



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD ZACATENCO**

**TESIS**

PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS DE LA  
LOCALIDAD DE SANTA MARÍA EL TULE, EDO. DE OAXACA.

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTAN:**

**C. HERNÁNDEZ CORRALES LUIS ARMANDO**

**C. HERNÁNDEZ FREGOSO ARACELI**

**ASESOR:**

**ING. SERGIO VILLA INFANTE**

**México D.F.**

**FECHA: JUNIO- 2013**



PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS DE LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA EL TULE, EDO. DE OAXACA.



Instituto Politécnico Nacional  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD ZACATENCO  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

"90 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura"  
"60 Aniversario de la Escuela Superior de Economía"  
"50 Aniversario de la Escuela Superior de Enfermería y Obstetricia"  
"40 Aniversario de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas"  
SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



México, D.F. a 08 de enero de 2013  
Of. No.SA.010.I.2013

**ASUNTO:** SE DESIGNA ASESOR DE TESIS  
Y AUTORIZA TEMA

**ING. SERGIO VILLA INFANTE**  
PROFESOR DE LA E.S.I.A. U. ZACATENCO  
P R E S E N T E

Con base en su experiencia profesional, y actuación docente en la Academia de Sanitaria y de acuerdo al Colegio de Profesores, ha sido designado asesor de el **C. Luis Armando Hernandez Corrales**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, en la elaboración del informe de su Tesis, el cual debe apegarse a la estructura general.

Así también se le comunica que el tema e índice que se propusieron y que a continuación se cita, ha sido aprobado para su desarrollo, mismo que deberá concluir en un plazo máximo de un año a partir de esta fecha, esto de acuerdo al Reglamento de Titulación vigente (Capítulo V, Art. 28).

**"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS DE LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA EL TULE, EDO. DE OAXACA"**

Introducción  
Objetivo  
Justificación  
Marco Teórico

Capítulo I – Características fisiográficas de la localidad

Capítulo II – Datos básicos de diseño

MCCJF/RGA/crv

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738  
Tel. 57296000 Ext. 53084, [ing\\_aplicada\\_esiaz@ipn.mx](mailto:ing_aplicada_esiaz@ipn.mx)



PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS DE LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA EL TULE, EDO. DE OAXACA.



Instituto Politécnico Nacional  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD ZACATENCO  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

"90 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura"  
"60 Aniversario de la Escuela Superior de Economía"  
"50 Aniversario de la Escuela Superior de Enfermería y Obstetricia"  
"40 Aniversario de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas"  
SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



México, D.F. a 08 de enero de 2013  
Of. No.SA.010.I.2013

**ASUNTO:** SE DESIGNA ASESOR DE TESIS  
Y AUTORIZA TEMA

- Capítulo III- Situación actual de los servicios hidráulicos
- Capítulo IV-Propuesta de mejoramiento de los servicios hidráulicos
- Capítulo V-Análisis de resultados

- Conclusiones
- Recomendaciones
- Bibliografía
- Glosario
- Anexos
- Índice de figuras
- Índice de tablas
- Índice de graficas

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"



ING. MARÍA DEL CARMEN C. JIMÉNEZ GARRERO  
SUBDIRECTORA ACADÉMICA  
UNIDAD ZACATENCO

C.c.p.- Ing. Rodolfo Granados Aguilar - Jefe del Departamento de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada  
Expediente

MCCJ/RGA/erz

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738  
Tel. 57296000 Ext. 53084, ing\_aplicada\_esiaz@ipn.mx



PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS DE LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA EL TULE, EDO. DE OAXACA.



Instituto Politécnico Nacional  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD ZACATENCO  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

"90 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura"  
"60 Aniversario de la Escuela Superior de Economía"  
"50 Aniversario de la Escuela Superior de Enfermería y Obstetricia"  
"40 Aniversario de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas"  
SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



México, D.F. a 08 de enero de 2013  
Of. No.SA.011.I.2013

**ASUNTO:** SE DESIGNA ASESOR DE TESIS  
Y AUTORIZA TEMA

**ING. SERGIO VILLA INFANTE**  
PROFESOR DE LA E.S.I.A. U. ZACATENCO  
P R E S E N T E

Con base en su experiencia profesional, y actuación docente en la Academia de Sanitaria y de acuerdo al Colegio de Profesores, ha sido designado asesor de la **C. Araceli Hernandez Fregoso**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, en la elaboración del informe de su Tesis, el cual debe apegarse a la estructura general.

Así también se le comunica que el tema e índice que se propusieron y que a continuación se cita, ha sido aprobado para su desarrollo, mismo que deberá concluir en un plazo máximo de un año a partir de esta fecha, esto de acuerdo al Reglamento de Titulación vigente (Capítulo V, Art. 28).

**"PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS DE LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA EL TULE, EDO. DE OAXACA"**

Introducción  
Objetivo  
Justificación  
Marco Teórico

Capítulo I – Características fisiográficas de la localidad

Capítulo II – Datos básicos de diseño

  
MCH/ROA/crv

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738  
Tel. 57296000 Ext. 53084, ing\_aplicada\_esiaz@ipn.mx



PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS DE LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA EL TULE, EDO. DE OAXACA.



Instituto Politécnico Nacional  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD ZACATENCO  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

"90 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura"  
"60 Aniversario de la Escuela Superior de Economía"  
"50 Aniversario de la Escuela Superior de Enfermería y Obstetricia"  
"40 Aniversario de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas"



SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

México, D.F. a 08 de enero de 2013  
Of. No.SA.011.I.2013

**ASUNTO:** SE DESIGNA ASESOR DE TESIS  
Y AUTORIZA TEMA

Capítulo III- Situación actual de los servicios hidráulicos

Capítulo IV-Propuesta de mejoramiento de los servicios hidráulicos

Capítulo V-Análisis de resultados

Conclusiones  
Recomendaciones  
Bibliografía  
Glosario  
Anexos  
Índice de figuras  
Índice de tablas  
Índice de graficas

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

ING. MARIA DEL CARMEN C. JIMENEZ FERRERO  
SUBDIRECTORA ACADÉMICA  
UNIDAD ZACATENCO

C.c.p.- Ing. Rodolfo Granados Aguilar - Jefe del Departamento de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada  
Expediente

MCCJF/RGA/crv

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738  
Tel. 57296000 Ext. 53084, ing\_aplicada\_esiaz@ipn.mx



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 UNIDAD ZACATENCO  
 SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA



F2

Asunto: Solicitud de registro de asesor y opción de titulación

México D.F., a 05 de Diciembre de 2012.

M. en C. MA. DEL CARMEN C. JIMÉNEZ FERRERO  
 SUBDIRECTORA ACADÉMICA  
 DE LA ESIA U. ZACATENCO  
 P r e s e n t e

Comunico a usted que considerando el acuerdo del Colegio de Profesores, quienes tomando en cuenta su capacidad profesional, su alto sentido de responsabilidad y con base en el art. 23 del Reglamento de Titulación Profesional del IPN se propone al (los) C. (CC.):

Villa Infante Sergio

como Asesor (es) del alumno/pasante C. Hernández Corrales Luis Armando

con número de boleto 2007310436

Por lo anterior, el (los) Asesor (es) ha(n) procedido a determinar el Tema: Propuesta de Mejora-  
miento de los servicios hidráulicos de la localidad  
de Santa María el Tule, Edo. Oaxaca e índice  
 del Trabajo propuesto (los cuales se anexan al presente)

ATENTAMENTE:

Ing. Mariana P. Reyes Q.  
 (Nombre y firma)

Presidente de la Academia de Ing. Sanitaria T. H.

ESCUELA SUPERIOR DE  
 INGENIERIA Y ARQUITECTURA U. ZAC.  
**RECIBIDO**  
 05 DIC 2012  
 SUBDIRECCION  
 ACADEMICA



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD ZACATENCO  
SUBDIRECCION ACADÉMICA



P2

Asunto: Solicitud de registro de asesor y opción de titulación

México D.F., a 05 de Diciembre de 2012.

M. en C. MA. DEL CARMEN C. JIMÉNEZ FERRERO  
SUBDIRECTORA ACADÉMICA  
DE LA ESIA U. ZACATENCO  
P r e s e n t e

Comunico a usted que considerando el acuerdo del Colegio de Profesores, quienes tomando en cuenta su capacidad profesional, su alto sentido de responsabilidad y con base en el art. 23 del Reglamento de Titulación Profesional del IPN se propone al (los) C. (CC.):

Villa Infante Sergio

como Asesor (es) del alumno/pasante C.

Hernández Fregoso Araceli

con número de boleta 2007310442

Por lo anterior, el (los) Asesor (es) ha(n) procedido a determinar el Tema: Propuesta de Mejora-  
miento de los servicios hidráulicos de la  
localidad de Santa María el Tule, Edo. Oaxaca. e Indico  
del Trabajo propuesto (los cuales se anexan al presente)

ATENTAMENTE:

  
Ing. Margarita P. Reyes Q  
(Nombre y firma)

Presidente de la Academia de Ing. Sanitaria T.H.

ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERIA Y ARQUITECTURA U. ZAC.  
**RECIBIDO**  
05 DIC 2012  
SUBDIRECCION  
ACADEMICA



PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS DE LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA EL TULE, EDO. DE OAXACA.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

UNIDAD ZACATENCO

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA



F3

Asunto: Solicitud de titulación  
Por la opción de Tesis Colectiva

México D.F., a 18 de Junio de 2013.

M. en C. MA. DEL CARMEN C. JIMÉNEZ FERRERO  
SUBDIRECTORA ACADÉMICA  
DE LA ESIA U. ZACATENCO  
P r e s e n t e

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Hernández Carriles Luis Armando con número de boleta 2007310436 se solicita la fecha del acto de titulación correspondiente, por lo que se anexa el Acta de la Comisión Revisora del trabajo terminal y se propone el siguiente jurado, conforme al capítulo VI del Reglamento de Titulación Profesional del IPN.

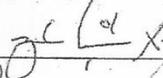
Presidente

SERGIO VILLA INFANTE   
(Nombre y firma)

Secretario

MA. DEL ROSARIO MENDOZA GONZALEZ   
(Nombre y firma)

Primer Vocal

JORGE ZAVALA AGUILERA   
(Nombre y firma)

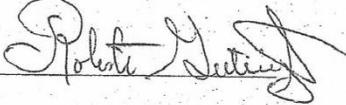
Segundo Vocal

PEDRO ANTONIO VELAZQUEZ HURTADO   
(Nombre y firma)

Tercer Vocal

RUBEN BETANZOS SAUDOVAL   
(Nombre y firma)

Suplente

ROBERTO GUTIERREZ TORRES   
(Nombre y firma)

ATENTAMENTE

DR. JUAN JOSÉ GUERRERO BAUTISTA  
(Nombre y firma)

Presidente de la Academia de: Santaria

ESCUELA SUPERIOR DE  
INGENIERIA Y ARQUITECTURA U. ZAC.  
RECIBIDO  
18 JUN 2013  
SUBDIRECCIÓN  
ACADEMICA 2069

c.c.p. Jefe del Departamento de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada.  
Pasante.

T-1445



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
 UNIDAD ZACATENCO  
 SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA



ACTA DE REVISIÓN DE TRABAJO TERMINAL

En la Ciudad de México, D. F. siendo las 10:00 horas del día 14 del mes de Junio del año 2013, se reunieron los miembros de la Comisión Revisora designada por la Subdirección Académica de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco, para revisar el trabajo terminal "Propuesta de Mejoramiento de los servicios hidráulicos de la localidad de Santa María el Tule, Oaxaca" que presenta el C. Hernández Carriles Luis Armando con número de boleta 20070436, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, plan 2004, para obtener el título de Ingeniero Civil.

Ya revisada y después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión acordaron APROBAR EL TRABAJO TERMINAL.

COMISIÓN REVISORA

Asesor de trabajo terminal

<u>SERGIO VILLA INFANTE</u> (nombre y firma)	<u>PEDRO ANTONIO VELAZQUEZ HUERTADO</u> (nombre y firma)
<u>MA DEL ROSARIO MENDOZA GONZALEZ</u> (nombre y firma)	<u>ROBERTO GUTIERREZ TORRES</u> (nombre y firma)
<u>JORGE ZAVALA AGUILERA</u> (nombre y firma)	<u>RAVEN BETANZOS SANDOVAL</u> (nombre y firma)

Se anexa a la presente un ejemplar del trabajo terminal.

ATENTAMENTE  
 "LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

Vo.Bo.

ING. JUAN JOSÉ ZAVALLANO BARRISOLA  
 (NOMBRE Y FIRMA)  
 Presidente de la Academia de  
Sanitaria

[Firma]  
 Subdirección Académica

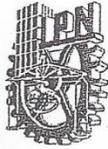
c.c.p. Jefe del Depto. de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada Expediente.

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA U. ZAC.  
**RECIBIDO**  
 18 JUN 2013  
 SUBDIRECCION ACADEMICA

T-1445



PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS DE LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA EL TULE, EDO. DE OAXACA.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
 UNIDAD ZACATENCO  
 SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA



F3

Asunto: Solicitud de titulación  
 Por la opción de Tesis Colectiva

México D.F., a 18 de Junio de 2013.

M. en C. MA. DEL CARMEN C. JIMÉNEZ FERRERO  
 SUBDIRECTORA ACADÉMICA  
 DE LA ESIA U. ZACATENCO  
 P r e s e n t e

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Hernández Fregoso Araceli con número de boleta 2007310442, se solicita la fecha del acto de titulación correspondiente, por lo que se anexa el Acta de la Comisión Revisora del trabajo terminal y se propone el siguiente jurado, conforme al capítulo VI del Reglamento de Titulación Profesional del IPN.

- Presidente SERGIO VILLA INFANTE
- Secretario MA DEL ROSARIO MENDOZA GONZALEZ
- Primer Vocal JORGE ZAVALA AGUILERA
- Segundo Vocal PEDRO ANTONIO VELAZQUEZ HURTADO
- Tercer Vocal RUBEN BETANZOS SANDOVAL
- Suplente ROBERTO GUTIERREZ TORRES

ATENTAMENTE

MARCELO VÁSQUEZ GARCÍA  
 (Nombre y firma)

Presidente de la Academia de: Sanitaria

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA U. ZAC.

RECIBIDO

18 JUN 2013

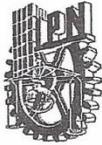
SUBDIRECCION ACADÉMICA

c.c.p. Jefe del Departamento de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada. Pasante.

T-1444



PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS DE LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA EL TULE, EDO. DE OAXACA.



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
 UNIDAD ZACATENCO  
 SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA



ACTA DE REVISIÓN DE TRABAJO TERMINAL

En la Ciudad de México, D. F. siendo las 10:00 horas del día 14 del mes de Junio del año 2013, se reunieron los miembros de la Comisión Revisora designada por la Subdirección Académica de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco, para revisar el trabajo terminal "Propuesta de Mejoramiento de los servicios hidráulicos de la localidad de Santa María el Tule, Edo. Oaxaca." que presenta el C. Hernández Fregoso Araceli con número de boleta 2007310442, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, plan 2004, para obtener el título de Ingeniero Civil.

Ya revisada y después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión acordaron **APROBAR EL TRABAJO TERMINAL**.

COMISIÓN REVISORA

Asesor de trabajo terminal

<u>SERGIO VILBA INFANTE</u> (nombre y firma)	<u>PEABO ANTONIO VELAZQUEZ HURTADO</u> (nombre y firma)
<u>MA. DEL ROSARIO MENDOZA GONZALEZ</u> (nombre y firma)	<u>ROBERTO GUTIERREZ TORRES</u> (nombre y firma)
<u>JORGE ZAVALA ABUJUAN</u> (nombre y firma)	<u>RUBEN BETANZOS SANDOVAL</u> (nombre y firma)

Se anexa a la presente un ejemplar del trabajo terminal.

ATENTAMENTE  
 "LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

Vo.Bo.

José José Zaldívar Baños  
 (NOMBRE Y FIRMA)  
 Presidente de la Academia de  
Sanitaria

[Firma]  
 Subdirección Académica  
 ESCUELA SUPERIOR DE  
 INGENIERÍA Y ARQUITECTURA II, SAC  
**RECIBIDO**  
 18 JUN 2013  
 SUBDIRECCION  
 ACADÉMICA

c.c.p. Jefe del Depto. de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada Expediente.

T-1414

### CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de México, D. F., el día 26 del mes de Julio del año 2013 el que suscribe C. Luis Armando Hernández Corrales, pasante de la carrera de Ingeniería Civil con número de boleta 2007310436 egresado de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Zacatenco, manifiesta ser el autor intelectual del presente trabajo terminal y haber sido asesorado por el Ing. Sergio Villa Infante y cede los derechos del trabajo intitulado: “Propuesta de Mejoramiento de los Servicios Hidráulicos de la Localidad de Santa María el Tule, Estado de Oaxaca” al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión social, académica y de investigación.

A los usuarios de la información aquí contenida, no se les autoriza a reproducirla textualmente por ningún medio, sin la autorización expresa de su autor, la cual se puede obtener solicitándola al correo [luigipoli-69@hotmail.com](mailto:luigipoli-69@hotmail.com).

En caso de otorgarse la autorización de su reproducción debe citarse la fuente de la información y manifestarse el agradecimiento correspondiente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Luis Armando Hernández Corrales'.

Hernández Corrales Luis Armando



### CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de México, D. F., el día 26 del mes de Julio del año 2013 el que suscribe C. Araceli Hernández Fregoso, pasante de la carrera de Ingeniería Civil con número de boleta 2007310442 egresado de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Zacatenco, manifiesta ser el autor intelectual del presente trabajo terminal y haber sido asesorado por el Ing. Sergio Villa Infante y cede los derechos del trabajo intitulado: **“Propuesta de Mejoramiento de los Servicios Hidráulicos de la Localidad de Santa María el Tule, Estado de Oaxaca”** al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión social, académica y de investigación.

A los usuarios de la información aquí contenida, no se les autoriza a reproducirla textualmente por ningún medio, sin la autorización expresa de su autor, la cual se puede obtener solicitándola al correo [ara.kiu@hotmail.com](mailto:ara.kiu@hotmail.com).

En caso de otorgarse la autorización de su reproducción debe citarse la fuente de la información y manifestarse el agradecimiento correspondiente.

Hernández Fregoso Araceli

## AGRADECIMIENTOS

### A mi madre

A mi madre, por ser la amiga y compañera que me ha ayudado a crecer, gracias por estar conmigo en todo momento, por su esfuerzo a lo largo de mi carrera, su constancia y sacrificio y la paciencia que has tenido para enseñarme, por el amor que me das, por tus cuidados en el tiempo que hemos vivido juntos, por los regaños que me merecía y que no entendía.

Gracias mamá por estar al pendiente durante esta etapa tan importante en mi vida.

### A mi padre

A mi padre, por haber estado siempre en los momentos importantes en mi vida, por haber sido un gran ejemplo de honestidad, y sobresalir en la vida, por que fuiste una persona entregada a tu trabajo y diste todo por mí, pero más que todo eso fuiste una gran persona en toda la extensión de la palabra por ello fuiste un gran triunfador

### A mis hermanas

Gracias por su paciencia, gracias por preocuparse por su hermano, gracias por compartir sus vidas, pero sobre todo, gracias por estar en este momento tan importante en mi vida.

Es por ello que hoy dedico este trabajo de tesis a todas las personas antes mencionadas. Gracias por confiar en mí y darme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A mis padres**

Por regalarme la vida con la que ahora puedo realizar mis más grandes sueños y en los cuales ustedes han estado para apoyarme y sacarme adelante, por hacerme ver mis errores y aprender de ellos para no cometerlos de nuevo.

Ahora quiero recompensar un poco de eso con la satisfacción que les pueda dar con este logro, logro que también es de ustedes por que gracias a su trabajo, desvelos y sacrificios, pero sobre todo mucho amor y dedicación, llegó a su fin.

Porque gracias a la familia que tengo he sido motivada para ser mejor cada vez pues ustedes me han apoyado en momentos difíciles y sonreído en momentos como éste por que mis triunfos y fracasos los sienten de ustedes.

### **A mis sobrinas**

Por que quiero que ustedes lleguen aún más lejos pues de la misma manera en que mi familia estuvo para mí yo estaré para ustedes, pues parte de la motivación que tuve fue ese gran amor que les tengo.

Doy gracias a dios por ser integrante de esta pequeña familia y por tal motivo quiero dedicar este proyecto a ustedes.

### **A Luis armando**

Por que gracias a que estuviste apoyándome durante los momentos más difíciles en la carrera pude salir adelante y ahora en el proceso más importante siendo mi compañero de tesis, porque gracias a ese gran apoyo que siempre fuiste veo concluida mi meta.

### **Al Ing. Sergio Villa Infante**

Por habernos apoyado para poder terminar nuestra tesis, orientándonos y dedicándonos tiempo con mucha paciencia.

## ÍNDICE.

	<b>PAG.</b>
Introducción.....	iii
Objetivo .....	iv
Justificación.....	v
Marco teórico .....	vi
 <b>CAPÍTULO I.- CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA LOCALIDAD.</b>	
I.1 Localización Geográfica .....	1
I.2 Región Administrativa e Hidrológica.....	2
I.3 Clima .....	3
I.4 Orografía e Hidrografía .....	4
I.5 Disponibilidad y usos del agua .....	6
I.6 Características y Usos de suelo .....	6
I.7 Vías de Comunicación .....	8
I.8 Demografía .....	9
 <b>CAPÍTULO II.- DATOS BÁSICOS DE DISEÑO.</b>	
II.1 Población actual, futura y horizonte de proyecto.....	10
II.2 Datos básicos de servicios hidráulicos.....	14
II.2.1 Datos básicos de agua potable .....	14
II.2.2 Datos básicos de alcantarillado sanitario .....	17
 <b>CAPÍTULO III.- SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS.</b>	
III.1 Descripción de la situación actual de los servicios hidráulicos.....	22
III.1.1 Fuentes de abastecimiento y obras de captación .....	22
III.1.2 Líneas de conducción .....	27
III.1.3 Tanques de regularización .....	30
III.1.4 Red de distribución de agua potable .....	36
III.1.5 Red de atarjeas y colectores .....	37
III.1.6 Emisor sanitario y planta de tratamiento .....	37
 <b>CAPÍTULO IV.- PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS.</b>	
IV.1 Fuentes de abastecimiento y obras de captación .....	38
IV.1.2 Líneas de conducción .....	38
IV.1.3 Tanques de regularización.....	39



IV.1.4 Red de distribución de agua potable.....	39
IV.1.5 Red de atarjeas y colectores .....	39
IV.1.6 Emisor sanitario .....	40
<b>IV.2 Costo de inversión para las acciones futuras .....</b>	<b>40</b>

## **CAPÍTULO V.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

<b>V.I Resultados esperados .....</b>	<b>44</b>
<b>V.II Resultados obtenidos .....</b>	<b>44</b>
<b>V.III Interpretación de resultados .....</b>	<b>60</b>
Conclusiones.....	ix
Recomendaciones .....	x
Bibliografía .....	xii
Índice de Figuras.....	xiv
Índice de Tablas.....	xvi

### **ANEXOS**

Anexo 1.- Plano del sistema actual de abastecimiento de agua potable.

Anexo 2.- Plano del planteamiento de solución para el sistema de abastecimiento de agua potable en condiciones futuras.

Anexo 3.- Plano del sistema actual de alcantarillado sanitario.

Anexo 4.- Plano del planteamiento de solución del sistema de alcantarillado sanitario a condiciones futuras.

## Introducción.

El presente trabajo tiene por objeto analizar la problemática de los servicios hidráulicos de la localidad de Santa María el Tule asentada en la Cuenca del Río Atoyac-Salado, y emprender acciones tendientes a incrementar la cobertura de dichos servicios y mejorar las condiciones de vida de la población, a través de la elaboración de una “Propuesta de Mejoramiento” que permita conocer la situación actual de los sistemas, y así implementar las acciones que optimicen la eficiencia de dicha infraestructura o en su caso efectuar la rehabilitación y/o su ampliación. Cabe mencionar que las aguas pluviales no están consideradas en esta propuesta ya que la topografía permite que dichas aguas desalojen de forma natural al río salado.

Este estudio se compone de cinco capítulos:

**Capítulo I “Características Fisiológicas de la Localidad”.** Habla sobre la localización geográfica, regiones administrativa e hidrológica, usos del agua, características y usos de suelo, vías de comunicación, características de clima, orografía e hidrología, todo esto contenido dentro del marco físico, también muestra información sobre el marco demográfico.

**Capítulo II “Datos Básicos de diseño”.** Incluye la proyección de población, dotación y datos básicos de los servicios hidráulicos, esto con la finalidad de tomar en cuenta las obras existentes que podrían intervenir en el desarrollo de la propuesta.

**Capítulo III “Situación actual de los servicios hidráulicos”.** Hace referencia a la descripción de los servicios hidráulicos a condiciones actuales sus fuentes de abastecimiento, obras de captación, sus redes de atarjeas, colectores y plantas de tratamiento.

**Capítulo IV “Propuesta de mejoramiento de los servicios hidráulicos”.** En este capítulo se describen las propuestas de mejoramiento de los servicios hidráulicos, tales como obras de captación, líneas de conducción, tanques de regulación, red de distribución, redes de atarjeas, colectores y plantas de tratamiento.

**Capítulo V “Análisis de resultados”.** Se describen los resultados esperados, obtenidos, y se presentan las acciones que se requieren para el mejoramiento de los servicios hidráulicos.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.



**Objetivo.**

Proponer acciones para mejorar los servicios hidráulicos en la localidad de Santa María del Tule en el Estado de Oaxaca mediante el estudio y análisis de la situación actual de dichos servicios.



## **Justificación.**

Una de las principales demandas de la población la representan los servicios; energía eléctrica, agua potable, alcantarillado, entre otros. La factibilidad de cubrir tal demanda, depende básicamente de la disponibilidad de recursos naturales y económicos.

En el caso específico del servicio de agua potable y alcantarillado, la cobertura depende del número de habitantes y de la ubicación y disponibilidad de fuentes de suministro (aguas superficiales, o aguas subterráneas); sin embargo, como muchas obras, la infraestructura hidráulica construida para fines de abastecimiento y desalojo de agua, puede verse rebasada con el paso del tiempo por diversos factores tales como agotamiento de fuentes, crecimiento de la población, falta de mantenimiento a la infraestructura o vida útil rebasada de la misma.

En este contexto, en la localidad de Santa María el Tule, en el estado de Oaxaca, se presenta una problemática en los servicios hidráulicos por una combinación de los factores anteriormente mencionados, por lo que es necesario realizar un diagnóstico puntual, que permita identificar causas específicas para proponer acciones que contrarresten la problemática identificada en beneficio de la población en el corto, mediano y largo plazo.

## Marco Teórico.

A continuación se describen las partes que integran los servicios hidráulicos, como son: fuentes de abastecimiento, obra de captación, conducción, regularización y distribución, alcantarillado y plantas de tratamiento.

**Fuentes de abastecimiento.-** La fuente de abastecimiento es sinónimo de aprovechamiento ya que se escogen la(s) fuente(s) de acuerdo a su disponibilidad y a la demanda de agua potable. Algunas deben de cubrir demandas de agua potable las cuales son de 24 horas del día los 365 días del año, para que esto sea posible se deben realizar estudios hidrológicos o geohidrológicos los cuales permiten conocer los potenciales de la fuente de abastecimiento.

Ya conociendo la fuente de abastecimiento se llevarán a cabo los estudios de calidad del agua, para determinar si es apta para el consumo humano. Dependiendo de los estudios realizados a esta fuente de abastecimiento se establecerá el proceso adecuado ya sea por medio de cloración o el proceso más completo el cual se lleva a cabo en una planta potabilizadora.

**Obra de Captación.-** Las obras de captación son las obras civiles y equipos electromecánicos que se utilizan para reunir y disponer adecuadamente del agua superficial o subterránea. Dichas obras varían de acuerdo con la naturaleza de la fuente de abastecimiento, pueden ser meteóricas superficiales y subterráneas, dentro de las fuentes subterráneas se encuentran pozos profundos, pozos radiales o raney, pozos someros, sistemas de puyones y galerías filtrantes como ejemplos de obras de captación. (Alegría, Pedro López, 2009).

**Línea de Conducción.-** Es la serie de conductos y accesorios que en conjunto se destinan para conducir el agua procedente de la obra de captación hasta el tanque de regularización, esta línea se puede dividir en línea de conducción por gravedad y línea de conducción por bombeo, se denomina línea de conducción por gravedad cuando por cuestiones de la topografía la obra de captación se localiza por encima de la zona de regularización, y la línea de conducción por bombeo es cuando la captación se encuentra por debajo, por tal motivo se utilizan equipos electromecánicos para llevar el agua al sitio de regularización.

**Tanque de Regularización.-** Es la obra que transforma un régimen de aportación constante en un régimen de demandas variables. Esta estructura almacena agua la cual no se consume en las horas de demanda mínima y es aprovechada después en las horas de demanda máxima.

**Red de Distribución.-** Es el conjunto de tuberías que se instalan subterráneamente en las calles derivándose de ellas tomas domiciliarias. (Elaboración propia, 2013).

**Alcantarillado.-** Es un conjunto de tuberías generalmente subterráneas que se encarga de recolectar las aguas negras y pluviales para transportarlas en forma segura hacia su disposición final. (Araceli, Sánchez Segura, 2001).

**Planta de tratamiento.-** Es la obra cuya operación y funcionamiento “consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano”. (wikipedia, es.wikipedia.org, 2013).

**Población de Proyecto.-** Para diseñar un proyecto de un sistema de agua potable y alcantarillado se debe de determinar la población de proyecto, esto quiere decir que es necesario definir la cantidad de personas que se espera habiten en una población a futuro; para ello se toman en cuenta varios datos de censos oficiales cada 10 años para conocer cómo ha sido el crecimiento de la población.

Se pueden utilizar varios métodos, los cuales se describen a continuación.

- Método aritmético.

Este método se aplica para poblaciones en desarrollo con disponibilidades de suelo, extensión territorial, con posibilidades de desarrollo en sus industrias y comercios; este método considera que el crecimiento de la población es constante.

- Método geométrico.

Este método considera que el crecimiento de la población es similar, consiste en obtener un promedio de porcentaje anual de los últimos años el cual será aplicado a futuro.

- Método Malthus.

Este método habla de un crecimiento desproporcionado entre la población y la producción de alimentos esto quiere decir que al paso del tiempo la cantidad de recursos es menor para sostener a la población: "La capacidad de crecimiento de la población es infinitamente mayor que la capacidad de la tierra para producir alimentos para el hombre." Thomas Robert Malthus, primer ensayo sobre la población (1978).

- Método extensión gráfica.

Con los datos obtenidos de censos se obtienen una gráfica en la cual el eje “x” contiene los datos de los años y el eje “y” contiene los datos del número de habitantes, por último se lleva a cabo el trazo de una curva hasta llegar al número de habitantes que se requiere. (civilgeeks.com, 2010).



- Método de tasa de crecimiento por comparación.

Consiste en comparar la población con poblaciones que en su crecimiento poblacional hayan llegado a tener una población similar en condiciones económicas y sociales tomando en cuenta un resultado de crecimiento intermedio entre las poblaciones.

- Método de ajuste por mínimos cuadrados.

Este procedimiento se lleva a cabo por medio del cálculo de la población del proyecto a partir de un ajuste de resultados de los censos en años anteriores, a una recta o curva, de tal modo que los puntos pertenecientes a éstas, difieran lo menos posible de los datos observados. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

## CAPÍTULO I. CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA LOCALIDAD.

### I.1.- Localización Geográfica.

La cabecera municipal de Santa María el Tule, Oaxaca, se localiza en las coordenadas 96°37' al 96°38' de longitud oeste y 17°02' al 17°03' de latitud norte.

Colinda al norte con Tlaxiáctac de Cabrera; al sur con Rojas de Cuauhtémoc y San Francisco Lachigoló; al oriente con Teotitlán del Valle; al poniente con Santa Cruz Amilpas. Su distancia aproximada a la capital del Estado es de 10 kilómetros. (Ver figura I.1 y figura I.2). (Tule, 2002).

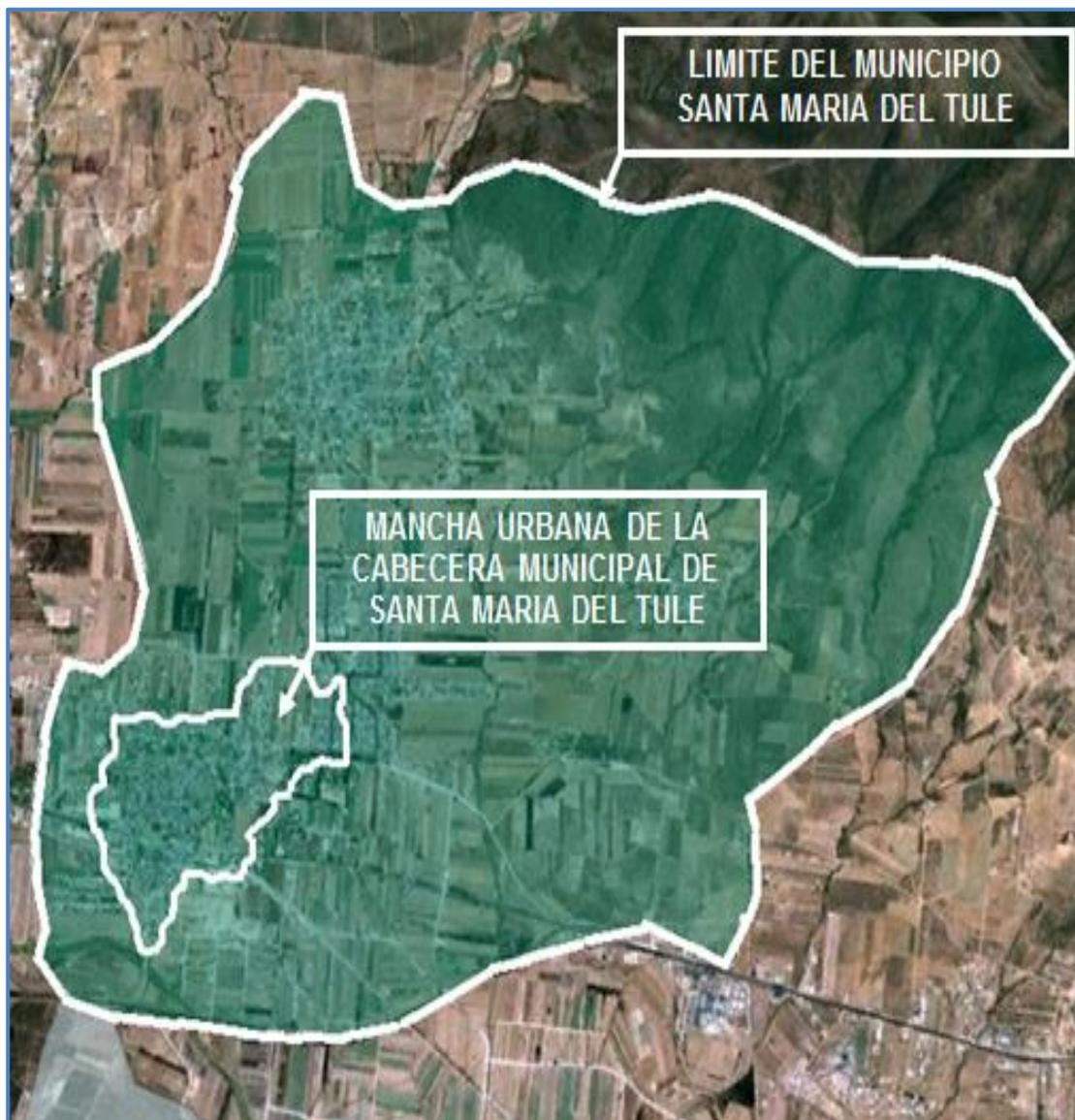


Figura I.1. Localización del municipio Santa María el Tule. (Google earth, 2010).

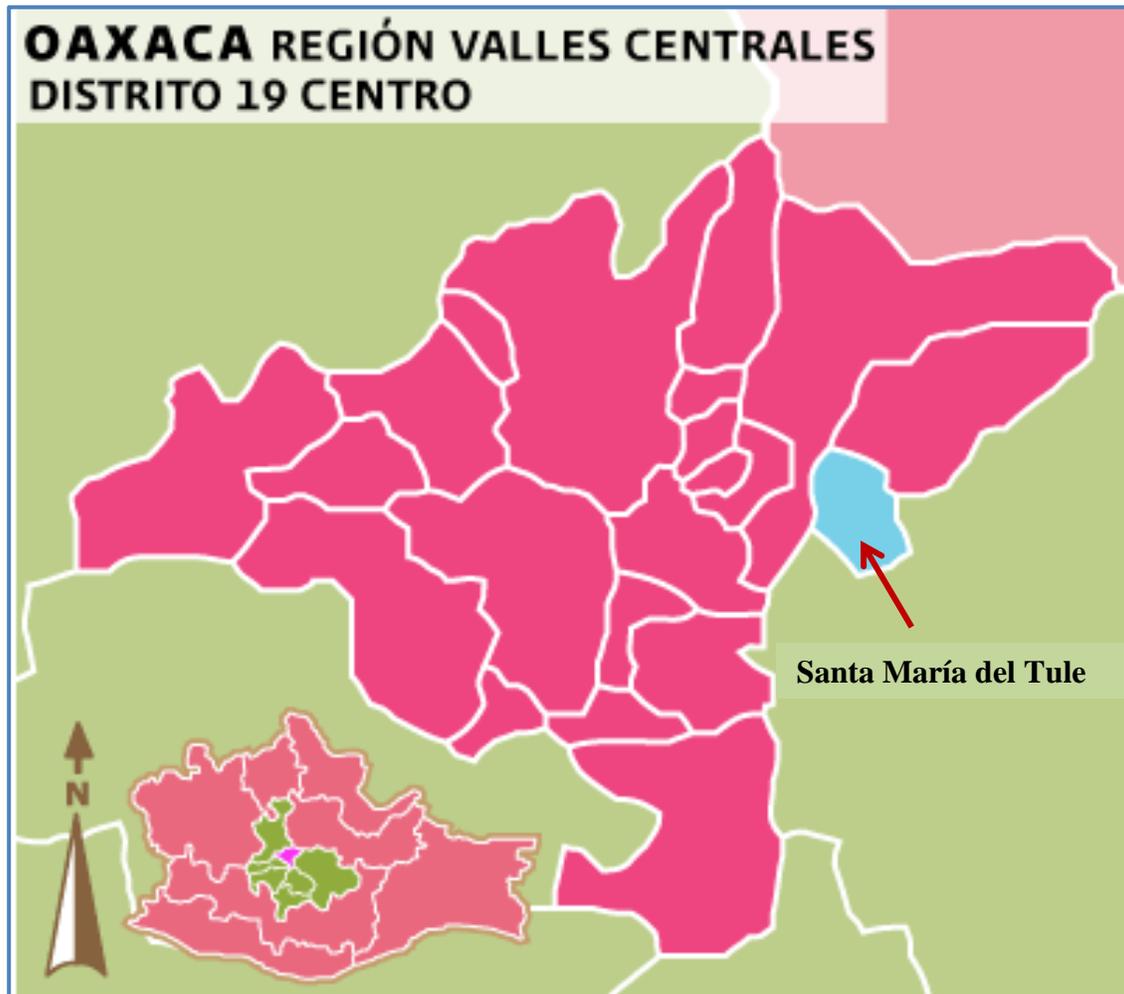


Figura I.2. Localización del poblado Santa María el Tule, Estado de Oaxaca. (Tule, 2002).

## I.2.- Región Administrativa e Hidrológica.

Pertenece a la Región Hidrológica Costa Chica-río Verde, a la cuenca río Atoyac, subcuenca río Atoyac – Oaxaca de Juárez, con corriente de agua intermitente denominada Salado.

Santa María el Tule pertenece al distrito 19 centro del estado de Oaxaca. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010).

A continuación se muestra el mapa de la división político – administrativa del estado de Oaxaca; Santa María el Tule se encuentra en la división centro (ver figura I.3).



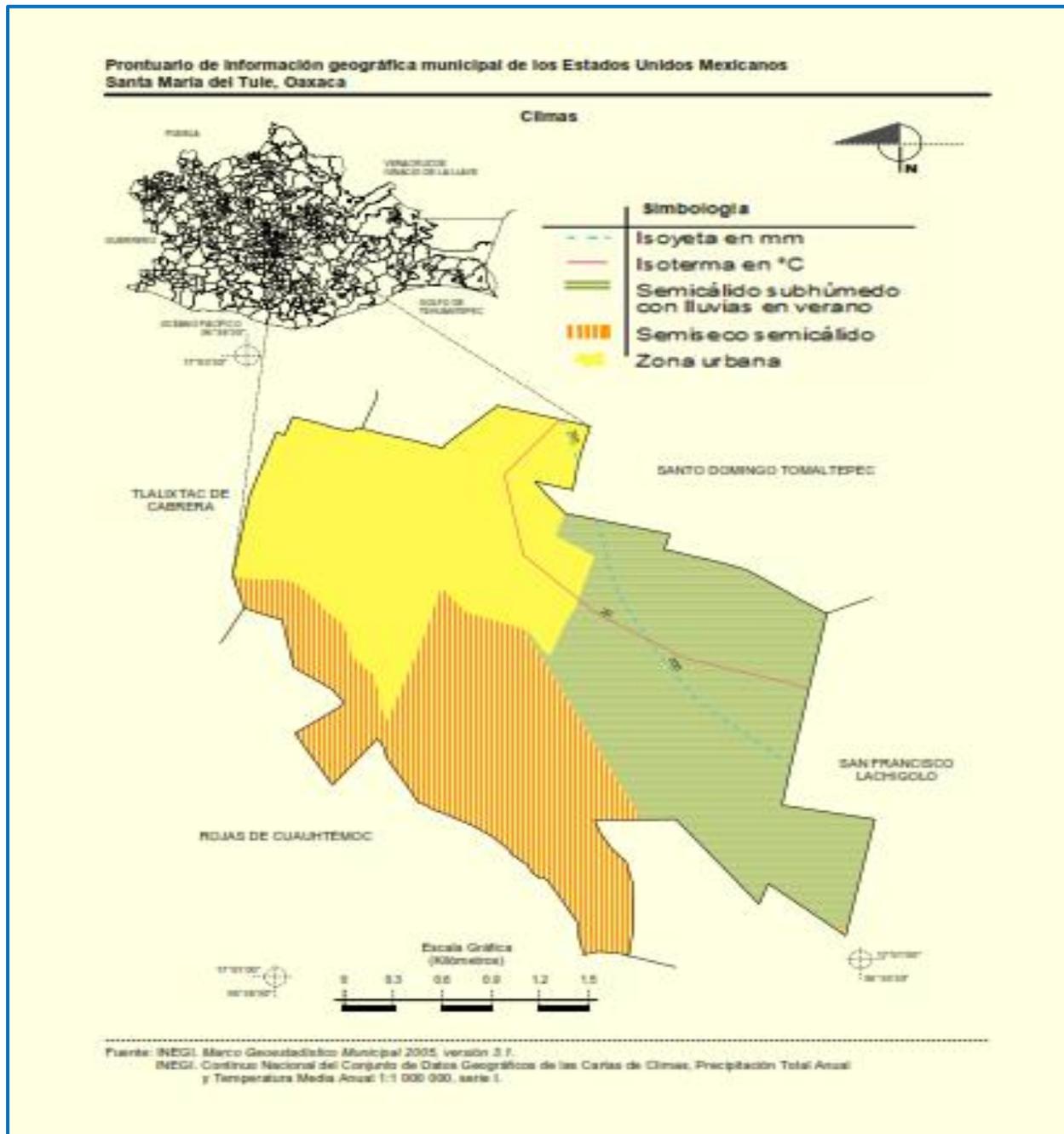


Figura I.4. Clima. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010).

#### I.4.- Orografía e Hidrografía.

Su superficie casi está conformada completamente por planicies, aunque dichas planicies son las faldas donde inicia la sierra norte. En el lado norte se ubica el cerro denominado en zapoteco “dan guido” o cerro del templo. En el lado sur se encuentra el cerro “dan belgo” o cerro del jarro. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010).

La superficie del municipio es atravesada por afluentes del río Grande que son únicamente arroyos aumentando su caudal durante la temporada de lluvias, permaneciendo secos durante el resto del año, éstos son tres: uno viene de los cerros “la Laguna” y “el Campanario”, “la Calavera y la Cruz”, que colinda con San Miguel Albarradas y Díaz Ordaz; el otro proviene de Xaaga, y es llamado río de la Hacienda; y el tercero es el río Geovirush. (Ver figura I.5). (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010).

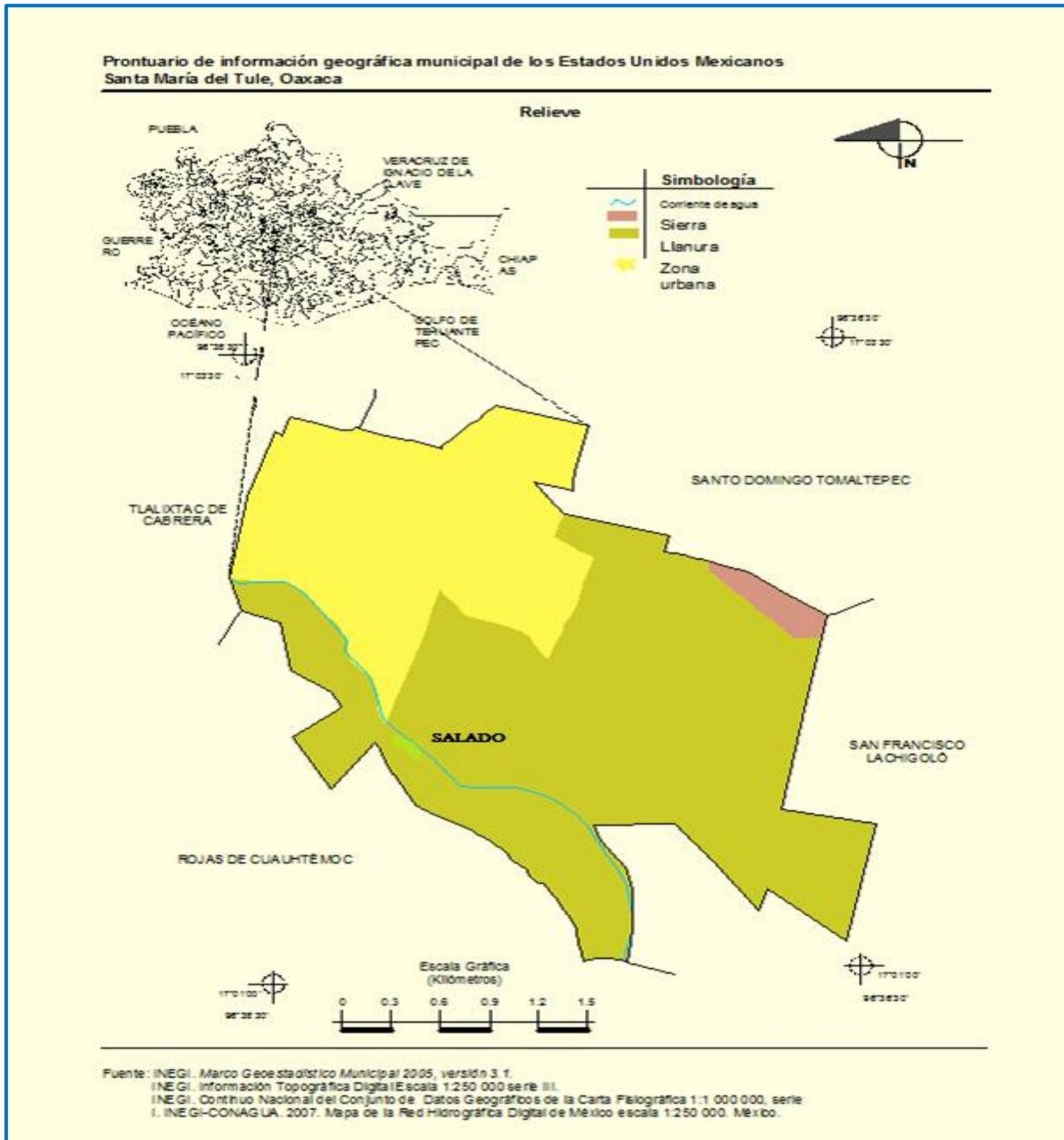


Figura I.5. Orografía e Hidrografía. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010).

### I.5.- Disponibilidad y usos del agua.

Para tener una idea del uso del agua en Santa María el Tule, se hace referencia a la disponibilidad y uso del agua en el estado de Oaxaca; a continuación se muestran las tablas I.1, I.2 y I.3, referentes a los usos de agua potable y a las descargas y tratamiento de agua residual. (Unidad de Programas Rurales y Participación Social, 2010).

Disponibilidad (millones de m<sup>3</sup>): E scorrimiento medio anual 24,133, Recarga media anual de agua subterránea 138.

Tabla I.1. Usos del agua (millones de m<sup>3</sup>).

USO	SUPERFICIAL	SUBTERRÁNEA	TOTAL
Agrícola	842.40	60.70	903.10
Público-urbano	17.50	28.00	45.50
Industrial	27.10	1.30	28.40
Agroindustrial	-	0.40	0.40
Servicios	0.14	2.00	2.14
Pecuario	-	0.46	0.46
<b>TOTAL</b>	<b>887.14</b>	<b>98.86</b>	<b>980.00</b>

Elaboración propia con base a (Unidad de Programas Rurales y Participación Social, 2010).

Tabla I.2. Aguas residuales (descargas).

USO	NÚMERO	VOLUMEN DESCARGADO (Mm <sup>3</sup> /año)
Publico-urbano	57	58
Industrial	47	47
Servicios	115	2
<b>TOTAL</b>	<b>219</b>	<b>107</b>

Elaboración propia con base a (Unidad de Programas Rurales y Participación Social, 2010).

Tabla I.3. Capacidad de tratamiento de aguas residuales.

PLANTAS DE TRATAMIENTO	NÚMERO	GASTO INTEGRADO (L/S)
En operación	20	260
Fuera de operación	7	N/D
En construcción	6	N/D
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>260</b>

Elaboración propia con base a (Unidad de Programas Rurales y Participación Social, 2010).

### I.6.- Características y Usos de suelo.

El tipo de suelo localizado en el municipio es el vertisol pélico. Es un suelo muy arcilloso, de color negro o gris. Su uso agrícola es muy extenso, variado y altamente productivo, aunque su manejo es en ocasiones problemático, debido a su dureza y consistencia, agricultura (58.61%) y zona urbana (33.11%). (Ver figura I.6). (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010).

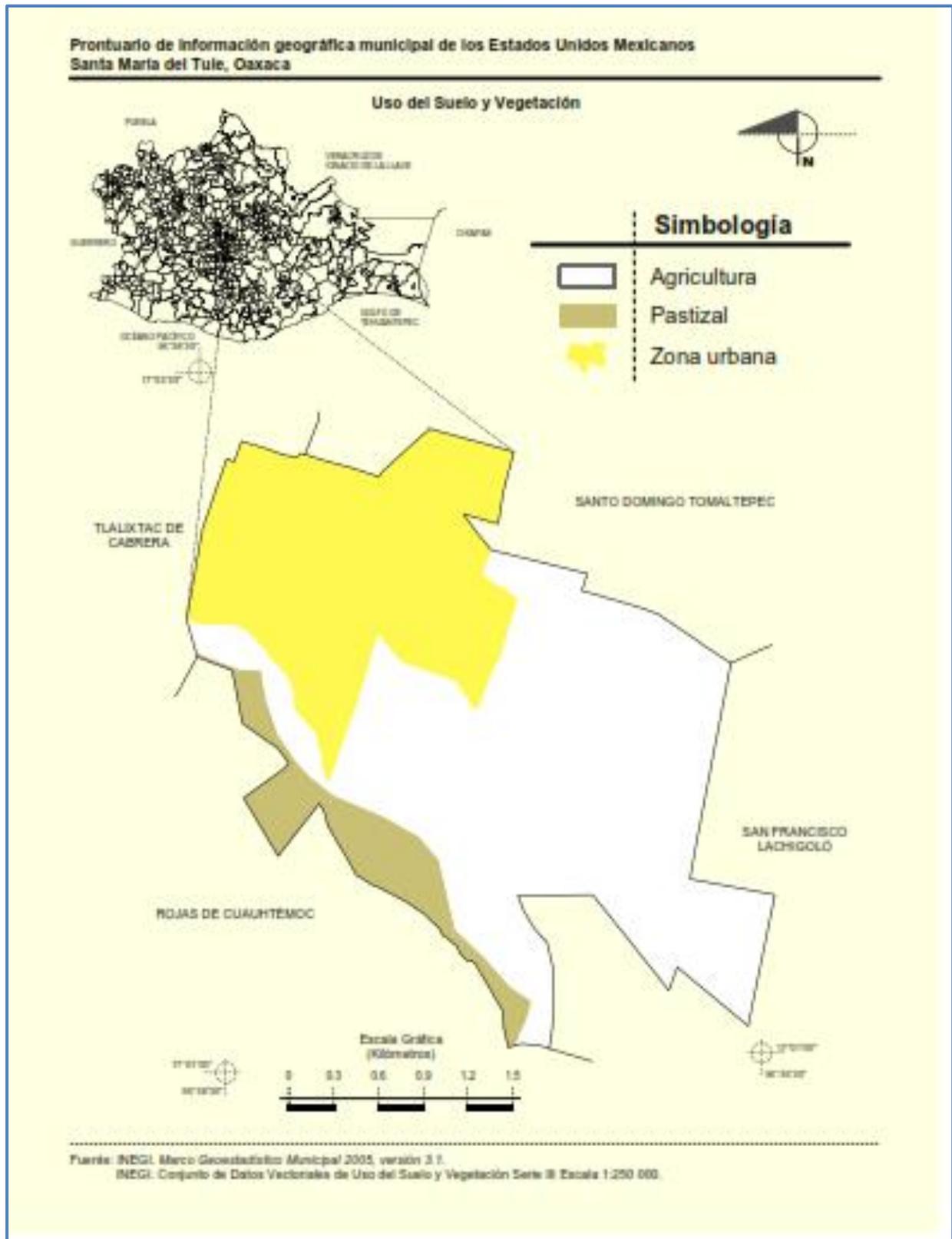


Figura I.6. Uso de suelo y Vegetación. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010).

### I.7.- Vías de Comunicación.

El acceso principal a la localidad es a través de la carretera internacional Cristóbal Colón que comunica a la ciudad de Oaxaca con esta localidad. (Ver figura I.7) (Google, 2010).

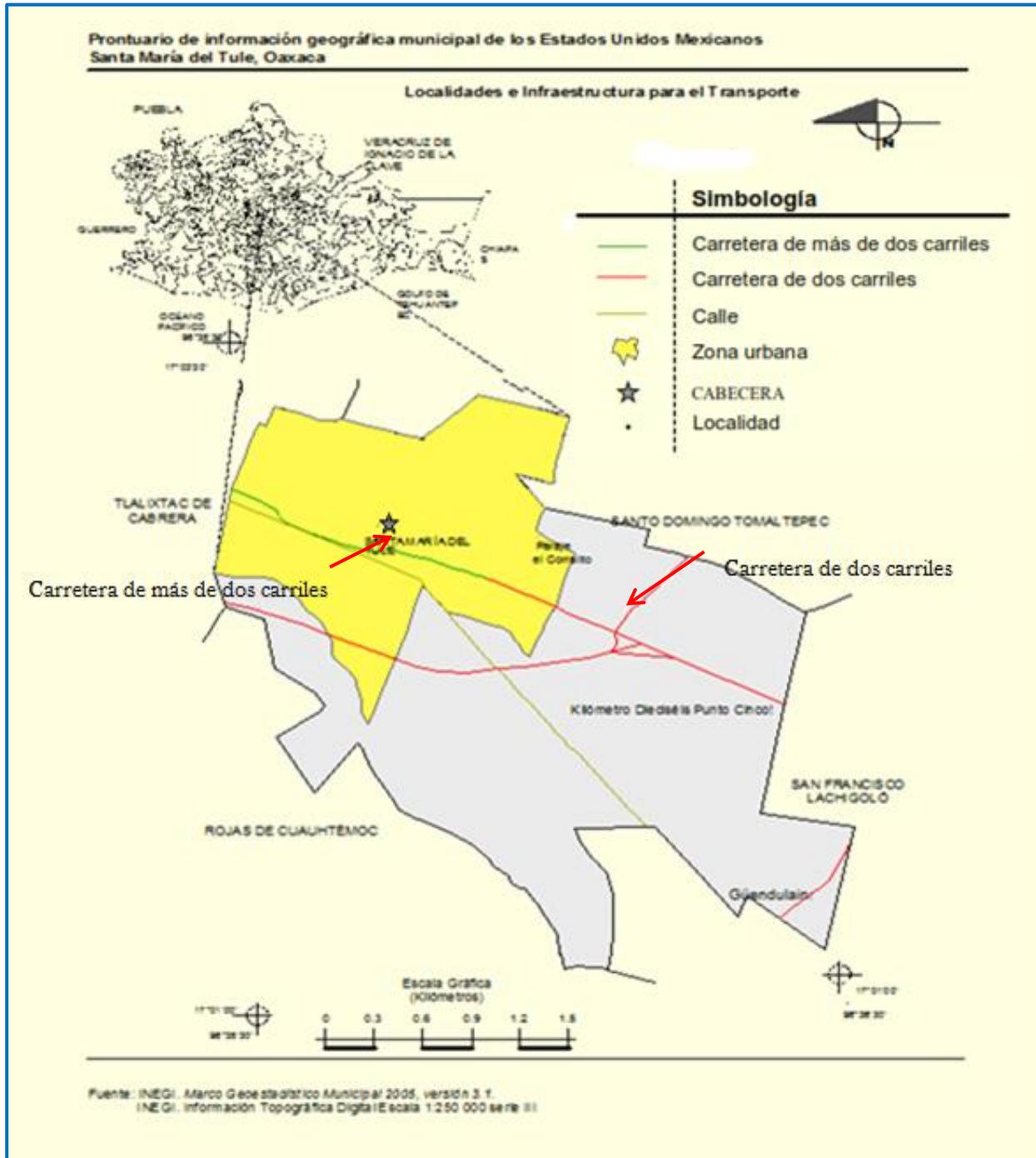


Figura I.7. Localidades e infraestructura para el transporte. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010).



### **I.8.- Demografía.**

Según los datos que arrojó el II Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) con fecha censal del 12 de junio de 2010, Santa María el Tule en el estado de Oaxaca contaba hasta ese año con un total de 9,030 habitantes, de dicha cantidad, 3,754 eran hombres y 5,276 eran mujeres. La edad media de los oaxaqueños se sitúa en 22 años, de un promedio nacional de 24. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010).

## CAPÍTULO II.- DATOS BÁSICOS DE DISEÑO.

Para la realización del estudio se establecieron los datos básicos de los servicios hidráulicos de Santa María el Tule, con la finalidad de determinar las condiciones de análisis requeridas.

### II.1.- Población actual, futura y horizonte de proyecto.

La población se determinó en base a la información del Consejo Nacional de Población (CONAPO), de donde se obtuvo la población al año 2005, la cual sirvió como base para realizar el siguiente análisis para determinar la Población de Proyecto.

La población de proyecto se define como la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del período de diseño de los servicios hidráulicos, la cual se puede estimar a partir de datos censales históricos, de las tasas de crecimiento, de los planes de desarrollo urbano y de sus características migratorias.

En el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en su capítulo Datos Básicos, se presentan los métodos más recomendados para la determinación de la población de proyecto. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009). Se describen a continuación dichos métodos.

- Método de tasa de crecimiento por comparación.

Consiste en comparar la tendencia del crecimiento histórico de la población estudiada contra el de otras poblaciones o ciudades con mayor número de habitantes, similares desde el punto de vista socioeconómico y adoptar la tasa media de crecimiento de ellas.

Para determinar la tasa de crecimiento de la población entre dos datos de censos se utiliza la ecuación 1.

$$i = \left[ \left( \frac{P_{i+1}}{P_i} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] 100 \quad \text{Ecuación 1.}$$

Dónde:

$i$ ; Tasa de crecimiento en el período  $t_i$ - $t_{i+1}$ .

$P_{i+1}$ ; Población en el año  $t_{i+1}$ , habitantes.

$P_i$ ; Población en el año  $t_i$ , habitantes.

$t$ ; Número de años entre la población  $P_{i+1}$  y la población  $P_i$ .

- Método de ajuste por mínimos cuadrados.

Este procedimiento consiste en calcular la población del proyecto a partir de un ajuste de resultados de los censos en años anteriores, a una recta o curva, de tal modo que los puntos pertenecientes a éstas, difieran lo menos posible de los datos observados.

Para determinar la población de proyecto será necesario considerar el modelo matemático (lineal, exponencial, logarítmico o potencial) que mejor represente el comportamiento de los datos de los censos históricos de población.

Otra forma de determinar la población de proyecto es ocupando las proyecciones de poblaciones al año 2050 elaboradas por la Consejo Nacional de Población (CONAPO); para la zona de estudio se realizó el respectivo análisis en el que se identificó que dichas proyecciones se comportan en forma decreciente para las poblaciones futuras.

Para la zona de estudio el método que se aplicó es el de la tasa de crecimiento por comparación, debido a que dentro de la información se encontraron datos de poblaciones de los años 1990, 1995, 2000, 2005 (Tabla II.1), los cuales son un número de datos poco representativos para poder aplicar algún otro método de proyección basado en censos de población. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

Tabla II.1. Población en los años 1990, 1995, 2000, 2005.

DATOS OFICIALES					
MUNICIPIO	ENTIDAD	POB_1990	POB_1995	POB_2000	POB_2005
Santa María del Tule	Oaxaca	6398	7182	7272	8259

(CONAPO, 2005).

Para aplicar el método de tasa de crecimiento se recopiló del Consejo Nacional de Población (CONAPO) la figura de tasa de crecimiento media anual a nivel estatal y municipal del estado de Oaxaca del año 1960 al año 2000 (de acuerdo al último censo) (Ver figura II.1).

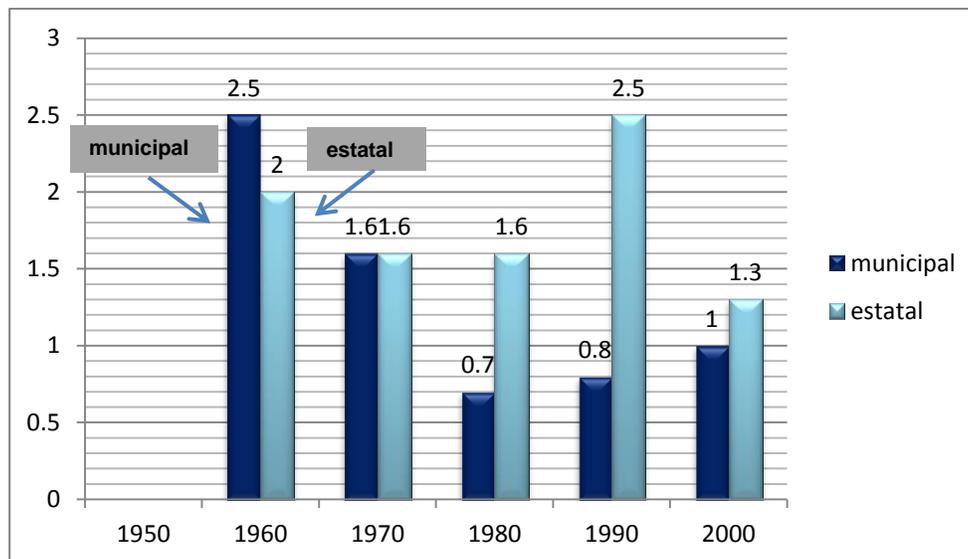


Figura II.1. Tasa de crecimiento media anual (porcentaje), estado de Oaxaca. Elaboración propia con base a (CONAPO, 2005).

En la figura II.1 se tiene el comportamiento de la tasa de crecimiento de la población a nivel estatal y municipal de un período de 40 años, observándose que a nivel municipal se presenta del año 1960 a 1980 un decrecimiento de la tasa de 2.5% a 0.7 % y posteriormente un incremento de 0.7 % a 1 %.

A partir del año 1980 en donde se presenta un incremento en el comportamiento de la tasa de crecimiento municipal se realizaron diferentes propuestas de proyección del comportamiento de la tasa de crecimiento al año 2040 (horizonte de proyecto propuesto por el Organismo Regional de la Cuenca del Pacífico Sur, CONAGUA del estado de Oaxaca), con la finalidad de determinar la tasa de crecimiento que más se ajuste a la población de 9,030 habitantes que se tienen al año 2010 de la localidad Santa María el Tule, Oaxaca.

La primera propuesta para determinar la tasa de crecimiento media anual municipal, fue tomando en cuenta el crecimiento que se presentó en el periodo del año 1980 al 1990 y continuar la proyección hasta el año 2040 obteniéndose aproximadamente una tasa de 1.4%. (Ver figura II.2).

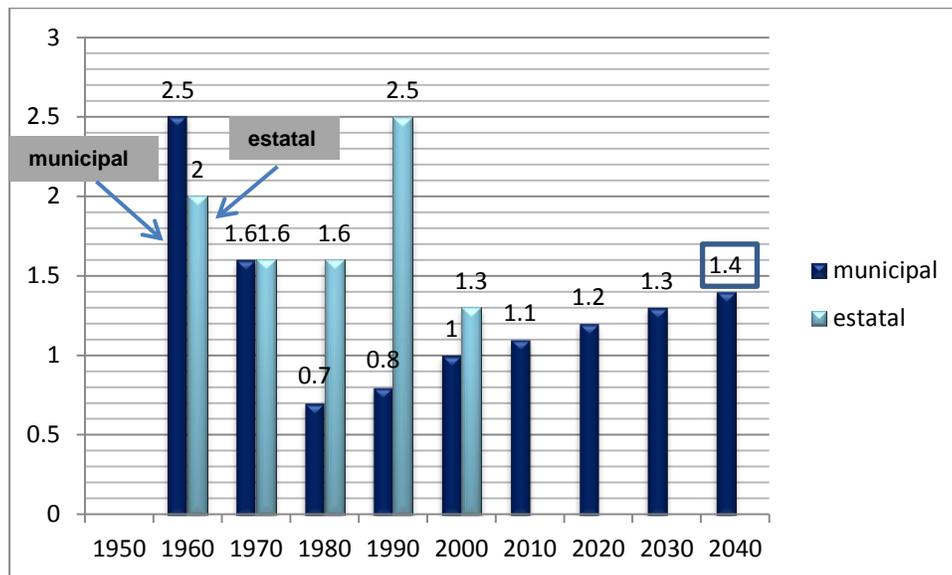


Figura II.2. Proyección de tasa de crecimiento media anual (1.4 %). Elaboración propia con base a (CONAPO, 2005).

La segunda propuesta para determinar la tasa de crecimiento media anual municipal, fue tomando en cuenta el crecimiento que se presentó en el periodo del año 1980 al 2000 y continuar la proyección hasta el año 2040 obteniéndose aproximadamente una tasa de 1.6%. (Ver figura II.3).

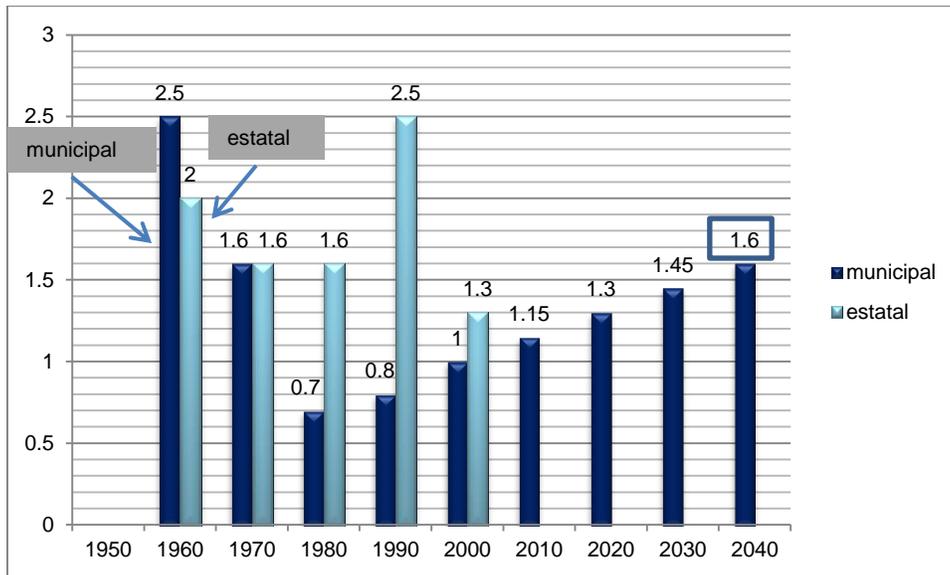


Figura II.3. Proyección de tasa de crecimiento media anual (1.6 %). Elaboración propia con base a (CONAPO, 2005).

La tercera propuesta para determinar la tasa de crecimiento media anual municipal, fue tomando en cuenta el crecimiento que se presentó en el periodo del año 1990 al 2000 y continuar la proyección hasta el año 2040 obteniéndose aproximadamente una tasa de 1.8%. (Ver figura II.4).

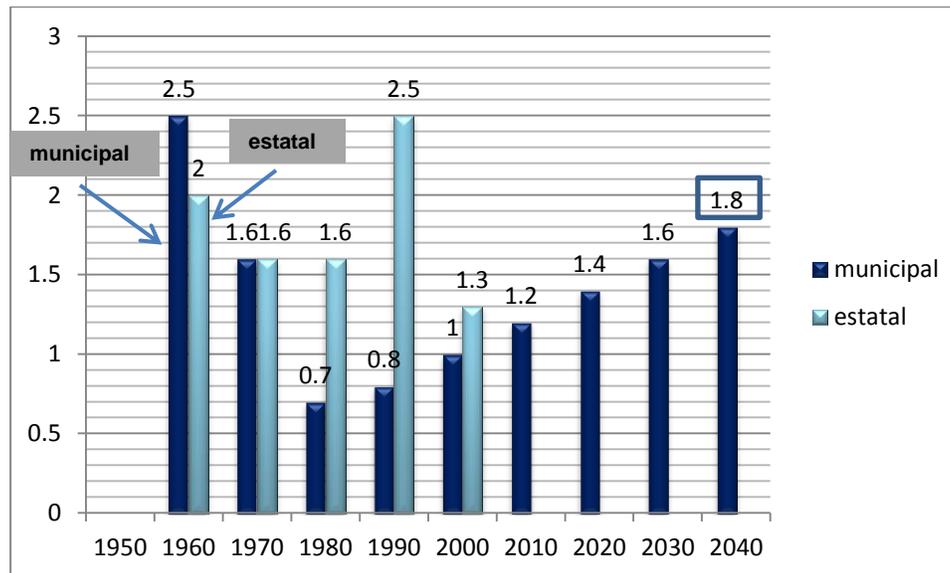


Figura II.4. Proyección de tasa de crecimiento media anual (1.8 %). Elaboración propia con base a (CONAPO, 2005).

Una vez que se revisaron y se analizaron las diferentes tasas de crecimiento se llega a la conclusión que la tasa de crecimiento representativa y que se aproxima a la de la población del 2010 es la de 1.8%. Aplicando la proyección de la tasa de crecimiento de 1.8% a la localidad, y tomando como base la población de 8,259 habitantes del 2005 se puede observar que la población al 2010 es muy semejante a la obtenida aplicando la tasa de crecimiento antes mencionada; así también se determinó la población al 2020, 2030 y 2040.

En la Tabla II.2, se aplicó la tasa de crecimiento medio anual (T.C.M.A.) del 1.8% para Santa María del Tule, dando los siguientes resultados para los años 2010, 2020, 2030 y 2040.

Tabla II.2. Comportamiento de la población de Santa María el Tule, con la tasa de crecimiento de 1.8%.

DATOS OFICIALES					DATOS DE PROYECTO			
tasa de Crecimiento Anual	Población 1990	Población 1995	Población 2000	Población 2005	Población 2010	Población 2020	Población 2030	Población 2040
1.8%	6398 Hab.	7182 Hab.	7272 Hab.	8259 hab.	9030 Hab.	10793 Hab.	12901 Hab.	15421 hab.

Elaboración propia con base a (CONAPO, 2005).

Para este estudio se considera que la población futura al año 2040 en Santa María del Tule con una tasa de crecimiento de 1.8% será de **15,421 hab.**

## II.2.- Datos básicos de servicios hidráulicos.

En este apartado se determinarán las demandas de los gastos actuales y futuros para la zona de estudio .

### II.2.1. Datos básicos de agua potable.

#### II.2.1.1.- Dotación.

La dotación asignada por los lineamientos técnicos de agua potable de las normas de la CONAGUA es de 150 l/hab/día, que es suficiente para cubrir los consumos de agua de la población, así como las fugas y desperdicios que se presenten en el sistema de distribución. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

#### II.2.1.2.- Determinación de Gastos actuales y futuros.

##### II.2.1.2.a.- Gastos de Diseño a condiciones actuales.

- Gastos medio Anual.

El gasto medio anual, se calculó con la siguiente expresión (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

$$\text{Gasto Medio Anual (Q med. A.)} = Pa * \text{Dot} / 86400 \quad \text{Ecuación 2.}$$

Dónde:

Pa= Población actual año 2010 (habitantes).

Dot = Dotación (lts/habitante/día).

86400 = No. de segundos que tiene un día.

Sustituyendo valores:

$$Q. \text{ medio Anual} = 9,030 * 150/86400 = 15.68 \text{ l.p.s.}$$

Finalmente los gastos máximo diario y máximo horario de la localidad se calcularon tomando en cuenta los coeficientes de variación diaria y horaria. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

Coeficiente de variación diaria ( $CV_d$ ): **1.40.**

Coeficiente de variación horaria ( $CV_h$ ): **1.55.**

$$\text{Gasto máximo diario} = Q. \text{ medio Anual} * \text{coef. Var. Diaria} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Sustituyendo valores:

$$Q. \text{ máx. diario} = 15.68 * 1.4 = 21.95 \text{ l.p.s.}$$

$$\text{Gasto máximo horario} = Q. \text{ máximo diario} * \text{coef. Var. Horaria} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Sustituyendo valores:

$$Q. \text{ máx. horario} = 21.95 * 1.55 = 34.02 \text{ l.p.s}$$

- Capacidad de regularización de demanda.

La capacidad de regularización de demanda se calculó con la siguiente expresión. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

$$\text{Capacidad de regularización de demanda (C)} = Q. \text{ máx. diario} * C.R. \quad \text{Ecuación 5.}$$

Dónde:

C = capacidad del tanque  $m^3$ .

C.R. = coeficiente de regularización el cual fue tomado de manual de datos básicos para un tiempo de regularización de 24 horas. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

Sustituyendo valores:

$$C = 21.95 * 11 = 242 \text{ m}^3$$

### II.2.1.2.b.- Gastos de Diseño a condiciones futuras.

- Gasto medio Anual.

El gasto medio anual se calculó con la ecuación 6. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

$$\text{Gasto Medio Anual (Q med. A.)} = Pf * \text{Dot} / 86400 \quad \text{Ecuación 6.}$$

Dónde:

Pf = población futura (habitantes).

Dot = Dotación (lts/habitante/día).

86400 = No. de segundos que tiene un día.

Sustituyendo valores:

$$\text{Q. medio Anual} = 15,421 * 150 / 86400 = 26.77 \text{ l.p.s.}$$

$$\text{Gasto máximo diario} = \text{Q. medio Anual} * \text{coef. Var. Diaria} \quad \text{Ecuación 7.}$$

Sustituyendo valores:

$$\text{Q. máx. diario} = 26.77 * 1.4 = 37.48 \text{ l.p.s.}$$

$$\text{Gasto máximo horario} = \text{Q. máximo diario} * \text{coef. Var. Horaria} \quad \text{Ecuación 8.}$$

Sustituyendo valores:

$$\text{Q. máx. horario} = 37.48 * 1.55 = 58.09 \text{ l.p.s}$$

Calculo de la capacidad de regularización de demanda.

La capacidad de regularización de demanda se calculó con la ecuación 9. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

$$\text{Capacidad de regularización de demanda (C)} = \text{Q. máx. diario} * \text{C.R.} \quad \text{Ecuación 9.}$$

Dónde:

C = capacidad del tanque m<sup>3</sup>.

C.R. = coeficiente de regularización.

Sustituyendo valores:

$$C = 37.48 * 11 = 413 \text{ m}^3$$

Finalmente los gastos máximo diario y máximo horario de la localidad se calcularon tomando en cuenta los coeficientes de variación diaria y horaria. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

Coeficiente de variación diaria (CV<sub>d</sub>): **1.40.**  
Coeficiente de variación horaria (CV<sub>h</sub>): **1.55.**

En la Tabla II.3 se muestran los datos básicos de agua potable de la localidad de Santa María del Tule Oaxaca, tales como poblaciones al año 2010 y 2040, dotación de proyecto, gasto medio anual, gasto máximo diario, gasto máximo horario, coeficiente de variación diaria, coeficiente de variación horaria, fuente de abastecimiento, obras de captación y capacidad de regularización.

Tabla II.3. Datos básicos de diseño de agua potable Santa María el Tule.

<b>TABLA RESUMEN DE LOS DATOS BÁSICOS DE AGUA POTABLE SANTA MARÍA EL TULE, OAXACA.</b>		
Población año 2005 (hab.)	8,559	
CONCEPTO	CONDICIONES (AÑO 2010)	CONDICIONES (AÑO 2040)
Población año 2010 (hab.)	9,030	15,421
Dotación de proyecto	150 lt/hab/día	
Gasto medio anual ( l.p.s)	15.68	26.77
Gasto máximo diario (l.p.s )	21.95	37.48
Gasto máx. horario ( l.p.s )	34.02	58.09
Coef. de variación diaria	1.4	1.4
Coef. de variación. horaria	1.55	1.55
Fuente de abastecimiento	Aguas Subterráneas	Aguas Subterráneas
Obras de captación	Pozo I (El Arenal) Pozo II Pozo III	Pozos Profundos
Capacidad de regularización demandada( m <sup>3</sup> )	242	413

(Elaboración propia, 2013).

## II.2.2.- Datos básicos de Alcantarillado Sanitario.

### II.2.2.1.- Aportación.

De acuerdo a los criterios de las normas de CONAGUA la Aportación se considera como el 80% de la Dotación. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

$$\text{Aportación} = 150 \text{ l/hab./día} \times 80\% = 120 \text{ l/hab./día}$$

### II.2.2.2.- Gastos de Diseño.

### II.2.2.2.a.- Gastos de Diseño a condiciones actuales.

- Gasto medio Anual.

El gasto medio anual se calculó con la ecuación 10. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

$$\text{Gasto Medio Anual (Q med. A.)} = Pa * \text{Aport.} / 86400 \quad \text{Ecuación 10.}$$

Dónde:

Pa = Población actual = 9,030 hab.

Aport. = Aportación = 120 l/hab/día.

86400 = No. de segundos que tiene un día.

Sustituyendo valores:

$$\text{Q. medio Anual} = 9,030 * 120/86400 = 12.54 \text{ l.p.s.}$$

- Gasto mínimo.

El gasto mínimo se calculó con la ecuación 11. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

$$\text{Gasto Mínimo (Q mín.)} = \text{Q med. anual} / 2 \quad \text{Ecuación 11.}$$

Sustituyendo valores:

$$\text{Q. mín.} = 12.54 / 2 = 6.27 \text{ l.p.s.}$$

- Gasto máximo instantáneo.

El gasto máximo instantáneo se calculó con la ecuación 12. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

$$\text{Gasto Máx. Inst. (Q máx. Inst.)} = \text{Q med. anual} * M \quad \text{Ecuación 12.}$$

Dónde:

M (Harmon), coeficiente de variación máxima instantánea =  $1 + (14 / (4 + \sqrt{P}))$ .

P = Población (miles de habitantes).

El gasto máximo también es llamado gasto máximo instantáneo el cual se calcula afectando con el coeficiente M (Harmon) al gasto medio anual.

Donde P es la población servida acumulada hasta el punto final (aguas abajo) del tramo de tubería considerada, en miles de habitantes.

Este coeficiente de variación máxima instantánea, se aplica considerando que:

Para poblaciones de hasta 1000 habitantes se considera el factor de 3.80.  
Para poblaciones mayores de 63 454 habitantes se aplica el factor de 2.17.  
Para poblaciones mayores a 1000 habitantes y menores 63 454 habitantes se aplica la fórmula de Harmon. (Araceli, Sánchez Segura, 2001).

Sustituyendo valores:

$$M = 1 + (14 / (4 + \sqrt{9.03})) = 3.00$$

$$\text{Gasto Máx. Inst. (Q máx. Inst.)} = 12.54 \times 3.00 = 37.62 \text{ l.p.s.}$$

- Gasto máximo extraordinario.

El gasto máximo extraordinario se calculó con la ecuación 13. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

$$\text{Gasto Máx. Extraordinario. (Q máx. Extra.)} = \text{Q máx. inst.} \times \text{C.S.} \quad \text{Ecuación 13.}$$

Dónde:

C.S. = Coeficiente de Seguridad previendo la entrada de agua pluvial es igual a 1.5.

Sustituyendo valores:

$$\text{Gasto Máx. Extraordinario.} = 37.62 \times 1.50 = 56.43 \text{ l.p.s.}$$

II.2.2.2.b.- Gastos de Diseño a condiciones futuras.

- Gasto medio Anual.

El gasto medio anual se calculó con la ecuación 14. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

$$\text{Gasto Medio Anual (Q med. A.)} = \text{Población} \times \text{Aport.} / 86400 \quad \text{Ecuación 14.}$$

Dónde:

Aport. = aportación, l/hab/día.

86400 = No. de segundos que tiene un día.

Sustituyendo valores:

$$\text{Q. medio Anual} = 15,421 \times 120 / 86400 = 21.41 \text{ l.p.s.}$$

- Gasto mínimo.

El gasto mínimo se calculó con la ecuación 15. (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

$$\text{Gasto M\u00ednimo (Q m\u00edn.)} = \text{Q med. anual} / 2$$

Ecuaci\u00f3n 15.

Sustituyendo valores:

$$\text{Q. m\u00edn.} = 21.41 / 2 = 10.71 \text{ l.p.s.}$$

- Gasto m\u00e1ximo instant\u00e1neo.

El gasto m\u00e1ximo instant\u00e1neo se calcul\u00f3 con la ecuaci\u00f3n 16. (Comisi\u00f3n Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

$$\text{Gasto M\u00e1x. Inst. (Q m\u00e1x. Inst.)} = \text{Q med. anual} \times M$$

Ecuaci\u00f3n 16.

D\u00f3nde:

$$M (\text{Harmon}) = 1 + (14 / (4 + \sqrt{P})).$$

P = Poblaci\u00f3n (miles de habitantes).

Sustituyendo valores:

$$M = 1 + (14 / (4 + \sqrt{15.421})) = 2.77$$

$$\text{Gasto M\u00e1x. Inst. (Q m\u00e1x. Inst.)} = 21.41 \times 2.77 = 59.30 \text{ l.p.s.}$$

- Gasto m\u00e1ximo extraordinario.

El gasto m\u00e1ximo extraordinario se calcul\u00f3 con la ecuaci\u00f3n 17. (Comisi\u00f3n Nacional del Agua (CONAGUA), 2009).

$$\text{Gasto M\u00e1x. Extraordinario. (Q m\u00e1x. Extra.)} = \text{Q m\u00e1x. inst.} \times \text{C.S.}$$

Ecuaci\u00f3n 17.

D\u00f3nde:

C.S. = Coeficiente de Seguridad previendo la entrada de agua pluvial es iguala a 1.5

Sustituyendo valores:

$$\text{Gasto M\u00e1x. Extraordinario} = 59.30 \times 1.50 = 88.95 \text{ l.p.s.}$$

En la tabla II.4. se muestran los datos b\u00e1sicos de alcantarillado sanitario de la localidad de Santa Mar\u00eda el Tule Oaxaca: poblaciones al a\u00f1o 2010 y 2040, dotaci\u00f3n, aportaci\u00f3n de proyecto, gasto m\u00ednimo, gasto medio anual, gasto m\u00e1ximo instant\u00e1neo, gasto m\u00e1ximo extraordinario, coeficiente de Harmon, coeficiente de seguridad, sistema de eliminaci\u00f3n y naturaleza de vertido.

Tabla II.4. Datos básicos de alcantarillado sanitario.

<b>TABLA RESUMEN DE LOS DATOS BÁSICOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO SANTA MARÍA EL TULE, OAXACA.</b>		
POBLACION AÑO 2005 (Hab.)	8,559	
CONCEPTO	CONDICIONES (AÑO 2010)	CONDICIONES (AÑO 2040)
Población año 2010 (hab.)	9,030	15,421
Dotación de proyecto	150 lt/hab./día	
Aportación de proyecto	120 lt/hab./día	
Gasto mínimo ( l.p.s)	6.27	10.71
Gasto medio anual ( l.p.s)	12.54	21.41
Gasto máximo instantáneo (l.p.s )	37.62	59.30
Gasto máx. extraordinario ( l.p.s )	56.43	88.95
Coef. de Harmon (M)	3.00	2.77
Coef. de seguridad (C.S.)	1.50	1.50
Naturaleza del sitio de vertido	Planta de Tratamiento (Proyecto)	
Sistema de eliminación	Gravedad.	

(Elaboración propia, 2013).

## **CAPÍTULO III.- SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS.**

### **III.1.- Descripción de la situación actual de los servicios hidráulicos.**

La descripción de los servicios hidráulicos: sistema de agua potable y alcantarillado sanitario se hace a partir de la información recopilada en el Organismo de Cuenca Pacífico Sur, cabe mencionar que dicha información es del año 2010 y a la fecha no ha cambiado.

#### **III.1.1.- Fuentes de abastecimiento y obras de captación.**

##### **III.1.1.a.- Pozo I.**

Para esta obra de captación la fuente de abastecimiento consiste en agua subterránea perteneciente al acuífero de la cuenca del Rio Salado, la profundidad del pozo es de aproximadamente 70 m, se encuentra equipado con una bomba tipo vertical marca Impel de 10 caballos de fuerza (HP), el diámetro de la succión es de 100 mm (4") y el diámetro de la descarga es de 75 mm (3"), el equipo normalmente opera 12 horas al día, en un horario de 6:00 a 18:00 horas, para el suministro y operación de la energía se cuenta con una caseta de control y un transformador de 20 KVA, que se localizan a un costado de la obra de captación.

La caseta de control alberga el tablero de control y el sistema de cloración, el cual está compuesto por un tambo de plástico de 200 litros que contiene cloro líquido y dosificador, este se conecta a través de una manguera de aproximadamente (1/2") de PVC al inicio de la descarga del pozo.

El gasto de extracción es de 4.50 l.p.s. (obtenido del medidor de gasto localizado a la salida del pozo) este gasto abastece de agua potable al tanque elevado No. 1 de 50 m<sup>3</sup> de capacidad y 20 m de altura. El agua proveniente del pozo cuenta con un proceso de cloración.

La obra de captación (pozo) se ubica en la calle El Arenal casi esquina con callejón Nacional en las coordenadas 17°03.092' N, 096°37.961' W y 1576 m.s.n.m. (Ver figura III.1 y figura III.2). (Google earth, 2010).



Figura III.1. Localización del pozo 1. (Google earth, 2010).



Figura III.2. Pozo 1. (Organismo de Cuenca Pacífico Sur, 2010).

### III.1.1.b.- Pozo II.

Para esta obra de captación la fuente de abastecimiento son aguas subterráneas; la profundidad del pozo es de 70 m, está equipado con una bomba de 10 HP, la cual trabaja un promedio de 12 horas, la descarga es de 75 mm (3") de diámetro; asimismo, cuenta con un transformador de 15 KVA.

El gasto de extracción es de 2.50 l.p.s., este gasto abastece de agua potable al tanque elevado No. 2 de 25 m<sup>3</sup> de capacidad con 15 m de altura. El agua proveniente de este pozo no cuenta con un proceso de cloración.

La ubicación de esta obra de captación es en la calle Camino Nacional con calle de la Camino de la Raya en las coordenadas 17°02.830' N, 96°37.745' W y 1570 m.s.n.m. (Ver figura III.3 y figura III.4). (Google earth, 2010).



Figura III.3. Localización del pozo II. (Google earth, 2010).



Figura III.4. Pozo II. (Organismo de Cuenca Pacífico Sur, 2010).

### III.1.1.c.- Pozo III.

Para esta obra de captación la fuente de abastecimiento consiste en agua subterránea; la profundidad del pozo es de 70 m, está equipado con una bomba de 10 HP, la cual trabaja un promedio de 12 horas, la descarga es de 100 mm (4") de diámetro; cuenta con un transformador de 20 KVA.

El gasto de extracción es de 5.50 l.p.s., este gasto abastece de agua potable a los tanques elevados No. 3 y No. 4 de 50 m<sup>3</sup> de capacidad y 20 m de altura cada uno. El agua proveniente de este pozo no cuenta con un proceso de cloración.

La ubicación de esta obra de captación es en el camino que va a Rojas de Cuauhtémoc casi esquina con la Carretera Transísmica a la altura del Río Salado en las coordenadas 17°02.090' N, 96°37.951' W y 1558 m.s.n.m. (Ver figura III.5 y figura III.6.) (Google earth, 2010).



Figura III.5. Localización del pozo III. (Google earth, 2010).



Figura III.6. Pozo III. (Organismo de Cuenca Pacifico Sur, 2010).

### III.1.2.- Líneas de conducción.

#### III.1.2.a.- Línea de conducción Pozo I-Tanque elevado No. 1 de 50.00 m<sup>3</sup>.

Esta línea de conducción abastece de agua potable al tanque elevado No.1 de 50 m<sup>3</sup>, con una tubería de 75 mm (3") de diámetro de PVC de aproximadamente 140 m de longitud, la ubicación de la línea de conducción es sobre Calle el Arenal casi esquina con Callejón Nacional, el funcionamiento hidráulico de ésta línea de conducción es por bombeo ya que el desnivel entre el pozo y el tanque elevado a nivel superficie libre del agua es de 13.0 m ( $1,576.00 - 1,589.00 = 13.0$  m) y el gasto que bombea es de 4.50 l.p.s. (Ver figura III.7).



Figura III.7. Localización línea de conducción Pozo I-Tanque elevado No. 1. (Google earth, 2010).

### III.1.2.b.- Línea de conducción Pozo II-Tanque elevado No. 2 de 25 m<sup>3</sup>.

Esta línea de conducción abastece de agua potable al tanque elevado No. 2, con una tubería de 75 mm (3") de diámetro de PVC de aproximadamente 190 m de longitud, la ubicación de la línea de conducción es sobre Av. Camino Nacional el funcionamiento hidráulico de ésta línea de conducción es por bombeo ya que el desnivel entre el pozo y el tanque elevado a nivel superficie libre del agua es de 16.0 m ( $1,570.00 - 1,586.00 = 16.0$  m) y el gasto que bombea es de 2.50 l.p.s. (Ver figura III.8).

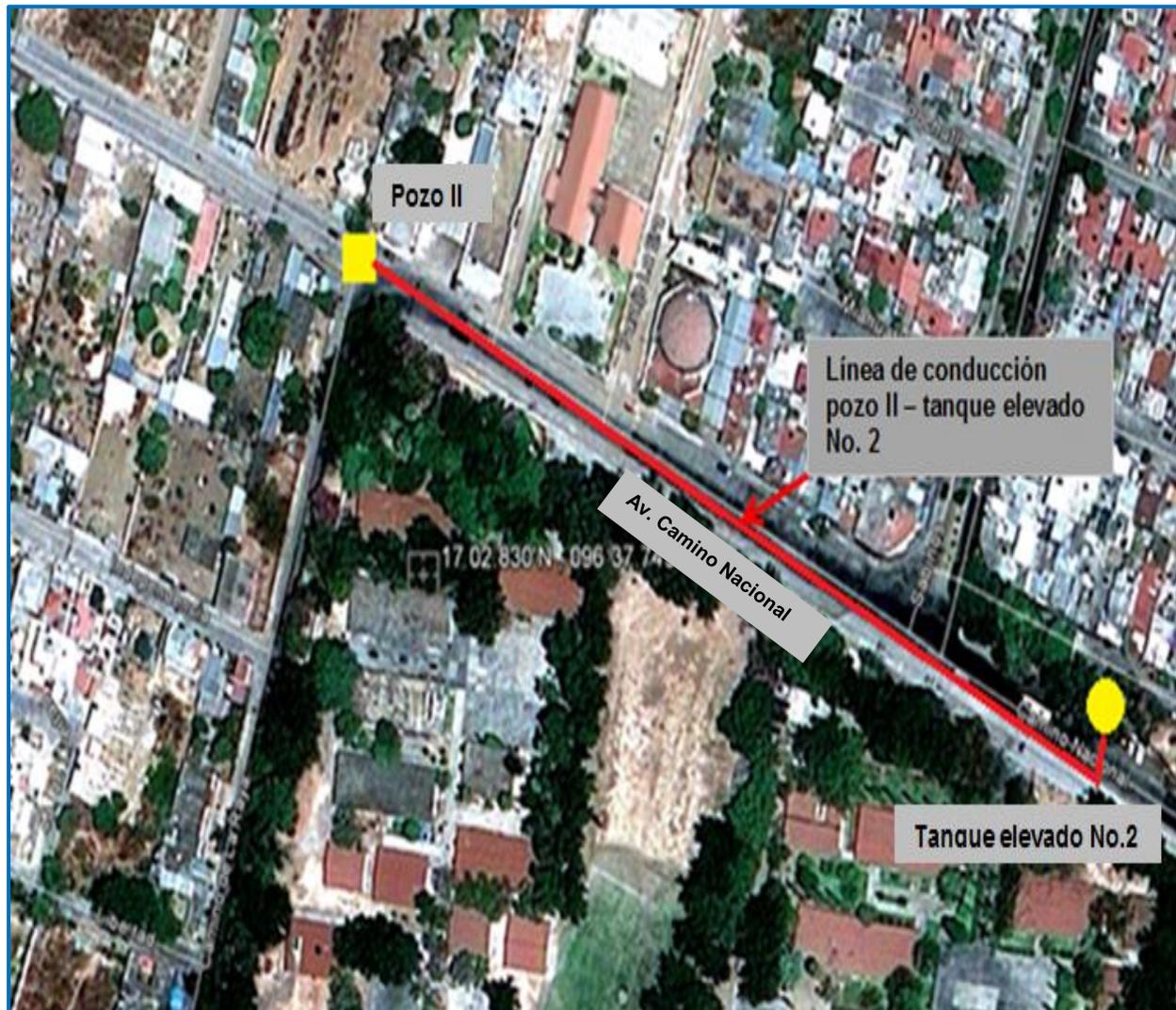


Figura III.8. Localización línea de conducción Pozo II-Tanque elevado No. 2. (Google earth, 2010).

### III.1.2.c.- Línea de conducción Pozo III-Tanque elevado No. 3 de 50.00 m<sup>3</sup>.

Esta línea de conducción abastece de agua potable al tanque elevado No.3 , con una tubería de 100 mm (4") de diámetro de PVC de aproximadamente 2160 m de longitud, la ubicación de esta línea de conducción es sobre Av. Los Sabinos, el funcionamiento

hidráulico de ésta línea de conducción es por bombeo ya que el desnivel entre el pozo y el tanque elevado a nivel superficie libre del agua es de 37.0 m ( $1,558.00 - 1,595.00 = 37.0$  m) y el gasto que bombea es de 3.00 l.p.s; (ver figura III.9).



Figura III.9. Localización línea de conducción Pozo III-Tanque elevado No. 3. (Google earth, 2010).

#### III.1.2.d.- Línea de conducción Pozo III-Tanque elevado No.4 de 50.00 m<sup>3</sup>.

Esta línea de conducción abastece de agua potable al tanque elevado No.3 , con una tubería de 100 mm (4") de diámetro de PVC de aproximadamente 2700 m. de longitud, la ubicación de esta línea de conducción es sobre Av. Los Sabinos casi esquina con Camino de la Piedra Amarilla, el funcionamiento hidráulico de ésta línea de conducción es por bombeo ya que el desnivel entre el pozo y el tanque elevado a nivel superficie libre del agua es de 38.0 m ( $1,558.00 - 1596.00 = 38.0$  m) y el gasto que bombea es de 2.50 l.p.s. (Ver figura III.10).

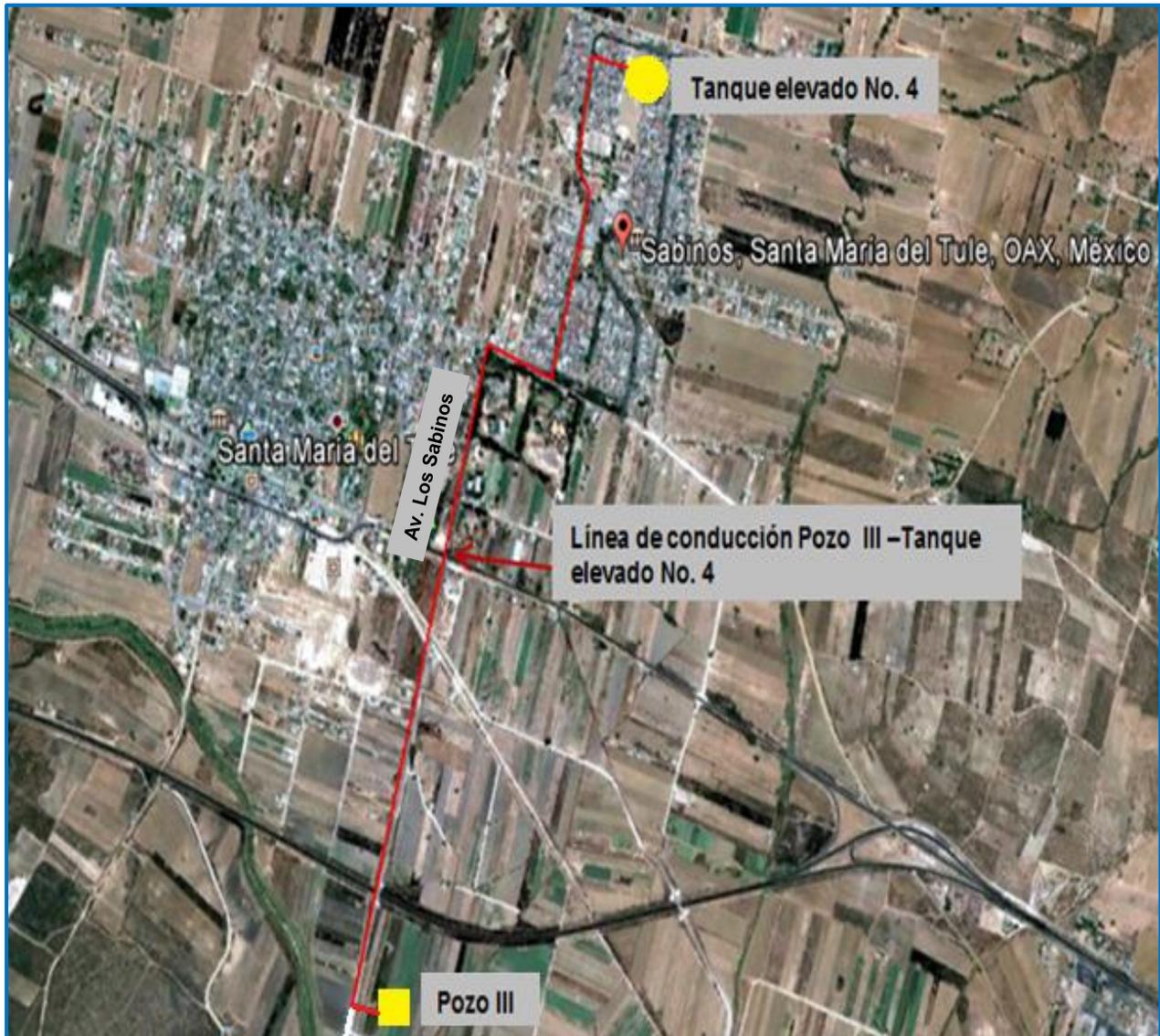


Figura III.10. Localización línea de conducción Pozo III-Tanque elevado No. 4. (Google earth, 2010).

### III.1.3.- Tanques de regularización.

#### III.1.3.a.- Tanque de regularización elevado No.1.

Este tanque con capacidad de regularización de 50 m<sup>3</sup> y una altura de torre de 20.0 m, es abastecido con un gasto de 4.50 l.p.s. provenientes del pozo No.1, por medio de una tubería de 75 mm (3") de diámetro de P.V.C; la salida del tanque es a través de una tubería de 100 mm (4") de fierro galvanizado (fo.go.).

La ubicación de este tanque es en la Calle El Arenal esquina con callejón Nacional en las coordenadas 17°03.786' N, 96°37.5879' W y 1569 m.s.n.m. (Ver figura III.11 y figura III.12). (Google earth, 2010).



Figura III.11. Localización del tanque de regularización No. 1. (Google earth, 2010).



Figura III.12. Tanque No.1. (Organismo de Cuenca Pacífico Sur, 2010).

### III.1.3.b.- Tanque de regularización elevado No. 2.

Este tanque con capacidad de regularización de 25 m<sup>3</sup> y una altura de torre de 15.0 m, es abastecido con un gasto de 2.50 l.p.s. provenientes del pozo No. 2, por medio de una tubería de 75 mm (3") de diámetro de P.V.C; la salida del tanque es a través de una tubería de 100 mm (4") de fierro galvanizado (fo.go.).

La ubicación de este tanque es sobre la Calle Camino Nacional esquina con Av. Los Sabinos en las coordenadas 17°02.4753' N, 96°37.3723' W y 1571 m.s.n.m. (Ver figura III.13 y figura III.14). (Google earth, 2010).



Figura III.13. Localización del tanque de regularización No. 2. (Google earth, 2010).



Figura III.14. Tanque No. 2. (Organismo de Cuenca Pacífico Sur, 2010).

### III.1.3.c.- Tanque de regularización elevado No. 3.

Este tanque con capacidad de regularización de 50 m<sup>3</sup> y una altura de torre de 20.0 m, es abastecido con un gasto de 3.00 l.p.s. provenientes del pozo No.3, por medio de una tubería de 100 mm (4") de diámetro de P.V.C; la salida del tanque es una tubería de 100 mm (4") de fierro galvanizado (fo.go.).

La ubicación de este tanque es sobre la Av. Los Sabinos esquina con calle Sola de Vega en las coordenadas 17°02.5842' N, 96°37.3440' W y 1575 m.s.n.m. (Ver figura III.15 y figura III.16. (Google earth, 2010).

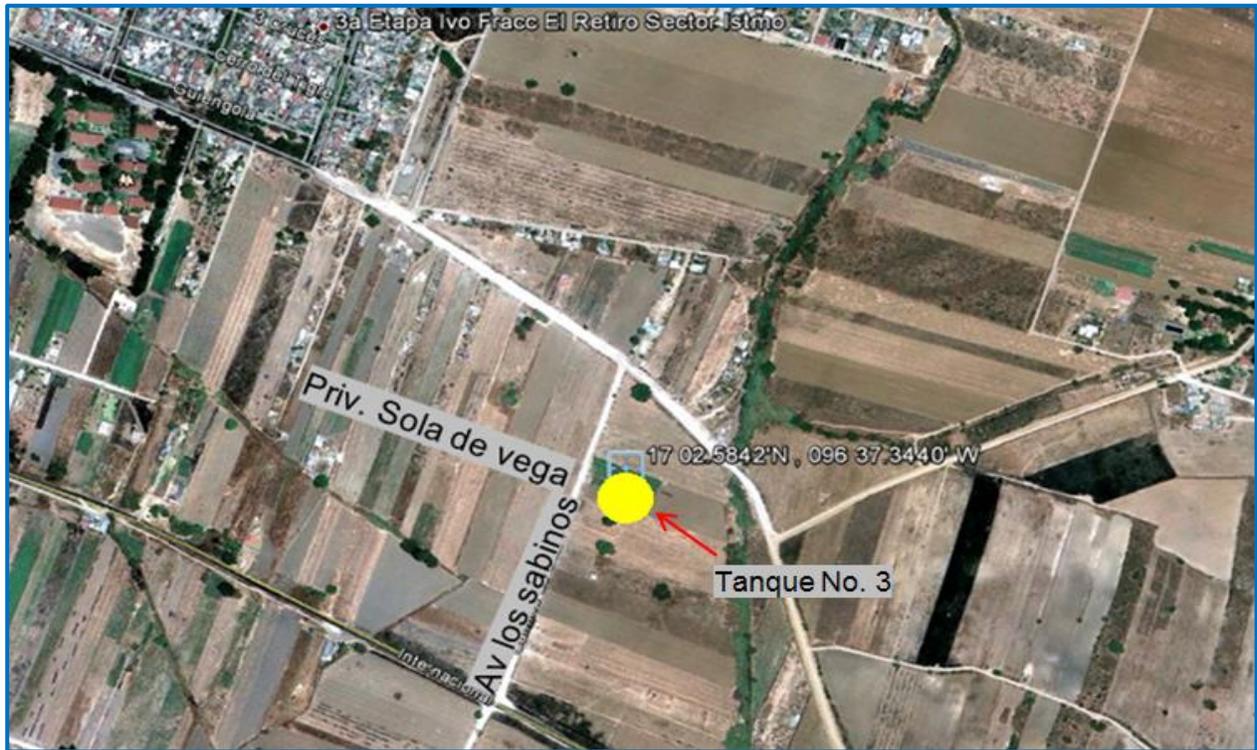


Figura III.15. Localización del tanque de regularización No. 3. (Google earth, 2010).



Figura III.16. Tanque No. 3. (Organismo de Cuenca Pacífico Sur, 2010).

### III.1.3.d.- Tanque de regularización elevado No. 4.

Este tanque con capacidad de regularización de 50 m<sup>3</sup> y una altura de torre de 20.0 m, es abastecido con un gasto de 2.50 l.p.s. provenientes del pozo No. 3, por medio de una tubería de 75 mm (3") de diámetro de P.V.C; la salida del tanque es a través de una tubería de 100 mm (4") de fierro galvanizado (fo.go.).

La ubicación de este tanque es sobre la Calle La Plazuela esquina con calle Tepalcates en las coordenadas 17°03.1102' N, 96°37.2866' W y 1576 m.s.n.m. (Ver figura III.17 y figura III.18). (Google earth, 2010).

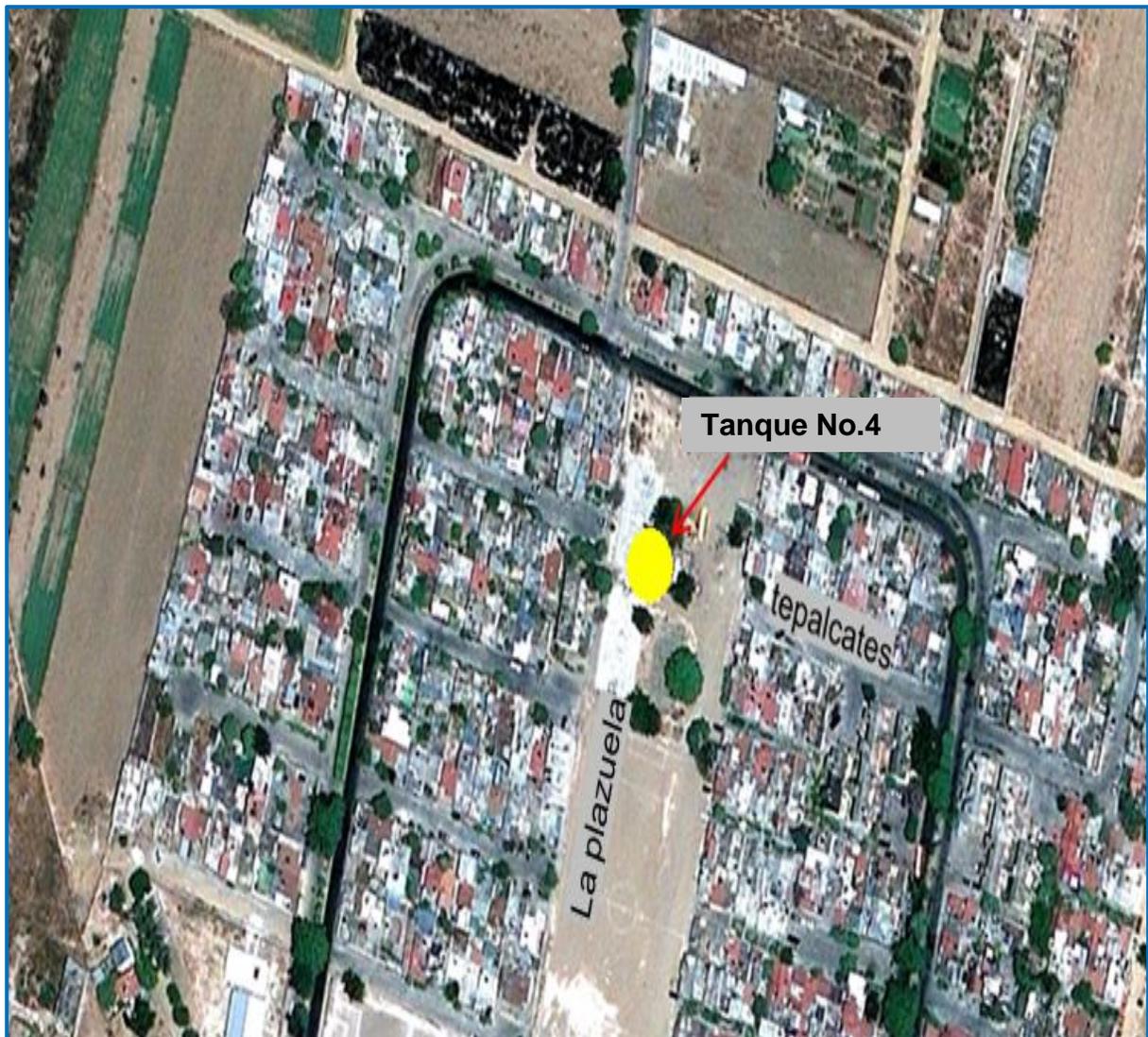


Figura III.17. Localización del tanque de regularización No. 4. (Google earth, 2010).



Figura III.18. Tanque No. 4. (Organismo de Cuenca Pacífico Sur, 2010).

#### III.1.4.- Red de distribución de agua potable.

La red de distribución de agua potable se alimenta de cuatro tanques, descritos anteriormente.

El desnivel topográfico que se tiene en el centro poblacional entre el punto más alto y el más bajo es de 27 m, por lo que en la red de distribución solo existe una zona de presión.

Actualmente la red de distribución opera a base de sectorizaciones que se logra haciendo cierres de válvulas.

El levantamiento de la red de distribución se llevó a cabo haciendo un registro en campo de las cajas de operación de válvulas que se pudieron observar, algunas de éstas se encontraron selladas y otras azolvadas, por lo que fue difícil lograr armar el plano de la red; sin embargo, en el plano de la situación actual se indicó la cobertura en forma porcentual de servicio con base a tandeos horarios y diarios. Ver anexo 1. "Plano del sistema actual de abastecimiento de agua potable".

En la tabla III. 1. se resume la infraestructura del sistema actual de agua potable, indicando también la demanda a condiciones del año 2010.

Tabla III. 1. Sistema actual de abastecimiento de agua potable.

<b>SISTEMA ACTUAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.</b>		
<b>CONCEPTO</b>	<b>CONDICIONES DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA (AÑO 2010)</b>	<b>REQUERIMIENTOS A SITUACIÓN (2010)</b>
Población año 2010 (hab.)	9,030	
Dotación de proyecto	150 lt/hab./día	
Gasto medio anual ( l.p.s)	--	26.77
Gasto máximo diario ( l.p.s)	12.50	37.48
Gasto máximo horario ( l.p.s)	--	58.09
Coef. de variación diario	--	1.4
Coef. de variación horaria	--	1.55
Fuente de abastecimiento	AGUAS SUBTERRÁNEAS	
Obras de captación	1. Pozo I 2. Pozo II 3. Pozo III	1. Pozo I 2. Pozo II 3. Pozo III 4. Pozos profundos de proyecto
Capacidad de regularización (m <sup>3</sup> )	175	242

(Elaboración propia, 2013).

### III.1.5.- Red de atarjeas y colectores.

La red de alcantarillado sanitario desaloja las aguas residuales de la población a través de un sistema de atarjeas y colectores.

De acuerdo a la información recopilada en el Organismo de Cuenca Pacifico Sur no se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, solo existen tramos aislados que descargan libremente.

### III.1.6.- Emisor sanitario y planta de tratamiento.

La población no cuenta con Emisor Sanitario ni Planta de Tratamiento, por lo que el agua residual proveniente de la red de atarjeas y colectores de la población descargan libremente a los cauces superficiales. Ver anexo 3 “Sistema actual de alcantarillado sanitario”.

## **CAPÍTULO IV.- PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS.**

### **IV.1.- Fuentes de abastecimiento y obras de captación.**

En términos generales las acciones tanto a solución actual como a futura, están basadas en el siguiente criterio:

Toda la infraestructura existente se seguirá aprovechando y se rehabilitará con la finalidad de que siga operando como hasta la fecha, para cubrir la demanda actual ya sea en forma parcial ó total (durante un periodo de 5 a 8 años), finalmente se cancelarán para dar paso a las obras nuevas que cubrirán las demandas futuras al año 2040.

La oferta actual de agua potable de los pozos profundos existentes es:

1.-Pozo I (El Arenal)	4.50 l.p.s.
2.- Pozo II	2.50 l.p.s.
3.- Pozo III	5.50 l.p.s.
<hr/>	
Oferta Total	12.50 l.p.s.

Mientras que la demanda actual de agua potable de los 9,030 habitantes asentados en la zona urbana de la Cabecera Municipal es de 21.95 l.p.s., presentándose un déficit de 9.45 l.p.s (21.95 - 12.50) (Ver tabla II.3 pág. 17).

La demanda al año 2040 para 15,421 habitantes asentados en la zona urbana de la Cabecera Municipal es de 37.48 l.p.s., presentándose un déficit de 24.98 l.p.s (37.48 - 12.50). (Ver tabla II.3 pag. 17).

Los tres pozos existentes llevan cierto tiempo operando y ofertan un caudal bajo, por lo que en un principio seguirán operando como hasta la fecha, pero habrá la necesidad de reequiparlos para que sigan operando (se estima un periodo de 5 a 8 años) posteriormente se cancelarán para dar paso a la obra nueva, consistente en la perforación de dos pozos profundos para el nuevo sistema de agua potable que cubrirá tanto las demandas actuales como futuras.

#### **IV.1.2.- Líneas de conducción.**

Actualmente las líneas de conducción existentes, se encuentran en mal estado ya que las tuberías presentan fisuras teniendo fugas de agua potable, además que por éstas no pasará más gasto del que actualmente conduce, es decir, no conducirá el gasto de las obras de captación nuevas, por lo cual no habrá necesidad de aumentar el diámetro de las líneas y se seguirán utilizando hasta que la vida útil de la tubería culmine.

#### IV.1.3.- Tanques de regularización.

La capacidad de regularización actual de los tanques existentes es:

1.- Tanque elevado de regularización No.1	50 m <sup>3</sup>
2.- Tanque elevado de regularización No.2.	25 m <sup>3</sup>
3.- Tanque elevado de regularización No.3.	50 m <sup>3</sup>
4.- Tanque elevado de regularización No.4	50 m <sup>3</sup>
<hr/>	
Capacidad de Regularización Total	175 m <sup>3</sup>

La capacidad de regularización actual demandada para los 9,030 habitantes asentados en la zona urbana de la Cabecera Municipal es de 242m<sup>3</sup>, presentándose un déficit de 67m<sup>3</sup> (175 - 242).

La capacidad de regularización demandada al año 2040 para 15,421 habitantes asentados en la zona urbana de la Cabecera Municipal es de 413 m<sup>3</sup>, presentándose un déficit de 238 m<sup>3</sup> (175 - 413).

Se observa que hay un déficit tanto a condiciones actuales como futuras, sin embargo el área de influencia actual y de futuro crecimiento no queda cubierta con los tanques existentes, por lo que es necesario la construcción de un nuevo tanque de regularización superficial con capacidad de 250 m<sup>3</sup> ubicado topográficamente por lo menos 10 m de la zona más alta de futuro crecimiento. Ver anexo 2.- “Plano de planteamiento de solución para el sistema de abastecimiento de agua potable en condiciones futuras” .

#### IV.1.4.- Red de distribución de agua potable.

La red de distribución de agua potable se alimenta por cuatro tanques elevados, por lo que se recomienda que su operación se mantenga como hasta la fecha, y solamente se hará su reforzamiento con tuberías nuevas con diámetros acordes a la demanda futura al año 2040.

#### IV.1.5.- Red de atarjeas y colectores.

Tomando en cuenta el estado de conservación de la red de alcantarillado sanitario, se recomienda se mantenga su operación como hasta la fecha, y solamente se haga un reforzamiento con tuberías que funcionen como colectores y subcolectores, con la finalidad de que el desalojo de las aguas residuales de la demanda futura al año 2040, se pueda llevar a cabo sin ningún problema.

En términos generales las acciones tanto a situación actual como a futura, están basadas en el siguiente criterio:

Toda la infraestructura existente se seguirá aprovechando y se rehabilitará con la finalidad de que siga operando como hasta la fecha, para cubrir la demanda actual ya sea en forma parcial o total (durante un periodo de 5 a 8 años), finalmente se cancelarán a excepción de la infraestructura de la red de atarjeas, para dar paso a las obras nuevas que cubrirán las demandas futuras al año 2040.

#### IV.1.6.- Emisor sanitario.

El gasto máximo extraordinario que actualmente aportan los 9,030 habitantes asentados en la zona urbana de la Cabecera Municipal al emisor sanitario es de 56.43 l.p.s.

El gasto máximo extraordinario que aportarán al año 2040 los 15,241 habitantes en la zona urbana de la Cabecera Municipal al emisor sanitario será de 88.95 l.p.s.

Para el desalojo de las aguas residuales es necesario la construcción de un emisor, con tubería de concreto de 45 cm y una pendiente de 1.2 milésimos para una capacidad de aproximadamente 95 l.p.s.

#### IV.2.- Costo de inversión para las acciones futuras.

Como parte de la solución integral del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado al año 2040, se cuantificó y se determinó el costo de obra de cada parte que integran los sistemas.

Los importes de cada una de las partes del sistema de agua potable y alcantarillado, se obtuvieron tomando en cuenta los costos índices (costo con concepto completo), que se calcularon basados en el catálogo de obra de la CONAGUA año 2009, al que se le aplicó un factor de actualización (incremento de 10% anual). Los costos índices que se analizaron fueron:

- Perforación de pozos profundos (Incluye equipamiento, piezas especiales y caseta de operación y cloración)
- Tuberías de Fibro Cemento de 3" a 10" de diámetro clases A-5, así como PVC. en clases RD -64.
- Sustitución de equipos electromecánicos en pozos existentes.
- Conexión en fontanería en tanques de regularización superficiales existentes.
- Tanque de regularización superficial de mampostería con capacidad de 250 m<sup>3</sup>.
- Tuberías de concreto de 30 a 45 cm de diámetro, junta hermética
- Pozos de visita.

Se integró el antepresupuesto de los estudios y proyectos, de las obras que estarán operando a condiciones actuales (rehabilitaciones), y a condiciones futuras (obras nuevas) para el año 2040 del sistema de agua potable. (Ver tabla IV.1 y tabla IV.2).

Tabla IV.1. Antepresupuesto del sistema de abastecimiento a condiciones actuales.

<b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA EL TULE</b>				
<b>ANTEPRESUPUESTO</b>				
<b>ANTEPRESUPUESTO DE LOS ESTUDIOS Y PROYECTOS</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO ÍNDICE</b>	<b>IMPORTE</b>
I.- ESTUDIOS: estudios de calidad del agua, estudio geofísico, pruebas de bombeo, visitas de campo, DETERMINACIÓN DE DATOS BÁSICOS, levantamientos topográficos, (trazo y nivelación para líneas de conducción, poligonales cerradas, levantamientos de detalle, levantamiento de cajas de operación de válvulas), armado de planos de red existente. II.- PROYECTOS: diseño de obras de captación, diseño de línea de conducción, cruzamientos, adaptación de tanques de regularización, red de distribución e informe final.	lote	1.00	\$ 1,601,154.69	\$ 1,601,154.69
			Total	\$ 1,601,154.69
<b>ANTEPRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE REHABILITACIÓN</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO ÍNDICE</b>	<b>IMPORTE</b>
I.- REHABILITACIÓN DE POZOS: desazolve y equipamiento de pozos existentes	lote	3.00	\$ 258,652.22	\$ 775,956.65
reparación de tramos de tubería de:				
75 mm (3") de diámetro	ml	330.00	\$ 151.15	\$ 49,879.50
100 mm (4") de diámetro	ml	4,860.00	\$ 194.43	\$ 944,929.80
			Total	\$ 1,770,765.95

(Elaboración propia, 2013).

Tabla IV.2. Antepresupuesto de las obras de agua potable a condiciones futuras año 2040.

<b>ANTEPRESUPUESTO DE LAS OBRAS A CONDICIONES FUTURAS (AÑO 2040)</b>				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO ÍNDICE	IMPORTE
<b>I.- OBRAS DE CAPTACIÓN:</b>				
perforación de pozo profundo con una profundidad de 150m, diámetro de ademe de 14" con 100m de tubería ranurada incluye desarrollo y aforo del pozo; incluye suministro, instalación y puesta en marcha De equipo electromecánico con bomba centrífuga vertical tipo turbina, motor eléctrico de 75 HP, 1750 RPM, subestación eléctrica tipo "H" de 125 KVA,( incluyendo posteoado, cableado y sistema de tierra, además incluye piezas especiales de fo. fo. del tren válvula contra golpe de ariete manómetro, medidor de flujo etc.). Finalmente incluye caseta de operación y cloración .	lote	1.00	\$ 1,551,032.62	\$ 1,551,032.62
<b>II.- LÍNEAS DE CONDUCCIÓN:</b>				
Línea de conducción por bombeo en donde incluye : excavaciones en material tipo I, II y III, plantilla, relleno, suministro e instalación de tubería, instalación, junteo y prueba de tubería, suministro e instalación de piezas especiales.				
Tubería de 250mm (10") de diámetro. Clase A-5	ml	1,839.00	\$ 629.28	\$ 1,157,245.92
Tubería de 200mm (8") de diámetro. Clase A-5	ml	2,888.00	\$ 489.66	\$ 1,414,138.08
Tubería de 150mm (6") de diámetro. Clase A-5	ml	971.00	\$ 416.33	\$ 404,256.43
Tubería de 100mm (4") de diámetro. Clase RD-64	ml	3,063.00	\$ 194.43	\$ 595,539.09
			Subtotal	\$ 3,571,179.52
<b>III.- TANQUE DE REGULARIZACIÓN:</b>				
Tanque de regularización superficiales, de mampostería incluye: excavación, plantilla, relleno compactado, mampostería, cimbra, concreto, acero de refuerzo, impermeabilización y fontanería de llegada, salida, desfogue, demasías y ventilación.				
Tanque de mampostería de 250m <sup>3</sup> .	lote	1.00	\$ 547,446.86	\$ 547,446.86
Fontanería de llegada para tanques existentes	lote	4.00	\$ 109,489.37	\$ 437,957.49
			Subtotal	\$ 985,404.35
<b>IV.- RED DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA:</b>				
Red de distribución en donde incluye: Excavaciones en material tipo I,II,III, plantilla relleno, suministro e instalación de tubería, instalación, junteo y prueba de tubería, suministro e instalación de pzas. especiales e instalación de piezas especiales y cajas de operación de válvulas.				
Tubería de 250mm (10") de diámetro. Clase A-5	ml	1,200.00	\$ 629.28	\$ 755,136.00
Tubería de 100mm (4") de diámetro. Clase RD-64	ml	4,660.00	\$ 194.43	\$ 906,043.80
Tubería de 75mm (3") de diámetro. Clase RD-64	ml	4,200.00	\$ 151.15	\$ 634,830.00
			Subtotal	\$ 2,296,009.80
<b>V.- REHABILITACIÓN, AMPLIACIÓN Y SUSTITUCIÓN DE LA RED SECUNDARIA EXISTENTE:</b>				
Rehabilitación, ampliación y sustitución de la red secundaria existente considerando un 125% sobre el costo de la red primaria de proyecto	lote	1.00	\$ 2,870,012.25	\$ 2,870,012.25
			Subtotal	\$ 2,870,012.25
			<b>Gran total</b>	<b>\$11,273,638.54</b>

(Elaboración propia, 2013).

Se integró el antepresupuesto de los estudios y proyectos, de las obras que se requieren a condiciones actuales (rehabilitaciones), y a condiciones futuras (obras nuevas) para el año 2040 del sistema de alcantarillado sanitario. (Ver tabla IV.3. y tabla IV.4).

Tabla IV.3. Antepresupuesto de las obras de alcantarillado sanitario a condiciones actuales.

<b>SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD DE SANTA MARÍA EL TULE</b>				
<b>ANTEPRESUPUESTO</b>				
<b>ANTEPRESUPUESTO DE LOS ESTUDIOS Y PROYECTOS</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO ÍNDICE</b>	<b>IMPORTE</b>
I.- ESTUDIOS: Estudios de calidad del agua. Visitas de campo, determinación de datos básicos, levantamientos de detalle, levantamiento de pozos de visita, armado de planos de red existente.				
II.- PROYECTOS: Diseño de cruzamientos, red de alcantarillado, diseño del emisor e informe final.	lote	1.00	\$ 986,583.32	\$ 986,583.32
			total	\$ 986,583.32

NOTA: la poligonal cerrada ya se consideró en agua potable.  
(Elaboración propia, 2013).

Tabla IV.4 Antepresupuesto de las obras de alcantarillado sanitario a condiciones futuras año 2040.

<b>ANTEPRESUPUESTO DE LAS OBRAS A CONDICIONES FUTURAS (AÑO 2040)</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO ÍNDICE</b>	<b>IMPORTE</b>
I.- COLECTORES SANITARIOS: red de colectores en donde incluye: excavaciones en material tipo I, II, III, plantilla relleno, suministro e instalación, junteo y prueba de tubería.				
Tubería de 45 cm de diámetro. de concreto con junta hermética.	ml	1,500.00	\$ 610.16	\$ 915,240.00
Tubería de 38 cm de diámetro de concreto con junta hermética.	ml	1,283.00	\$ 465.30	\$ 596,979.90
Tubería de 30 cm de diámetro de concreto con junta hermética.	ml	6,708.00	\$ 365.95	\$ 2,454,792.60
			Subtotal	\$ 3,967,012.50
II.- POZOS DE VISITA				
Profundidad de hasta 1.50 m	pozo	46.00	\$ 5,311.34	\$ 244,321.64
Profundidad de hasta 1.75 m	pozo	42.00	\$ 5,760.42	\$ 239,669.64
Profundidad de hasta 2.00 m	pozo	27.00	\$ 6,209.24	\$ 167,649.48
Profundidad de hasta 2.25 m	pozo	20.00	\$ 6,657.87	\$ 133,157.40
		135.00		
			Subtotal	\$ 784,798.16
III.- REHABILITACIÓN, AMPLIACIÓN Y SUSTITUCIÓN DE LA RED SECUNDARIA EXISTENTE				
Rehabilitación, ampliación y sustitución de la red secundaria existente considerando un 40%, sobre el costo de la red primaria de proyecto.	lote	1.00	\$ 15,868,050.00	\$ 15,868,050.00
			Subtotal	\$ 15,868,050.00

(Elaboración propia, 2013).

## **CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

### **V.I.- Resultados esperados.**

Con este análisis se espera que los problemas de cobertura y calidad que se presentan en la localidad de Santa María el Tule en el estado de Oaxaca con relación a los servicios hidráulicos, se eliminen a partir de una propuesta de mejoramiento para poder satisfacer las necesidades de la población con respecto a dichos servicios y mejorar las condiciones de vida actuales.

### **V.II.- Resultados obtenidos.**

Los resultados obtenidos permitieron identificar la situación que se tiene en la localidad con respecto a los servicios hidráulicos, con lo que se planteó la necesidad de llevar a cabo acciones de mejoramiento y construcción de nueva infraestructura, para cubrir las necesidades futuras de la población.

- Fuentes de abastecimiento y obras de captación.

La propuesta de perforar 2 pozos profundos así como su ubicación, se podrá modificar al momento de contar con el estudio geohidrológico definitivo, por lo que el costo de esta obra de captación podrá sufrir variaciones, por lo que se tendrían que hacer dichos ajustes.

La fuente de abastecimiento susceptible de aprovechamiento será el acuífero de la cuenca del Salado y la obra de captación serán dos pozos profundos que estarán localizados al sur de la población a un costado del río Salado, el primer pozo se ubica aproximadamente en las coordenadas  $17^{\circ} 02' 10.31''$  N  $96^{\circ} 38' 08.04''$  O y en la elevación 1555.00 m.s.n.m, el segundo pozo se encuentra a unos 200 m del primer pozo en las coordenadas  $17^{\circ} 02' 04.91''$  N  $96^{\circ} 37' 58.89''$  O y en la elevación 1555.00 m.s.n.m, con una profundidad de 150 m y equipados con una bomba centrífuga vertical tipo turbina para un gasto de 19 l.p.s. y una carga normal de operación de 185 m.c.a. a una velocidad angular de 1750 r.p.m. y un motor eléctrico vertical de 75 HP y un transformador de 125 KVA.

Se instalarán todas las piezas correspondientes al tren de descarga (manómetro, VAEA válvula de admisión y expulsión de aire, válvula check, válvulas contra golpe de ariete, etc.). (Ver figura V.1).

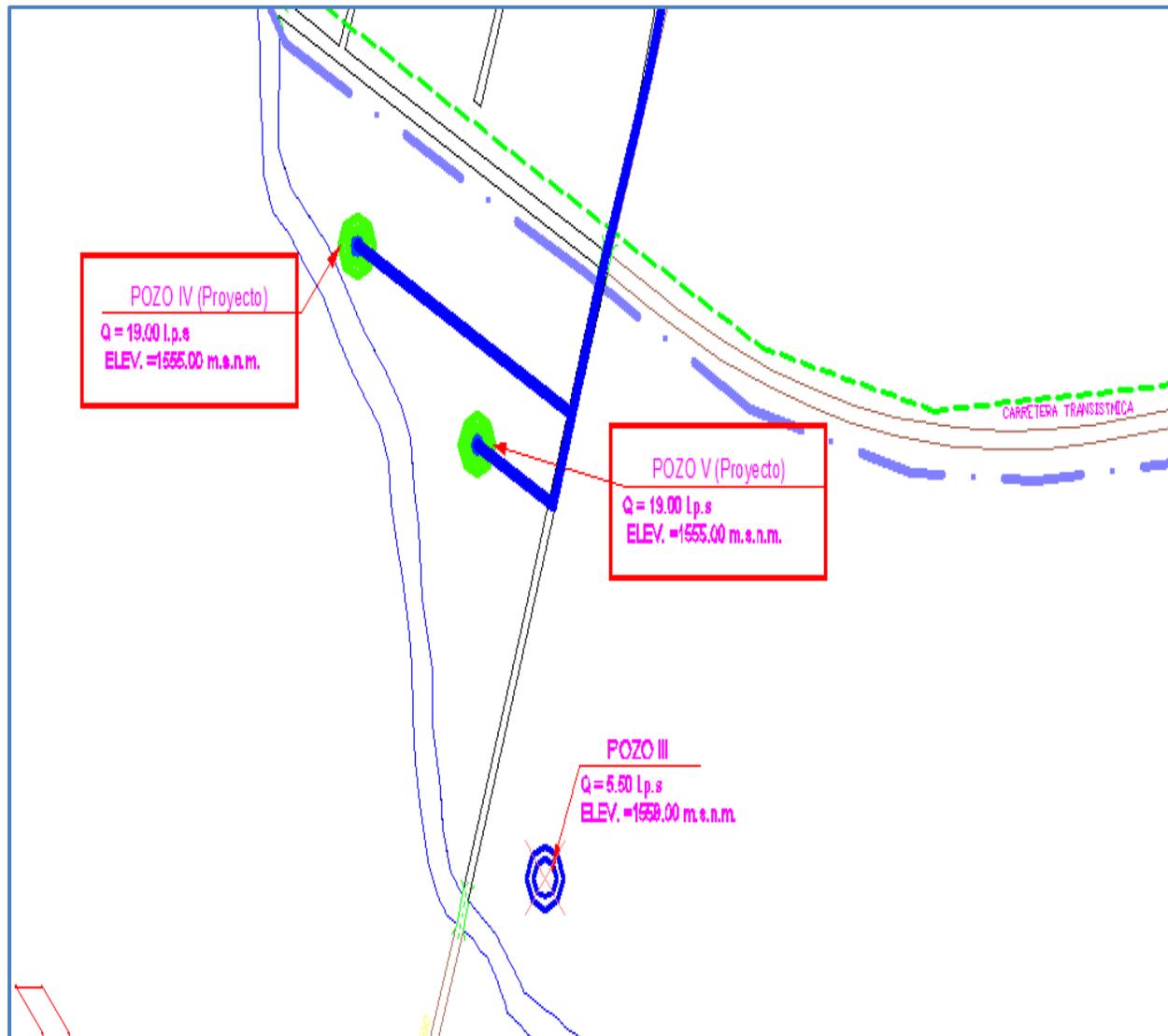


Figura V.1. Obra de captación, 2 pozos profundos de proyecto. (Elaboración propia, 2013).

- Líneas de conducción.

Se repararán las líneas existentes para que sigan operando como hasta la fecha, y se construirá la línea proveniente de los nuevos pozos profundos que estarán localizados al sur de la población, que abastecerán a los tanques existentes y al tanque de proyecto localizado en la parte alta de la localidad en la cota 1587.00 m.s.n.m. El diámetro de éstas líneas será de 250 mm (10") hasta 100 mm (4") con una longitud total aproximada de 8.7 Km y material de Fibro-Cemento y PVC; en las nuevas líneas se colocarán las piezas especiales necesarias para su correcta instalación, así como válvulas de admisión y expulsión de aire y desagües y su correspondiente caja de operación de válvulas. ( Ver figura V.2).

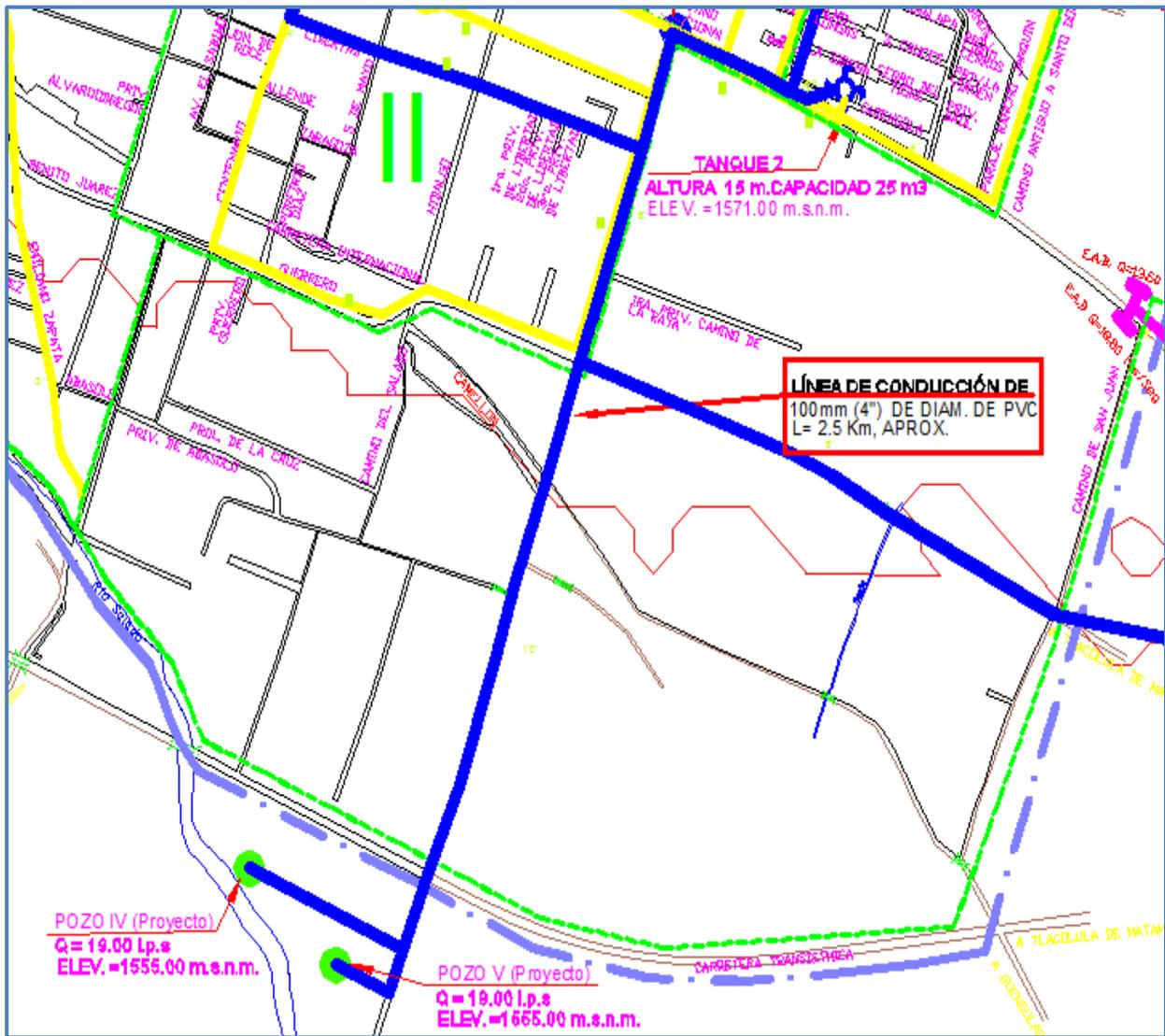


Figura V.2. Línea de conducción de proyecto. (Elaboración propia, 2013).

- Tanques de regularización.

Se propone la construcción de un tanque de regularización de mampostería con una capacidad de 250 m<sup>3</sup> ubicado en la zona alta, el cual será alimentado por el Pozo de proyecto, este tanque contará con toda la fontanería necesaria para su adecuada operación (fontanería de llegada, fontanería de salida, fontanería de desagüe, fontanería de excedencias y de ventilación). (Ver figura V.3).

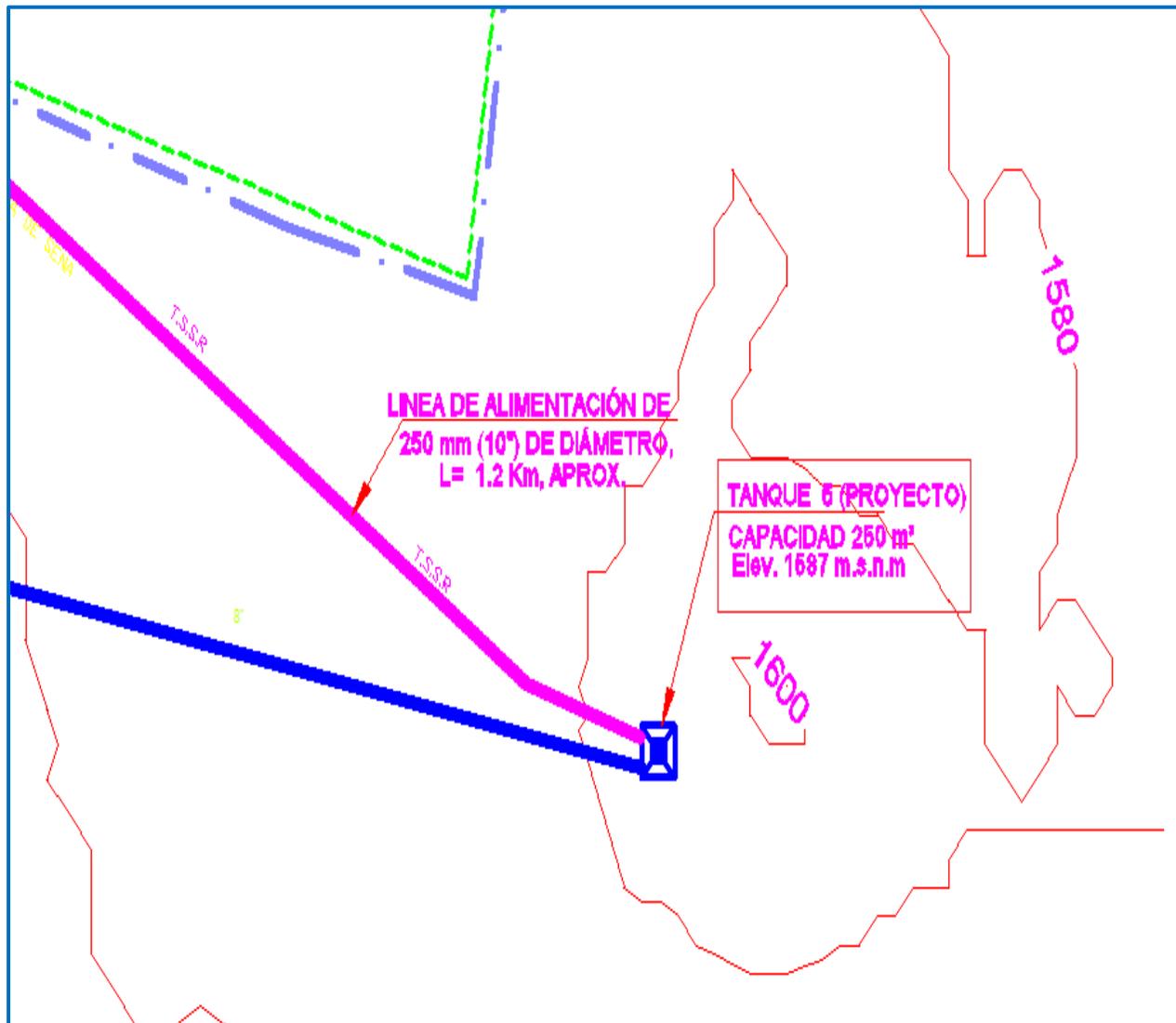


Figura V.3. Tanque de regularización de mampostería con una capacidad de 250 m<sup>3</sup>. (Elaboración propia, 2013).

- Red de distribución de agua potable.

La rehabilitación de la red de distribución tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- La formación de circuitos con diámetros adecuados para una mejor distribución y que opere en forma eficiente hasta el año 2040.
- El control adecuado de las presiones hidrostáticas, para tal efecto se propusieron zonas de presión según las normas de CONAGUA.
- Localización de válvulas de seccionamiento en puntos estratégicos de la red de distribución.
- Las piezas especiales que requiera la red de distribución.

Ver anexo 2 “Plano de planteamiento de solución del sistema de abastecimiento de agua potable a Condiciones Futuras.”

Finalmente la red de distribución quedó conformada de la siguiente forma:

#### ZONA 1:

Se localiza entre las calles Camino Nacional, Privada Camino Nacional, Álvaro Obregón y El Río Salado, la Cota de terreno donde se localiza el Tanque elevado existente No. 1 de 20 m de altura es la 1,569 m.s.n.m., abarca la zona la comprendida entre Cota 1,565 m.s.n.m. y 1,556 m.s.n.m. En esta zona la traza de las calles es muy irregular por lo que no se logró formar ningún circuito, proponiéndose líneas abiertas que van de 4” hasta 3” de diámetro. (Ver figura V.4).

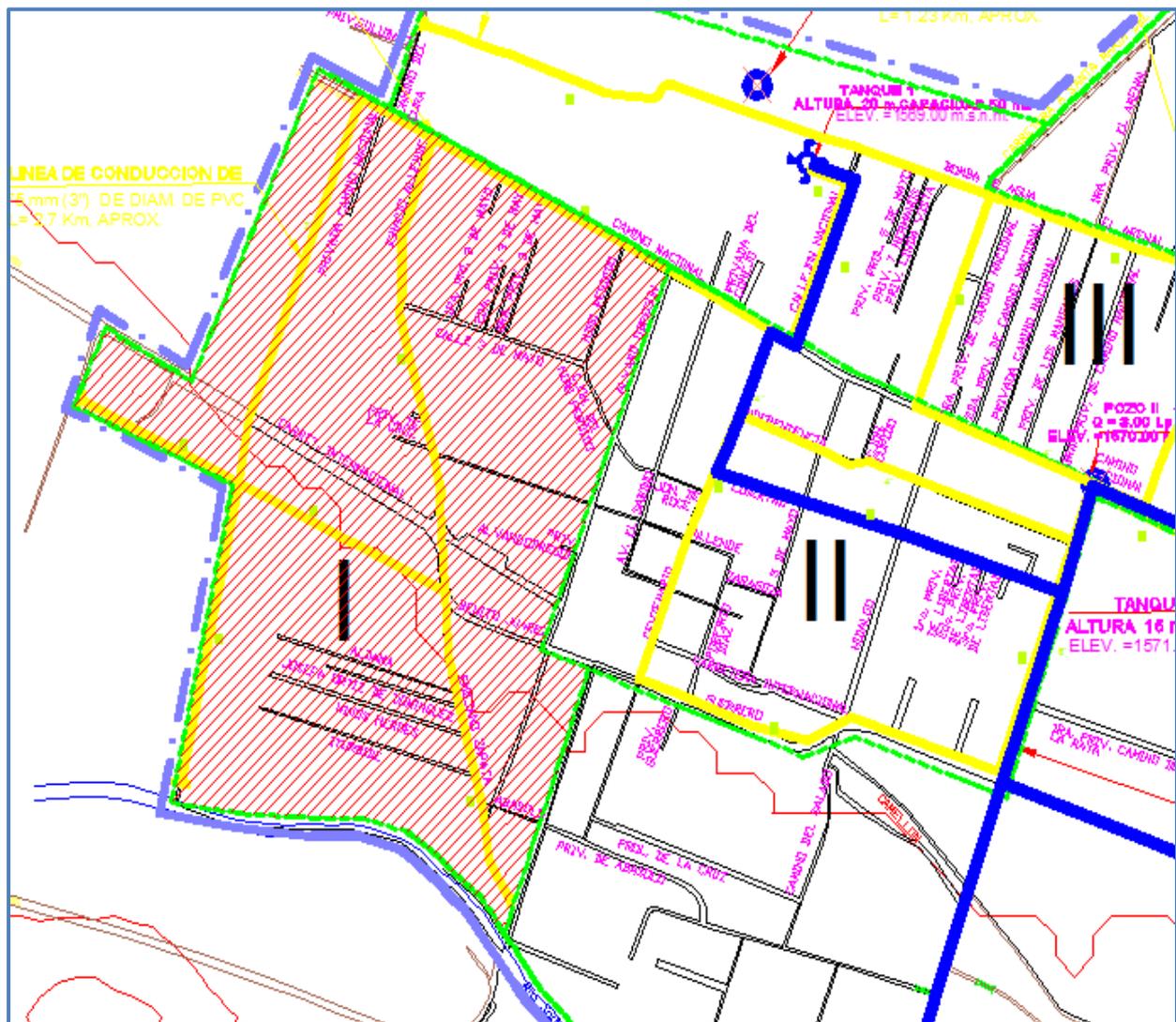


Figura V.4. Zona 1. Se localiza entre las calles Camino Nacional, Privada Camino Nacional, Álvaro Obregón y El Río Salado, donde se localiza el tanque existente No. 1. (Elaboración propia, 2013).

### ZONA 2:

Se localiza entre las calles Camino Nacional, Álvaro Obregón, Guerrero y Camino a la Raya, la Cota de terreno donde se localiza el Tanque elevado existente No. 2 de 15 m de altura es la 1,571 m.s.n.m., abarca la zona la comprendida entre Cota 1,571 m.s.n.m. y 1,561 m.s.n.m. En esta zona la traza de las calles es regular por lo que se logró formar un circuito, con tubería de 4" de diámetro. (Ver figura V.5).

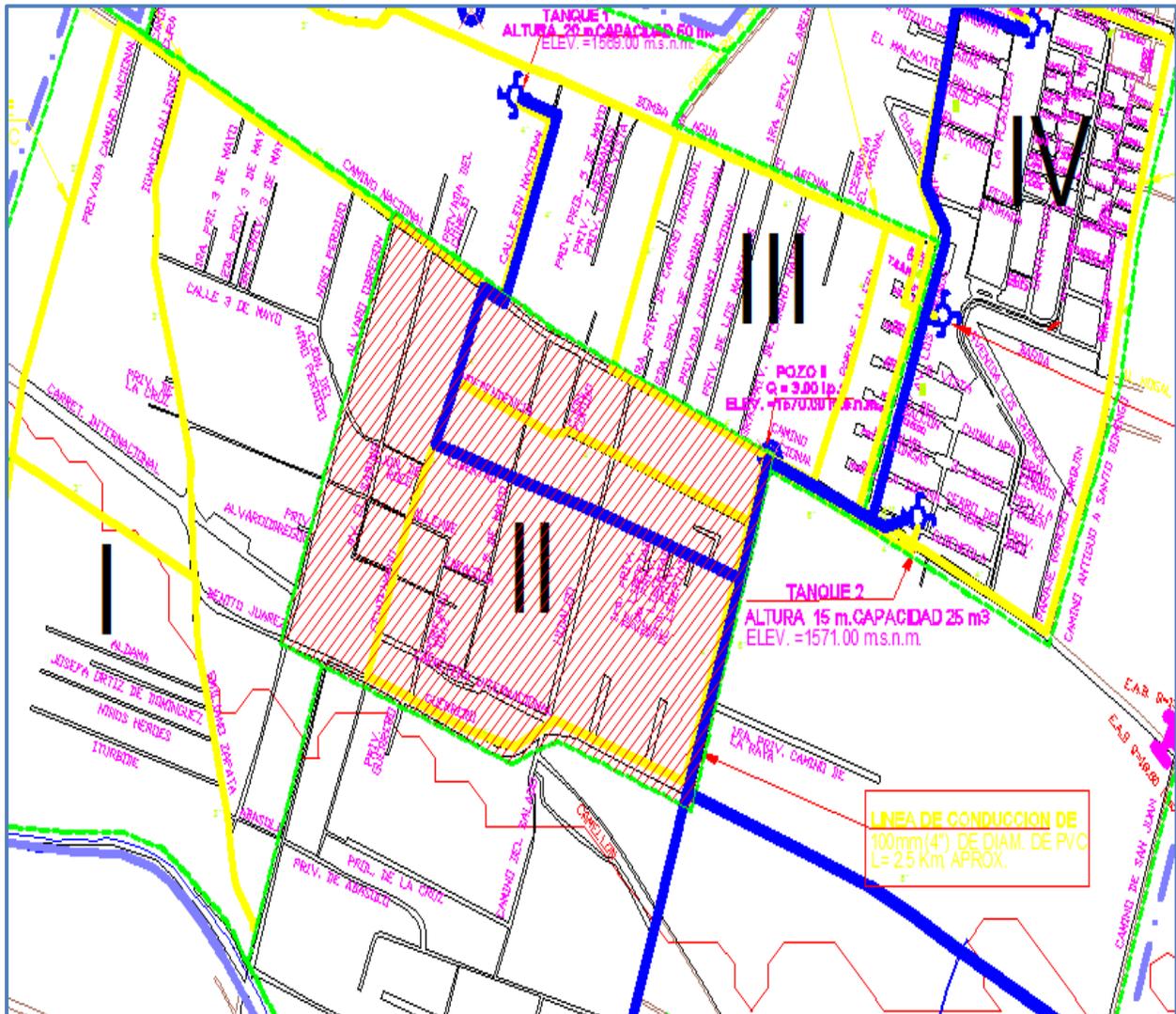


Figura V.5. Zona 2. Se localiza entre las calles Camino Nacional, Álvaro Obregón, Guerrero y Camino a la Raya, donde se localiza el tanque existente No. 2. (Elaboración propia, 2013).

### ZONA 3:

Se localiza entre las calles El Arenal, Los Sabinos, Camino Nacional y Camino del Cura, la Cota de terreno donde se localiza el Tanque elevado existente No. 3 de 20 m de altura es la 1,575 m.s.n.m., abarca la zona la comprendida entre Cota 1,575 m.s.n.m. y

1,567 m.s.n.m. En esta zona la traza de las calles es más regular por lo que se logró formar un circuito y una líneas abierta. Los diámetros van desde 4" hasta 3". (Ver plano V.6).

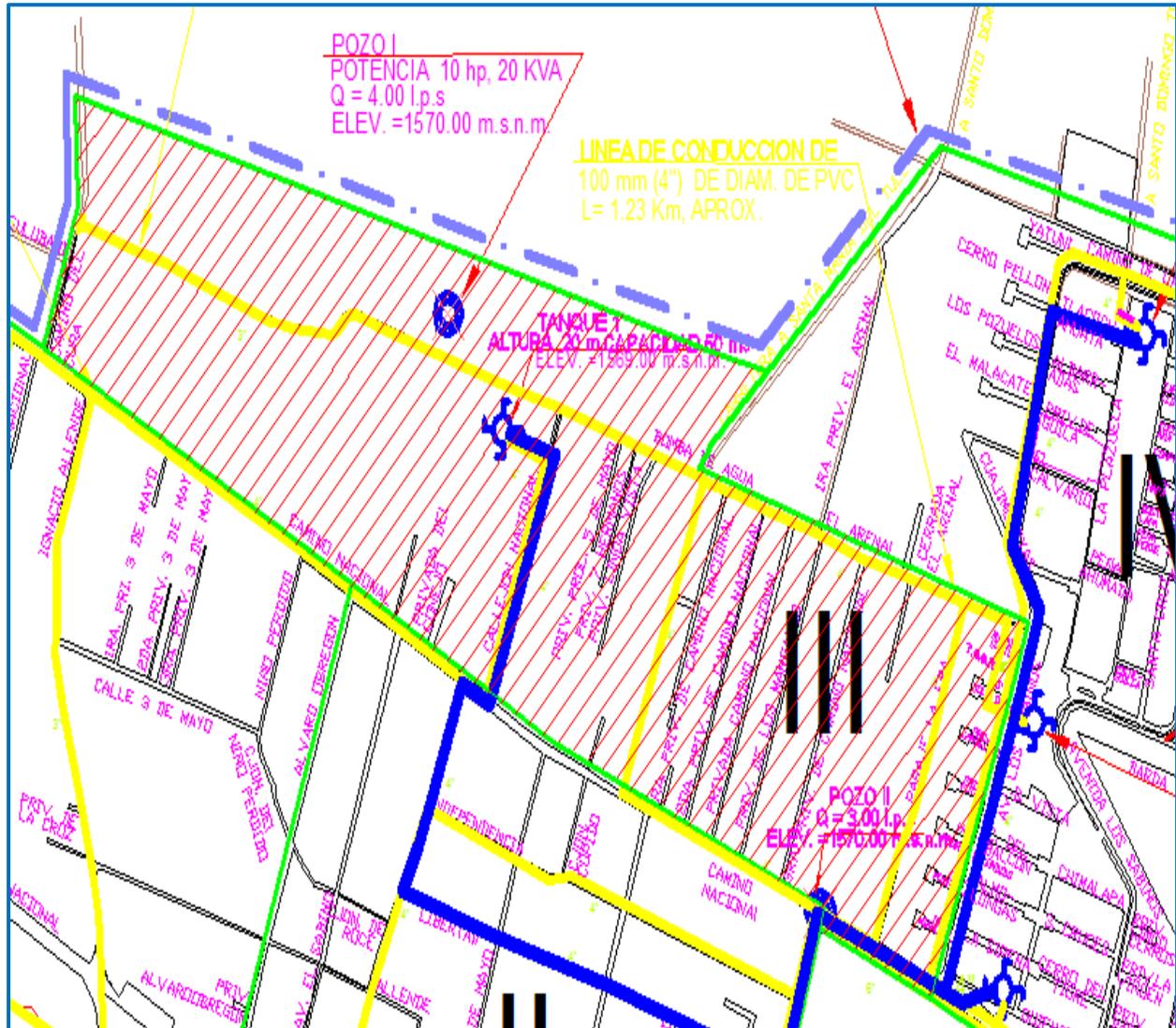


Figura V. 6. Zona 3. Se localiza entre las calles el Arenal, Los Sabinos, Camino Nacional y Camino del Cura, donde se localiza el Tanque elevado existente No. 3. (Elaboración propia, 2013).

#### ZONA 4:

Se localiza entre las calles Los Sabinos, Camino Antiguo a Santo Domingo y Camino Nacional, la Cota de terreno donde se localiza el Tanque elevado existente No. 4 de 20 m de altura es la 1,576 m.s.n.m., abarca la zona la comprendida entre Cota 1,577 m.s.n.m. y 1,570 m.s.n.m. En esta zona la traza de las calles es regular por lo que se logró formar un circuito, con tubería de 4" de diámetro. (Ver figura V.7).

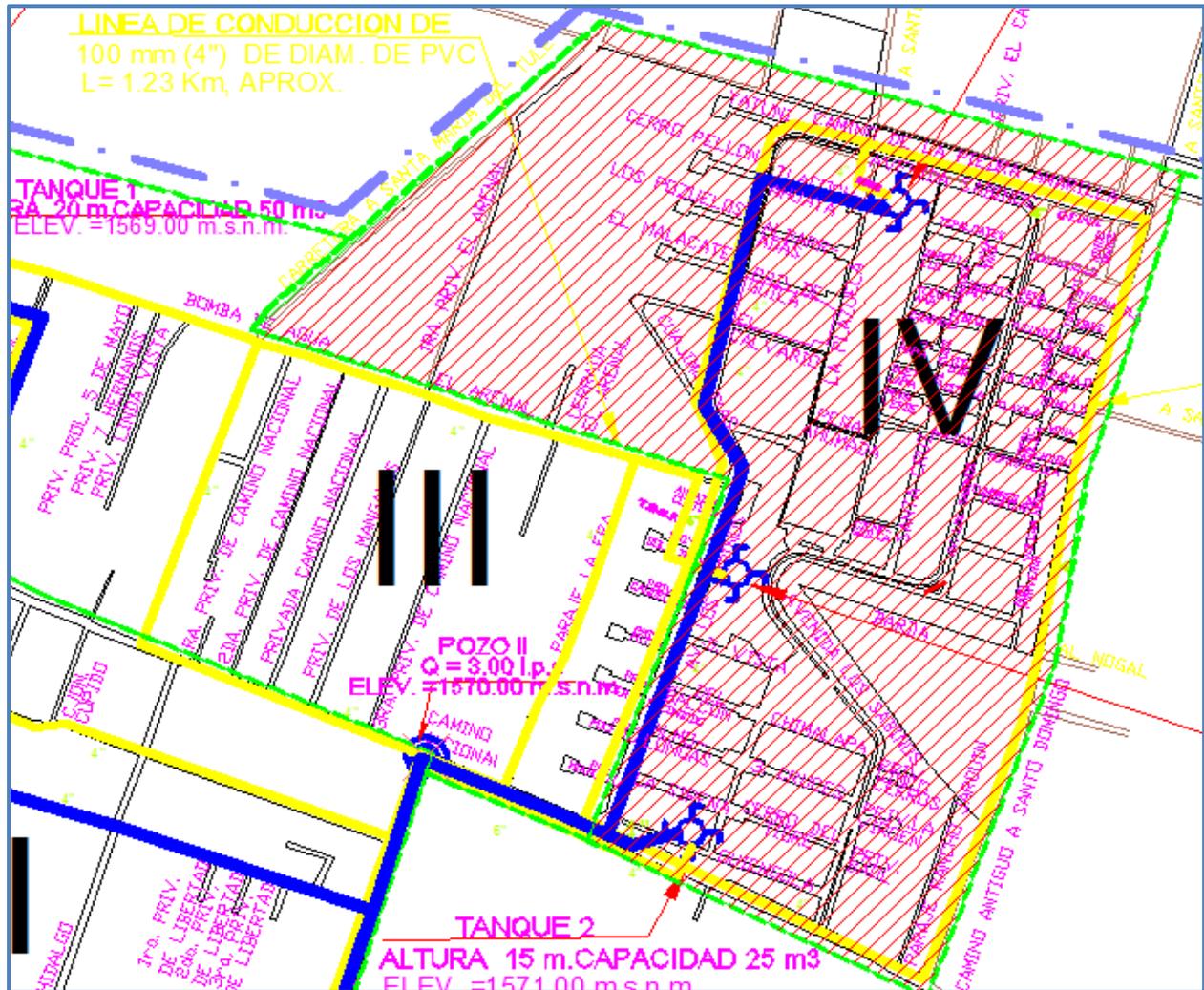


Figura V.7. Zona 4. Se localiza entre las calles Los Sabinos, Camino Antiguo a Santo Domingo y Camino Nacional, donde se localiza el Tanque elevado existente No. 4. (Elaboración propia, 2013).

### ZONA 5:

Se estableció entre la Cota 1,572 m.s.n.m. (donde se localiza el Tanque de proyecto de 250 m³ de capacidad), y la Cota 1,555 m.s.n.m. En esta zona prácticamente no existe planimetría por lo que no se logró formar circuitos y líneas abiertas, por lo que se propone dejar dos preparaciones para entrega de agua en bloque de 8" y 6" de diámetro.

Para poder alimentar las zonas se propusieron tramos de tubería sin servicio en ruta (T.S.S.R.) de 4" diámetro que salen de los tanques No.1, 2, 3 y 4.

Por cuestión de economía, se determinó que las tuberías con diámetros de 6", 8" y 10" serán de material fibro-cemento clase A-5, y las tuberías con diámetros de 4" y 3" serán de material P.V.C. RD-64.0. (Ver figura V.8).

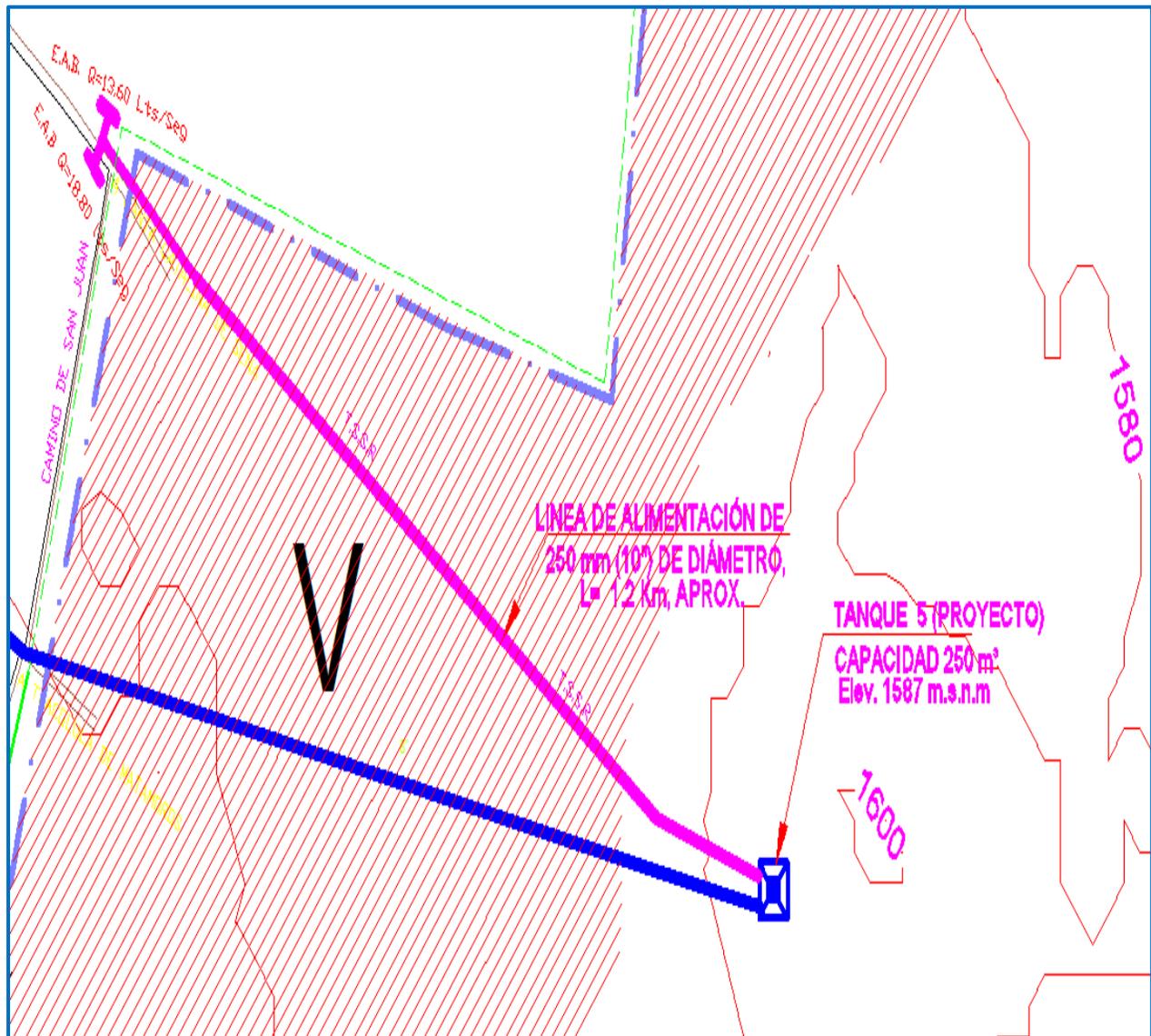


Figura V.8. Zona 5. Se estableció entre la Cota 1,572 m.s.n.m. (donde se localiza el Tanque de proyecto de 250 m<sup>3</sup> de capacidad), y la Cota 1,555 m.s.n.m. (Elaboración propia, 2013).

- Red de atarjeas y colectores.

Se propone que la red de alcantarillado actual, se siga utilizando como red secundaria y se conecte a colectores de reforzamiento que se propondrán.

La rehabilitación de la red de alcantarillado tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- La construcción de colectores con diámetros adecuados para un mejor desalojo y que operen en forma eficiente hasta el año 2040.
- La zonificación para la descarga a los colectores de proyecto.
- Los pozos de visita que requiera la red de alcantarillado sanitario.

Finalmente la red de alcantarillado sanitario quedó conformada de la siguiente forma:

Colector principal.

Inicia en la calle Camino de la Piedra Amarilla, tiene un desarrollo total de 3035 m con tubería de 30 y 38 cm de diámetro y su descarga final será al Colector Marginal a la altura de la calle Abasolo.

Se estima que este colector tendrá alrededor de 47 pozos de visita, con una profundidad de 1.50 a 2.00 m. (Ver figura V.9).

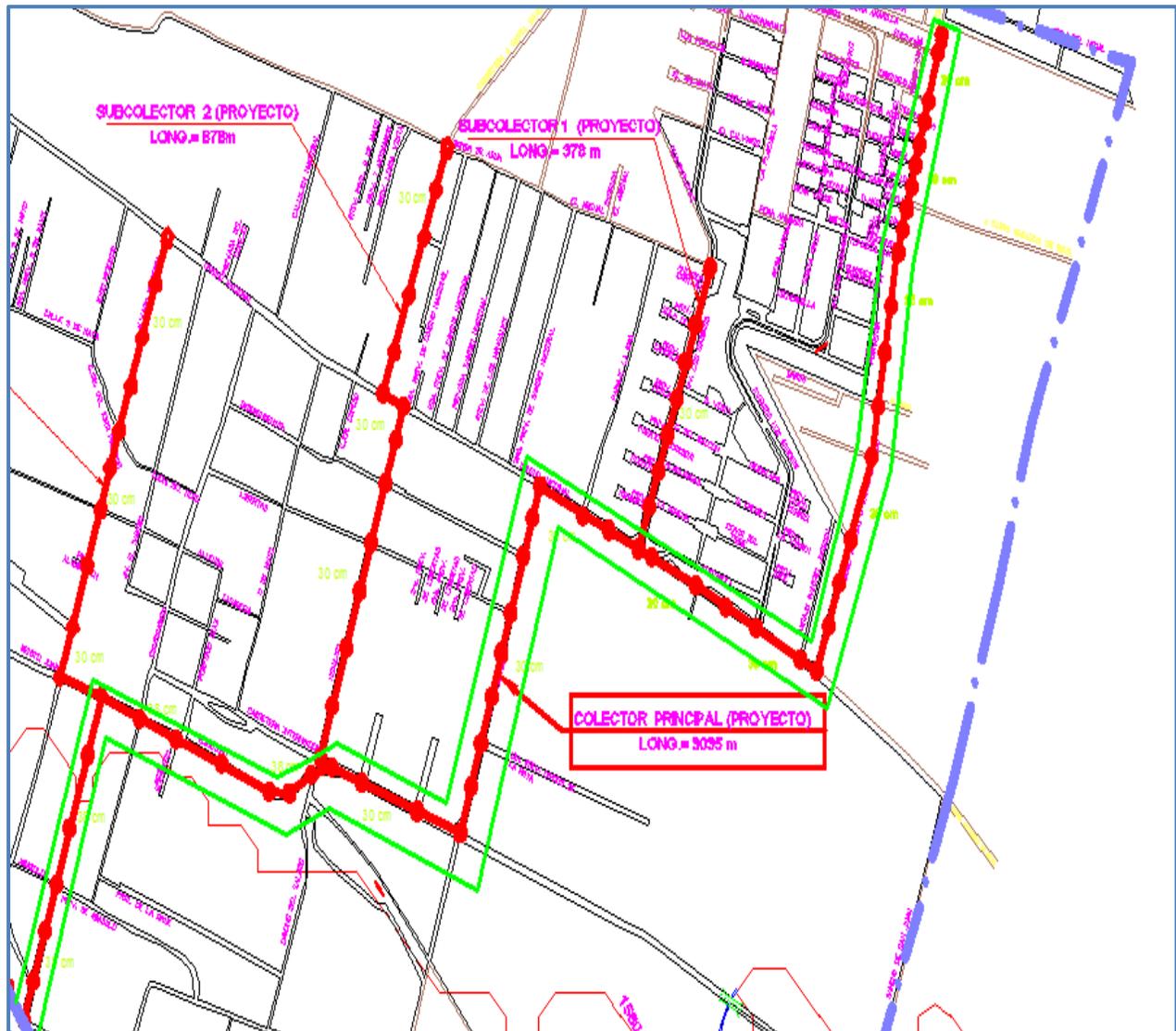


Figura V.9. Colector principal tiene un desarrollo total de 3035 m con tubería de 30 y 38 cm de diámetro. (Elaboración propia, 2013).



## Subcolector 2.

Inicia en la calle el Arenal esq. con Carretera a Santo Domingo Tomaltepec, tiene un desarrollo total de 878 m con tubería de 30 cm de diámetro y su descarga final será al Colector Principal a la altura de la Carretera Internacional.

Se estima que este subcolector tendrá alrededor de 19 pozos de visita, con una profundidad de 1.50 a 1.75 m. (Ver figura V.11).

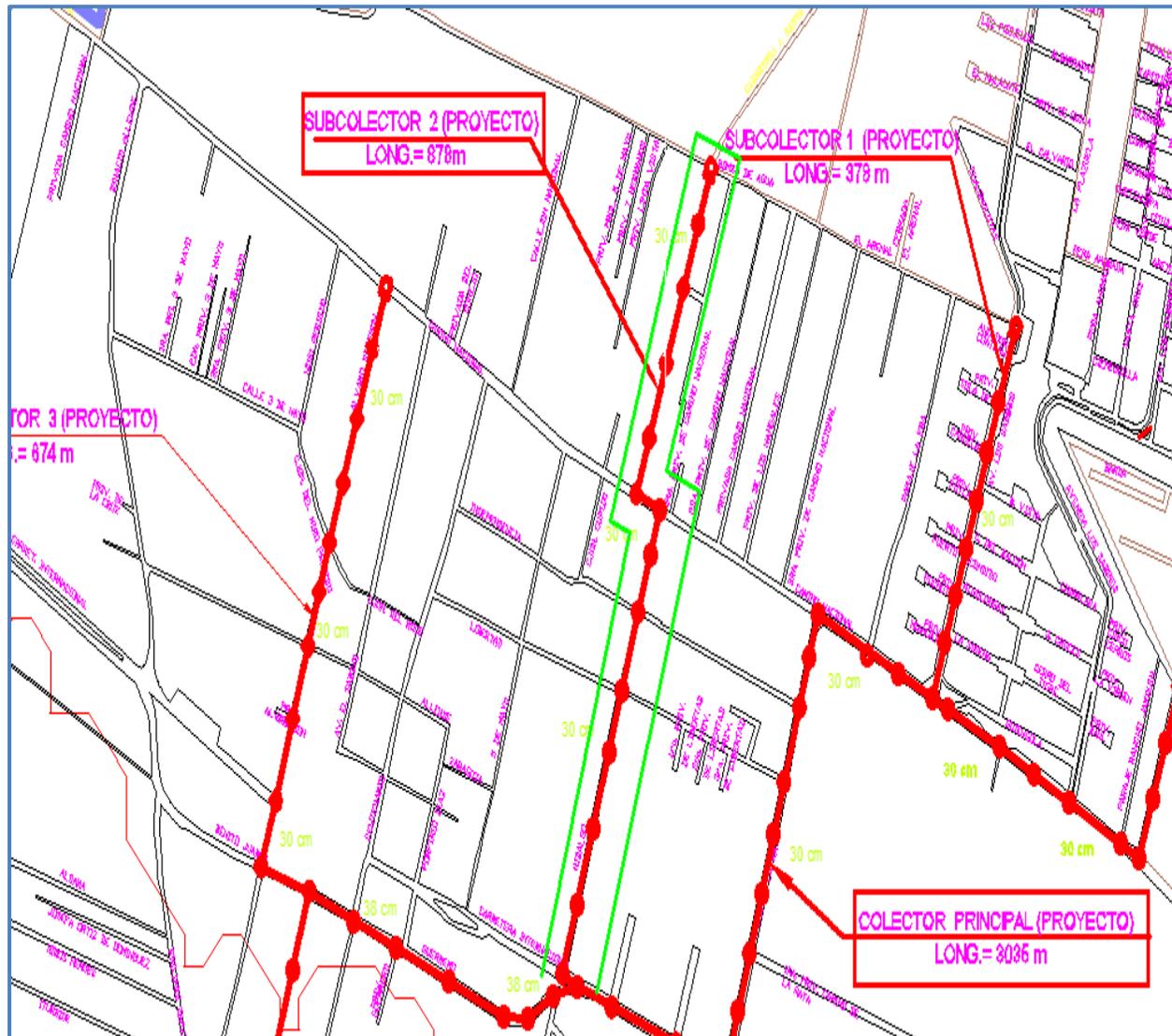


Figura V.11. Subcolector 2 tiene un desarrollo total de 878 m con tubería de 30 cm de diámetro. (Elaboración propia, 2013).

### Subcolector 3.

Inicia en la calle Camino Nacional esq. con calle Álvaro Obregón, tiene un desarrollo total de 674 m con tubería de 30 cm de diámetro y su descarga final será al Colector Principal a la altura de la calle Benito Juárez.

Se estima que este subcolector tendrá alrededor de 12 pozos de visita, con una profundidad de 1.50 a 1.75 m. (Ver figura V.12).

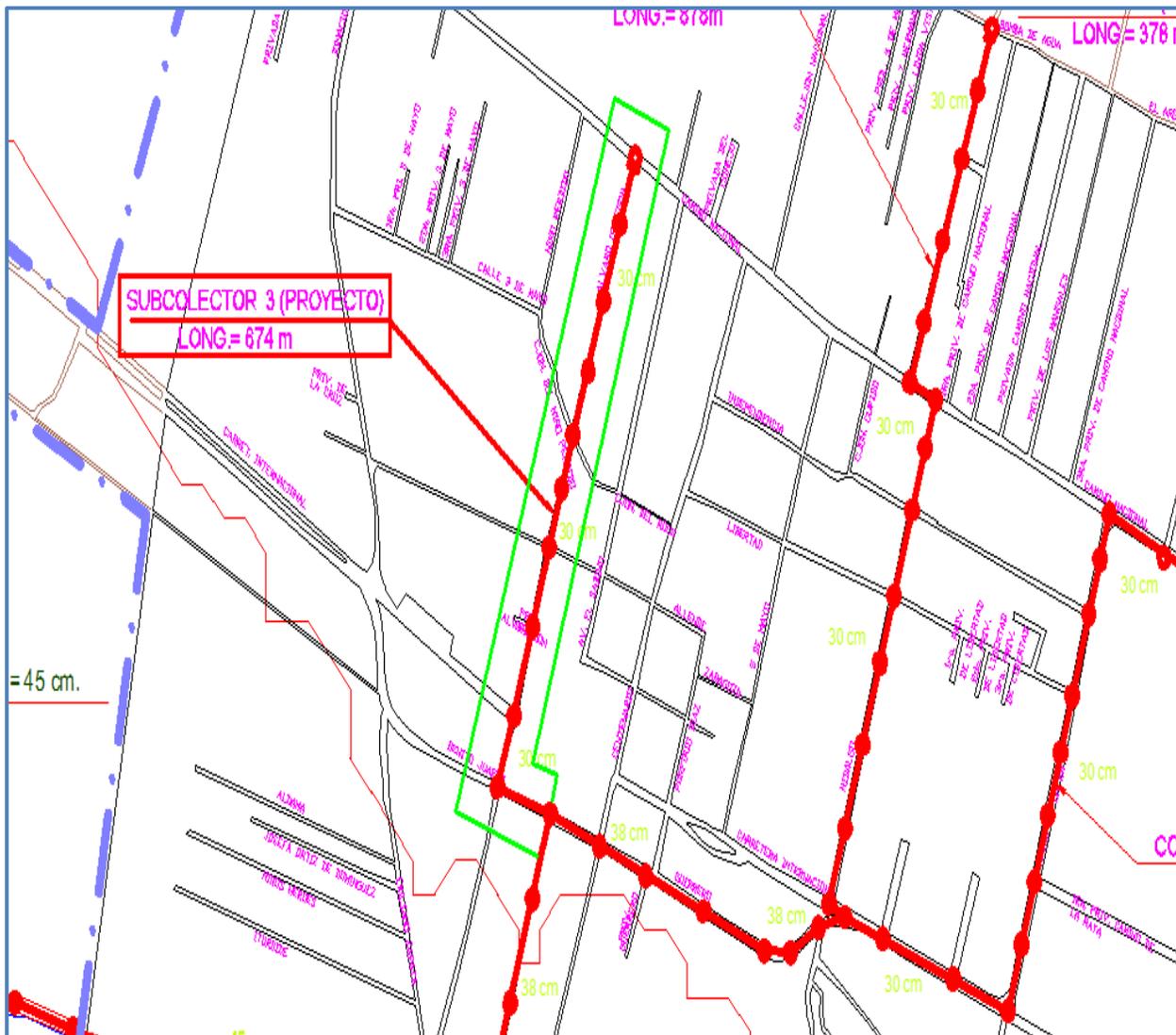


Figura V.12. Subcolector 3, tiene un desarrollo total de 674 m con tubería de 30 cm de diámetro. (Elaboración propia, 2013).

### Colector marginal.

Este colector tiene la característica de evitar que las aguas residuales no descarguen al Río Salado, ya que justamente se localiza sobre la margen derecha del mismo río, evitando su contaminación y cumpliendo con el Programa de Saneamiento de los Afluentes del Río Atoyac. Inicia a la altura de la calle Camino de la Raya, siguiendo su trayectoria paralela al río y termina en el límite poniente de la zona urbana, tiene un desarrollo total de 2,593 m con tubería de 30 y 45 cm de diámetro y su descarga final será al emisor de proyecto.

Se estima que este colector tendrá alrededor de 32 pozos de visita, con una profundidad de 1.75 m a 2.25 m. (Ver figura V.13).

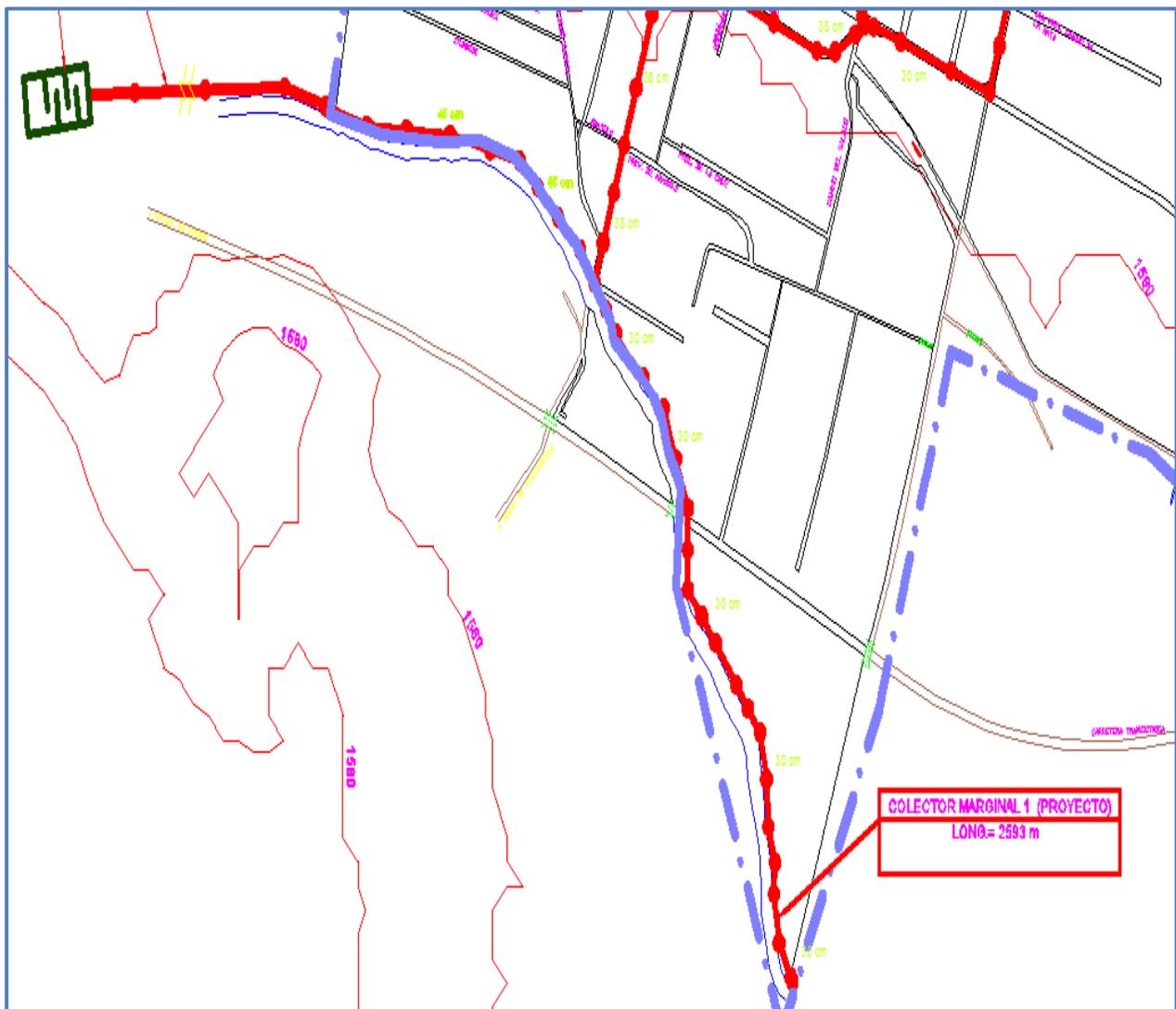


Figura V.13. Colector marginal, tiene un desarrollo total de 2,593 m con tubería de 30 y 45 cm de diámetro. (Elaboración propia, 2013).

### Emisor.

Se propone construir un emisor de proyecto con tubería de concreto con junta hermética de 45 cm de diámetro, para desalojar el caudal calculado para el 2040 que es de 88.95 l.p.s; se recomienda dar un mantenimiento constante para evitar el problema de los azolves, ya que de presentarse se tendría reducción en la capacidad de desalojo.

El emisor finalmente llevará las aguas residuales hasta la planta de tratamiento de aguas residuales de proyecto.

Inicia en el límite poniente de la zona urbana, siguiendo su trayectoria paralela al Río Salado y termina en la planta de tratamiento de proyecto, tiene un desarrollo total de 650 m con tubería de 45 cm de diámetro.

Se estima que el emisor tendrá alrededor de 15 pozos de visita, con una profundidad de 2.00 m a 2.25. (Ver figura V.14).

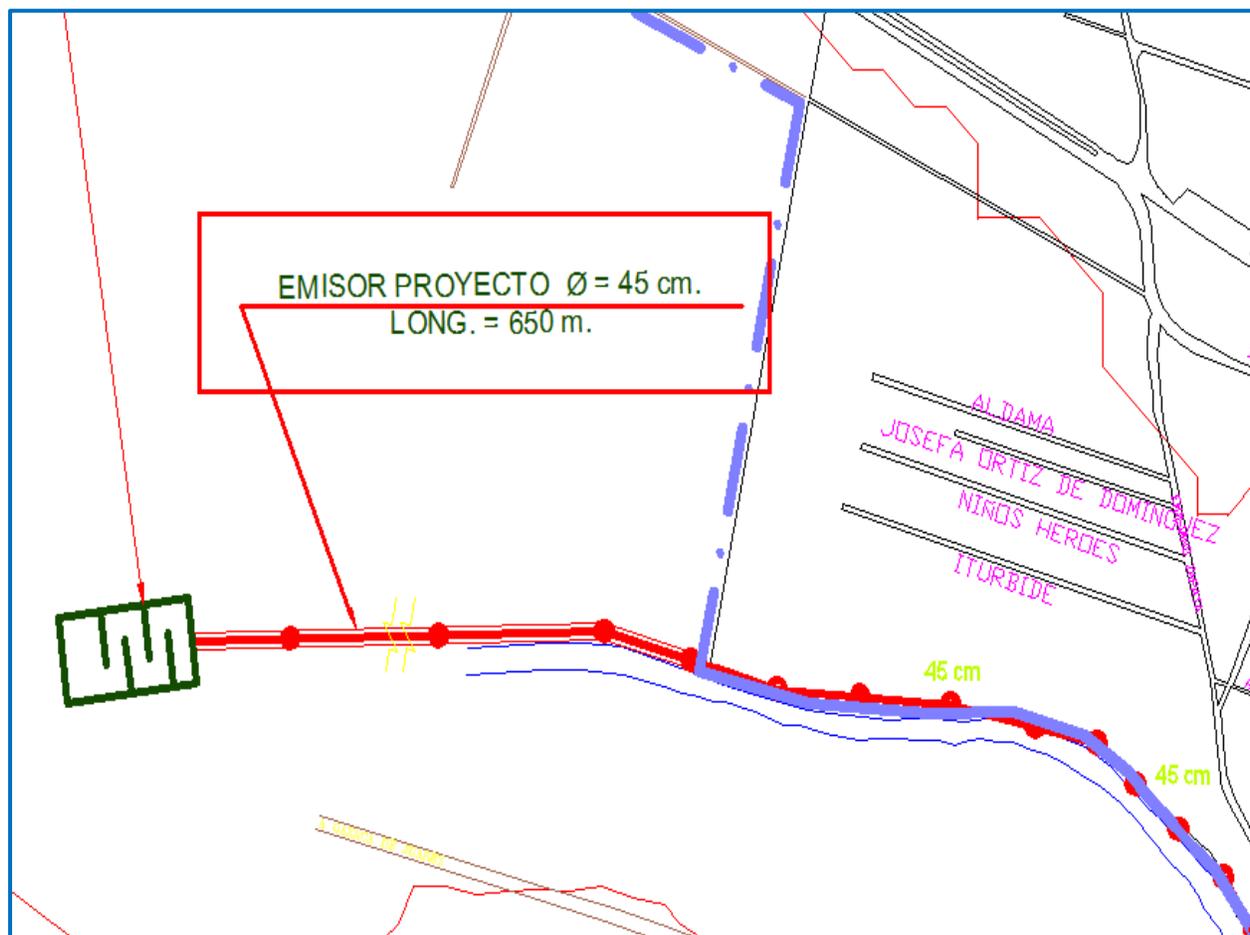


Figura V.14. Emisor, tiene un desarrollo total de 650 m con tubería de 45 cm de diámetro. (Elaboración propia, 2013).

Planta de tratamiento de proyecto.

Se propone la construcción de una planta de tratamiento para gasto medio de proyecto de 25 l.p.s. y se desplantará aproximadamente en la elevación 1,550.00 m.s.n.m. debido a que la cota del emisor es 1,570.00 m.s.n.m. por tal motivo, la planta de tratamiento se ubicará por debajo del emisor. (Ver figura V.15).

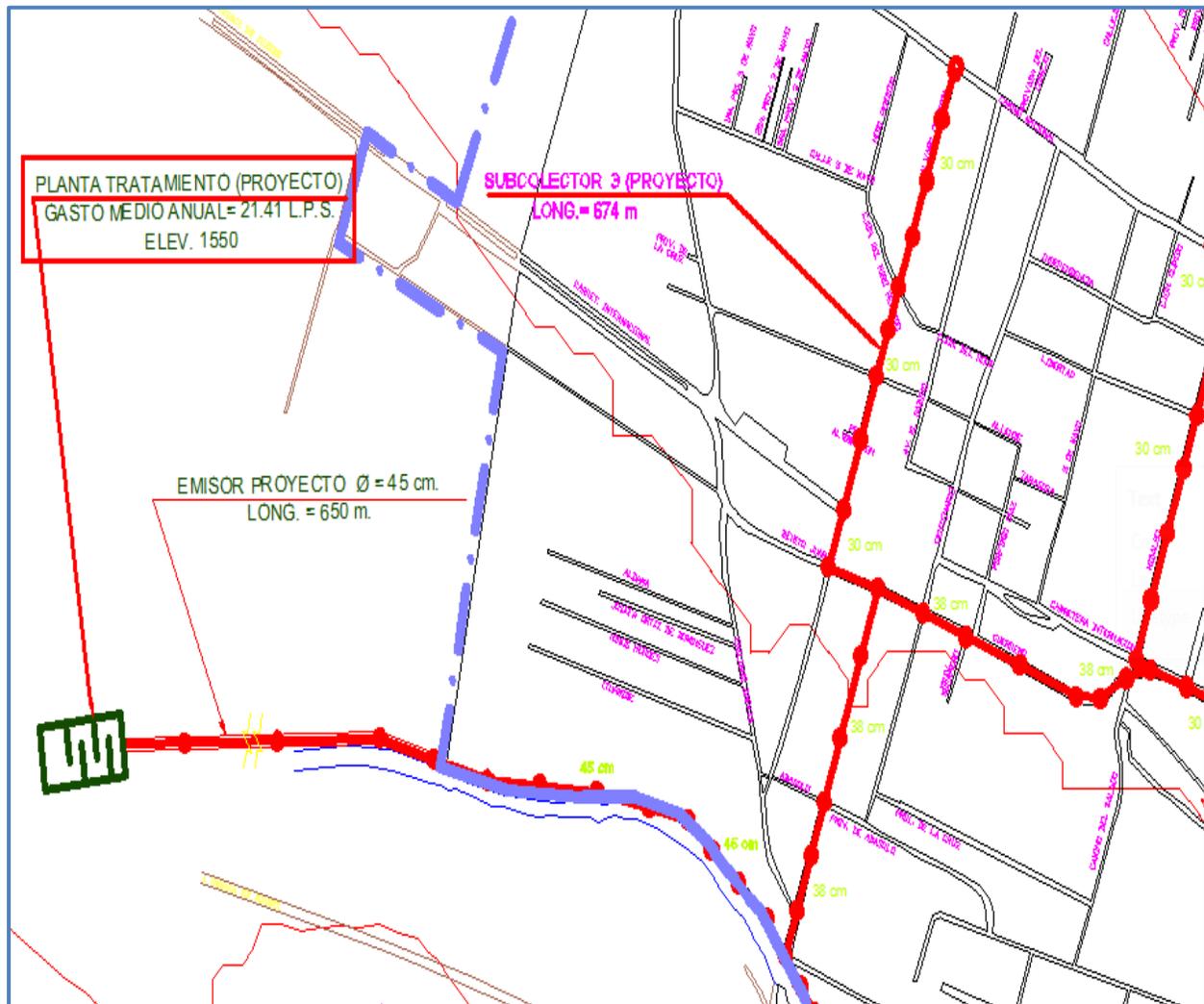


Figura V.15. Planta de tratamiento de proyecto para gasto medio de proyecto de 25 l.p.s. (Elaboración propia, 2013).

Ver anexo 4 “Plano del planteamiento de solución del sistema de alcantarillado sanitario a condiciones futuras”

### **V.III.- Interpretación de resultados.**

Los resultados indican que la infraestructura existente es insuficiente para cubrir la demanda actual de los servicios de agua potable y alcantarillado.

En cuanto el suministro, las obras de captación presentan malas condiciones: reducida eficiencia y poco caudal de extracción; aunado a ello, existen pérdidas en la red de distribución. Estas condiciones en conjunto, obligan a dar un servicio intermitente (tandeos).

Tomando en cuenta este diagnóstico y la proyección de población, que muestra que al 2040 habrá un incremento, es necesario plantear la construcción de nueva infraestructura para captación, conducción, regularización y distribución de agua potable, dando al mismo tiempo mantenimiento continuo a la infraestructura existente.

Como consecuencia lógica, se incrementara el caudal de aguas residuales, situación que obligará a reforzar el actual sistema de alcantarillado, también mediante mantenimiento y construcción de infraestructura en forma global, es decir, saneando el entorno con la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Las soluciones propuestas coadyuvarán para resolver las problemáticas actuales y futuras, cubriéndose así las necesidades de la población en materia de servicios hidráulicos en el corto, mediano y largo plazo.

## Conclusiones.

Las conclusiones del presente trabajo son las siguientes:

- Se describieron las características básicas de la localidad de Santa María del Tule, en el estado de Oaxaca. Se realizaron proyecciones de población al año 2040, resultando una población de 15,421 habitantes según el método de la tasa de crecimiento medio anual.
- La demanda actual de agua potable es de 21.95 l.p.s misma que el año 2040 será de 37.48 l.p.s, en tanto que la oferta actual es de 12.50 l.p.s. mediante el aprovechamiento de 3 pozos lo que indica un claro déficit en la cobertura de la demanda, situación que hoy en día obliga a proporcionar un servicio racionalizado, mediante tandeos diarios y horarios.
- La cobertura del servicio de agua potable es del 70% debido a gran parte a la presencia de fugas en las líneas de conducción y en la red de distribución, motivo por el cual se debe reforzar la infraestructura actual y ampliarla en el futuro inmediato, a fin de incrementar la cobertura por lo menos al 95%.
- La población no cuenta con emisor sanitario ni planta de tratamiento por lo que el agua residual que proviene de atarjeas y colectores descargan libremente a los cauces superficiales. La cobertura de la red de alcantarillado de aguas negras es del 60%. Se debe reforzar la infraestructura actual y ampliarla en el futuro inmediato a fin de incrementar la cobertura por lo menos al 90%. Se requieren colectores marginales para evitar que las aguas residuales descarguen a los ríos y arroyos y los contaminen.
- Para el sistema de agua potable, se propone la construcción de nueva infraestructura, consistente en dos pozos para extracción de agua potable con un caudal de 19 l.p.s cada uno, la construcción de un tanque con capacidad de 250 m<sup>3</sup> y líneas de conducción que van de los 250 mm (10") hasta los 100 mm (4") de diámetro.
- En lo que respecta al alcantarillado, se propone construir nueva infraestructura; un emisor de 45 cm de diámetro, un colector principal de 30 cm y 38 cm de diámetro, tres subcolectores de 30 cm de diámetro y una planta de tratamiento con capacidad para sanear 25 l.p.s.

## Recomendaciones.

- Se recomienda que los tres pozos existentes, que llevan cierto tiempo operando y ofertan un caudal bajo, sigan en un principio operando como hasta la fecha, por lo que habrá la necesidad de reequiparlos para que sigan operando (se estima un periodo de 5 a 8 años) posteriormente se cancelarán para dar paso a la obra, nueva consistente en la perforación de dos pozos profundos para el nuevo sistema de agua potable que cubrirá tanto las demandas actuales como futuras.
- La fuente de abastecimiento susceptible de aprovechamiento sea el acuífero de la Cuenca del Salado, y la obra de captación serán dos pozos profundos que estarán localizados al sur de la población. Los pozos tendrán una profundidad de 150 m y un gasto de 19.00 l.p.s cada uno y equipados con una bomba centrífuga vertical tipo turbina.
- Es conveniente que se sigan utilizando todos los tanques de regularización existentes, pues se encuentran en buen estado de conservación y es necesario la construcción de un tanque de regularización de mampostería con una capacidad de 250m<sup>3</sup> ubicado en la zona alta, el cual será alimentado por el pozo de proyecto este tanque contara con toda la fontanería necesaria para su adecuada operación (fontanería de llegada, fontanería de salida, fontanería de desagüe, fontanería de excedencias y de ventilación), con la capacidad de la demanda futura.
- Se recomienda reparar las líneas de conducción existentes para que sigan funcionando hidráulicamente como hasta la fecha, y se construirá la línea proveniente de los nuevos pozos profundos que abastecerán a los tanques existentes y al tanque de proyecto localizado en la parte alta de la localidad en la cota 1587.00 m.s.n.m. El diámetro de éstas líneas serán de 250 mm (10”) hasta 100 mm (4”) con una longitud total aproximada de 8.7 Km. y material de Fibro-Cemento y PVC; en las nuevas líneas se colocarán las piezas especiales necesarias para su correcta instalación, así como, Válvulas de Admisión y Expulsión de Aire y Desagües y su correspondiente Caja de Operación de Válvulas.
- Toda la infraestructura existente se seguirá aprovechando y se rehabilitará con la finalidad de que siga operando como hasta la fecha, para cubrir la demanda actual ya sea en forma parcial o total (durante un periodo de 5 a 8 años), finalmente se cancelará para dar paso a las obras nuevas que cubrirán las demandas futuras al año 2040.
- Realizar el estudio del sistema separado de aguas pluviales.

## Bibliografía.

- Alegría, Pedro López. (2009). *ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN Y ELIMINACIÓN DE EXCRETAS*. Mexico, DF: Alfaomega.
- Araceli, Sánchez Segura. (2001). *PROYECTO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO*. MEXICO, DF: INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.
- Civilgeeks.com. (07 de octubre de 2010). *la web del ingeniero civil*. Recuperado el 2010, de la web del ingeniero civil: <http://civilgeeks.com/2010/10/07/calculo-de-poblacion-y-periodo-de-diseno-sistema-de-agua-potable/>.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (31 de diciembre de 2009). *www.conagua.gob.mx*. Recuperado el 2010, de [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx): <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-29.pdf>.
- Google earth. (01 de Diciembre de 2010). *Google earth*. Recuperado el Diciembre de 2010, de Google earth: <http://www.google.com/earth/index.html>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1993). *Anuario Estadístico del estado de OAXACA*. Recuperado el 01 de Diciembre de 2010, de Anuario Estadístico del estado de OAXACA: [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/anuario\\_est/oax/1993/aeo93i.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/anuario_est/oax/1993/aeo93i.pdf).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 2010, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía : <http://www.inegi.org.mx/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (01 de Diciembre de 2010). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Recuperado el 2010, de Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=20>.
- Tule, A. d. (2002). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de Mexico*. Recuperado el 31 de diciembre de 2010, de Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de Mexico: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM20oaxaca/municipios/20409a.html>.
- Unidad de Programas Rurales y Participación Social. (01 de Diembre de 2010). *Consejos de Cuenca de la Costa de Oaxaca*. Recuperado el 2010, de Consejos de Cuenca de la Costa de Oaxaca:



[ftp://ftp.consejosdecuenca.org.mx/pub/downloads/docs\\_basicos/ejecutivos/11-CO.pdf](ftp://ftp.consejosdecuenca.org.mx/pub/downloads/docs_basicos/ejecutivos/11-CO.pdf).

wikipedia. (27 de abril de 2013). *es.wikipedia.org*. Recuperado el 2013, de *es.wikipedia.org*: [https://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales](https://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas_residuales).

wikipedia. (24 de abril de 2013). *Oaxaca*. Recuperado el 2013, de *Oaxaca*: <http://es.wikipedia.org/wiki/Oaxaca>

## Índice de figuras.

Figura I.1. Localización del Municipio santa maría el tule .....	01
Figura I.2. Localización del poblado de Santa María el Tule Estado de Oaxaca.....	02
Figura I.3. División político administrativa.....	03
Figura I.4. Clima .....	04
Figura I.5. Orografía e Hidrografía.....	05
Figura I.6. Uso de suelo y vegetación .....	07
Figura I.7. Localidades e infraestructura para el transporte .....	08
Figura II.1. Tasa de crecimiento media anual (porcentaje), Edo. De Oaxaca .....	11
Figura II.2. Proyección de tasa de crecimiento media anual (1.4%).....	12
Figura II.3. Proyección de tasa de crecimiento media anual (1.6%).....	13
Figura II.4. Proyección de tasa de crecimiento media anual (1.8%).....	13
Figura III.1. Localización del pozo I .....	23
Figura III.2. Pozo I .....	23
Figura III.3. Localización del pozo II .....	24
Figura III.4. Pozo II .....	25
Figura III.5. Localización del pozo III .....	26
Figura III.6. Pozo III .....	26
Figura III.7. Localización línea de conducción pozo I-Tanque elevado No. 1 .....	27
Figura III.8. Localización línea de conducción pozo II-Tanque elevado No. 2.....	28
Figura III.9. Croquis de localización línea de conducción pozo III-Tanque elevado No. 3 .....	29
Figura III.10. Localización línea de conducción pozo III-Tanque elevado No. 4.....	30
Figura III.11. Localización línea de conducción Tanque de regularización No. 1 .....	31
Figura III.12. Tanque No.1.....	31
Figura III.13. Localización del tanque de regularización No. 2 .....	32
Figura III.14. Tanque No. 2.....	33
Figura III.15. Localización del tanque de regularización No. 3 .....	34
Figura III.16. Tanque No. 3.....	34
Figura III.17. Localización del Tanque de regularización No. 4 .....	35
Figura III.18. Tanque No. 4.....	36
Figura V.1. Obra de captación, 2 pozos profundos de proyecto.....	45
Figura V.2. Línea de conducción de proyecto .....	46
Figura V.3. Tanque de regularización de mampostería con una capacidad de 250 m <sup>3</sup> ....	47
Figura V.4. Zona 1. Se localiza entre las calles Camino Nacional, Privada Camino Nacional, Álvaro Obregón y El Río Salado, donde se localiza el tanque existente No. 1 48	
Figura V.5. Zona 2. Se localiza entre las calles Camino Nacional, Álvaro Obregón, Guerrero y Camino a la Raya, donde se localiza el tanque existente No. 2 .....	49
Figura V.6. Zona 3. Se localiza entre las calles el Arenal, Los Sabinos, Camino Nacional y Camino del Cura, donde se localiza el Tanque elevado existente No. 3 .....	50
Figura V.7. Zona 4. Se localiza entre las calles Los Sabinos, Camino Antiguo a Santo Domingo y Camino Nacional, donde se localiza el Tanque elevado existente No. 4 ....	51
Figura V.8. Zona 5 Se estableció entre la Cota 1,572 m.s.n.m. (donde se localiza el Tanque de proyecto de 250 m <sup>3</sup> de capacidad), y la Cota 1,555 m.s.n.m .....	52



Figura V.9. Colector principal tiene un desarrollo total de 3035 m con tubería de 30 y 38 cm de diámetro.....	53
Figura V.10. Subcolector 1 tiene un desarrollo total de 378 m con tubería de 30 cm de diámetro.....	54
Figura V.11. Subcolector 2 tiene un desarrollo total de 878 m con tubería de 30 cm de diámetro.....	55
Figura V.12. Subcolector 3 , tiene un desarrollo total de 674 m con tubería de 30 cm de diámetro.....	56
Figura V.13. Colector marginal , tiene un desarrollo total de 2,593 m con tubería de 30 y 45 cm de diámetro.....	57
Figura V.14. Emisor, tiene un desarrollo total de 650 m con tubería de 45 cm de diámetro .....	58
Figura V.15. Planta de tratamiento de proyecto para gasto medio de proyecto de 25 l.p.s .....	59



## Índice de tablas

Tabla I.1. Usos del agua.....	06
Tabla I.2. Aguas residuales .....	06
Tabla I.3. Capacidad de tratamiento de aguas residuales.....	06
Tabla II.1. Población al año 1990, 1995, 2000, 2005, de los Centros poblacionales de la Cuenca del río Atoyac .....	11
Tabla II.2. Comportamiento de la población con la tasa de crecimiento de 1.8%.....	14
Tabla II.3. Datos básicos de proyecto de agua potable Santa María el Tule, Oaxaca ....	17
Tabla II.4. Datos básicos de proyecto de alcantarillado sanitario .....	21
Tabla III.1. Sistema actual de abastecimiento de agua potable.....	37
Tabla IV.1. Antepresupuesto del sistema de abastecimiento a condiciones actuales .....	41
Tabla IV.2. Antepresupuesto de las obras a condiciones futuras (año 2040).....	42
Tabla IV.3. Antepresupuesto de las obras de alcantarillado sanitario a condiciones actuales .....	43
Tabla IV.4. Antepresupuesto de las obras de alcantarillado sanitario a condiciones futuras (año 2040) .....	43

## ANEXOS

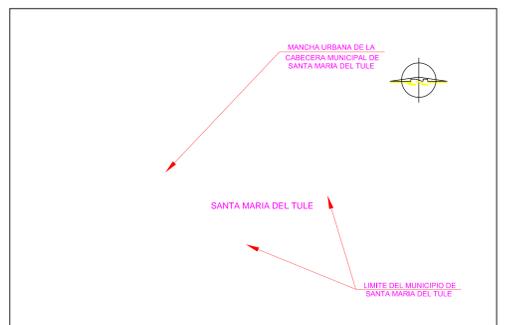
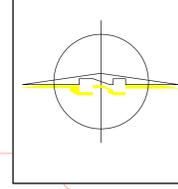
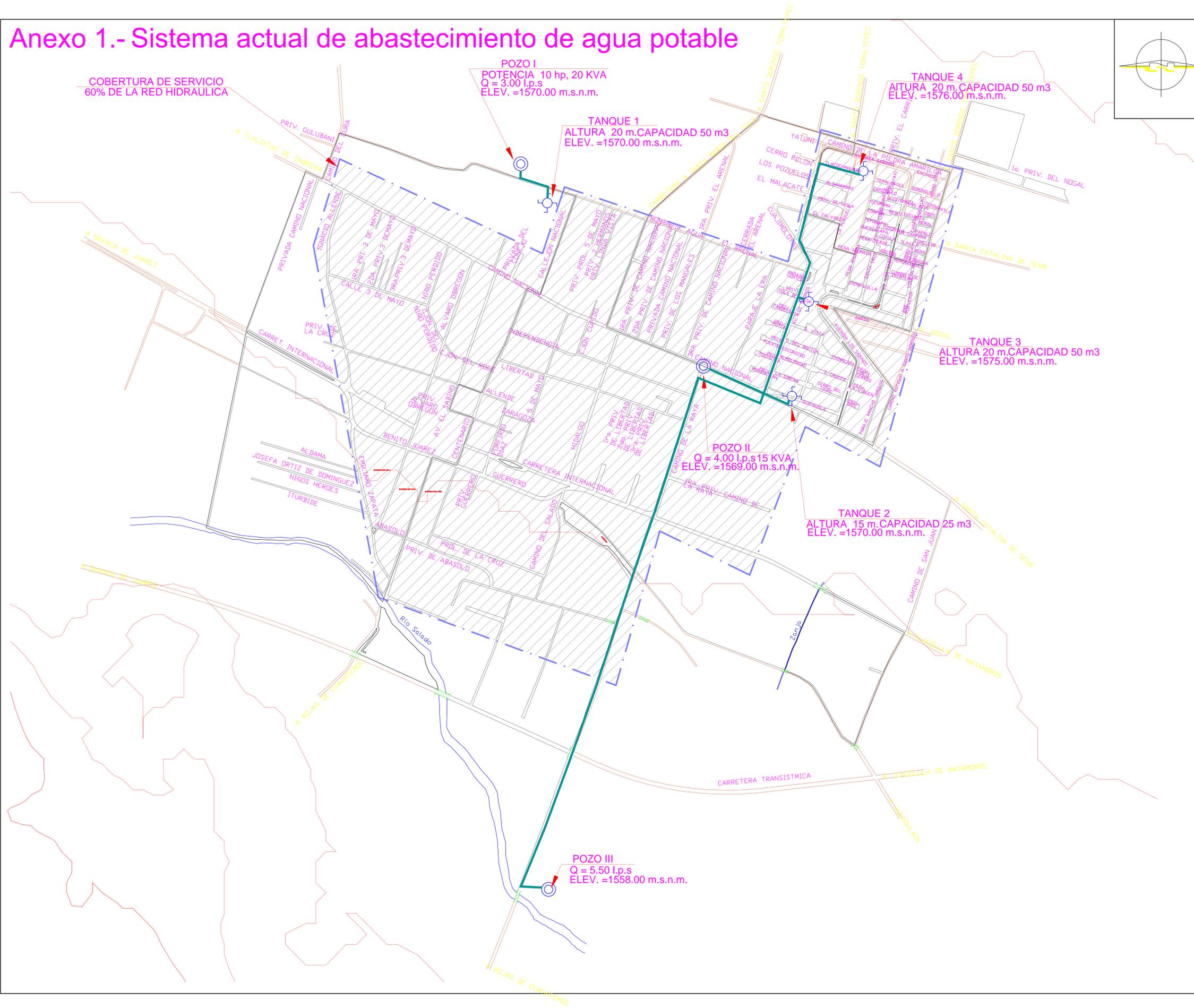
Anexo 1.- Plano del sistema actual de abastecimiento de agua potable.

Anexo 2.- Plano del planteamiento de solución para el sistema de abastecimiento de agua potable en condiciones futuras.

Anexo 3.- Plano del sistema actual de alcantarillado sanitario.

Anexo 4.- Plano del planteamiento de solución del sistema de alcantarillado sanitario a condiciones futuras.

# Anexo 1.- Sistema actual de abastecimiento de agua potable



**CROQUIS DE LOCALIZACION**

SISTEMA ACTUAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
CONCEPTO	CONDICION DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA ACTUAL (2010)	REQUERIMIENTOS A SITUACION ACTUAL (2010)
POB. SERVIDA	9030	9030
DOTACION DE PROYECTO	150	150
GASTO MEDIO ANUAL (l.p.s.)	--	15.68
GASTO MAXIMO DIARIO (l.p.s.)	12.50	21.95
GASTO MAXIMO HORARIO (l.p.s.)	--	34.02
COEF. DE VARIACION DIARIO	--	1.4
COEF. DE VARIACION HORARIA	--	1.55
FUENTE DE ABASTECIMIENTO	AGUAS SUBTERRANEAS	
OBRAS DE CAPTACION	1.- POZO I 2.- POZO II 3.- POZO III	1.- POZO I 2.- POZO II 3.- POZO III 4.- POZO DE PROYECTO
CAPAC. DE REGULARIZACION q Ab	175.00	242.00

\* (1) SE PRESENTA UN DEFICIT DE 9.45 l.p.s.  
\* (2) SE PRESENTA UN DEFICIT DE 66.00 l.p.s.

### SIMBOLOGIA

- POZO PROFUNDO
- TANQUE DE REGULARIZACION
- LIMITE DE LA COBERTURA DE SERVICIO
- AREA DE LA COBERTURA DE SERVICIO DE LA RED DE DISTRIBUCION

ESTUDIO DE SOSTENIBILIDAD INTEGRAL

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA  
Y ARQUITECTURA U. ZACATENCO

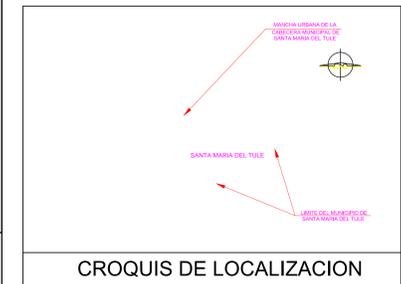
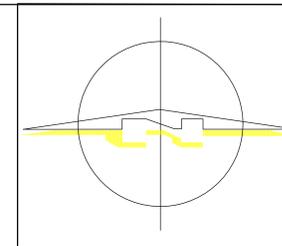
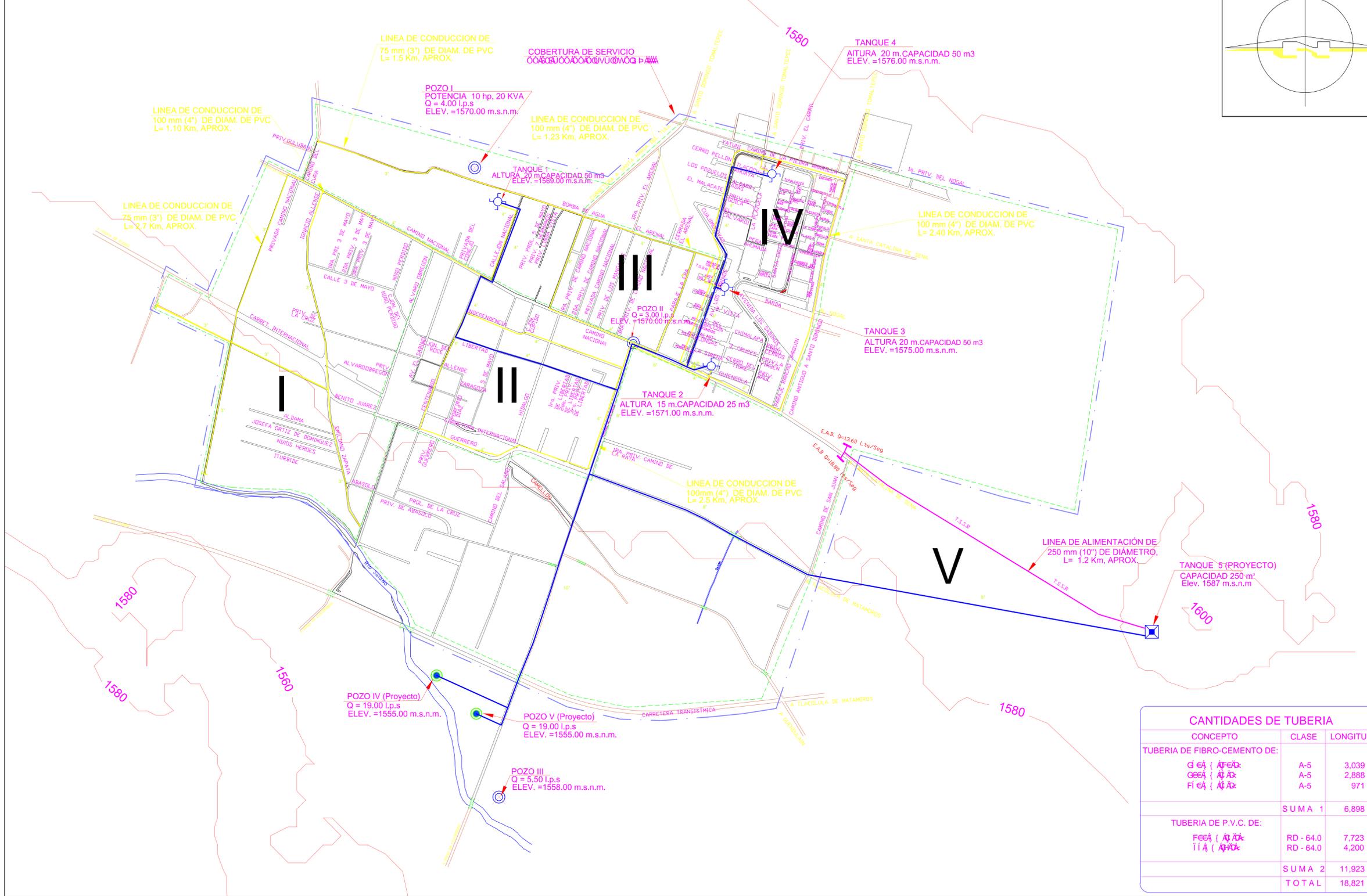
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y OBRAS DE SANEAMIENTO INTEGRAL PARA CONSERVAR Y MANTENER EL SANEAMIENTO DE LA CUENCA DEL RIO ATOYAC

## SISTEMA ACTUAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

### LOCALIDAD DE SANTA MARIA DEL TULE (CABECERA MUNICIPAL)

FECHA	PLANO	ESCALA
02-04-2011	1:1000	SIN ESC

## Anexo 2.- Planteamiento de solución para el sistema de abastecimiento de agua potable a condiciones futuras



SISTEMA ACTUAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
CONCEPTO	CONDICION DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA ACTUAL (2010)	REQUERIMIENTOS A SITUACION FUTURA (2040)
POBLACION ACTUAL AÑO 2010 (HAB.)	9030	15,421
DOTACION DE PROYECTO (l/hab/día)		
GASTO MEDIO ANUAL (l.p.s.)	--	26.77
GASTO MAXIMO DIARIO (l.p.s.)	12.50	37.48
GASTO MAXIMO HORARIO (l.p.s.)	--	58.09
COEF. DE VARIACION DIARIO	--	1.4
COEF. DE VARIACION HORARIA	--	1.55
FUENTE DE ABASTECIMIENTO	AGUAS SUBTERRANEAS	
OBRAS DE CAPTACION		
CAPACIDAD DE REGULARIZACION DEMANDADA (m <sup>3</sup> )	140	413

	SIMBOLOGIA	
	CONDICIONES ACTUALES	CONDICIONES FUTURAS
POZO PROFUNDO		
TANQUE ELEVADO		
TANQUE DE REGULARIZACION		
LINEA DE CONDUCCION		
BY-PASS		
LIMITE DE LA COBERTURA DE SERVICIO		
TUBERIA SIN SERVICIO EN RUTA		T.S.S.R.
ENTREGA DE AGUA EN BLOQUE		E.A.B.
DIAMETRO DE TUBERIA EN PULGADAS		6"



CANTIDADES DE TUBERIA		
CONCEPTO	CLASE	LONGITUD
TUBERIA DE FIBRO-CEMENTO DE:		
GEA (A) A-5	A-5	3,039
GEA (A) A-5	A-5	2,888
FEA (A) A-5	A-5	971
SUMA 1		6,898
TUBERIA DE P.V.C. DE:		
FEA (A) A-5	RD - 64.0	7,723
FEA (A) A-5	RD - 64.0	4,200
SUMA 2		11,923
TOTAL		18,821

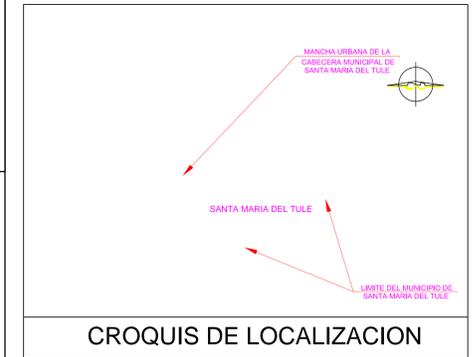
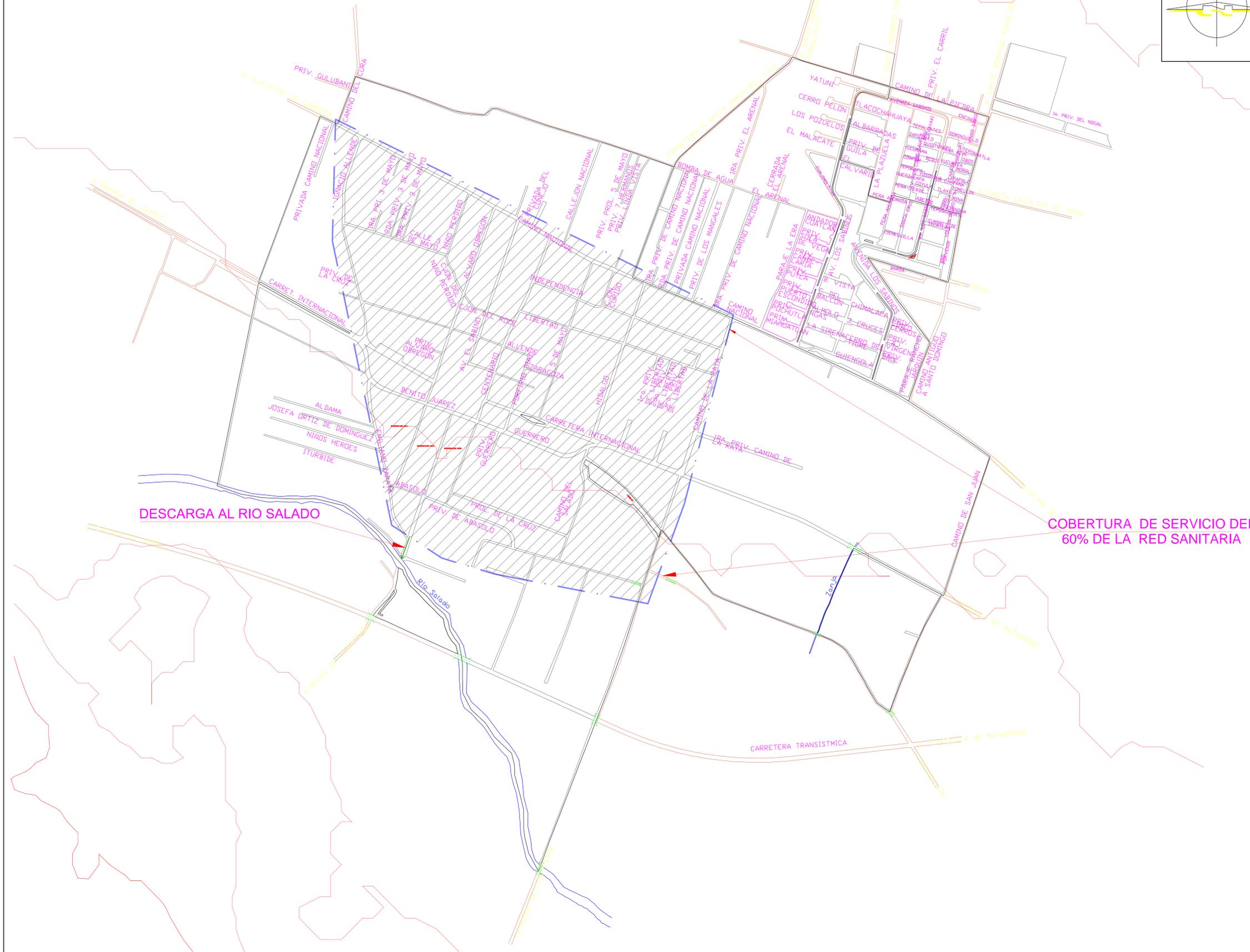
**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA U. ZACATECO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y OBRAS DE SANEAMIENTO INTEGRAL PARA CONSERVAR Y MANTENER EL SANEAMIENTO DE LA CUENCA DEL RIO ATOTYAC

**PLANTEAMIENTO DE SOLUCION PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A CONDICIONES FUTURAS**  
 LOCALIDAD DE SANTA MARIA DEL TULE (CABECERA MUNICIPAL)

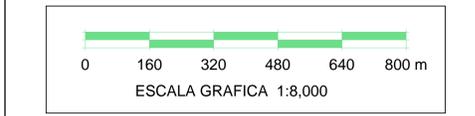
FECHA:	PLANO:	ESCALA:
AÑO 2013	ÚNICO	SIN ESC.

# Anexo 3.- Sistema actual de alcantarillado sanitario.



SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	
CONCEPTO	REQUERIMIENTOS A SITUACION ACTUAL (2010)
U.S. (Habitantes)	9030
DOTACION DE PROYECTO	150
APORTACION (80% DOTACION)	120
GASTO MINIMO (l.p.s)	6.27
GASTO MEDIO ANUAL (l.p.s.)	12.54
GASTO MAXIMO INSTANTANEO (l.p.s.)	37.62
GASTO MAXIMO EXTRAORDINARIO (l.p.s.)	56.43
COEFICIENTE DE SEGURIDAD	1.5
VELOCIDAD MINIMA	0.3 m / Seg.
VELOCIDAD MAXIMA	3.00 m / Seg.
SISTEMA	SEPARADO DE AGUAS NEGRAS
FORMULAS	HARMON Y MANNING
NATURALEZA DEL SITIO DE VERTIDO	PLANTA DE TRATAMIENTO
SISTEMA DE ELIMINACION	GRAVEDAD

Para poblaciones de hasta 1,000 hab. se considera el factor de 3.80  
 Para poblaciones entre 1,001 y 5,000 hab. se aplica el factor de 2.17  
 Para poblaciones mayores de 5,001 hab. se aplica el factor 2.17



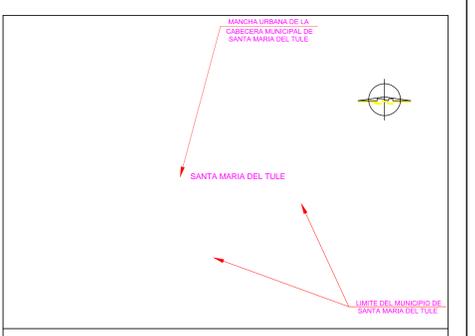
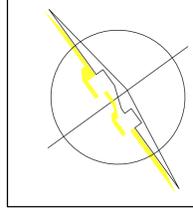
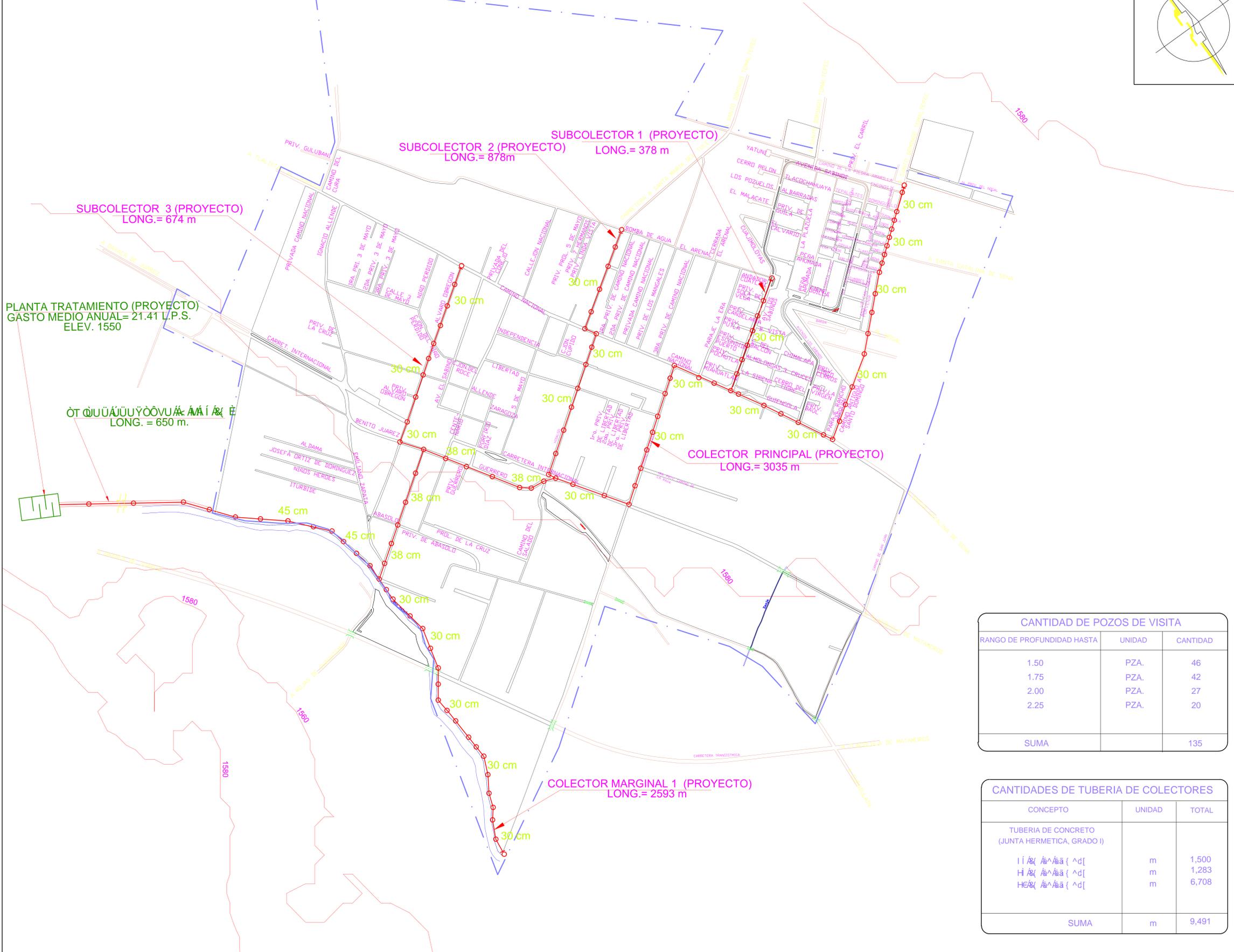
**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA**  
**Y ARQUITECTURA U. ZACATENCO**

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y OBRAS DE SANEAMIENTO INTEGRAL PARA CONSERVAR Y MANTENER EL SANEAMIENTO DE LA CUENCA DEL RIO ATOYAC

**SISTEMA ACTUAL DE ALCANTARILLADO SANITARIO**  
**LOCALIDAD DE SANTA MARIA DEL TULE**  
**(CABECERA MUNICIPAL)**

FECHA	PLANO	ESCALA
05/08/18	100	1:8,000

# Anexo 4.- Planteamiento de solución del sistema de alcantarillado sanitario a condiciones futuras



CROQUIS DE LOCALIZACION

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	
CONCEPTO	REQUERIMIENTOS A SITUACION FUTURA (2040)
POBLACION ACTUAL AÑO 2040 (HAB.)	15,421
DOTACION DE PROYECTO	150 (l/hab/día)
APORTACION (80% DOTACION)	120 (l/hab/día)
GASTO MINIMO (l.p.s.)	10.71
GASTO MEDIO ANUAL (l.p.s.)	21.41
GASTO MAXIMO INSTANTANEO (l.p.s.)	59.30
GASTO MAXIMO EXTRAORDINARIO (l.p.s.)	88.95
COEFICIENTE DE SEGURIDAD	1.5
VELOCIDAD MINIMA	0.3 m / Seg.
VELOCIDAD MAXIMA	3.00 m / Seg.
SISTEMA	SEPARADO DE AGUAS NEGRAS
FORMULAS	HARMON Y MANNING
NATURALEZA DEL SITIO DE VERTIDO	PLANTA DE TRATAMIENTO (Proyecto)
SISTEMA DE ELIMINACION	GRAVEDAD

Para poblaciones de hasta 1,000 hab. se considera el factor de 3.80  
 Para poblaciones de hasta 63,454 hab. se aplica la fórmula de Harmon.  
 Para poblaciones mayores de 63,454 hab. se aplica el factor 2.17

SIMBOLOGIA	
PLANTA DE TRATAMIENTO	
EMISOR A LA PLANTA DE TRATAMIENTO	
COBERTURA DE SERVICIO SANITARIO	
CABEZA DE COLECTORES	
POZO DE VISITA	
CURVAS DE NIVEL	
SENTIDO DE ESCURRIMIENTO DE LOS AFLUENTES NATURALES	
SENTIDO DE ESCURRIMIENTO DE EN LOS COLECTORES	
DIAMETRO DE TUBERIA EN CENTIMETROS	30 cm

CANTIDAD DE POZOS DE VISITA		
RANGO DE PROFUNDIDAD HASTA	UNIDAD	CANTIDAD
1.50	PZA.	46
1.75	PZA.	42
2.00	PZA.	27
2.25	PZA.	20
SUMA		135

CANTIDADES DE TUBERIA DE COLECTORES		
CONCEPTO	UNIDAD	TOTAL
TUBERIA DE CONCRETO (JUNTA HERMETICA, GRADO I)		
11.50	m	1,500
13.33	m	1,283
15.16	m	6,708
SUMA	m	9,491



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA  
Y ARQUITECTURA U. ZACATENCO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA DETERMINAR LAS NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y OBRAS DE SANEAMIENTO INTEGRAL PARA CONSERVAR Y MANTENER EL SANEAMIENTO DE LA CUENCA DEL RIO ATOYAC

**PLANTEAMIENTO DE SOLUCION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO A CONDICIONES FUTURAS**  
LOCALIDAD SANTA MARIA DEL TULE (CABECERA MUNICIPAL)

FECHA	PLANO	ESCALA
AÑO 2013	ÚNICO	SIN ESC.