

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE
CAPTACIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA
CABECERA MUNICIPAL DE GUAZACAPÁN, DEPARTAMENTO
DE SANTA ROSA”**



Edgar Arturo Aceytuno Morales
Guatemala
2006

**“EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE
CAPTACIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA
CABECERA MUNICIPAL DE GUAZACAPÁN, DEPARTAMENTO
DE SANTA ROSA”**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE
CAPTACIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA
CABECERA MUNICIPAL DE GUAZACAPÁN, DEPARTAMENTO
DE SANTA ROSA”**

**Trabajo de graduación presentado por
Edgar Arturo Aceytuno Morales
para optar al grado académico de Ingeniero 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

Este trabajo nace a partir del requerimiento de la Universidad del Valle de Guatemala, de culminar la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil con un trabajo de graduación.

Elegí este tema a raíz para realizar un trabajo que fuera útil para el país, y en este caso específico, la municipalidad de Guazacapán se encontraba bastante interesada en realizar un estudio y mejoramiento en el sistema de agua que actualmente poseen, por lo que el tema se prestaba bastante bien para mis objetivos.

Entre las limitaciones de este trabajo, cabe mencionar la distancia a la que se encuentra dicho lugar, con relación a la ciudad de Guatemala, por lo mismo se hicieron solamente cuatro visitas al lugar. En dichas visitas se trató de aprovechar al máximo cada una de las mismas, obteniendo información de parte de la municipalidad y en el Centro de Salud del mismo municipio, y además se realizaron visitas a cada una de las fuentes y a gran parte del sistema de conducción, así como a los tanques de distribución del sistema.

Otra de las limitaciones con que se contó fue el hecho que varios de los sistemas de captación no contaban con información técnica de su planificación y elaboración, por lo que en muchos casos se debió utilizar la información proveída por el encargado municipal del sistema de distribución.

Quisiera agradecer a mi familia, a mis papás, Juan y Fidelina y mis hermanos, Juan Leonardo y Alvaro Luis, por su apoyo y amor incondicional.

Así mismo quiero presentar mis agradecimientos muy sinceros al Señor Roberto Vásquez, fontanero de la municipalidad de Guazacapán, quien con su valiosa experiencia, me acompañó a lo largo de todas las visitas y a la

recolección de la información del sistema. Sin su ayuda no hubiera sido posible efectuar este trabajo.

Además a la Municipalidad de Guazacapán por su apoyo. Agradezco también al Doctor Yuri Contreras por su ayuda desde el inicio en el proyecto y por el interés mostrado en contribuir al desarrollo del municipio. Así mismo quiero presentar mis agradecimientos a mi asesor, Ing. Rodolfo González Morasso, por toda su ayuda y empeño para que yo realizara un buen trabajo.

Quiero agradecer muy profundamente a la junta directiva de la Fundación Juan Bautista Gutiérrez y a los grandes amigos, en especial a Doña Isabel Gutiérrez de Bosch.

Por último, le quiero agradecer a la persona más importante en mi vida, Dios, por darme inteligencia, vida y salud para la elaboración de este trabajo. Estoy seguro que el realizar este trabajo forma parte de sus bendiciones en mi vida.

ÍNDICE

	Página
PREFACIO	vi
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE ILUSTRACIONES	xi
RESUMEN	xii

Capítulos

I. INTRODUCCIÓN	1
II. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	3
A. Descripción de la población.....	3
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.....	7
E. Administración, operación y mantenimiento de servicio	7
F. Calidad del 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. FUENTES DE ABASTECIMIENTO.....	17
A. Descripción hidrológica de la cuenca	17
B. Identificación de las fuentes de abastecimiento	22
C. Comparación entre la producción y la demanda de agua	24
D. Comentarios.....	25
V. SISTEMA DE CAPTACIÓN	27
A. Generalidades	27
B. Manantial Las Nubes.....	27
C. Manantial Vuelta Grande.....	30
D. Manantial Santa Rita	32
E. Manantial El Carmen	33
F. Manantial Belén	34
G. Río Usarín.....	35

H. Calidad del agua de las captaciones.....	37
VI. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OBRAS DE CAPTACIÓN	38
A. Manantial Las Nubes.....	38
B. Manantial Vuelta Grande.....	39
C. Manantial Santa Rita.....	39
D. Manantial El Carmen.....	40
E. Manantial Belén.....	40
F. Río Uzarín	40
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	44

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla	
1	Análisis bacteriológico..... 9
2	Diez primeras causas de morbilidad general de las enfermedades transmisibles 10
3	Diez primeras causas de morbilidad general de las enfermedades no transmisibles 10
4	Diez primeras causas de mortalidad general 11
5	Estimación de la población..... 13
6	Precipitación anual en estación Los Esclavos..... 19
7	Cobertura vegetal y uso de tierra 22
8	Intensidad de uso de la tierra 22
9	Descripción de las fuentes de abastecimiento 23
10	Caudal de las fuentes de abastecimiento..... 23
11	Variación del caudal de los manantiales 24

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
1 Mapa base del Municipio de Guazacapán	4
2 Estimación de la población.....	14
3 Mapa de cuencas hidrográficas	18
4 Precipitación anual en estación Los Esclavos.....	20
5 Dinámica de la cobertura forestal en cuenca Río Paso Hondo.....	21
6 Obras de captación, Manantial “Las Nubes”	27
7 Caja desarenadora, Manantial “Las Nubes”	28
8 Caja de captación No 3, Manantial “Las Nubes”	29
9 Caja de captación Manantial “Vuelta Grande”	30
10 Caja unificadora Manantial “Vuelta Grande.....	31
11 Caja unificadora Manantial “Santa Rita”	32
12 Daño a la losa del sistema de captación Manantial “Santa Rita”	33
13 Obra de captación en Manantial “Belén”	35

RESUMEN

El agua es uno de los recursos no renovables de mayor valor en una comunidad. Por esto mismo es necesario evaluar constantemente la cantidad y calidad que se tiene de la misma, para ofrecer y recibir un servicio adecuado.

Desde hace más de 20 años en la cabecera municipal de Guazacapán se cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable que ha servido para suministrar de este vital líquido a una parte de la población que actualmente suma cerca de 12000 personas. Sin embargo el sistema no había sido evaluado desde el punto de vista de la ingeniería civil, y más particularmente de la ingeniería sanitaria, para conocer si poseía las características adecuadas y la eficiencia necesaria.

Al realizar este trabajo se obtuvo una visión bastante amplia de cómo funciona el sistema. Se pudo concluir que no se está desempeñando adecuadamente, ya que el sistema no produce la cantidad de agua necesaria para la demanda de la población.

Ahora bien en lo referente a la calidad, el sistema cuenta con dos tipos de fuentes principales que abastecen el sistema, uno lo constituyen los manantiales y el otro un río. El problema es que no se está tratando adecuadamente el agua captada del río, y por ende no se está cumpliendo con las normas mínimas de calidad de producción de agua potable.

I. INTRODUCCIÓN

Con este trabajo se pretende evaluar y dar mejoras al sistema de captación del abastecimiento de agua potable de la cabecera municipal de Guazacapán, departamento de Santa Rosa. Se pretende dar mejoras que repercutan principalmente en la forma como se capta el agua en lo referente a la calidad, de ésta manera asegurar por lo menos que el agua captada posee un nivel mínimo de calidad. Por otro lado se desea evaluar si el sistema actual abastece de forma eficiente en lo concerniente a la cantidad a la población actual, y además evaluar si las fuentes actuales serán suficientes para el crecimiento que presenta la localidad en estudio.

Es importante mencionar que se analizarán específicamente las fuentes y la forma en que se capta el agua en el sistema, pero que además se analizará toda la información concerniente con la cantidad y calidad de agua servida.

Para llevar a cabo todos los objetivos anteriormente planteados se valió de visitas de campo efectuadas en la mayor parte del sistema de abastecimiento, pero principalmente en el sistema de captación, donde se hicieron recorridos en las fuentes acompañado de las personas encargadas del sistema. Además se utilizó toda la información proporcionada por la municipalidad del lugar, así como de la facilitada por el Centro de Salud de Guazacapán. También se obtuvo acceso a la documentación en planos por parte del INFOM de los proyectos realizados por dicha entidad. También se investigó en instituciones de carácter público como el INAB, INSIVUMEH, MAGA, INE e IGN, para complementar la elaboración de este estudio. Y por último se utilizó toda la información proporcionada por el fontanero municipal en base a su experiencia y participación en la construcción de la mayoría de los sistemas.

Con la ayuda de todo lo anterior, y la utilización de técnicas de estimación se pudo constatar que las fuentes de abastecimiento del sistema no proporcionan la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda de agua. Además se encontró que la deforestación de la cuenca tiene incidencias en la cantidad de

agua que los abastecimientos producen, ya que éstos actualmente producen menos agua desde que se comenzaron a utilizar.

Finalmente, en lo referente a la calidad se pudo constatar que el agua producida por el río no posee el tratamiento adecuado.

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 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, y a 5 kilómetros de la cabecera municipal de Taxisco, distancias medidas por 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 su población.
- 5 barrios que son San Miguel Centro, San Miguel Oriente, San Pedro, San Sebastián, De Agosto;
- 1 Colonia, 9 aldeas, 7 caseríos, 2 haciendas y 84 fincas. (Ver ilustración 1)

¹ Este capítulo y el siguiente fueron elaborados en conjunto con el trabajo de graduación titulado "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" por ser información importante y común a ambos trabajos.

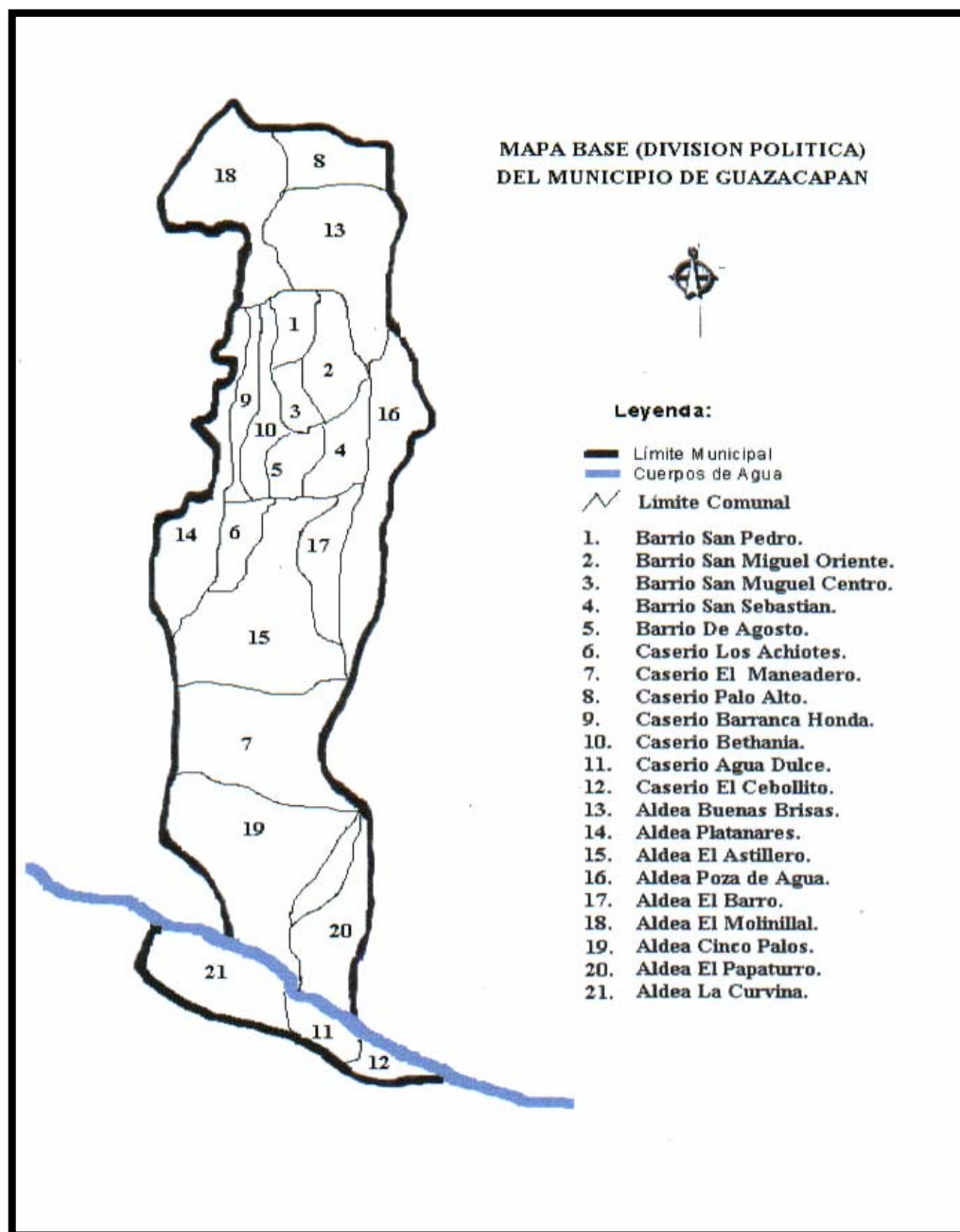


Ilustración 1 Mapa base del Municipio de Guazacapán

3. Clima. Guazacapán posee un clima cálido tropical debido a su ubicación. La temperatura oscila entre 28.5° C y 31° C máxima y 17° C y 19° C mínima. La temperatura promedio anual es de 23.5° C. El viento en ésta 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 lo 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).
- Un 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 un sistema de abastecimiento para el área urbana conformado por 5 manantiales y 1 río. También hay un 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, es recolectada el agua del manantial Las Nubes y parte de la captada del Río Uzarín. En el tanque 2, también localizado

en el mismo barrio, se almacena el agua de los manantiales Vuelta Grande, Santa Rita y El Carmen, además de 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 siguiente se puede apreciar un esquema general del sistema.

D. Historia del sistema actual de abastecimiento

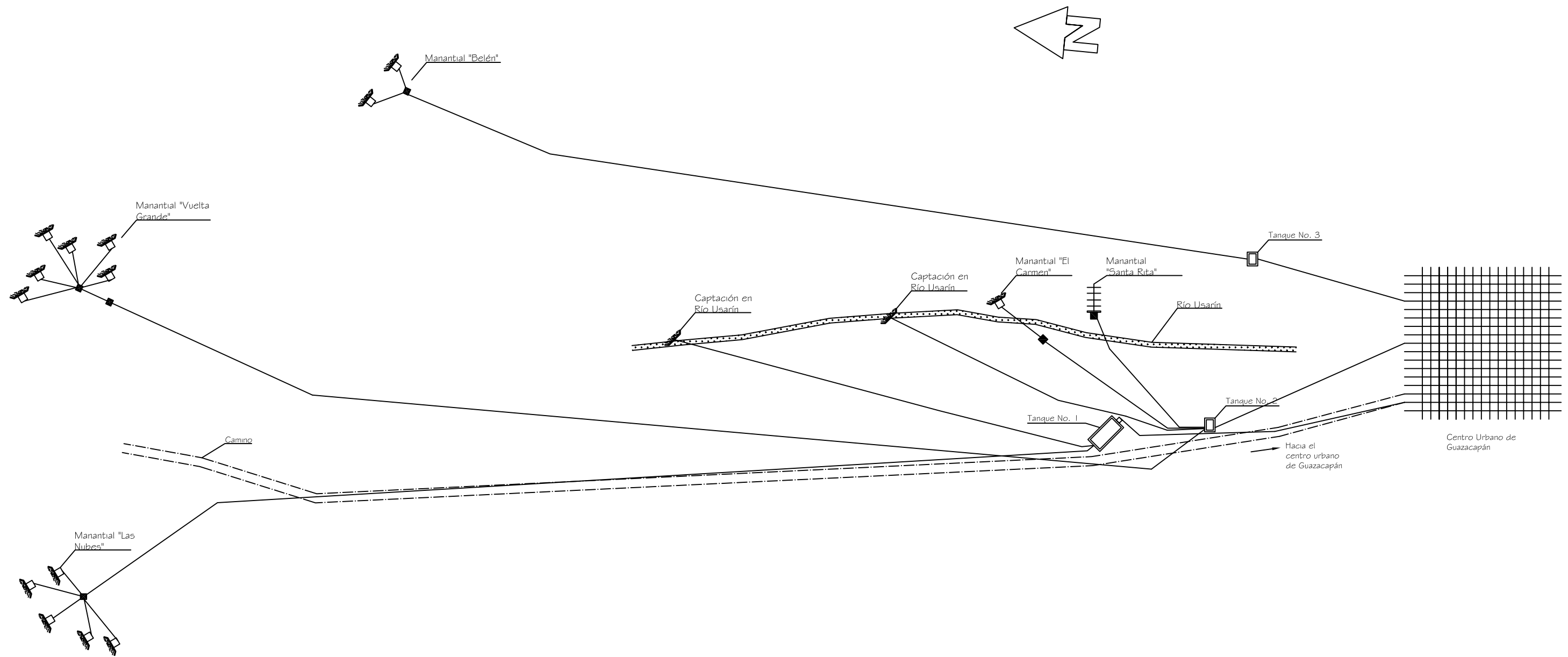
El Instituto de Fomento Municipal (INFOM) en el año de 1970 realizó un primer proyecto de introducción de agua potable a la población de Guazacapán. El mismo era abastecido por medio de los manantiales Santa Rita y El Carmen. Posteriormente en el año 1982 el INFOM realizó un mejoramiento del sistema, 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



ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA

Sin Escala

PROYECTO:		ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA	
UBICACION:		GUAZACAPÁN, SANTA ROSA	
PROPIETARIO:		MUNICIPALIDAD DE GUAZACAPÁN	
ESCALA:		NO TIENE	
FECHA:		OCT./2,006	
DIBUJO:		EDGAR ACEYTUNO	
CONTIENE:		ESQUEMA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE GUAZACAPAN	
HOJA:		1/1	

dos 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 del 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. Este año se efectuaron dos análisis, siendo el más reciente el efectuado el día 16 de noviembre. Los resultados de dicho análisis se detallan a continuación:

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

Tabla 1 Análisis bacteriológico

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.

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 Diez primeras causas de morbilidad general de las enfermedades 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 3 Diez primeras causas de morbilidad general de las enfermedades no transmisibles

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

Tabla 4 Diez primeras causas de mortalidad general

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 4 que tres 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 comparativos 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 5, 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.

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

Tabla 5 Estimación de la población

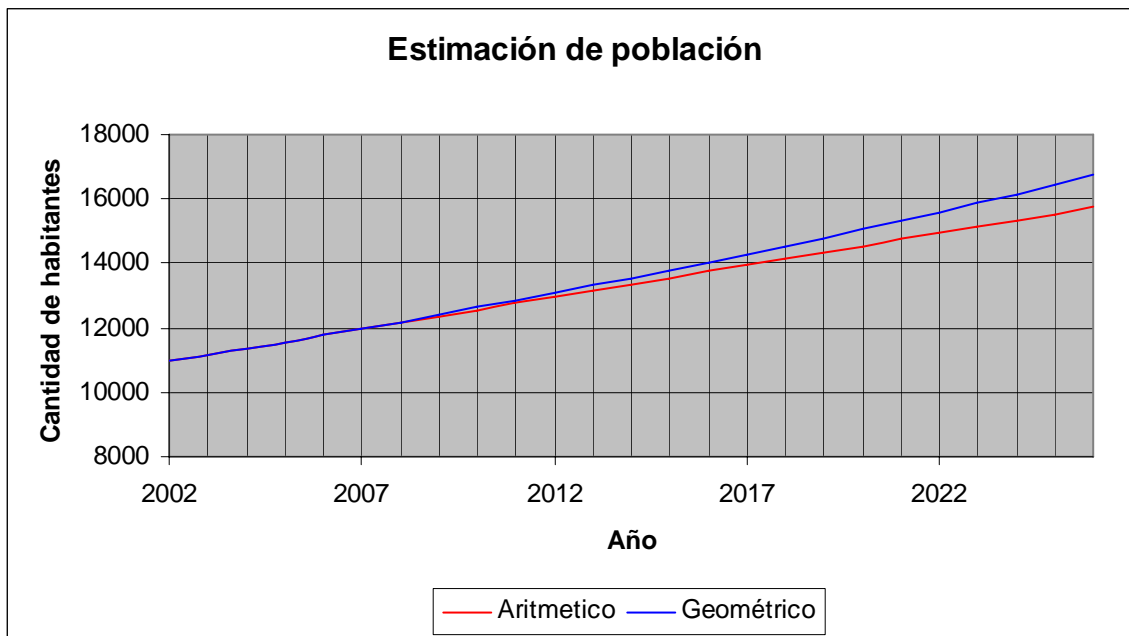


Ilustración 2 Estimación de la población

Como se puede apreciar en la ilustración 2 y tabla 5, 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 cual 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 existan.

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 se ocurriría 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 de una cabecera departamental y 100 Lts./hab./día para una cabecera municipal. (Arriola, 1988)

Asimismo, la Organización Panamericana de la Salud, en un estudio nacional realizado, 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 intradomiciliarias 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 un valor mínimo de dotación doméstica 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. Aquí 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 un poco 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.
- Fugas 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 serían de 16745 según las estimaciones. Realizando los cálculos se tiene que:

Demanda futura total = **67.09** Lts/seg.

IV. FUENTES DE ABASTECIMIENTO

A. Descripción hidrológica de la cuenca

1. Delimitación de la cuenca. El objetivo principal de este inciso es describir la cuenca en donde se encuentran ubicadas las fuentes para tener un panorama de la hidrología del lugar. Para llevarlo a cabo se utilizará la información proporcionada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

El departamento de Santa Rosa se encuentra ubicado en tres cuencas principales de la república, pertenecientes a la vertiente del Pacífico, las cuales son: La cuenca del Río María Linda, la del Río Paso Hondo y la del Río Los Esclavos. En la ilustración 3 (ver página siguiente) se puede apreciar de una mejor forma lo anterior, donde los límites del departamento de Santa Rosa están en color rojo y los límites de las cuencas en color negro.

La cuenca del Río Paso Hondo posee un área de 72,044.13 hectáreas, de las cuales 10,963.49 pertenecen al municipio de Guazacapán, como se puede apreciar en la ilustración 3 (bordes de color azul).

La cuenca posee varios ríos, siendo los principales: Río El Pajal, Río de Oliveros y Río Paso Hondo. Estos ríos son las principales vertientes de la cuenca, además de ser los recolectores principales de agua superficial.

En específico Guazacapán posee varios ríos entre los que destacan: Uzarín, Barranca Honda, El Meneadero, Huipeo, La Cruz, La Palma, Las Cañas, Las Medidas, Los Chivos, San Francisco, Talpetate, Urayala y Uxuna. Además posee varios riachuelos y el Canal de Chiquimulilla.

2. Precipitación. Para estudiar la precipitación que ocurre en la cuenca, se utilizará la información proporcionada por el INSIVUMEH de la estación “Los Esclavos” localizada en Santa Rosa, por ser ésta la más próxima a Guazacapán.

Año	Precipitación anual (mm.)
1990	1631.10
1991	1756.40
1992	1597.00
1993	1576.90
1994	1537.50
1995	2076.90
1996	1757.00
1997	1476.60
1998	1900.80
1999	1715.90
2001	1414.50
2002	1757.00
2003	1763.90
2004	1633.80
2005	2016.80
Promedio	1707.47

Tabla 6 Precipitación anual en estación Los Esclavos

Como se puede apreciar en la tabla 6 y en el gráfico de la página siguiente (Ilustración 4), la precipitación anual en dicha estación sobrepasa los 1400 mm. en todos los años estudiados y el promedio anual es de 1707 mm. Esto es importante para el estudio de la cuenca debido a que la recarga de la misma es básicamente gracias a la precipitación y a la capacidad del suelo de absorber el agua. En el caso de los manantiales del sistema de abastecimiento, se alimentan principalmente de ésta agua que cae de las lluvias.

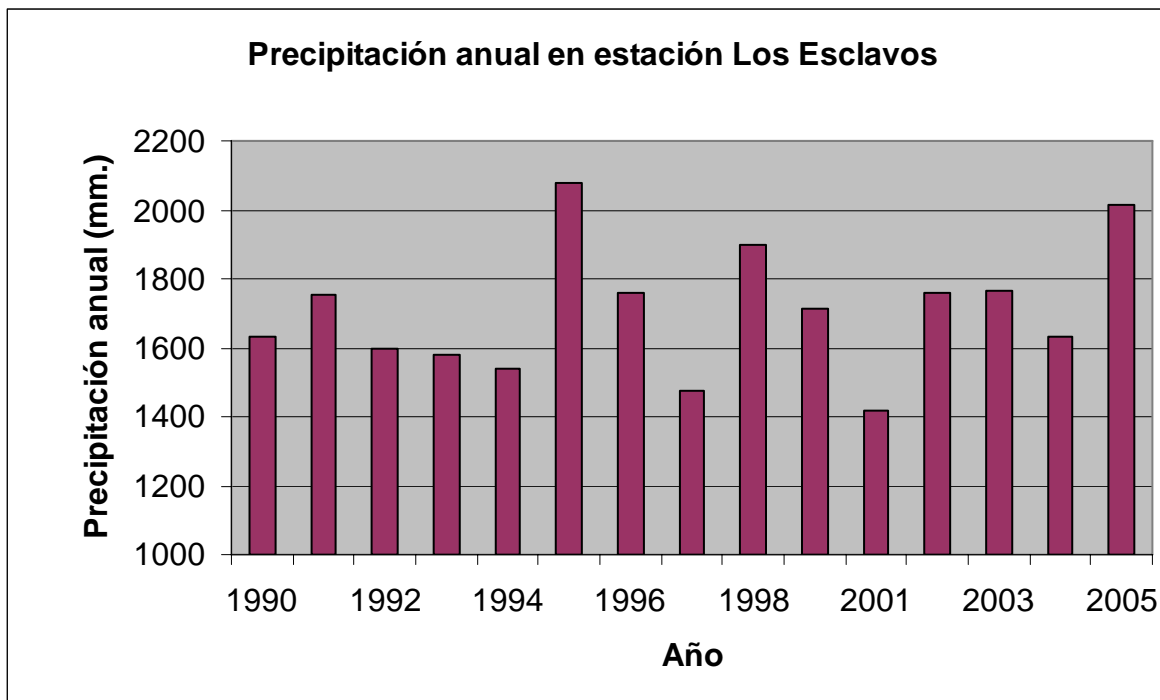


Ilustración 4 Precipitación anual en estación los Esclavos

3. Cobertura forestal de la cuenca. Es importante conocer la cobertura forestal que posee la cuenca porque como se sabe, los bosques principalmente, sirven de retención al agua superficial, De tal manera que un terreno con vegetación o con bosques retiene el agua que luego por procesos de infiltración pasa a formar parte del agua subterránea. (Fesser, 1955)

Teniendo en cuenta que no existen embalses naturales en el área superior de la cuenca como lagos o lagunas que sirvan para alimentar a los manantiales, sino más bien solo ríos, se debe enfocar el estudio en conocer la cobertura forestal y vegetal. Para conocer la cobertura forestal en la cuenca del Río Paso Hondo, se avocó al Instituto Nacional de Bosques (INAB). Como se puede apreciar en la siguiente hoja (Ilustración 5), la cuenca en mención, posee una cantidad relativamente poca de bosque. Esta área boscosa es de 9440 hectáreas en comparación con las 72,044 que posee toda la cuenca. Además según datos del INAB, en un estudio realizado en un período de 10 años comprendido del año 1991 al año 2001, hubo una pérdida de 1285 hectáreas de

bosque, de las cuales se reforestaron solamente 682. Con estos datos se obtiene una pérdida de bosque de 55.77 hectáreas por año en el período de estudio.

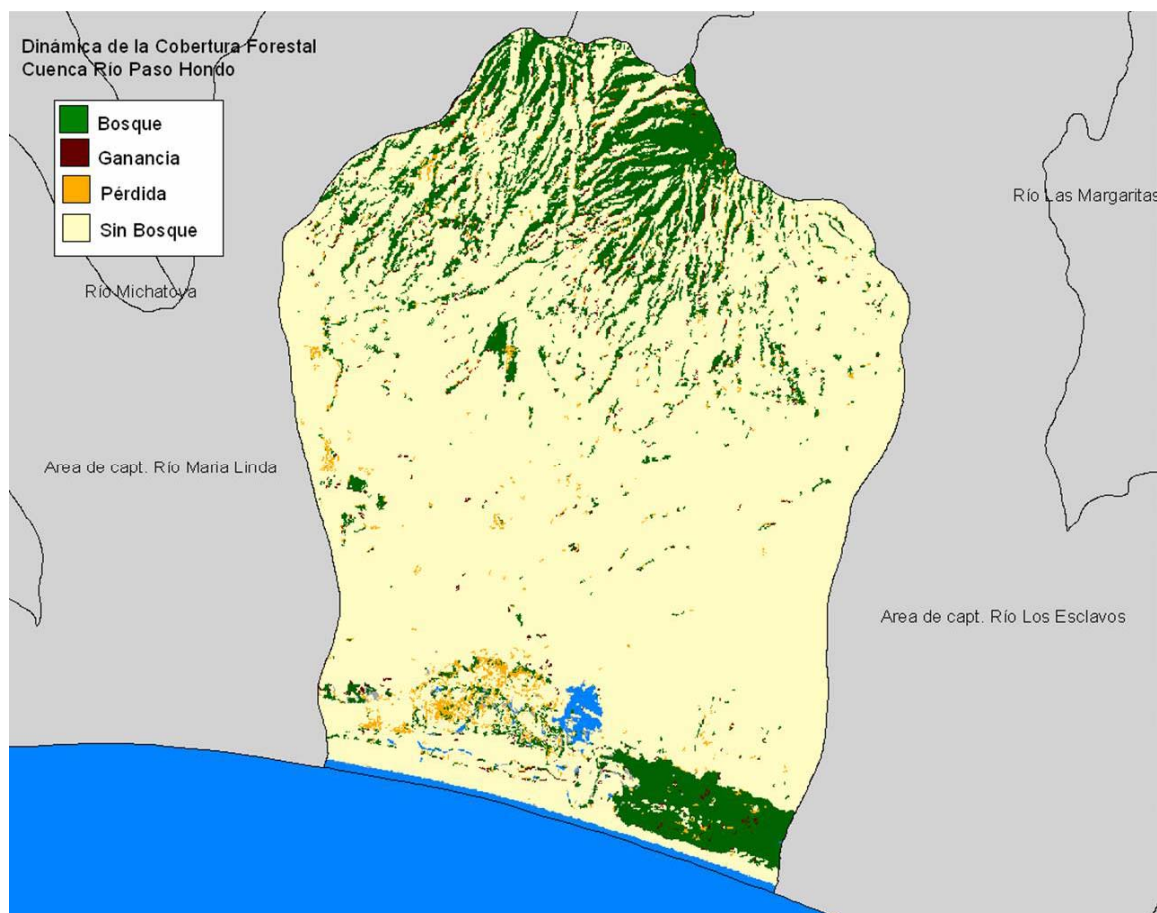


Ilustración 5 Dinámica de la cobertura forestal en cuenca Río Paso Hondo

4. Cobertura vegetal y uso de la tierra. Lo que se pretende en este punto es tener una idea completa, que complemente la información de la cobertura forestal, de la situación de la cuenca del Río Paso Hondo.

Con información proporcionada por el MAGA, se tiene que:

Cobertura vegetal y uso de tierra		
	Hectáreas	Área (%)
Centros poblados	154.78	0.21%
Agricultura limpia anual	23897.14	33.01%
Café	10197.24	14.09%
Caña	2463.40	3.40%
Otros cultivos	3211.12	4.44%
Pastos cultivados	12154.16	16.79%
Pastos naturales	10047.62	13.88%
Latifoliadas	1769.90	2.45%
Coníferas	322.62	0.45%
Lagos, lagunas y otros (Lénticos)	307.55	0.42%
Humedal con cobertura boscosa	2017.16	2.79%
Otros humedales	5140.88	7.10%
Área de arena y/o playa	681.43	0.94%
Total	72385.00	100%

Tabla 7 Cobertura vegetal y uso de tierra

Además se obtuvo la intensidad del uso de la tierra en la cuenca, donde se aprecia si se está aprovechando de manera correcta el suelo o no.

Intensidad de uso de la tierra		
	Hectáreas	Área (%)
Uso correcto	29649.410	40.97%
Sobre utilizado	22459.470	31.04%
Sub utilizado	19790.910	27.35%
Cuerpos de agua	306.910	0.42%
Áreas urbanas	158.300	0.22%

Tabla 8 Intensidad de uso de la tierra

B. Identificación de las fuentes de abastecimiento

Como se mencionó anteriormente, las fuentes que abastecen al sistema de agua de la cabecera municipal de Guazacapán son seis, y su información se detalla a continuación:

Fuente	Tipo de fuente	Ubicación
Las Nubes	Manantial	Finca Las Nubes, a 3 km. del Tanque No. 1
Vuelta Grande	Manantial	Finca Vuelta Grande, a 3.5 km. del Tanque No. 1
Santa Rita	Manantial	Finca Santa Rita, a 2 km. del Tanque No. 2
El Carmen	Manantial	Finca El Carmen, a 1.5 km. del Tanque No. 2
Río Uzarín	Manantial	Dos captaciones situadas a 0.5 km. y una a 1.5 km. del Tanque No. 1
Belén	Río	A 4 km. del Tanque No. 3 en la Finca Belén.

Tabla 9 Descripción de las fuentes de abastecimiento

En lo que se refiere al caudal que cada fuente cuenta en la actualidad, no se obtuvieron datos de aforos realizados en las fuentes propiamente dichas, sino únicamente aforos efectuados en los tanques. Es preciso mencionar que estos aforos no representan necesariamente el caudal que las fuentes aportan, pues debido a varias razones, entre las que se pueden mencionar las fugas en las tuberías de conducción, el caudal medido en los tanques podría diferir del captado en las fuentes. Por lo tanto, el caudal con que se puede contar en cada fuente podría ser un poco mayor que los datos presentados a continuación.

Caudal de las fuentes				
Fuente	Caudal (Lts/seg.)	Método de aforo utilizado	Fecha de aforo	Realizado por
Las Nubes	7.76	Volumétrico	Marzo 2005	Centro de Salud
Vuelta Grande	10.00	Volumétrico	Marzo 2005	Centro de Salud
Santa Rita	2.50	Volumétrico	Marzo 2005	Centro de Salud
El Carmen	5.00	Volumétrico	Marzo 2005	Centro de Salud
Río Uzarín	7.33	Volumétrico	Marzo 2005	Centro de Salud
Belén	8.00	Volumétrico	Marzo 2005	Centro de Salud

Tabla 10 Caudal de las fuentes de abastecimiento

El grado de confiabilidad de estos aforos efectuados en los tanques se puede establecer como alto, debido a que el método utilizado para aforar es de fácil aplicación en comparación con otros y no necesita mucha pericia para realizarse. Además fue practicado por el personal del Centro de Salud y el fontanero municipal de Guazacapán, quienes poseen experiencia en este tema.

Algo que es importante conocer acerca de las fuentes es como ha variado el caudal en cada una de ellas a lo largo del tiempo. Lastimosamente sólo se cuentan con los caudales de diseño de algunas fuentes, que datan del año 1982, y que se obtuvieron de los planos originales de los proyectos que posee el INFOM, los cuales se detallan a continuación:

Fuente	Caudal de diseño año 1982 (Lts/seg.)	Caudal año 2005 (Lts/seg.)	Diferencia (Lts/seg.)
Santa Rita	3.33	2.5	0.83
Las Nubes	10.5	7.76	2.74
El Carmen	1.3	5	-3.7

Tabla 11 Variación del caudal de los manantiales

Se puede apreciar que sólo en el manantial Santa Rita y Las Nubes el caudal ha decrecido aproximadamente un 25% en 23 años, mientras que en manantial El Carmen, se ha cuadruplicado. La explicación para que El Carmen haya aumentado en contraste con las otras dos fuentes es que se localiza a orillas del río Usarín, y que esto seguramente ha influido directamente a que haya aumentado su aporte.

C. Comparación entre la producción y la demanda de agua

Según los aforos realizados por el Centro de Salud, el agua que se capta en los tanques, proveniente de las fuentes de abastecimiento se calculó en 40.59 Lts/seg. para el año pasado. Tomando en cuenta que la demanda de agua actual, según estimaciones hechas en el capítulo anterior, es de 47.15 Lts/seg.

se aprecia que el sistema actual no produce el agua necesaria para satisfacer las necesidades de la población que actualmente utiliza el sistema.

Como se mencionó en el capítulo anterior, uno de los factores que aumentan la demanda de agua son las fugas y desperdicios que no es posible cuantificarlas exactamente pero que se estiman como un 20% del total según las visitas realizadas.

Por otro lado para el año 2026 la demanda de agua según estimaciones será de 67.09 Lts/seg.

D. Comentarios

Con base a la descripción de la cuenca en que se encuentran los manantiales y la localización de los mismos, es posible que exista una relación directa del porqué los manantiales Santa Rita y Las Nubes han decrecido en caudal. Según la información del INAB se perdió una cantidad de bosque de 1285 hectáreas de las cuales se reforestaron solamente 682 en un período de 10 años. Esto ha influido directamente en la manera en que se recarga la cuenca, pues el agua que se captaba gracias a los árboles, ahora no infiltra totalmente sino también escurre.

Tomando en cuenta esto y que la mayoría de los manantiales se encuentran en áreas de mucha vegetación, a orillas de los cerros, estos se recargan con toda el agua que los bosques captan y que se infiltra en la parte alta de la cuenca, pero teniendo menos área de captación es muy posible que los manantiales ya no se recarguen como antes, razón por la cual decrezcan en caudal.

Por lo mismo es necesario crear campañas que se encaminen a preservar los bosques con que se cuentan actualmente y además fomentar la reforestación de áreas que han perdido sus bosques.

En relación a la producción y demanda actual de agua, es necesario comentar que se deben tomar acciones para disminuir las fugas y desperdicios, pero principalmente se deben buscar nuevas fuentes de abastecimiento, de

preferencia manantiales, para satisfacer la demanda actual y futura. Lo anterior en vista que para el año 2026, la demanda será de 67.09 Lts/seg. y las fuentes actuales solo producen 40.59 Lts/seg. que desde son insuficientes para la demanda que se tiene actualmente.

V. SISTEMA DE CAPTACIÓN

A. Generalidades

Este capítulo tratará acerca de la descripción de cómo se capta el agua en cada una de las fuentes, el tipo de obra, su estado, su protección sanitaria, su mantenimiento y la calidad del agua que se capta.

B. Manantial Las Nubes

El agua en este manantial se capta por medio de 5 cajas de concreto de 1m^3 de volumen y galerías de infiltración con piedra caliza de canto rodado. (Ver ilustración 6). Todas las cajas de captación poseen un rebose para el exceso de agua, un desagüe para su limpieza y están protegidas contra la intemperie gracias a una tapadera de concreto.

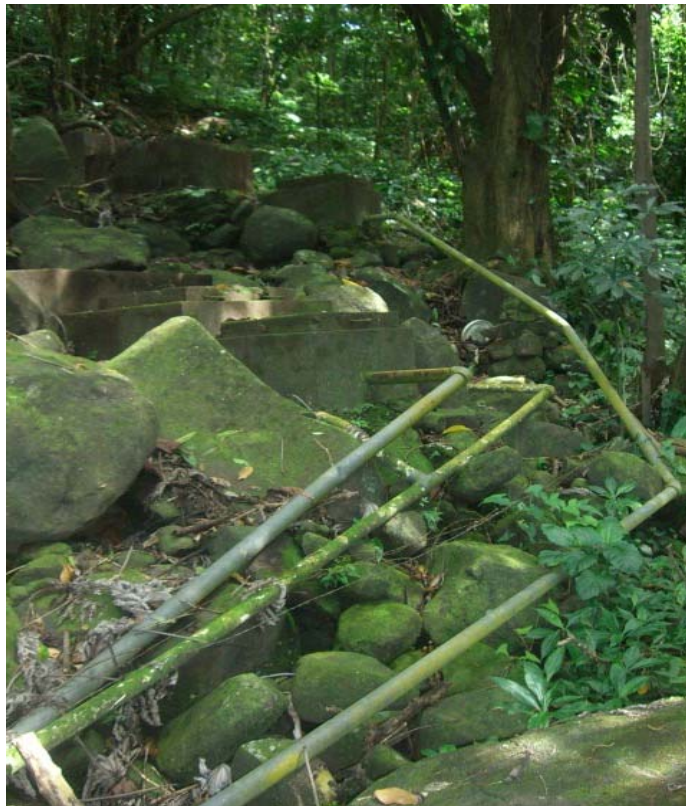


Ilustración 6 Obras de captación, Manantial "Las Nubes"

Estas cajas de captación están unidas a una caja unificadora de 1m^3 por medio de tubería de 2" de diámetro de hierro galvanizado.

En el sistema actual existe una caja desarenadora (Ilustración 7) que no aparece en los planos de diseño, que hace la función de caja unificadora extra cuando el caudal captado del manantial es grande y sobrepasa la capacidad de la caja unificadora principal. De esta manera cumple su función de desarenar el agua solamente cuando el caudal es bastante. La tubería que une a la caja unificadora y a la caja desarenadora es de 3" de hierro galvanizado.



Ilustración 7 Caja desarenadora, Manantial "Las Nubes"

En general las obras de captación poseen un estado de conservación aceptable. No obstante un detalle importante de esta obra de captación lo constituye el hecho que existe una caja de captación que ya no funciona correctamente debido a que el nivel al que el agua brota en ese sitio, ha bajado alrededor de 1 m., por lo que la caja no capta agua alguna.

El problema con esto es que se está perdiendo una cantidad considerable de agua que podría ser captada para aumentar el caudal que el manantial aporta al sistema. Para remediar un poco este problema, el fontanero de la

municipalidad ha dispuesto captar el agua que brota debajo de la caja de captación con la utilización de un tubo. El problema con esto es que no se capta toda el agua, y en segundo lugar y aún más importante es que es agua ya superficial, que representa un riesgo de contaminación.

Por último, es evidente que el nivel al que el agua brota en el manantial ha bajado a lo largo del tiempo, razón por la cual la caja mencionada anteriormente ya no funciona, pero el problema acá es que las demás cajas de captación podrían en un momento dado quedarse sin captar agua también. Como se puede apreciar en la ilustración 8, otra caja de captación capta una cantidad de agua relativamente pequeña en comparación con las demás, que da indicios de la condición actual del nivel al que el agua está brotando.



Ilustración 8 Caja de captación No. 3, Manantial "Las Nubes"

Las captaciones reciben un mantenimiento cada 3 ó 4 días, según indicaciones del fontanero. El mantenimiento consiste en limpiar las cajas de captación de cualquier basura y revisar que no haya obstrucciones en las mismas.

C. Manantial Vuelta Grande

Este sistema de captaciones está conformado por 6 cajas de concreto de 1m^3 , galerías de infiltración con piedra caliza de canto rodado y muros de retención (Ver ilustración 9). Además cada caja de captación posee una “pichacha” que es una coladera que protege la entrada de la tubería que lleva el agua hacia las cajas unificadoras. Estas coladeras están hechas de tubos cerrados en la punta, de PVC, con agujeros lo suficientemente pequeños para impedir el transporte de material no deseable, como basura, como se puede apreciar en la ilustración 9. Las cajas no cuentan con un desagüe, ni tampoco un rebose, por lo que el agua excedente se evacua al llegar al borde de la caja.



Ilustración 9 Caja de captación Manantial “Vuelta Grande”

Todas las cajas de captación poseen una tapa de concreto y se conectan a una caja unificadora con dimensiones de $1\text{m} \times 1\frac{1}{2}\text{m} \times 2\text{m}$, con tubería de PVC de 3”. Esta caja unificadora posee una tapadera de metal, que no posee ningún tipo de seguridad para abrirse. (Ver ilustración 10)



Ilustración 10 Caja unificadora Manantial “Vuelta Grande”

Uno de los hechos más relevantes es que las obras de captación aparentemente fueron construidas para captar agua tanto subterránea como superficial. Debido a que las cajas de captación constan de un par de muros de mampostería que se extienden a los costados de las mismas, de longitud variable y profundidad de aproximadamente 0.30 a 0.50 cm., que se encargan de recolectar el agua superficial que nace colina arriba y alguna subterránea, para después disponerla en las cajas. De tal forma, tanto agua de manantial como agua pluvial es captada en un momento dado.

Además existen algunas cajas de captación que han sido rotas en la parte del recubrimiento superior de las mismas con el fin de captar el agua que brota colina arriba y que escurre en el terreno. Esto es un riesgo alto de contaminación, ya que esta obra debería captar sólo agua subterránea, debido al tratamiento final que se le da en el sistema que no es el adecuado para tratar agua superficial.

Al igual que el sistema de captación del manantial Las Nubes, el de Vuelta Grande recibe un mantenimiento cada 3 ó 4 días por parte del personal de la municipalidad, quienes limpian las cajas de captación, las cajas unificadoras y atienden cualquier problema que surja en las mismas.

D. Manantial Santa Rita

Actualmente el sistema cuenta con 1 caja recolectora de 1m³ que recolecta el agua captada con galerías de infiltración, además existe un muro de contención al final de dichas galerías. Este muro de contención aparentemente servía de seguridad al sistema de captación debido a que existía un pequeño río anteriormente, el cual nacía cerca de la captación pero que actualmente ya no existe. Luego el agua es transportada a dos cajas unificadoras colocadas en serie, para luego pasar al sistema de conducción. Una de las cajas unificadoras hace la función de caja desarenadora.

Las cajas cuentan con un rebose y un desagüe cada una. La caja unificadora posee una tapadera de concreto, que ya no se encuentra en buen estado (Ver ilustración 11).



Ilustración 11 Caja unificadora Manantial “Santa Rita”

Esto es un riesgo de contaminación porque cualquier agua superficial o pluvial entra a esta caja unificadora y contamina el agua captada de los manantiales.

Por otro lado el sistema se encuentra dañado debido a la erosión que el agua subterránea y la caída de un árbol han hecho en parte de una losa que fue construida como parte del sistema de contención del nacimiento, como se puede apreciar en la ilustración 12.



**Ilustración 12 Daño a la losa del sistema de captación Manantial
“Santa Rita”**

Respecto al mantenimiento de esta fuente de abastecimiento, el período de limpieza es el mismo que el de las demás fuentes: cada 3 ó 4 días. Dicho mantenimiento consiste en limpiar la caja unificadora y desarenadora por parte de personal de la municipalidad.

E. Manantial El Carmen

Esta fuente de abastecimiento capta el agua por medio de una caja de concreto de 1m³, que colecta el agua que pasa a través de una galería de infiltración formada con piedra caliza de canto rodado. Está conectada a una caja

unificadora por medio de un tubo de hierro galvanizado de 3" de diámetro. Ambas cajas con tapadera de concreto, desagües y reboses.

Estas cajas se encuentran en buen estado y reciben un mantenimiento cada 3 ó 4 días por parte de los ayudantes del fontanero a cargo.

Cabe mencionar que la cantidad de agua que este manantial provee al sistema, ha aumentado en relación con el caudal de diseño utilizado en el año 1982. Esto se debe posiblemente a la incidencia del río Uzarín que pasa cerca del mismo, que de alguna forma ha influido en que el terreno absorba más agua.

El mantenimiento que se realiza a este manantial es cada 3 ó 4 días.

F. Manantial Belén

Este manantial capta el agua a través de galerías de infiltración que están conectadas a 2 cajas de concreto de 1m³. Luego el agua es transportada a una caja unificadora por medio de tubería de PVC de 3" de diámetro. Las cajas de captación cuentan con una tapadera de metal, un rebose y un desagüe (Ver ilustración 13).

Todo el sistema es de reciente construcción, por lo mismo su estado de conservación es bastante bueno. No obstante una de las cajas unificadoras no cuenta con las condiciones adecuadas para captar el agua, debido a que el caudal es bastante grande (8 L/seg.) y no existe una cortina que evite que el chorro de agua desgaste la caja.



Ilustración 13 Obra de captación en M36anantial “Belén”

G. Río Uzarín

Estas obras de captación han sido efectuados por medio de la municipalidad de Guazacapán, bajo el diseño y supervisión del fontanero del lugar. Las captaciones se han hecho por medio de diques de mampostería de piedra y cemento. Las captaciones, como se mencionó anteriormente, son 3. En todas las captaciones existe en la parte inferior del dique, una tubería que transporta el agua a una caja unificadora. Esta tubería está fabricada de PVC de 8” de diámetro. En la visita efectuada, se pudo observar que una de las captaciones no estaba funcionando debido a que esta tubería había sido rota por la crecida del río. Lo que sucede es que los tubos que transportan el agua a las cajas de captación, están colocados bastante cerca de la orilla del río, por lo que son propensas a sufrir daño.

Respecto a la calidad, es fácil inferir que a diferencia de los demás sistemas de captación, éste sea el menos sanitario. Entre las cosas que cabe mencionar está el hecho que estas captaciones se hacen a inmediaciones del río donde la susceptibilidad a captar agua contaminada es aún alta. Es decir, existe la posibilidad que aguas arriba de las captaciones, el agua haya podido ser contaminada por el paso de ganado, por algún uso doméstico, etc. Esto represente un riesgo de contaminación.

El sistema no cuenta con rejillas para impedir el paso de material en suspensión, pero en su defecto existen “pichachas” que como se mencionó anteriormente son coladeras hechas de tubos de PVC cerrados en la punta, colocados en las entradas de los tubos que captan el agua, y que poseen agujeros lo suficientemente pequeños para evitar el paso de partículas grandes que el río pueda llevar, pero lo suficientemente grandes para que el agua sea transportada sin complicaciones.

Para el diseño de este tipo de captaciones es necesario que los tubos de captación se encuentren a una profundidad ligeramente debajo de la superficie con el fin de evitar los sedimentos en suspensión en niveles más bajos como los desperdicios flotantes (McGhee, 1999). En relación a esto, los tubos no se encuentran configurados de ésta manera; aunque sí impiden el paso de partículas grandes, por estar colocados muy cerca del fondo, los sedimentos en suspensión no son evitados y de esta manera sí son transportados.

Cabe añadir que en épocas lluviosas la turbiedad de la misma es un poco alta, como se pudo verificar en una visita realizada. Y los sólidos suspendidos pueden proteger los microorganismos de la acción de los desinfectantes. Teniendo en cuenta que el único tratamiento que el agua recibe es la cloración, es fácil apreciar que en muchas ocasiones el agua que se distribuye podría no estar siendo tratada adecuadamente. (McGhee, 1999)

Por último, como se mencionó anteriormente, ésta agua es almacenada juntamente con la captada de los manantiales. El problema con esto es que al no estar tratando bien ésta agua, y poseer cierto grado de contaminación, afecta

la calidad del agua de las demás fuentes. Lo que al final repercute en una dosificación de agua al pueblo con la calidad no adecuada.

H. Calidad del agua de las captaciones

Lastimosamente el sistema no cuenta con análisis efectuados en las captaciones sino únicamente, como se mencionó antes, los análisis se efectúan en los tanques y en la red de distribución.

Esto es lamentable porque se carece de información acerca de calidad, útil para dar recomendaciones pertinentes y necesarias para mejorar la eficiencia del sistema.

Los análisis efectuados en los tanques revelan que en 2 tanques, el agua no posee la calidad adecuada, pero es difícil saber si se contamina en la línea de conducción o el agua, tal y como se capta, ya posee alguna contaminación.

VI. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OBRAS DE CAPTACIÓN

A continuación se discutirá un poco de los aspectos más relevantes de las fuentes de captación, y se resaltarán los aspectos favorables que deben conservarse y los desfavorables que deben modificarse para mejorar la calidad del servicio.

A. Manantial Las Nubes

En la captación de Las Nubes; en general, se pudo apreciar que el proyecto se encuentra en buenas condiciones, pero lastimosamente como el nivel al que el agua brota ha bajado, algunas cajas ya no cumplen su función correctamente. Respecto a esto, se observaron los planos originales del proyecto y se apreció que la caja de captación que ya no funciona está situada en la cota 696.5 y la caja unificadora está en la cota 694. Teniendo en cuenta esto, es posible construir otra caja de captación en sustitución de la anterior, colocándola en la cota 695, teniendo en cuenta que el nivel al que el agua brota ha bajado alrededor de 1 metro. Con esto se solucionaría el problema de captación y se evitaría estar captando agua superficial como actualmente se hace con la utilización de un tubo.

Asimismo, se recomienda realizar lo mismo con la caja de captación que capta poca agua, y sustituirla con la construcción de otra en una cota inferior, para aprovechar al máximo el caudal del manantial.

Respecto al mantenimiento, aparentemente no se está cumpliendo como se estipuló anteriormente, ya que en la visita realizada se encontró con varias cajas de captación y unificadoras sin señales de haber sido limpiadas en semanas; por lo mismo se sugiere un control más estricto al respecto por parte del fontanero.

B. Manantial Vuelta Grande

En la captación al manantial Las Nubes es necesario que se arreglen las cajas de captación, y que en la medida de lo posible se realicen modificaciones para que el agua sea captada como se hace en el manantial Las Nubes. Esto significa evitar el uso de los muros y arreglar las galerías de infiltración para que capten solamente agua subterránea. Como se mencionó anteriormente, no existe una protección efectiva a las cajas de captación ni a las galerías de infiltración. Las cajas de captación actuales, aparte de aislarlas de la posibilidad de captar agua superficial, se les debe construir un desagüe y un rebose para su buen funcionamiento.

Si la necesidad de captar más agua fuese necesaria, se recomienda construir otras cajas siempre en el área del manantial, ya que el manantial por lo que se apreció se puede aprovechar aún más.

También existen algunas tuberías que conectan las cajas de captación con las unificadoras que se encuentran a la intemperie. Se recomienda protegerlas para evitar daños en las mismas, y porque este tipo de tubería debe evitar su exposición directa al sol. Por último se recomienda asegurar las cajas de captación y unificadoras para que sólo personal autorizado pueda abrirlas.

C. Manantial Santa Rita

En la obra de captación de Santa Rita se recomienda reparar la obra existente debido al deterioro que está sufriendo, para evitar el colapso de toda la obra de captación. Además se recomienda realizar un mantenimiento no sólo a la obra sino también a los alrededores, que incluiría la remoción del tronco derribado sobre el muro de contención.

Otras de las recomendaciones es reparar las tapaderas de las cajas, para evitar que el agua superficial caiga en éstas.

D. Manantial El Carmen

Entre las observaciones a comentar está el hecho de que el mantenimiento aparentemente no es tan frecuente como los encargados lo estipularon, por lo que se recomienda un control más estricto por parte del fontanero.

E. Manantial Belén

Esta fuente de abastecimiento posee condiciones favorables como la cantidad de agua que capta, ya que es uno de los tres manantiales del sistema que más agua aporta. Además es de reciente construcción, y por lo mismo se le debe dar el mantenimiento adecuado y frecuente que necesita. Como se mencionó antes, se debe revisar la caja unificadora a la que llega el agua captada del manantial, para que la fuerza de la misma no la dañe en el futuro.

F. Río Uzarín

Esta fuente posee condiciones que se deben modificar para mejorar el sistema en sí. Una de las modificaciones es la protección de la tubería que lleva el agua del dique a la caja unificadora. Estas tuberías en primer lugar están sobre el terreno sin ninguna protección y en segundo lugar se encuentran a la orilla del río y en algunos casos lo atraviesan. Estas se deben reacondicionar protegiéndolas de la intemperie y también se deben asegurar en un lugar donde el río no pueda provocar su colapso.

Sin embargo, algo aún más importante es el hecho que una de las captaciones se hace en un lugar propenso a contaminación. Se debe modificar esta condición, pues de no hacerlo se estará expuesto a captar agua contaminada.

Por último, la EPA (The Environmental Protection Agency) y la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR NGO 29001) exigen que todos los abastecimientos públicos extraídos de las fuentes superficiales (como ríos) sean filtrados, a menos que se cumplan criterios muy estrictos respecto a la calidad y la protección.

Por lo mismo se recomienda que el agua captada así en el río Uzarín antes de entrar al sistema de distribución, sea tratada mediante procesos de sedimentación, coagulación y filtración y no solamente desinfección. Esto porque de nada servirá solamente clorarla si el agua posee turbiedad o sedimentos; y según el Centro de Salud este hecho es bastante frecuente.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De este trabajo se pueden concluir varias cosas respecto a la cantidad y la calidad del agua del sistema de captación del abastecimiento de la cabecera municipal de Guazacapán, departamento de Santa Rosa.

- a. En primer lugar el sistema actual cuenta con seis fuentes de agua, de las cuales cinco son manantiales y una es tomada de un río.
- b. De las seis obras de captación, solamente tres (Las Nubes, El Carmen y Santa Rita) tuvieron una planificación y ejecución por parte de una institución pertinente, como es el caso del INFOM, mientras que las demás fueron obras hechas bajo la supervisión del fontanero municipal de Guazacapán.
- c. La cantidad de agua que todas las fuentes aportan al sistema es de aproximadamente 40 Lts/seg.
- d. Según las estimaciones, la producción de agua actual, no es suficiente para satisfacer la demanda que es de 47.15 Lts/seg.
- e. El mayor motivo por el que algunos manantiales han decrecido en relación al caudal que aportan al sistema es porque la cuenca ha sido deforestada, y su reforestación no ha sido suficiente. De esta manera la recarga del agua subterránea se ve afectada.
- f. Las fuentes de abastecimiento no poseen un control en referencia a su calidad, ya que los únicos análisis que existen, se realizan en los tanques y la red de distribución.
- g. No existen aforos efectuados en las fuentes de abastecimiento que sirvan para establecer las variaciones en cada una de las fuentes.

Como parte del trabajo se recomienda lo siguiente:

- a. Realizar todas las recomendaciones enunciadas en el capítulo “Análisis de la situación actual de las obras de captación”, con el objeto de mejorar la eficiencia del sistema de captaciones.

- b. Mejorar el control del mantenimiento de las obras de captación, para que éste se haga de manera frecuente.
- c. Implementar procesos de filtración, sedimentación y coagulación en el tratamiento del agua del río Uzarín.
- d. En vista que la producción actual de agua no es suficiente para satisfacer la demanda, se recomienda analizar la factibilidad de utilizar nuevas fuentes que satisfagan dicha demanda y que prevean la futura.
- e. Al carecer de aforos efectuados en las fuentes de abastecimiento, se recomienda comenzar a realizarlos periódicamente, a un intervalo de un mes máximo, con el fin de conocer en cada momento el agua disponible, perseguir las pérdidas de agua que puedan existir y así poder prever con la suficiente antelación la posibilidad de futuras ampliaciones o mejoras.
- f. Por último se recomienda realizar análisis bacteriológicos, físicos y químicos en las fuentes de abastecimiento con el fin de establecer la calidad del agua.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. *Anexo de saneamiento ambiental*. 2003. Centro de Salud del Municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa. Guatemala. 12 págs.
2. 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.
3. *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.
4. Guatemala. 1981. Instituto Geográfico Nacional. *Diccionario Geográfico de Guatemala Tomo II*. Guatemala, Tipografía Nacional. 1083 págs.
5. Guatemala. 1985. *Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR. Norma NGO 29001*. Guatemala, Ministerio de Economía. 14 págs.
6. Guatemala. 2004. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA. *Atlas temático de las cuencas hidrográficas de la república de Guatemala*. Guatemala
7. Guatemala. 2005. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Atlas Hidrológico*. Guatemala.
8. *Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales*. 1997. Organización Panamericana de la Salud. Guatemala. pág. 21.
9. Maddaus, William. 1987. <<The effectiveness of residencial water conservation measures>>. En *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. Ingeniería Ambiental*, de Terrance McGhee. 1ra ed. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia, McGraw-Hill Interamericana, S.A. pág. 13.
10. 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.

11. *Monografía del Municipio de Guazacapán*. 2000. Municipalidad de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa. Guatemala. 9 págs.
12. Steel, Ernest; T. McGhee. 1981. *Abastecimiento de agua y alcantarillado*. 5a ed. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A. 636 pp.
13. Urra, Lázaro; A. Fesser. 1955. *Hidrología Urbanística, captación, purificación y distribución de agua en las poblaciones*. Madrid, Editorial Dossat, S.A.