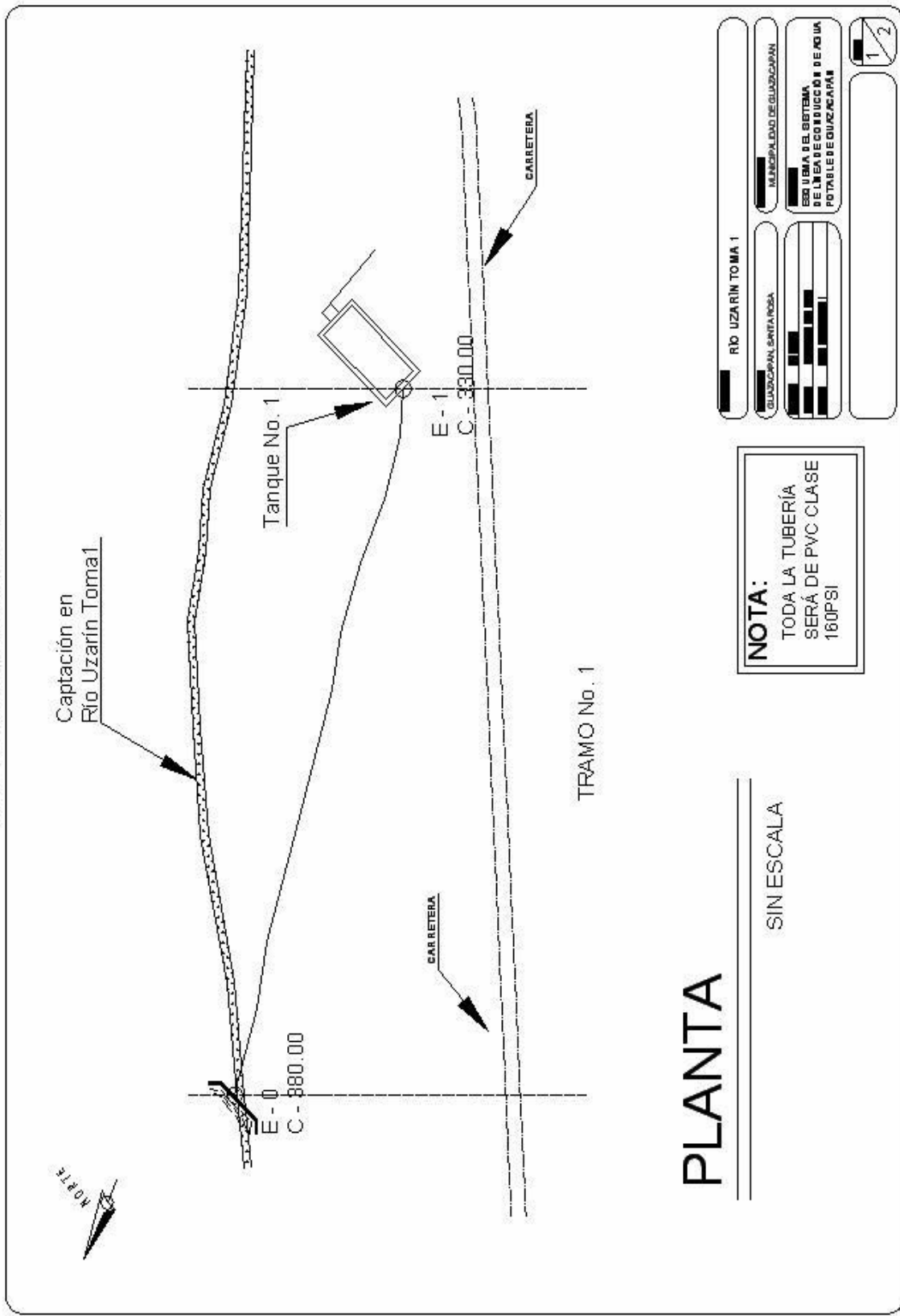
Tramo	Diámetro tubería (pulgadas)	Diámetro tubería (m)	Longitud (m)
1	4	0.1016	1500

Tabla 4.36 Diámetro de las tuberías y sus longitudes captación 2 hacia el tanque No. 2

Tramo	Diámetro tubería (pulgadas)	Diámetro tubería (m)	Longitud (m)
1	3	0.1016	500

A continuación se muestra el esquema de las tomas del río Uzarín.

4.19 PLANTA RÍO UZARÍN TOMA 1



PLANTA

SIN ESCALA

NOTA:
 TODA LA TUBERÍA
 SERÁ DE PVC CLASE
 180PSI

RÍO UZARÍN TOMA 1

MUNICIPALIDAD DE GUADUAGUAYAN

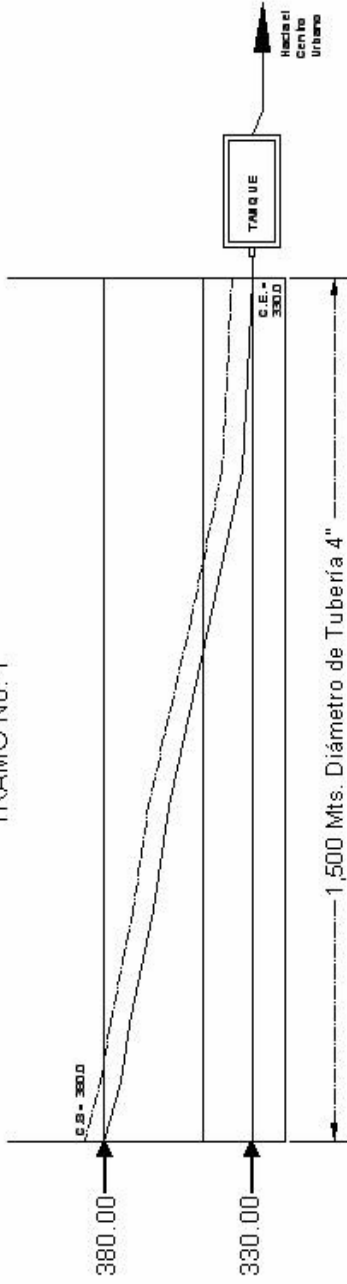
ESQUEMA DEL SISTEMA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE DE GUADUAGUAYAN

1/2

4.20 PERFIL RÍO UZARÍN TOMA 1

SIMBOLOGÍA
PERFIL DEL TERRENO
LÍNEA DE COCIENTA

TRAMO No. 1



REFERENCIA

C.E. = COTA DE ENTRADA
C.S. = COTA DE SALIDA

NOTA:

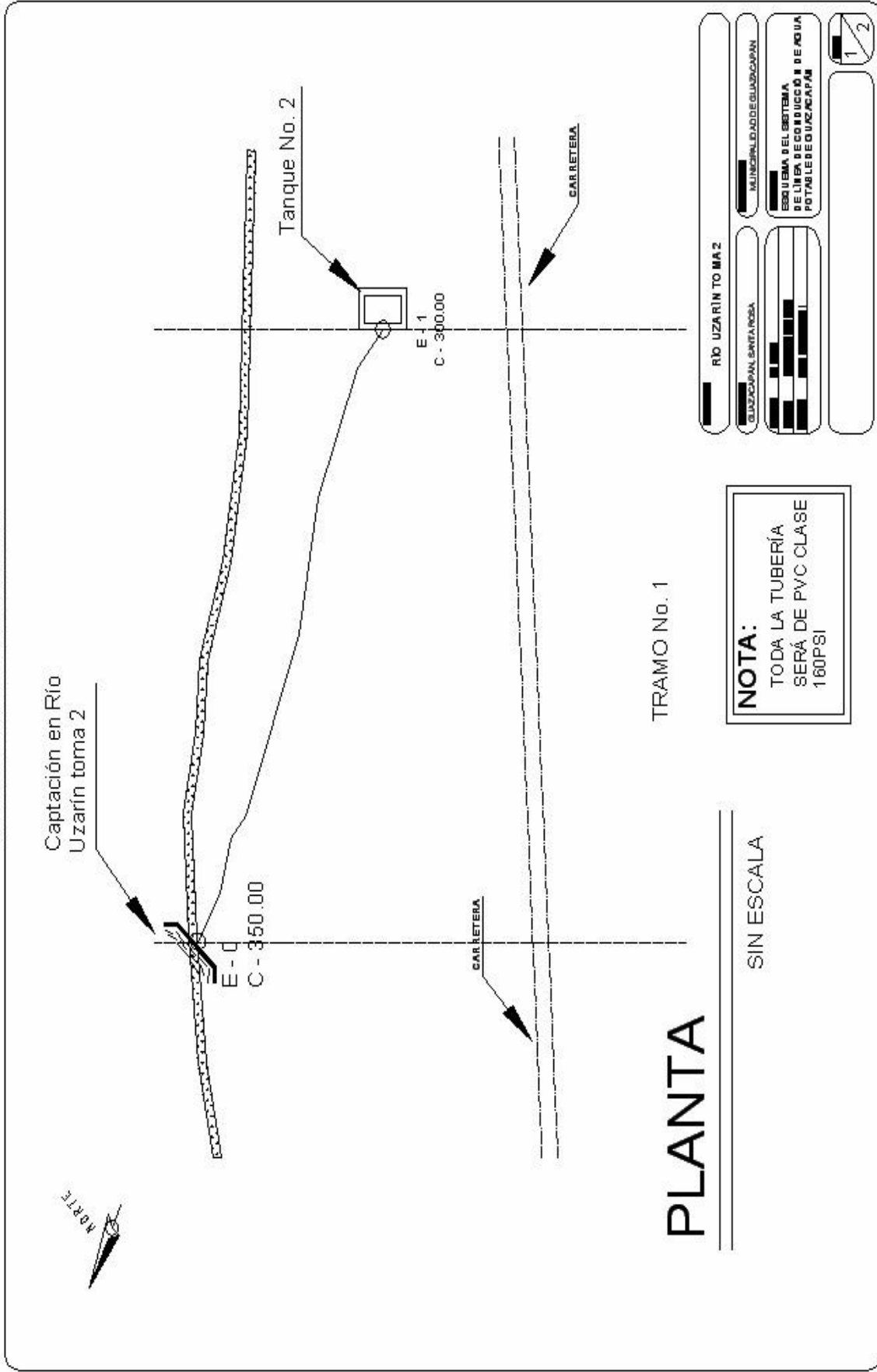
TODO LA TUBERÍA
SERÁ DE PVC CLASE
160PSI

RÍO UZARÍN TOMA 1	MUNICIPALIDAD DE GUANACAPÁN
GUANACAPÁN SANTA ROSA	SERVIDOR DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE GUANACAPÁN
	2/2

PERFIL

SIN ESCALA

4.21 PLANTA RÍO UZARÍN TOMA 2



NOTA:
 TODA LA TUBERÍA
 SERÁ DE PVC CLASE
 160PSI

SIN ESCALA

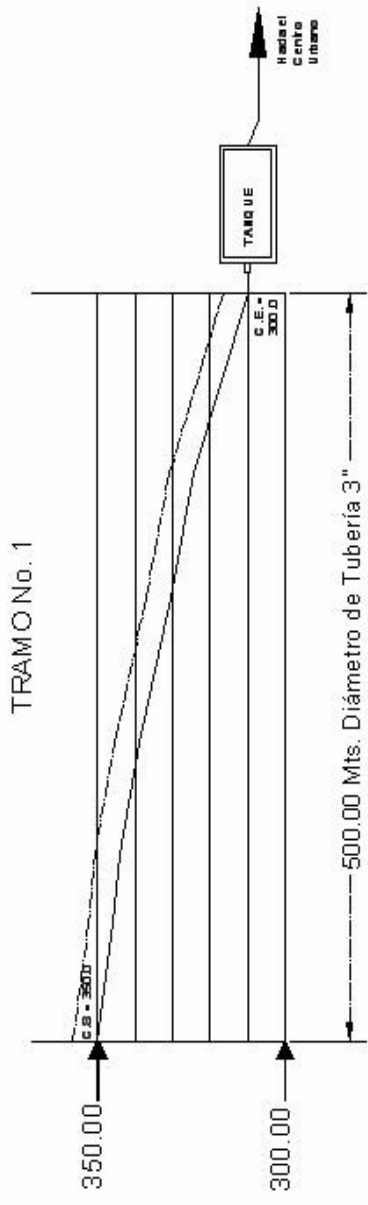
TRAMO No. 1

PLANTA

RÍO UZARÍN TOMA 2	
GUAYACÁN, SANTA ROSA	MUNICIPALIDAD DE GUAYACÁN
SISTEMA DEL SISTEMA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE DE GUAYACÁN	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 1 2 </div>	

4.22 PERFIL RÍO UZARÍN TOMA 2

S	M	B	O	L	O	G	I	Á
PERFIL DEL TERRENO								
LÍNEA DE COTAS DE ALICATA								



REFERENCIA
 C.E. = COTA DE ENTRADA
 C.S. = COTA DE SALIDA

NOTA:
 TODA LA TUBERÍA
 SERÁ DE PVC CLASE
 160PSI

PERFIL

SIN ESCALA

RÍO UZARÍN TOMA 2	MUNICIPALIDAD DE GUAYAZAPAN
GUAYAZAPAN, SANTA ROSA	SECCION DEL SISTEMA DE LÍNEA DE COTAS DE ALICATA PARA LA REGULARIZACIÓN
	2/2

1. Análisis hidráulico de la línea de conducción Río Uzarín

Río Uzarín toma 1

A continuación se determina la capacidad de conducción del Río Uzarín

Ecuaciones utilizadas para la comprobación de la capacidad de conducción:

Caudal:

$$Q = V_i A$$

Velocidad:

$$V_i = \frac{-2 \times \sqrt{(2 \times g \times d_i \times h_{fi})}}{\sqrt{L_i}} \times \text{Log}_{10} \left(\frac{K_s}{(3.7 \times d_i)} + \frac{(2.51 \times v \times \sqrt{L_i})}{(2 \times g \times d_i \times h_{fi})} \right)$$

Donde

h_{fi} = pérdida por fricción (m)

H_T = Diferencia de altura (m)

L_i = Longitud de la tubería (m)

d_i = Diámetro de tubería (m)

v = viscosidad del agua (m²/s)

g = gravedad (m / s²)

K_s = Rugosidad relativa (m)

km_i = coeficiente global de pérdidas

Q_i = Caudal (m³/s)

Datos para analizar la capacidad de conducción del Río Uzarín :

$$H_T = 50.0 \text{ m}$$

$$K_s = 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$v = 1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ para el agua.}$$

Tabla 4.37 Diámetro de las tuberías y sus longitudes captación 1 hacia el tanque No.1

Tramo	Diámetro tubería (pulgadas)	Diámetro tubería (m)	Longitud (m)
1	4	0.1016	1500

Para la tubería uno se tiene

Se supone que $h_f = H_T = 50$ metros de altura

$$K_s/d = 0.0000015/0.1016 = 1.4764 \times 10^{-5}$$

Cálculo de Velocidad

$$V = \frac{-2 \times (\sqrt{(2 \times 9.81 \times 0.1016 \times 50)})}{\sqrt{1500}} \times \text{Log}_{10} \left(\frac{0.0000015}{(3.7 \times 0.1016)} + \frac{(2.51 \times 1.14 \times 10^{-6} \times \sqrt{1500})}{(2 \times 9.81 \times 0.1016 \times 50)} \right)$$

$$V = 2.03 \text{ metros / segundo}$$

$$h_f = 50 - \frac{(5 \times (2.03^2))}{(2 \times 9.81)}$$

$$h_f = 48.95 \text{ m}$$

Los resultados para todas las iteraciones se muestran en la siguiente tabla

Tabla 4.38 Resultado de las iteraciones para comprobación de diseño del sistema de tuberías manantial “Río Uzarín ”

H (m)	K s/d (-)	H_{f i} (m)	V (m/s)	H_{f i+1} (m)
50	1.4764E-05	50	2.03432	48.9453446
50	1.4764E-05	48.9453446	2.01275	48.9675906
50	1.4764E-05	48.9675906	2.01321	48.9671213
50	1.4764E-05	48.9671213	2.01320	48.9671312
50	1.4764E-05	48.9671312	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131
50	1.4764E-05	48.967131	2.01320	48.967131

Los resultados se pueden resumir así:

$$H_f = 48.97 \text{ metros}$$

$$h_m = H - H_f = 50.0 \text{ m} - 48.97 \text{ m}$$

$$h_m = 1.03 \text{ m}$$

$$v = 2.01 \text{ m/s}$$

Finalmente se calcula la capacidad de conducción de la línea que llega al tanque de distribución número 1 :

$$Q = VA$$

$$Q = (2.01 \text{ m/s}) \times (\pi/4) \times (0.1016 \text{ m})^2 = 0.01629 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 16.29 \text{ Litros/Segundos}$$

Río Uzarín Toma 2

A continuación se determina la capacidad de conducción del Río Uzarín

Ecuaciones utilizadas para la comprobación de la capacidad de conducción:

Caudal:

$$Q = V_i A$$

Velocidad:

$$V_i = \frac{-2 \times \sqrt{(2 \times g \times d_i \times h_{fi})}}{\sqrt{L_i}} \times \text{Log}_{10} \left(\frac{K_s}{(3.7 \times d_i)} + \frac{(2.51 \times v \times \sqrt{L_i})}{(2 \times g \times d_i \times h_{fi})} \right)$$

Donde

h_{fi} = pérdida por fricción (m)

H_T = Diferencia de altura (m)

L_i = Longitud de la tubería (m)

d_i = Diámetro de tubería (m)

v = viscosidad del agua (m²/s)

g = gravedad (m / s²)

K_s = Rugosidad relativa (m)

km_i = coeficiente global de pérdidas

Q_i = Caudal (m³/s)

Datos para analizar la capacidad de conducción del Río Uzarín

$$H_T = 20.0 \text{ m}$$

$$K_s = 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$v = 1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ para el agua.}$$

Para la tubería se tiene:

Se supone que $h_f = H_T = 20$ metros de altura

$$Ks/d = 0.0000015/0.0762 = 1.9685 \times 10^{-5}$$

Cálculo de Velocidad

$$V = \frac{-2 \times (\sqrt{(2 \times 9.81 \times 0.0762 \times 20)}) \times \text{Log}_{10} \left(\frac{0.0000015}{(3.7 \times 0.0762)} + \frac{(2.51 \times 1.14 \times 10^{-6} \times \sqrt{500})}{(2 \times 9.81 \times 0.0762 \times 20)} \right)}{\sqrt{500}}$$

$$V = 1.85 \text{ metros / segundo}$$

$$h_f = 20 - \frac{(5 \times (1.85^2))}{(2 \times 9.81)}$$

$$h_f = 19.12 \text{ m}$$

Los resultados para todas las iteraciones se muestran en la siguiente tabla

Tabla 4.39 Resultado de las iteraciones para comprobación de diseño del sistema de tuberías manantial “Río Uzarin ”

H (m)	K s/d (-)	H_{f i} (m)	V (m/s)	H_{f i+1} (m)
20	1.9685E-05	20	1.85802	19.1202281
20	1.9685E-05	19.1202281	1.81669	19.158928
20	1.9685E-05	19.158928	1.81853	19.1572257
20	1.9685E-05	19.1572257	1.81845	19.1573006
20	1.9685E-05	19.1573006	1.81845	19.1572973
20	1.9685E-05	19.1572973	1.81845	19.1572974
20	1.9685E-05	19.1572974	1.81845	19.1572974
20	1.9685E-05	19.1572974	1.81845	19.1572974
20	1.9685E-05	19.1572974	1.81845	19.1572974
20	1.9685E-05	19.1572974	1.81845	19.1572974
20	1.9685E-05	19.1572974	1.81845	19.1572974
20	1.9685E-05	19.1572974	1.81845	19.1572974
20	1.9685E-05	19.1572974	1.81845	19.1572974
20	1.9685E-05	19.1572974	1.81845	19.1572974
20	1.9685E-05	19.1572974	1.81845	19.1572974
20	1.9685E-05	19.1572974	1.81845	19.1572974
20	1.9685E-05	19.1572974	1.81845	19.1572974
20	1.9685E-05	19.1572974	1.81845	19.1572974
20	1.9685E-05	19.1572974	1.81845	19.1572974

Los resultados se pueden resumir así:

$$H_f = 19.15 \text{ metros}$$

$$h_m = H - H_f = 20.0 \text{ m} - 19.15 \text{ m}$$

$$h_m = 0.85 \text{ m}$$

$$v = 1.81 \text{ m/s}$$

Finalmente se calcula la capacidad de conducción de la línea que llega al tanque de distribución número 2 :

$$Q = VA$$

$$Q = (1.81 \text{ m/s}) * (\pi/4) * (0.0762 \text{ m})^2 = 0.00825 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 8.25 \text{ Litros/Segundos}$$

2. Estado físico de la línea de conducción Río Uzarín. Durante la evaluación física del río en Guazacapán, Santa Rosa se observó que está constituido por dos diques que son las cajas de captación de mampostería de 1m², de cada caja sale una tubería de 4 pulgadas de PVC, que conduce el agua hacia el tanque de distribución número 1. En la siguiente toma, el agua es conducida con un tubo de 3 pulgadas de PVC hacia el tanque 2.

Se observó que los tubos de captación del río no cuentan con colador para evitar el paso de basura.

La tubería de la línea de conducción se encuentra instalada en la superficie, expuesta al medio ambiente, también se observó durante el recorrido que la tubería se rompió debido al aumento del caudal de río Uzarín, el cual arrastró la tubería evitando la conducción de agua de la toma 2 al tanque de distribución número 2, además se apreció que el agua conducida en ambas tomas contiene un alto grado de sedimento que llega directamente a los tanques de distribución,

H. Comparación entre la capacidad de conducción de las líneas y la demanda

Si se compara la capacidad de conducción de las líneas con la demanda de consumo, se debe tomar en cuenta el caudal de cada una de las fuentes para conocer la capacidad de conducción de cada línea, se tomó en cuenta ciertas

ubicaciones a través de el mapa 1:50,000 de Chiquimulilla proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) porque no existe registro de planos en cada manantial, únicamente se cuenta con planos para el manantial las Nubes.

Al analizar los datos obtenidos se pudo determinar que las líneas de conducción tienen la capacidad de satisfacer la demanda actual de agua. Si se realiza una proyección a 20 años se puede calcular que la demanda de consumo será satisfecha por las líneas de conducción siempre y cuando se cuente con un programa de mantenimiento y mejoramiento para optimizar los recursos existentes.

V. Tanques de distribución

A. Descripción general del sistema de distribución

Los tanques de distribución del municipio de Guazacapán Santa Rosa, almacenan y distribuyen agua a las siguientes comunidades:

- Barrio San Miguel Centro
- Barrio San Miguel Oriente
- San Pedro
- Barrio de Agosto
- Barrio San Sebastián
- Los Chivos
- Aldea el Barro
- Poza de Agua

El sistema de distribución de agua consta de tres tanques que cumplen la función de satisfacer la demanda de agua en determinados horarios y también tiene la función de reservar agua en caso de emergencias.

Para evaluar los tanques de distribución nos remitimos a los planos de diseño hidráulico, proporcionados por el INFOM (Instituto Nacional de Fomento Municipal). Los tanques que cuentan con registros son los tanques No. 1 y No. 2. El tanque No. 3 no cuenta con ningún tipo de registro de planos en el INFOM ni en la municipalidad de Guazacapán. En lo referente al caudal de cada fuente en la actualidad, se obtuvieron datos de aforos realizados en los tanques.

Tabla 5.1 Caudal de las fuentes de abastecimiento

Caudal de las fuentes				
Fuente	Caudal (Lts/seg)	Método de aforo utilizado	Fecha de aforo	Realizado por
Las Nubes	7.76	Volumétrico	marzo 05	Centro de Salud
Vuelta Grande	10	Volumétrico	marzo 05	Centro de Salud
Santa Rita	2.5	Volumétrico	marzo 05	Centro de Salud
El Carmen	5	Volumétrico	marzo 05	Centro de Salud
Rio Uzarín	7.33	Volumétrico	marzo 05	Centro de Salud
El Belén	8	Volumétrico	marzo 05	Centro de Salud

El grado de confiabilidad de estos aforos realizados en los tanques se puede establecer como alto, debido a que el método utilizado para aforar es de fácil aplicación en comparación con otros.

B. Descripción del tanque de distribución No.1

Se encuentra ubicado en el Barrio de San Pedro, fue construido por el Instituto Nacional de Fomento Municipal en el año de 1982. Es un tanque semi-enterrado. Los materiales con los que está construido son: una losa de concreto, piedra utilizada para los muros, concreto y acero de alta resistencia. El tanque tiene la capacidad de almacenar 400 metros cúbicos de agua.

Está dividido en dos partes, cada una con una válvula de compuerta que permiten el acceso o no de agua que provienen de las líneas de conducción. La tubería utilizada para este servicio es de PVC con 2 ½ pulgadas de diámetro y tiene 5 válvulas de compuerta y una caseta de cloración.

El tanque se abastece por medio de las líneas de conducción del río Uzarín y del manantial Las Nubes. Abastece a las siguientes comunidades:

- Barrio San Miguel Centro
- Barrio San Miguel Oriente
- San Pedro

- Barrio de Agosto
- Aldea el Barro
- Poza de Agua

El tanque no cuenta con cerca o seguridad que evite el acceso de personas o animales que recorren el lugar. El diseño original del tanque fue planificado para recolectar el agua del manantial Las Nubes, posteriormente se ingresaron dos líneas más en la cubierta del tanque de forma inadecuada, ver fotografía 5.1.

5.1 Línea de conducción al tanque de distribución No. 1



Se observó que las tapaderas de las cajas que protegen las válvulas se encuentran dañadas. Actualmente el tanque cuenta con un programa de tratamiento de cloración. Aproximadamente cada tres meses se lava el tanque.

5.2 Losa de tanque de distribución No. 1



C. Descripción del tanque de distribución No.2

Este tanque se encuentra ubicado en el Barrio San Pedro, fue construido por el Instituto Nacional de Fomento Municipal. Inicialmente tenía una capacidad de almacenaje de 200 metros cúbicos, luego se edificó una ampliación debido al cuantioso rebalse que existía, aumentando en 100 metros cúbicos la capacidad del tanque. Este tanque está semi-enterrado y construido por concreto, una losa prefabricada, piedra para los muros, y acero de alta resistencia.

Está dividido en dos partes y en cada lado tiene ventilación, cada una con una válvula de compuerta que permiten el acceso o no de agua que proviene de las líneas de conducción. Cuenta con caseta de cloración que se encuentra en funcionamiento.

El tanque de distribución es abastecido por el río Uzarín, el manantial Santa Rita, el manantial El Carmen y el manantial Vuelta Grande. Abastece a las siguientes comunidades que constan actualmente (año 2006) de 4470 habitantes:

- Barrio San Miguel Centro
- Barrio San Miguel Oriente

- San Pedro
- Barrio de Agosto

El tanque cuenta con pared de blocks en su perímetro dándole la debida seguridad para evitar el acceso de personas o animales que circulan por el lugar. El diseño original del tanque fue planificado para recolectar el agua de los manantiales Santa Rita y El Carmen. Posteriormente se introducen las otras dos líneas

Este tanque contiene mucha basura y sedimento provocando tapones en las pichachas por lo que se le da un mantenimiento mas frecuente. Aproximadamente cada tres meses se lava el tanque.

D. Descripción del tanque de distribución No. 3

Se encuentra ubicado en Cantón Buenas Brisas, fue construido por el INFOM, no se cuenta con registro de planos de diseño. Es un tanque superficial. Los materiales con los que se construyo son: una losa de concreto, muros de concreto y acero de alta resistencia.

Se efectuó una medición para calcular la capacidad de almacenamiento registrando las siguientes medidas: largo de 14.9 metros, ancho de 2.92 metros y altura de 8.50 dando un total de de 370m^3 para almacenar agua.

El tanque está dividido en dos partes y cuenta con válvulas de compuerta que permiten el acceso o no de agua que proviene de las líneas de conducción. Cuenta con caseta de cloración que no tiene equipo de dosificación de cloro.

Se abastece del manantial el Belén únicamente. Abastece a las siguientes comunidades:

- Barrio San Miguel Oriente
- Aldea el Barro
- Barrio San Sebastián
- Los Chivos

El tanque no cuenta con cerca o seguridad que evite el acceso de personas o animales que recorren el lugar. Se observaron grietas en la losa de concreto y vegetación alrededor del tanque que provoca deterioro. El tanque no cuenta con un mantenimiento seguido. Su frecuencia de lavado es cada tres meses.

5.3 Tanque de distribución No. 3



5.4 Losa sin mantenimiento del tanque de distribución No. 3



VI. Condiciones que debe cumplir un tanque de distribución

Se evaluaron las condiciones que debe cumplir un tanque de distribución y el estado en el que se encuentran los tanques del municipio de Guazacapán, Santa Rosa, las condiciones son las siguientes:

- El tanque tiene que tener acceso de personal por el techo, Todos los tres tanques cumplen con esta condición.
- Todas las uniones de paredes deben ser redondeadas, tanto las paredes verticales como con el piso. Ésta es una medida higiénica que además evita fugas.
Ningún tanque de distribución cumple esta condición por tener sus paredes formando ángulos de 90 grados entre sí.
- El rebalse del tanque, debe estar diseñado para que el agua excedente pueda introducirse al tubo que conduce el sistema. Debido a que no se pudo verificar la existencia de este sistema se descarta al tanque No. 3. El tanque No. 1 y 2 sí cumplen con esta condición.
- El tanque no debe tener contacto con agua existente en el exterior del mismo.
El tanque No. 1 no cumple esta norma debido a que puede filtrarse agua en la tapadera,
El tanque No. 3 tampoco cumple esta norma debido a que los orificios de ventilación están expuestos a la intemperie, el único tanque que cumple la norma es el tanque No. 2
- Antes del tanque debe instalarse una válvula. Este requisito también es satisfecho por los tres tanques del municipio.

- El tanque debe contar con una pichacha en la salida de agua de la red y en el interior del tanque para evitar obstáculos. Los tanques No. 1, 2 y 3 cuentan con pichacha en ambos lados
- El tanque debe contar con sistema de entrada de agua por la parte superior del mismo.
Los tanques de distribución del municipio de Guazacapán cumplen este requisito.
- El tanque debe tener un respirador que contenga malla metálica en su extremo para evitar el ingreso de obstáculos, contaminación o insectos. Los tres tanques de distribución cuentan con el respiradero pero ninguno de ellos tiene malla para evitar insectos, obstrucciones o contaminantes.
- El tanque debe ser construido de concreto reforzado. Los 3 tanques del municipio satisfacen este requerimiento.
- Debe construirse una escalera en el interior del tanque para subir y bajar, de los tanques.
El tanque No. 1 y 3 cumplen el requerimiento, el tanque No 2 no cuenta con una escalera en su interior.

VII. Evaluación del volumen de almacenamiento de los tanques de distribución según la demanda

A. Generalidades

Según las normas de AIDIS recomiendan que un tanque de distribución debe tener una capacidad de almacenamiento igual al 35 % del consumo medio diario de la población mas un 10 % de ese consumo para sucesos imprevistos tales como incendios, interrupción de las líneas y fuentes de abastecimiento, etc. En base a esto se tomara de referencia la norma del INFOM (Instituto Nacional de Fomento Municipal) de 45% del consumo medio diario y 175 L/hab/día ya que esta es la entidad gubernamental que determina este dato para las municipalidades nacionales.

B. Tanques No 1 y Tanque No. 2

Estos tanques de almacenamiento actualmente funcionan unidos para abastecer las comunidades de:

- Barrio San Miguel Centro
- Barrio San Miguel Oriente
- San Pedro
- Barrio de Agosto
- Aldea el Barro
- Poza de Agua

El tanque de distribución número 1 tienen una capacidad de volumen de 400 m³ y el tanque de distribución número 2 tiene una capacidad de volumen de 300 m³. A continuación se presentan los cálculos de los tanques.

Volumen de agua consumida diariamente por los habitantes

Consumo actual

Año 2006

Población de 8940 habitantes

Dotación: 175 L/hab/día

Consumo Medio (Cm)

$C_m = \text{Población} \times \text{Dotación}$

$C_m = 175 \text{ l/Hab/día} \times 8940 \text{ habitantes} = 1564500 \text{ Lts/día}$

$C_m = 1564500 \text{ Lts/ día} = 1564.5 \text{ m}^3/\text{día} = 18.11 \text{ Lts / seg}$

Consumo de Día Máximo

Factor de día máximo = 1.5

Consumo de día máximo = $Q = 1.5 \times C_m$

Consumo de día máximo = $1.5 \times 18.11 \text{ Lts/seg} = 27.17 \text{ Lts/seg}$

Volumen de almacenamiento

Volumen de tanque No. 1 = 400 m^3

Volumen de tanque No. 2 = 300 m^3

Capacidad de almacenaje para ambos tanques es de 700 m^3

Se utilizara el 45% del consumo medio diario según el INFOM

Volumen de tanque = $.45 \times 1564.5 \text{ m}^3/\text{día} = 704.025 \text{ m}^3 / \text{día}$

Saldo = Capacidad de almacenaje para ambos tanques menos el volumen de tanque

Saldo = $700 \text{ m}^3 - 704.025 \text{ m}^3 = -4.025 \text{ m}^3$.

Se puede observar que los tanques No. 1 y No.2 no cuentan con la capacidad necesaria para satisfacer la demanda de almacenamiento requerido para estas poblaciones, la demanda de consumo actual es de 704.02 m^3 y la capacidad de almacenamiento de ambos tanques es de 700 m^3 por lo tanto existe un déficit de 4.025 m^3

Consumo futuro

Año 2026

Población de 12722 habitantes

Dotación: 175 L/hab/día

Consumo Medio (Cm)

$C_m = \text{Población} \times \text{Dotación}$

$C_m = 175 \text{ l/Hab/día} \times 12722 \text{ habitantes} = 2226350 \text{ Lts / día}$

$C_m = 2226350 \text{ Lts / día} = 2226.35 \text{ m}^3 / \text{día} = 25.77 \text{ Lts / seg.}$

Consumo de Día Máximo

Factor de día máximo = 1.5

Consumo de día máximo = $1.5 \times C_m$

Consumo de día máximo = $1.5 \times 25.77 \text{ Lts / seg} = 38.66 \text{ Lts / seg.}$

Volumen de almacenamiento

Volumen de tanque No. 1 = 400 m^3

Volumen de tanque No. 2 = 300 m^3

Capacidad de almacenaje para ambos tanques es de 700 m^3

Se utilizará el 45% del consumo medio diario según el INFOM

Volumen de tanque = $.45 \times 2226.35 \text{ m}^3 / \text{día} = 1001.86 \text{ m}^3 / \text{día}$

Saldo = Capacidad de almacenaje para ambos tanques – volumen de tanque

$$\text{Saldo} = 700 \text{ m}^3 - 1001.86 \text{ m}^3 = -301.86 \text{ m}^3$$

Al evaluar la demanda de consumo futuro para el año 2026 se estima que será de 1001.86 m³ por lo que existirá un déficit de 301.86 m³ si continúan los tanques en las condiciones actuales, por lo tanto no podrá satisfacer la demanda de consumo del futuro.

c. Tanque No. 3

El tanque No. 3 distribuye a las siguientes comunidades de Guazacapán:

- Barrio San Miguel Oriente
- Aldea el Barro
- Barrio San Sebastián
- Los Chivos

A continuación se presentan los cálculos realizados para el tanque No. 3

Volumen de agua consumida diariamente por los habitantes

Consumo actual

Año 2006

Para una población de :2828

Dotación: 175 L/hab/día

Consumo Medio (Cm)

Cm = Población x Dotación

$$C_m = 175 \text{ l/Hab/día} \times 2828 \text{ habitantes} = 494900 \text{ Lts/ día}$$

$$C_m = 494900 \text{ Lts/ día} = 494.9 \text{ m}^3/\text{día} = 5.73 \text{ Lts / seg}$$

Consumo de Día Máximo

$$\text{Factor de día máximo} = 1.5$$

$$\text{Consumo de día máximo} = Q = 1.5 \times C_m$$

$$\text{Consumo de día máximo} = 1.5 \times 5.73 \text{ Lts/seg} = 8.59 \text{ Lts/seg}$$

Volumen de almacenamiento

$$\text{Volumen de tanque No. 3} = 370 \text{ m}^3$$

Se utiliza el 45% del consumo medio diario según el INFOM

$$\text{Volumen de tanque} = .45 \times 494.9 \text{ m}^3/\text{día} = 222.71 \text{ m}^3 / \text{día}$$

Saldo = Capacidad de almacenaje para ambos tanques menos el volumen de tanque

$$\text{Saldo} = 370 \text{ m}^3 - 222.71 \text{ m}^3 = 147.29 \text{ m}^3$$

Se puede evaluar que el tanque No. 3 tiene una capacidad de almacenamiento mayor que el requerimiento de consumo, supera la demanda de consumo de 147.29 m³ de excedente.

Consumo futuro

Año 2026

Para una población de :4025

Dotación: 175 L/hab/día

Consumo Medio (Cm)

$Cm = \text{Población} \times \text{Dotación}$

$Cm = 175 \text{ l/Hab/día} \times 4025 \text{ habitantes} = 704375.00 \text{ Lts} / \text{ día}$

$Cm = 704375 \text{ Lts} / \text{ día} = 704.38 \text{ m}^3 / \text{ día} = 8.15 \text{ Lts} / \text{ seg.}$

Consumo de Día Máximo

Factor de día máximo= 1.5

Consumo de día máximo = $Q = 1.5 \times Cm$

Consumo de día máximo = $1.5 \times 8.15 \text{ Lts} / \text{ seg} = 12.23 \text{ Lts} / \text{seg.}$

Volumen de almacenamiento

Volumen de tanque No. 3 = 370 m^3

Se utilizara el 45% del consumo medio diario según el INFOM

Volumen de tanque = $.45 \times 704.38 \text{ m}^3 / \text{ día} = 316.97 \text{ m}^3 / \text{ día}$

Saldo = Capacidad de almacenaje para ambos tanques menos el volumen de tanque

$$\text{Saldo} = 370 \text{ m}^3 - 316.97 \text{ m}^3 = 53.03 \text{ m}^3$$

Se puede observar que el tanque No 3 tiene la capacidad de satisfacer la demanda de consumo en el año 2026 por contar según los cálculos con un saldo positivo de 53 m³.

VIII. Análisis de la situación actual de las líneas de conducción y de los tanques

El periodo de diseño para las líneas de conducción de las fuentes de Santa Rita, El Carmen y las Nubes caducó en el año 2003 , sin embargo continúan funcionando en óptimas condiciones en la actualidad, este dato es relevante considerando que no existe un programa de mantenimiento para el sistema, las condiciones de las líneas mejorarían si se practicaran controles para prolongar la utilidad de cada línea.

Otro aspecto importante que debe ser tratado es la falta de controles en el programa de tratamiento en los Tanques No. 1 y No. 2, crear urgentemente un programa para el Tanque No.3 ya que en la actualidad no tiene. Según exámenes de laboratorio realizados a cada tanque se demostró que el agua no es apta para el consumo humano.

Considerando los efectos que causa la falta de planos de los tanques y de las líneas de conducción debe crearse un sistema de actualización de los datos para optimizar futuras evaluaciones del todo el sistema.

Actualmente las condiciones de las líneas de distribución son favorables para la captación y almacenaje de agua aunque debe implementarse un programa de mantenimiento, lamentablemente no se puede decir lo mismo de los tanques porque no están en condiciones viables para el funcionamiento de los mismos. El caudal que existe en la región es suficiente para abastecer a la población futura en el municipio siempre y cuando se implemente un programa de reforestación para incrementar el manto freático y cuidarlo para las generaciones futuras.

IX. Conclusiones y recomendaciones

CONCLUSIONES

1. La cantidad de agua de los afluentes: Las Nubes, El Carmen, Santa Rita, El Belén, Vuelta Grande y Río Uzarín tiene un caudal considerable que debe ser protegido para mantener el nivel e incrementarlo para abastecer de el vital líquido a la población del Municipio de Guazacapán y asegurar a las generaciones futuras.
2. La línea de conducción de los afluentes a los tanques se encuentran en mal estado reparable, y no cuentan con registro de planos para facilitar la planificación de las mejoras.
3. El periodo de diseño de las líneas de conducción caducó el año 2003 para las fuentes El Carmen, Santa Rita y Las Nubes, se encuentra funcionando actualmente.
4. Los tres tanques de almacenamiento se encuentran en mal estado y no tienen la capacidad de satisfacer la demanda de consumo a corto y mediano plazo.
5. El sistema de tratamiento de agua para el municipio de Guazacapán no es el apropiado para el consumo humano.

RECOMENDACIONES

1. A la municipalidad de Guazacapán para que le dé el debido mantenimiento al sistema de conducción y tanques de distribución.
2. A la población del municipio de Guazacapán para hacer conciencia de la importancia de mantener los ríos y afluentes libres de contaminación.
- 3 Remodelar el actual sistema de agua así proyectar su funcionamiento para el bienestar de futuras generaciones.
4. Concientizar a la población para proteger sus recursos y asegurar su futuro, mediante la educación ecológica.
5. Crear un sistema de purificación del agua, para el consumo humano en cada tanque.
6. Capacitar el personal encargado de dar mantenimiento al sistema de abastecimiento.

X. Bibliografía

1. Guatemala. 1981. Instituto Geográfico Nacional. *Diccionario Geográfico de Guatemala Tomo II*. Guatemala, Tipografía Nacional. 1083 págs.
2. Guatemala. 1985. Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR. *Norma NGO 29001*. Guatemala, Ministerio de Economía. 14 Págs.
3. McGhee, Terrance. 1999. *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. Ingeniería Ambiental*. 1ra ed. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia, McGraw-Hill Interamericana, S.A. 602 Págs.
4. *Monografía del Municipio de Guazacapán*. 2000. Municipalidad de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa. Guatemala. 9 Págs.
5. *Anexo de saneamiento ambiental*. 2003. Centro de Salud del Municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa. Guatemala. 12 Págs.
6. *Documento base para análisis de la situación del agua municipio de Guazacapán*. 2006. Centro de Salud del Municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa. Guatemala. 4 Págs.
7. Asociación Internacional De Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS. 1959 <<Proyectos de Normas Generales para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable>>. En *Evaluación y mejoramiento del sistema de agua potable de la ciudad de Malacatán, San Marcos*, de Julio Arriola Penagos. Tesis Universidad de San Carlos, Guatemala. 140 Págs.
8. Ramírez, Mario Leonel. 1997. *Guía para el Diseño de Abastecimientos de Agua potable a zonas Rurales*. Guatemala. Organización Panamericana de la Salud. 21 Págs.
9. Arriola, Julio. 1988. *Evaluación y Mejoramiento del sistema de Agua Potable en la Ciudad de Malacatan San Marcos*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 140 Págs.

10. Grijalva, Cesar.1995.*Evaluación y Bases para diseñar un Sistema de Agua Potable para la ciudad de Antigua Guatemala*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.49 Págs.
11. Steel, Ernest, T. McGhee. 1981. *Abastecimiento de agua y alcantarillado*. 5a ed. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A.636 Págs.
12. Saldarriaga, Juan, G. 2000...*Hidraulica de Tuberías*. McGraw Hill-Interamericana .Colombia.564 Págs.
13. King, Orase, W.1991.*Hidraulica*.Mexico,D.F.Impresora Publimex,S.A.354 Págs.