

Estudio muestran que un pozo tiene una capacidad que excede este valor, como se describió en la Sección 7.2, debido a las características hidrogeológicas peculiares del área, en especial del sistema de fallas.

En la siguiente sección se describe más en detalle el potencial de desarrollo de los 10 municipios incluidos en el Estudio de Factibilidad.

### 7.3.2 Estrategia de Desarrollo de Aguas Subterráneas en los 10 Municipios

#### (1) San José Pinula

La ciudad se localiza dentro de una cuenca subterránea tipo graben, donde se intercalan el acuífero superior de sedimentos de pómez pleistocénico, y el acuífero inferior de las rocas volcánicas terciarias con sedimentos clásticos. Entre estos dos acuíferos, existe una zona seca no saturada. Dado que el acuífero superior es de varios metros de espesor y su nivel freático varía considerablemente según época, la disponibilidad de las aguas no es estable. Por lo tanto, actualmente no se está utilizando como fuente de suministro de agua.

El acuífero principal de la cuenca es el acuífero inferior, que consiste de lavas brechiadas basálticas a riolíticas, y capas de grava con arena cuarzosa. Las fuentes existentes toman los recursos de este acuífero mediante 3 pozos de 120 metros de profundidad; la producción diaria suma un total de 613.2 m<sup>3</sup>. El rendimiento de los 3 pozos oscila entre 1.45 y 9.46 lit./seg. con un promedio de 4.68 lit./seg. (74.2 GPM).

Por otro lado, el rendimiento del pozo de prueba fue de 31.23 lit./seg (495 GPM) con un abatimiento de 11.90 metros. La

profundidad del pozo de prueba fue de 180 metros y el nivel estático de agua fue de 6.84 metros desde el nivel del suelo. La diferencia de rendimiento de los pozos existentes y el de la prueba se deriva, supuestamente, de los siguientes factores.

- (a) El pozo de prueba es 60 metros más profundo que los pozos existentes y da al acuífero confinado.
- (b) El pozo de prueba fue localizado apropiadamente, enfocando hacia el sistema de falla, de acuerdo con los resultados de los estudios hidrogeológicos y geofísicos.

La demanda de agua municipal para el año 2010 se proyecta en 3,095 m<sup>3</sup>/día (26.4 lit./seg.), y la falta podría ser cubierta por los recursos del pozo de prueba, al utilizarlo como pozo de producción.

El potencial estimado y el balance hídrico de la subcuenca subterránea en el año 2010 son los siguientes.

- Área de recarga	16 km <sup>2</sup>
- Precipitación anual	1,650 mm
- Tasa de infiltración	14.5%
- Potencial	10,488 m <sup>3</sup> /día
- Descarga de bombeo en 2010	3,095 m <sup>3</sup> /día
- Balance	7,393 m <sup>3</sup>

(2) San Pedro Sacatepéquez

La ciudad se localiza dentro de una cuenca fluvial intermontañosa geotectónica, controlada por las fallas de dirección NO-SE, NS y NE-SO. Las capas acuíferas de la cuenca fluvial están formadas por los sedimentos de pómez pleistocénicos (acuífero superior) y por el estrato de las rocas volcánicas terciarias basálticas a andesíticas fracturadas

localmente (acuífero inferior). En general, los acuíferos superior e inferior están separados por una zona seca no saturada, y son abiertos y semicerrados, respectivamente.

El espesor del acuífero superior varía desde varios metros hasta 20 metros, y de él se descargan las aguas formando numerosos manantiales pequeños, constituyendo importantes fuentes de agua de uso doméstico y agrícola para los habitantes locales. La descarga diaria se estima en más de 400 m<sup>3</sup>, de los cuales 212 m<sup>3</sup>/día están siendo suministrados al municipio.

Aún se desconoce el comportamiento de las aguas subterráneas y las características del acuífero inferior en las rocas volcánicas terciarias, dado que no se disponen de las informaciones sobre los pozos existentes. La tasa de descarga de los pozos existentes es de 3.4 lit./seg., y la producción diaria de 97.9 m<sup>3</sup> bombeando durante 8 horas. El rendimiento del pozo de prueba es de 20.19 lit./seg. (320 GPM), con un abatimiento de 67.29 metros. El nivel estático de agua en este pozo es de 41.5 metros desde el nivel del suelo en el acuífero inferior.

Dado que la demanda de agua en 2010 se proyecta en 1,572 m<sup>3</sup>/día, se estima la falta de 1,278 m<sup>3</sup>/día (14.81 lit./seg.), lo que podría ser cubierto con los recursos del pozo de prueba.

El potencial estimado y el balance hídrico de la subcuenca subterránea en el año 2010 son los siguientes.

- Area de recarga	4.0 km <sup>2</sup>
- Precipitación anual	1,032 mm
- Tasa de infiltración	13.0 %
- Potencial	1,470(-1,728) m <sup>3</sup> /día*1
- Descarga de bombeo en 2010	1,760 m <sup>3</sup> /día*2
- Balance	290 (-32) m <sup>3</sup>

- \*1 El potencial fue estimado suponiendo un factor de infiltración de 1,470 m<sup>3</sup>/día, y 1,728 m<sup>3</sup>/día como factor de flujo básico.
- \*2 El desglose de las descargas (incluyendo los manantiales) en 2010 es el siguiente.
  - Bombeo desde dos pozos: 1,572 m<sup>3</sup>/día
  - Aguas de manantial para agricultura: 188m<sup>3</sup>/día

(3) Santa María de Jesús

Como se muestra en las Figuras 7.2.1 (2) y 7.2.4, el pozo se localiza en Sabana Grande, rodeada de montañas con pendientes acentuadas. La cuenca está cubierta, principalmente, por las rocas volcánicas cuaternarias del Volcán de Agua, y el basamento está constituido por una formación ligeramente permeable de las rocas volcánicas terciarias.

La cuenca tiene dos acuíferos: el superior y el inferior, que están separados por una zona seca no saturada. El nivel freático es de 16 metros de profundidad en el acuífero superior y de 163 metros debajo del nivel del suelo en el acuífero inferior.

El rendimiento del acuífero inferior, verificado mediante perforación de prueba, es de 17.79 lit./seg. (282 GPM), con un abatimiento de 3.53 metros, mientras que el rendimiento del pozo existente es de 6.0 lit./seg. (95 GPM).

Al proyectar una demanda de agua en 2010 de 2,308 m<sup>3</sup>/día, la falta sería de 1,617 m<sup>3</sup>/día (18.7 lit./seg.), que podrían ser cubiertas con los recursos del pozo de prueba.

El potencial estimado y el balance hídrico de la subcuenca subterránea en el año 2010 son los siguientes.

- Area de recarga	14.0 km <sup>2</sup>
- Precipitación anual	1,229 mm
- Tasa de infiltración	13.0 %
- Potencial	7,071 m <sup>3</sup> /día
- Descarga de bombeo en 2010	2,308 m <sup>3</sup> /día
- Balance	4,763 m <sup>3</sup>

(4) San Martín Jilotepeque

El área municipal se sitúa dentro de la cuenca intermontañosa del Río Pixcayá, y está formada principalmente de las rocas volcánicas terciarias.

El principal acuífero de la cuenca es una capa de las rocas volcánicas terciarias de lavas andesíticas a basálticas autobrechadas y fracturadas. El rendimiento del acuífero, verificado por la prueba de perforación, es de 25.30 lit./seg. (400 GPM), con un abatimiento de 9.63 metros; el nivel estático de agua es de 82 metros desde el nivel del suelo, mientras que el rendimiento del pozo existente es de 6.0 lit./seg. (95 GPM).

La producción del pozo de prueba podría cubrir la falta de agua proyectada de 1,032 m<sup>3</sup>/día (11.95 lit./seg.) en 2010.

El potencial estimado y el balance hídrico de la subcuenca subterránea en el año 2010 son los siguientes.

- Area de recarga	7.0 km <sup>2</sup>
- Precipitación anual	1,272 mm
- Tasa de infiltración	15.0 %
- Potencial	3,659 m <sup>3</sup> /día
- Descarga de bombeo en 2010	1,550 m <sup>3</sup> /día
- Balance	2,109 m <sup>3</sup>

(5) San Juan Comalapa

El área municipal se localiza dentro de la cuenca intermontañosa del Río Pixcayá, y está formada principalmente de los sedimentos de pómez pleistocénicos (acuífero superior) y las rocas volcánicas terciarias (acuífero inferior).

El acuífero superior está compuesto por un estrato con una permeabilidad relativamente alta de sedimentos de pómez, con depósitos lacustres de materiales arenosos de varios metros de espesor. Existen numerosos manantiales que descargan las aguas del acuífero superior, cuyo volumen total se estima en más de 15 lit./seg.

El acuífero inferior está compuesto por el estrato de tobas soldadas parcialmente fracturadas del terciario. La productividad del acuífero inferior, verificada mediante perforación de prueba, no es muy alta, con 15.78 lit./seg. (1,363 m<sup>3</sup>/día, 250 GPM), con un abatimiento considerable de 156.4 metros, debajo del nivel estático de agua de 28.94 metros desde el nivel del suelo. Para realizar el bombeo a un costo razonable, el abatimiento debería ser menor que 80-90 metros, reduciendo la tasa de bombeo a 12.0 lit./seg. (aprox. 1,000 m<sup>3</sup>/día, 190 GPM). El pozo existente en este municipio tiene un rendimiento de 6.42 lit./seg. (102 GPM).

Dado que la falta de suministro se estima en 1,954 m<sup>3</sup>/día en 2010, es necesario desarrollar un nuevo pozo de producción de unos 1,000 m<sup>3</sup>/día para satisfacer la demanda.

En la Figura 9.1.5 se ilustra la ubicación recomendada del nuevo pozo, de acuerdo con los resultados de los estudios hidrogeológicos. Sin embargo, es necesario realizar estudios más detallados a fin de localizar el pozo con mayor precisión y determinar su profundidad.

El potencial estimado y el balance hídrico de la subcuenca subterránea en el año 2010 son los siguientes.

- Area de recarga	16.0 km <sup>2</sup>
- Precipitación anual	1,414 mm
- Tasa de infiltración	13.0 %
- Potencial	8,058 m <sup>3</sup> /día
- Descarga de bombeo en 2010	3,793 m <sup>3</sup> /día
(de los 3 pozos profundos)	(2,493 m <sup>3</sup> /día)
(de los manantiales)	(1,300 m <sup>3</sup> /día)
- Balance	7,393 m <sup>3</sup>

(6) Sololá

El área de desarrollo de las aguas subterráneas de Sololá se ubica sobre un altiplano a unos 2 km. al norte de la ciudad, donde las rocas volcánicas terciarias con sedimentos clásticos (acuífero inferior) están cubiertas discordantemente por los sedimentos de pómez pleistocénico (acuífero superior).

El acuífero superior es sólo de unos cuantos metros de espesor en esta área, pero de él se descargan más de 45 lit./seg. (3,888 m<sup>3</sup>/día) formando numerosos manantiales. Los dos acuíferos, superior e inferior, están separados por una zona seca no saturada.

Las principales unidades litológicas del acuífero inferior son las lavas basálticas a andesíticas fracturadas y autobrechadas, y areniscas tobáceas granuladas. El rendimiento del acuífero inferior, verificado por la perforación de prueba, es de 24.59 lit./seg. (390 GPM), con un abatimiento de 54.86 metros. El nivel estático de agua es de 71.63 metros debajo del nivel del suelo.

En el caso de utilizar el pozo de prueba como pozo de producción, la tasa de bombeo debería reducirse de 24.59 lit./seg. hasta 13.0 -14.0 lit./seg. (1,100 - 1,200 m<sup>3</sup>/día), con el fin de mantener el nivel de bombeo a menos de 100 m. de profundidad para así mantener un determinado margen de seguridad (bombeo económico).

Para cubrir la falta de suministro en este municipio para el año 2010, que se estima en 2,172 m<sup>3</sup>/día (25.14 lit./seg.), es necesario construir un nuevo pozo, además del pozo de prueba.

En la Figura 9.1.6 se ilustra la localización recomendada del nuevo pozo, seleccionada de acuerdo con los resultados de los estudios hidrogeológicos. Sin embargo, se recomienda ejecutar un estudio más detallado, previo a la construcción del pozo, con el fin de determinar la ubicación y la profundidad más adecuadas.

El potencial estimado y el balance hídrico de la subcuenca subterránea en el año 2010 son los siguientes.

- Área de recarga	18.5 km <sup>2</sup>
- Precipitación anual	1,081 mm
- Tasa de infiltración	14.5 %
- Potencial	7,945 m <sup>3</sup> /día
- Descarga de bombeo en 2010	6,060 m <sup>3</sup> /día
(de pozos profundos)	(2,127 m <sup>3</sup> /día)
(de manantiales)	(3,888 m <sup>3</sup> /día)
- Balance	7,393 m <sup>3</sup>

(7) Santa Lucía Utatlán

El área municipal se localiza dentro de la cuenca intermontañosa del río Quiscab, y consiste principalmente en las rocas volcánicas terciarias cubiertas uniformemente por los sedimentos delgados de pómez del Plesitoceno.

El acuífero principal está dentro del estrato fracturado de las rocas volcánicas terciarias. El sitio de pozo exploratorio fue seleccionado enfocando la zona fracturada de las rocas dacíticas autobrechadas a lo largo del lineamiento NE-SO, que controla fuertemente la dirección de las corrientes de los ríos. El rendimiento de la zona fracturada, confirmada por la perforación de prueba, es de 10.22 lit./seg. (162 GPM), con un abatimiento de 9.13 metros. El nivel estático de agua es de 131.45 metros debajo del nivel del suelo. El déficit de suministro de agua en este municipio en 2010 se estima en 344 m<sup>3</sup>/día (3.98 lit./seg.), lo cual podría ser suficientemente cubierto por la producción del pozo de prueba.

El potencial estimado y el balance hídrico de la subcuenca subterránea en el año 2010 son los siguientes.

- Área de recarga	5 km <sup>2</sup>
- Precipitación anual	1,341 mm
- Tasa de infiltración	13.5 %
- Potencial	2,480 m <sup>3</sup> /día
- Descarga de bombeo en 2010	506 m <sup>3</sup> /día
(De pozos profundos)	(344 m <sup>3</sup> /día)
(De manantiales)	(162 m <sup>3</sup> /día)
- Balance	7,393 m <sup>3</sup>

(8) Momostenango

El área municipal se localiza dentro del altiplano montañoso formado por las rocas volcánicas terciarias. Se descargan aguas termales (de 48.1°C, pH 6.5, EC 94  $\mu\text{s/cm}$ ) desde el lecho del río. La perforación exploratoria ha puesto de manifiesto la posibilidad de extraer agua potable (de 20.0°C, pH 7.0, EC 53 $\mu\text{s/cm}$ .), aún en el área geotermal.

Los principales acuíferos del área, confirmados por la prueba de perforación exploratoria, fueron encontrados en los estratos de lavas dacíticas y andesíticas fracturadas y de areniscas tobáceas gruesas, y el rendimiento del pozo es de 12.62 lit./seg. (200 GPM), con un abatimiento de 70.3 metros. El nivel estático de agua es de 63.5 metros desde el nivel del suelo.

Para cubrir la falta de agua proyectada de 1,955 m<sup>3</sup>/día (22.63 lit./seg.) para el año 2010, es necesario construir un nuevo pozo. En la Figura 9.1.8 se ilustra la ubicación recomendada del nuevo pozo, aunque previo a su construcción, deberían llevarse a cabo estudios hidrogeológicos más detallados a fin de determinar la ubicación y profundidad más adecuadas.

El potencial estimado y el balance hídrico de la subcuenca subterránea en el año 2010 son los siguientes.

- Área de recarga	18.0 km <sup>2</sup>
- Precipitación anual	1,341 mm
- Tasa de infiltración	10.0 %
- Potencial	6,613 m <sup>3</sup> /día
- Descarga de bombeo en 2010	3,182 m <sup>3</sup> /día
(de pozos profundos)	(1,955 m <sup>3</sup> /día)
(de manantiales)	(1,227 m <sup>3</sup> /día)
- Balance	7,393 m <sup>3</sup>

(9) San Francisco la Unión

El área municipal se localiza en la cuenca intermontañosa del Río Samalá, y está formada por los sedimentos de pómez pleistocénico (acuífero superior) y las rocas volcánicas terciarias. Como se describe en la Sección 7.2.2 (3), la perforación exploratoria ha puesto de manifiesto que es difícil desarrollar las aguas subterráneas mediante construcción de pozos profundos en esta área, debido a la existencia de una zona seca no saturada muy porosa entre los acuíferos inferior y superior (Figura. 7.2.10 (1)).

Por lo tanto, se recomienda desarrollar el acuífero superior mediante la construcción de un gran pozo de poca profundidad, para racionalizar y economizar el trabajo, y particulamente porque la falta de agua de este municipio para el año 2010 se estima en sólo 271 m<sup>3</sup>/día (50 GPM).

En las Figuras 7.2.10 (2) y 9.1.9 se muestran la ubicación y el diseño del pozo poco profundo recomendado.

El potencial estimado y el balance hídrico de la subcuenca subterránea en el año 2010 son los siguientes.

- Area de recarga	6 km <sup>2</sup>
- Precipitación anual	843 mm
- Tasa de infiltración	13.5%
- Potencial	1,871 m <sup>3</sup> /día
- Descarga de bombeo en 2010	271 m <sup>3</sup> /día
- Balance	1,600 m <sup>3</sup>

(10) Génova

El área municipal se ubica en una llanura al pie de los volcanes cuaternarios, y está formada por las rocas piroclásticas con estratos de lavas delgadas y flujos de lodo volcánico.

El acuífero principal del área, confirmado por la perforación de prueba, es un estrato fracturado de lavas andesíticas de las rocas volcánicas cuaternarias. El rendimiento es de 12.62 lit./seg. (200 GPM), con un abatimiento de 88.36 metros. El nivel estático de agua es de 27.85 metros debajo del nivel del suelo.

La falta de agua en este municipio para el año 2010 se estima en 770 m<sup>3</sup>/día (8.92 lit./seg.), que podría ser cubierta por la producción del pozo de prueba. Las aguas de los manantiales existentes (3.03 lit./seg.) podrían ser utilizadas para el uso agrícola.

El potencial estimado y el balance hídrico de la subcuenca subterránea en el año 2010 son los siguientes.

- Área de recarga	10 km <sup>2</sup>
- Precipitación anual	3,640 mm
- Tasa de infiltración	15.0 %
- Potencial	14,959 m <sup>3</sup> /día
- Descarga de bombeo en 2010	770 m <sup>3</sup> /día
- Balance	14,189 m <sup>3</sup>

### 7.3.3 Nivel Freático y Plan de Monitoreo

#### (1) Objetivos del monitoreo

El desarrollo de las fuentes de aguas subterráneas en el Area de Estudio se halla aún en la fase inicial, por lo que no existe aún el sistema de monitoreo en ninguno de los municipios candidatos.

Los objetivos del monitoreo de las aguas subterráneas en el Area de Estudio son los siguientes.

- Recoger los datos hidrológicos básicos necesarios para analizar el balance hídrico en la cuenca hidrogeológica, y evaluar el futuro potencial de desarrollo de las aguas subterráneas
- Recoger los datos hidrológicos básicos y datos sobre la calidad de agua, así como sus variaciones temporales, que son necesarios para el manejo racional de las cuencas de los ríos

#### (2) Instalación de los registradores de nivel de aguas freáticas y precipitación

Los registradores automáticos de precipitación y del nivel freático fueron instalados en los pozos de tres municipios, a saber: San José Pinula, San Pedro Sacatepéquez y Comalapa (Figura 2.6.1.).

Los resultados del monitoreo obtenidos hasta el mes de diciembre de 1994 fueron los siguientes.

(a) Estación de San José de Pinula

El nivel de aguas subterráneas en el pozo existente en San José Pinula ha sido medido periódicamente utilizando el medidor manual de nivel de agua desde el mes de junio de 1994. Este pozo fue perforado por las autoridades municipales hasta una profundidad de 213 metros, pero posteriormente fue abandonado por su baja productividad de 0.76 lit./seg. El registrador automático de nivel de agua fue instalado en este pozo y se recogieron los datos continuos desde el 16 de noviembre de 1994.

La Figura 7.3.1 muestra la variación del nivel de agua en los últimos 6 meses. El nivel de aguas subterráneas fue de 31.6 metros aproximadamente debajo del nivel del suelo desde junio a septiembre, pero eventualmente comenzó a elevarse desde octubre.

(b) Estación de San Pedro Sacatepéquez

El pozo de prueba en San Pedro Sacatepéquez fue utilizado para el monitoreo de nivel de agua. Las informaciones recogidas se describen en la Sección 7.3.2.

(c) Estación de Comalapa

El equipo de monitoreo fue instalado en el pozo de prueba de Comalapa, cuyas informaciones se detallaron en la sección 7.3.2.

El monitoreo será continuado por INFOM, y los resultados serán utilizados para la futura investigación sobre las fuentes de aguas.

Cuadro 7.3.1 Evaluación Tentativa del Potencial de Desarrollo de las Aguas Subterráneas (1/2)

No.	Department	Municipality	A. RAIN (mm)	P. Area (km <sup>2</sup> )	Geology Type	Percentage					Potential (m <sup>3</sup> /day)	
						BR	Tv	Qv	Qp	Qa	by filtration	by base flow
1	Guatemala	Chinautla	1135	3	TVQP	10	-	-	90	-	1278	1296
2		Chuarraicho	1063	4	BR	-	-	-	-	-	-	-
3		Mixco	1197	16	TVQP2	-	80	-	20	-	5772	6912
4		San José del Golfo	1063	3.5	BR	40	60	-	-	-	693	1512
5		San José Pinula	1650	16	TVQP2	-	10	-	90	-	10488	6912
6		San Juan Sacatepéquez	1032	14	BR	70	-	-	30	-	2335	6048
7		San Raymundo	1122	7	BR	10	30	-	60	-	2626	3024
8		Santa Catarina Pinula	1343	12	TVQP	-	10	-	90	-	6400	5184
9		Villa Canales	1524	50	TVAL	-	60	-	40	-	25052	21600
10		Villa Nueva	1213	50	TVQP	-	-	-	100	-	24925	21600
11		San Pedro Ayampuc	1063	10	BR	80	20	-	-	-	1048	4320
12		San Pedro Sacatepéquez	1032	4	TVQP2	-	40	-	60	-	1470	1728
13	Sacatepéquez	Ciudad Vieja	992	15	QV	-	30	40	-	40	5300	6480
14		Jocotenango	1031	11.5	TVAL	-	80	-	20	-	3573	4968
15		Magdalena Milpas Altas	1031	4		-	60	-	40	-	1356	1728
16		San Antonio Aguas C.	992	5	TVAL	-	90	-	-	10	1359	2160
17		San Bartolome M. Altas	1031	3	TV	-	100	-	-	-	847	1296
18		Santa Lucía M. Altas	1031	2.5	TVQP2	-	20	-	80	-	989	1080
19		Santa María de Jesus	1229	14	QV	-	-	100	-	-	7071	6048
20		Santa Catarina Barahona	992	3	TVAL	-	70	-	-	30	815	1296
21	Chimaltenango	Comalapa	1414	16	TVQP2	-	40	-	60	-	8058	6912
22		El Tejar	1234	6	TVQP	-	60	-	40	-	2434	2592
23		Patzicía	1283	5.5	TVQP2	-	30	-	70	-	2610	2376
24		Patzun	1283	18	TVQP2	-	-	-	100	-	9491	7776
25		San Jose Poaquil	1272	6.5	TV	-	100	-	-	-	2265	2808
26		San Martín Jilotepeque	1272	7		-	-	-	100	-	3659	3024
27		Zaragoza	1283	7	TVQP2	-	60	-	40	-	2953	3024

Cuadro 7.3.1 Evaluación Tentativa del Potencial de Desarrollo de las Aguas Subterráneas (2/2)

No.	Department	Municipality	A. RAIN (mm)	P. Area (km2)	Geology Type	Percentage					Potential (m3/day)	
						BR	Tv	Qv	Qp	Qa	by filtration	by base flow
28	Sololá	Soloía	1081	18.5	TVQP2	-	10	-	90	-	7945	7992
29		Nahualá	1341	41	TVQP2	-	90	-	10	-	15816	17712
30		San Andrés Semetabaj	1010	4	TVQP2	-	50	-	50	-	1384	1728
31		San Antonio Palopo	1010	2.5	TV	-	70	-	30	-	796	1080
32		San Juan la Laguna	1010	13		-	50	-	40	10	4317	5616
33		San Marcos la Laguna	1010	6	TYAL	-	90	-	-	10	1660	2592
34		San Pablo la Laguna	1010	6	TYAL	-	90	-	-	10	1660	2592
35		Santa Catarina Ixtahuaca	1341	16	TV	-	70	-	30	-	6760	6912
36		Santa Catarina Palopo	1010	3.5	TV	-	90	-	10	-	1017	1512
37		Santa Clara la Laguna	1010	3	TVQP2	-	10	-	90	-	1204	1296
38		Santa Cruz la Laguna	1010	2	TYAL	-	5	-	95	-	816	864
39	Santa Lucía Utatlán	1341	5	TVQP2	-	30	-	70	-	2480	2160	
40	Totonicapán	Momostenango	1341	18	TV	-	100	-	-	-	6613	7776
41		San Andrés Xecul	843	6	TVQP	-	50	-	50	-	1732	2592
42		San Francisco el Alto	1341	4.5	TVQP2	-	50	-	50	-	2067	1944
43	Quezaltenango	Almolonga	1594	11	TVQP	-	70	-	30	-	5524	4752
44		Colomba	3423	5	QV	-	-	100	-	-	7034	2160
45		Concepción Chiquirichapa	2100	10.5	TVQP2	-	70	-	30	-	6947	4536
46		Cajolá	1057	34	TVQP	-	95	-	5	-	10092	14688
47		Flores Costa Cuca	3640	9	QV	-	-	100	-	-	13463	3888
48		Genova	3640	10	QV	-	-	100	-	-	14959	4320
49		Huitán	936	5.5	BR	50	50	-	-	-	846	2376
50		Olintepeque	843	3.5	TVQP	-	70	-	30	-	930	1512
51		Palestina de los Altos	1027	17	TV	-	70	-	30	-	5501	7344
52		San Carlos Sija	1027	18	TVQP2	30	30	-	40	-	4862	7776
53		San Francisco la Unión	843	6	TVQP2	-	30	-	70	-	1871	2592
54		San M. Sacatepequez	2100	10	TVQP	-	80	-	20	-	6329	4320

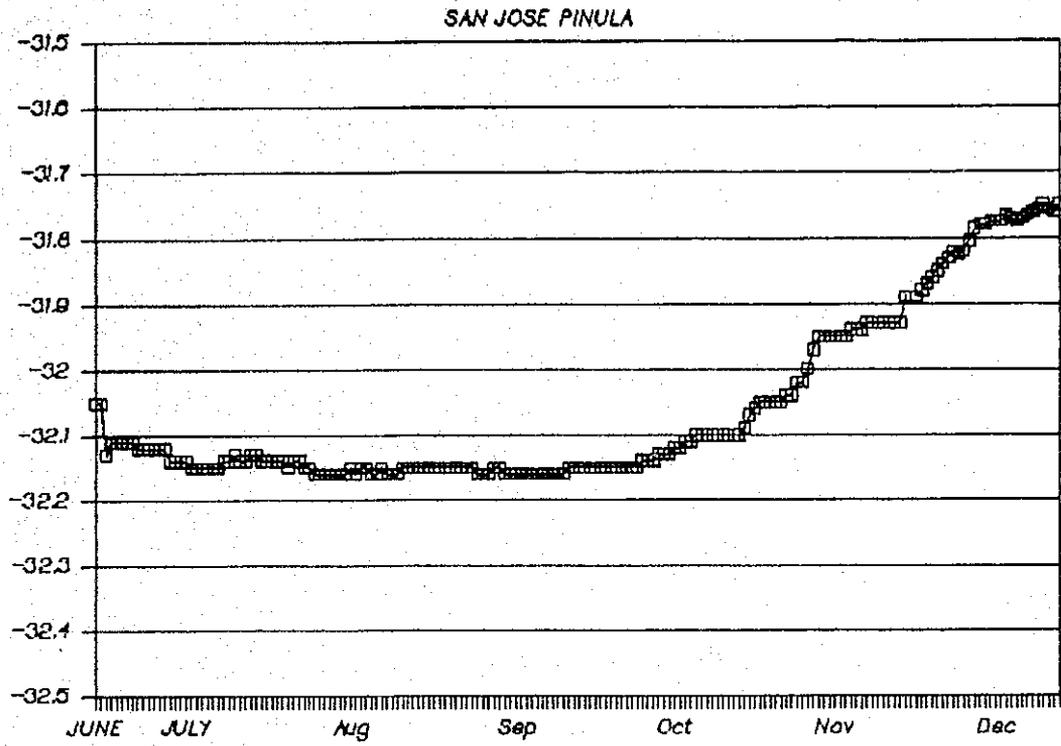
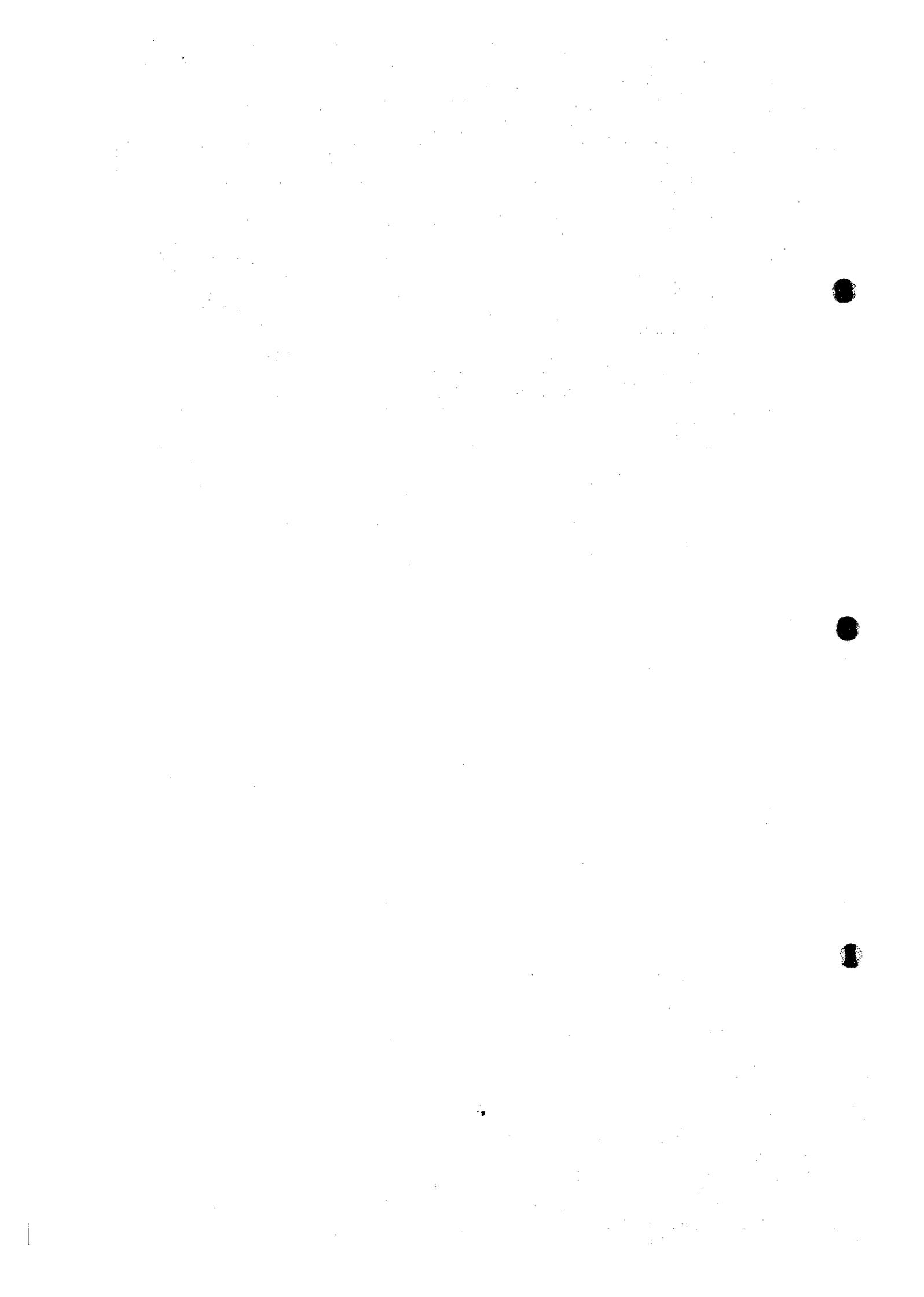


Figura 7.3.1 Nivel Freático Diario en San José Pinula



Capítulo 8



## 8. EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

### 8.1 Descripción del Proyecto

#### 8.1.1 Antecedentes del Proyecto

Muchos municipios tienen deficientes servicios de suministro de agua, incluso en las ciudades más grandes localizadas en el Altiplano Central. El promedio de los servicios en esta área, a excepción de la ciudad de Guatemala, fue de aproximadamente 69% en el año 1988; el servicio diario promedio fue de menos de 12 horas. Las fuentes principales de agua son los manantiales y la población servida en la mayoría de estos municipios ha venido creciendo, de tal manera que la capacidad de los manantiales existentes resulta ahora insuficiente. En 1993, 31 de los 96 principales municipios en esta área carecían de suficiente suministro de agua, y es muy probable que para el año 2010, esta cifra se vea incrementada a 42, en el caso de que no fueran desarrolladas nuevas fuentes. Se espera que las fuentes existentes sean reemplazadas, en el futuro, por las aguas subterráneas. Sin embargo, el desarrollo de los recursos hídricos subterráneos se encuentra, actualmente, frente a una serie de dificultades tanto tecnológicas como financieras, debido a las características topográficas e hidrogeológicas de la región.

Con estos antecedentes, el Gobierno de la República de Guatemala solicitó al Gobierno del Japón, en enero de 1990, su cooperación para formular un plan de desarrollo de las fuentes de aguas subterráneas.

#### 8.1.2 Objetivos del Proyecto

Los objetivos del Proyecto son los siguientes.

- 1) Formular un plan de suministro de agua para los municipios prioritarios ejecutando debidamente el estudio de factibilidad
- 2) Efectuar el plan de suministro de agua en los 10 municipios seleccionados en base a los resultados del estudio de factibilidad
- 3) Efectuar la transferencia tecnológica al personal de la contraparte durante la ejecución del estudio de factibilidad y del Proyecto

#### 8.1.3 Organismo Ejecutor

El organismo ejecutor del presente Proyecto es el Instituto de Fomento Municipal de Guatemala (INFOM).

#### 8.1.4 Población Servida y la Magnitud del Proyecto

En los Cuadros 9.1.1 y 9.1.2 se resumen la población servida y la magnitud del Proyecto para los 10 municipios seleccionados. Este plan de suministro de agua será formulado de acuerdo con los siguientes criterios.

- 1) El año meta se estableció en el año 2010.
- 2) El área y la población de servicio en el año 2010 serán las áreas y la población de las cabeceras municipales.
- 3) El alcance del Proyecto consistirá básicamente en el desarrollo de las aguas subterráneas y la construcción de las instalaciones de conducción de agua hasta el

reservorio existente. Se incluyen también el mejoramiento de las instalaciones de distribución en el municipio de San Juan Comalapa y las construcciones adicionales de los reservorios en 8 municipios.

Cuadro 8.1.1.1 Producción de Agua en 1994 y Volumen Faltante para 2010

No.	Municipality	Population in 2010	Planned daily Supply Per Capita (l/c/d)	Water Demand in 2010 (m <sup>3</sup> /day)	Water Production in 1994			Max. Cap. of Existing Sources in 2010				Production Shortage in 2010 (m <sup>3</sup> /day)	Capacity of New Well (m <sup>3</sup> /day)	Number of Well Required *
					Natural Flow Spring	Spring Water	Wells	Total (m <sup>3</sup> /day)	Natural Flow Spring	8-hour Pumping from Spring	24-hour Pumping from Wells			
Cu 2	San Jose Pinula	19,970	155	3,095	-	-	821	821	-	-	818	-2,277	2,920	1 (0)
Cu 8	San Pedro Sacatepequez	10,140	155	1,572	-	122	98	220	-	-	294	-1,278	1,745	1 (0)
Sa11	Santa Maria de Jesus	14,890	155	2,308	-	-	173	173	-	-	691	-1,617	3,041	1 (0)
Ch 3	San Martin Jilotepeque	11,968	155	1,855	605	-	259	864	-	-	518	-1,337	2,186	1 (0)
Ch 4	San Juan Comalapa	19,408	155	3,008	371	27	112	510	371	144	539	-1,954	985	2 (1)
So 1	Solola	30,960	155	4,799	2,627	-	-	2,627	2,627	-	-	-2,172	1,909	2 (1)
So 4	Santa Lucia Utatlan	4,773	106	506	162	-	-	162	162	-	-	-344	821	1 (0)
To 5	Monostenango	16,740	155	2,595	346	294	-	640	346	294	-	-1,955	1,089	2 (1)
Qu18	San Francisco la Union	2,561	106	271	-	4	-	4	-	-	-	-271	821	1 (1)
Qu21	Genova	7,267	106	770	267	-	-	267	-	-	-	-770	1,365	1 (0)

\* ( ) shows actual required number of well

Cuadro 8.1.1.2 Instalaciones del Proyecto

No.	Municipality	Well		Transmission Pipe					Specified				Distribution pipe				Required	
		Pumping Rate		Pumping Level	Elevation Difference	Pipe Diameter	Distance *	Head Loss	Flow Velocity	Pump Head (A)+(B)+(C)	Pipe Diameter	Distance	Head Loss	Flow Velocity	Additional Tank Vol.			
		l/s	GPM													m	m	m/s
Cu 2	San Jose Pinula	26.4	420	25	80	150	1.200	31.13	1.490	136.13	-	-	-	-	300			
Cu 8	San Pedro Sacatepequez	14.8	230	60	40	150	1.200	10.66	0.840	110.66	-	-	-	-				
Sa11	Santa Maria de Jesus	18.7	300	175	120	150	1.000	13.70	1.060	308.70	-	-	-	540				
Ch 3	San Martin Jilotepeque	15.5	250	95	50	150	1.300	12.58	0.880	157.58	-	-	-	-				
Ch 4	San Juan Comalapa No. 1	11.3	180	105	60	150	1.100	5.93	0.640	170.93	-	-	-	-				
	San Juan Comalapa No. 2	11.3	180	105	80	150	1.200	6.47	0.640	191.47	3.315	4.455	-	270				
So 1	Solola No. 1	12.6	200	100	0	150	30	0.20	0.710	100.20	2.500	59.50	1.430	1.040				
	Solola No. 2	12.6	200	100	-20	150	1.100	7.25	0.710	87.25	-	-	-	-				
So 4	Santa Lucia Utatlan	4.0	60	140	80	100	900	5.11	0.510	225.11	1.000	20.49	1.020	169				
To 5	Monostenango No. 1	11.3	180	140	80	150	800	4.31	0.640	224.31	-	-	-	-				
	Monostenango No. 2	11.3	180	140	80	150	1.200	6.47	0.640	226.47	-	-	-	180				
Qu:18	San Francisco la Union	3.1	50	180	100	100	1.000	3.54	0.390	283.54	-	-	-	90				
Qu:21	Genova	8.9	140	120	50	150	1.000	3.46	0.500	173.46	800	19.97	2.270	130				

\* Distance from well to distribution tank

## 8.2 Descripción del Sitio del Proyecto

En el Cuadro 8.2.1 se describen las condiciones ambientales sociales y naturales actuales que inciden en la contaminación ambiental en los sitios del Proyecto.

### 8.2.1 Medio Ambiente Social

#### (1) Generalidades

En Guatemala, existen actualmente 21 grupos de descendientes de los Mayas, quienes se concentran en el Altiplano Central y al sur del país.

Diez municipios prioritarios están localizados en el Altiplano Central, y la mayoría de su población es indígena (El Quiché, Kakchiquel, Kekchí y Mam) con un porcentaje de 60 a 100%, con excepción de San José Pinula, donde un buen porcentaje de la población está constituido por los descendientes europeos.

Cada uno de estos grupos étnicos tiene su propio lenguaje (maya). Los idiomas más hablados en estos municipios son el español, el Quiché (S.F. La Unión y Momostenango), Kakchiquel (S.P. Sacatepéquez -98%, Sololá y S.M. de Utatlán), Kekchí y Mam (Génova - 60%).

Generalmente, en las áreas rurales existe mayor población indígena que descendientes europeos, ya que éstos últimos se concentran en las áreas urbanas. Por lo tanto, la proporción de la población indígena en función a la población total es más baja en las áreas urbanas que la media en todo el municipio.

La población indígena mantiene todavía su estilo de vida tradicional, y entre la población indígena y los descendientes europeos existe una notable diferencia de estilos y niveles de

vida, así como de las condiciones económicas.

La mayoría de la población es cristiana, aunque también prevalecen las prácticas religiosas nativas. El cristianismo predominante es el catolicismo (de 40 a 90% de la población total), seguido por los protestantes que constituyende de 15 a 60%, y otros (Cuadro 8.2.2).

Se celebran frecuentemente las festividades cristianas, lo que indica que esta creencia tiene grandes influencias en la vida diaria del pueblo. Por ejemplo, muy pocas parejas llegan a divorciarse (generalmente, menos del 1%), y los programas de la planificación familiar son algo difíciles de implementarse (una familia está constituida por un promedio de 7 a 12 miembros).

La educación se ha difundido recientemente a nivel nacional, y existen escuelas primarias y secundarias en todo el país. Sin embargo, aún es bajo el índice de escolaridad, particularmente de las niñas, en el Altiplano Central (Cuadro 8.2.3).

Consecuentemente, las oportunidades de obtener un buen trabajo son muy limitadas para la población indígena.

Las actividades económicas de mayor predominancia en los diez municipios son agrícolas. Recientemente, sin embargo, se desarrollaron una amplia gama de industrias en las áreas urbanas, en particular en S.P. Sacatepéquez, generando consecuentemente nuevas oportunidades de empleo. Los productos fabricados son comercializados en la Ciudad de Guatemala.

El ingreso promedio varía notablemente según municipios, pero en general no es muy alto, oscilando entre 400 a 1,200 Qs. al mes.

Como se mencionó anteriormente, el índice de escolaridad de las niñas es bajo en el Altiplano Central, y por ende, es también muy limitadas las oportunidades de obtener buen trabajo. La

mayoría de las niñas sigue el mismo estilo de vida heredado de su madre.

La mujer indígena se casa generalmente a una edad temprana, desde los 14 a 23 años, predominando entre 18 a 20 años, en casi todos los municipios.

Sin embargo, en los últimos años ellas comenzaron a ocupar puestos en el sector público; 15 mujeres en Sololá, 70 en Comalapa, 15 en S.L. Utatlán, y un total del 40% de la población de Momostenango y 50 mujeres en Génova. Sin embargo, aún no han alcanzado a ocupar importantes puestos.

El salario promedio es muy bajo, oscilando entre 380 y 750 Qs. al mes.

## (2) Servicios públicos

### 1) Electricidad

La energía eléctrica es suministrada en casi todas las áreas urbanas de los municipios, donde un 100% de los domicilios están conectados con la línea de distribución eléctrica, mientras que la cobertura media de las áreas rurales oscila entre 18 y 79% (1992-1993). En toda Guatemala, la tasa de conexión es de 49%.

A pesar de que la tarifa del servicio es muy alta (15 a 80 Qs. al mes), la tasa de recaudación es muy alta.

Excepto Guatemala, S.P. Sacatepéquez y Escuintla, el suministro de la energía eléctrica es controlado por INDE, que es una entidad semipública. El servicio es suspendido en el caso de que el usuario no llega a pagar el monto facturado.

## 2) Telecomunicación y radio

El sistema de teléfonos ha sido desarrollado en los últimos 6 años. Sin embargo, las conexiones privadas en los municipios prioritarios son aún muy pocas, excepto en la Ciudad de Guatemala (donde las líneas privadas han sido instaladas en el 20% del área).

Generalmente, la población acude a los teléfonos públicos o comunitarios, telegramas y radios, aunque el número de las instalaciones es aún insuficiente para responder a las necesidades de la comunidad. No existe el servicio de teléfonos en S. F. La Unión, por lo que la población se ve obligada a comunicarse con el exterior mediante telegramas a través de la oficina de correo, que ofrece servicios 2 días a la semana.

GUATEL ofrece servicios de teléfono público en algunos municipios.

Municipios con oficinas de  
GUATEL:

S.J. Pinula, S.P. Sacatepéquez,  
S.J. Comalapa, Sololá y  
Momostenango

Municipios sin oficinas de  
GUATEL:

S.M. de Jesús, S.M.  
Jilotepeque, S.L. Utatlán, S.F.  
La Unión y Génova

## 3) Sistema de correo

Todos los municipios cuentan con oficinas de correo, aunque algunos de ellos no ofrecen servicio constante, sino unos cuantos días a la semana. El sistema de correo no es completo: en especial, la distribución de las correspondencias en las

áreas rurales no está aún sistematizada, por lo que los usuarios se ven obligados a depositar y a recoger sus correspondencias por su propia cuenta.

#### 4) Transporte y caminos

Guatemala depende completamente del transporte vial. La población utiliza el servicio de autobuses para movilizarse ellos mismos, y para transportar las cargas, incluyendo los productos agrícolas y el ganado, los que son colocados sobre el techo del vehículo.

Sólo los caminos en las cabeceras municipales están pavimentados, principalmente por ripios, y los tramos asfaltados o cubiertos de concreto son muy limitados.

En ocasiones especiales, por ejemplo, en los días de mercados, la población utiliza los vehículos colectivos pick-up en los que se llevan sus productos agrícolas.

Los municipios que gozan de buenas condiciones viales son S.J. Pinula, S. P. Sacatepéquez, Sololá y Momostenango. Mientras tanto, Génova cuenta con condiciones relativamente buenas. Los municipios en condiciones regulares son S.M. de Jesús, S.J. Comalapa y S. M. Jilotepeque. En S.L. Utatlán, la situación es de regular a mala. Finalmente, en S.F. la Unión, la condición vial es mala.

#### 5) Recolección de basuras

Ningún municipio cuenta con el servicio de recolección de basuras, con excepción de algunos que han iniciado recientemente. Después de la recolección, sin embargo, las

basuras son directamente descargadas en áreas no destinadas específicamente para la disposición final.

(3) Salud pública

1) Suministro de agua potable

Del 15 al 77% de los domicilios están conectados con el sistema de distribución municipal de agua potable. Sin embargo, estos servicios se concentran en las áreas urbanas.

El agua potable y de uso doméstico en estos municipios, es tomada de los manantiales y de los pozos profundos, aunque el volumen de suministro es insuficiente (Cuadro 8.2.4).

Debido a este déficit de agua en sus fuentes, el período de servicio es restringido. El agua es suministrada por sólo 1.5 horas cada 2 días en S. M. de Jesús, y aún el período más prolongado es de 12 horas al día en Sololá. El volumen de suministro de agua varía desde 28 lit./hab./día (S.F. La Unión) a 126 lit./hab./día (S.J. Comalapa).

Para solucionar esta falta de agua, los residentes perforan por cuenta propia los pozos poco profundos privados o utilizan los manantiales privados o las aguas tomadas de los ríos (Cuadro 8.3.2). En Génova, un 25% del total de los domicilios tiene sus propios pozos de poca profundidad (200).

Los usuarios pagan, actualmente, una tarifa que oscila entre 0.6 (Génova) a 10 (S.M. de Jesús) Qs./mes. Ellos están dispuestos a sufragar en el futuro un monto mayor si se logra mejorar el sistema actual de suministro y la calidad de agua.

2) Sistema de alcantarillado sanitario

Del 50% (S.M. de Jesús) al 100% (Génova) del total de las viviendas en las áreas urbanas de estos municipios están conectadas con algunos de los tres tipos de alcantarillado, excepto S.F. La Unión que no dispone de un sistema de alcantarillado, tal como se describió en la Sección 8.3.3.

Del 25% (Momostenango) al 75% (Sololá) de las viviendas tienen retretes de agua corriente, y el resto tienen letrinas tradicionales.

Las aguas servidas por el sistema de alcantarillado son descargadas a los ríos, quebradas y lagos, sin ningún tratamiento en todos los municipios, excepto S. J. Comalapa y Sololá, donde cuentan con plantas sencillas de tratamiento de aguas servidas.

Aún cuando se tiene las plantas de tratamiento, las aguas servidas son únicamente tratadas durante el día en Comalapa y menos de la mitad del volumen total es tratado en Sololá.

Estas circunstancias provocan seria contaminación de los cuerpos de agua en todos los municipios.

### 3) Servicio médico

El nivel de los servicios médicos también es muy bajo. Existen sólo unos cuantos hospitales públicos y privados. A pesar de que cada municipio cuenta con un centro de salud al menos, no siempre el personal médico permanece en el local, y en algunos municipios sólo se ofrecen servicios una vez a la semana (Cuadro 8.2.5).

### 4) Morbilidad

Las enfermedades de mayor incidencia son la diarrea aguda, infecciones respiratorias e intestinales, así como enfermedades dermatológicas.

La mortalidad causada por estas enfermedades, sin embargo, es relativamente baja, en especial la diarrea de los infantes. La población está consciente de que la causa principal de dicha enfermedad radica en la mala calidad de agua.

Existe un alto porcentaje de desnutrición infantil en algunos municipios. El mejoramiento de la calidad de agua, tanto potable como de uso doméstico, podría reducir la incidencia de tales enfermedades.

## 8.2.2 Medio Ambiente Natural

### (1) Topografía

El territorio nacional se divide en 3 zonas geológicas y geográficas. La llanura costera en la parte sur, el Altiplano Central y la planicie boscosa al norte. El Area de Estudio está localizada en el Altiplano Central.

El Altiplano Central ocupa alrededor de una décima parte de la superficie total del país y está compuesta por grupos de tierras altas y cuencas intermontañas, con elevaciones que varían entre 800 y 2,400 metros sobre el nivel del mar. Los sitios del proyecto se sitúan principalmente en las cuencas intermontañas, excepto los municipios de Santa María de Jesús, Sololá y Génova.

El municipio de Santa María de Jesús se sitúa en la planicie (Sabana Grande) rodeada de las montañas de pendientes muy acentuadas. Supuestamente, la planicie está formada por un lago cráter antiguo en el que se acumularon las rocas volcánicas cuaternarias del Volcán de Agua y los depósitos aluviales. El municipio de Sololá, por su lado, se ubica en el altiplano con una elevación entre 2,300 y 2,400 metros sobre el nivel del mar, extendiéndose hacia el muro caldera del norte del Lago Atitlán. El municipio de Génova, finalmente, se sitúa en la meseta formada al pie de los volcanes cuaternarios, con una elevación entre 300 y 400 metros sobre el nivel del mar.

Los ríos que drenan desde la zona montañosa central hacia el mar Caribe (los ríos Pixcayá, Las Vacas y Los Plátanos) tienen una corriente relativamente lenta, mientras que aquellos que drenan hacia el Océano Pacífico (los ríos Samalá, Coyolate, Guacalate y Aguacapa) son generalmente de flujo rápido. Las aguas de casi todos los ríos están seriamente contaminadas por las aguas servidas descargadas sin tratamiento y por las basuras arrojadas.

## (2) Geología e hidrología

Los sitios del Proyecto se componen principalmente, de los grupos volcánicos terciarios y cuaternarios.

El grupo volcánico terciario está compuesto por los flujos de lava basáltica y riolítica, flujos piroclásticos, tobas conglomeradas y tobas, así como por los sedimentos clásticos tales como la arenisca tobácea y rocas arcillosas. El grosor de este grupo varía localmente dependiendo de su origen y los lugares donde ocurrieron las erupciones volcánicas. Las rocas de este grupo están parcialmente muy fracturadas y forman el acuífero inferior. El grupo volcánico cuaternario se divide en tres subgrupos: volcánicos pleistocénicos (Qp), volcánicos holocénicos (Qv), y los depósitos aluviales (Qa).

El Volcánico Pleistoceno está compuesto, principalmente, por los sedimentos de pómez (tipos piroclásticos de flujos y depósitos de caída), generalmente solidificados y parcialmente acompañados de depósitos lacustres. El área se encuentra ampliamente cubierta por las rocas volcánicas pleistocénicas (Qp), a un grosor que varía de varios metros hasta 30 metros, intercaladas por los acuíferos superiores de los manantiales y pozos poco profundos.

El volcánico Holoceno (Qv), está compuesto de flujos de lava basáltica a andesítica, flujos piroclásticos, de lodo volcánico (depósitos), y cenizas volcánicas. Las áreas de Santa María de Jesús y Génova consisten de estos volcánicos de Holoceno (Qv).

Los acuíferos principales en los que se proyectan desarrollar las aguas subterráneas son los acuíferos inferiores de las rocas volcánicas terciarias y los acuíferos superiores de las rocas volcánicas cuaternarias (Santa María de Jesús y Génova).

Las informaciones sobre las características de los acuíferos obtenidas de las perforaciones exploratorias, se muestran en el Cuadro 8.2.6.

Las aguas de los manantiales y de los pozos poco profundos provienen de los acuíferos superiores de los sedimentos de pómez pleistocénicos en los sitios del Proyecto. Sin embargo, el potencial de desarrollo de las aguas subterráneas en los acuíferos superiores es, generalmente, bajo debido al estrato poco sedimentado, grandes variaciones de litofacies y las variaciones estacionales del nivel freático.

### (3) Meteorología

En el siguiente cuadro se resumen las informaciones sobre las temperaturas media, máxima y mínima, así como la precipitación de los sitios del Proyecto:

	Precip. anual (mm)	Temperatura (°C)		
		Media	Máxima	Mínima
Guatemala	1,200	18.3	24.4	14.4
Chimaltenango	970	16.3	22.6	9.5
Quetzaltenango	840	13.3	21.7	5.8
Flores Costa Cuca	3,600	24.5	30.1	18.9

Generalmente, la época lluviosa comienza en mayo y termina en octubre. La precipitación mensual registra dos puntos picos en junio y en septiembre.

### (4) Rasgos de uso de la tierra

El uso de las tierras en casi todos los municipios muestra un patrón similar. Las cabeceras municipales se caracterizan, básicamente, por la formación de la "plaza" en el centro de la ciudad, rodeada de iglesias, oficinas públicas y casas comerciales. Numerosas aldeas se dispersan esporádicamente

alrededor del área urbana.

Normalmente, las cabeceras municipales están rodeadas por las tierras agrícolas (mini-fincas), pradera o matorrales.

En las áreas circundantes de la ciudad de San Pedro Sacatepéquez, el uso predominante de las tierras es agrícola, en especial para el cultivo de verduras y hortalizas. Estos productos son destinados hacia los mercados que generen mayor beneficios en la ciudad de Guatemala.

Otro producto de mayor importancia en Guatemala es el café, que es cultivado en en las grandes plantaciones de la ciudad de Génova.

#### (5) Fuentes de agua

Los ríos y las quebradas que discurren en los sitios del proyecto son terciarios o tributarios. El caudal en la época seca es extremadamente reducido, y está seriamente contaminado por las aguas servidas sin tratamiento y por las basuras arrojadas. Por lo tanto, las principales fuentes de agua en los sitios del proyecto constituyen los manantiales, pozos poco profundos y profundos.

En el Cuadro 8.2.1 se presentan las informaciones sobre las condiciones actuales de uso de las aguas y la capacidad estimada del desarrollo de las aguas subterráneas en cada uno de los sitios del Proyecto.

Cuadro 8.2.1 Descripción del Sitio (1)

Municipality: <b>San José Pinula</b>		Site description
Social Environment	Present situation/willingness to pay O/M by municipal inhabitants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Q1.00/month/connection payment</li> <li>- Q15.00/month/service in the future</li> </ul>
	Existing water supply facilities and electrical conditions and so on	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water sources: 3 wells capacity of 17.772 l/sec</li> <li>- Distribution systems: 2 tanks (concrete 750 m3) combination system by gravity supply from tanks and direct supply from well</li> <li>Number of house connection: 1,557</li> <li>- Road and electricity: Good conditions</li> </ul>
	Present sanitary conditions public facility services and sewerage, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Health center: 1, Public clinic: 2, Private clinic: 2</li> <li>- Sewerage system exists in the central part, but sewage is discharged into the river without any treatment</li> <li>- Public facility service: Quite good</li> </ul>
Natural Environment	Topographical and geological aspect. (Existence of steep slope, alluvial clay beds, swamps, and faults)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The city area and its surroundings are situated on a plateau consisting of the pumice sediments of the pleistocene volcanic</li> <li>- There is a fault system, but there are neither alluvial clay beds nor swamps</li> </ul>
	Present condition of water resources (groundwater, spring, lake and river water) in terms of quantity and quality, precipitation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Groundwater: Present use-787 m3/day, pH 6.2, EC 92µU.</li> <li>Total potential of groundwater development in the area is about 6,912 m3/day</li> <li>- Spring: 2 springs for local use, pH 6.0, EC 220µU. Precipitation 1,650 mm</li> </ul>
	Existence of rare animals and plants, and their habitats	No existence of precious animals and plants
Environmental Pollution	Present situation for the problems of environmental pollution	None
	Countermeasures/compensations for above problems	None
Remarks		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Some implementation for improvement of the existing sewerage is on-going</li> <li>- Construction works of new distribution tank is on-going, which can be used in this project</li> </ul>

Cuadro 8.2.1 Descripción del Sitio (2)

Municipality: Sololá		Site description
Social Environment	Present situation/willingness to pay O/M by municipal inhabitants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water supply conditions: 12 hrs/day supply, 113.94 l/c/d</li> <li>- Water tariff: Q 3.25/connection/month</li> <li>- Willingness for G/W development is very high due to waterborne disease etc.</li> </ul>
	Existing water supply facilities and electrical conditions and so on	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water sources: 2 springs of capacity of 30.4 l/sec</li> <li>- Distribution systems: 2 concrete tanks (590 m3) perfectly gravity supply system</li> <li>Number of house connection: 1,449</li> <li>- Road and electricity: Good condition</li> </ul>
	Present sanitary conditions: public facility services and sewerage, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Public service: Quite good condition</li> <li>- Sewerage system: In the urban area</li> <li>- Waste water: Directly to Atitlan Lake</li> <li>- Treatment plant: Under construction</li> <li>- Many schools and high attendance rate</li> </ul>
Natural Environment	Topographical and geological aspect. (Existence of steep slope, alluvial clay beds, swamps, and faults)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The city area and its surroundings is situated on a flat Plateau consisting of pumiceous volcanic materials of the Pleistocene and the Tertiary volcanic</li> <li>- There is a fault system, but there are neither alluvial clay deposits nor swamps</li> </ul>
	Present condition of water resources (groundwater, spring, lake and river water) in terms of quantity and quality, precipitation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Groundwater: Estimated potential of groundwater development in the area is 6,871 m3/day</li> <li>- Spring: 2 springs for domestic use capacity 30.4 l/sec, pH 6.0, EC 10 µU</li> <li>1 spring for agricultural use</li> <li>- Precipitation 1,081 mm</li> </ul>
	Existence of precious animals and plants, and their inhabitable areas etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Main fish in the lake: Black-bass</li> </ul>
Environmental Pollution	Present situation for the problems of environmental pollution	None
	Countermeasures/compensations for above problems	None
Remarks		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Some implementation for improvement of the existing sewerage is on-going</li> <li>- Construction is a request for well construction project, which is still being considered by INFOM</li> </ul>

Cuadro 8.2.1 Descripción del Sitio (3)

Municipality: Momostenango		Site description
Social Environment	Present situation/willingness to pay O/M by municipal inhabitants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water supply condition: 3 hrs/day in dry season, 68.58 l/c/d</li> <li>- Water tariff: Q3/connection/month</li> <li>- Willingness to pay and municipal financial capacity are both high</li> </ul>
	Existing water supply facilities and electrical conditions and so on	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water sources: 2 springs of capacity of 14.2 l/sec, 1 spring by pumping-up, other on by gravity</li> <li>- Distribution systems: Two concrete tanks (700 m<sup>3</sup>), Number of house connections: 600</li> <li>- Road and electricity: Good condition</li> </ul>
	Present sanitary conditions public facility services and sewerage, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Public service: Quite good</li> <li>- Sewerage system: For 200 houses, directly to river: 400, house permeable type toilet</li> <li>- Electricity: Ca. 100% in urban area (Q30 - Q40/month)</li> <li>- Community telephone: 4 GUATEL offices</li> <li>- Post office: delivery men</li> </ul>
Natural Environment	Topographical and geological aspect. (Existence of steep slope, alluvial clay beds, swamps, and faults)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The city area and its surroundings are situated on the mountainous high land consisting of the tertiary volcanic rocks</li> <li>- There are many faults, but there are neither alluvial clay deposits nor swamps</li> </ul>
	Present condition of water resources (groundwater, spring, lake and river water) in terms of quality and quantity, precipitation, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Groundwater: Estimated potential of groundwater development is 5,511 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Spring: 2 springs, capacity of 14.2 l/s, pH 6.5, EC 94 µU</li> <li>Precipitation 1,341 mm</li> </ul>
	Existence of precious animals and plants, and their inhabitable areas etc.	Plantation of pine trees
Environmental Pollution	Present situation for the problems of environmental pollution	None
	Countermeasures/compensations for above problems	None
Remarks		<ul style="list-style-type: none"> <li>- There is a hot spring (48.1°C, pH 6.5, EC 94 µU) that is well used by the inhabitants of the area</li> </ul>

Cuadro 8.2.1 Descripción del Sitio (4)

Municipality: San Pedro Sacatepéquez		Site description
Social Environment	Present situation/willingness to pay O/M by municipal inhabitants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Q1.50/connection/month, 14 hrs/day, 45.55 l/c/d</li> <li>- Professional workers with high income, there is high probability to pay more for the water service</li> </ul>
	Existing water supply facilities and electrical conditions and so on	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water sources: 1 well (6.4 l/sec), 3 springs (4.24 l/s) of gravity type, 3 collection tanks</li> <li>- Distribution systems: Two concrete tanks (850 m<sup>3</sup>), 1,625 connections</li> <li>- Road and electricity: Good condition</li> </ul>
	Present sanitary conditions public facility services and sewerage, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sewerage system: 70% in urban; in rural area permeable type toilet</li> <li>- Coliform bacteria were found in both water house connection and in public faucets</li> <li>- Public service: It seems to be quite good, but there is no rubbish collection</li> </ul>
Natural Environment	Topographical and geological aspect. (Existence of steep slope, alluvial clay beds, swamps, and faults)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The city area and its surroundings are situated in the mountainous high land consisting of the Tertiary and Quaternary volcanic</li> <li>- There are faults and swamps, but no thick alluvial deposits</li> </ul>
	Present condition of water resources (groundwater, spring, lake and river water) in terms of quality and quantity, precipitation, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Groundwater: Present use 98 m<sup>3</sup>/day, pH 6.3, EC 149 <math>\mu</math>U</li> <li>Estimated potentiality for G/D 1,470 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Spring: 3 springs for domestic (4.24 l/s, pH 6.5, EC 114 <math>\mu</math>U)</li> <li>Many springs for agricultural use</li> <li>- Precipitation 1,032 mm/year</li> </ul>
	Existence of precious animals and plants, and their inhabitable areas etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- There is a kind of oak trees in the mountain side, but they are not precious</li> </ul>
Environmental Pollution	Present situation for the problems of environmental pollution	None
	Countermeasures/compensations for above problems	None
Remarks		An improvement of existing sewerage system is recommended

Cuadro 8.2.1 Descripción del Sitio (5)

Municipality: Santa María de Jesús		Site description
Social Environment	Present situation/willingness to pay O/M by municipal inhabitants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water supply condition: 1.5 hrs/4 days, 35.43 l/c/d</li> <li>- Water tariff: Q10/connection/month</li> <li>- Women feel that is a hard work to carry water from public faucet</li> </ul>
	Existing water supply facilities and electrical conditions and so on	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water sources: 1 well (6.0 l/sec), 2 springs (1.5 l/s) of gravity type</li> <li>- Distribution systems: 1 tank (240 m3)</li> <li>- Roads and transportation: Fairly good condition</li> </ul>
	Present sanitary conditions public facility services and sewerage, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sewerage system: Only in the central part</li> <li>- Public service: Fairly good</li> <li>- Diarrhea and intestinal disease by parasite often occur</li> <li>- School attendance: very low</li> </ul>
Natural Environment	Topographical and geological aspect. (Existence of steep slope, alluvial clay beds, swamps, and faults)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The city area is located on the foot of the Volcano de Agua and the project site is located in the alluvial plain surrounded by mountains, that can be considered to be an old semi-closed water area, so that, alluvial clay beds may be existing</li> </ul>
	Present condition of water resources (groundwater, spring, lake and river water) in terms of quality and quantity, precipitation, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Groundwater: Present use (394 m3/day, pH 7.0, EC 328 µU Estimated capacity of groundwater development 2,160 m3/day</li> <li>- Spring: 2 springs (1.5 l/s)</li> <li>- Precipitation 1,229 mm/year</li> </ul>
	Existence of precious animals and plants, and their inhabitable areas etc.	Negligible
Environmental Pollution	Present situation for the problems of environmental pollution	None
	Countermeasures/compensations for above problems	None
Remarks		

Cuadro 8.2.1 Descripción del Sitio (6)

Municipality: <b>San Juan Comalapa</b>		Site description
Social Environment	Present situation/willingness to pay O/M by municipal inhabitants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Q2.00/month/service, (4 hrs/day, 126.24 l/c/d</li> <li>- If service is improved, the people are willing to pay for it. Their willingness to pay is very high</li> </ul>
	Existing water supply facilities and electrical conditions and so on	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water sources: 1 well (5.80 l/sec), 2 springs (34.00 l/s) by gravity and pumping up</li> <li>- Distribution systems: 3 concrete tanks (1,420 m<sup>3</sup>), 1,164 connections</li> <li>- Roads condition: Poor-Fair, Electricity: Good condition</li> </ul>
	Present sanitary conditions public facility services and sewerage, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sanitary conditions: looks very good</li> <li>- Sewerage system with treatment system exist</li> <li>- Rubbish is not found in the town; Public service: good</li> <li>- Hospitals, schools, post offices, market, etc. Peoples activity looks very high</li> </ul>
Natural Environment	Topographical and geological aspect. (Existence of steep slope, alluvial clay beds, swamps, and faults)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The city area and its surroundings are situated on the mesas in the intramountain basin (Río Pixcaya), consisting of the Tertiary volcanic and pumiceous materials of the Pleistocene volcanic</li> <li>- There are faults but not alluvial deposits</li> </ul>
	Present condition of water resources (groundwater, spring, lake and river water) in terms of quality and quantity, precipitation, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Groundwater: Present use 167/day, pH 6.5 EC 120 <math>\mu</math>U Estimated potentiality of groundwater development 3,240 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Spring: present use 1,689 m<sup>3</sup>/day, pH 6.0, EC 140 <math>\mu</math>U</li> <li>- Precipitation 1,414 mm/year</li> </ul>
	Existence of precious animals and plants, and their inhabitable areas etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- There were found many pine trees</li> </ul>
Environmental Pollution	Present situation for the problems of environmental pollution	None
	Countermeasures/compensations for above problems	None
Remarks		

Cuadro 8.2.1 Descripción del Sitio (7)

Municipality: <b>San Martín Jilotepeque</b>		Site description
Social Environment	Present situation/willingness to pay O/M by municipal inhabitants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Q2.50/month/service, (5.5 hrs/day, 103.44 l/c/d</li> <li>- Q10.00/month/service could be paid in the future</li> </ul>
	Existing water supply facilities and electrical conditions and so on	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water sources: 1 well (18.90 l/sec), 3 springs by gravity (fair amount)</li> <li>- Distribution systems: 1 concrete tank (600 m3), 1,300 connections</li> <li>- Road condition: Poor-Fair</li> <li>- Electricity: Good condition</li> </ul>
	Present sanitary conditions public facility services and sewerage, etc.	
Natural Environment	Topographical and geological aspect. (Existence of steep slope, alluvial clay beds, swamps, and faults)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The area is situated on the mesas in the intramountain basin (Río Pixcaya), consisting of the Tertiary volcanic and the pumiceous volcanic material of the Pleistocene</li> <li>- There are faults, but not thick alluvial deposits</li> </ul>
	Present condition of water resources (groundwater, spring, lake and river water) in terms of quality and quantity, precipitation, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Groundwater: Present use 641 m3/day, pH 7.0 EC 167 <math>\mu\text{U}</math></li> <li>Estimated potentiality of groundwater development 2,808 m3/day</li> <li>- Spring and river: Urgent use only in dry season</li> <li>- Precipitation 1,272 mm/year</li> </ul>
	Existence of precious animals and plants, and their inhabitable areas etc.	None
Environmental Pollution	Present situation for the problems of environmental pollution	None
	Countermeasures/compensations for above problems	None
Remarks		<ul style="list-style-type: none"> <li>- There is a strong request for additional well construction project financed and supervised by INFOM</li> </ul>

Cuadro 8.2.1 Descripción del Sitio (8)

Municipality: San Francisco La Unión		Site description
Social Environment	Present situation/willingness to pay O/M by municipal inhabitants	- Q5.00/month/service, 1 hr/2 days, 27.94 l/c/d
	Existing water supply facilities and electrical conditions and so on	- Water sources: 1 spring (see pages) of 0.51 l/sec capacity by pumping-up - Distribution systems: 2 concrete tanks (55 m <sup>3</sup> ) - Road condition: Poor - Electricity: Good condition - House connection 102 (100% in urban) - Public faucet: non; many houses have both private well and water service
	Present sanitary conditions public facility services and sewerage, etc.	- Public service: Poor - Sewerage system: Non exist
Natural Environment	Topographical and geological aspect. (Existence of steep slope, alluvial clay beds, swamps, and faults)	- The area is situated on the cuestas in the intramountain basin of Río Samala system consisting of the Tertiary volcanic and the pumiceous volcanic materials of the Pleistocene - There are faults but not thick alluvial deposits
	Present condition of water resources (groundwater, spring, lake and river water) in terms of quality and quantity, precipitation, etc.	- Groundwater: Estimated potentiality of groundwater development 1,403 m <sup>3</sup> /day - Spring: Present use 48 m <sup>3</sup> /day, pH 6.5, EC 127µU (Water intake from seepage) - Precipitation 843 mm/year
	Existence of precious animals and plants, and their inhabitable areas etc.	None
Environmental Pollution	Present situation for the problems of environmental pollution	None
	Countermeasures/compensations for above problems	None
Remarks		- There is a strong request for improving the very poor conditions of present water supply by groundwater development

Cuadro 8.2.1 Descripción del Sitio (9)

Municipality: <b>Genóva</b>		Site description
Social Environment	Present situation/willingness to pay O/M by municipal inhabitants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Q0.6/month/service, 2 hrs/day, 54.20 l/c/d</li> <li>- Until Q15.00/month could be paid</li> </ul>
	Existing water supply facilities and electrical conditions and so on	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water sources: 1 spring of 3.03 l/sec capacity by gravity type</li> <li>- Distribution systems: 12 concrete tank (140 m<sup>3</sup>), 358 connections</li> </ul>
	Present sanitary conditions public facility services and sewerage, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Public service: Quite good</li> <li>- Sewerage system exist in the central part (80%) but, without any treatment</li> </ul>
Natural Environment	Topographical and geological aspect. (Existence of steep slope, alluvial clay beds, swamps, and faults)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The area is located on a foot of quaternary volcano consisting of andesitic to basaltic lava flows and pyroclastic of the Holocene</li> <li>- There is no thick alluvial deposits</li> </ul>
	Present condition of water resources (groundwater, spring, lake and river water) in terms of quality and quantity, precipitation, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Groundwater: Estimated potentiality of groundwater development 12,960 m<sup>3</sup>/day</li> <li>- Spring: Present use 206 m<sup>3</sup>/day, pH 6.0, EC 89 <math>\mu\text{S}</math></li> <li>- Precipitation: 3,640 mm/year</li> </ul>
	Existence of precious animals and plants, and their inhabitable areas etc.	No existence of precious species. There are plantations of coffee and rubber trees
Environmental Pollution	Present situation for the problems of environmental pollution	None
	Countermeasures/compensations for above problems	None
Remarks		<ul style="list-style-type: none"> <li>- The water resources of spring type are mostly occupied by the owners of private farms</li> </ul>

Cuadro 8.2.1 Descripción del Sitio (10)

Municipality: Santa Lucía Utatlán		Site description
Social Environment	Present situation/willingness to pay O/M by municipal inhabitants	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Q3.00/month/service, 1 hr/2 days, 39.22 l/c/d</li> <li>- Available financial resources</li> </ul>
	Existing water supply facilities and electrical conditions and so on	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Water sources: 3 springs of 1.88 l/sec capacity by gravity type</li> <li>- Distribution systems: 3 concrete tanks (90 m<sup>3</sup>), 149 connections</li> <li>- Road condition: Poor-Fair</li> <li>- Electricity: Good</li> </ul>
	Present sanitary conditions public facility services and sewerage, etc.	
Natural Environment	Topographical and geological aspect. (Existence of steep slope, alluvial clay beds, swamps, and faults)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The area is located on the mesas in the intramountain basin of Rio Quiscab consisting of the Tertiary volcanic and the pumice deposits of the Pleistocene volcanic</li> <li>- There are many faults but there are no alluvial deposits</li> </ul>
	Present condition of water resources (groundwater, spring, lake and river water) in terms of quality and quantity, precipitation, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Groundwater: Estimated potential of development 2,160 m<sup>3</sup>/day, pH 6.0, EC 82 - 108 <math>\mu</math>U (very limited seepage type)</li> <li>- Precipitation: 1,341 mm/year</li> </ul>
	Existence of precious animals and plants, and their inhabitable areas etc.	None
Environmental Pollution	Present situation for the problems of environmental pollution	None
	Countermeasures/compensations for above problems	None
Remarks		<ul style="list-style-type: none"> <li>- There is a strong request for groundwater development due to the existing poor water source of spring (very limited seepage type)</li> </ul>

Cuadro 8.2.2 Lista de los Grupos Religiosos en los Diez Municipios (%) (Según Entrevistas)

Municipality	Catholic	Protestant	Others
S.J. Pinula	80	15	5
S.P. Sacatepéquez	75	25	0
S.M. de Jesús	85	15	0
S.M. Jilotepéque	-	-	-
S.J. Comalapa	85	15	0
Sololá	65	35	0
S.L. Utatlán	55	40	5
Momostenango	80	15	5
S.F. La Unión	80	20	0
Génova	40	60	0

Cuadro 8.2.3 Situación Educativa en los Diez Municipios

Municipality	No. of Schools				No. of Students			
	Primary		Secondary		Secondary		University	
	Public	Private	Public	Private	Girl	Boy	Girl	Boy
S.J. Pinula	-	-	-	-	-	-	-	-
S.P. Sacatepéquez	8	3	0	3	40	60	5	15
S.M. de Jesús	-	-	-	-	3	5	0	0
S.M. Jilotepéque	-	-	-	-	-	-	-	-
S.J. Comalapa	-	-	-	-	15	20	2	6
Sololá	ca.56	4	3	4	20	40	0.5	2
S.L. Utatlán	-	-	-	-	15	85	0	1
Momostenango	1	4	1	1	40	60	-	-
S.F. La Unión	4	1	0	1	10	20	-	-
Génova	24	2	0	3	60	40	0	0

Cuadro 8.2.4 Condiciones de Suministro de Agua en los Diez Municipios

Municipality	Water Source	House Connect. (houses)	Supplying Period (hr)	Water Supply Volume (lts/p/d)	Water Charge (Q/connect./month)
S.J. Pinula	W-4 <sup>1)</sup>	1,557	4	69.8	1.0
S.P. Sacatepéquez	S-3 W-1	-	8 - 16	45.6	1.5
S.M. de Jesús	S-2 W-1	780	1.5/5 days	35.4	10.0
S.M. Jilotepeque	S-3 W-1	1,300	5.5	117.0	2.5
S.J. Comalapa	S-2 W-1	1,164	4	126.2	2.0
Sololá	S-2	1,149	12	113.9	3.25
S.L. Utatlán	S-4	149	1/2 days	85.3	3.0
Momostenango	S-2	600	3 - 12	68.6	3.0
S.F. La Unión	S-1	100	1/2 days	27.9	5.0
Génova	S-7	358	2	54.2	0.6

1) W - Well, S - Spring

Cuadro 8.2.5 Número de Hospitales, Clínicas, Centros de Salud y Farmacias en los Diez Municipios (Según Entrevista)

Municipality	Hospital		Clinic		Health Center	Pharmacy
	Public	Private	Public	Private		
S.J. Pinula	0	0	2	9	1	8
S.P. Sacatepéquez	-	-	-	-	-	-
S.M. de Jesús	0	0	0	0	0	0
S.J. Comalapa	0	1	0	4	1	9
Sololá	1	1	1	5	1	10
S.L. Utatlán	0	0	0	0	1	4
Momostenango	1	0	0	4	1	5
S.F. La Unión	0	0	0	0	1	2
Génova	0	0	0	0	1	0

Cuadro 8.2.6 Resultados de la Prueba de Bombeo

Nobre de Pozo (Well Name)	San Jose Pinula	S.P.Saca- tepez	S.Maria de Jesus	S.M.Jillo- tepeque	San Juan Comalapa	Solola	Santa Lu. Utatlan	Momoste- naogo	S.F.la Union	Genova
1. Profundidad (Well depth) ( m )	180	250	212	196	215	170	199	183	190	152
2. Longitud de rejilla (Total Scree Length) ( m )	79.27	60.97	81.68	82.32	100.6	48.78	43.91	59.9	100.5	51.82
3. Formacion del Aguifero principal (Formation of Main Aquifer)	Tv	Tv	Qv	Tv	Tv	Tv	Tv	Tv	Tv	Qv
4. Fecfa de Bombeo (Pumping Test Date)	Oct. 5 1994	Oct. 7 1994	Nov. 2 1994	Oct. 28 1994	Nov. 30 1994	Nov. 19 1994	Nov. 25 1994	Dec. 8 1994	—	Dec. 11 1994
5. Nivel estatico de Agua (Static Water Level) (G.L. -m)	6.84	43.71	163.16	80.35	28.94	71.63	131.54	53.50	—	29.85
6. Caudal (Pumping Rate) (m <sup>3</sup> /day)	495 2698	320 1744	282 1537	401 2185	250 1363	390 2125	162 883	200 1090	—	201 1096
7. Abatimiento (Drawdown) ( m )	11.9	67.29	3.53	9.63	156.4	54.86	9.13	70.3	—	88.36
8. Capacidad Especifica : C.F. (Specific Capacity : Sc)(m <sup>3</sup> /day/m)	227	26	435	227	8.7	39.7	96.7	15.5	—	12.4
9. Transmisibilidad (Transmissivity) (m <sup>3</sup> /day)	299	33	150	510	5.51	25.22	228	15.43	—	10.74
a. Theis	180	37	612	333	5.31	25.09	339	7.12	—	9.55
b. Jacob	190	68	937	834	7.34	35.35	538	8.67	—	15.42
c. Recuperacion (Recovery)	223	46	567	559	6.05	28.55	375	10.41	—	11.99
Promedio(Average)										

### 8.3 Evaluación del Impacto Ambiental

Con el fin de tomar las debidas consideraciones del impacto ambiental en la implementación del proyecto de desarrollo de las aguas subterráneas, se llevó a cabo la Evaluación Ambiental Inicial (EAI) en los 10 municipios prioritarios durante la Fase I del presente Estudio. Los resultados fueron resumidos en el Cuadro 8.3.1.

En base a estos resultados, se llevaron a cabo las siguientes investigaciones ambientales en los 10 municipios dentro del marco de la Evaluación del Impacto Ambiental.

- a. Condición y utilización actual de los pozos poco profundos y manantiales localizados en las proximidades de los pozos propuestos
- b. Condición de aguas servidas domésticas, incluyendo el estudio de volumen y análisis físico
- c. Efectos de ruido, vibración de tierras, etc. generados por las actividades del proyecto, sobre los edificios existentes y modalidades actuales de uso de tierra

#### 8.3.1 Impactos Provocados por los Pozos poco Profundos y Manantiales (a.)

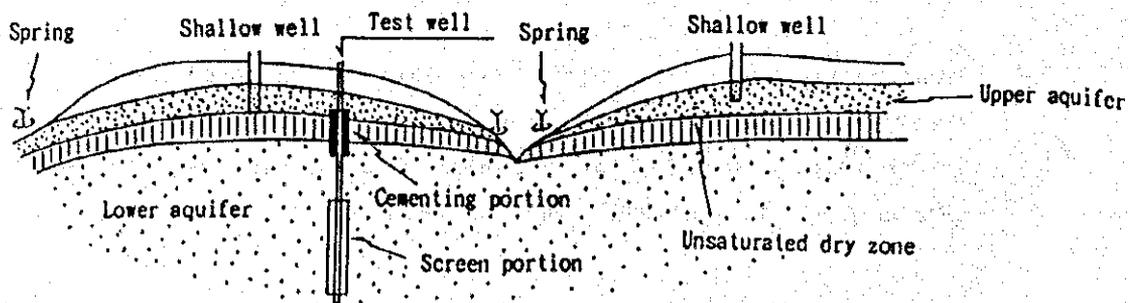
Los tópicos estudiados según área fueron los siguientes.

- Número de los pozos poco profundos y manantiales existentes en las proximidades de los pozos propuestos
- Derecho de uso de agua y modalidad actual de uso de los pozos poco profundos y manantiales

- Condiciones hidrogeológicas como las características del acuífero, nivel de agua y calidad de agua de los pozos poco profundos y manantiales

Los resultados fueron resumidos en el Cuadro 8.3.2. Existen numerosos pozos de poca profundidad y manantiales en las áreas que son aprovechados para fines domésticos y agrícolas. Sin embargo, la construcción de los pozos profundos no provocará impactos sobre los pozos y manantiales existentes, debido a las siguientes condiciones hidrogeológicas.

- Los pozos y manantiales existentes en las áreas toman las aguas del acuífero superior formado en los depósitos aluviales (Qa) y sedimentos de pómez (Qp), y se localizan sobre el estrato superior erosionado de las rocas volcánicas terciarias.
- Las rejillas de los pozos profundos serán instaladas en los acuíferos inferiores que pertenecen a la formación de las rocas volcánicas terciarias (Tv). Estos acuíferos inferiores son abiertos o semicerrados.
- Una zona seca no saturada separa el acuífero inferior del superior.
- La infiltración de las aguas subterráneas desde el acuífero superior hacia el inferior a través de la zona seca no saturada podrá ser controlada mediante cementación, como se muestra en la siguiente figura:



### 8.3.2 Impacto Provocado por las Aguas Servidas Domésticas (b.)

Se estudió la condición de las aguas servidas domésticas en los diez municipios mediante encuestas, con el fin de evaluar el impacto del proyecto sobre la calidad y el volumen de las aguas servidas.

#### (1) Sistema actual de alcantarillado

Un buen porcentaje de las viviendas en 9 de los 10 municipios está conectado con los sistemas de alcantarillado (de 50 a 100%), excepto en S. F. La Unión.

Estos sistemas pueden ser agrupados en los tres tipos siguientes:

Tipo 1: Sistema que colecta las aguas cloacales y servidas

Tipo 2: Sistema combinado de aguas pluviales y servidas

Tipo 3: Sistema separado para aguas cloacales/servidas y pluviales

El sistema Tipo 3 sólo se halla construido en S. P. Sacatepéquez (Cuadro 8.3.3).

Se desconoce el número exacto de las viviendas equipadas de retretes de agua corriente y tampoco se sabe si el sistema utiliza el agua suministrada o almacenada para el lavado. Sin embargo, debido a que los baños están equipados generalmente de ducha y retrete en un mismo cuarto, se deduce que el número de las viviendas con ducha corresponde al número de viviendas con retretes de agua corriente. Génova, sin embargo, es una excepción, debido a que el 25% de las viviendas están equipadas de los retretes de agua corriente, que generalmente están conectados con el sistema de alcantarillado.

Excepto en S. J. Comalapa y Sololá, estos sistemas de

alcantarillado no están dotados de las plantas de tratamiento, y las aguas servidas colectadas son directamente descargadas a las quebradas, ríos y lagos, ocasionando contaminación de las aguas superficiales.

La planta en Comalapa fue construida en 1982 por INFOM y opera únicamente durante el día, por lo que en las horas nocturnas, las aguas servidas son directamente descargadas sin tratamiento al río. A pesar de que este volumen no es importante, esta modalidad podría ocasionar una seria contaminación de las aguas fluviales.

La planta en Sololá, por su lado, fue construida a finales de 1994, con el fin de tratar sólo la mitad del volumen total de las aguas servidas provenientes del municipio de Sololá, mientras que la otra mitad sería tratada por otra planta actualmente en planeamiento.

Dado que la contaminación del Lago Atitlán viene agravándose, es necesario ejecutar en la mayor brevedad posible el proyecto de tratamiento de aguas servidas en Sololá.

## (2) Cantidad y volumen de las aguas servidas

Las informaciones sobre la calidad de las aguas servidas obtenidas mediante la entrevista fueron la composición de las aguas servidas (% de viviendas y población en las cabeceras municipales), generalmente, provenientes de los retretes, cocinas, baños y lavaderos privados y públicos.

Un buen porcentaje de las aguas servidas se compone de las aguas provenientes de las cocinas y lavaderos públicos y privados (56-100%). El sistema de alcantarillado de algunos municipios colecta también las aguas de lluvia, además de las aguas servidas.

S. F. la Unión no dispone del sistema de alcantarillado, por lo que los efluentes provenientes de las cocinas, lavaderos y baños drenan naturalmente hacia los ríos o se infiltran en la tierra. Sin embargo, las aguas residuales no contienen la excreta humana puesto que los residentes de estos municipios utilizan todavía las letrinas.

Supuestamente, el volumen de las aguas servidas equivale al volumen de agua utilizada con fines domésticos. Sin embargo, no se disponen de registros sobre el volumen de uso de agua, debido a que no se tienen instalados los medidores de agua y la tarifa del servicio se basa en el número de chorros de cada vivienda.

A lo largo del período de estudio, se midió la tasa de consumo de las aguas domésticas con el fin de evaluar el volumen de aguas servidas en San José Pinula (en agosto y diciembre) y en Sololá (se efectuaron tres tipos de medición; mensual, desde febrero a diciembre; diario de 30 de noviembre a 20 de diciembre; y finalmente el 30 de noviembre y el 21 de diciembre). Estos municipios fueron seleccionados por disponer de los medidores de agua.

Para el efecto de la medición, se seleccionaron algunas viviendas, las que fueron categorizadas en los tres tipos siguientes.

Tipo 1: viviendas con un sólo chorro

Tipo 2: viviendas con chorros múltiples incluyendo para duchas

Tipo 3: viviendas equipadas con chorros múltiples incluyendo para el inodoro

Las mediciones efectuadas en agosto, durante la época de lluvia, pusieron de manifiesto que el consumo de agua en las viviendas

categorizadas como Tipo 1 es el más bajo con 50 lit./hab./día; frente a los 146 lit./hab./día de las del Tipo 2. La medición en la época seca no mostró variación importante puesto que la tasa media de consumo de agua de los diferentes tipos de viviendas oscilaron entre 138 y 198 lit./hab./día (Cuadro 8.3.4-5).

El consumo de agua en Sololá tampoco mostró grandes variaciones estacionales o según categoría de viviendas. El consumo medio fue de 144 lit./hab./día (Cuadro 8.3.5).

Si bien sólo se midió la tasa de consumo en dos municipios, el volumen obtenido fue sumamente mayor a lo que se había esperado inicialmente, debido a que para el cálculo se atribuyó una conexión para cada familia. En realidad, sin embargo, más de una familia puede utilizar una conexión. Sin embargo, el valor real, así como el volumen de suministro de agua, probablemente sean inferiores que los valores registrados.

El volumen de consumo de las aguas domésticas, por lo tanto, será considerado igual al volumen de suministro.

El volumen de suministro y las aguas servidas colectadas a través de los sistemas de alcantarillados se estiman entre 50 y 100%, dependiendo principalmente del tipo de los baños. En los municipios sin sistemas de alcantarillado, el porcentaje fue considerado como nulo. En los Cuadros 8.3.6 y 8.3.7 se describen el volumen actual de las aguas servidas y el volumen incrementado, respectivamente. El volumen de aguas servidas después de incrementar el volumen de suministro fue estimado utilizando los mismos factores aplicados para la estimación del volumen actual de aguas servidas. En este cálculo, la población, el porcentaje de viviendas conectadas al sistema de alcantarillado y otros factores fueron determinados en base a los resultados de las entrevistas, presentados en el Cuadro 8.3.3.

Se efectuó el mismo cálculo para el año 2010, asumiendo una tasa de crecimiento poblacional igual en todos los municipios equipados del sistema de alcantarillados (Cuadro 8.3.8).

La mayoría de los ríos y quebradas próximos a las áreas urbanas de los diez municipios se encuentra seriamente contaminada debido a la descarga directa de las aguas servidas sin tratamiento.

El volumen descargado de las alcantarillas incrementaría en concordancia con el incremento del volumen de suministro, aún cuando el porcentaje de las viviendas con retretes de agua corriente se mantenga igual que ahora. El volumen descargado aumentaría de 1.1 y 4.6 veces mayor en S.M. Jilotepeque y S.M. de Jesús, respectivamente, en el caso de incrementar el volumen de suministro.

Las estimaciones para el año 2010 muestran que el volumen se vería aumentado de 1.5 y 12.3 veces en S.M. Jilotepeque y S.M. de Jesús, respectivamente, frente al volumen actual.

Por consiguiente, las aguas servidas consistirán el mayor factor contaminante en el futuro, aunque se observó que la carga contaminante no aumentaría en la misma proporción a la condición real.

La carga de contaminación fue obtenida multiplicando el volumen de las aguas servidas por la concentración de los diferentes contaminantes. Así, se supo que el incremento del volumen de suministro no tendrá una incidencia importante en la carga de contaminación.

El incremento de la población, sin embargo, podría influir considerablemente en la carga de contaminación.

### 8.3.3 Impacto Provocado por Ruidos, Vibración, etc. de Construcción (c.)

Los efectos de los ruidos de perforación y del flujo de lodo en las áreas pobladas fueron determinados a través de las entrevistas a los residentes que viven en la cercanía de los sitios de perforación en San José Pinula, San Martín Jilotepeque, San Francisco La Unión y Génova. Los sitios de perforación se localizan en las calles de los municipios mencionados.

Ninguno de los residentes se quejaron de las actividades de perforación, incluyendo los trabajos nocturnos utilizando generadores de motor diesel. Tampoco hubo quejas sobre el lodo del pozo, debido a que éste circulaba casi completamente dentro de un sistema cerrado entre la fosa de lodo y el pozo, y ningún excedente fue drenado hacia afuera.

El único reclamo expresado por los residentes fue el derroche de agua durante los trabajos de perforación y prueba de bombeo.

Por lo tanto, el presente proyecto de desarrollo de las aguas subterráneas no provocará ningún efecto adverso al medio ambiente, dado que los trabajos de perforación no traerán consigo serios impactos.

Tampoco ocurrirá el hundimiento que puede resultar normalmente por el exceso de bombeo, puesto que la mayoría de los pozos será perforada en las áreas geológicas de formaciones volcánicas sin estratos gruesas de arcilla. El hundimiento de las tierras sólo ocurre al desarrollar las aguas subterráneas en las áreas con amplia distribución de gruesos depósitos aluviales, especialmente de materiales arcillosos.

Cuadro 8.3.1 Evaluación Inicial del Impacto Ambiental

	Items env. impact.	Eval.	Background/Remarks	
Social Environment	1	Resettlements	D	Construction of new wells and transmission pipes can be implemented outside of residential area
	2	Economic activity	D	"
	3	Infrastructure	D	"
	4	Disturbance of community area	D	"
	5	Historical spots and cultural property	D	"
	6	Water right and right of common	B	The impact of the project on the existing adjacent dug wells and springs outside of Muni./City should be taken into consideration.
	7	Health and sanitation	D	Improvement can evidently be expected by the implementation of the project.
	8	Abandonments	D	Nothing will be abandoned from the implementation of the project.
	9	Disaster (risk)	D	Construction of new transmission pipes will mostly be carried out along the existing roads
Natural Environment	10	Topography and geology	D	Refer to item (9). There are no important topographical and geological features
	11	Land erosion	D	Refer to item (9)
	12	Groundwater, spring and perched water	B	The impact of the project on the existing dug wells and springs in surrounding areas should be taken into consideration.
	13	Swamp, lake, river	C	Impact from the sewage increase should be considered.
	14	Beach sea area	D	The project sites are located in the intramountain basins
	15	Animals and plants	D	New transmission pipes are constructed in the sub-ground; there are no precious animals and plants.
	16	Meteorology	D	Big scale disturbance or deforestation is not carried-out in the implementation of the project.
Environmental Pollution	17	Landscape	D	Same as item (16)
	18	Air pollution	D	Every well will be operated with Submersible motor pumps.
	19	Water pollution	D	Mud (muddy water) for well drilling is used in a closed circulatory plant
	20	Soil pollution	D	Same as item (19)
	21	Noise/lands vibration	C	The actual drilling works in Phase II should be considered
	22	Land subsidence	C	The project sites are not composed of alluvial deposits with thick clay beds
	23	Offensive odor	D	This item will not evolve due to the implementation of the project

Evaluation: A: Big/serious impacts can be considered  
 B: Some impact can be considered  
 C: Not evident, but consideration is necessary  
 D: No environmental impact

Cuadro 8.3.2 Pozos poco Profundos y Manantiales Existentes

Municipality	Shallow wells						Springs			
	Number	W/Level (GL-m)	Well depth (m)	W/Quality	W/Right	Water Use	Number	W/Quality	W/Right	Water Use
S. J. Pinola	3	3-25	-	Poor *-1	Private	Agriculture-1 Bathing and washing-2	8	Poor	Public	Bathing & washing
S. P. Sacatepéquez	10	1-10	2.6-9	Good	Private	Agriculture-2 Domestic use-8	10	Good-7 Poor-3	Public-5 Private-5	W/S for city-5 Agriculture-3 Domestic use-2
S. M. de Jesús	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-
S. M. Jilotepeque	3	3-20	6-22	Good-2 Poor-1	Private	Domestic use-2 for supplementary use-1	5	Good	Public-4 Private-1	Domestic use
S. J. Comalapa	26	3.6-10	4-12	Quite-good	Private	Agriculture-2 Domestic use-24	1	Quite-good	Public & private	Washing Drinking & domestic use
Sololá	3*-3	0.6-26	1.6-28	Quite-good	Private	Agriculture-1 Drinking & domestic use-1 Washing, bathing & cleaning-1	3	Quite-good	Public-3	Drinking & domestic use Agriculture
S. L. Utatlán	4	8.5-14.5	10-17	Good-1 *-4 Quite-good-3	Private	Drinking & domestic use-4	2	Good-2	Public-1 Private-1	Drinking Washing & domestic use
Momostenango	15<	3-16	6.5-18	Good & Quite-good	Private	Drinking & domestic use	1	Quite-good	Public	Drinking
S. F. La Unión	8	5-18	9-22	Quite-good	Private	Drinking & domestic use-8	2	Quite-good	Public	Drinking, washing & domestic use
Génova	200	5-10	7-15	Quite-good	Public Private	Only drinking-1 Drinking & domestic use	0	-	-	-

\*-1: Good - Potable, quite good - after boiling, poor - not used for drinking

\*-2: A spring that was once used is now depleted

\*-3: A spring was used until 1993, now it is depleted

\*-4: 2% of population suffer stomach problems every month; 25% of which are children suffering diarrhea

Cuadro 8.3.3.3 Condiciones del Sistema de Alcantarillado  
Existente y Aguas Servidas en los Diez  
Municipios

Municipality	Households with Sewer Connection (%)	Type of Sewer System *-1	Population with Public Water for Washing & Bathing (%)	Population with Private Water for Washing & Kitchen use (%)	Population with Private Water for Washing, Kitchen use & B/Shower (%)	Sewage Quality	Sewage Treatment Plant
S. J. Pinula	95	Type-2	15	85	70	Waste Water from Toilet, W/K, B/Shower and Rain water	No
S. P. Sacatepéquez	90	Type-3	5	95	40	Waste Water from Toilet, W/K and B/Shower	No
S. M. de Jesús	50	Type-1	3 *-2	70	0	Waste Water from Toilet and W/K	No
S. M. Jilotepeque	80	Type-2	10	68	60	Waste Water from Toilet, W/K, B/Shower and Rain water	No
S. J. Comalapa	75 *-3	Type-1	25	75	75	Waste Water from Toilet, W/K, B/Shower and Rain Water	Filtration, treating 40% of the total amount of sewage
Sololá	85	Type-2	12	80	35	Waste water from Toilet, W/K, B/Shower and Rain Water	Filtration, treating half of the total amount of sewage
S. L. Utatlán	100	Type-1	30	70	50	Waste Water from Toilet, W/K and B/Shower	No
Momostenango	80	Type-1	50	50	25	Waste Water from Toilet, W/K and B/Shower	No
S. F. la Unión	0	-	16	40	4	-	-
Génova	100 *-4	Type-2	50 (0) *-5	75	50	Waste Water from Toilet, W/K, B/Shower and Rain water	No

- \*-1: Sewer system only for human and domestic wastewater  
 Type-2: Combined sewer system for human and domestic waste and rain water  
 Type-3: Separate system for human and domestic wastewater from rain water  
 People go to rivers to bathe  
 \*-2: 40% of the households in the urban area are connected to the private sewer system  
 \*-3: 75% connected to toilet  
 \*-4:

Cuadro 8.3.4 Consumo de Agua en S. J. Pinula

Diciembre, 1994

		Hab./ familia	Noviembre (20 días)		Medio (lts/hab./día)	
			(m3)	(l/h/d)	C/tipo	Todos
Tipo 1	Casa-1	8	12	75	138	156
	Casa-2	6	24	200		
Tipo 2	Casa-1	8	34	212	198	
	Casa-2	3	11	183		
Tipo 3	Casa-1	9	27	150	134	
	Casa-2	12	28	117		

Cuadro 8.3.5 Consumo de Agua en Sololá

Febrero-noviembre, 1994

		Hab./ Familia	Consumo medio (l/h/d)			Medio (todos) (l/h/d)
			1	2	3	
Tipo 1	Casa-1	9	78	111	134	
	Casa-2	2	-	207	-	
	Casa-3	10	56	62	56	
	Casa-4	7	72	79	81	
	Casa-5	8	108	103	94	
	Casa-6	5	150	207	172	
	Casa-7	10	210	271	260	
Tipo 2	Casa-1	4	204	155	218	
Tipo 3	Casa-1	12	155	169	156	
Medio (l/h/d)			129	152	146	144

Notas:

- 1 El cálculo se basa en los datos mensuales de febrero a noviembre, 1994
- 2 El cálculo se basa en los datos diarios de noviembre 1994
3. El cálculo se basa en los datos diarios del 30 de noviembre y el 20 de diciembre, 1994

**Cuadro 8.3.6 Volumen Estimado de Aguas Servidas Descargadas al Sistema de Alcantarillado en los Diez Municipios en 1994**

Municipality	Urban Population	Supplied Volume (l/c/d)	Total Supplied Volume (m3/day)	Households with Sewer Connections (%)	Population using water for Washing, Kitchen use and B/shower (%)	Wastewater from Washing, Kitchen, B/Shower and Toilet (m3/day)*-1	Population connected to Sewer System not for Human Waste (%)*-2	Wastewater without Human Waste (m3/day)	Total Amount of Waste water (m3/day)
S. J. Pinula	11,277	69.81	787	95	70	551	25	198	749
S. P. Sacatepéquez	7,652	45.53	348	90	40	139	50	174	313
S. M. de Jesús	11,107	35.43	394	50	0	0	50	187	187
S. M. Jilotepeque	9,236	116.98	1,080	80	60	648	20	216	864
S. J. Comalapa	14,710	126.24	1,857	75	75	1,393	0	0	1,393
Sololá	15,254	113.94	1,738	85	35	608	50	868	1,476
S. L. Utatlán	2,176	39.22	85	100	50	43	50	43	86
Momostenango	10,390	68.58	713	80	25	178	55	392	570
S. F. la Unión	1,707	27.94	48	0	0	0	0	0	0
Génova	3,800	54.20	206	100	75	154	25	52	206

\*1: Percentage of toilets connected to sewer system is regarded to be the same as the number of showers

**Cuadro 8.3.7 Volumen Estimado de Aguas Servidas Conducidas por el Sistema de Alcantarillado después de Incrementar el Volumen de Suministro**

Municipality	Urban Population	Supplied Volume (l/c/d)	Total Supplied Volume (m3/day)	Wastewater from Washing, Kitchen, B/Shower and Toilet (m3/day)	Wastewater without Human Waste (m3/day)	Total Amount of Wastewater (m3/day)	Rate of Sewage Amount after/freshet (Times)
S. J. Pinula	11,277	155	1,748	1,224	437	1,661	2.2
S. P. Sacatepéquez	7,652	155	1,186	474	593	1,067	3.4
S. M. de Jesús	11,107	155	1,722	0	861	861	4.6
S. M. Jilotepeque	9,236	106	979	587	196	783	1.1
S. J. Comalapa	14,710	155	2,280	1,710	0	1,710	1.2
Sololá	15,254	155	2,364	827	1,181	2,008	1.4
S. L. Utatlán	2,176	106	231	116	116	232	2.7
Momostenango	10,390	155	1,610	403	887	1,290	2.3
S. F. la Unión	1,707	106	181	0	0	0	-
Génova	3,800	106	403	302	101	403	2.0

Note: Based on the assumption that the population and other factors are the same as those used in 1994

**Cuadro 8.3.8**  
**Volumen Estimado de Aguas Servidas del Sistema de Alcantarillado**  
**Después de Incrementar el Volumen de Siministro**  
**(para el año 2010)**

Municipios	Población urbana	Volumen de Suministro (l/h/d)	Vol. total de sumin. (m3/día)	Tasa de incremento de aguas servidas desde 1994 (veces) *-1
S.J.Pinula	19,970	155	3,095	4.1
S.P. Sacatepéquez	10,140	155	1,572	5.0
S.M.de Jesús	14,890	155	2,308	12.3
S.M. Jilotepeque	11,986	106	1,271	1.5
S.J. Comalapa	19,408	155	3,008	2.2
Sololá	30,960	155	4,799	3.3
S.L.Utatlán	4,773	106	506	5.9
Momostenango	16,740	155	2,595	4.6
S.F.la Unión	2,561	106	271	-
Génova	7,267	106	770	3.7

\*1: Estos valores fueron obtenidos asumiendo que el 100% de las viviendas están conectadas al sistema de alcantarillado con conexiones a la cocina, lavadero y baño (ducha y retrete).