



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

**GEORREFERENCIACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE  
AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA  
POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL, ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA**

**Rocío del Carmen Valdés Sandoval**

Asesorado por el Ingeniero Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, noviembre de 2020



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GEORREFERENCIACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE  
AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA  
POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL, ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ROCÍO DEL CARMEN VALDÉS SANDOVAL**

ASESORADO POR EL INGENIERO SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                       |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA     | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I    | Ing. José Francisco Gómez Rivera      |
| VOCAL II   | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez   |
| VOCAL III  | Ing. José Milton de León Bran         |
| VOCAL IV   | Br. Christian Moisés de la Cruz Leal  |
| VOCAL V    | Br. Kevin Armando Cruz Lorente        |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez       |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|             |  |
|-------------|--|
| DECANA      | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada      |
| EXAMINADOR  | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco         |
| EXAMINADORA | Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto |
| EXAMINADOR  | Ing. Silvio José Rodríguez Serrano         |
| SECRETARIO  | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez            |



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**GEORREFERENCIACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL, ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 27 de agosto de 2018.

**Rocío del Carmen Valdés Sandoval**





Guatemala, 15 de octubre de 2019  
REF.EPS.DOC.714.10.2019

Ingeniero  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente.

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco.

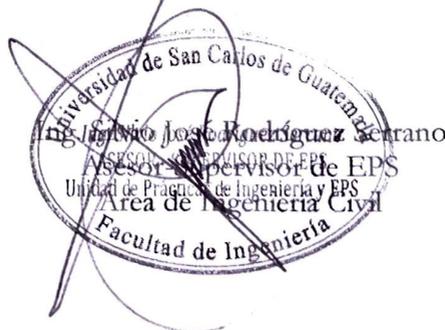
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Rocío Del Carmen Valdés Sandoval**, Registro Académico 201314403 y CUI 2974 84540 2101 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **GEORREFERENCIACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA COLONIA VALLE DEL SOL, ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



c.c. Archivo  
SJRS/ra





Guatemala, 31 de octubre de 2019  
EIC-JP-007-2019/jcl

Ingeniero  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Ingeniero Aguilar:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **GEORREFERENCIACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL, ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Rocío del Carmen Valdés Sandoval, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, no está demás indicarle que el presente trabajo de graduación fue desarrollado en la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.).

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la Ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**



Ing. Civil Juan Carlos Linares **USAC**  
Jefe Del Departamento de Planeamiento

Cc: Estudiante Rocío del Carmen Valdés Sandoval  
Archivo







Guatemala, 22 de abril de 2,020

Ingeniero

Pedro Antonio Aguilar Polanco

Director de Escuela de Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **GEORREFERENCIACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL, ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil **Rocío del Carmen Valdés Sandoval**, con DPI 2974845402101, Registro Académico No. 201314403, quién contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa

Revisor del Departamento de Hidráulica

/remo







Guatemala, 07 de mayo de 2020  
REF.EPS. D.01.05.2020

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **GEORREFERENCIACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL, ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Rocío del Carmen Valdés Sandoval**, CUI 2974 84540 2101 y **Registro Académico 201314403**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte del Asesor-Supervisor, como director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Osicar Argueta Hernandez  
Director Unidad de EPS



OAH

**Nota:** esta carta es una copia de la original, la cual se sustituirá por la original al momento de que se normalicen las actividades en la Universidad.





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

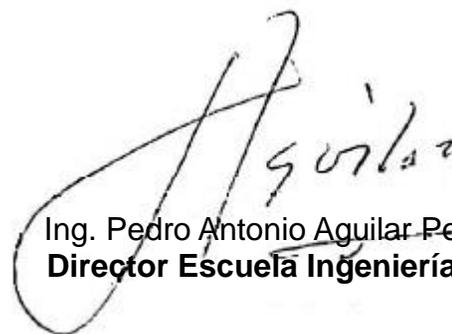
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala, 14 de mayo de 2020  
DEIC-TG-EPS-003-2020/paap

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor de EPS Ingeniero Silvio José Rodríguez Serrano, del revisor del Departamento de Hidráulica Ingeniero Rafael Enrique Morales Ochoa, del Departamento de Planeamiento Ingeniero Juan Carlos Linares Cruz y del Director de la Unidad de EPS Ingeniero Oscar Argueta Hernández al trabajo de graduación correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la estudiante Rocío del Carmen Valdés Sandoval **GEORREFERENCIACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL, ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
**Director Escuela Ingeniería Civil**



Interesado  
Asesor  
Director Unidad EPS  
Jefe del Departamento de Hidráulica  
Jefe del Departamento de Planeamiento



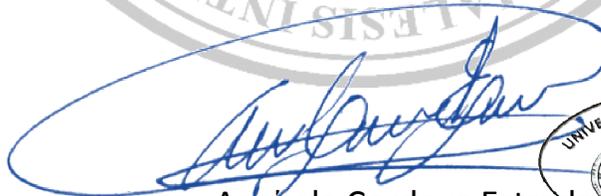
*Más de 140 años de Trabajo y Mejora Continua*



DTG. 371.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **GEORREFERENCIACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA 1 Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL, ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria: **Rocío del Carmen Valdés Sandoval**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, noviembre de 2020

AACE/asga



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Mis padres** Carolina Sandoval y Carlos Ramiro Valdés; por su sacrificio y gran esfuerzo. Gracias por su cariño y apoyo incondicional.
- Mis hermanos** Ana Michele y Juan Carlos Valdés Sandoval, Erick Berganza; por sus consejos, apoyo y ser mi ejemplo por seguir.
- Mis ahijadas y sobrinas** Ana Sofía y Liza Adriana Berganza Valdés, por ser fuente de inspiración para ser un ejemplo para ellas.
- Mis abuelos** Por sus enseñanzas y cariño que siempre tengo presente.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Familia Berganza Valdés** Por el cariño y apoyo en todo momento y alentarme a seguir adelante.
- Mis amigos y compañeros de la Facultad** Agradezco su apoyo, gratos recuerdos y experiencias vividas durante estos años.
- Ing. Silvio Rodríguez e Ing. Manuel Arrivillaga** Por ser personas que dedican su tiempo a compartir sus conocimientos y formar personas de bien. Gracias por su tiempo y paciencia.
- Mancomunidad Gran Ciudad del Sur** Por abrirme las puertas para realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado. Gracias por sus consejos y ayuda brindada.
- Municipalidad de Mixco** En especial a la Dirección de Aguas y Drenajes por permitirme realizar este proyecto y proporcionarme los medios necesarios para su elaboración.
- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por ser la casa de estudios que me formó como profesional y me abrió las puertas a un mundo diferente.



## ÍNDICE GENERAL

|  |      |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....   | V    |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....  | VII  |
| GLOSARIO .....   | IX   |
| RESUMEN.....   | XI   |
| OBJETIVOS.....   | XIII |
| INTRODUCCIÓN .....   | XV   |
| <br>   |      |
| 1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....   | 1    |
| 1.1. Monografía del municipio de Mixco .....   | 1    |
| 1.1.1. Ubicación y localización.....   | 3    |
| 1.1.2. Límites y colindancias.....   | 4    |
| 1.1.3. Clima .....   | 5    |
| 1.1.4. Población .....   | 6    |
| 1.1.5. Servicios existentes .....  | 6    |
| <br>   |      |
| 2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL .....  | 7    |
| 2.1. Georreferenciación y digitalización del sistema de<br>abastecimiento de agua potable de la zona 1 ..... | 7    |
| 2.1.1. Fundamentos teóricos .....  | 7    |
| 2.1.1.1. Georreferenciación .....  | 7    |
| 2.1.1.2. Digitalización.....   | 8    |
| 2.1.1.3. Sistema de coordenadas geográficas....  | 8    |
| 2.1.1.4. Coordenadas UTM (Universal<br>Tranversal Mercador) .....  | 9    |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 2.1.1.5.   | Coordenadas GTM (Guatemala<br><i>Transversal Mercador</i> ) ..... | 9  |
| 2.1.1.6.   | Sistemas de Información Geográfica<br>(SIG).....                  | 10 |
| 2.1.1.6.1. | Aplicaciones de los<br>SIG .....                                  | 11 |
| 2.1.1.6.2. | Modelos lógicos .....   | 12 |
| 2.1.1.6.3. | Campos.....   | 14 |
| 2.1.1.6.4. | Metadatos .....   | 14 |
| 2.1.1.6.5. | Tablas de atributos.....  | 14 |
| 2.1.2.     | Metodología para el levantamiento de<br>información.....          | 14 |
| 2.1.2.1.   | Convocatoria a personal municipal .....                           | 15 |
| 2.1.2.2.   | Boletas de campo.....   | 15 |
| 2.1.2.2.1. | Boleta de válvulas<br>regulizadoras.....                          | 15 |
| 2.1.2.2.2. | Boleta de red de agua<br>potable .....                            | 15 |
| 2.1.2.2.3. | Boleta de pozos de<br>agua potable .....                          | 16 |
| 2.1.2.2.4. | Boleta de tanques de<br>almacenamiento.....                       | 16 |
| 2.1.2.3.   | Levantamiento de información en<br>ortofotos impresas.....        | 16 |
| 2.1.2.4.   | Visitas de campo a pozos mecánicos ..                             | 17 |
| 2.1.3.     | Digitalización de datos en el software QGIS .....                 | 18 |
| 2.1.3.1.   | Creación de capas vectoriales .....                               | 18 |
| 2.1.3.2.   | Dibujo de geometría .....   | 18 |
| 2.1.3.3.   | Registro de tabla de atributos.....                               | 19 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.1.4. | Georreferenciación y digitalización del sistema de distribución de agua potable de la zona 1 de Mixco ..... | 20 |
|        | 2.1.4.1.1. Válvulas reguladoras ....  | 21 |
|        | 2.1.4.1.2. Red de agua potable ....   | 21 |
|        | 2.1.4.1.3. Pozos de agua potable .....  | 22 |
|        | 2.1.4.1.4. Tanques de almacenamiento .....  | 23 |
| 2.2.   | Diseño del sistema de distribución de agua potable en colonia valle del sol, zona 4, Mixco .....            | 24 |
| 2.2.1. | Descripción del proyecto .....  | 24 |
| 2.2.2. | Obras existentes .....  | 25 |
| 2.2.3. | Levantamiento topográfico .....   | 25 |
|        | 2.2.3.1. Planimetría.....   | 26 |
|        | 2.2.3.2. Altimetría.....  | 26 |
| 2.2.4. | Caudal de la fuente existente .....   | 26 |
| 2.2.5. | Calidad del agua.....   | 27 |
| 2.2.6. | Parámetros de diseño.....   | 28 |
|        | 2.2.6.1. Período de diseño.....   | 28 |
|        | 2.2.6.2. Población actual .....   | 28 |
|        | 2.2.6.3. Población futura.....  | 29 |
|        | 2.2.6.4. Dotación .....   | 29 |
| 2.2.7. | Caudal del sistema .....  | 30 |
|        | 2.2.7.1. Caudal medio diario.....   | 30 |
|        | 2.2.7.2. Caudal máximo diario .....   | 31 |
|        | 2.2.7.3. Caudal máximo horario.....   | 32 |
| 2.2.8. | Línea de conducción.....  | 33 |
|        | 2.2.8.1. Pozo 04-02-VSOL.....   | 34 |

|                       |  |     |
|-----------------------|--|-----|
| 2.2.8.2.              | Pozo 04-01-VSOL .....                  | 45  |
| 2.2.9.                | Red de distribución.....               | 47  |
| 2.2.9.1.              | Velocidades del sistema.....           | 47  |
| 2.2.9.2.              | Presiones del sistema .....            | 48  |
| 2.2.10.               | Tanque elevado de almacenamiento ..... | 48  |
| 2.2.10.1.             | Volumen de almacenamiento .....        | 48  |
| 2.2.10.2.             | Dimensionamiento del tanque .....      | 51  |
| 2.2.11.               | Sistema de desinfección.....           | 86  |
| 2.3.                  | Presupuesto .....                      | 88  |
| 2.4.                  | Cronograma .....                       | 89  |
| 2.5.                  | Estudio de impacto ambiental .....     | 90  |
| CONCLUSIONES.....     |  | 91  |
| RECOMENDACIONES ..... |  | 93  |
| BIBLIOGRAFÍA.....     |  | 95  |
| APÉNDICES.....        |  | 99  |
| ANEXOS.....           |  | 113 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Mapa de ubicación del municipio de Mixco .....   | 2  |
| 2.  | Mapa de ubicación de zona 1 de Mixco .....   | 3  |
| 3.  | Mapa de ubicación de colonia Valle del Sol .....   | 4  |
| 4.  | Latitud y longitud .....   | 8  |
| 5.  | Formato vectorial y ráster.....  | 13 |
| 6.  | Recopilación de información del sistema de abastecimiento de agua potable de la zona 1 de Mixco..... | 17 |
| 7.  | Dibujo de la red de agua potable .....   | 19 |
| 8.  | Metadatos de tubería de agua potable.....  | 20 |
| 9.  | Esquema de tanque elevado de almacenamiento .....  | 50 |
| 10. | Inclinación de techo del tanque elevado .....  | 53 |
| 11. | Planta de torre con cuatro columnas.....   | 54 |
| 12. | Planta de torre, inclinación de columnas.....  | 55 |
| 13. | Corte simple .....   | 81 |
| 14. | Corte punzonante.....  | 82 |

## TABLAS

|      |   |    |
|------|---|----|
| I.   | Municipio de Mixco dividido por áreas.....              | 1  |
| II.  | Cantidad de válvulas en los centros poblados .....      | 21 |
| III. | Red de distribución de la zona 1 .....                  | 22 |
| IV.  | Pozos de agua potable en zona 1 de Mixco.....           | 23 |
| V.   | Tanques de almacenamiento en zona 1 .....               | 24 |
| VI.  | Datos de pozos mecánicos en colonia Valle del Sol ..... | 26 |
| VII. | Cálculo de caudal medio por sectores .....              | 30 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| VIII. | Caudal máximo diario por sectores.....                        | 32 |
| IX.   | Caudal máximo horario por sectores .....                      | 33 |
| X.    | Diámetros comprendidos dentro del rango .....                 | 36 |
| XI.   | Costo de tubería por mes .....                                | 37 |
| XII.  | Costo mensual de bombeo .....                                 | 40 |
| XIII. | Costo mensual del sistema.....                                | 40 |
| XIV.  | Diámetro económico pozo 04-01-VSOL .....                      | 46 |
| XV.   | Carga dinámica total .....                                    | 46 |
| XVI.  | Presupuesto del sistema de distribución de agua potable ..... | 89 |
| XVII. | Cronograma del sistema de distribución de agua potable .....  | 90 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo              | Significado   |
|----------------------|---|
| Q                    | Caudal  |
| cm                   | Centímetros   |
| cm <sup>2</sup>      | Centímetros cuadrados                                   |
| PVC                  | Cloruro de polivinilo                                   |
| Ø                    | Diámetro  |
| GPM                  | Galón por minuto  |
| ° ' "                | Grados, minutos y segundos                              |
| Hab                  | Habitantes  |
| ha                   | Hectárea  |
| HP                   | <i>Horse power</i> , caballos de fuerza                 |
| kg                   | Kilogramo fuerza  |
| kg/cm <sup>2</sup>   | Kilogramo fuerza entre centímetro cuadrado              |
| kg/m <sup>2</sup>    | Kilogramo fuerza entre metro cuadrado                   |
| kg/m <sup>3</sup>    | Kilogramo fuerza entre metro cúbico                     |
| kips                 | Kilolibra ( <i>Kilopounds</i> )                         |
| km <sup>2</sup>      | Kilómetro cuadrado                                      |
| Lb/pulg <sup>2</sup> | Libra entre pulgada cuadrada                            |
| PSI                  | Libra por pulgada cuadrada ( <i>Pound square inch</i> ) |
| L/hab/día            | Litros por habitante por día                            |
| l/s                  | Litros por segundo                                      |
| m                    | Metro   |
| mca                  | Metro columna de agua                                   |
| m <sup>2</sup>       | Metro cuadrado  |

|                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>m<sup>3</sup></b>    | Metro cúbico                      |
| <b>ml</b>               | Metro lineal                      |
| <b>mm</b>               | Milímetro                         |
| <b>”</b>                | Pulgadas                          |
| <b>pulg<sup>2</sup></b> | Pulgada cuadrada                  |
| <b>SIG</b>              | Sistema de información geográfica |
| <b>Ton</b>              | Tonelada métrica                  |

## GLOSARIO

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>ACI</b>          | <i>American Concrete Institute</i> , Instituto Americano del Concreto.   |
| <b>Aforo</b>        | En hidráulica, consiste en la operación de medir el volumen de agua por unidad de tiempo.                        |
| <b>AGIES</b>        | Asociación Guatemalteca de Ingenieros Estructurales.   |
| <b>Agua potable</b> | Es agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos. Debe cumplir con la norma COGUANOR NGO 29001.          |
| <b>ASTM</b>         | <i>American Society of Testing Materials</i> , Sociedad Americana de Ensayos y Materiales.                       |
| <b>Cimentación</b>  | Grupo de elementos que soportan a la súper estructura y se encargan de transmitir las cargas actuantes al suelo. |
| <b>EMPAGUA</b>      | Empresa municipal de agua.   |
| <b>INFOM</b>        | Instituto de Fomento Municipal.  |
| <b>INSIVUMEH</b>    | Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala.                          |

|               |  |
|---------------|--|
| <b>QGIS</b>   | Software libre de sistemas de información geográfica.                  |
| <b>Tanque</b> | Depósito de gran tamaño que se utiliza para contener líquidos o gases. |
| <b>Torre</b>  | Estructura angosta y de diversa altura, sirve de soporte.              |

## RESUMEN

El desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado incluye una fase de diagnóstico que permite detectar los problemas o las necesidades de una comunidad. Por parte de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur se determinó que el municipio de Mixco carecía de un sistema de información geográfica enfocado al abastecimiento de agua. En tal sentido se desarrollaron dos proyectos: la georreferenciación del sistema de abastecimiento de agua potable de la zona 1 y el diseño del sistema de distribución de agua potable para la colonia Valle del Sol en la zona 4, ambos del mismo municipio.

La georreferenciación y digitalización del sistema de abastecimiento de agua potable se desarrolló en el programa QGIS y con la ayuda de herramientas como fotografías aéreas, boletas, entrevistas a supervisores y fontaneros, se pudo localizar y recopilar información respecto de las diferentes estructuras que forman parte de dicho sistema.

En cuanto al diseño del sistema de distribución de agua potable, se encuentra conformado por una línea de conducción por bombeo, una distribución por gravedad desde un tanque elevado, también contando con conexiones domiciliarias; cumpliendo con los parámetros hidráulicos adecuados para cubrir la demanda del vital líquido en el lugar.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Elaborar un sistema de información georreferenciado y digitalizado del abastecimiento de agua potable de la zona 1 y el diseño de un sistema de distribución de agua potable para la colonia Valle del Sol, Mixco, Guatemala.

### **Específicos**

1. Proveer a la municipalidad de Mixco un diseño del sistema de distribución de agua potable eficiente y que cumpla con los parámetros hidráulicos adecuados en la colonia Valle del Sol, zona 4 de Mixco.
2. Realizar levantamientos de información geográfica e hidráulica de la red de agua potable existente en la zona 1 de Mixco, Guatemala.
3. Georreferenciar y digitalizar la información obtenida de la red existente de agua potable en la zona 1 de Mixco para el mejoramiento del servicio público.



## INTRODUCCIÓN

El servicio otorgado por parte de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través del programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), tiene como finalidad el diseño y la planificación de proyectos prioritarios que ayuden al desarrollo del país. En conjunto con la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, se recopiló y organizó la información de la red de sistema de abastecimiento de agua potable en la zona 1 de Mixco. Además, se identificó que el sistema de distribución de agua potable existente en la colonia Valle del Sol había superado su período de diseño, por lo que se estableció un nuevo diseño que cubra las necesidades de la comunidad.

En el proceso de georreferenciación se utilizaron ortofotos para visualizar el área de trabajo y en conjunto con el personal municipal se identificó cada uno de los elementos que conforman el sistema de abastecimiento, entre ellos; las válvulas reguladoras. Son 468 en diferentes diámetros, identificadas dentro de la zona; en cuanto a la red de distribución, la mayoría de la tubería instalada es de PVC. También fueron contabilizados 13 pozos mecánicos municipales, cada uno contando con equipo de cloración. Así mismo, se ubicaron tres tanques de almacenamiento debido a que algunos pozos bombean directamente a la red de distribución.

Posterior a esto se realizó el diseño del sistema de abastecimiento el cual fue dividido en tres sectores con la finalidad de ejercer un mayor control operativo; contemplando dentro de ellos viviendas, comercios, áreas verdes y hospitales. Dicho diseño se encuentra definido por redes de distribución abiertas y cerradas, una red de conducción mediante bombeo y un tanque elevado con capacidad de

160 m<sup>3</sup>. Con la información recopilada se busca satisfacer adecuadamente las necesidades identificadas por medio de la georreferenciación planteada para la población de la zona 1 y 4 del municipio de Mixco.

# 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Monografía del municipio de Mixco

De acuerdo con la Casa de la Cultura de Mixco, según antecedentes históricos, la Villa de Mixco surge con la llegada de los españoles y es Pedro de Alvarado quien la inaugura en 1526, y es hasta 2008 que es elevado a la categoría de ciudad, según Acuerdo Gubernativo 524-99. Mixco es un municipio perteneciente al departamento de Guatemala, con una extensión territorial de alrededor de 134 kilómetros cuadrados el cual se ubica a 14 kilómetros en el extremo oeste de la ciudad de Guatemala. Se divide en 11 aldeas, 5 caseríos, además de su población urbana que se divide en 11 zonas con las coordenadas geográficas de latitud: 14°37'39" norte y longitud: -90°36'6" oeste.<sup>1</sup>

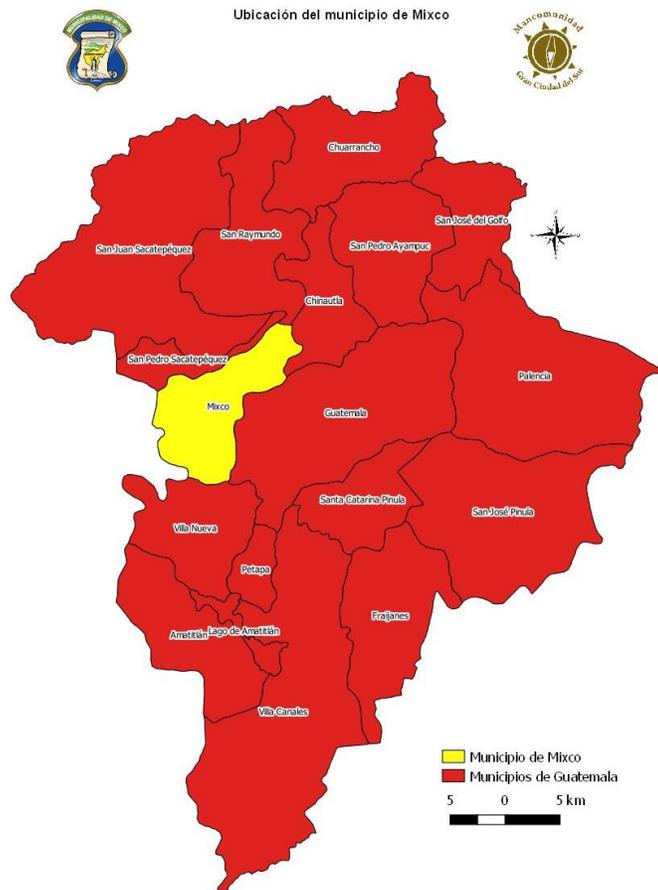
Tabla I. **Municipio de Mixco dividido por áreas**

| ZONA | ÁREA (KM <sup>2</sup> ) | PORCENTAJE | ZONA | ÁREA (KM <sup>2</sup> ) | PORCENTAJE |
|------|-------------------------|------------|------|-------------------------|------------|
| 1    | 20,26                   | 15,35      | 7    | 14,74                   | 11,17      |
| 2    | 7,62                    | 4,17       | 8    | 19,44                   | 14,73      |
| 3    | 5,95                    | 4,51       | 9    | 8,63                    | 6,54       |
| 4    | 15,73                   | 11,92      | 10   | 7,62                    | 5,77       |
| 5    | 4,84                    | 3,67       | 11   | 8,86                    | 6,71       |
| 6    | 20,41                   | 15,46      |      |                         |            |

Fuente: Dirección Municipal de Planificación, municipalidad de Mixco.

<sup>1</sup> GÓMEZ VALLEJO, Carlos Leonel. *Pasado y presente del municipio de Mixco*. p. 1.

Figura 1. **Mapa de ubicación del municipio de Mixco**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS v2.18.16.

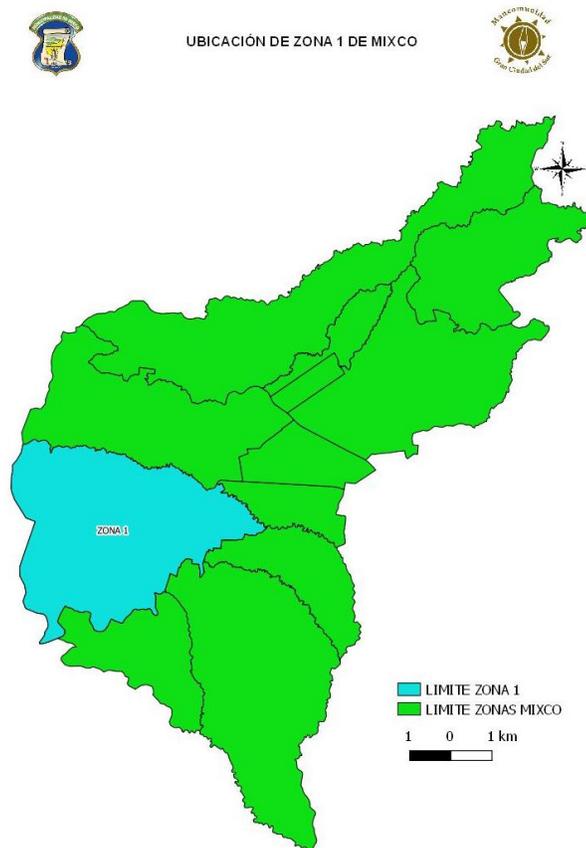
Valle del Sol es una colonia construida en 1968, como un área residencial por lote; actualmente cuenta con servicios públicos como agua potable, alcantarillado sanitario, servicio telefónico, luz eléctrica, y privados como sanatorios, colegios, entre otros.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> LÓPEZ CÁCERES, Irene Magaly. *El agua, un recurso estratégico para el desarrollo*. p. 17.

### 1.1.1. Ubicación y localización

Está en la zona 1 que es el centro del casco urbano municipal, localizado en la latitud  $14^{\circ}37'50''N$  y en la longitud  $90^{\circ}36'21''O$ . Dentro de ella pueden ubicarse las colonias siguientes: Mixco (cabecera municipal), Lomas de Portugal, Lo de Coy, Colonia El Roconal, Colonia Gema, Colonia Nueva Vida, aldea el Manzanillo, Colonia Maravilla.<sup>3</sup>

Figura 2. Mapa de ubicación de zona 1 de Mixco

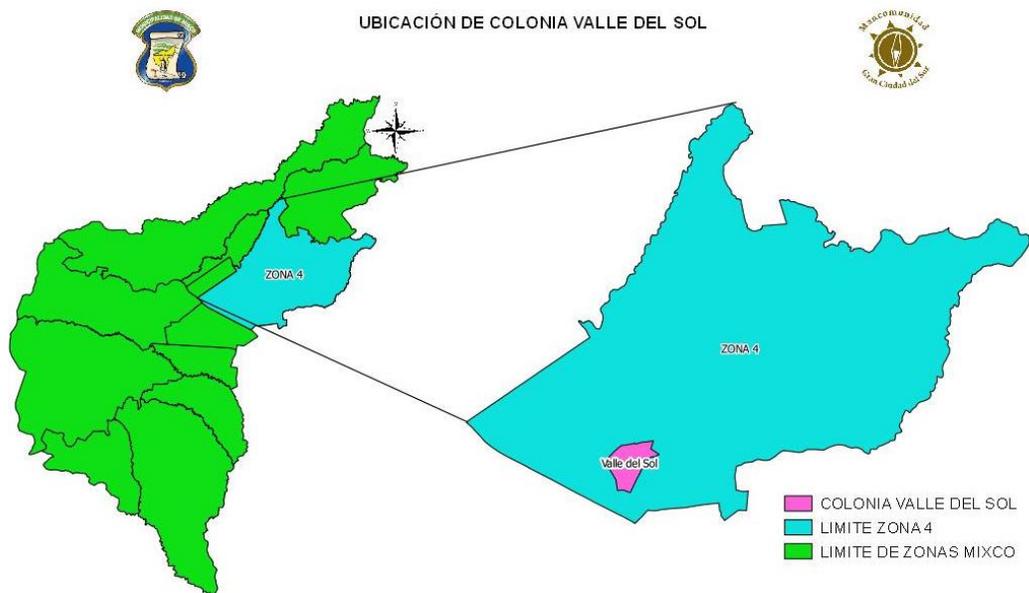


Fuente: elaboración propia, empleando QGIS v2.18.16.

<sup>3</sup> GÓMEZ VALLEJO, Carlos Leonel. *Pasado y presente del municipio de Mixco*. p. 1.

La colonia Valle del Sol se ubica en la zona 4 y se encuentra a una distancia de 6,5 km de la zona 1 del mismo municipio, se localiza en la latitud 14°38'43"N y en la longitud 90°34'4 "O. Sus principales vías de acceso son la calzada San Juan y el bulevar Tulam Tzu.<sup>4</sup>

Figura 3. **Mapa de ubicación de colonia Valle del Sol**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS v2.18.16.

### 1.1.2. Límites y colindancias

- Zona 1: colinda al norte con la zona 7; al sur, con la zona 9; al Este, con la zona 10 del mismo municipio; al oeste, con San Lucas Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez.<sup>5</sup>

<sup>4</sup> LÓPEZ CÁCERES, Irene Magaly. *El agua, un recurso estratégico para el desarrollo*. p. 18.

<sup>5</sup> GÓMEZ VALLEJO, Carlos Leone. *Pasado y presente del municipio de Mixco*. p. 3.

- Colonia Valle del Sol: colinda al norte con la colonia Nueva Monserrat; al oeste, con la Colonia Monserrat I; al este, con la finca el Naranja y al sur; con la Colonia Villas del Rosario.<sup>6</sup>

### **1.1.3. Clima**

El municipio de Mixco se caracteriza por presentar comúnmente un clima cálido. De acuerdo con la estación meteorológica más cercana ubicada en las instalaciones del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUHEM) en la ciudad de Guatemala, se tiene la siguiente información de acuerdo con el año 2018:

- Altitud: 1 670 msnm
- Temperatura media: 20,6 °C
- Temperatura máxima promedio anual: 25,7 °C
- Temperatura mínima promedio anual: 16,0 °C
- Temperatura máxima absoluta anual: 31,0 °C
- Temperatura mínima absoluta anual: 8,6 °C
- Humedad relativa media: 73,3 %
- Velocidad del viento promedio: 13,6 km/h
- Nubosidad promedio anual: 5,7 octas

---

<sup>6</sup> LÓPEZ CÁCERES, Irene Magaly. *El agua, un recurso estratégico para el desarrollo*. p. 18.

#### **1.1.4. Población**

De acuerdo con el censo realizado en 2018 por el Instituto Nacional de Estadística (INE) la población en el municipio de Mixco era de 351 361 habitantes; población que se distribuye en las once zonas del municipio.

#### **1.1.5. Servicios existentes**

En general, el municipio de Mixco cuenta con los servicios básicos municipales de agua potable, saneamiento, transporte urbano, extracción de basura. También goza de otros servicios como lo es la energía eléctrica, centros educativos, telefonía, puestos de salud, hospitales privados, delegaciones de policía, entre otros.

En cuanto al agua potable, alrededor del 87 % por ciento de la población de la zona 1 posee este servicio, en donde sus fuentes de abastecimiento son pozos artesanales y mecánicos y de acuerdo con colonia Valle del Sol su abastecimiento proviene de dos pozos mecánicos ubicados dentro de ella.

## **2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Georreferenciación y digitalización del sistema de abastecimiento de agua potable de la zona 1**

Este proyecto consistió en la identificación del sistema de abastecimiento de agua potable presente en la zona 1 del municipio de Mixco. Posteriormente la información recopilada fue trasladada a un medio digital. A continuación, se describe de manera detallada el proceso que conllevó este proyecto.

#### **2.1.1. Fundamentos teóricos**

Con la finalidad de describir y comprender de mejor manera el proyecto realizado, resulta importante presentar un fundamento teórico donde se dan a conocer diferentes conceptos utilizados.

##### **2.1.1.1. Georreferenciación**

Proceso que se utiliza para relacionar la posición de un objeto o superficie en un plano con su posición sobre la superficie terrestre, esta también relaciona información de distinta índole con una única posición sobre la superficie de la Tierra. Para esto es necesario definir una superficie de referencia, un *datum* geodésico y un sistema de referencia.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> PÉREZ NAVARRO, Antoni. *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática*. p. 56.

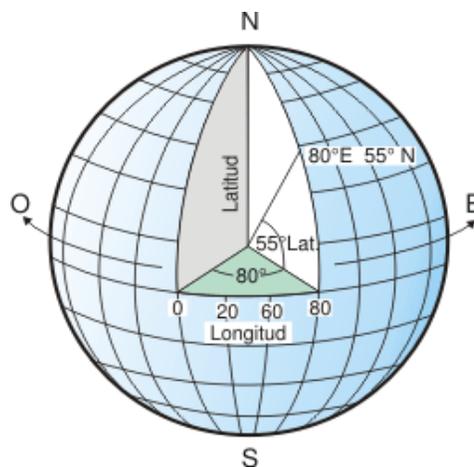
### 2.1.1.2. Digitalización

Es la transformación de información geográfica desde un formato analógico a un formato digital, de manera que pueda ser almacenada y visualizada posteriormente en un ordenador.<sup>8</sup>

### 2.1.1.3. Sistema de coordenadas geográficas

Es un método para describir la posición de una ubicación geográfica en la superficie de la Tierra utilizando mediciones esféricas de latitud y longitud. Se trata de mediciones de los ángulos (en grados) desde el centro de la Tierra hasta un punto en la superficie representada como una esfera.

Figura 4. Latitud y longitud



Fuente: International Business Machines. *Sistemas de coordenadas geográficas*.

<https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS6NHC/com.ibm.db2.luw.spatial.topics.doc/doc/csb3022a.htm>. Consulta: 19 de septiembre de 2018

<sup>8</sup> ALONSO, Diego. *Como mejorar la digitalización en QGIS mediante plugins*. <https://mappinggis.com/2017/06/como-mejorar-la-digitalizacion-y-edicion-en-qgis-mediante-plugins/#more-25439>.

#### **2.1.1.4. Coordenadas UTM (Universal Transversal Mercador)**

Es un sistema de proyecciones geodésicas denominado Mercator, el cual se construye geoméricamente y se encuentra dentro de las llamadas proyecciones cilíndricas.

El origen de cada zona se sitúa en el meridiano central de ésta y en el ecuador, por lo que el globo se divide en sesenta zonas septentrionales y meridionales, cada una de las cuales abarca 6° de longitud. Cada zona tiene su propio meridiano central.<sup>9</sup>

#### **2.1.1.5. Coordenadas GTM (Guatemala *Transversal Mercador*)**

Es una proyección específica para la república de Guatemala, encontrándose según la norma COGUANOR NTG 211001 con el nombre: Información geográfica – Sistema de proyección para la información geoespacial para Guatemala (GTM). Se basa en las coordenadas UTM y bajo los requerimientos de la norma internacional ISO 19111:2007.

Esta proyección se dio bajo la Resolución Normativa IGN-01/99, con las siguientes especificaciones:

- Proyección: *Transversal de Mercator* (tipo Gauss Kruger) en una zona única local.

---

<sup>9</sup> *Proyección universal transversal de Mercator.*  
<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/guide-books/map-projections/universal-transverse-mercator.htm>.

- Elipsoide: WGS-84.
- Longitud de origen: 90°30' (meridiano central de proyección).
- Latitud de origen: 0° (el Ecuador).
- Unidades: metros.
- Falso norte: 0 metros.
- Falso este: 500 000 metros en el meridiano central.
- Factor de escala en el meridiano central: 0,9998.
- Numeración de las zonas: no está dentro de la numeración normal de zonas UTM. Se le puede llamar zona 15,5.
- Nuevo sistema de referencia geodésico: WGS-84 preciso, basado en ITRF94 época 1997,5 parámetros del elipsoide.
  - Semieje mayor: 6 378 137,0 metros
  - Semieje menor: 6 356 752,3142
  - Achatamiento: 1/298, 257223563

#### **2.1.1.6. Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Un SIG es un caso particular de los Sistemas de Información (SI) en el que la información aparece georreferenciada, es decir, incluye posición en el espacio utilizando un sistema de coordenadas.<sup>10</sup>

Se puede definir que los Sistemas de Información Geográfica son un sistema de hardware, software, datos y técnicas eficientes diseñadas para la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, visualización y análisis de información geográfica. El fin es resolver problemas de planificación, catastro,

---

<sup>10</sup> ALONSO SARRÍA, Francisco. *Sistemas de información geográfica*. p. 35.

en administraciones públicas, en organizaciones no gubernamentales, empresas de servicios públicos, transporte, medio ambiente y agricultura.

#### **2.1.1.6.1. Aplicaciones de los SIG**

- Administraciones públicas: son las organizaciones que utilizan mayoritariamente los SIG. Sus aplicaciones más típicas incluyen la monitorización de los riesgos de salud pública, gestión de viviendas, destino de los fondos de asistencia al bienestar y seguimiento de la delincuencia, planificación de transportes, inventarios de recursos, gestión del territorio, desarrollo económico, elecciones y distribución de servicios sanitarios.
- Catastro y planificación: esta información actualizada y fiable es necesaria para usos como la planificación territorial, desarrollo de infraestructura y mantenimiento, protección ambiental, gestión de recursos, servicios de emergencia, programas de asistencia local. Además, es la base para el comercio, desarrollo industrial y otras actividades económicas.
- Organizaciones no gubernamentales: los SIG pueden ayudar a llevar a cabo las actividades de estas organizaciones respecto de la planificación, gestión y evaluación de los proyectos que desarrollan.
- Empresas de servicios públicos: como compañías de gas, teléfono, electricidad, agua y televisión por cable, las cuales poseen centenares de clientes, varias redes y un gran número de tuberías o líneas, es importante que utilicen los SIG para la administración, almacenamiento y procesamiento de datos, también es de importancia disponer con la

información espacial sobre el territorio por donde pasan estas infraestructuras.

- Transporte: en un departamento de transporte es necesario almacenar información de volumen vehicular, estado de carreteras, inventario de las señales de las vías, analizar datos de accidentes, también planificar de manera eficiente las rutas de paradas, entre otras.
- Medio ambiente: son de gran utilidad en la gestión del medio ambiente, desde la gestión de problemáticas ambientales hasta la evaluación y valoración de impactos ambientales. Se utilizan en proyectos de análisis multivariantes, como evaluaciones de impacto ambiental, diseño de alternativas, determinación de localizaciones óptimas, construcción de puertos deportivos, nuevas organizaciones, mapas ambientales, también en estudios de impacto paisajístico, turísticos.
- Agricultura: en este aumenta el uso de mapas detallados e imágenes para planear los cultivos, analizar los campos y planificar aplicaciones eficientes de fertilizantes y químicos. La información agraria por introducir en un SIG puede ser variada: información hidrológica, edafológica, topográfica, orientación y otras características.<sup>11</sup>

#### **2.1.1.6.2. Modelos lógicos**

El modelo lógico hace referencia a como se muestran y organizan las variables y objetos para lograr una representación lo más adecuada posible. En un SIG existen básicamente dos modelos lógicos que se conocen como formato

---

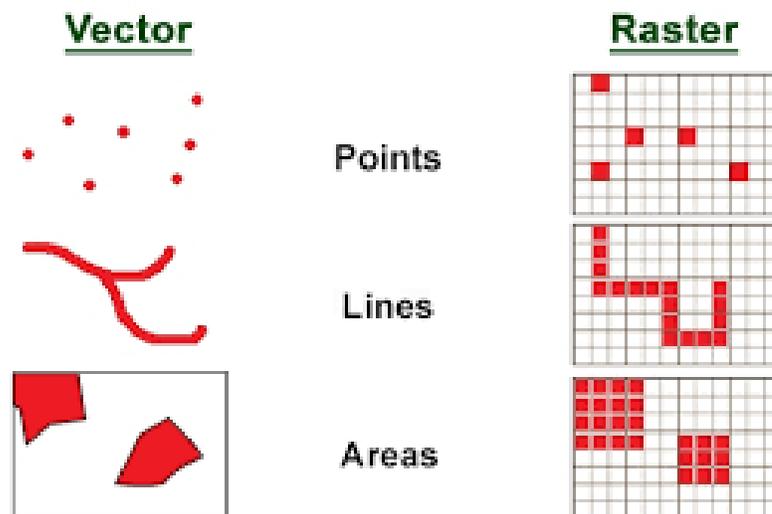
<sup>11</sup> RODRÍGUEZ LLORET, Jesús y OLIVELLA, Rosa. *Introducción a los sistemas de información geográfica*. p. 49.

ráster y formato vectorial y dan lugar a los dos grandes tipos de capas de información espacial.

El formato ráster es cualquier tipo de imagen digital representada en mallas (píxeles); divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un valor único, por lo general son cuadradas.

Por otra parte, el formato vectorial, se representa mediante puntos, líneas y polígonos, y los datos están basados en la representación vectorial de la componente espacial de los datos geográficos.<sup>12</sup>

Figura 5. **Formato vectorial y ráster**



Fuente: Geospatial Solutions Expert. *Datos vectoriales y ráster en Python*. <https://umar-yusuf.blogspot.com/2016/05/working-with-vector-and-raster-data-in.html>.

Consulta: 23 de septiembre de 2018.

<sup>12</sup> ALONSO SARRÍA, Francisco. *Sistemas de información geográfica*. p. 64.

#### **2.1.1.6.3. Campos**

Los campos son los componentes que proporcionan la estructura a una tabla; los nombres que se les asignen se dan a las columnas y deben ser únicos y cortos como sean posibles; al momento de crearse deberá definirse qué tipo de datos se utilizan para almacenar los datos en cada campo y en ocasiones también la longitud del campo.

#### **2.1.1.6.4. Metadatos**

Son los descriptores de los datos y son fundamentales para localizar y acceder a la información geográfica, permiten a una persona ubicar y entender los datos, estos proveen un inventario estandarizado de los datos georreferenciados existentes.

#### **2.1.1.6.5. Tablas de atributos**

Cada uno de los objetos (punto, línea, polígono) del *shapefile* corresponde con un registro que es almacenado en la tabla de atributos. Esta tabla está organizada de manera tal que en las filas se ubican los registros y en las columnas (campos) los atributos asociados al mismo.

### **2.1.2. Metodología para el levantamiento de información**

Para la realización de la digitalización y localización se tiene como base imágenes satelitales de 2006, donadas por el Banco Mundial a la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur, las cuales serán utilizadas para trazar la red de distribución de agua potable, válvulas, tanques de almacenamiento y pozos mecánicos, para posteriormente digitalizar la información recopilada en el software QGIS.

### **2.1.2.1. Convocatoria a personal municipal**

Para obtener información verídica, mediante la Dirección de aguas y drenajes se convocó a cada uno de los supervisores y fontaneros de la zona uno, solicitándoles apoyo ya que son personas que conocen el territorio y las condiciones en las que se encuentra el sistema; así también darles a conocer la metodología de trabajo por realizarse mediante boletas de campo e imágenes satelitales.

### **2.1.2.2. Boletas de campo**

Con el apoyo de la Mancomunidad Gran Ciudad del Sur se generaron boletas de campo para la recopilación de información necesaria y concisa, útil para la dirección correspondiente.

#### **2.1.2.2.1. Boleta de válvulas reguladoras**

En base a la información requerida, la boleta generada solicita información en cuanto a: tipo de válvula, diámetro, material (bronce, plástica, cobre), ubicación, lugares a los que abastece, observaciones, y si dicha válvula posee caja de protección, tomando en cuenta también el nombre del supervisor y fontanero encargado.

#### **2.1.2.2.2. Boleta de red de agua potable**

De acuerdo con la red de agua potable, se generó una boleta con información en cuanto a diámetro y tipo de material de la tubería, tipo de sistema

(bombeo, manual, gravedad o mixto), tipo de rodadura (concreto, asfalto, adoquín o terracería), su fuente de abastecimiento y estado del sistema.

#### **2.1.2.2.3. Boleta de pozos de agua potable**

Las boletas en cuanto a los pozos de agua potable exigen información de acuerdo con diámetro de tubería, tipo de sistema (bombeo, manual, gravedad o mixto), tipo de tubería, estado del sistema, lugares que abastece, fuente de abastecimiento, y otro tipo de información relacionada.

#### **2.1.2.2.4. Boleta de tanques de almacenamiento**

Los tanques de almacenamiento son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable, por lo que la boleta de campo solicita información en cuanto a nombre y ubicación del tanque, fuente de abastecimiento, método constructivo (concreto, metálico, u otro), tipo de tanque, volumen, tipo de distribución, potencia del equipo (motor y bomba).

#### **2.1.2.3. Levantamiento de información en ortofotos impresas**

Mediante el uso de imágenes satelitales impresas se recopiló la información del sistema, en dichas imágenes se mostraban calles y avenidas, equipamiento municipal (escuelas, iglesias, campos o canchas de fútbol), centros poblados y puntos importantes de referencia. Los mapas fueron rayados con marcadores, cada color representaba características geométricas o componentes en específico de los sistemas para tener una clasificación de acuerdo con lo que se

busca digitalizar en la base de datos. Respectivamente se colocaba la información requerida en las boletas de campo.

Figura 6. **Recopilación de información del sistema de abastecimiento de agua potable de la zona 1 de Mixco**



Fuente: Dirección de Aguas y Drenajes, Municipalidad de Mixco.

#### **2.1.2.4. Visitas de campo a pozos mecánicos**

Con el objetivo de obtener información en base a las boletas de campo generadas, se visitaron los pozos mecánicos de la zona por trabajar en compañía de un supervisor del área y compañeros epesistas; en donde se pudo obtener la ficha técnica de algunos de estos. Así mismo, se midieron los niveles estáticos y dinámicos de los que eran posibles realizarse mediante una sonda de inmersión.

### **2.1.3. Digitalización de datos en el software QGIS**

Es el proceso en el cual los datos de los componentes del sistema en estudio que se encuentran de manera análoga son digitalizados en el software QGIS, generando de esta manera un respaldo digital el cual puede modificarse y actualizarse.

#### **2.1.3.1. Creación de capas vectoriales**

La información es variable de acuerdo con sus características, para esto la plataforma permite crear tres tipos de capas las cuales son: punto, línea y polígono; en el cual cada una de estas se adecua a la necesidad que la digitalización requiera. Para este proyecto se utiliza la capa tipo punto para datos puntuales como pozos de agua potable, válvulas reguladoras, tanques de distribución, la capa tipo línea se utiliza para representar la red de agua potable, y, por último, la capa tipo polígono la cual no se hace uso en este proyecto, pero se utiliza para representar extensiones territoriales, áreas vulnerables, uso de suelo, entre otros.

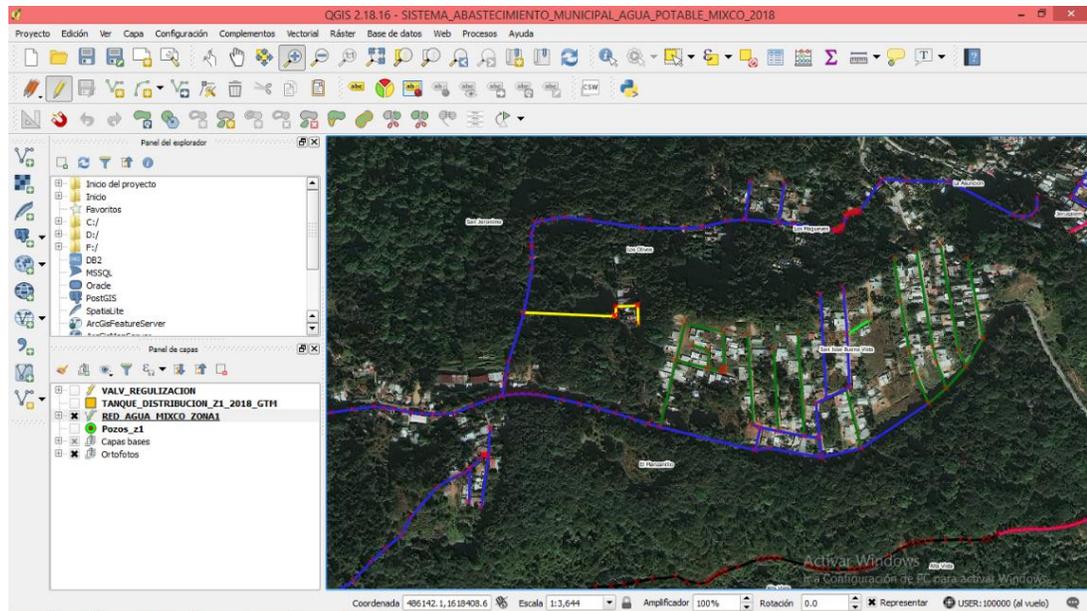
Previo a la digitalización es importante conocer el tipo de información que se colocará en las tablas de atributos ya que al momento que se crean las capas automáticamente el software solicita los campos que estas tablas contendrán; para este ejercicio se utilizaron las tablas de atributos.

#### **2.1.3.2. Dibujo de geometría**

Desde la capa creada ya sea de válvulas, tuberías, pozos, con el modo “conmutar edición” activado, se precedió a dibujar cada uno de los elementos

(añadir objeto espacial) identificados en campo, en este caso los mapas temáticos con el personal municipal.

Figura 7. **Dibujo de la red de agua potable**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS v2.18.16.

### 2.1.3.3. **Registro de tabla de atributos**

Después de finalizado el trazo de líneas o puntos de acuerdo con la capa, se procedió a ingresar los datos en base a las boletas de campo y mapas utilizados con su respectiva tabla de atributos. Este proceso posteriormente permite categorizar o filtrar datos para una visualización más ordenada u ordenada.

Figura 8. **Metadatos de tubería de agua potable**

|    | COD_MUN | NOM_MUN | NUM_ZONA | LUG_POB     | LBL_RED          | TIP_ROD    | TIP_SIS  | EST_SIS            | FUE_ABA |
|----|---------|---------|----------|-------------|------------------|------------|----------|--------------------|---------|
| 1  | 8       | Mixco   | 1        | Mixco       | 4 Calle          |            | VBombao  | Buenas condiciones | Pozo    |
| 2  | 8       | Mixco   | 1        | Lomas de... | Gema             | Asfalto    | Gravedad | Buenas condiciones | Pozos   |
| 3  | 8       | Mixco   | 1        | Lomas de... | Lomas de Port... | Asfalto    | Gravedad | Buenas condiciones | Pozos   |
| 4  | 8       | Mixco   | 1        | Lomas de... | Lomas de Port... | Asfalto    | Gravedad | Buenas condiciones | Pozos   |
| 5  | 8       | Mixco   | 1        | Lomas de... | Lomas de Port... | Asfalto    | Gravedad | Buenas condiciones | Pozos   |
| 6  | 8       | Mixco   | 1        | Lomas de... | Lomas de Port... | Asfalto    | Gravedad | Buenas condiciones | Pozos   |
| 7  | 8       | Mixco   | 1        | Lomas de... | Lomas de Port... | Asfalto    | Gravedad | Buenas condiciones | Pozos   |
| 8  | 8       | Mixco   | 1        | Lomas de... | Lomas de Port... | Asfalto    | Gravedad | Buenas condiciones | Pozos   |
| 9  | 8       | Mixco   | 1        | Lomas de... | Lomas de Port... | Asfalto    | Gravedad | Buenas condiciones | Pozos   |
| 10 | 8       | Mixco   | 1        | 14 de Oc... | 14 de Octubre    | Asfalto    | Gravedad | Buenas condiciones | Pozos   |
| 11 | 8       | Mixco   | 1        | Lomas de... | Lomas de Port... | Asfalto    | Gravedad | Buenas condiciones | Pozos   |
| 12 | 8       | Mixco   | 1        | Lomas de... | Lomas de Port... | Asfalto    | Gravedad | Buenas condiciones | Pozos   |
| 13 | 8       | Mixco   | 1        | Lo de Coy   | Carretera Int... | Asfalto    | Gravedad | Buenas condiciones | Pozo    |
| 14 | 8       | Mixco   | 1        | Lo de Coy   | Carretera Int... | Concreto   | Gravedad | Buenas condiciones | Pozo    |
| 15 | 8       | Mixco   | 1        | Lo de Coy   | 6A Avenida       | Concreto   | Gravedad | Buenas condiciones | Tanque  |
| 16 | 8       | Mixco   | 1        | Lode Coy    | 17 calle         | Terraceria | Gravedad | Buenas condiciones | Tanque  |
| 17 | 8       | Mixco   | 1        | Lode Coy    | 17 calle         | Terraceria | Gravedad | Buenas condiciones | Tanque  |
| 18 | 8       | Mixco   | 1        | Lo de Coy   | 6A Avenida       | Terraceria | Gravedad | Buenas condiciones | Tanque  |

Fuente: elaboración propia, empleando QGIS v2.18.16.

#### 2.1.4. **Georreferenciación y digitalización del sistema de distribución de agua potable de la zona 1 de Mixco**

Durante el periodo de ejecución del Ejercicio Profesional Supervisado, se ha recabado información importante de cada uno de los elementos que forman parte del sistema de distribución municipal de agua potable, por lo que el SIG generado contiene las condiciones de dicho sistema hasta mayo de 2018.

Con la recopilación de información se está cooperando al mejoramiento del sistema en cuanto tiempo, eficiencia y mantenimiento, así mismo, a la planificación de proyectos de captación de agua y planes de ordenamiento territorial.

#### 2.1.4.1.1. Válvulas reguladoras

Las válvulas reguladoras llamadas también de control son las que permiten controlar la circulación del fluido, estos accesorios son añadidos a lo largo de la red de distribución para controlar ciertos tramos; estas pueden encontrarse en diferentes materiales, en este caso la más utilizada en la zona es la de bronce.

En la zona de estudio se digitalizaron 468 válvulas en diferentes diámetros distribuidas en toda la red, en donde cada una posee un horario de manipulación para abastecer a toda la zona por sectores.

Tabla II. **Cantidad de válvulas en los centros poblados**

| <b>Lugar poblado</b>  | <b>Cantidad de válvulas</b> | <b>Lugar poblado</b> | <b>Cantidad de válvulas</b> |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 14 de Octubre         | 2                           | Lomas de Portugal    | 11                          |
| Alta Vista            | 25                          | Los Magueyes         | 2                           |
| Chipatalito           | 7                           | Los Olivos           | 1                           |
| Cipresales            | 2                           | Mixco                | 260                         |
| El Manzanillo         | 15                          | Municipal            | 9                           |
| Empagua               | 7                           | Nueva Empagua        | 5                           |
| Jerusalem             | 5                           | San Jeronimo         | 2                           |
| La Asunción           | 2                           | San José Buena Vista | 17                          |
| La Divina Providencia | 2                           | Vista al Valle       | 15                          |
| Lo de Coy             | 79                          | <b>Total</b>         | <b>468</b>                  |

Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.4.1.2. Red de agua potable

Es el conjunto de tubos conectados entre sí o mediante accesorios que permiten el transporte de agua proveniente de una fuente de abastecimiento con la finalidad de distribuirla hacia las viviendas; en la red de la zona en estudio

predomina el uso de tubería de policloruro de vinilo (PVC), también puede encontrarse acero galvanizado y concreto, pero en menor cantidad.

Tabla III. **Red de distribución de la zona 1**

| <b>Díámetro (pulg)</b> | <b>Material</b> | <b>Longitud (km)</b> | <b>Díámetro (pulg)</b> | <b>Material</b> | <b>Longitud (km)</b> |
|------------------------|-----------------|----------------------|------------------------|-----------------|----------------------|
| 1/2                    | PVC             | 2.86                 | 2 1/2                  | PVC             | 1.00                 |
| 3/4                    | PVC             | 0.23                 | 3                      | PVC             | 6.31                 |
| 1                      | PVC             | 8.13                 | 4                      | PVC             | 10.91                |
|                        | Hg              | 0.18                 |                        | Hg              | 0.0048               |
| 1 1/4                  | PVC             | 4.46                 |                        | Concreto        | 0.42                 |
| 1 1/2                  | PVC             | 7.21                 | 6                      | PVC             | 2.49                 |
| 2                      | PVC             | 21.88                |                        |                 |                      |
|                        | Hg              | 0.42                 |                        |                 |                      |

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.4.1.3. Pozos de agua potable**

Los pozos mecánicos, son perforaciones verticales que permiten explotar el agua subterránea la cual se encuentra en los mantos friáticos por lo que es necesario hacer uso de equipo mecánico para efectuar la perforación y disponer del agua.

En la zona 1 se cuentan con 13 pozos mecánicos municipales, los cuales son necesarios para abastecer a la población de esa zona, cada uno de ellos con diferentes niveles estáticos y dinámicos, así mismo, la mayoría de estos cuenta con equipo de cloración.

Tabla IV. Pozos de agua potable en zona 1 de Mixco

| Nombre de pozo     | Dirección del Pozo  | Tipo de Pozo | Administración del pozo | Profundidad del pozo(pies) | Nivel estático (pies) | Nivel dinámico (pies) | Equipo de Cloración |
|--------------------|---|--------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| Parquecito         | 4ta calle 1-20 zona 1, Mixco  | Mecanico     | Municipal               | 680                        | 549                   | 602                   | Si                  |
| Corona de Justicia | Carretera Vieja Antigua 4-90, zona 1, Mixco                               | Mecanico     | Municipal               | 510                        | 461                   | 486                   | Si                  |
| Parque             | 5ta avenida 5-00, parque cental, zona 1, Mixco                            | Mecanico     | Municipal               | 690                        | 527                   | 645                   | Si                  |
| La Virgen          | 7a calle "A" 11-74, zona 1, Mixco   | Mecanico     | Municipal               | 800                        | 640                   | 700                   | Si                  |
| La Federal         | 11 avenida 0-50, zona 1, Mixco  | Mecanico     | Municipal               | 1175                       | 968                   | 993                   | Si                  |
| 4 de febrero       | Calzada 4 de febrero, zona 1, Mixco                                       | Mecanico     | Municipal               | 1210                       | 340                   | 492                   | Si                  |
| El Palomor         | 5a calle 13-07, zona 1, Mixco   | Mecanico     | Municipal               | 1160                       | 772                   | 1120                  |                     |
| Mateo Flores       | km 16.5 Carretera Interamericana 0-51, puente Mateo Flores, Zona 1, Mixco | Mecanico     | Municipal               | 1330                       | 457                   |                       | Si                  |
| Jorge Surque       | km 16.8 Carretera Interamericana 1-90, puente Jorge Surque, Zona 1, Mixco | Mecanico     | Municipal               | 1600                       | 591                   | 1113                  |                     |
| Lomas de Portugal  | 1a avenida 3-05, Colonia Lomas de Portugal, zona 1, Mixco                 | Mecanico     | Municipal               | 600                        | 420                   | 580                   | Si                  |
| Lomas de Portugal  | 3a calle 6-20, Colonia Lomas de Portugal, zona 1, Mixco                   | Mecanico     | Municipal               | 1180                       | 450                   | 772                   | Si                  |
| Las Vacas          | 20 calle "A" 0-11, Sector Vista al Valle, Lo de Coy, zona 1, Mixco        | Mecanico     | Municipal               | 685                        | 477                   | 631                   | SI                  |
| Cienega 1 y 2      | Aldea el Manzanillo, zona 1, Mixco  | Mecanico     | Municipal               |                            |                       |                       |                     |

Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.4.1.4. Tanques de almacenamiento

Un tanque de almacenamiento es un elemento de forma parte de los sistemas de abastecimiento de agua en una población, este provee almacenamiento al agua proveniente de los pozos de agua para posteriormente distribuirse. Pueden generarse de diferentes métodos constructivos y ya sea enterrado, semienterrado o elevado.

Los tanques ubicados en esta zona son tres, debido a que ciertos pozos bombean directamente a la red de distribución; estas estructuras se encuentran a nivel del suelo debido a las condiciones topográficas del lugar y cuentan con un método constructivo de concreto; los pozos bombean a estos tanques de almacenamiento y posteriormente ya sea por bombeo o gravedad se distribuye para abastecer al sector que se encuentra en esas condiciones.

**Tabla V. Tanques de almacenamiento en zona 1**

| Nombre del tanque | Ubicación del tanque   | Nombre de Pozo    | Volumen(m3) | Tipo de tanque  | Metodo constructivo | Tipo de sistema de distribución | Administración del tanque |
|-------------------|--|-------------------|-------------|-----------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Sector Las Vacas  | 20 calle "A" 0-11, Sector Vista al Valle, Lo de Coy, zona 1, Mixco | Las Vacas         | 25.00       | Nivel del suelo | Concreto            | Bombeo                          | Municipal                 |
| Lomas de Portugal | 1a avenida 3-05, Colonia Lomas de Portugal, zona 1, Mixco          | Lomas de Portugal | 362.62      | Nivel del suelo | Concreto            | Gravedad                        | Municipal                 |
| Cienega 1 y 2     |  | Cienega 1 y 2     | 787.50      | Nivel del suelo | Concreto            | Gravedad                        | Municipal                 |

Fuente: elaboración propia.

La distribución y ubicación de todos los elementos que conforman el sistema de abastecimiento de agua potable de la zona de Mixco en estudio se mostrarán en mapas temáticos en la sección apéndice de este documento.

## **2.2. Diseño del sistema de distribución de agua potable en colonia valle del sol, zona 4, Mixco**

Para realizar el diseño de distribución y su respectiva planificación es necesario describir el proyecto y dar a conocer los distintos criterios aplicados para proporcionarle fundamento al trabajo realizado.

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

El sistema de distribución de agua potable diseñado para la colonia Valle del Sol, se encuentra conformado de una línea de conducción de 1 576,44 metros lineales, un tanque de almacenamiento de 160 m<sup>3</sup> y una red de distribución de 17 879,60 metros lineales.

En la línea de conducción de dicho proyecto se utilizará tubería PVC de 250 PSI de 1 ¼" diámetro y tubería de acero galvanizado de 5 pulgadas partiendo

de los pozos mecánicos ubicados en la colonia con bombas de 10 y 60 hp respectivamente. El tanque de almacenamiento elevado de estructura metálica de 15 metros de altura. Así mismo, la red de distribución estará dividida en tres sectores, esto con la finalidad de incrementar su eficiencia hidráulica y ejercer un mayor control operativo de parámetros de acuerdo con presión, cantidad de agua, detección de fugas, así como la calidad del agua.

Dicha red estará compuesta por tubería PVC de 160 PSI de diferentes diámetros, y manipulado mediante válvulas de compuerta ubicadas en puntos estratégicos.

### **2.2.2. Obras existentes**

La colonia ya cuenta con una red de distribución existente, la cual se encuentra obsoleta y no cubre la demanda que la población del lugar requiere, por lo que el presente proyecto sustituirá la ya existente que se abastece mediante pozos mecánicos. Actualmente ya se cuentan con casetas de cloración por lo que se incorporarán en el diseño propuesto.

### **2.2.3. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico es la primera fase del estudio técnico y descriptivo de un terreno, este permite representar de manera gráfica los puntos físicos de manera conveniente, dependiendo del proyecto a realizar, en este caso un sistema de abastecimiento de agua potable. Además, la Municipalidad de Mixco proporcionó el personal necesario para efectuar el levantamiento.

### **2.2.3.1. Planimetría**

Es la rama de la topografía que busca la representación a escala de todos los detalles de interés del terreno sobre un plano horizontal basado en un norte verdadero para su proyección, sin considerar su diferencia de elevación.

El levantamiento de la colonia incluye las calles y objetos de referencia el cual fue realizado con una estación total SOUTH NTS-370r10, los datos obtenidos son coordenadas X-Y.

### **2.2.3.2. Altimetría**

Esta es la parte de la topografía que se dedica a la medición de alturas sobre un terreno, siendo estos datos coordenadas Z; en definitiva; esta se utiliza para representar la verdadera forma del terreno, como su relieve; en este caso esta fue obtenida mediante el uso de la estación total a lo largo de toda la línea central, orillas de calles, entre otras.

### **2.2.4. Caudal de la fuente existente**

Actualmente la colonia se abastece mediante dos pozos mecánicos; el pozo uno ubicado en la 3ª calle "A" 14-60, colonia Valle del Sol, zona 4 de Mixco (04-01-VSOL) y el pozo dos en la 5ª calle 15-25 de la misma colonia y zona (04-02-VSOL); los datos generales de los pozos son los siguientes:

Tabla VI. **Datos de pozos mecánicos en colonia Valle del Sol**

| Pozos | <b>04-01-VSOL</b> | <b>04-02-VSOL</b> |
|-------|-------------------|-------------------|
| Aforo | 37 GPM            | 378 GPM           |

Continuación tabla VI.

|                |          |            |
|----------------|----------|------------|
| Profundidad    | 705 pies | 1 260 pies |
| Nivel estático | 374 pies | 500 pies   |
| Nivel dinámico | 532 pies | 569 pies   |

Fuente: Dirección de Aguas y Drenajes, Municipalidad de Mixco.

### 2.2.5. Calidad del agua

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, la calidad del agua es esencial para el bienestar y desarrollo humano ya que proporcionar el acceso a agua salubre es uno de los mejores efectos para promover la salud y reducir la pobreza. En cuanto a la Comisión Guatemalteca de Normas en su norma NTG 29001 Agua para consumo humano (agua potable) establece valores que definen la calidad del agua para consumo humano de acuerdo con sus características químicas, físicas y bacteriológicas, de fuentes superficiales y subterráneas, ubicándose en redes de distribución y depósitos.

Para poseer la certeza de la calidad de agua que se está suministrando es necesario realizar exámenes de laboratorio bacteriológico y fisicoquímico. Para este proyecto la municipalidad proporcionó los resultados de los exámenes realizados en el INFOM pudiéndose observar en el anexo.

El examen bacteriológico permite determinar la presencia de coliformes totales y *escherichia coli* las cuales no deben ser detectables en 100 mL de agua; de acuerdo al informe de análisis proporcionado de los pozos, la muestra de agua cumple con las características microbiológicas según los límites máximos permisibles establecidos en la norma.

Los exámenes fisicoquímicos permiten determinar las características físicas del agua en cuanto a color, pH, turbidez, entre otros; así también determinar las cantidades de materia mineral y orgánica contenida en el agua como magnesio, calcio, hierro, cloruro nitritos, entre otros. Estos tienen que encontrarse inferiores a ciertos límites permisibles y aceptables que establece la norma. En cuanto al informe de análisis fisicoquímico proporcionado, la muestra cumple con los límites máximos permisibles que establece la NTG 29001.

### **2.2.6. Parámetros de diseño**

Para realizar el diseño correcto y eficiente de un sistema de abastecimiento de agua potable, es necesario considerar características propias de la población y consigo parámetros de diseño que influirán en los elementos que componen el proyecto.

#### **2.2.6.1. Período de diseño**

Es el tiempo que se espera que el sistema de agua potable sea funcional y abastezca de agua a la comunidad con eficiencia. Para determinarlo se toman en cuenta varios factores como, vida útil de los materiales y el equipo, calidad de materiales, fuente de agua y su caudal, población de diseño y la gestión económica. El periodo de diseño para el sistema de abastecimiento de agua de la colonia Valle del Sol será de 22 años.

#### **2.2.6.2. Población actual**

Para la determinación de la población actual que será abastecida por el sistema de abastecimiento de agua potable, la Dirección de Aguas y Drenajes proporcionó un mapa urbanístico del área por diseñar para calcular la población

actual en base a las viviendas existentes, por lo que el número de viviendas es de 566.

$$Pa = 566 \text{ viviendas} * 6 \text{ hab / vivienda} = 3\,396 \text{ hab}$$

### **2.2.6.3. Población futura**

Para fines de este proyecto, se consideró una población futura de 566 viviendas. Esto se debe a que ya no se cuentan con espacios libres disponibles para la construcción, por lo cual tampoco se espera un crecimiento o desarrollo urbanístico. Por ello se concluye que el área ya llegó a su capacidad habitacional esperada, lo cual justifica el por qué se trabaja con la misma población actual.

### **2.2.6.4. Dotación**

Es la cantidad de agua por día asignada a cada habitante de determinada población y se expresa en litros/habitante/día. Para estimar la dotación adecuadamente se debe considerar diferentes factores, como lo es el clima, nivel de vida, educación sanitaria, entre otros.

Se utilizó de referencia el Reglamento de Diseño de Agua Potable de Empagua que establece que para una zona G3 es adecuado asignar hasta 200 l/hab/día; debido a ciertos factores considerados y opinión técnica realizada por la Municipalidad de Mixco se acordó utilizar 150 l/hab/día para conexiones domiciliarias. Así mismo, se estableció asignar una dotación de 40 l/día-alumno para planteles educacionales, hospital y clínicas de 600 l/día-cama y 0,03 l/seg-ha para el área verde.

## 2.2.7. Caudal del sistema

Para un sistema de distribución de agua potable adecuado es necesario considerar los caudales que se describirán a continuación, ya que son de utilidad para el dimensionamiento de tuberías y obras hidráulicas.

### 2.2.7.1. Caudal medio diario

Este caudal es la cantidad de agua que consume la población durante un periodo de 24 horas; se obtiene de acuerdo con un promedio de consumos diarios durante un año. Cuando no se posee con el registro de consumos diarios este cálculo se obtiene mediante el resultado de multiplicar la dotación que se brindará a los pobladores del sistema por el número de habitantes. La ecuación es la siguiente:

$$Q_{md} = (Dot * No. habitantes) / 86\ 400$$

En donde:

Qmd = caudal medio diario en Lts/seg

No. habitantes = número de habitantes

86,400 = cantidad de segundos en un día

Tabla VII. **Cálculo de caudal medio por sectores**

| <b>SECTOR 1</b> |                 |                 |              |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
|                 | <b>Dotación</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Total</b> |
| Domiciliar      | 150 l/hab/día   | 545 hab         | 0,95 l/s     |

Continuación tabla VII.

|                              |                 |             |          |
|------------------------------|-----------------|-------------|----------|
| Plantel educacional          | 40 l/día alumno | 150 alumnos | 0,07 l/s |
| Comercio                     | 1,2 l/s-ha      | 0,095 ha    | 0,11 l/s |
| Caudal medio diario sector 1 |                 |             | 1,13 l/s |
| <b>SECTOR 2</b>              |                 |             |          |
| Domiciliar                   | 150 l/hab/día   | 395 hab     | 0,69 l/s |
| Plantel educacional          | 40 l/día-alumno | 25 alumnos  | 0,01 l/s |
| Caudal medio diario sector 2 |                 |             | 0,70 l/s |
| <b>SECTOR 3</b>              |                 |             |          |
| Domiciliar                   | 150 l/hab/día   | 2 202 hab   | 3,87 l/s |
| Hospital                     | 600 l/día-cama  | 20 camas    | 0,14 l/s |
| Área verde                   | 0,03 l/s-ha     | 4,3 ha      | 0,13 l/s |
| Caudal medio diario sector 3 |                 |             | 4,14 l/s |

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

### 2.2.7.2. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario también se conoce como caudal de conducción y es el máximo caudal producido en un día, observado durante un año. Para determinarse debe existir un registro de este parámetro para la población específica; de lo contrario es el resultado del producto del caudal medio diario por un factor de día máximo (FDM). Dicho factor puede variar, de 1,2 a 1,5 para poblaciones menores a 1 000 habitantes y 1,2 para poblaciones mayores a 1 000 habitantes.

Debido a que la población oscila entre 300 y 2 200 habitantes, para este proyecto se utilizó un factor de día máximo de 1,2. De manera que, el caudal máximo diario se calculó de la siguiente manera:

$$Q_{md} = Q_m * f_{dm}$$

Donde:

$Q_{md}$  = caudal máximo diario [l/s]

$Q_m$  = caudal medio diario [l/s]

$f_{dm}$  = factor de día máximo (1,2)

Tabla VIII. **Caudal máximo diario por sectores**

| <b>Sector</b> | <b>Caudal medio diario</b> | <b>Caudal máximo diario</b> |
|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| Sector 1      | 1,13 l/s                   | 1,36 l/s                    |
| Sector 2      | 0,70 l/s                   | 0,84 l/s                    |
| Sector 3      | 4,14 l/s                   | 4,96 l/s                    |

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

### **2.2.7.3. Caudal máximo horario**

El caudal máximo horario es el caudal máximo registrado durante una hora del día en periodo de un año, también es conocido como caudal de distribución y es el utilizado para los diseños de sistema de abastecimiento de agua potable.

Este se obtiene del producto del caudal medio diario por el factor de hora máximo (FHM). Dicho factor varía la cantidad la cantidad de habitantes, por lo

que para poblaciones menores a 1 000 habitantes puede contemplarse entre 2,0 a 3,0 y para poblaciones mayores a 1 000 habitantes será un factor de 2,0.

Debido a que la población oscila entre 300 y 2 200 habitantes, para este proyecto se utilizó un factor de hora máxima de 2,0. De manera que, el caudal máximo horario se calculó de la siguiente manera:

$$Q_{mh} = Q_m * f_{hm}$$

Donde:

$Q_{mh}$  = caudal máximo horario [l/s]

$Q_m$  = caudal medio diario [l/s]

$f_{dm}$  = factor de hora máxima (2,0)

Tabla IX. **Caudal máximo horario por sectores**

| <b>Sector</b> | <b>Caudal medio diario</b> | <b>Caudal máximo horario</b> |
|---------------|----------------------------|------------------------------|
| Sector 1      | 1,13 l/s                   | 2,26 l/s                     |
| Sector 2      | 0,70 l/s                   | 1,40 l/s                     |
| Sector 3      | 4,14 l/s                   | 8,28 l/s                     |

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

### **2.2.8. Línea de conducción**

Es el tramo de tubería que transporta agua desde el área de captación hasta la de distribución y se logra diseñarlas para trabajar mediante bombeo o gravedad, esto según las condiciones de cada caso.

Para este diseño en particular de acuerdo con las condiciones del terreno, la conducción se realizará por bombeo con una longitud de 1 619,23 m, utilizando tubería de policloruro de vinilo (PVC) con presión de trabajo de 160 psi y tubería de acero galvanizado A-53. Debido a que se poseen dos fuentes de abastecimiento se desarrollará el procedimiento del pozo 2 (04-02-VSOL) y solamente se presentarán los datos del pozo 1 (04-01-VSOL), datos de las fuentes se muestran en el inciso 2.2.4.

### 2.2.8.1. Pozo 04-02-VSOL

$$\text{Producción} = 378 \frac{\text{gal}}{\text{min}} * \frac{3,785 \text{ l}}{1 \text{ gal}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 23,84 \text{ l/s}$$

- Caudal de bombeo

El número de horas de bombeo se expresa en horas al día, según UNEPAR es recomendable como máximo 12 horas diarias, debido a la vida útil de los equipos.

$$Q_b = \frac{Q_{md} * 24 \text{ horas días}}{\text{No. de horas de bombeo}}$$

Donde:

$Q_b$ = caudal de bombeo (l/s)

$Q_{md}$ = caudal máximo diario en l/s

$$Q_b = \frac{7,16 \text{ l/s} * 24 \text{ horas días}}{12 \text{ horas}} = 14,32 \text{ l/s}$$

Puede observarse que el caudal de bombeo es menor al caudal que produce la fuente.

- Diámetro económico

El diámetro debe determinarse por medio de un análisis económico y tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Un diámetro adoptado grande, generará pérdidas de carga menores y por lo tanto la potencia de la bomba será pequeña pero el costo de la tubería un costo de tubería será elevado; en otras palabras, serán pérdidas pequeñas (costo bombeo bajo) y tubería de alto valor económico.
- Un diámetro adoptado pequeño, generará pérdidas de carga mayores y por lo tanto el costo del bombeo será alto, pero el costo de la tubería de impulsión será pequeño; tubería de bajo valor económico y pérdidas altas (costo de bombeo alto).
- La velocidad del flujo en el interior de la tubería debe estar comprendido entre un mínimo de 0,60 m/s y máximo de 3,00 m/s, preferible encontrarse con una velocidad no mayor a 1,50m/s.

$$D_e = \sqrt{\frac{1,974 * Q_b}{v}}$$

Donde:

$D_e$ = diámetro económico (pulg)

$Q_b$ = caudal de bombeo (l/s)

$v$ = velocidad del flujo (m/s)

Para  $v=0,60$  m/s:

$$D_e = \sqrt{\frac{1,974 * 14,32}{0,60}} = 6,86 \text{ pulgadas}$$

Para  $v=2,0$  m/s:

$$D_e = \sqrt{\frac{1,974 * 14,32}{3,00}} = 3,07 \text{ pulgadas}$$

Los diámetros que se encuentran comprendidos en estos rangos son los siguientes:

Tabla X. **Diámetros comprendidos dentro del rango**

| Diámetro nominal | Diámetro interno | Material | Precio      |
|------------------|------------------|----------|-------------|
| Pulg             | Pulg             |          | Tubería (Q) |
| 4                | 4,026            | HG       | 1 060,15    |
| 5                | 5,047            |          | 1 396,58    |
| 6                | 6,065            |          | 1 883,06    |

Fuente: elaboración propia, empleando Word 2013.

- Cálculo de amortización

Esto es de utilidad para calcular el costo de la tubería por mes para los diámetros encontrados anteriormente, mediante la ecuación siguiente se determinará la amortización:

$$A = \frac{r * (r + 1)^n}{(r + 1)^n - 1}$$

Donde:

A= amortización

r= tasa de interés (12,8 % anual, Banco de Guatemala 2019)

n= número de meses en que se desea pagar la tubería

$$A = \frac{0,0106 * (0,0106 + 1)^{120}}{(0,0106 + 1)^{120} - 1} = 0,01476$$

Tabla XI. **Costo de tubería por mes**

| Diámetro | Amortización | Costo te tubería | Cantidad de tubos | Costo por mes |
|----------|--------------|------------------|-------------------|---------------|
| 4"       | 0,01476      | Q 1 060,15       | 117               | Q 1 830,79    |
| 5"       | 0,01476      | Q 1 396,58       | 117               | Q 2 411,78    |
| 6"       | 0,01476      | Q 1 883,06       | 117               | Q 3 251,89    |

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

- Cálculo de pérdidas por fricción en tubería

Para determinar esta pérdida se utilizará la ecuación de Hazen & Williams, la cual es:

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

Donde:

H<sub>f</sub>= pérdida de carga por fricción (m)

L= longitud de succión e impulsión (m)

Q= caudal de bombeo (l/s)

C= coeficiente de rugosidad (acero galvanizado C= 100)

D= diámetro interno de la tubería (pulg)

$$H_f(4") = \frac{1\,743,811 * 697,23 * (14,32)^{1,85}}{(100)^{1,85} * (4,026)^{4,87}} = 37,81 \text{ m}$$

$$H_f(5") = \frac{1\,743,811 * 697,23 * (14,32)^{1,85}}{(100)^{1,85} * (5,047)^{4,87}} = 12,58 \text{ m}$$

$$H_f(6") = \frac{1\,743,811 * 697,23 * (14,32)^{1,85}}{(100)^{1,85} * (6,065)^{4,87}} = 5,14 \text{ m}$$

- Potencia de bomba

La potencia de la bomba deberá ser la suficiente para el buen funcionamiento del sistema, su eficiencia no debe ser menor a 60 %, por lo que

se calcula su potencia con esa eficiencia crítica. Mediante la siguiente ecuación se calculará la potencia.

$$P = \frac{Q * hf}{76 * e}$$

Donde:

P= potencia (Hp)

Q= caudal de bombeo (l/s)

Hf= pérdidas por fricción (m)

e= eficiencia de la bomba

$$P(4") = \frac{14,32 * 37,81}{76 * 0,60} = 11,87 \text{ hp} * 0,746 \text{ kw} = 8,86 \text{ KW}$$

$$P(5") = \frac{14,32 * 12,58}{76 * 0,60} = 3,95 \text{ hp} * 0,746 \text{ kw} = 2,95 \text{ KW}$$

$$P(6") = \frac{14,32 * 5,14}{76 * 0,60} = 1,61 \text{ hp} * 0,746 \text{ kw} = 1,20 \text{ KW}$$

Para calcular el costo mensual de bombeo, utilizando un período de 12 horas de bombeo y un mes de 30 días, se obtiene 360 horas mensuales de bombeo. Por lo que a continuación se presenta una tabla de resumen.

Tabla XII. **Costo mensual de bombeo**

| Diámetro | P (KW) | Horas bombeo-mes | Kw hora/mes | Costo kw h/ mes (EEGSA 2018) | Costo energía por mes |
|----------|--------|------------------|-------------|------------------------------|-----------------------|
| 4"       | 8,86   | 360 h/mes        | 3 189,60    | Q 1,30                       | Q 4 146,48            |
| 5"       | 2,95   | 360 h/mes        | 1 062,00    | Q 1,30                       | Q 1 380,60            |
| 6"       | 1,20   | 360 h/mes        | 432,00      | Q 1,30                       | Q 561,60              |

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

- Costo mensual del sistema

Este costo es la suma del costo de tubería y de energía mensual.

Tabla XIII. **Costo mensual del sistema**

| Diámetro (pulgadas) | Costo mensual tubería (Q) | Costo mensual de energía | Costo total |
|---------------------|---------------------------|--------------------------|-------------|
| 4                   | Q 1 830,79                | Q 4 146,48               | Q 5 977,27  |
| 5                   | Q 2 411,78                | Q 1 380,60               | Q 3 792,38  |
| 6                   | Q 3 251,89                | Q 561,60                 | Q 3 813,49  |

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Con los resultados de la tabla interior, puede observarse que el diámetro económico para la conducción por bombeo es de 5 pulgadas.

- Carga dinámica total de la bomba

Para calcular esta carga, es de utilidad considerar las distancias desde el punto en que el agua entra a la bomba hasta su punto de descarga, en este caso hasta el tanque de almacenamiento.

- Altura del nivel dinámico a la boca del pozo, para este caso el nivel dinámico es de 173,43 metros.
- Altura de la boca del pozo a la descarga; en este sentido se tiene 30,1 metros.
- Pérdida de carga en la línea de impulsión, se determina de acuerdo con la ecuación de Hazen & Williams.

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 697,23 * (14,32)^{1,85}}{(100)^{1,85} * (5,047)^{4,87}} = 12,58 \text{ m}$$

- Pérdida de carga en la línea de succión, se determina según la ecuación de Hazen & Williams.

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 243,84 * (14,32)^{1,85}}{(100)^{1,85} * (5,047)^{4,87}} = 4,40 \text{ m}$$

- Pérdida de carga por velocidad; éstas se deben especialmente por la velocidad y gravedad que se ejercen sobre el líquido.

La velocidad se calcula por al diámetro determinado anteriormente con la ecuación:

$$v = \frac{1,974 * Q}{\emptyset^2}$$

Donde:

Q= caudal de bombeo (l/s)

$\emptyset$ = diámetro de la tubería (pulgadas)

$$v = \frac{1,974 * 14,32}{(5,047)^2} = 1,11 \text{ m/s}$$

Por lo que la pérdida de carga por velocidad es la siguiente:

$$H_v = \frac{v^2}{2 * g}$$

Donde:

v= velocidad determinada anteriormente (m/s)

g= gravedad (9,8 m/s<sup>2</sup>)

$$H_v = \frac{(1,11)^2}{2 * (9,8)} = 0,063 \text{ metros}$$

- Pérdidas menores

Estas son producidas por accesorios de la tubería, se determinan como el 10 % de la pérdida de carga en la línea de impulsión.

$$H_{me} = 10\% * H_f$$

Donde:

H<sub>f</sub>= pérdida de carga en la línea de impulsión (m)

$$H_{me} = 10\% * 12,58 \text{ m} = 1,258 \text{ m}$$

Con los resultados obtenidos anteriormente se procede a calcular la carga dinámica total (CDT)

$$CDT = 173,43 \text{ m} + 30,1 \text{ m} + 12,58 \text{ m} + 4,40 \text{ m} + 0,063 \text{ m} + 1,258 \text{ m}$$

$$CDT = 221,83 \text{ m}$$

- Potencia de la bomba

Debiendo garantizar el funcionamiento adecuado del sistema, se determina la potencia con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Q * CDT}{76 * e}$$

Donde:

P= potencia (Hp)

Q= caudal de bombeo (l/s)

CDT= carga dinámica total (m)

e= eficiencia de la bomba

$$P = \frac{14,32 * 221,83}{76 * 0,6} = 59,70 \text{ hp}$$

Bomba comercial= 60 hp

- Golpe de ariete

Celeridad

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} * \frac{D_i}{e}}}$$

Donde:

k = módulo de elasticidad volumétrica del agua ( $2,07 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ )

E = módulo de elasticidad del material ( $2,05 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ )

$D_i$  = diámetro interno de la tubería (128,2 mm)

e = espesor de la pared de la tubería (6,55 mm)

Sustituyendo valores:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2,07 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2}{2,05 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2} * \frac{128,2 \text{ mm}}{6,55 \text{ mm}}}} = 1297,56 \text{ m/s}$$

La sobrepresión que se genera en la tubería debido al golpe de ariete la calcularemos mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{a * v}{g}$$

Donde:

P = sobrepresión en m.c.a.

a = celeridad en m/s

v = velocidad en la tubería en m/s

g = gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>)

Sustituyendo valores:

$$P = \frac{1297,56 * 1,11\text{m/s}}{9,81\text{m/s}^2} = 146,82 \text{ m}$$

La tubería deberá soportar la sobrepresión del golpe de ariete y la altura de bombeo:

$$P_{\text{Total}} = h_{\text{golpe de ariete}} + h_{\text{nivel dinámico - boca de pozo}}$$

Sustituyendo valores:

$$P_{\text{Total}} = 146,82 + 173,43\text{m} = 320,25 \text{ m}$$

Para garantizar que la tubería resista la presión total, se deberá utilizar tubería de hierro galvanizado de 5" cedula 40 de 1670 PSI equivalente a 1176,90 m.c.a.

#### **2.2.8.2. Pozo 04-01-VSOL**

Para este pozo se efectuó el mismo proceso del pozo 04-02-VSOL, por lo que se mostrarán los resultados obtenidos.

Tabla XIV. **Diámetro económico pozo 04-01-VSOL**

| Caudal de bombeo ( $Q_b$ )= 1,68 l/s            |                    |                    |                    |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| Diámetro económico(pulg)                        | 1 1/4              | 1 1/2              | 2                  |
| Amortización                                    | 0,01476            |                    |                    |
| Costo tubería por mes<br>(L= 922,0 = 154 tubos) | Q 1 552,49         | Q 2 141,20         | Q 3 254,99         |
| Potencia de bomba<br>(Costo Kw/h Q 1,30)        | 1,18 hp<br>0,88 KW | 0,61 hp<br>0,46 KW | 0,21 hp<br>0,16 KW |
| Costo mensual de bombeo                         | Q 504,10           | Q 216,00           | Q 75,60            |
| Costo mensual del sistema                       | Q 2 056,49         | Q 2 357,20         | Q 3 330,59         |

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

Tubería de diámetro económico de 1 ¼ pulgadas de 160 PSI.

Tabla XV. **Carga dinámica total**

|  |           |
|--|-----------|
| Nivel dinámico a boca del pozo         | 162, 15 m |
| Boca del pozo a descarga               | 48,00 m   |
| Pérdida de carga en línea de impulsión | 49,55 m   |
| Pérdida de carga en línea de succión   | 11,14 m   |
| Velocidad                              | 1,41 m/s  |
| Pérdida de carga por velocidad         | 0,10m     |
| Perdidas menores                       | 4,95 m    |
| Carga dinámica total                   | 275,90 m  |

Continuación tabla XV.

|                                 |                              |
|---------------------------------|------------------------------|
| Potencia de la bomba            | 10,16 hp; comercial de 10 hp |
| Celeridad                       | 69,24 m/s                    |
| Sobrepresión                    | 9,95 m                       |
| Presión total (48,00 m +9,95 m) | 57,95 m                      |

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

### **2.2.9. Red de distribución**

La red de distribución de agua potable es un sistema conformado por tuberías, válvulas y otros accesorios que conducen agua desde el tanque de almacenamiento o distribución hacia los diferentes puntos de consumo. Su fin es suministrar agua suficiente de manera continua, sanitariamente segura y con presiones adecuadas a los usuarios para el consumo comercial, doméstico, público o requerido.

Las redes de agua potable pueden conformarse de redes abiertas, cerradas o redes mixtas ya que no existe una forma predefinido, por lo que el diseño de colonia Valle del Sol se encuentra definido por una red mixta, ya que se cuenta con redes abiertas y cerradas. Así mismo, se encuentra conformada por tubería PVC (ASTM- 2241) de 160 psi en diferentes diámetros.

#### **2.2.9.1. Velocidades del sistema**

En redes de distribución la velocidad del agua por conducir se encuentra presidida de acuerdo con fenómenos transitorios y según las características del material por utilizar. El Reglamento de diseño de agua potable de la ciudad de Guatemala de 2006 es el único documento legal que se encuentra vigente hasta

la fecha, hace referencia a que la velocidad máxima por considerar es de 2,0 m/s en relación con el consumo de hora máxima.

### **2.2.9.2. Presiones del sistema**

Respecto de las redes de distribución y líneas de conducción la presión hidrostática debe ser menor a la presión de trabajo de las tuberías por utilizar. En relación con la primera, si las presiones son altas, se presentarán desperdicios en el consumo al abrir llaves o pueden generarse roturas en la tubería, así que las presiones de servicio no deberán ser menores de 15 mca y mayores a 60 mca, según el normativo de EMPAGUA.

### **2.2.10. Tanque elevado de almacenamiento**

Para el diseño del tanque elevado del sistema de distribución de Valle del Sol, se propone un tanque elevado de 15 metros de altura, para cumplir con la presión mínima de 15 metros columna de agua (mca) y 60 metros columna de agua. Este tanque será diseñado de estructura metálica, a base de columnas y rigidizantes.

#### **2.2.10.1. Volumen de almacenamiento**

Para diseñar el tanque de abastecimiento es ideal contar con un estudio de demanda, en el cual se establecen los consumos en determinado período de tiempo. Si no se cuenta con un estudio de demanda, se piensa utilizar del 25 % al 40 % del caudal medio diario.

El volumen se calculará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V_{\text{tanque}} = \frac{\% * Q_{\text{md}} * 86\,400}{1\,000}$$

En donde:

$V_{\text{tanque}}$ = volumen del tanque ( $\text{m}^3$ )

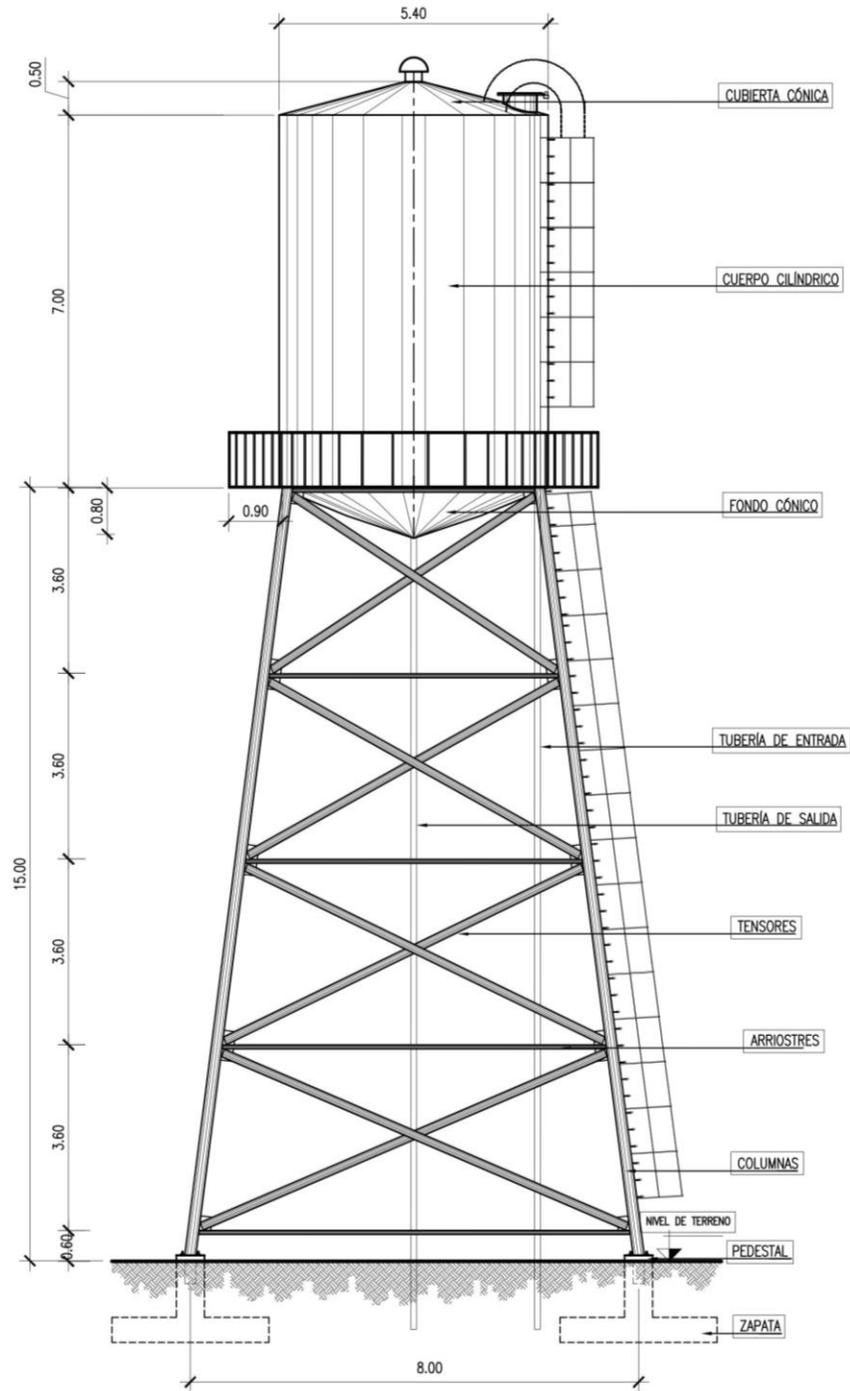
%= porcentaje de almacenamiento

$Q_{\text{md}}$ = caudal medio diario (lts/seg)

$$V_{\text{tanque}} = \frac{0,30 * (4,14 + 0,70 + 1,13) * 86\,400}{1\,000} = 154,74 \text{ m}^3 \approx 160,00 \text{ m}^3$$

Para este diseño se utilizará un porcentaje del 30 %, tomando los caudales medios diarios de los sectores para cubrir su demanda, por lo tanto, el volumen del tanque se aproximará a 160 metros cúbicos.

Figura 9. Esquema de tanque elevado de almacenamiento



Fuente: elaboración propia, empleando Civil 3D 2018.

### 2.2.10.2. Dimensionamiento del tanque

De acuerdo con el volumen de almacenamiento se dimensionarán los elementos del tanque.

- Cuerpo del tanque

Para este diseño se realizará un tanque de planta circular, generando un volumen cilíndrico en el cuerpo, por lo que las paredes del cilindro y del fondo deberán soportar la presión ejercida por el agua y se construirá utilizando lámina negra Norma A-36.

$$\text{Vol Cil} = \pi * r^2 * H$$

Se utilizará un radio de 2,7 m

$$h_{\text{cuerpo}} = \frac{\text{Vol Cil}}{\pi * r^2}$$

$$h_{\text{cuerpo}} = \frac{160,00}{\pi * (2,7)^2} = 7,00 \text{ m}$$

Para determinar la geometría del tanque se deberá dividir la altura del cuerpo del cilindro dentro del diámetro por utilizar, esto para mantener una constante (C) dentro del rango  $1 \leq C \leq 1,4$ .<sup>13</sup>

$$h_{\text{cuerpo}}/D_{\text{cuerpo}} = C$$

---

<sup>13</sup> RUANO PAZ, Marco Antonio. *Manual para diseño estructural de tanques metálicos elevados en la República de Guatemala*. p. 4.

$$\frac{7,00 \text{ m}}{5,40 \text{ m}} = C = 1,3$$

Debido a que la constante C si cumple, se utilizará un cilindro con radio 2,7 m y una altura de 7,0 m.

Los techos y los fondos pueden ser planos, cónicos, en forma de domo, o una combinación de estos.

- Techo

Sirve para cubrir el agua en el interior del tanque debido a la intemperie. Para este caso se empleará una cubierta cónica, debido a que por su forma física es capaz de sostenerse únicamente soportándose en su periferia por anillo de coronamiento.

El techo se dimensionará asumiendo una altura de techo ( $h_{\text{techo}}$ ) que deberá encontrarse en el rango de:

$$1 \text{ pie} \approx (0,305 \text{ m}) \leq h_{\text{techo}} \leq D_{\text{cuerpo}}/6$$

$$0,305 \text{ m} \leq h_{\text{techo}} \leq 5,4 \text{ m}/6$$

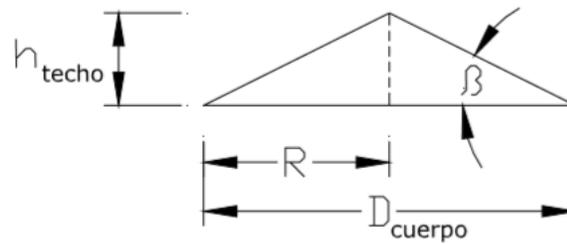
$$0,305 \text{ m} \leq 0,50 \leq 0,90$$

Asumiendo una altura de techo de 0,50 m, si cumple debido a que se encuentra dentro el rango.

Comprobando la inclinación del techo de acuerdo con el estándar AWWA D 100-05, tendrá como mínimo y máximo cumplir estos ángulos respecto de la horizontal.

$$9,5^{\circ} \leq \beta \leq 37^{\circ}$$

Figura 10. **Inclinación de techo del tanque elevado**



Fuente: RUANO PAZ, Marco Antonio. *Manual para diseño estructural de tanques metálicos elevados en la República de Guatemala*. p. 35.

$$\tan \beta = \frac{h_{\text{techo}}}{R} \quad \beta = \tan^{-1}\left(\frac{h_{\text{techo}}}{R}\right)$$

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{0,5}{2,70}\right) = 10,67^{\circ} \quad \text{Si cumple}$$

- Fondo

El fondo se dimensionará asumiendo una altura de fondo ( $h_{\text{fondo}}$ ) que deberá encontrarse en el rango de:

$$2 \text{ pies} \approx (0,61 \text{ m}) \leq h_{\text{fondo}} \leq D_{\text{cuerpo}}/4$$

$$0,61 \text{ m} \leq h_{\text{fondo}} \leq 5,40/4$$

$$0,61 \text{ m} \leq 0,8 \leq 1,35$$

La altura del cono del fondo si se encuentra dentro del rango, por lo que tendrá una altura de 0,8 m.

- Dimensionamiento de la torre

La torre es una armazón estructural de gran altura con la función de sostener el tanque a una altura determinada ( $H_{\text{torre}}$ ). Se encuentra compuesta por un conjunto de elementos unidos entre sí por medio de placas o platinas.

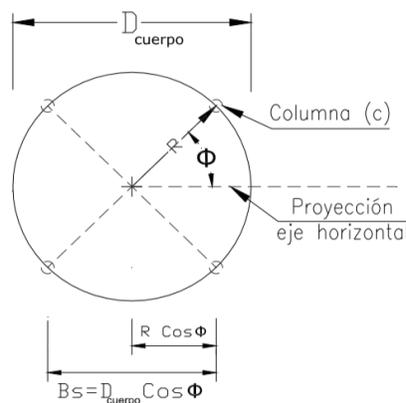
- Torre de soporte

De acuerdo con el diámetro del cuerpo, la altura de la torre y el número de columnas, se procede a dimensionar la parte superior e inferior de la torre. Esta se diseñará con cuatro columnas.

Base superior de la torre ( $B_s$ )

En base al número de columnas de la torre que se ubicarán con un ángulo ( $\phi$ ), formado entre un radio que pasa por la columna y una proyección horizontal, se obtiene la siguiente expresión:

Figura 11. **Planta de torre con cuatro columnas**



Fuente: RUANO PAZ, Marco Antonio. *Manual para diseño estructural de tanques metálicos elevados en la República de Guatemala*. p. 48.

$$B_s = D_{\text{cuerpo}} * \cos \phi$$

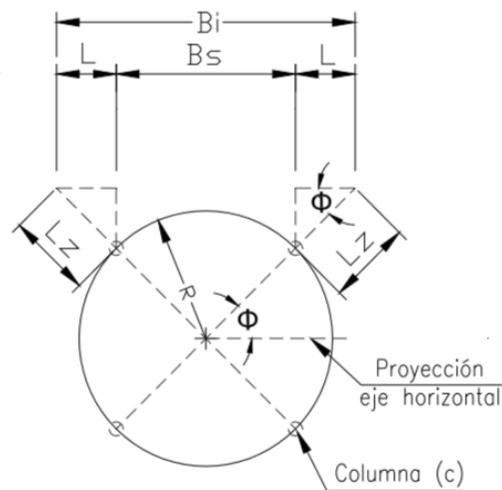
$$B_s = 5,40 * \cos 45$$

$$B_s = 3,82 \text{ m}$$

Base inferior de la torre ( $B_i$ )

Para limitar la separación de las columnas en la parte inferior, el eje de las columnas de la torre no podrá desviar su inclinación ( $m$ ) a más del 25 % de la altura de la torre, por lo que se determinarán las distancias  $L_z$  y  $L$ .

Figura 12. **Planta de torre, inclinación de columnas**



Fuente: Fuente: RUANO PAZ, Marco Antonio. *Manual para diseño estructural de tanques metálicos elevados en la República de Guatemala*. p. 47.

$$0 \% \leq m \leq 25 \%$$

$$L_z = m * H_{\text{torre}}$$

$$L = L_z * \cos \phi$$

Con pendiente ( $m$ ) = 20 %

$$L_z = 0,20 * 15,00 \text{ m} = 3,0 \text{ m}$$

$$L = 3,0 * \cos 45 = 2,12 \text{ m}$$

Por lo que base inferior del tanque ( $B_i$ ) será la expresión

$$B_i = 2(L) * B_s$$

$$B_i = 2(2,12) + 3,82 = 8,00 \text{ m}$$

Separación entre arriostres

La separación del primer arriostre debe estar comprendido entre 0,50 m a 1,00 m esto sobre el nivel del suelo para evitar corrosión, por lo que para el primero se utilizará de 0,60 m.

Los siguientes arriostres se calcularán según la altura restante, la cual no deberá sobrepasar los 4,50 m.

$$15,00 - 0,60 = 14,40 \text{ m}$$

$$\text{Separación entre breizas} = \frac{14,40 \text{ m}}{4 \text{ arriostres}} = 3,60 \text{ m}$$

La separación entre breizas será de 3,60 m.

- Espesores de lámina
  - Espesor de cilindro

Para elementos en contacto con agua el espesor mínimo de será de ¼ de pulgada ( $t_{\min h20} = 1/4''$ ) de acuerdo con la sección 3.10, AWWA D 100-05. El espesor se determinará mediante la ecuación siguiente del AISC:

$$t = \sqrt{\frac{(3 * P * n^2)}{F_s}}$$

En donde:

t= espesor de lámina (plg)

P= presión sobre la lámina (lb/plg<sup>2</sup>)

n= (B/2) – 6

B= diferencial de lámina 1m= 39,36 plg

F<sub>s</sub>= esfuerzo resultante de flexión de la lámina (lb/plg<sup>2</sup>)

Por lo que se procede a calcular las fuerzas necesarias

F<sub>y</sub>= 36,000 psi

P=  $\gamma_{\text{agua}} * H_{\text{cil}} = 1\ 000\ \text{kg/m}^3 * 7,00\ \text{m} = 7\ 000\ \text{kg/m}^2$

F<sub>s</sub>=  $0,75F_y = 0,75 * 36\ 000\ \text{psi} = 27\ 000\ \text{psi} = 1\ 898,73\ \text{kg/cm}^2$

Fuerza que el agua ejerce sobre el cilindro

$$F = \frac{(\gamma_{\text{agua}} * h * l * d)}{2}$$

Donde:

F= fuerza del agua sobre el cilindro (kg)

h= altura del agua (m)

d= diámetro del depósito (m)

$\gamma_{\text{agua}}$ = densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>)

l= altura del cilindro del tanque (m)

$$F = \frac{(1\,000 * 6,72 * 7,00 * 5,40)}{2} = 127\,008,00 \text{ kg}$$

Presión resultante

$$P = \frac{F}{A}$$

F = fuerza resultante (kg)

A = área lateral del tanque (m<sup>2</sup>)

$$P = \frac{127\,008,00}{\pi * 5,4 * 7} = 1\,069,52 = \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 1,52 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}$$

Utilizando la ecuación del cálculo del espesor se obtendrá entonces:

$$t = \sqrt{\frac{\left(3 * 1,52 * \left(\frac{39,36}{2} - 6\right)^2\right)}{27000}} = 0,18 \text{ pulg}$$

Utilizar espesor de cilindro mínima de ¼ pulgada.

- Espesor en el fondo cónico

Se calcula la fuerza que el agua ejerce sobre este, para posteriormente calcular la presión y el espesor en el fondo.

$$F = \gamma_{\text{agua}} * V_{\text{total}}$$

Donde:

F = fuerza en el fondo

$V_{\text{total}}$  = volumen del cilindro y del cono

$\gamma_{\text{agua}}$  = densidad del agua en kg/m<sup>3</sup>

$$V_{\text{total}} = V_{\text{cilindro}} + V_{\text{cono}}$$

$$V_{\text{total}} = 160 + 6,10 = 166,10 \text{ m}^3$$

$$F = 1\,000 * 166,10 = 166\,100 \text{ kg}$$

Presión sobre la lámina

$$P = \frac{F}{\frac{\pi * \emptyset * \sqrt{r^2 + h_{\text{cono}}^2}}{2}}$$

$$P = \frac{166\,100}{\frac{\pi * 5,4 * \sqrt{2,7^2 + 0,8^2}}{2}}$$

$$P = 6\,953,76 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 9,89 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}$$

Por lo que finalmente el espesor será:

$$t = \sqrt{\frac{(3 * P * n^2)}{F_s}}$$

Donde:

t= espesor de lámina (pulg)

P= presión sobre la lámina (lb/pulg)

n= B/2 -6

B= diferencial de lámina= 1m= 39.36 pulg

F<sub>s</sub>= esfuerzo permisible de flexión en la lámina (lb/pulg<sup>2</sup>)

$$t = \sqrt{\frac{\left(3 * 8,90 * \left(\frac{39,36}{2} - 6\right)^2\right)}{27\,000}} = 0,453 \text{ pulg, utilizar } \frac{1}{2} \text{ pulg} = 0,5 \text{ pulg.}$$

- Peso de tanque

Cargas:

- Peso específico del acero ( $\gamma_{\text{acero}}$ ) = 7 800 kg/m<sup>3</sup>
- Peso específico del agua ( $\gamma_{\text{agua}}$ ) = 1 000 kg/m<sup>3</sup>
- Peso del agua ( $W_{\text{agua}}$ )

$$W_{\text{agua}} = \gamma_{\text{agua}} * V_T$$

$$W_{\text{agua}} = 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 166,10 \text{ m}^3 = 166\,100 \text{ kg}$$

- Peso de la cubierta y el fondo ( $W_{\text{conos}}$ )

$$V_{\text{conos}} = V_{\text{cono\_sup}} + V_{\text{cono\_inf}}$$

$$V_{\text{cono}} = \pi R * (\rho_{\text{sup}} * t_{\text{sup}} + \rho_{\text{inf}} * t_{\text{inf}})$$

$$\rho_{\text{sup}} = \sqrt{R^2 + h^2} = \sqrt{(2,7)^2 + (0,5)^2} = 2,75 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{inf}} = \sqrt{R^2 + h^2} = \sqrt{(2,7)^2 + (0,8)^2} = 2,82 \text{ m}$$

$$V_{\text{cono}} = \pi(2,7) * (2,75 * 0,00635 + 2,82 * 0,0127) = 0,4519 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{conos}} = \gamma_{\text{acero}} * V_{\text{conos}}$$

$$W_{\text{conos}} = 7\,800 * 0,4519 = 3\,524,88 \text{ kg}$$

- Peso del cilindro ( $W_{\text{cilindro}}$ )

$$V_{\text{cilindro}} = 2\pi R * h_c * t$$

$$V_{\text{cilindro}} = 2\pi(2,7 \text{ m}) * 7,0 \text{ m} * 0,00635 \text{ m} = 0,75 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{cilindro}} = \gamma_{\text{acero}} * V_{\text{cilindro}}$$

$$W_{\text{cilindro}} = 7\,800 * 0,75 = 5\,850,00 \text{ kg}$$

- Peso total del tanque (CT)

$$CT = W_{\text{agua}} + W_{\text{conos}} + W_{\text{cilindro}}$$

$$CT = 166\,100 + 3\,524,88 + 5\,850$$

$$CT = 175\,474,88 \text{ kg}$$

- Peso total por columna

$$P_c = 175\,474,88 \text{ kg} / 4 = 43\,868,72 \text{ kg} (96,73 \text{ kips})$$

- Peso de la torre

Peso columna cuadrada HSS 16"x16"x1/2" = 153,28 kg/m

Peso tensores cuadrado HSS 6"x6"x1/2" = 52,44 kg/m

Peso arriostres perfil W16x31= 46,13 kg/m

Peso de columnas= 4 x 15m x 153,28 kg/m = 9 196,80 kg

Peso de tensores= 162m x 52,44kg/m= 8 495,28 kg

Peso de arriostres= 116,52m x 46,13 kg/m= 5 375,07 kg

Peso de accesorios= 300,00 kg

Total= 23 367,15 kg

Peso total de la torre = 23 400,0 kg

- Análisis por sismo

El coeficiente sísmico del tanque elevado metálico se determinará de acuerdo con la localización zonal, características de sitio y categoría de diseño en base a las Normas de Seguridad Estructural para Guatemala, edición 2018 de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES).

Por lo que el anexo A Lista de amenaza sísmica por municipio para la República de Guatemala, AGIES NSE 2-18, el municipio de Mixco posee:

Índice de sismicidad ( $I_o$ ) = 4,2

Ordenada espectral de periodo corto ( $S_{cr}$ )= 1,50 g

Ordenada espectral con periodo ( $S_{1r}$ ) = 0,55 g

Según el NSE 1-18 la obra se categoriza como IV: obra esencial.

En base al NSE 2-18, tabla 4.2.1-1 Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño, esta obra se cataloga como una obra esencial tipo E con una probabilidad de exceder el sismo de diseño de 5 % en 50 años.

La clasificación del sitio para el territorio de Guatemala corresponde a los parámetros correspondientes al perfil B, por lo que los coeficientes serán los siguientes según las tablas 4.5-1 y 4.5-2 de NSE 2-18:

Coeficiente de sitio  $F_a = 1,2$

Coeficiente de sitio  $F_v = 1,7$

- Ajuste por clase de sitio

Según NSE 2-18, sección 4.5.2:

Ordenada espectral del sismo extremo para estructuras con período de vibración corto ( $S_{cs}$ ).

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a$$

$$S_{cs} = 1,50 * 1,2 = 1,8$$

Ordenada espectral correspondiente a períodos de vibración de un segundo ( $S_{1s}$ ).

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v$$

$$S_{1s} = 0,55 * 1,7 = 0,935$$

- Parámetros de aceleración espectral

Según NSE 2-18, sección 4.5.5, para lo cual el factor  $K_d$  para sismo con 5 % de probabilidad de ser excedido en 50 años es 0,80.

Parámetro de aceleración espectral a períodos cortos ( $S_{cd}$ ).

$$S_{cd} = K_d * S_{cs}$$

$$S_{cd} = 0,8 * 1,8 = 1,44$$

Parámetro de aceleración espectral a períodos de un segundo ( $S_{1d}$ ).

$$S_{1d} = K_d * S_{1s}$$

$$S_{1d} = 0,8 * 0,935 = 0,748$$

- Período de vibración de transición

Según NSE 2-18, sección 4.5.4:

Periodo  $T_s$ : que separa los períodos cortos de los largos.

$$T_s = S_{1s} / S_{cs}$$

$$T_s = 0,935 / 1,8 = 0,519 \text{ seg}$$

Período  $T_0$ : que define el inicio de la meseta de períodos cortos del espectro.

$$T_0 = 0,2 * T_s$$

$$T_0 = 0,2 * 0,519 = 0,1038 \text{ seg}$$

- Sistema estructural

De acuerdo con el NSE 7.5-18, tabla 4.3.3-1, por ser un tanque elevado con columnas arriostradas simétricamente posee los siguientes parámetros sísmicos:

- Coeficiente de modificación de respuesta sísmica (R)= 3
- Factor de sobreesfuerzo ( $\Omega_o$ )= 2
- Factor de amplificación ( $C_d$ )= 2,5
- Factor de importancia de sismo ( $I_e$ )= 1,5

- Deriva permisible ( $\Delta_{perm}$ )

Según NSE 7.5-18, tabla 6.2-1, la deriva para este tipo de estructura y categoría se determina de la siguiente manera, en pies:

$$\Delta_{perm} = 0,01 * H_{cm}$$

$$\Delta_{perm} = 0,01 * 61,84 = 0,6184 \text{ pies}$$

- Periodo fundamental de la estructura

Desplazamiento lateral de la masa ( $\delta_{st}$ )

$$\delta_{st} = \Delta_{perm} / (C_d / I_e)$$

$$\delta_{st} = 0,618 / (2,5 / 1,5) = 0,3710 \text{ pies}$$

$$T = 2\pi * \sqrt{\delta_{st}/g}$$

Donde:

T= período fundamental de la estructura en segundos

$\delta_{st}$ = desplazamiento lateral de la masa, en pies

g= aceleración de la gravedad, en pie/seg<sup>2</sup>

$\Delta_{perm}$ = deriva permisible, en pies

$C_d$ = factor de amplificación

$I_e$ = factor de importancia de sismo

$$T = 2\pi * \sqrt{0,371/32,18} = 0,6746 \text{ seg}$$

De acuerdo con NSE 2-18, en la sección 4.5.6, la demanda sísmica ( $S_a(T)$ ) cuando  $T > T_s$  debe cumplir la siguiente expresión:

$$S_a(T) = S_{1d}/T \leq S_{cd} \text{ cuando } T > T_s$$

$$S_a(T) = 0,748/0,6746 \leq 1,44$$

$$S_a(T) = 1,108 \leq 1,44$$

- o Coeficiente sísmico ( $C_s$ )

De acuerdo NSE 3-18, en la sección 2.1.3, el coeficiente sísmico se establece de la siguiente manera:

$$C_s = S_a(T)/R$$

Donde:

$S_a(T)$  = demanda sísmica

R = coeficiente de modificación de respuesta sísmica

$$C_s = 1,108 / 3 = 0,37$$

Valor mínimo de  $C_s$

Según NSE 3-18, en la sección 2.1.4, se debe verificar el coeficiente sísmico obtenido anteriormente de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} C_s &\geq 0,044 S_{cd} \geq 0,01 \\ 0,37 &\geq 0,044 * (1,44) \geq 0,01 \\ 0,37 &\geq 0,0636 \geq 0,01 \end{aligned}$$

Coeficiente sísmico ( $C_s$ ) a utilizar es 0,37

- Análisis de la estructura

Debido a que el viento no es crítico, únicamente se analizará por sismo:

- Corte

La fuerza del sismo de los diferentes elementos se obtendrá mediante la multiplicación del coeficiente sísmico por el del elemento.

$$F_{\text{stanque}} = C_s * \text{Peso}_{\text{tanque}}$$

$$F_{\text{stanque}} = 0,37 * 175\,474,88 \text{ kg} = 64\,925,71 \text{ kg}$$

$$F_{\text{torre}} = C_s * \text{Peso}_{\text{torre}}$$

$$F_{\text{torre}} = 0,37 * 23\,400 \text{ kg} = 8\,658,0 \text{ kg}$$

$$F_{\text{total}} = 73\,583,71 \text{ kg} = 161,88 \text{ kips}$$

- Momentos

$$\text{Momento}_{\text{deposito}} = F_{\text{stanque}} * \text{centro}_{\text{deposito}}$$

$$\text{Momento}_{\text{deposito}} = 64\,925,71 \text{ kg} * 18,85 \text{ m} = 1\,223\,849,63 \text{ kg-m}$$

$$\text{Momento}_{\text{torre}} = F_{\text{torre}} * \text{centro}_{\text{torre}}$$

$$\text{Momento}_{\text{torre}} = 8\,658,0 \text{ kg} * 7,5 \text{ m} = 64\,935 \text{ kg-m}$$

$$\text{Momento}_{\text{total}} = 1\,288\,784,55 \text{ kg-m}$$

- Corte por marco (Vm)

$$V_m = F_{\text{total}} / 2$$

$$V_m = 73\,583,71 / 2$$

$$V_m = 36\,791,85 \text{ kg}$$

- Momento por marco (Mm)

$$M_m = \text{Momento}_{\text{total}} / 2$$

$$M_m = 1\,288\,784,55 / 2$$

$$M_m = 644\,392,28 \text{ kg-m}$$

- Reacción (Po)

$$P_o = \text{Momento por marco} / \text{separación entre columnas}$$

$$P_o = 644\,392,28 / 8$$

$$P_o = 80\,549,03 \text{ kg}$$

- Esfuerzo columna<sub>1-2</sub>

$$M' = F_{\text{stanque}} * \text{Altura columna}_{1-2}$$

$$M' = 64\,925,71 \text{ kg} * 3,62 \text{ m} = 235\,031,05 \text{ kg-m}$$

$$M'' = F_{\text{storre}} * \text{Altura columna}_{1-2}$$

$$M'' = 8\,658,0 \text{ kg} * 3,62 \text{ m} = 31\,341,96 \text{ kg-m}$$

$$P_{1-2} = (M' + M'') / \text{separación entre columnas}$$

$$P_{1-2} = (266\,373,01 \text{ kg-m}) / 8,0 \text{ m} = 33\,296,63 \text{ kg}$$

- P<sub>MAX</sub> en columna

$$P_{\text{MAX}} = \text{Momento}_{\text{total}} / \text{separación entre columnas}$$

$$P_{\text{MAX}} = 1288\,784,55 \text{ kg-m} / 8,0 \text{ m} = 161\,098,06 \text{ kg}$$

- Columnas

Se propone utilizar tubo de sección cuadrada HSS 16"x16"x 1/2", de las tablas del AISC se obtiene:

$$\text{Área} = 28,3 \text{ plg}^2.$$

$$\text{Radio de giro} = 6,31 \text{ pulg.}$$

$$\text{La longitud entre arriostres es de } 3,60 \text{ m} = 142 \text{ pulg}$$

$$C_{\text{critica}} = P_{\text{MAX}} + P_c = 161\,098,06 \text{ kg} + 43\,868,72 \text{ kg}$$

$$C_{\text{critica}} = 204\,966,78 \text{ kg} = 450,93 \text{ kips}$$

Calculando la relación de esbeltez, donde  $K=1$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{1 * 142}{6,31} = 23$$

Según el manual AISC para una relación de esbeltez de 23 se obtiene un esfuerzo permisible:  $F_a = 20,41$  ksi.

Calculando el esfuerzo de diseño  $F_a$ , se obtiene:

$$F_a = P_p / \text{Área}$$

$$F_a = 450,93 / 28,3$$

$$F_a = 15,93 \text{ Kips}$$

Comparación final:

Esfuerzo permisible > Esfuerzo de diseño

20,41 ksi > 16 Kips

Si cumple, por lo tanto, se propone utilizar tubo cuadrado HSS 16"x16"x1/2".

- Diseño de tensores

Para este tanque los tensores propuestos son tubo cuadrado, los datos correspondientes pueden encontrarse dentro del manual *American Institute of Steel Construction (A.I.S.C.)*.

Según tablas AISC los datos generales para el diseño son los siguientes:

Dimensiones: 6\*6 pulgadas

Espesor: 1/2 pulgada

Área: 9,74 pul<sup>2</sup>= 62,83 cm

Peso por pie lineal: 35,24 libras

Radio de giro en "X" y "Y": 2,23 pulgadas

Fs: Esfuerzo de trabajo a tensión: 0,60\*36 000 = 21 600 psi= 1 518,6 kg/cm<sup>2</sup>

$$T = \frac{Vm}{\text{Cos}\alpha} = \frac{36\,791,85 \text{ kg}}{\text{Cos } 64^\circ} = 83\,928,54 \text{ kg}$$

$$\text{Area} = \frac{T}{F_s} = \frac{83\,928,54 \text{ kg}}{1\,518,63 \text{ kg/cm}^2} = 55,24 \text{ cm}^2$$

Comprobando la sección:

Área sección > Área requerida

62,83 cm<sup>2</sup> > 55,24 cm<sup>2</sup>

Si cumple, por lo tanto, se propone utilizar tubo cuadrado HSS de 6\*6 pulgadas de 1/2 pulgada de espesor.

- Diseño de piezas horizontales (Arriostres)

Su función principal al igual que los tensores, es neutralizar la acción de la fuerza sísmica.

Según tablas AISC los datos generales para el diseño son los siguientes:

Perfil W16X31

Área: 9,13 pulg<sup>2</sup> = 30,65 cm<sup>2</sup>

Peso por pie lineal (W): 31 libras = 46,13 kg/m

Inercia ( $I_x$ )= 375 pulg<sup>4</sup>

Módulo de sección ( $Z_x$ )= 47,2 pulg<sup>3</sup>

Resistencia perfil ( $F_y$ )= 50,0 ksi

Longitud del primer arriostre: 3,82 m= 150,39 pulg= 12,53 pies

Esfuerzo de trabajo a flexión ( $F_f$ ): 0,9\* $F_y$

$F_f = 0.9 * 50 \text{ 000 ksi} = 45,0 \text{ ksi}$

Momento actuante

$M_a = M_{\text{carga distribuida}}$

$M_a = WL^2/8$

$M_a = \frac{11\,530,09 * (3,82)^2}{8} = 21\,031,46 \text{ kg-m} = 152,12 \text{ kip-pie} = 1\,825,44 \text{ kip-pulg}$

Calculando el módulo de sección requerido

$M_a = F_f * Z_{\text{req}}$

$Z_{\text{req}} = 1\,825,44 \text{ kip-pulg} / 45,0 \text{ kip/pulg}^2 = 40,56 \text{ pulg}^3$

Comprobando la sección:

$Z_x \text{ sección} > Z_x \text{ requerida}$

$47,2 \text{ pulg}^3 > 40,56 \text{ pulg}^3$

Si cumple, por lo tanto, se propone utilizar perfil W16X31.

- Pernos

Se propone utilizar 4 pernos de anclaje de diámetro 1 1/2", bajo la norma ASTM F 1554 grado 36, según AISC.

Tensión=  $P_{\text{MAX}} - P_{\text{c/columna}}$

Tensión= 161 098,06 kg – 43 868,72 kg

Tensión= 117 229,34 kg = 258,6 kips

Corte= 107 790,85 kg = 237,64 kips

Utilizando pernos de diámetro de 1 1/2 de pulgada se obtienen sus propiedades según la tabla 4 de propiedades para pernos de anclaje de la norma mencionada anteriormente.

Esfuerzo permisible a tensión ( $F_t$ ) = 81,5 kip

Esfuerzo permisible a corte ( $F_v$ ) = 50,6 kip

Área ( $A_t$ ) = 1,405 pulg<sup>2</sup>

$$\text{Tensión}_{\text{perno}} = \frac{\text{Tensión}}{\text{Número de pernos}} = \frac{258,6 \text{ kip}}{4} = 64,65 \text{ kip}$$

$$f_t = \frac{\text{Tensión}_{\text{perno}}}{A_t} = \frac{64,65 \text{ kip}}{1,405 \text{ pulg}^2} = 46,01 \text{ ksi}$$

$F_t > f_t$  si cumple

$$\text{Corte}_{\text{perno}} = \frac{\text{Corte}}{\text{Número de pernos}} = \frac{237,64 \text{ kip}}{4} = 59,41 \text{ kip}$$

$$f_v = \frac{\text{Corte}_{\text{perno}}}{A_t} = \frac{59,41 \text{ kip}}{1,405 \text{ pulg}^2} = 42,28 \text{ ksi}$$

$F_v > f_v$  si cumple

Los pernos propuestos de 1 ½ pulgadas de diámetro cumplen con los requerimientos.

- Placa base para las columnas

Para evitar la falla de punzonamiento en el concreto es importante que esta placa base se tenga en contacto fijo con la base de la columna; esta placa se fija con soldadura a la columna y mediante tornillos de anclaje se fija a la cimentación.

Para determinar el área de la placa se debe de dividir la carga de la columna entre el esfuerzo unitario de compresión permisible del concreto; este último pudiendo ser de 0,25 f'c cuando toda el área está cubierta por la placa e igual a 0,375 f'c, cuando el área de la placa es un tercio del área del concreto, como se observa a continuación.

- Sección de la placa

$$\text{Area\_placa} = \frac{P_{\text{MAX}} + P_{\text{total\_col}}}{F_p}$$

Donde:

Área\_placa: área de la placa (pulg<sup>2</sup>)

P<sub>MAX</sub>: fuerza máxima sobre una columna

P<sub>total\_col</sub>: peso tanque+torre en cada columna

F<sub>p</sub>: esfuerzo permisible de compresión en el pedestal de concreto (lb/pulg<sup>2</sup>)

F<sub>p</sub>: 0,375\*4 000 lb/pulg<sup>2</sup>= 1 500 lbs/pulg<sup>2</sup> = 680,4 kg/pulg<sup>2</sup>

$$\text{Area}_{\text{placa}} = \frac{161\,098,06\text{ kg} + 49\,718,7\text{ kg}}{680,4\text{ kg/pulg}^2} = 309,84\text{ pulg}^2$$

$$\text{Lado de la placa} = \sqrt{309,84} = 17,6 \text{ pulgadas}$$

Se utilizará una placa de 20,0 X 20,0 pulgadas (400 pulg<sup>2</sup>) para disminuir el espesor de placa.

El espesor de la placa se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$t = \sqrt{\frac{3pm^2}{F_b}}$$

Donde:

t: espesor de la placa en pulgadas

p: carga sobre el pedestal de concreto

m: proyección de la placa, por fuera de la columna en pulgadas

F<sub>b</sub>: esfuerzo de trabajo a flexión (0,60\*f<sub>y</sub> para acero A-36 de acuerdo con manual AISC)

$$p = \frac{P}{B * C} = \frac{210\,816,8 \text{ kg}}{(20 * 20)\text{pulg}^2} = 527,04 \frac{\text{kg}}{\text{pulg}^2} = 1\,161,9 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}$$

$$m = \frac{C - \phi}{2} = \frac{20'' - 16''}{2} = 2 \text{ pulg}$$

$$F_b = 0,60 (36\,000) = 21\,600 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{3pm^2}{F_b}} = \sqrt{\frac{3 * 1\,096,2 * (2)^2}{21\,600}} = 0,78 \text{ pul} = 7/8'' \text{ comercial}$$

Se propone utilizar una placa cuadrada de 20\*20 pulgadas de un espesor de 7/8 de pulgada.

- Cimentación

Es el elemento estructural encargado de transferir las cargas actuantes de la estructura hacia el suelo, siendo su finalidad garantizar la estabilidad y evitar daños; eso obteniéndose mediante un dimensionamiento y armado adecuado.

- Pedestal de la cimentación

Son utilizados comúnmente como elementos de transición entre las columnas metálicas y zapatas; con su uso se busca que sobre la parte superior de la zapata se distribuya la carga, de esta manera se aliviana la intensidad de presión de apoyo directo sobre esta; o de igual manera simplemente para obtener zapatas con menor refuerzo y más delgada.

Para dimensionamiento del pedestal se considerará una sección de 0,55\*0,55 metros; la altura de esta se considerará como  $h = (3*a)$ , en donde "a" será el ancho propuesto de la sección, por lo que se obtiene una altura de  $h = 3*(0,55) = 1,65$  m.

Mediante relación de esbeltez se determinará si el pedestal trabajará como columna corta, intermedia o larga:

|     |                |                    |
|-----|----------------|--------------------|
| Si: | $E < 21$       | columna corta      |
|     | $21 < E < 100$ | columna intermedia |
|     | $E > 100$      | columna larga      |

Aplicando la siguiente ecuación se determinará la esbeltez del pedestal:

$$E = \frac{K * L}{r}$$

Donde:

K: factor de pandeo, se tomará K=1

L: longitud libre entre apoyos (m)

R: radio de giro de la sección (m)

El radio de giro según el ACI se especifica que para columnas cuadradas o rectangulares  $r=0,30*b$ ; y para circulares  $r=0,25*\text{diámetro}$ .

$$E = (1 * 1,65)/(0,3 * 0,65) = 8,46 \quad \text{Se considera columna corta}$$

Refuerzo del pedestal

El cálculo de la resistencia última a compresión pura según ACI, se determinará a partir de la siguiente ecuación; señalando que por el ángulo de inclinación pequeño de la columna transitoria se desaprovechará el momento de la componente horizontal de la carga total de la columna.

$$P_u = \phi * (0,85 * f'_c (A_g - A_s) + (F_y * A_s))$$

Donde:

$P_u$  = resistencia última de la columna (kg)

$\Phi$  = factor de compresión igual a 0,75

$A_g$  = área de la sección de la columna ( $\text{cm}^2$ )

$A_s$  = área de acero ( $\text{cm}^2$ )

$f'_c$  = resistencia nominal del concreto ( $280 \text{ kg/cm}^2$ )

$F_y$  = resistencia de fluencia del acero ( $2\ 818,19 \text{ kg/cm}^2$ )

El  $A_s$  se tomará como el acero mínimo, de acuerdo con el ACI se tomará como 1 % del área de la sección de la columna;  $1\% \cdot (50 \cdot 50) = 25 \text{ cm}^2$ .

$$P_u = 0,75 \cdot \left( 0,85 \cdot 280(3\ 025 - 30,25) + (2818,19 \cdot 30,25) \right) = 598\ 500,56 \text{ kg}$$

$$P_u = 1319\ 467,87 \text{ lb}$$

Comparando

$P_u$  columna propuesta >  $P_u$  total de cada columna

1 319,5 kips > 464,7 kips                      Si cumple

ACI señala que, para el refuerzo por corte, el espaciamiento mínimo, debe de ser igual o menor a la mitad del diámetro efectivo, con un recubrimiento de 2,5 centímetros mínimo.

Espaciamiento:

$$S = d/2$$

$d$  = lado de la sección – ( $2,5 \text{ cm} \cdot 2$ )

$$S = \frac{55 - (2,5 \cdot 2)}{2} = 25,0 \text{ cm}$$

Se propone un armado para cada pedestal de 8 varillas No. 4, para confinar el elemento se utilizarán estribos No.3 a cada 15 cm (8 No. 4 + Est. No. 3 @ 0,15 m).

- Viga de amarre

Evitando corrimiento entre zapatas, se propone colocar un cimiento corrido simple de 15\*30 centímetros, con un armado de 4 varillas No.4 y estribos No.2 a cada 20 centímetros (4 No.4+Est. No.2 @ 0,20m).

- Zapata

Peso total de la estructura ( $P_t$ )

Peso de cuerpo del tanque= 175,47 ton

Peso de la torre= 23,4 ton

Peso del pedestal=  $0,55*0,55*1,65*2\ 400\ \text{kg/m}^3 = 1\ 197,9\ \text{kg} = 1,19\ \text{Ton}$

$P_t = 175,47\ \text{ton} + 23,4\ \text{ton} + 1,19\ \text{ton} = 200,06\ \text{Ton}$

Dimensionamiento de zapata

Por seguridad se tomará un valor soporte de suelo de  $16\ \text{ton/m}^2$ , por lo que se verificará las acciones inducidas en la interacción de la zapata y el terreno por corte simple, punzonamiento y esfuerzo a flexión.

Estimación del área de zapata:

$$A_z = \frac{1,5 * P'}{V_s}$$

Donde:

$A_z$  = área de zapata ( $\text{m}^2$ )

1,50 = factor de incremento por flexión

$P'$  = carga de trabajo (Ton),  $0,25(P_t)$

$V_s$  = valor soporte del suelo (ver Anexo No.3)

$$A_z = \frac{1,5 * 0,25 * 200,06}{16} = 4,69 \text{ m}^2$$

Al utilizar una sección de zapata de  $2,30 * 2,30$  m, la carga sobre el suelo excede el valor soporte del suelo, por lo que se propone una zapata cuadrada de  $2,50 * 2,50$  m ( $A = 6,25 \text{ m}^2$ ).

Carga de diseño

$$P = P' * 1.5 + P_{\text{suelo}} + P_{\text{zapata}}$$

$$P = \frac{1,5 * 200,06}{4} + 4,50 + 2,4(2,50)^2 = 94,52 \text{ ton}$$

$$q_{\text{dis}\mu} = \frac{P}{A_z} = \frac{94,52 \text{ Ton}}{6,25} = 15,12 \text{ ton/m}^2$$

$$V_s > q_{\text{dis}\mu}$$

$$16 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} > 15,12 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \quad \text{Si cumple}$$

Estimación del peralte efectivo (d)

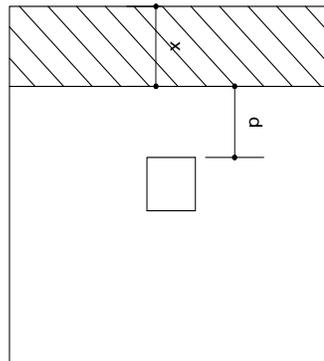
$$t_{\text{asumido}} = 30 \text{ cm}$$

$$d = t - \text{rec} - 0,5 * \phi_{\text{var}}$$

$$d = 30 - 7,5 - 0,5 * (0,625\text{pulg} * 2,54\text{cm}) = 21,71 \text{ cm}$$

- Chequeo por cortante simple

Figura 13. **Corte simple**



Fuente: CARDONA AGUIRRE, Francisco. *Diseño de edificación anexa al edificio T-11 para la Facultad de Farmacia y Ciencias Químicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Campus Central.* p. 133.

Área de cortante simple

$$x = B/2 - b/2 - d$$

$$x = \frac{2,5}{2} - \frac{0,55}{2} - 0,2171 = 0,758 \text{ m}$$

$$A_v = 0,758 * 2,5 = 1,89 \text{ m}^2$$

Cortante actuante

$$V_{act} = q_u * A_v = 15,12 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 1,89 \text{ m}^2 = 28,57 \text{ Ton}$$

Cortante resistente del concreto

$$V_c = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * B * d}{1\ 000}$$

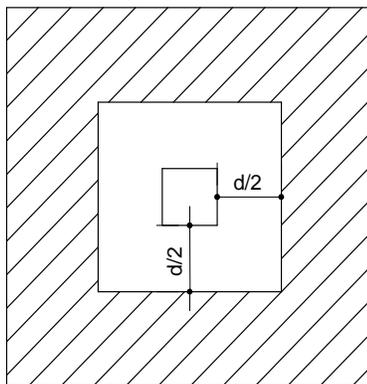
$$V_c = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 250 * 21,71}{1\ 000} = 40,91 \text{ ton}$$

El cortante resistente del concreto (40,91 Ton) es mayor que el cortante actuante (28,57 Ton), por lo que chequea a corte simple con el peralte propuesto de 30 centímetros.

- Chequeo por punzonamiento

Véase el punzonado.

Figura 14. **Corte punzonante**



Fuente: CARDONA AGUIRRE, Francisco. *Diseño de edificación anexa al edificio T-11 para la Facultad de Farmacia y Ciencias Químicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Campus Central.* p. 133.

Perímetro interno

$$b_o = 4 * (2d + b)$$

$$b_o = 4 * ((2 * 0,2171) + 0,50) = 3,94 \text{ m}$$

Área de punzonamiento:

$$A_p = B^2 - (b + d)^2$$

$$A_p = 2,5^2 - (0,55 + (0,2171))^2 = 5,66 \text{ m}^2$$

Cortante actuante:

$$V_{act} = q_u * A_p = 15,12 * 5,66 = 85,58 \text{ ton}$$

Cortante resistente del concreto:

$$V_c = \frac{0,85 * 1,06 * \sqrt{f'_c} * b_o * d}{1\ 000}$$

$$V_c = \frac{0,85 * 1,06 * \sqrt{280} * 394 * 21,71}{1\ 000}$$

$$V_c = 128,96 \text{ ton}$$

El cortante resistente del concreto (128,98 ton) es mayor que el cortante actuante (85,58 ton), por lo que chequea a corte punzonante con el peralte propuesto de 30 centímetros.

- Chequeo por flexionamiento

Longitud afectada:

$$L_1 = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d$$

$$L_1 = \frac{2,50}{2} - \frac{0,55}{2} - 0,2171 = 0,758 \text{ m}$$

Cálculo del corte flector:

$$V_f = q_d * L_1 * B$$

$$V_f = 15,12 \text{ ton/m}^2 * 0,758 \text{ m} * 2,50 \text{ m} = 28,65 \text{ ton}$$

Chequeo:

$$d_{\text{req}} = \frac{V_f * 1\ 000}{0,85 * 2 * \sqrt{f'_c} * \frac{B}{2}}$$

$$d_{\text{req}} = \frac{28,65 * 1\ 000}{0,85 * 2 * \sqrt{280} * \frac{250}{2}} = 8,05 \text{ cm}$$

$$d_{\text{req}} \leq d_{\text{prop}}$$

El  $d_{\text{req}}$  (8,05 cm) es menor que el  $d_{\text{prop}}$  (21,71 cm), por lo que chequea por flexionamiento con el peralte propuesto.

Diseño de refuerzo

Momento último:

$$M_u = \frac{q_u * L^2}{2}$$

$$M_u = \frac{15,12 * (0,95)^2}{2} = 6,82 \text{ ton} - \text{m}$$

As requerida:

$$A_s = \frac{0,85 * f'c}{f_y} \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f'c}} \right]$$

$$A_s = \frac{0,85 * 280}{2800} \left[ 100 * 21,71 - \sqrt{(100 * 21,71)^2 - \frac{(6,82 * 1000) * 100}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$A_s = 12,92 \text{ cm}^2$$

Cálculo de  $A_{s_{min}}$ :

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2800} * 100 * 21,71 = 10,93 \text{ cm}^2$$

Armado en cama inferior de la zapata

Usando barras de acero corrugado # 5

$$12,92 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$1,98 \text{ cm}^2 \rightarrow S \text{ cm}$$

$$S = 15,32 \text{ cm}$$

Utilizar barras # 5 @ 15 cm en ambos sentidos.

Debido a que la parte superior no se considera afectada por los efectos de flexión generados en la interacción de la presión del suelo y la zapata, el refuerzo que se dispondrá será únicamente por temperatura, para proteger la zapata de fisuración por retracción.

Cálculo de  $A_{st}$ :

$$A_{st} = 0,002 * b * t$$

$$A_{s_{min}} = 0,002 * 100 * 30 = 6 \text{ cm}^2$$

Usando barras de acero corrugado # 5

$$6 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$1,98 \text{ cm}^2 \rightarrow S \text{ cm}$$

$$S = 33 \text{ cm}$$

Utilizar barras # 5 @ 30 cm en ambos sentidos.

### **2.2.11. Sistema de desinfección**

La desinfección tiene como objetivo la eliminación de microorganismos patógenos existentes en el agua; ya que si estos no son eliminados el agua ya no es potable y es capaz de causar enfermedades. Hay diferentes medios para desinfectar el agua como lo son por medio de rayos ultravioleta, ozono y por medio de cloro, siendo este último bastante efectivo, económico y usado en Guatemala.

Para este sistema de distribución de agua se propone la utilización de un alimentador automático de tricloro; este es un tratamiento para la cloración y desinfección del agua para consumo humano que facilita la aplicación de cloro, debiendo ser instalado en la salida de la bomba en serie con la tubería de impulsión que deberá instalarse en la caseta de bombeo.

Las tabletas de tricloro son una representación de cloro usado especialmente para el tratamiento de aguas, estas contienen solución de cloro al 90 % y 10 % de estabilizador, un peso por tableta de 200 gramos y una disolución en agua en reposo de 15 gramos en 24 horas. Para determinar la cantidad requerida de tabletas para clorar el caudal de bombeo en un periodo de siete días, se utiliza la ecuación siguiente:

$$G = \frac{C * M * D}{\%Cl}$$

Donde:

G= gramos de tricloro

C= miligramos por litro deseado

M= litros de agua a tratarse por día

D= número de días

%Cl= concentración de cloro.

Se realizará el procedimiento para el caudal de la línea de conducción del pozo 04-01-VSOL el cual posee 1,68 l/s haciendo un total de 145 152 litros diarios. La cantidad de gramos de tricloro se recomienda entre 0,07 % y 0,15 %, para este caso se propone 0,1 %.

$$G = \frac{0,001 * 145152 * 7}{0.90} = 1128,96 \text{ gramos}$$

$$\text{Número de tabletas} = \frac{1 \text{ Tableta}}{200\text{gr}} * 1128,96 \text{ gramos} = 5,64 \text{ tabletas en 7 días}$$

Por lo que para el pozo 04-01-VSOL es necesario utilizar 5,64 tabletas en un periodo de 7 días. Para el pozo 04-02-VSOL que posee un caudal de 14,32 l/s, se es necesario utilizar alrededor de 9 623 tabletas de tricloro en un periodo de 7 días.

### **2.3. Presupuesto**

El presupuesto que se muestra es un resumen de los precios unitarios por renglón en donde se incluyen los costos directos (mano de obra, materiales, herramientas, maquinaria) y los costos indirectos en donde cada uno de los factores fue propuesto por la municipalidad de Mixco.

Tabla XVI. Presupuesto del sistema de distribución de agua potable

Diseño del Sistema de Distribución de Agua Potable en la Colonia Valle del Sol, zona 4, Mixco, Guatemala

| No.          | Descripción   | Cantidad | Unidad | Precio Unitario | Precio Total         |
|--------------|---|----------|--------|-----------------|----------------------|
| 1,0          | Replanteo topográfico                                   | 5,00     | km     | Q1 052,61       | Q5 263,06            |
| 2,0          | Movimiento de Tierras                                   |          |        |                 |                      |
| 2,1          | Demolición de carpeta de rodadura y excavación de zanja | 6145,78  | m³     | Q36,30          | Q223 072,13          |
| 2,2          | Relleno de Zanja  | 6088,42  | m³     | Q50,79          | Q309 249,01          |
| 2,3          | Reposición de Asfalto                                   | 5736,56  | m²     | Q360,58         | Q2 068 470,51        |
| 3,0          | Línea de distribución                                   |          |        |                 |                      |
| 3,1          | Tubería PVC Ø 4" 160 PSI                                | 95,02    | Tubo   | Q903,06         | Q85 805,40           |
| 3,2          | Tubería PVC Ø 3" 160 PSI                                | 36,15    | Tubo   | Q571,15         | Q20 647,23           |
| 3,3          | Tubería PVC Ø 2 1/2" 160 PSI                            | 43,55    | Tubo   | Q409,46         | Q17 831,92           |
| 3,4          | Tubería PVC Ø 2" 160 PSI                                | 94,88    | Tubo   | Q298,25         | Q28 299,36           |
| 3,5          | Tubería PVC Ø 1 1/2" 160 PSI                            | 51,23    | Tubo   | Q214,11         | Q10 969,33           |
| 3,6          | Tubería PVC Ø 1 1/4" 160 PSI                            | 148,93   | Tubo   | Q169,31         | Q25 216,02           |
| 3,7          | Tubería PVC Ø 1" 160 PSI                                | 843,50   | Tubo   | Q143,58         | Q121 110,32          |
| 4,0          | Línea de conducción                                     |          |        |                 |                      |
| 4,1          | Tubería de HG de Ø 5"                                   | 117,00   | Tubo   | Q2 276,58       | Q266 360,44          |
| 4,2          | Tubería PVC Ø 1 1/4" 160 PSI                            | 158,00   | Tubo   | Q174,52         | Q27 574,32           |
| 4,3          | Bomba 60 hp   | 1,00     | unidad | Q377 214,15     | Q377 214,15          |
| 4,4          | Bomba 10 hp   | 1,00     | Unidad | Q85 739,69      | Q85 739,69           |
| 5,0          | Accesorios  | 1,00     | Global | Q94 997,74      | Q94 997,74           |
| 6,0          | Caja para valvulas                                      | 31,00    | Unidad | Q8 251,37       | Q255 792,43          |
| 7,0          | Tanque elevado de 160 m3 + cimentación                  | 1        | Global | Q346 987,59     | Q346 987,59          |
| 8,0          | Conexión domiciliar                                     | 524      | Global | Q1 926,69       | Q1 009 585,04        |
| <b>TOTAL</b> |   |          |        |                 | <b>Q5 380 185,66</b> |

EN LETRAS: CINCO MILLONES TRESCIENTOS OCHENTA MIL CIENTO OCHENTA Y CINCO QUETZALES CON SESENTA Y SEIS CENTAVOS

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

## 2.4. Cronograma

Es de importancia planear y establecer un cronograma, dentro de él se planifican los tiempos de trabajo necesarios para cumplir con cada uno de los renglones de trabajo, se estima que el proyecto se ejecute en alrededor de seis meses.

Tabla XVII. **Cronograma del sistema de distribución de agua potable**

| Diseño del Sistema de Distribución de Agua Potable en la Colonia Valle del Sol, zona 4, Mixco, Guatemala |                       |          |        |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|-----------------------|----------|--------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No.  | Renglón               | Cantidad | Unidad | Meses |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  |                       |          |        | 1     |   |   |   | 2 |   |   |   | 3 |   |   |   | 4 |   |   |   | 5 |   |   |   | 6 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|  |                       |          |        | 1     | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1,0  | Replanteo topografico | 5,00     | km     | ■     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2,0  | Movimiento de Tierras |          |        |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2,1  | Excavación de zanja   | 6145,78  | m³     |       | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 2,2  | Relleno de Zanja      | 6088,42  | m³     |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2,3  | Reposición de Asfalto | 5736,56  | m²     |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3,0  | Línea de distribución | 1313,27  | Tubos  |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4,0  | Línea de conducción   | 262,74   | Tubos  |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4,3  | Instalación de bomba  | 1,00     | Unidad |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4,4  | Instalación de bomba  | 1,00     | Unidad |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5,0  | Accesorios            | 1,00     | Global |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6,0  | Caja para valvulas    | 31,00    | Unidad |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 7,0  | Tanque elevado        | 1,00     | Unidad |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 8,0  | Conexión domiciliar   | 524,00   | Global |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 2013.

## 2.5. Estudio de impacto ambiental

Es una herramienta técnica que permite identificar, valorar y prevenir alguna alteración o cambio que presente posibles deterioros al ambiente previo a iniciar un proyecto, industria o actividad; con esto se busca establecer medidas preventivas o correctivas que resulten complejo de revertir.

El Acuerdo Ministerial No. 199-2016 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) posee un listado taxativo para la clasificación de proyectos en función del impacto ambiental que generen. Este proyecto se encuentra dentro del grupo 360 que contempla los proyectos de captación, tratamiento y distribución de agua; por lo que se clasifica dentro de la categoría C1 que corresponde a actividades de bajo impacto ambiental. De ahí que sea necesario el llenado del formulario de Evaluación Ambiental Inicial (forma DVGA-GA-R-002), el cual puede observarse en el apéndice 4, y posteriormente ser presentado ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

## CONCLUSIONES

1. El diseño propuesto del sistema de abastecimiento para la colonia Valle del Sol está conformado por una distribución por gravedad de 7,88 km de tubería con diámetros comprendidos entre 1 a 4 pulgadas y una conducción mediante bombeo, beneficiando alrededor de 566 viviendas.
2. El costo total del diseño del sistema de abastecimiento será de Q 5 380 185,66 ejecutándose en cerca de 6 meses; favoreciendo a viviendas, áreas verdes, comercios, centros educativos y de salud, siendo un proyecto de bajo impacto ambiental.
3. Georreferenciado el sistema de distribución de la zona 1 se determinó que se encuentra conformado por una longitud de 66,5 km de tubería en diferentes diámetros, en donde el 98,5 % es PVC y el 1,5 % restante es de Hg y concreto. Así mismo, el abastecimiento se realiza mediante 13 pozos mecánicos y controlado por 468 válvulas reguladoras.



## RECOMENDACIONES

1. Se sugiere actualizar constantemente el sistema de información geográfico de agua potable y compartirla a las diversas direcciones a cargo de la gerencia municipal de Mixco.
2. Realizar una evaluación del sistema de agua actual de las diversas zonas del municipio de Mixco, con la finalidad de analizar la eficiencia de todos los componentes del sistema.
3. Implementar los sistemas de información geográfica de los diversos servicios (drenajes, transporte, extracción de basura y otros) que ofrece la municipalidad de Mixco a toda su población.
4. Realizar una correcta supervisión durante la ejecución del sistema de abastecimiento de agua potable para asegurarse del cumplimiento de las especificaciones del diseño y detalles mostrados en planos, con el objetivo de garantizar la calidad y durabilidad del sistema.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria*  
1. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería,  
Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 196 p.
2. AJTÚN BRAN, Wilson Rolando. *Georreferenciación y digitalización de los  
sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento de las  
aldeas: Chichimecas, El Jocotillo, El Durazno y El Zapote y  
propuesta de actualización del reglamento de agua potable de Villa  
Canales, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad  
de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018.  
209 p.
3. ALONSO SARRÍA, Francisco. *Sistemas de Información Geográfica*.  
Murcia, España: Ediciones de la Universidad de Murcia. 2006.  
239 p.
4. ALONSO, Diego. *Como mejorar la digitalización en QGIS mediante  
plugins*. MappingGIS. [en línea].  
<<https://mappinggis.com/2017/06/como-mejorar-la-digitalizacion-y-edicion-en-qgis-mediante-plugins/#more-25439>>. [Consulta: sep-  
tiembre de 2018].
5. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES),  
*Normas de Seguridad Estructural: NSE-1, NSE-2, NSE-3, NSE-7.5*.  
Guatemala, 2018. 251 p.

6. BONILLA PUAC, Jonathan Emilio. *Diseño del sistema de agua potable para el caserío El Barranco, aldea El Tablón y diseño del edificio para el mercado de mayoreo, Sololá, Sololá*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018. 290 p.
7. CARDONA AGUIRRE, Francisco. *Diseño de edificación anexa al edificio T-11 para la Facultad de Farmacia y Ciencias Químicas*, Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2019. 286 p.
8. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: diseño de redes de distribución de agua potable*. México: s.e. 2018. 134 p.
9. Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA). *Reglamento de diseño de agua potable para la ciudad de Guatemala*. Guatemala: EMPAGUA, 2006. 38 p.
10. Environmental Systems Research Institute (ESRI). *Proyección universal transversal de Mercator*. [en línea]. <<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.7/map/projections/universal-transverse-mercator.htm>>. [Consulta: septiembre de 2018].
11. GAITÁN, Pedro Pablo. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío El Chajil, aldea El Durazno y localización predial y uso de suelo del barrio Ingenio, Amatitlán, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018. 136 p.

12. GÓMEZ VALLEJO, Carlos Leonel. *Pasado y presente del municipio de Mixco*. Trabajo de graduación de M.A Docencia Universitaria. Facultad de Humanidades, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018. 101 p.
13. HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, Manglio Heriberto. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, para la colonia Tierra Verde, Siquinalá, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. 180 p.
14. Instituto de Fomento Municipal (INFOM). *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua potable para consumo humano*. Guatemala: INFOM-UNEPAR, 2011. 64 p.
15. International Business Machines (IBM). *Sistemas de coordenadas geográficas*. [en línea]. <<https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS6NHC/com.ibm.db2.luw.spatial.topics.doc/doc/csb3022a.html>>. [Consulta: 19 de septiembre de 2018].
16. LÓPEZ CÁCERES, Irene Magaly. *El agua, un recurso estratégico para el desarrollo*. Trabajo de graduación de Licenciatura en Trabajo Social. Escuela de Trabajo Social, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 83 p.
17. MONTENEGRO PAIZ, José Gabriel. *Análisis y diseño de tanques elevados*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1981. 210 p.

18. PÉREZ NAVARRO, Antoni. *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática*. Barcelona: UOC, 2011. 347 p.
19. RODRÍGUEZ, Jesús, OLIVELLA, Rosa. *Introducción a los sistemas de información geográfica*. Barcelona, España: Universidad Abierta de Cataluña, 2009. 82 p.
20. RUANO PAZ, Marco Antonio. *Manual para diseño estructural de tanques metálicos elevados en la República de Guatemala*. Trabajo de graduación de Maestría en Estructuras, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. 244 p.
21. SANTIAGO GÓMEZ, Elioth Vinicio. *Guía para el curso de estructuras metálicas I*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1995. 90 p.
22. TEJADA REYES, Christian Emilio. *Diseño de sistema de agua potable para la aldea El Paraíso y escuela para párvulos de la aldea Ciudad Pedro de Alvarado, del municipio de Moyuta, Departamento de Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 179 p.
23. YUSUF, Umar. *Datos vectoriales y ráster en Python*. [en línea]. <<https://umar-yusuf.blogspot.com/2016/05/working-with-vector-and-raster-data-in.html>>. [Consulta: 23 de septiembre de 2018].

## APÉNDICES

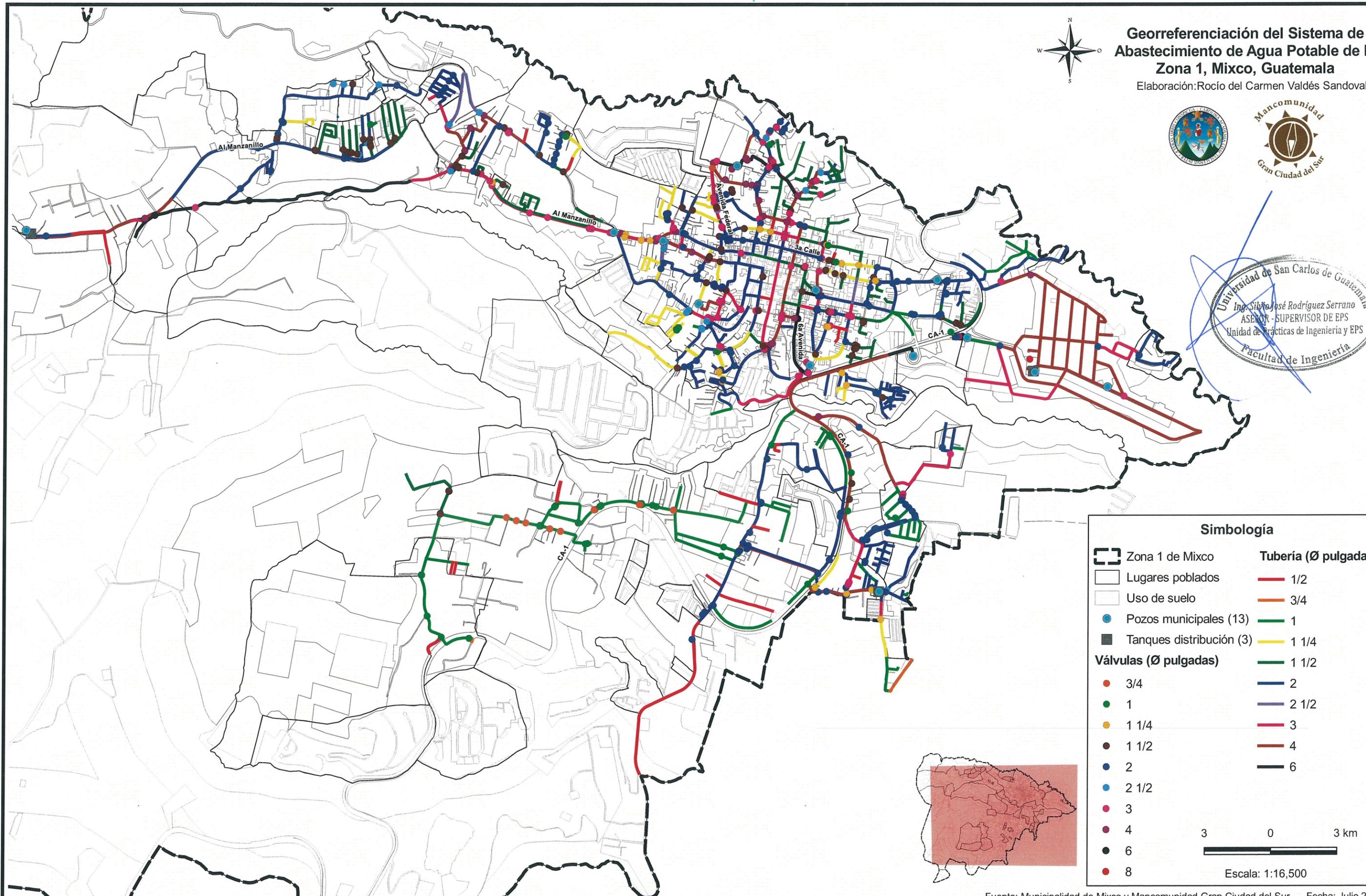
- Apéndice 1. **Mapas temáticos del sistema de abastecimiento de agua potable de la zona 1, Mixco**

Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.



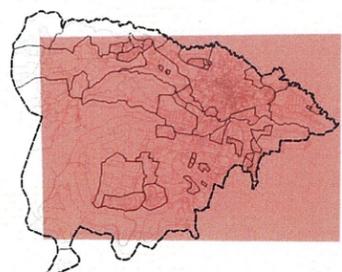
# Georreferenciación del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Zona 1, Mixco, Guatemala

Elaboración: Rocío del Carmen Valdés Sandoval



**Simbología**

| Zona 1 de Mixco   |                          | Tubería (Ø pulgadas) |       |
|-------------------|--------------------------|----------------------|-------|
| [Dashed line]     | Zona 1 de Mixco          | [Red line]           | 1/2   |
| [Thin black line] | Lugares poblados         | [Orange line]        | 3/4   |
| [Thin grey line]  | Uso de suelo             | [Green line]         | 1     |
| [Blue dot]        | Pozos municipales (13)   | [Yellow line]        | 1 1/4 |
| [Black square]    | Tanques distribución (3) | [Dark green line]    | 1 1/2 |
| [Red dot]         | Válvulas (Ø pulgadas)    | [Blue line]          | 2     |
| [Green dot]       |                          | [Purple line]        | 2 1/2 |
| [Orange dot]      |                          | [Pink line]          | 3     |
| [Yellow dot]      |                          | [Brown line]         | 4     |
| [Brown dot]       |                          | [Black line]         | 6     |
| [Blue dot]        |                          |                      |       |
| [2 1/2 dot]       |                          |                      |       |
| [3 dot]           |                          |                      |       |
| [4 dot]           |                          |                      |       |
| [6 dot]           |                          |                      |       |
| [8 dot]           |                          |                      |       |



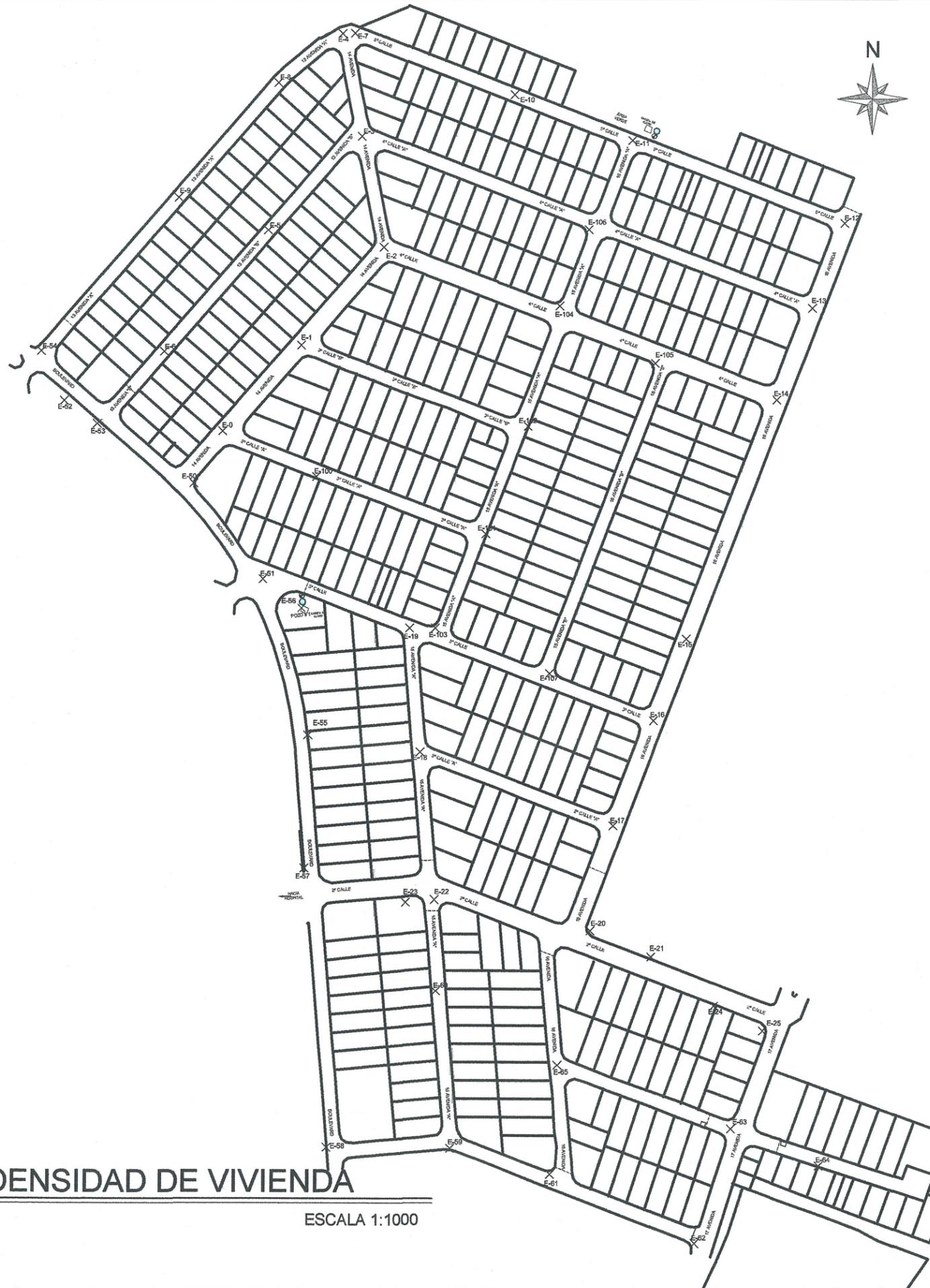
Escala: 1:16,500

Apéndice 2. **Juego de planos del sistema de distribución de agua potable en la colonia Valle del Sol, zona 4, Mixco**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD, 3D.







**PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA**

ESCALA 1:1000



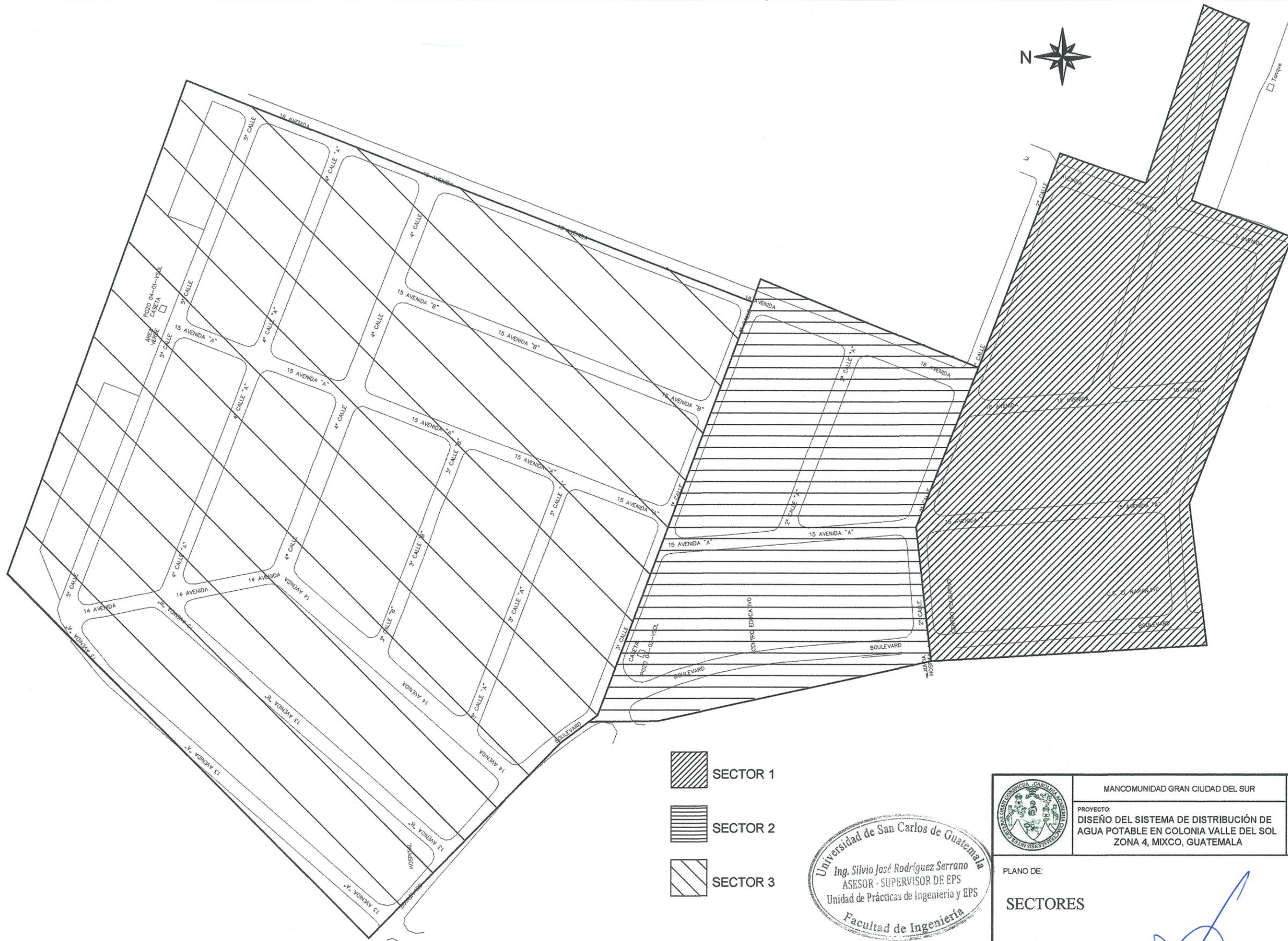
| LIBRETA TOPOGRAFICA DE ESTACIONES |        |         |        |             |
|-----------------------------------|--------|---------|--------|-------------|
| P                                 | Z      | N       | E      | DESCRIPCION |
| 1                                 | 100.00 | 100.00  | 100.00 | e-0         |
| 2                                 | 100.40 | 71.02   | 83.97  | e-50        |
| 28                                | 101.02 | 148.06  | 143.84 | e-1         |
| 53                                | 98.48  | 203.00  | 189.97 | e-2         |
| 77                                | 92.13  | 264.67  | 177.32 | e-3         |
| 122                               | 85.67  | 321.58  | 166.20 | e-4         |
| 123                               | 96.15  | 212.32  | 124.94 | e-5         |
| 138                               | 96.17  | 144.89  | 67.10  | e-6         |
| 186                               | 85.76  | 321.87  | 173.08 | e-7         |
| 188                               | 86.05  | 294.38  | 130.19 | e-8         |
| 204                               | 88.81  | 230.62  | 74.75  | e-9         |
| 233                               | 88.10  | 287.80  | 263.13 | e-10        |
| 251                               | 90.87  | 262.57  | 329.34 | e-11        |
| 282                               | 81.10  | 216.59  | 448.84 | e-12        |
| 321                               | 83.72  | 169.04  | 430.91 | e-13        |
| 343                               | 88.89  | 117.75  | 411.28 | e-14        |
| 381                               | 99.37  | -15.82  | 360.84 | e-15        |
| 395                               | 101.22 | -61.32  | 342.60 | e-16        |
| 417                               | 105.39 | -119.85 | 320.16 | e-17        |
| 446                               | 98.89  | -78.94  | 211.82 | e-18        |
| 491                               | 97.75  | -9.87   | 205.60 | e-19        |
| 492                               | 109.49 | -178.47 | 307.39 | e-20        |
| 517                               | 113.06 | -193.16 | 341.71 | e-21        |
| 518                               | 99.91  | -161.30 | 220.13 | e-22        |
| 552                               | 100.15 | -162.72 | 203.84 | e-23        |

| LIBRETA TOPOGRAFICA DE ESTACIONES |        |         |        |             |
|-----------------------------------|--------|---------|--------|-------------|
| P                                 | Z      | N       | E      | DESCRIPCION |
| 554                               | 113.70 | -220.58 | 377.09 | e-24        |
| 565                               | 114.11 | -234.50 | 404.44 | e-25        |
| 613                               | 101.62 | 17.43   | 123.00 | e-51        |
| 614                               | 95.55  | 117.14  | 11.34  | e-52        |
| 615                               | 97.22  | 104.18  | 29.88  | e-53        |
| 616                               | 92.80  | 144.87  | -1.80  | e-54        |
| 689                               | 100.53 | -69.44  | 148.58 | e-55        |
| 690                               | 101.60 | 1.21    | 144.78 | e-56        |
| 722                               | 101.20 | -143.71 | 146.71 | e-57        |
| 744                               | 101.38 | -299.32 | 159.89 | e-58        |
| 773                               | 103.24 | -299.86 | 229.22 | e-59        |
| 804                               | 102.66 | -212.26 | 221.00 | e-60        |
| 805                               | 108.67 | -314.15 | 285.30 | e-61        |
| 850                               | 115.54 | -352.50 | 366.63 | e-62        |
| 868                               | 115.11 | -288.96 | 366.83 | e-63        |
| 904                               | 115.69 | -309.32 | 436.07 | e-64        |
| 905                               | 112.57 | -253.51 | 289.24 | e-65        |
| 969                               | 100.41 | 74.63   | 152.85 | e-100       |
| 992                               | 96.41  | 42.61   | 248.17 | e-101       |
| 1019                              | 94.93  | 102.92  | 271.50 | e-102       |
| 1020                              | 97.77  | -9.77   | 220.03 | e-103       |
| 1070                              | 93.42  | 170.26  | 288.94 | e-104       |
| 1119                              | 89.33  | 138.04  | 342.82 | e-105       |
| 1121                              | 92.39  | 212.91  | 305.10 | e-106       |
| 1240                              | 98.48  | -34.95  | 284.07 | e-107       |

| SIMBOLOGÍA |                         |
|------------|-------------------------|
|            | PORTONES                |
|            | LLAVE DE PASO           |
|            | PUNTOS DE ESTACIÓN      |
|            | POZO DE AGUA POTABLE    |
|            | CASETA DE CLORACIÓN     |
|            | E- ESTACIÓN TOPOGRÁFICA |



|  |  |
|--|--|
|  |  |
| MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR<br>PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b>                       |  |
| PLANO DE:<br><br><b>DENSIDAD DE VIVIENDA</b>   | MUNICIPALIDAD:<br>MIXCO<br><br>ESCALA:<br>INDICADA<br><br>FECHA<br>MARZO DE 2020<br>No. PLANO<br><b>02</b> |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO<br><br>DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL<br><br>ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL<br><br>FIRMA:                             |
| <b>16</b>  |  |



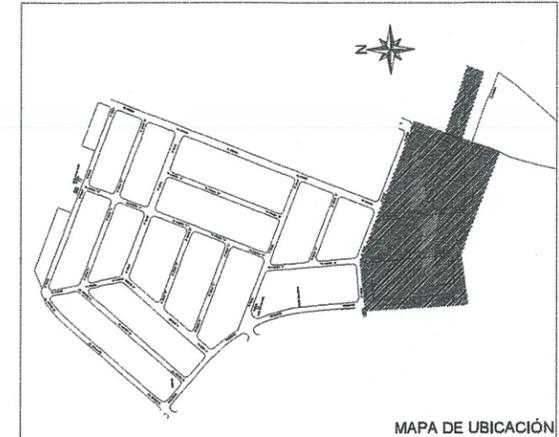
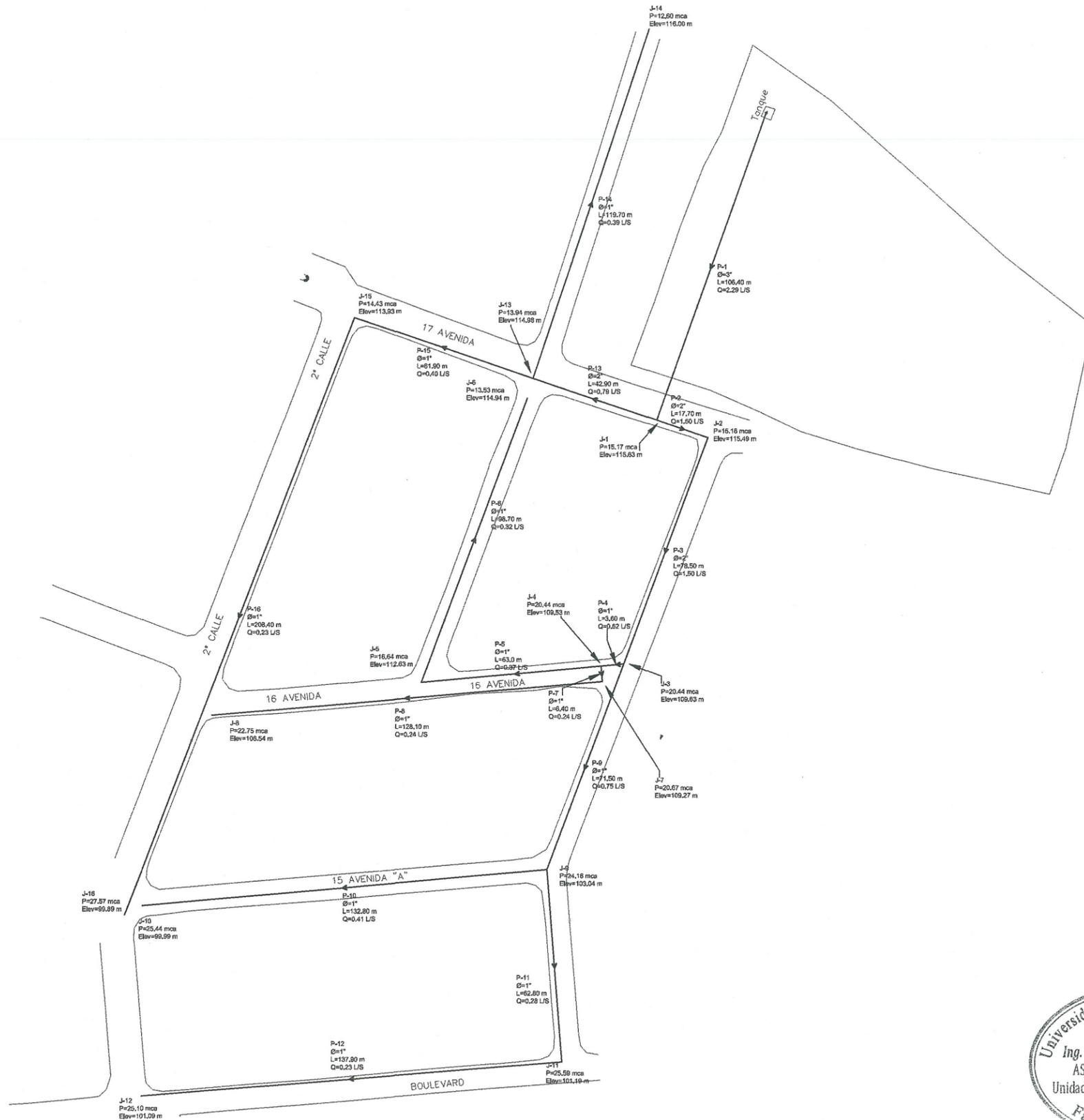
-  SECTOR 1
-  SECTOR 2
-  SECTOR 3

**SECTORES**

ESCALA 1:1000



|  |  |   |
|--|--|---|
|   | MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR<br>PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b>     |  |
|  | PLANO DE:<br><b>SECTORES</b>   |   |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO<br>DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL<br>ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL<br>FIRMA:  | No. PLANO<br><b>03</b><br>16  |



| SIMBOLOGÍA |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| Q          | CAUDAL (L/s)                         |
| Ø          | DIÁMETRO EN PULGADAS                 |
| L          | LONGITUD DE TUBERÍA (m)              |
| P          | PRESIÓN- METROS COLUMNA DE AGUA(mca) |
| P-XX       | NOMBRE ASIGNADO A LA TUBERÍA         |
| J-XX       | NOMBRE ASIGNADO AL NODO              |
| T.D.       | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN               |

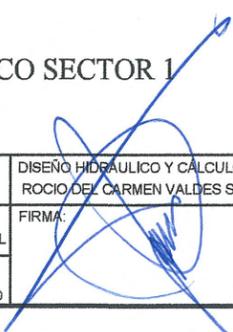
ESPECIFICACIONES:  
 - TUBERÍA DE PVC DE 160 PSI (ASTM D- 2241)  
 - ACCESORIOS DE PVC CEDULA 40 ASTM D-2466

NOTA:  
 CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE FUERA NECESARIO INTRODUCIR A LOS PLANOS SERÁ AUTORIZADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.



## PLANTA DISEÑO HIDRÁULICO SECTOR 1

ESCALA 1: 750

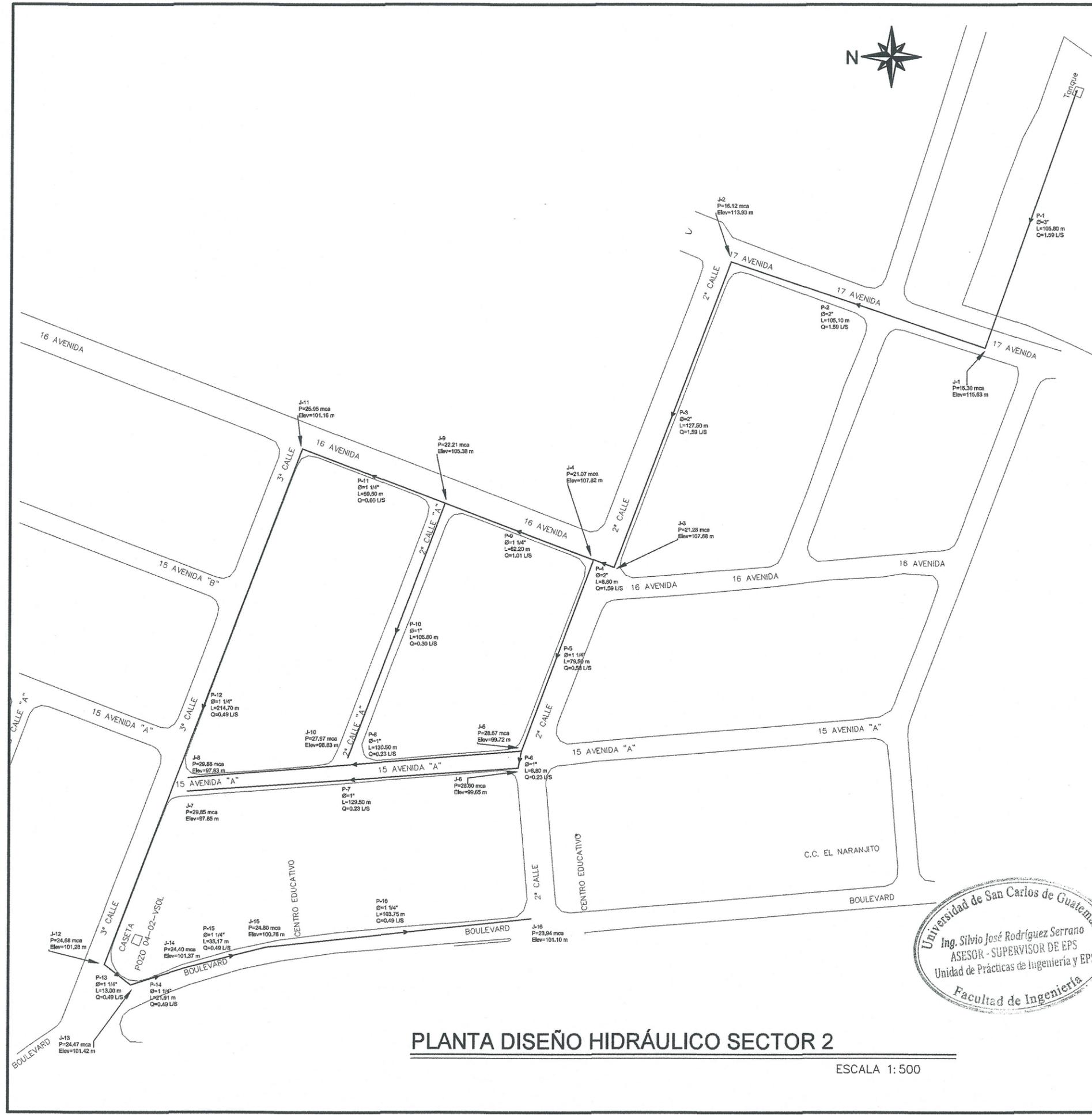
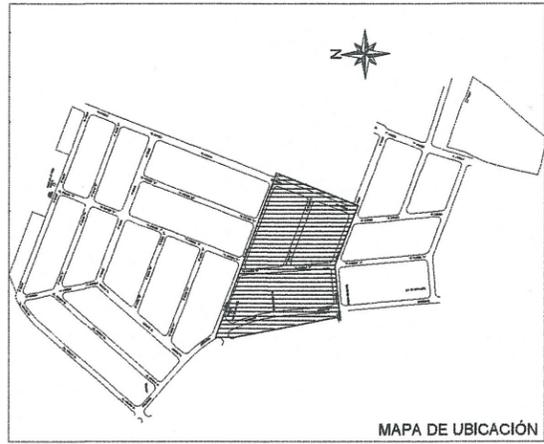
|   |   |                         |
|---|---|-------------------------|
| <br>MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR<br>PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b> |            | MUNICIPALIDAD:<br>MIXCO |
|   |   | ESCALA:<br>INDICADA     |
| PLANO DE:<br><b>DISEÑO HIDRÁULICO SECTOR 1</b>  |   | FECHA:<br>MARZO DE 2020 |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO  | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL                                | No. PLANO<br><b>04</b>  |
| DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL   | FIRMA:<br> | <b>16</b>               |
| ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO   |   |                         |



| SIMBOLOGÍA |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| Q          | CAUDAL (L/s)                         |
| Ø          | DIÁMETRO EN PULGADAS                 |
| L          | LONGITUD DE TUBERÍA (m)              |
| P          | PRESIÓN- METROS COLUMNA DE AGUA(mca) |
| P-XX       | NOMBRE ASIGNADO A LA TUBERÍA         |
| J-XX       | NOMBRE ASIGNADO AL NODO              |
| T          | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN               |

ESPECIFICACIONES:  
 - TUBERÍA DE PVC DE 160 PSI (ASTM D-2241)  
 - ACCESORIOS DE PVC CEDULA 40 ASTM D-2466

NOTA:  
 CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE FUERA NECESARIO INTRODUCIR A LOS PLANOS SERÁ AUTORIZADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.



Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

**PLANTA DISEÑO HIDRÁULICO SECTOR 2**

ESCALA 1: 500

|   |  |                              |
|---|--|------------------------------|
|   | MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR<br>PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b> |                              |
|   | PLANO DE:<br><b>DISEÑO HIDRÁULICO SECTOR 2</b>   |                              |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO              | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL   | No. PLANO<br><b>05</b><br>16 |
| DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL | FIRMA:<br>   |                              |
| ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO                     |  |                              |



| SIMBOLOGÍA |                                     |
|------------|-------------------------------------|
| Q          | CAUDAL (L/s)                        |
| Ø          | DIÁMETRO EN PULGADAS                |
| L          | LONGITUD DE TUBERÍA (m)             |
| P          | PRESIÓN-METROS COLUMNA DE AGUA(mca) |
| P-XX       | NOMBRE ASIGNADO A LA TUBERÍA        |
| J-XX       | NOMBRE ASIGNADO AL NODO             |
| FD         | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN              |

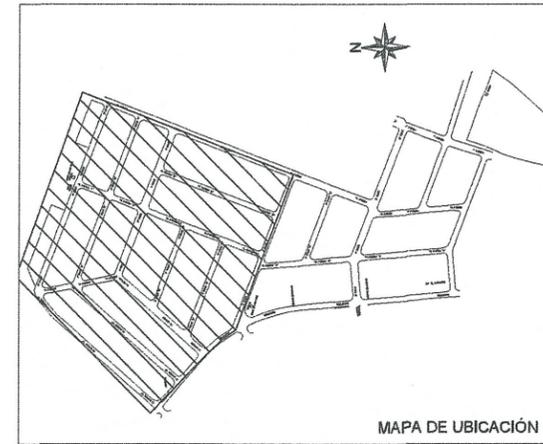
ESPECIFICACIONES:  
 - TUBERÍA DE PVC DE 160 PSI (ASTM D-2241)  
 - ACCESORIOS DE PVC CEDULA 40 ASTM D-2466

NOTA:  
 CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE FUERA NECESARIO INTRODUCIR A LOS PLANOS SERÁ AUTORIZADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

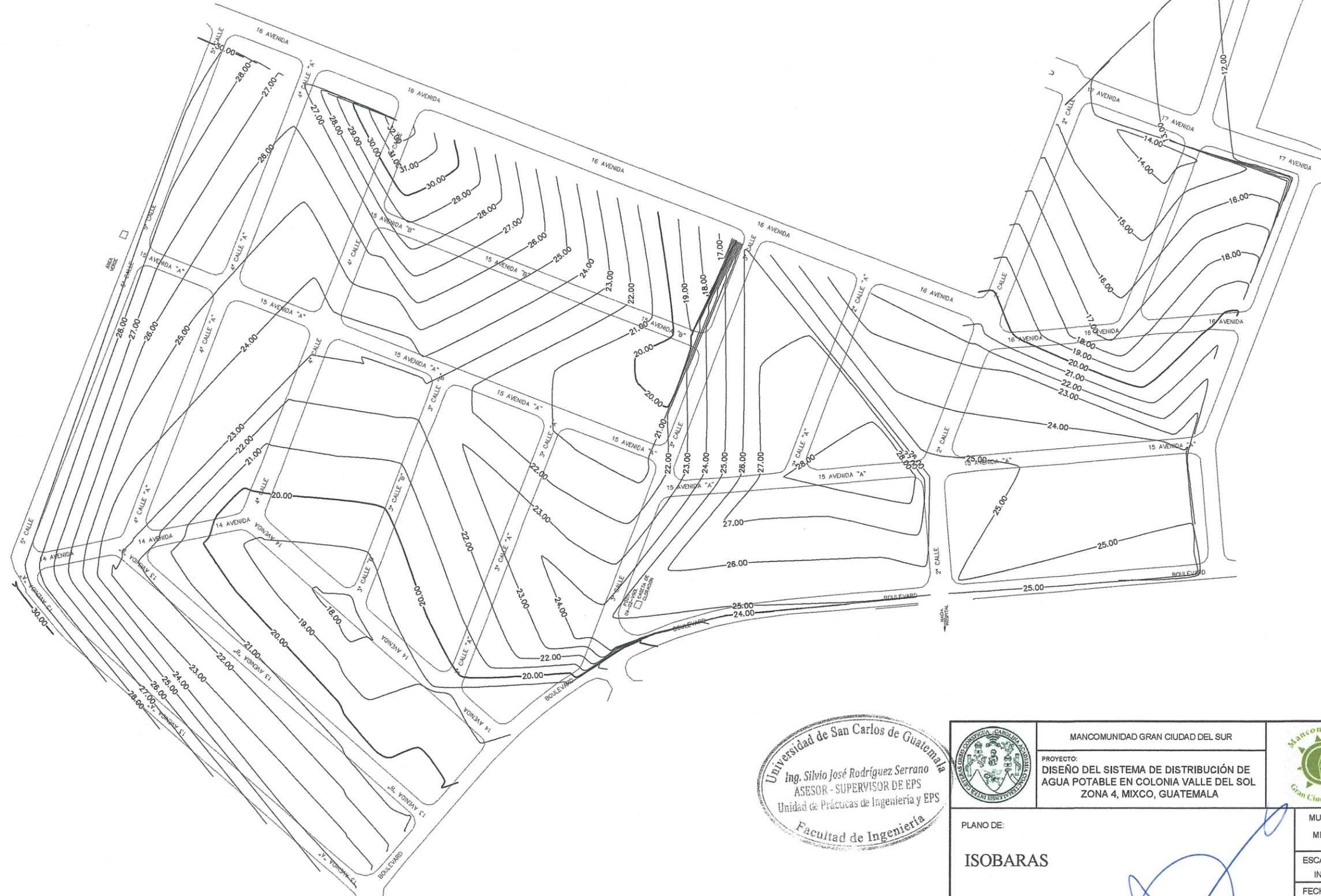
Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

# PLANTA DISEÑO HIDRÁULICO SECTOR 3

ESCALA 1:1000



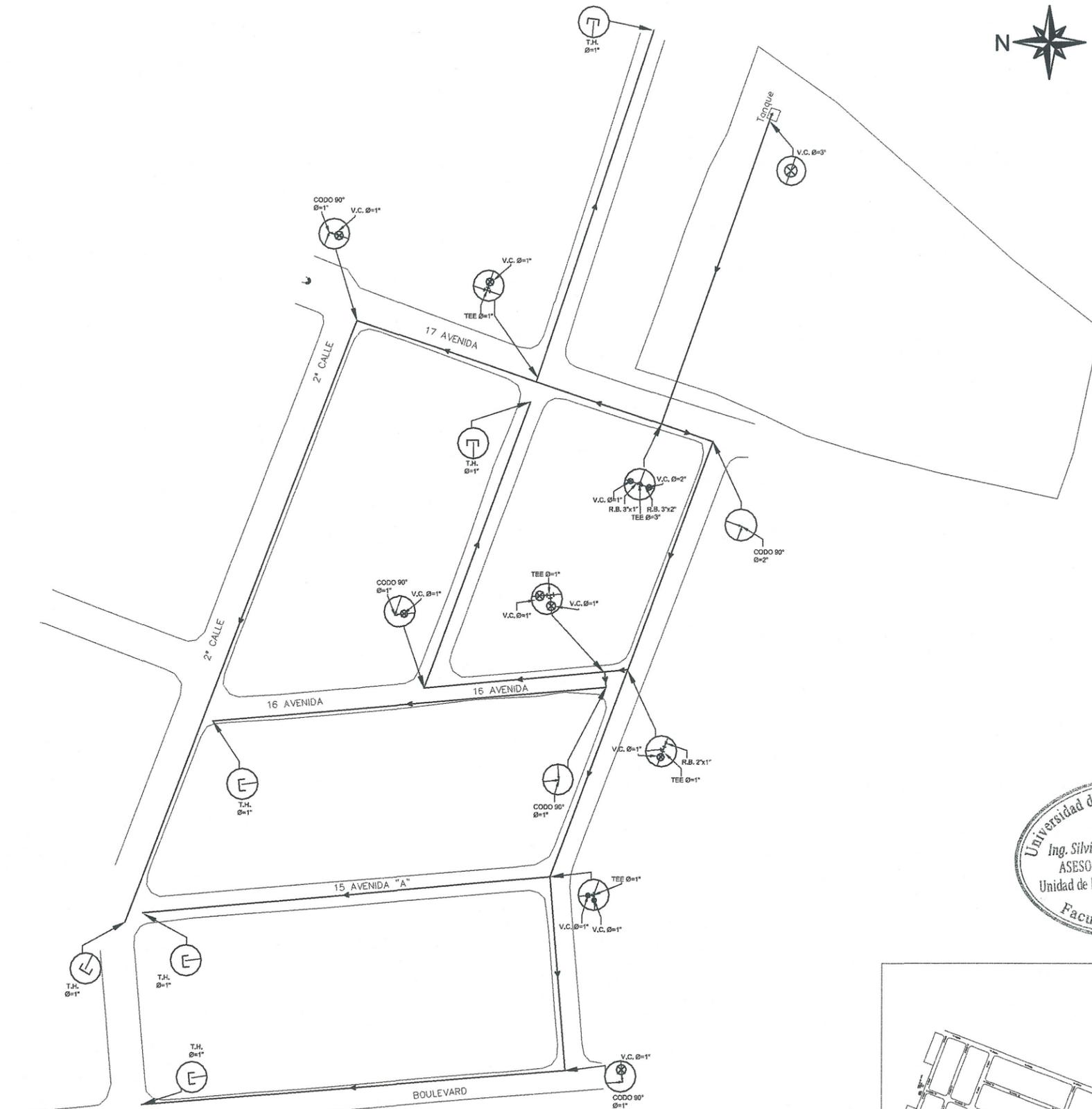
|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
|   | MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR<br>PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b> |                        |
|   | PLANO DE:<br><b>DISEÑO HIDRÁULICO SECTOR 3</b>   |                        |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO              | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL   | No. PLANO<br><b>06</b> |
| DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL | FIRMA:<br>   |                        |
| ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO                     |  | <b>16</b>              |



Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

**PLANTA DE ISOBARAS**  
 EN METROS COLUMNA DE AGUA (m.c.a) ESCALA 1:1000

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR   |  |
|   | PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b> |   |
| PLANO DE:<br><br><b>ISOBARAS</b>  | MUNICIPALIDAD:<br>MIXCO  | ESCALA:<br>INDICADA   |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO                                  | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL   | FECHA:<br>MARZO DE 2020   |
| DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL                     | FIRMA:<br>                          | No. PLANO:<br><b>07</b>   |
| ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO   |  | <b>16</b>   |



| SIMBOLOGÍA |  |
|------------|--|
|            | (R.B.) REDUCIDOR BUSHING LISO<br>Ø INDICADO EN PLANOS            |
|            | TEE DE 90° - CAMPANA CEMENTADA<br>Ø INDICADO EN PLANOS           |
|            | (T.R.) TEE REDUCTORA - CAMPANA<br>CEMENTADA Ø INDICADO EN PLANOS |
|            | CODO DE 45° - CAMPANA CEMENTADA<br>Ø INDICADO EN PLANOS          |
|            | CODO DE 90° - CAMPANA CEMENTADA<br>Ø INDICADO EN PLANOS          |
|            | (T.H.) TAPÓN HEMBRA<br>Ø INDICADO EN PLANOS                      |
|            | (V.C.) VÁLVULA DE COMPUERTA<br>Ø INDICADO EN PLANOS              |
|            | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN   |

- ESPECIFICACIONES:
- TUBERÍA DE PVC DE 160 PSI (ASTM D-2241)
  - ACCESORIOS DE PVC CEDULA 40 ASTM D-2466

**EXCAVACIÓN DE ZANJA**  
EL ANCHO DE LA ZANJA DEBERÁ SER SUFICIENTE PARA LA CORRECTA INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA, TAMBIÉN PARA UNA ADECUADA COMPACTACIÓN DEL RELLENO A LOS LADOS DE LA MISMA, POR LO QUE SE RECOMIENDA UN ANCHO DE ZANJA PROMEDIO DE 0,65 METROS.

**UNIÓN DE TUBERÍAS**  
LA TUBERÍA DE PVC SE CORTARÁ A ESCUADRA UTILIZANDO GUÍAS Y LUEGO SE QUITARÁ LA REBABA DEL CORTE. SE APLICARÁ EL CEMENTO SOLVENTE QUE DEBE ESTAR COMPLETAMENTE FLUIDO.

**RELLENOS DE ZANJAS**  
LAS ZANJAS DE INSTALACIÓN DEBERÁN SER RELLENADAS DESPUÉS DE LA PRUEBA DE PRESIÓN. SE HARÁ ABAJO Y A LOS LADOS DE LA TUBERÍA Y SE DEBERÁ RELLENAR EN CAPAS DE 10 CENTÍMETROS.

**ANCLAJES DE CONCRETO**  
DEBERÁN DE COLOCARSE EN TRAMOS LARGOS DE TUBERÍA DE PVC, EN DONDE EXISTA CAMBIO DE DIRECCIÓN EN TUBERÍAS Y ACCESORIOS. TALES ANCLAJES SERÁN DE MAMPOSTERÍA O CONCRETO QUE CUMPLA 3000 PSI

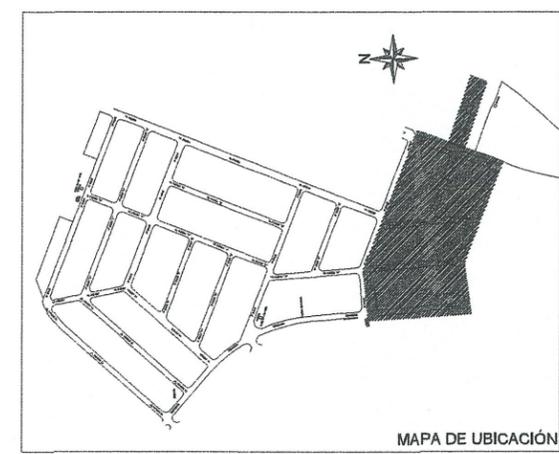
LAS VÁLVULAS SE COLOCARÁN SEGÚN EL DISEÑO HIDRÁULICO.

**RED DE DISTRIBUCIÓN**  
SE UTILIZARÁ TUBERÍA PVC DE 160 PSI (ASTM-2241) DEL DIÁMETRO INDICADO EN PLANOS.

ANTES DE PONER EN SERVICIO LAS TUBERÍAS INSTALADAS DEBERÁ PROCEDERSE A LAVARLAS Y DESINFECTARLAS INTERIORMENTE.

**NOTA:**  
CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE FUERA NECESARIO INTRODUCIR A LOS PLANOS SERÁ AUTORIZADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

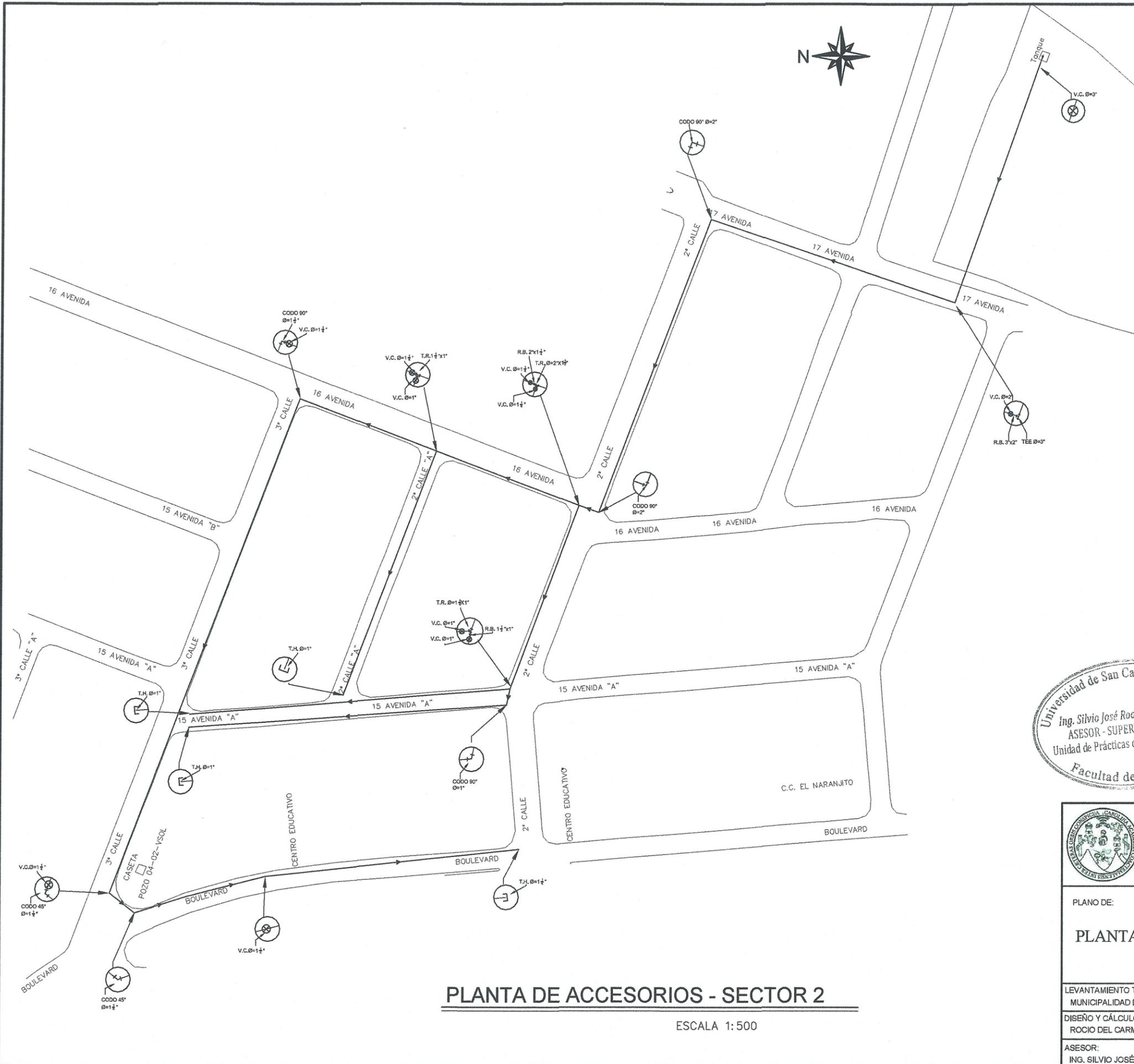
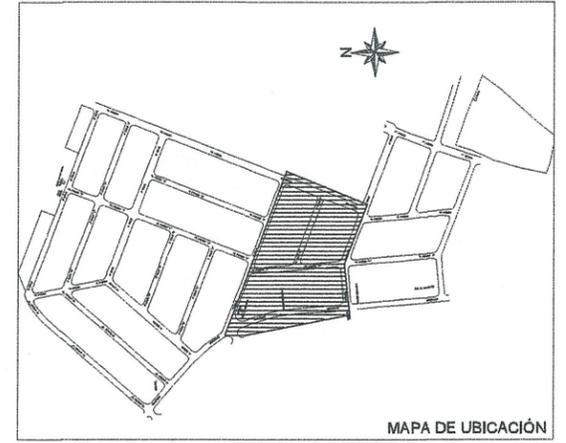
CUALQUIER DAÑO QUE OCURRA A ESTRUCTURAS EXISTENTES (TUBERÍA, CABLES, VIVIENDAS, ETC.) DURANTE LA EXCAVACIÓN O EJECUCIÓN DEL PROYECTO, QUE SE CONSIDERE CAUSA DE NEGLIGENCIA O DESCUIDO DEL CONTRATISTA, DEBERÁ SER REPUESTO O REPARADO POR PARTE DE LA MISMA DE FORMA INMEDIATA.



**PLANTA DE ACCESORIOS - SECTOR 1**

ESCALA 1: 750

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
|   | MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR   |                         |
|   | PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b> |                         |
| PLANO DE:<br><b>PLANTA DE ACCESORIOS - SECTOR 1</b>               |  | MUNICIPALIDAD:<br>MIXCO |
|   |  | ESCALA:<br>INDICADA     |
|   |  | FECHA:<br>MARZO DE 2020 |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO              | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL   | No. PLANO<br><b>08</b>  |
| DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL | FIRMA:<br>   |                         |
| ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO                     |  | <b>16</b>               |



| SIMBOLOGÍA |  |
|------------|--|
|            | (R.B.) REDUCTOR BUSHING LISO<br>Ø INDICADO EN PLANOS             |
|            | TEE DE 90° - CAMPANA CEMENTADA<br>Ø INDICADO EN PLANOS           |
|            | (T.R.) TEE REDUCTORA - CAMPANA<br>CEMENTADA Ø INDICADO EN PLANOS |
|            | CODO DE 45° - CAMPANA CEMENTADA<br>Ø INDICADO EN PLANOS          |
|            | CODO DE 90° - CAMPANA CEMENTADA<br>Ø INDICADO EN PLANOS          |
|            | (T.H.) TAPÓN HEMBRA<br>Ø INDICADO EN PLANOS                      |
|            | (V.C.) VÁLVULA DE COMPUERTA<br>Ø INDICADO EN PLANOS              |
|            | T.D. TANQUE DE DISTRIBUCIÓN                                      |

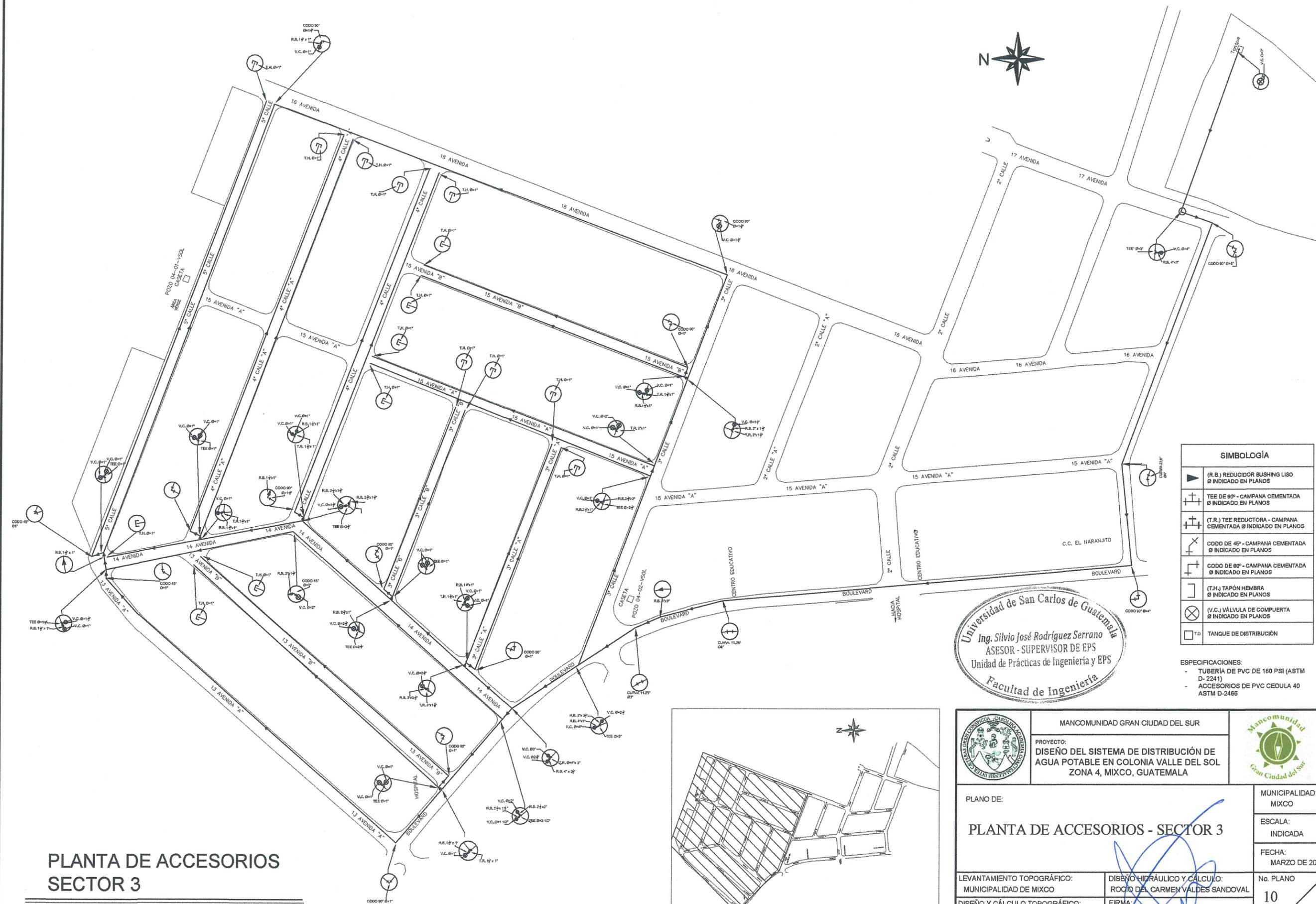
ESPECIFICACIONES:  
 - TUBERÍA DE PVC DE 160 PSI (ASTM D-2241)  
 - ACCESORIOS DE PVC CEDULA 40 ASTM D-2466

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

## PLANTA DE ACCESORIOS - SECTOR 2

ESCALA 1:500

|   |  |  |
|---|--|--|
|   | MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR   |  |
|   | PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b> |  |
| PLANO DE:<br><br><h3 style="text-align: center;">PLANTA DE ACCESORIOS - SECTOR 2</h3> |  | MUNICIPALIDAD:<br>MIXCO                              |
|   |  | ESCALA:<br>INDICADA                                  |
|   |  | FECHA:<br>MARZO DE 2020                              |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO                                  | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCÍO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL   | No. PLANO<br><h2 style="text-align: center;">09</h2> |
| DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCÍO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL                     | FIRMA:<br>   | <h2 style="text-align: center;">16</h2>              |
| ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO   |  |  |



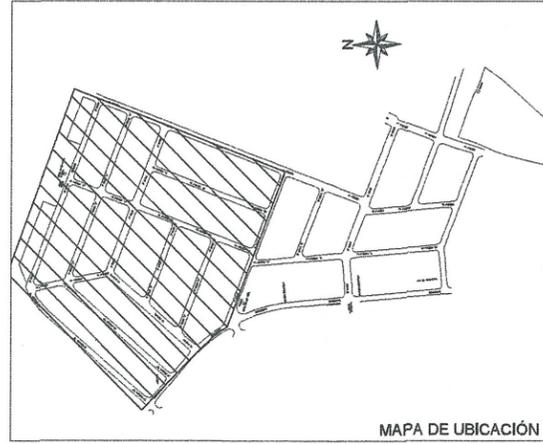
**PLANTA DE ACCESORIOS  
SECTOR 3**

ESCALA 1:1000

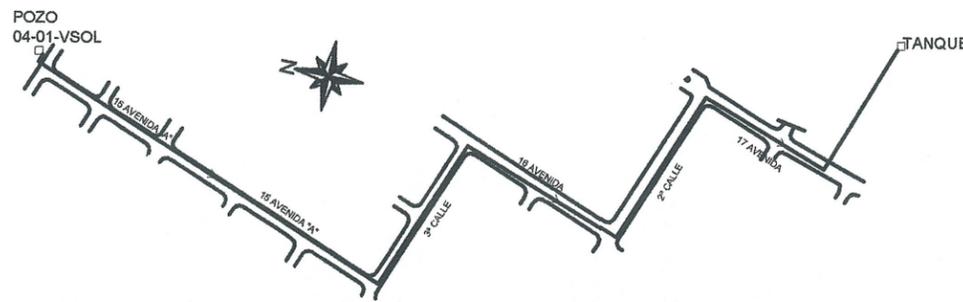
| SIMBOLOGÍA |   |
|------------|---|
|            | (R.B.) REDUCTOR BUSHING LISO Ø INDICADO EN PLANOS             |
|            | TEE DE 90° - CAMPANA CEMENTADA Ø INDICADO EN PLANOS           |
|            | (T.R.) TEE REDUCTORA - CAMPANA CEMENTADA Ø INDICADO EN PLANOS |
|            | CODO DE 45° - CAMPANA CEMENTADA Ø INDICADO EN PLANOS          |
|            | CODO DE 90° - CAMPANA CEMENTADA Ø INDICADO EN PLANOS          |
|            | (T.H.) TAPÓN HEMBRA Ø INDICADO EN PLANOS                      |
|            | (V.C.) VÁLVULA DE COMPUERTA Ø INDICADO EN PLANOS              |
|            | T.D. TANQUE DE DISTRIBUCIÓN                                   |

- ESPECIFICACIONES:
- TUBERÍA DE PVC DE 160 PSI (ASTM D-2241)
  - ACCESORIOS DE PVC CEDULA 40 ASTM D-2466

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

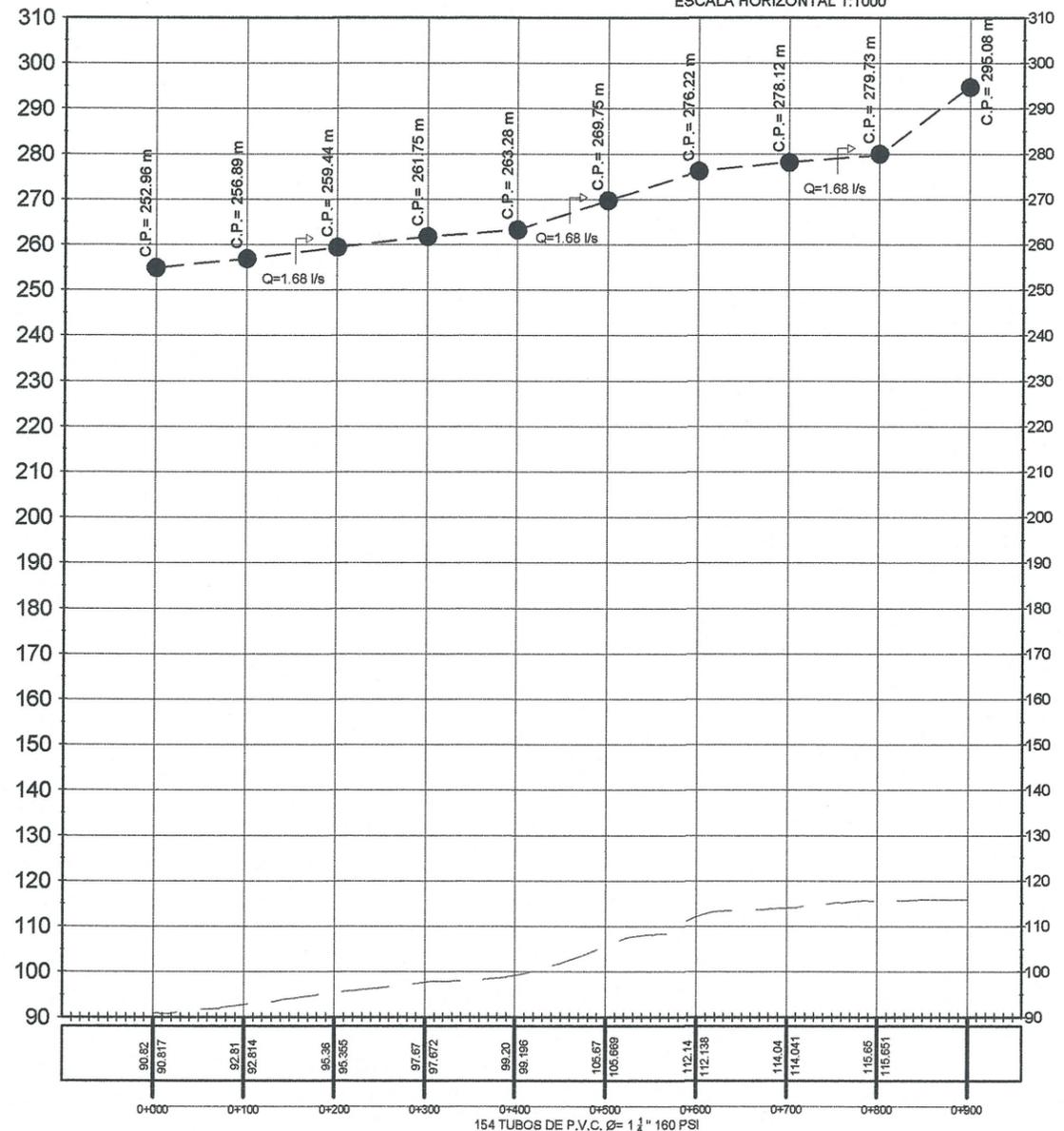


|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| <br>MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR<br>PROYECTO:<br>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA | <br>Mancomunidad<br>Gran Ciudad del Sur                          | MUNICIPALIDAD:<br>MIXCO |
|   |  | ESCALA:<br>INDICADA     |
| PLANO DE:<br><b>PLANTA DE ACCESORIOS - SECTOR 3</b>   |  | FECHA:<br>MARZO DE 2020 |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO  | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL | No. PLANO<br>10         |
| DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL   | FIRMA:<br>   | 16                      |
| ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO   |  |                         |



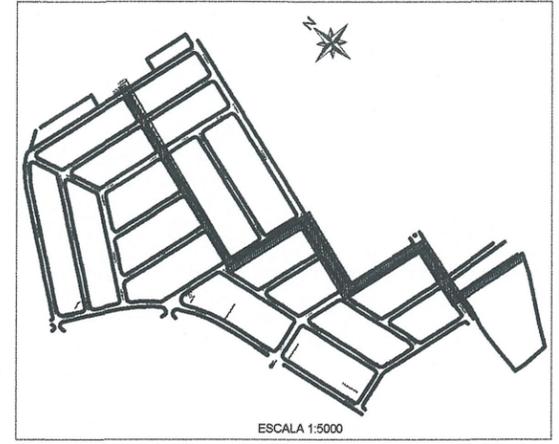
PLANTA DE POZO 04-01-VSOL A TANQUE

ESCALA HORIZONTAL 1:1000



PERFIL DE POZO 04-01-VSOL A TANQUE

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICA 1:500



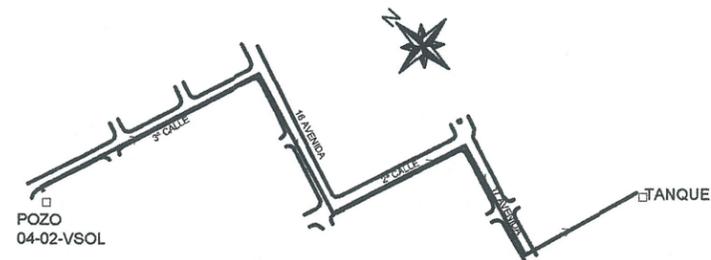
ESCALA 1:5000

| SIMBOLOGÍA |                            |
|------------|----------------------------|
|            | TUBERÍA PVC EN PLANTA      |
|            | NIVEL DE TERRENO           |
|            | (C.P.) COTA PIEZOMÉTRICA   |
|            | DIRECCIÓN DE FLUJO         |
|            | DIRECCIÓN CAUDAL DE DISEÑO |
|            | DIÁMETRO DE TUBERÍA P.V.C  |

**CONDUCCIÓN**  
LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ DE TUBERÍA PVC DE 160 PSI (ASTM-2241) DEL DIÁMETRO NOMINAL INDICADO EN LOS PLANOS.  
SE INSTALARÁ UNA BOMBA SUMERGIBLE DE 60 HP EN EL POZO 04-02-VSOL Y UNA DE 10 HP EN EL POZO 04-01-VSOL, AMBOS POZOS INDICADOS EN PLANOS.  
  
ANTES DE PONER EN SERVICIO LAS TUBERÍAS INSTALADAS DEBERÁ PROCEDERSE A LAVARLAS Y DESINFECTARLAS INTERIORMENTE.  
  
CUALQUIER DAÑO QUE OCURRA A ESTRUCTURAS EXISTENTES (TUBERÍA, CABLES, VIVIENDAS, ETC.) DURANTE LA EXCAVACIÓN O EJECUCIÓN DEL PROYECTO, QUE SE CONSIDERE CAUSA DE NEGLIGENCIA O DESCUIDO DEL CONTRATISTA, DEBERÁ SER REPUESTO O REPARADO POR PARTE DE LA MISMA DE FORMA INMEDIATA.

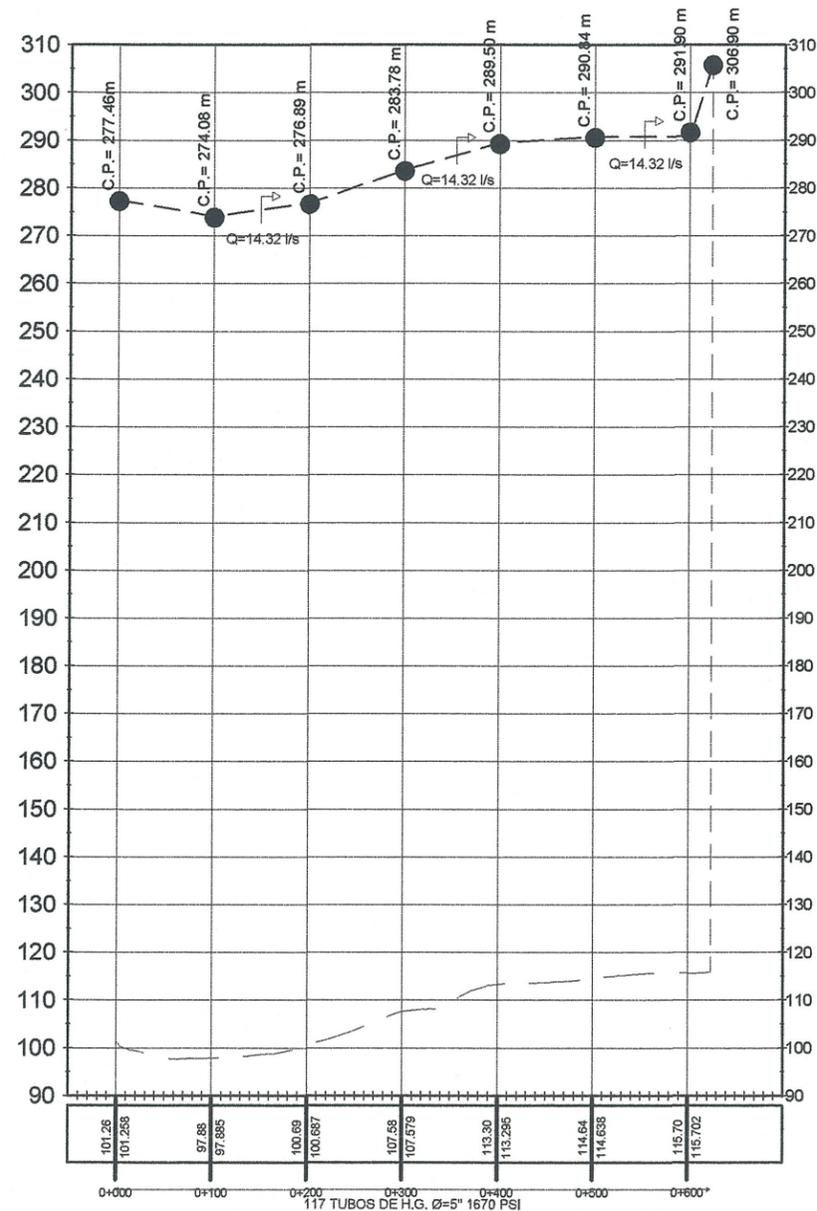
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
|   | MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR   |                         |
|   | PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b> |                         |
| PLANO DE:<br><br><b>CONDUCCIÓN POZO 04-01-VSOL</b>                | MUNICIPALIDAD:<br>MIXCO  | ESCALA:<br>INDICADA     |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO              | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL   | FECHA:<br>MARZO DE 2020 |
| DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL | FIRMA:<br>   | No. PLANO<br><b>11</b>  |
| ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO                     |  | <b>16</b>               |



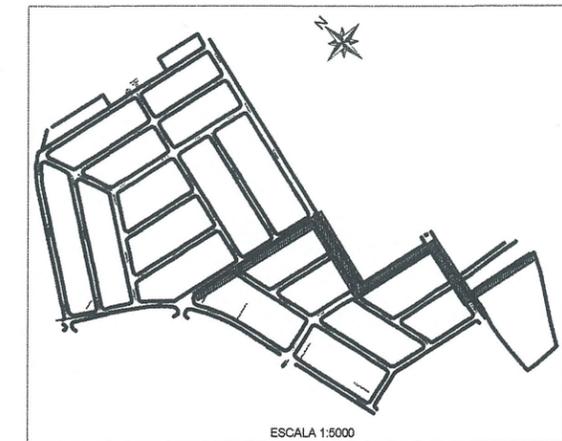
PLANTA DE POZO 04-02-VSOL A TANQUE

ESCALA HORIZONTAL 1:1000



PERFIL DE POZO 04-02-VSOL A TANQUE

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500



ESCALA 1:5000

| SIMBOLOGÍA |                            |
|------------|----------------------------|
|            | TUBERÍA PVC EN PLANTA      |
|            | NIVEL DE TERRENO           |
|            | (C.P.) COTA PIEZOMÉTRICA   |
|            | DIRECCIÓN DE FLUJO         |
|            | DIRECCIÓN CAUDAL DE DISEÑO |
|            | DIÁMETRO DE TUBERÍA P.V.C  |

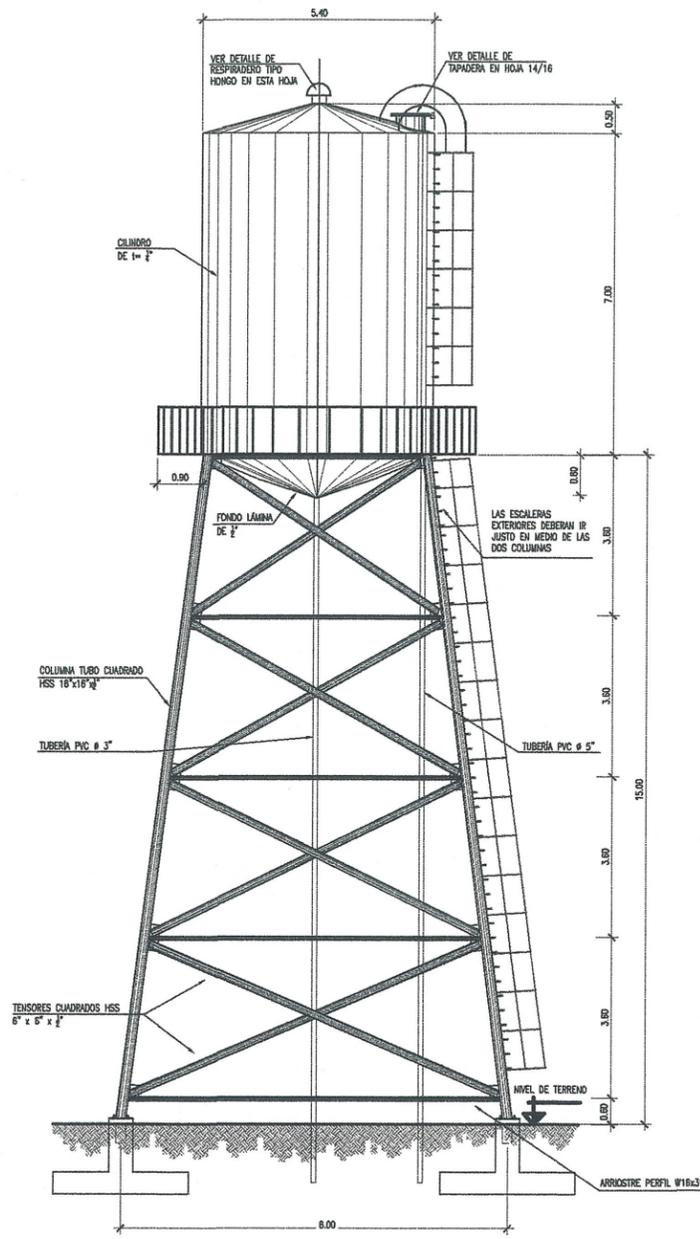
**CONDUCCIÓN**  
LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN SERÁ DE TUBERÍA ACERO GALVANIZADO A-53 DEL DIÁMETRO NOMINAL INDICADO EN LOS PLANOS.  
SE INSTALARÁ UNA BOMBA SUMERGIBLE DE 60 HP EN EL POZO 04-02-VSOL Y UNA DE 10 HP EN EL POZO 04-01-VSOL, AMBOS POZOS INDICADOS EN PLANOS.

ANTES DE PONER EN SERVICIO LAS TUBERÍAS INSTALADAS DEBERÁ PROCEDERSE A LAVARLAS Y DESINFECTARLAS INTERIORMENTE.

CUALQUIER DAÑO QUE OCURRA A ESTRUCTURAS EXISTENTES (TUBERÍA, CABLES, VIVIENDAS, ETC.) DURANTE LA EXCAVACIÓN O EJECUCIÓN DEL PROYECTO, QUE SE CONSIDERE CAUDA DE NEGLIGENCIA O DESCUIDO DEL CONTRATISTA, DEBERÁ SER REPUESTO O REPARADO POR PARTE DE LA MISMA DE FORMA INMEDIATA.



|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
|   | MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR   |                         |
|   | PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b> |                         |
| PLANO DE:<br><br><b>CONDUCCIÓN POZO 04-02-VSOL</b>                |  | MUNICIPALIDAD:<br>MIXCO |
|   |  | ESCALA:<br>INDICADA     |
|   |  | FECHA:<br>MARZO DE 2020 |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO              | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL   | No. PLANO<br><b>12</b>  |
| DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL | FIRMA:<br>   |                         |
| ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO                     |  | <b>16</b>               |



TANQUE ELEVADO METÁLICO 160.00 m<sup>3</sup>

ESCALA 1/25

**NOTA:**

ESTE PLANO SOLO REPRESENTA UN PREDIMENSIONAMIENTO A NIVEL DE GUÍA DEL TANQUE ELEVADO. PARA LA EJECUCIÓN DEL TANQUE Y SUS COMPONENTES, SE DEBERÁN CONTRATAR LOS SERVICIOS DE DISEÑOS Y ESTUDIOS QUE SEAN NECESARIOS, PARA CONTAR CON EL(LOS) PLANO(S) CONSTRUCTIVO(S) DE DICHO TANQUE, INCLUYENDO, COMO MÍNIMO: TANQUE, TORRE, SOPORTES Y CIMENTACIÓN.

**CÓDIGOS Y MÉTODO DE DISEÑO**

ACI 318  
AISC 360

**CÓDIGOS DE REFERENCIA**

AWS D1.1

**ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO**

**CONCRETO**

LA PROPORCIÓN DEL CONCRETO DEPENDERÁ DEL DISEÑO DE MEZCLAS QUE SE HAGA PARA EL EFECTO, DEBIENDO CUMPLIR CON LA RESISTENCIA ESPECIFICADA.

**CEMENTO**

EL CEMENTO DEBERÁ CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES ASTM C-150.

**AGUA**

EL AGUA EMPLEADA EN EL MEZCLADO DEL CONCRETO DEBERÁ SER LIMPIA Y LIBRE DE CANTIDADES PERJUDICIALES DE ACEITES, ÁCIDOS, SALES, MATERIAL ORGÁNICO Y OTRAS SUSTANCIAS QUE PUEDAN SER NOCIVAS AL CONCRETO O AL ACERO DE REFUERZO.

**RELACIÓN AGUA-CEMENTO**

LA RELACIÓN AGUA - CEMENTO DEBERÁ CUMPLIR CON LO QUE INDIQUE LA NORMATIVA ACI PARA LA RESISTENCIA REQUERIDA.

**AGREGADOS**

LOS AGREGADOS ESTARÁN LIMPIOS, BIEN GRADUADOS, LIBRES DE IMPUREZAS Y MATERIA ORGÁNICA Y DEBERÁN CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR PARA AGREGADOS UTILIZADOS EN EL CONCRETO ASTM C-33.

**ELEMENTOS DE ACERO**

**CALIDAD Y RESISTENCIA**

LA CALIDAD DEL ACERO Y LOS ACCESORIOS EMPLEADOS SE DEBERÁ GARANTIZAR POR MEDIO DE UN CERTIFICADO EXTENDIDO POR EL FABRICANTE, O SU EQUIVALENTE; QUE DEMUESTRE LAS PRUEBAS Y CONDICIONES DE ACUERDO A ASTM A-36

**ENDEREZADO Y LIMPIEZA**

EL MATERIAL PARA LA FABRICACIÓN DEBERÁ ESTAR LIMPIO Y PREVIAMENTE ENDEREZADO, UTILIZANDO MÉTODOS QUE NO RESULTEN PERJUDICIALES AL MATERIAL.

**CORTES**

LOS CORTES SE HARÁN CON AMOLADORA, CIZALLA O SIERRA. CUANDO SE AUTORIZA HACER CORTES CON SOPLETE, ESTOS DEBERÁN SER GUIADOS AUTOMÁTICAMENTE.

**TOLERANCIAS**

LA HOLSURA MÁXIMA PERMISIBLE EN EL ANCLAJE DE UNA ESTRUCTURA SERÁ DE 1/16".

LA DESVIACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE A LO LARGO DEL EJE DE UN ELEMENTO SOMETIDO A COMPRESIÓN SERÁ DE 1/1000, MEDIDA ENTRE LOS PUNTOS EN QUE LA PIEZA ESTÁ LATERALMENTE SOPORTADA.

SE PERMITIRÁ SEPARACIÓN MÁXIMA DE 2 mm ENTRE DOS PIEZAS, DONDE EXISTA SOLDADURA DE FILETE

**SOLDADURA**

LAS SUPERFICIES A SOLDAR ESTARÁN LIBRES DE COSTRAS, ESCORIAS, ESCAMAS, ÓXIDOS, GRASA, PINTURA Y CUALQUIER OTRA PARTÍCULA EXTRAÑA. LA SOLDADURA SE HARÁ CON ARCO ELECTRO-METÁLICO; LOS ELECTRODOS Y METAL DE APORTE A USAR SERÁN E70XX SEGÚN APLIQUE, CUMPLIENDO CON LAS ESPECIFICACIONES AWS A 5.1 Y AWS A 5.5, TAMBIÉN SE PUEDE APLICAR OTROS MÉTODOS SEGÚN AWS D 1.1. TODA VEZ SE GARANTICE LA SOLDADURA RESPECTIVA.

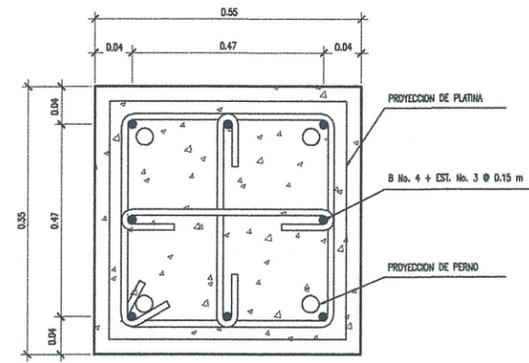
**CONEXIONES CON PERNOS**

LOS AGUEROS PARA PERNOS SE HARÁN 1/16" MÁS GRANDES QUE EL DIÁMETRO NOMINAL DEL PERNO Y DEBIDAMENTE RIMADOS. SE USARÁN ROLDANAS PARA AMPLIAR EL ÁREA DE CONTACTO. LA LONGITUD DEL TORNILLO DEBERÁ PERMITIR QUE SOBRESALGA ¼" DE LA TUERCA, UNA VEZ COLOCADA.

**PINTURA**

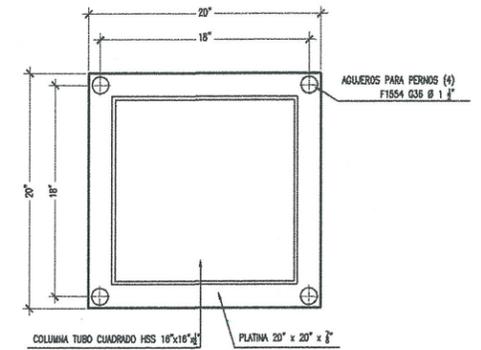
TODA ESTRUCTURA SERÁ PINTADA POR LO MENOS CON DOS APLICACIONES DE ANTICORROSIVO Y DOS APLICACIONES DE ESMALTE SINTÉTICO DE PRIMERA CALIDAD O ACABADOS EQUIVALENTE PARA PRESERVAR SU CONDICIÓN; LAS APLICACIONES SE PODRÁN HACER CON SOPLETE DE ALTA PRESIÓN O UNA MEJOR TECNOLOGÍA. EL ACERO DEBE LIMPIARSE POR MEDIO DE UN MÉTODO QUE GARANTICE LA ADHERENCIA.

NO DEBE APLICARSE LA PINTURA CUANDO LA TEMPERATURA DEL AMBIENTE PASE DE LOS 38 °C; CUANDO HAYA NIEBLA; CUANDO ESTÉ LLOVIENDO O LLOVIENDO, O LA HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE EXCEDA DE 85%, O CUANDO LA TEMPERATURA DEL AIRE SEA MENOR DE 5°C.



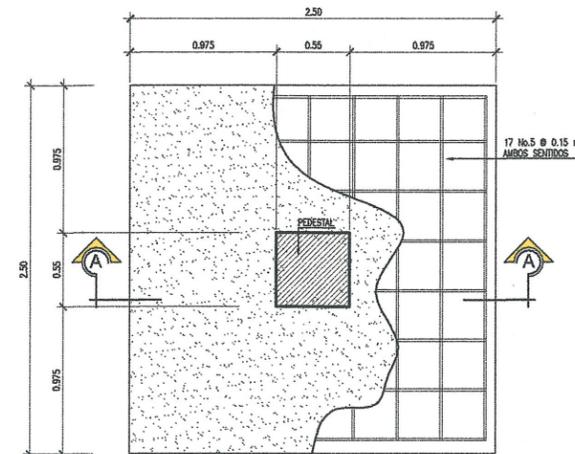
DETALLE DE PEDESTAL

ESCALA 1:5



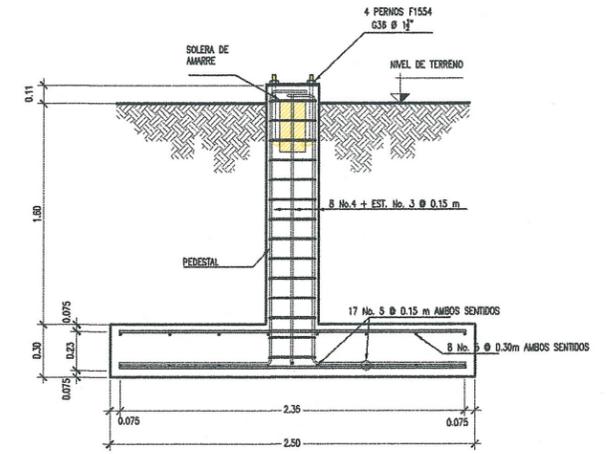
PLANTA DE PLATINA

ESCALA 1:5



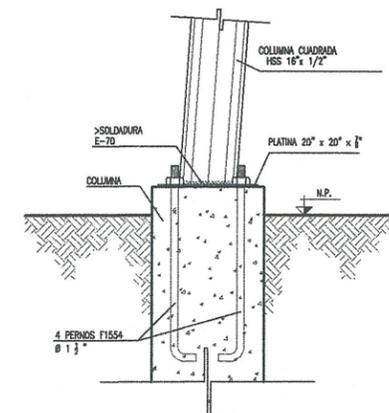
DETALLE DE ZAPATA PLANTA

ESCALA 1:20



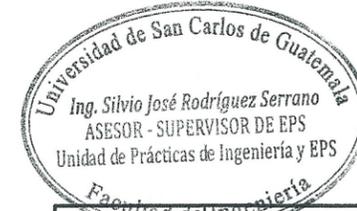
SECCIÓN A-A'

ESCALA 1:20

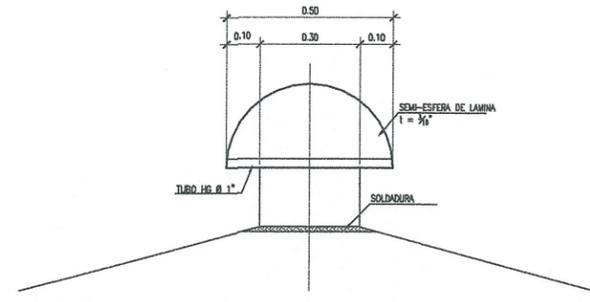


DETALLE DE ANCLAJE EN PEDESTAL

ESCALA 1:10

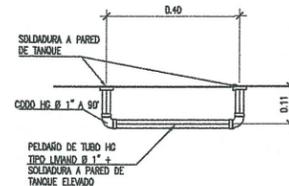


|  |  |                         |
|--|--|-------------------------|
| MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR   |  |                         |
| PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b> |  |                         |
| PLANO DE:<br><br><b>DETALLE DE TANQUE ELEVADO I</b>  |  | MUNICIPALIDAD:<br>MIXCO |
|  |  | ESCALA:<br>INDICADA     |
|  |  | FECHA:<br>MARZO DE 2020 |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO   | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCÍO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL | No. PLANO<br><b>13</b>  |
| DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCÍO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL  | FIRMA:<br>   |                         |
| ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO  |  | <b>16</b>               |



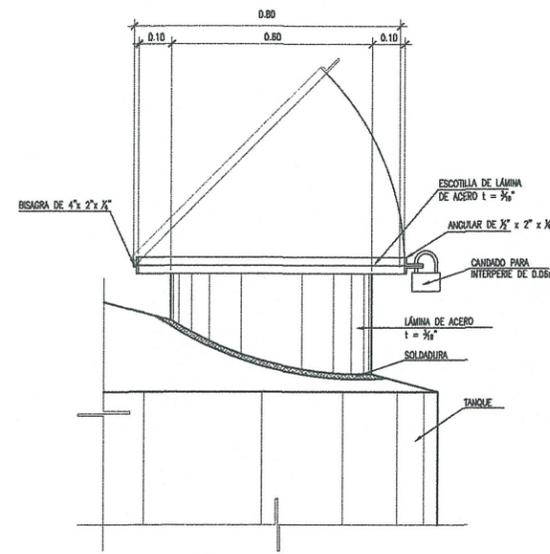
TAPADERA TIPO HONGO 12"

ESCALA 1:10



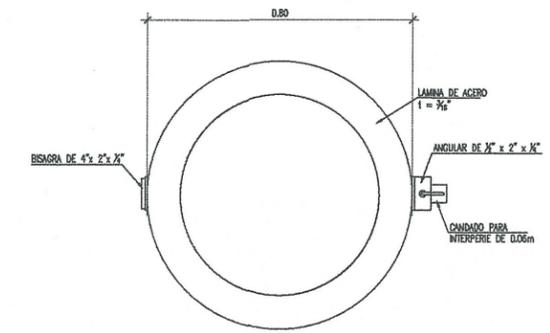
PELDAÑOS DE ENTRADA DE TANQUE

ESCALA 1:10



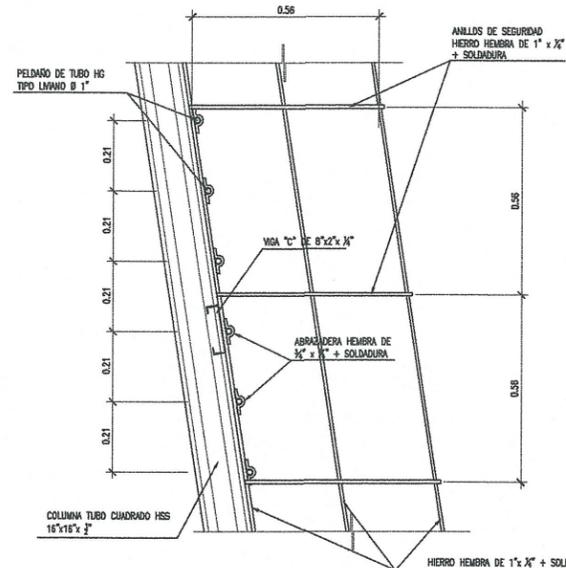
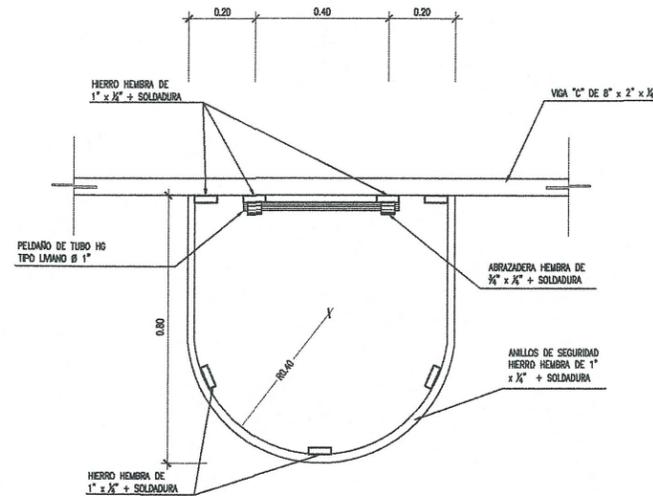
ENTRADA DE TANQUE

ESCALA 1:10



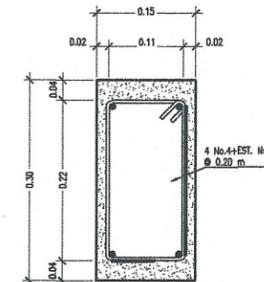
ESCOTILLA DE ENTRADA

ESCALA 1:10



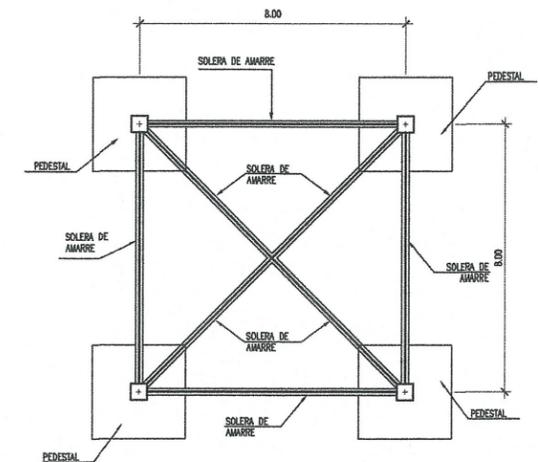
DETALLE DE ESCALERA

ESCALA 1:10



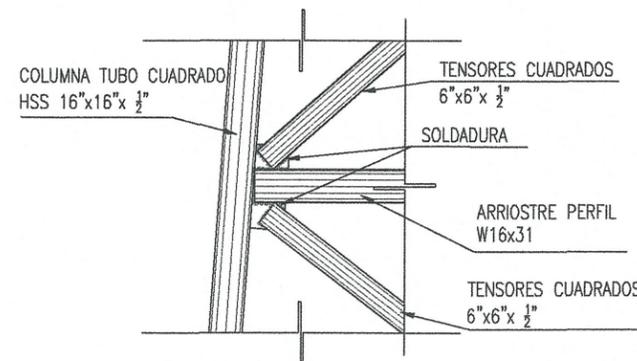
DETALLE DE SOLERA DE AMARRE

ESCALA 1:2.5



PLANTA DE CIMENTACIÓN

ESCALA 1:100



ANCLAJE DE PLATINA

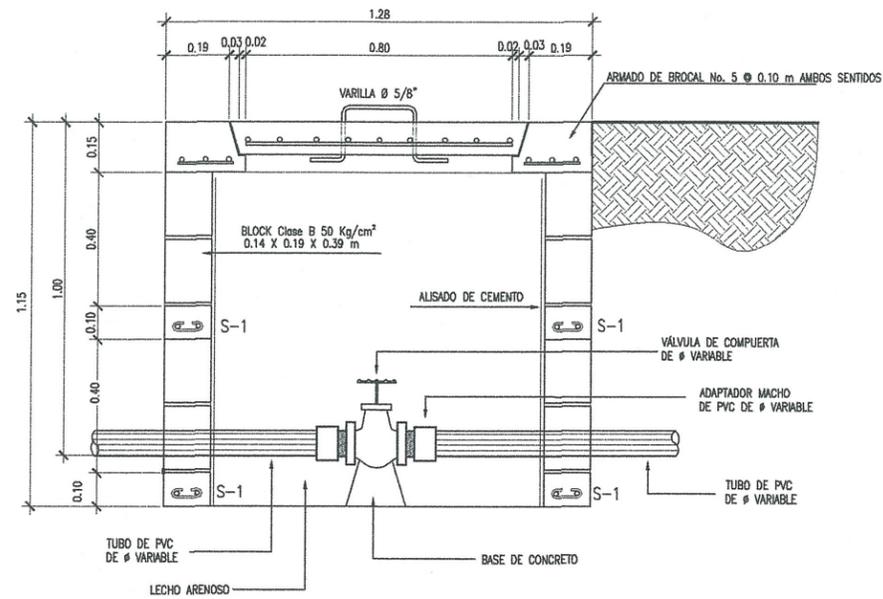
ESCALA 1:20



NOTA:

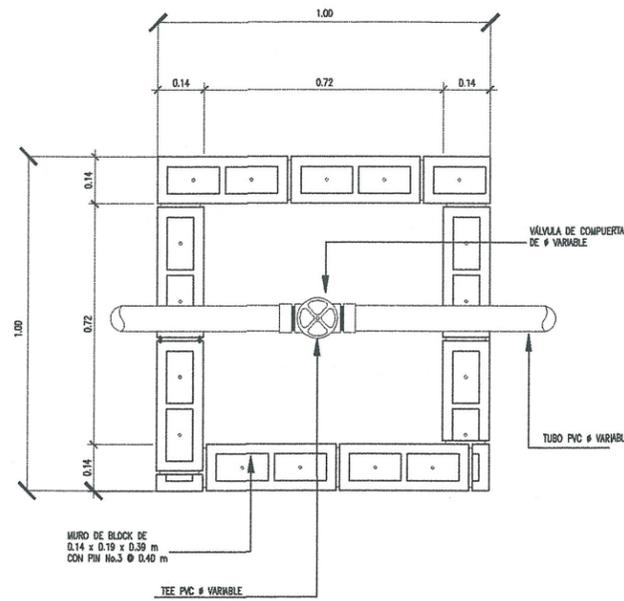
ESTE PLANO SOLO REPRESENTA UN PREDIMENSIONAMIENTO A NIVEL DE GUÍA DEL TANQUE ELEVADO, PARA LA EJECUCIÓN DEL TANQUE Y SUS COMPONENTES, SE DEBERÁN CONTRATAR LOS SERVICIOS DE DISEÑOS Y ESTUDIOS QUE SEAN NECESARIOS, PARA CONTAR CON EL(LOS) PLANO(S) CONSTRUCTIVO(S) DE DICHO TANQUE, INCLUYENDO, COMO MÍNIMO: TANQUE, TORRE, SOPORTES Y CIMENTACIÓN.

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR<br>PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b> |  |
|   | PLANO DE:<br><b>DETALLE DE TANQUE ELEVADO II</b>   |   |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO                                  | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL   | No. PLANO<br><b>14</b>  |
| DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL                     | FIRMA:<br>  | <b>16</b>   |
| ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO   |  |   |



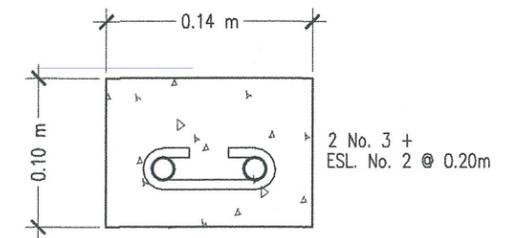
SECCIÓN A-A'  
CAJA PARA VÁLVULA DE COMPUERTA

ESCALA 1:12.5



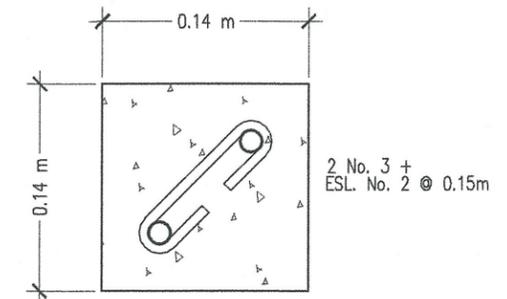
PLANTA DE CAJA DE VÁLVULA DE COMPUERTA

ESCALA 1:10



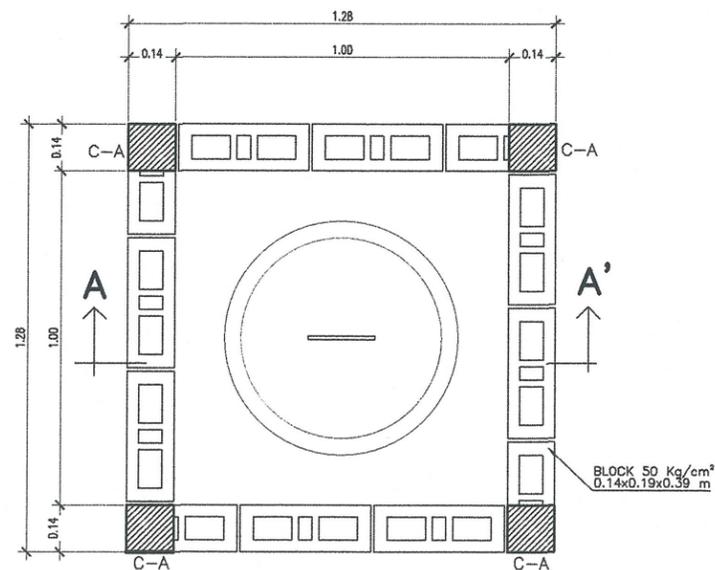
SOLERA S-1

ESCALA 1:20



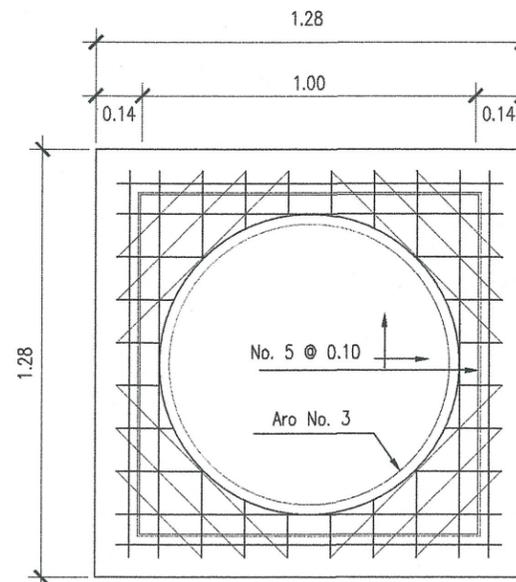
COLUMNA C-A

ESCALA 1:20



PLANTA DE CAJA  
PARA VÁLVULA DE COMPUERTA

ESCALA 1:12.5



PLANTA DE ESTRUCTURA DE BROCAL  
CAJA DE VÁLVULAS DE COMPUERTA

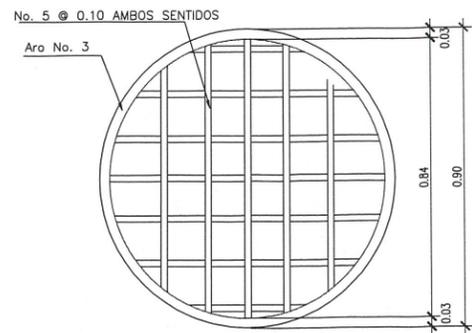
ESCALA 1:20

LAS CAJAS PARA VÁLVULAS SERÁN DE MAMPOSTERÍA, BLOCK 0.14m x 0.19m x 0.39m, LOS MUROS CON UN ESPESOR DE 0.15m; LA LOSA Y TAPADERA DEBERÁN CONSTRUIRSE DE CONCRETO CON UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 210 Kg/cm<sup>2</sup> A LOS 28 DÍAS CON LAS DIMENSIONES Y REFUERZOS INDICADOS EN PLANO. EL ACERO DE REFUERZO SERÁ DE GRADO 40, LEGÍTIMO. LAS PAREDES DEBERÁN IMPERMEABILIZARSE EN SUS CAPAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE CEMENTO - ARENA (1:2) DEBIDAMENTE ALISADA.

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE FUERA NECESARIA INTRODUCIR RESPECTO A LOS PLANOS DEBERÁ SER AUTORIZADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

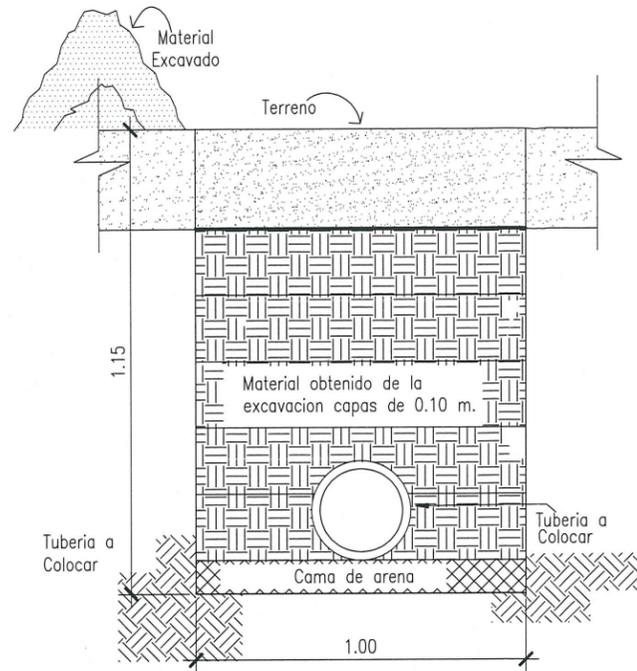
CUALQUIER DAÑO QUE OCURRA A ESTRUCTURAS EXISTENTES (TUBERÍA, CABLES, VIVIENDAS, ETC.) DURANTE LA EXCAVACIÓN O EJECUCIÓN DEL PROYECTO, QUE SE CONSIDERE CAUSA DE NEGLIGENCIA O DESCUIDO DEL CONTRATISTA, DEBERÁ SER REPUESTO O REPARADO POR PARTE DE LA MISMA DE FORMA INMEDIATA.

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
|   | MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR<br>PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b> |                        |
|   | PLANO DE:<br><b>DETALLE DE CAJAS</b>   |                        |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO              | DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL   | No. PLANO<br><b>15</b> |
| DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL | FIRMA:<br>   | 16                     |
| ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO                     | FIRMAS:<br>  |                        |



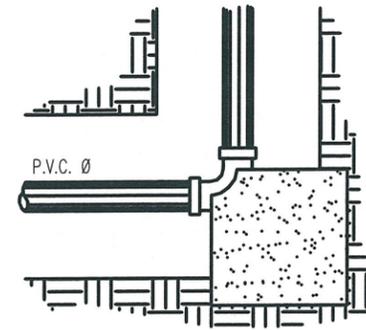
CAJA DE VÁLVULAS  
PLANTA DE ESTRUCTURAS DE TAPADERA

ESCALA 1:12.5



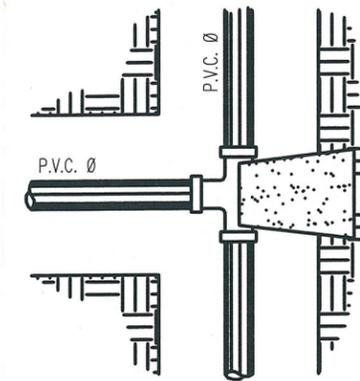
SECCIÓN A-A'

SIN ESCALA



DETALLE ANCLAJE CODO PVC

SIN ESCALA



DETALLE ANCLAJE TEE PVC

SIN ESCALA

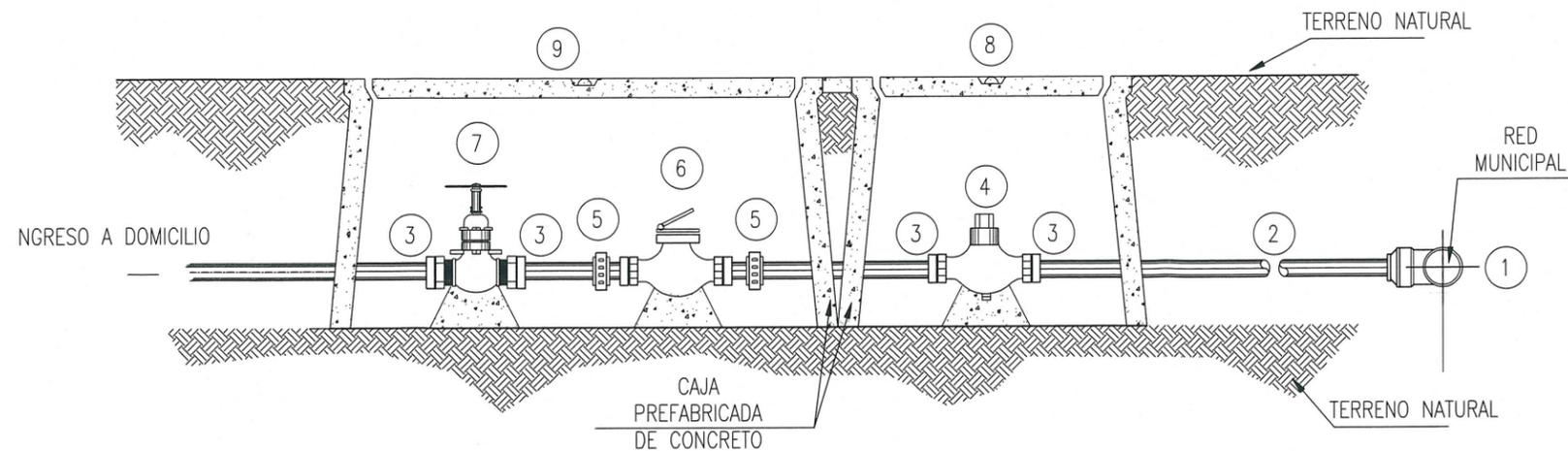
REFERENCIA DE MATERIALES

1. TEE REDUCTORA PVC Ø TUBERIA PRINCIPAL x 1/2"
2. NIPLE (TUBO) PVC Ø 1/2"
3. ADAPTADOR MACHO PVC Ø 1/2"
4. LLAVE DE PASO DE BRONCE ANTIFRAUDE Ø 1/2"
5. UNION UNIVERSAL Ø 1/2"
6. CONTADOR DE BRONCE Ø 1/2"
7. LLAVE DE COMPUERTA DE BRONCE Ø 1/2"
8. CAJA DE CONCRETO PARA REGISTRO PREFABRICADA
9. CAJA DE CONCRETO PARA CONTADOR Y LLAVE DE COMPUERTA PREFABRICADA

LAS CAJAS PARA VÁLVULAS SERÁN CON BLOCK 0.14m x 0.19m x 0.39m MAMPOSTERÍA DE PIEDRA, LOS MUROS CON UN ESPESOR DE 0.15m; LA LOSA Y TAPADERA DEBERÁN CONSTRUIRSE DE CONCRETO CON UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 210 KG/CM<sup>2</sup> A LOS 28 DÍAS CON LAS DIMENSIONES Y REFUERZOS INDICADOS EN PLANO. EL ACERO SE DE REFUERZO SERÁ LEGÍTIMO GRADO 40.  
LAS PAREDES DEBERÁN IMPERMEABILIZARSE EN SUS CAPAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE CEMENTO - ARENA (1:2) DEBIDAMENTE ALISADA.

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE FUERA NECESARIO INTRODUCIR A LOS PLANOS DEBERÁ SER AUTORIZADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

CUALQUIER DAÑO QUE OCURRA A ESTRUCTURAS EXISTENTES (TUBERÍA, CABLES, VIVIENDAS, ETC.) DURANTE LA EXCAVACIÓN O EJECUCIÓN DEL PROYECTO, QUE SE CONSIDERE CAUDA DE NEGLIGENCIA O DESCUIDO DEL CONTRATISTA, DEBERÁ SER REPUESTO O REPARADO POR PARTE DE LA MISMA DE FORMA INMEDIATA.



DETALLE DE CONEXIÓN DOMICILIAR DE AGUA POTABLE

SIN ESCALA

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
|   | MANCOMUNIDAD GRAN CIUDAD DEL SUR<br>PROYECTO:<br><b>DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN COLONIA VALLE DEL SOL ZONA 4, MIXCO, GUATEMALA</b> |                        |
|   | PLANO DE:<br><b>DETALLE DE CAJAS</b>   |                        |
| LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:<br>MUNICIPALIDAD DE MIXCO                              |  | ESCALA:<br>INDICADA    |
| DISEÑO Y CÁLCULO TOPOGRÁFICO:<br>ROCIO DEL CARMEN VALDES SANDOVAL                 |  | FECHA:<br>MAYO DE 2019 |
| ASESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO                                     |  | No. PLANO<br><b>16</b> |
| FIRMAS:<br>Rocio del Carmen Valdes Sandoval<br>Ing. Silvio José Rodríguez Serrano |  | 16                     |

Apéndice 3. **Hoja de cálculo del sistema de distribución de agua potable en la colonia Valle del Sol, zona 4, Mixco**

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.







### Cuadro hidraulico: Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, Mixco, Sector 3.



| PUNTO INICIO | PUNTO FINAL | COTA INICIAL | COTA FINAL | TUBERIA | DIAMETRO (MM) | LONGITUD | MATERIAL | VELOCIDAD (m/s) | PRESION ESTATICA | CAUDAL | DEMANDA |       | PRESION DE SERVICIO |       | PIEZOMETRICA |         |
|--------------|-------------|--------------|------------|---------|---------------|----------|----------|-----------------|------------------|--------|---------|-------|---------------------|-------|--------------|---------|
|              |             |              |            |         |               |          |          |                 |                  |        | INICIO  | FINAL | INICIO              | FINAL | INICIO       | FINAL   |
| J1           | J2          | 115,63       | 115,52     | P-2     | 105,52        | 20       | PVC      | 0,95            | 12,63            | 8,32   | 0       | 0     | 12,63               | 12,58 | 128,28       | 128,12  |
| J2           | J3          | 115,52       | 103,09     | P-3     | 105,52        | 154,9    | PVC      | 0,95            | 12,58            | 8,32   | 0       | 0     | 12,58               | 23,75 | 128,12       | 1216,88 |
| J3           | J4          | 103,09       | 101,22     | P-4     | 105,52        | 61,1     | PVC      | 0,95            | 23,75            | 8,32   | 0       | 0     | 23,75               | 25,12 | 126,88       | 126,39  |
| J4           | J5          | 101,22       | 100,74     | P-5     | 105,52        | 247,6    | PVC      | 0,95            | 25,12            | 8,32   | 0       | 0     | 25,12               | 23,63 | 126,39       | 124,41  |
| J5           | J6          | 100,74       | 101,33     | P-6     | 105,52        | 38,8     | PVC      | 0,95            | 23,63            | 8,32   | 0       | 0     | 23,63               | 22,72 | 124,41       | 124,1   |
| J6           | J7          | 101,33       | 101,47     | P-7     | 82,04         | 16,4     | PVC      | 1,57            | 22,72            | 8,32   | 0       | 0     | 22,72               | 22,14 | 124,1        | 123,65  |
| J7           | J8          | 101,47       | 101,51     | P-8     | 82,04         | 40,9     | PVC      | 1,57            | 20,98            | 8,32   | 0       | 0     | 22,14               | 20,98 | 123,65       | 122,54  |
| J8           | J9          | 101,51       | 97,78      | P-9     | 67,45         | 121,4    | PVC      | 0,65            | 20,98            | 2,32   | 0       | 0,21  | 20,98               | 23,9  | 122,54       | 121,73  |
| J9           | J11         | 97,78        | 93,34      | P-11    | 30,36         | 182,5    | PVC      | 0,42            | 26,97            | 0,3    | 0,21    | 0,3   | 23,9                | 26,97 | 121,73       | 120,36  |
| J9           | J12         | 97,78        | 97,82      | P-10    | 55,71         | 6,6      | PVC      | 0,74            | 23,8             | 1,8    | 0,21    | 0     | 23,9                | 23,8  | 121,73       | 121,67  |
| J12          | J13         | 97,82        | 93,28      | P-12    | 30,36         | 182,5    | PVC      | 0,42            | 26,96            | 0,3    | 0       | 0,3   | 23,8                | 26,96 | 121,67       | 120,29  |
| J12          | J14         | 97,82        | 98,39      | P-13    | 55,71         | 55,8     | PVC      | 0,62            | 22,8             | 1,5    | 0       | 0,13  | 23,8                | 22,8  | 121,67       | 121,25  |
| J14          | J15         | 98,39        | 98,28      | P-14    | 38,92         | 2,1      | PVC      | 0,52            | 22,9             | 0,62   | 0,13    | 0     | 22,8                | 22,9  | 121,25       | 121,23  |
| J15          | J16         | 98,28        | 89,61      | P-15    | 30,36         | 170,4    | PVC      | 0,42            | 30,27            | 0,3    | 0       | 0,3   | 22,9                | 30,27 | 121,23       | 119,54  |
| J15          | J17         | 98,28        | 98,36      | P-16    | 30,36         | 6,2      | PVC      | 0,44            | 22,9             | 0,32   | 0       | 0     | 22,9                | 22,77 | 121,23       | 121,18  |
| J17          | J18         | 98,36        | 89,51      | P-17    | 30,36         | 170,8    | PVC      | 0,44            | 30,19            | 0,32   | 0       | 0,32  | 22,77               | 30,19 | 121,18       | 119,76  |
| J14          | J19         | 98,39        | 100,92     | P-18    | 44,56         | 66,6     | PVC      | 0,48            | 19,87            | 0,75   | 0,13    | 0,11  | 22,8                | 19,87 | 121,25       | 120,84  |
| J19          | J20         | 100,92       | 81,14      | P-19    | 38,92         | 292,2    | PVC      | 0,53            | 37,05            | 0,64   | 0,11    | 0,86  | 19,87               | 37,05 | 120,84       | 118,27  |
| J20          | J21         | 81,14        | 85,98      | P-20    | 30,36         | 287,7    | PVC      | 0,32            | 37,05            | 0,23   | 0,86    | 0     | 37,05               | 33,5  | 81,14        | 85,98   |
| J21          | J22         | 85,98        | 85,9       | P-21    | 30,36         | 7,6      | PVC      | 0,53            | 33,49            | 0,38   | 0       | 0     | 33,5                | 33,49 | 119,55       | 119,46  |
| J22          | J23         | 85,9         | 88,89      | P-22    | 30,36         | 292,5    | PVC      | 0,53            | 35,1             | 0,38   | 0       | 0,38  | 33,49               | 35,1  | 119,46       | 116,06  |
| J21          | J24         | 85,98        | 86,12      | P-23    | 30,36         | 3,1      | PVC      | 0,85            | 33,5             | 0,61   | 0       | 0,08  | 33,5                | 33,45 | 119,55       | 119,63  |
| J24          | J25         | 86,12        | 85,98      | P-24    | 44,56         | 7,3      | PVC      | 0,44            | 33,45            | 0,69   | 0,08    | 0,64  | 33,45               | 33,63 | 119,63       | 119,67  |
| J25          | J26         | 85,98        | 85,63      | P-25    | 30,36         | 5        | PVC      | 0,34            | 33,63            | 0,25   | 0,64    | 0     | 33,63               | 34    | 85,98        | 85,63   |
| J26          | J27         | 85,63        | 85,85      | P-26    | 30,36         | 27,3     | PVC      | 0,34            | 34               | 0,25   | 0       | 0     | 34                  | 33,92 | 119,7        | 119,84  |
| J27          | J28         | 85,85        | 92,91      | P-27    | 30,36         | 208,3    | PVC      | 0,34            | 33,92            | 0,25   | 0       | 0,13  | 33,92               | 27,94 | 119,84       | 120,91  |
| J28          | J29         | 92,91        | 96,92      | P-28    | 30,36         | 41,9     | PVC      | 0,52            | 27,94            | 0,38   | 0,13    | 0,11  | 27,94               | 24,41 | 120,91       | 121,37  |
| J29          | J30         | 96,92        | 96,47      | P-29    | 30,36         | 2,3      | PVC      | 1,04            | 24,76            | 0,75   | 0,11    | 0     | 24,41               | 24,76 | 121,37       | 121,28  |
| J30          | J31         | 96,47        | 91,95      | P-30    | 30,36         | 199,1    | PVC      | 0,53            | 26,96            | 0,38   | 0       | 0,38  | 24,76               | 26,96 | 121,28       | 118,97  |
| J30          | J32         | 96,47        | 95,71      | P-31    | 30,36         | 9,2      | PVC      | 0,51            | 24,43            | 0,37   | 0       | 0     | 24,76               | 24,43 | 121,28       | 121,18  |
| J32          | J33         | 95,71        | 9,31       | P-32    | 30,36         | 199,1    | PVC      | 0,51            | 26,6             | 0,37   | 0       | 0,37  | 24,43               | 26,6  | 121,18       | 119,05  |
| J29          | J34         | 96,92        | 99,99      | P-33    | 44,56         | 56,3     | PVC      | 0,79            | 24,41            | 1,24   | 0,11    | 0     | 24,41               | 22,22 | 121,37       | 122,26  |
| J34          | J35         | 99,99        | 98,41      | P-34    | 55,71         | 169,5    | PVC      | 0,59            | 22,62            | 1,44   | 0       | 0,35  | 22,22               | 22,62 | 122,26       | 121,08  |
| J35          | J25         | 98,41        | 85,98      | P-35    | 44,56         | 114,5    | PVC      | 0,7             | 33,63            | 1,09   | 0,35    | 0,64  | 22,62               | 33,63 | 121,08       | 119,67  |
| J34          | J36         | 99,99        | 100,35     | P-36    | 67,45         | 8,5      | PVC      | 0,75            | 22,22            | 2,68   | 0       | 0,06  | 22,22               | 21,94 | 122,26       | 122,33  |

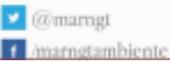


**Cuadro hidraulico: Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, Mixco, Sector 3.**



|     |     |        |        |      |        |       |     |      |       |      |      |      |       |       |        |        |
|-----|-----|--------|--------|------|--------|-------|-----|------|-------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|
| J36 | J37 | 100,35 | 99,89  | P-37 | 82,04  | 38,2  | PVC | 0,62 | 22,22 | 3,26 | 0,06 | 0    | 21,94 | 22,22 | 122,33 | 122,15 |
| J37 | J38 | 99,89  | 100,15 | P-38 | 38,92  | 2,6   | PVC | 0,48 | 21,93 | 0,58 | 0    | 0    | 22,22 | 21,93 | 122,15 | 122,13 |
| J38 | J39 | 100,15 | 96,4   | P-39 | 30,36  | 140,6 | PVC | 0,4  | 21,93 | 0,29 | 0    | 0,29 | 21,93 | 24,72 | 100,15 | 96,4   |
| J38 | J40 | 100,15 | 99,87  | P-40 | 30,36  | 6,9   | PVC | 0,4  | 22,17 | 0,29 | 0    | 0    | 21,93 | 22,17 | 100,15 | 99,87  |
| J40 | J41 | 99,87  | 96,49  | P-41 | 30,36  | 142,8 | PVC | 0,4  | 22,17 | 0,29 | 0    | 0,29 | 22,17 | 24,57 | 122,08 | 121,11 |
| J37 | J42 | 99,89  | 100,81 | P-42 | 67,45  | 59,9  | PVC | 0,75 | 20,77 | 2,69 | 0    | 0,08 | 22,22 | 20,77 | 99,89  | 100,81 |
| J42 | J43 | 100,81 | 100,66 | P-43 | 30,36  | 2,1   | PVC | 0,62 | 20,77 | 0,45 | 0,08 | 0    | 20,77 | 20,89 | 121,62 | 121,59 |
| J43 | J44 | 100,66 | 95,05  | P-44 | 30,36  | 120   | PVC | 0,31 | 20,89 | 0,22 | 0    | 0,22 | 20,89 | 25,97 | 121,59 | 121,08 |
| J43 | J45 | 100,66 | 100,59 | P-45 | 30,36  | 6,9   | PVC | 0,31 | 20,89 | 0,22 | 0    | 0    | 20,89 | 20,93 | 100,66 | 100,59 |
| J45 | J46 | 100,59 | 95     | P-46 | 30,36  | 117,3 | PVC | 0,31 | 20,93 | 0,22 | 0    | 0,22 | 20,93 | 26    | 101,56 | 121,06 |
| J42 | J47 | 100,81 | 98,49  | P-47 | 67,45  | 71,5  | PVC | 0,6  | 22,67 | 2,16 | 0,08 | 0,08 | 20,77 | 22,67 | 121,62 | 121,21 |
| J47 | J48 | 98,49  | 98,36  | P-48 | 38,92  | 2,2   | PVC | 0,69 | 22,67 | 0,82 | 0,08 | 0    | 22,67 | 22,77 | 121,21 | 121,18 |
| J48 | J51 | 98,36  | 88,3   | P-49 | 30,36  | 222,1 | PVC | 0,51 | 36,97 | 0,37 | 0    | 0,45 | 22,77 | 29,37 | 121,18 | 117,73 |
| J48 | J50 | 98,36  | 98,26  | P-50 | 38,92  | 6,4   | PVC | 0,38 | 22,77 | 0,45 | 0    | 0    | 22,77 | 22,84 | 121,18 | 121,15 |
| J50 | J49 | 98,26  | 81,74  | P-51 | 30,36  | 221,2 | PVC | 0,62 | 29,37 | 0,45 | 0    | 0,37 | 22,84 | 22,77 | 121,15 | 118,79 |
| J47 | J52 | 98,49  | 92,72  | P-52 | 44,56  | 62,7  | PVC | 0,81 | 22,67 | 1,26 | 0,08 | 0,08 | 22,67 | 27,41 | 121,21 | 120,19 |
| J52 | J53 | 92,72  | 92,77  | P-53 | 30,36  | 2,3   | PVC | 1,33 | 27,41 | 0,96 | 0,08 | 0    | 27,41 | 27,22 | 120,19 | 120,04 |
| J53 | J54 | 92,77  | 83,63  | P-54 | 30,36  | 255   | PVC | 0,66 | 31,88 | 0,48 | 0    | 0,48 | 27,22 | 31,88 | 120,04 | 115,57 |
| J53 | J55 | 92,77  | 83,63  | P-55 | 30,36  | 6,7   | PVC | 0,66 | 27,22 | 0,48 | 0    | 0    | 27,22 | 27,31 | 120,04 | 119,93 |
| J55 | J56 | 92,57  | 83,41  | P-56 | 30,36  | 254,6 | PVC | 0,66 | 31,98 | 0,48 | 0    | 0,48 | 27,31 | 31,98 | 119,93 | 115,46 |
| J52 | J57 | 92,72  | 86,33  | P-57 | 30,36  | 56,7  | PVC | 0,31 | 33,55 | 0,22 | 0,08 | 0,22 | 0,08  | 0,22  | 120,19 | 119,95 |
| J8  | J36 | 101,51 | 100,35 | P-58 | 105,52 | 47,7  | PVC | 0,69 | 21,94 | 6    | 0    | 0,06 | 20,98 | 21,94 | 122,54 | 122,33 |

Apéndice 4. Evaluación ambiental inicial del proyecto de distribución de agua potable en colonia Valle del Sol, zona 4, Mixco

|   |   |         |             |
|---|---|---------|-------------|
| <table border="1"> <tr> <td>FORMATO</td> <td>DVGA-GA-002</td> </tr> </table>  |   | FORMATO | DVGA-GA-002 |
| FORMATO   | DVGA-GA-002   |         |             |
|  <p>DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES<br/>VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-</p> <p><b>EVALUACION AMBIENTAL INICIAL</b></p> <p><b>ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL</b></p> <p>(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)</p>   |   |         |             |
| <p><b>INSTRUCCIONES</b></p> <p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponde y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera.</li> <li>• Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información.</li> <li>• La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir.</li> <li>• Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: <a href="mailto:yunices@marn.gob.gt">yunices@marn.gob.gt</a></li> <li>• Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considere de esa manera).</li> <li>• Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.</li> </ul>  | <p><b>PARA USO INTERNO DEL MARN</b></p> <p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p> |         |             |
| <p><b>II. INFORMACION LEGAL</b></p> <p>I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (Que tenga relación con el proyecto a realizar):</p> <p style="text-align: center;">Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para colonia Valle del Sol, Mixco</p> <p>I.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</p> <p>El proyecto consiste de la instalación de 9456.95 m de tubería con norma ASTM D-2244 de distintos diámetros, dos bombas sumergibles, un tanque elevado de 180 m<sup>3</sup> y 524 conexiones domiciliarias para satisfacer a toda la población.</p> <p>I.2. Información legal:</p> <p>A) Persona Individual:<br/>A.1. Representante Legal:</p> <p>_____</p> <p>B) De la empresa:</p> <p>Razón social: Organización Gubernamental<br/>         Nombre Comercial: Municipalidad de Mixco<br/>         No. De Escritura Constitutiva: _____<br/>         Fecha de constitución: _____</p> <p>Patente de Sociedad      Registro No. _____      Folio No. _____      Libro No. _____<br/>         Patente de Comercio      Registro No. _____      Folio No. _____      Libro No. _____<br/>         No. De Finca _____      Folio No. _____      Libro No. _____ de _____<br/>         donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p> <p>Número de Identificación Tributaria (NIT): _____</p> |   |         |             |
| <p>7 Avenida 03-67, zona 13 - Ciudad Guatemala - PBX: (502) 2423-0500</p>   |   |         |             |
| <p> <a href="http://www.marn.gob.gt">www.marn.gob.gt</a></p>   |   |         |             |

Continuación del apéndice 4.

|  | <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">FORMATO</td> <td style="padding: 2px;">DVGA-GA-002</td> </tr> </table>   | FORMATO  | DVGA-GA-002                         |   |  |  |  |
|--|--|--|-------------------------------------|---|--|--|--|
| FORMATO  | DVGA-GA-002  |  |                                     |   |  |  |  |
|  <p><b>GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA</b><br/>MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p>  | <p><b>DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES</b><br/><b>VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-</b></p>   |  |                                     |   |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">INSTRUCCIONES</th> <th style="width: 50%;">PARA USO INTERNO DEL MARN</th> </tr> </table>  |  | INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL MARN           |   |  |  |  |
| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL MARN  |  |                                     |   |  |  |  |
| <p><b>L3 Teléfono:</b> 2307 7300      <b>Correo electrónico:</b></p> <p><b>L4 Dirección de donde se ubica la actividad:</b> (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)</p> <p style="text-align: center;">Colonia Valle del Sol, zona 4, Mixco, Guatemala</p> <p><b>Especificar Coordenadas UTM o Geográficas</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84)</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Coordenadas Geográficas Datum WGS84</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Inicio: 15 P 761870,5 m E 1620542,3 m N</td> <td style="padding: 2px;">Inicio: LAT 14°38'44,44" N LONG 90°34'7,55" O</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Final: 15 P 762261,8 m E 1620099,7 m N</td> <td style="padding: 2px;">Inicio: LAT 14°38'29,91" N LONG 90°33'54,64" O</td> </tr> </table> <p><b>L6 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)</b> (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)</p> <p style="text-align: center;">4ª calle y 5ª Avenida, zona 1, Mixco, Guatemala</p> <p><b>L8 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo</b></p>   |  | Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84)   | Coordenadas Geográficas Datum WGS84 | Inicio: 15 P 761870,5 m E 1620542,3 m N | Inicio: LAT 14°38'44,44" N LONG 90°34'7,55" O  | Final: 15 P 762261,8 m E 1620099,7 m N   | Inicio: LAT 14°38'29,91" N LONG 90°33'54,64" O   |
| Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84)   | Coordenadas Geográficas Datum WGS84  |  |                                     |   |  |  |  |
| Inicio: 15 P 761870,5 m E 1620542,3 m N  | Inicio: LAT 14°38'44,44" N LONG 90°34'7,55" O  |  |                                     |   |  |  |  |
| Final: 15 P 762261,8 m E 1620099,7 m N   | Inicio: LAT 14°38'29,91" N LONG 90°33'54,64" O   |  |                                     |   |  |  |  |
| <p><b>II. INFORMACIÓN GENERAL</b></p> <p>Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">II.1 Etapa de Construcción</th> <th style="width: 33%;">Operación</th> <th style="width: 33%;">Abandono</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades a realizar</b></li> <li>1. Trazo</li> <li>2. Zanjeo</li> <li>3. Colocación de tubería y accesorios</li> <li>4. Colocación y fundición de pozos</li> <li>5. Colocación de conexiones domiciliarias</li> <li>6. Relleno lateral, inicial y final en tubería</li> <li>7. Compactación</li> <li>8. Reposición de asfalto</li> <li>9. Construcción de tanque elevado</li> <li>10. Instalación de bombas para pozo</li> <li>• <b>Insumos necesarios</b></li> <li>1. Agua potable</li> <li>2. Energía eléctrica</li> <li>3. Combustible</li> <li>4. Aceltes</li> <li>• <b>Maquinaria</b></li> <li>1. Retroexcavadora</li> <li>2. Compactadora</li> <li>3. Cortadora de asfalto</li> </ul> </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades o procesos</b></li> <li>1. Limpieza de pozos</li> <li>2. Mantenimiento de tubería y pozos</li> <li>3. Mantenimiento de bombas sumergibles</li> <li>4. Mantenimiento de tanque elevado</li> <li>• <b>Materia prima e insumos</b></li> <li>1. Agua potable</li> <li>2. Energía eléctrica</li> <li>• <b>Productos y Subproductos (bienes y servicios)</b></li> <li>1. Bomba de agua potable</li> <li>2. Tanque elevado</li> <li>• <b>Horario de Trabajo</b></li> <li>8 horas</li> </ul> </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Acciones a tomar en caso de sierre</b></li> <li>1. Entrega de planos hidráulicos a la colonia.</li> <li>2. Reunión con autoridades municipales.</li> <li>3. Diseño de un nuevo sistema de abastecimiento.</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table> |  | II.1 Etapa de Construcción   | Operación                           | Abandono                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades a realizar</b></li> <li>1. Trazo</li> <li>2. Zanjeo</li> <li>3. Colocación de tubería y accesorios</li> <li>4. Colocación y fundición de pozos</li> <li>5. Colocación de conexiones domiciliarias</li> <li>6. Relleno lateral, inicial y final en tubería</li> <li>7. Compactación</li> <li>8. Reposición de asfalto</li> <li>9. Construcción de tanque elevado</li> <li>10. Instalación de bombas para pozo</li> <li>• <b>Insumos necesarios</b></li> <li>1. Agua potable</li> <li>2. Energía eléctrica</li> <li>3. Combustible</li> <li>4. Aceltes</li> <li>• <b>Maquinaria</b></li> <li>1. Retroexcavadora</li> <li>2. Compactadora</li> <li>3. Cortadora de asfalto</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades o procesos</b></li> <li>1. Limpieza de pozos</li> <li>2. Mantenimiento de tubería y pozos</li> <li>3. Mantenimiento de bombas sumergibles</li> <li>4. Mantenimiento de tanque elevado</li> <li>• <b>Materia prima e insumos</b></li> <li>1. Agua potable</li> <li>2. Energía eléctrica</li> <li>• <b>Productos y Subproductos (bienes y servicios)</b></li> <li>1. Bomba de agua potable</li> <li>2. Tanque elevado</li> <li>• <b>Horario de Trabajo</b></li> <li>8 horas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Acciones a tomar en caso de sierre</b></li> <li>1. Entrega de planos hidráulicos a la colonia.</li> <li>2. Reunión con autoridades municipales.</li> <li>3. Diseño de un nuevo sistema de abastecimiento.</li> </ul> |
| II.1 Etapa de Construcción   | Operación  | Abandono   |                                     |   |  |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades a realizar</b></li> <li>1. Trazo</li> <li>2. Zanjeo</li> <li>3. Colocación de tubería y accesorios</li> <li>4. Colocación y fundición de pozos</li> <li>5. Colocación de conexiones domiciliarias</li> <li>6. Relleno lateral, inicial y final en tubería</li> <li>7. Compactación</li> <li>8. Reposición de asfalto</li> <li>9. Construcción de tanque elevado</li> <li>10. Instalación de bombas para pozo</li> <li>• <b>Insumos necesarios</b></li> <li>1. Agua potable</li> <li>2. Energía eléctrica</li> <li>3. Combustible</li> <li>4. Aceltes</li> <li>• <b>Maquinaria</b></li> <li>1. Retroexcavadora</li> <li>2. Compactadora</li> <li>3. Cortadora de asfalto</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades o procesos</b></li> <li>1. Limpieza de pozos</li> <li>2. Mantenimiento de tubería y pozos</li> <li>3. Mantenimiento de bombas sumergibles</li> <li>4. Mantenimiento de tanque elevado</li> <li>• <b>Materia prima e insumos</b></li> <li>1. Agua potable</li> <li>2. Energía eléctrica</li> <li>• <b>Productos y Subproductos (bienes y servicios)</b></li> <li>1. Bomba de agua potable</li> <li>2. Tanque elevado</li> <li>• <b>Horario de Trabajo</b></li> <li>8 horas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Acciones a tomar en caso de sierre</b></li> <li>1. Entrega de planos hidráulicos a la colonia.</li> <li>2. Reunión con autoridades municipales.</li> <li>3. Diseño de un nuevo sistema de abastecimiento.</li> </ul> |                                     |   |  |  |  |

7 Avenida 03-67, zona 13 - Ciudad Guatemala - PBX: (502) 2423-0500

@marngt

marnstambiente

[www.marn.gob.gt](http://www.marn.gob.gt)

Continuación del apéndice 4.

|  |                |                    |
|--|----------------|--------------------|
|  | <b>FORMATO</b> | <b>DVGA-GA-002</b> |
|--|----------------|--------------------|



**GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE  
GUATEMALA**  
MINISTERIO DE AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>II.3 Área</b> | <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: 192 695,77</p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 159 713,77</p> <p>c) Área total de construcción en metros cuadrados: 32 933,66</p> |
|------------------|--|

| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL MARN           |                       |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
|--|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|----------|------------|-------|-----------|-----------|-------|----------|
| <b>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</b>   |                                     |                       |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 25%;">NORTE</td> <td style="width: 25%;">Área verde</td> <td style="width: 25%;">SUR</td> <td style="width: 25%;">Viviendas</td> </tr> <tr> <td>ESTE</td> <td>Viviendas</td> <td>OESTE</td> <td>Boulevard</td> </tr> </table>  | NORTE                               | Área verde            | SUR                                 | Viviendas             | ESTE      | Viviendas | OESTE    | Boulevard  |       |           |           |       |          |
| NORTE  | Área verde                          | SUR                   | Viviendas                           |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| ESTE   | Viviendas                           | OESTE                 | Boulevard                           |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| <p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):</p>   |                                     |                       |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 35%;">DESCRIPCIÓN</th> <th style="width: 35%;">DIRECCIÓN (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)</th> <th style="width: 30%;">DISTANCIA AL PROYECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Viviendas</td> <td style="text-align: center;">Sur, Este</td> <td style="text-align: center;">7 metros</td> </tr> <tr> <td>Área verde</td> <td style="text-align: center;">Norte</td> <td style="text-align: center;">22 metros</td> </tr> <tr> <td>Boulevard</td> <td style="text-align: center;">Oeste</td> <td style="text-align: center;">7 metros</td> </tr> </tbody> </table> |                                     | DESCRIPCIÓN           | DIRECCIÓN (NORTE, SUR, ESTE, OESTE) | DISTANCIA AL PROYECTO | Viviendas | Sur, Este | 7 metros | Área verde | Norte | 22 metros | Boulevard | Oeste | 7 metros |
| DESCRIPCIÓN  | DIRECCIÓN (NORTE, SUR, ESTE, OESTE) | DISTANCIA AL PROYECTO |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| Viviendas  | Sur, Este                           | 7 metros              |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| Área verde   | Norte                               | 22 metros             |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| Boulevard  | Oeste                               | 7 metros              |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| <b>II.5 Dirección del viento:</b>  |                                     |                       |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| Noreste  |                                     |                       |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| <b>II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</b>  |                                     |                       |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| <p>a) inundación ( )                      b) explosión ( )                      c) deslizamientos ( )</p> <p>d) derrame de combustible ( )                      e) fuga de combustible ( )                      d) incendio ( )                      e) Otro ( )</p>   |                                     |                       |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| <p>Detalle la información La colonia cuenta con una topografía regular por lo que no se corre ningún riesgo.</p>   |                                     |                       |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| <b>II.7 Datos laborales</b>  |                                     |                       |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| <p>a) Jornada de trabajo: Diurna ( x )    Nocturna ( )    Mixta ( )                      Horas Extras _____</p> <p>b) Número de empleados por jornada    20-30                      Total empleados                      20</p>  |                                     |                       |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| <b>II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...</b>   |                                     |                       |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |
| SI   |                                     |                       |                                     |                       |           |           |          |            |       |           |           |       |          |

7 Avenida 03-67, zona 13 - Ciudad Guatemala - PBX: (502) 2423-0500

@marngt
 /marnstambiente

[www.marn.gob.gt](http://www.marn.gob.gt)

Continuación del apéndice 4.

|  |         |             |
|--|---------|-------------|
|  | FORMATO | DVGA-GA-002 |
|--|---------|-------------|



**GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE  
GUATEMALA**  
MINISTERIO DE AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

| INSTRUCCIONES  |                  |       |                                  | PARA USO INTERNO DEL MARN |            |                                     |                            |
|--|------------------|-------|----------------------------------|---------------------------|------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <b>CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...</b>   |                  |       |                                  |                           |            |                                     |                            |
|  | Tipo             | Si/No | Cantidad/<br>(mes día<br>y hora) | Proveedor                 | Uso        | Especificaciones u<br>observaciones | Forma de<br>almacenamiento |
| <b>Agua</b>  | Servicio público | Si    | 100<br>lt/hora                   | Municipalidad             | Riego      |                                     | Pipas                      |
|  | Pozo             | No    |                                  |                           |            |                                     |                            |
|  | Agua embotallada | Si    | 50 lt/<br>hora                   | Privado                   | Beber      |                                     | Botellas                   |
|  | Superficial      | No    |                                  |                           |            |                                     |                            |
| <b>Combustible</b>   | Otro             |       |                                  |                           |            |                                     |                            |
|  | Gasolina         | Si    | 50<br>gal/día                    | Gasolinera                | Maquinaria |                                     | Recipientes                |
|  | Diesel           | Si    | 80<br>gal/día                    | Gasolinera                | Maquinaria |                                     | Recipientes                |
|  | Banker           | No    |                                  |                           |            |                                     |                            |
|  | Glp              | No    |                                  |                           |            |                                     |                            |
|  | Otro             | No    |                                  |                           |            |                                     |                            |
| <b>Lubricantes</b>   | Solubles         | Si    | 5 botes                          | Privado                   | Tubería    |                                     | Caja                       |
|  | No solubles      |       |                                  |                           |            |                                     |                            |
| <b>Refrigerantes</b>   |                  | Si    | 18 Gal                           | Privado                   | Maquinaria |                                     | Galones                    |
| <b>Otros</b>   |                  |       |                                  |                           |            |                                     |                            |
| <p><small>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</small></p>   |                  |       |                                  |                           |            |                                     |                            |
| <b>III. IMPACTO AL AIRE</b>  |                  |       |                                  |                           |            |                                     |                            |
| <b>GASES Y PARTICULAS</b>  |                  |       |                                  |                           |            |                                     |                            |
| <p>III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?</p> <p style="text-align: center;">Si, generados por el movimiento de suelo al momento de la excavación Por otra parte, humo debido a la maquinaria.</p> |                  |       |                                  |                           |            |                                     |                            |
| <p><b>MITIGACION</b></p> <p>III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p> <p style="text-align: center;">Constante riego al suelo para evitar particular de polvo en el aire.</p>   |                  |       |                                  |                           |            |                                     |                            |

7 Avenida 03-67, zona 13 - Ciudad Guatemala - PBX: (502) 2424-0500

 @marngt

 /marnetambiente

www.marn.gob.gt

Continuación del apéndice 4.

FORMATO DVGA-GA-002



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL MARN |
|--|---------------------------|
| <b>RUIDO Y VIBRACIONES</b>   |                           |
| III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?<br><p style="text-align: center;">Si</p>  |                           |
| III.4 En donde se genere el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)<br><p style="text-align: center;">Maquinaria, vehículos, equipo</p>   |                           |
| III.6 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?<br>Se generarán ruidos no mayores a 70Db, por lo que es recomendado utilizar protección para los oídos de trabajadores con sentido del oído muy fino.   |                           |
| <b>OLORES</b>  |                           |
| III.8 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:<br><p style="text-align: center;">No</p>   |                           |
| III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?<br><p style="text-align: center;">No aplica</p>  |                           |
| <b>IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA</b>  |                           |
| <b>AGUAS RESIDUALES</b>  |                           |
| <b>CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES</b>   |                           |
| IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, ¿qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?<br>a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)<br>b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)<br>c) <u>Mezcla</u> de las anteriores<br>d) Otro; |                           |
| Cualquiera que fuere el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado:<br><p style="text-align: center;">No aplica, se instalarán inodoros portátiles, serán limpiados 4 veces por semana durante la ejecución del proyecto.</p>  |                           |
| IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios<br><p style="text-align: center;">3 inodoros portátiles</p>   |                           |
| INSTRUCCIONES  | PARA USO INTERNO DEL MARN |
| <b>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>   |                           |
| IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)<br>a) sistema de tratamiento<br>b) Capacidad<br>c) Operación y mantenimiento<br>d) Caudal a tratar<br>e) Etc.  |                           |

7 Avenida 03-67, zona 13 - Ciudad Guatemala - PBX: (502) 2423-0500

@marngt

marnambiente

www.marn.gob.gt

Continuación del apéndice 4.

|   |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
|---|--|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|--|--------------------------|---|
|   | <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">FORMATO</td> <td style="padding: 2px;">DVGA-GA-002</td> </tr> </table> | FORMATO                  | DVGA-GA-002                                   |                          |   |                          |  |                          |   |
| FORMATO   | DVGA-GA-002  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| <br><b>GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA</b><br>MINISTERIO DE AMBIENTE<br>RECURSOS NATURALES   | <b>DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES</b><br><b>VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-</b>                           |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| <b>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</b>   |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior.<br><p style="text-align: center;">Colector municipal</p>   |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| <b>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</b>   |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| IV. 5 Explique la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (ranuras, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)<br><p style="text-align: center;">Alcantarillado</p>  |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| <b>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edificio y sitio)</b>   |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| <b>DESECHOS SÓLIDOS</b>   |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| <b>VOLUMEN DE DESECHOS</b>  |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:<br><table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px;"><input type="checkbox"/></td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">a) Similar al de una residencia 11 libras/día</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">b) Generación entre 11 a 222 libras/día</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">d) Generación mayor a 1000 libras por día</td> </tr> </table> |  | <input type="checkbox"/> | a) Similar al de una residencia 11 libras/día | <input type="checkbox"/> | b) Generación entre 11 a 222 libras/día | <input type="checkbox"/> | c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día | <input type="checkbox"/> | d) Generación mayor a 1000 libras por día |
| <input type="checkbox"/>  | a) Similar al de una residencia 11 libras/día  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| <input type="checkbox"/>  | b) Generación entre 11 a 222 libras/día  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| <input type="checkbox"/>  | c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día   |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| <input type="checkbox"/>  | d) Generación mayor a 1000 libras por día  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):<br><p style="text-align: center;">Papel, plástico, orgánicos.</p>  |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| V.3 Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?<br><p style="text-align: center;">No aplica.</p>  |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explique el método y/o equipo utilizado<br><p style="text-align: center;">No aplica.</p>   |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado<br><p style="text-align: center;">Servicio recolector de basura municipal</p>  |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?<br><p style="text-align: center;">No</p>   |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)<br><p style="text-align: center;">Basurero Municipal</p>   |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| <b>INSTRUCCIONES</b>  |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| <b>PARA USO INTERNO DEL MARN</b>  |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| <b>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA</b>   |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| <b>CONSUMO</b>  |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kWhr o kW/mes)  | 247 Kw/h   |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| VI.2 Forma de suministro de energía<br>a) Sistema público<br>b) Sistema privado EESSA<br>c) generación propia   |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
| 7 Avenida 03-67, zona 13 - Ciudad Guatemala - PBX: (502) 2423-0500  |  |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |
|  @marngt<br> marnstambiente   | <a href="http://www.marn.gob.gt">www.marn.gob.gt</a>   |                          |   |                          |   |                          |  |                          |   |

Continuación del apéndice 4.

|   |  |  |                    |
|---|--|--|--------------------|
|   |  | <b>FORMATO</b>   | <b>DVGA-GA-002</b> |
|  <p style="text-align: center;"><b>GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE<br/>GUATEMALA</b></p> <p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE<br/>Y RECURSOS NATURALES</p>  |  | <b>DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES</b><br><b>VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-</b> |                    |
| <p><b>VI.8</b> Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?</p> <p style="text-align: center;">No aplica</p>  |  |  |                    |
| <p><b>VI.4</b> Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?</p> <p style="text-align: center;">Utilizar energía eléctrica solamente en horarios de trabajo</p>   |  |  |                    |
| <b>VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)</b>  |  |  |                    |
| <p><b>VII.1</b> En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bosques _____</li> <li>- Animales _____</li> <li>- Otros _____</li> </ul> <p style="text-align: center;">No aplica</p> <p>Especificar información _____</p>  |  |  |                    |
| <p><b>VII.2</b> La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?</p> <p style="text-align: center;">No</p>  |  |  |                    |
| <p><b>VII.3</b> Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? <b>SI ( ) NO (x)</b> Por qué?</p> <p style="text-align: center;">Las actividades se realizan en área de paso vehicular.</p>  |  |  |                    |
| <b>VIII. TRANSPORTE</b>   |  |  |                    |
| <p><b>VIII.1</b> En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Número de vehículos 4 vehículos</li> <li>b) Tipo de vehículo Pickup</li> <li>c) sitio para estacionamiento y área que ocupa: Colonia</li> <li>d) Horario de circulación vehicular</li> <li>e) Vías alternas</li> </ul>  |  |  |                    |
| <b>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS</b>   |  |  |                    |
| <b>ASPECTOS CULTURALES</b>  |  |  |                    |
| <p><b>IX.1</b> En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? <b>No</b></p>  |  |  |                    |
| <b>INSTRUCCIONES</b>  |  | <b>PARA USO INTERNO DEL MARN</b>   |                    |
| <b>RECURSOS ARQUEOLÓGICOS Y CULTURALES</b>  |  |  |                    |
| <p><b>IX.2</b> Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, indicar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) <input type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____</li> <li>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____</li> <li>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____</li> </ul> |  |  |                    |
| <b>ASPECTOS SOCIAL</b>  |  |  |                    |
| <p><b>IX.3</b> En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? <b>SI ( ) NO (X)</b></p>   |  |  |                    |
| <p><b>IX.4</b> Qué tipo de molestias?</p> <p style="text-align: center;">No aplica</p>  |  |  |                    |
| <p><b>IX.5</b> Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario? <b>No aplica</b></p>  |  |  |                    |
| <b>PAISAJE</b>  |  |  |                    |
| <p><b>IX.6</b> Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? <b>Explicar por qué?</b></p> <p style="text-align: center;">SI, solamente en la fase de construcción.</p>  |  |  |                    |
| 7 Avenida 03-67, zona 13 - Ciudad Guatemala - PBX: (502) 2423-0500  |  |  |                    |
|  @marngt   |  |  marnotambiente                   |                    |
|   |  | www.marn.gob.gt  |                    |

Continuación del apéndice 4.

|  |  |  |
|--|--|--|
| <br>GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE<br><b>GUATEMALA</b><br>MINISTERIO DE AMBIENTE<br>Y RECURSOS NATURALES   | <b>DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES</b><br><b>VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-</b> | <b>FORMATO</b> <b>DVGA-GA-002</b>                    |
| <b>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</b>  |  |  |
| <b>X.1 Efectos en la salud humana de la población oirsumveoia:</b>   |  |  |
| a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio   |  |  |
| b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores   |  |  |
| c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores  |  |  |
| Identificar que o cuales seían las actividades riesgosas: <span style="float: right;">No aplica</span>   |  |  |
| <b>X.3 riesgos ocupacionales:</b>  |  |  |
| <input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores   |  |  |
| <input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores  |  |  |
| <input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores   |  |  |
| <input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores  |  |  |
| Ampliar información: Las actividades no presentan riesgos para los trabajadores debido a que estas son realizadas con estricta supervisión.  |  |  |
| <b>Equipo de proteoión personal</b>  |  |  |
| X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores?    SI ( X )    NO ( )   |  |  |
| X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:   |  |  |
| Botas punta de acero, chalecos reflectivo, casco y lentes protectores.   |  |  |
| X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?   |  |  |
| Se le proveerá a los trabajadores información sobre seguridad industrial a cargo de personal conveniente en el área.<br>A los vecinos de la colonia se les dará a conocer los tiempos en los cuales no deben estar expuestos a las actividades que presenten problemas a la salud. |  |  |
| 7 Avenida 03-67, zona 13 - Ciudad Guatemala - PBX: (502) 2423-0500   |  |  |
|  @marngt  |  marnstambiente                   | <a href="http://www.marn.gob.gt">www.marn.gob.gt</a> |

Fuente: elaboración propia con base en formulario DVGA-GA-R-002 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

## ANEXOS

### Anexo 1. Datos generales de pozos de Valle del Sol, Mixco

 **Muni Mixco**  
*Trabajando por nuestra Ciudad!*

**04-01-VSOL**

### DATOS GENERALES DEL POZO

Se inició el mantenimiento correctivo al POZO 1 ubicado en 3a calle "A" 14-60, colonia Valle del Sol, zona 4 de Mixco, el día 10 de abril, finalizando el día 14 de abril de 2018.

|                   |   |
|-------------------|---|
| Pozo No.          | 1 Valle del Sol   |
| Dirección:        | 3ra. Calle "A" 14-60, Colonia Valle del Sol, Zona 4 de Mixco,   |
| Profundidad:      | 705 pies  |
| Setting:          | 680 pies  |
| Encamisado:       | 8"  |
| Columna:          | 4"  |
| Tubos:            | 34 tubos de 4" x 20 pies  |
| Cable sumergible: | 3 X 1/0   |
| Piezómetro:       | 3/4"  |
| Línea de aire:    | No  |
| Motor:            | 15 HP, marca Franklin Electric, 230 V, 3Ph, S/N: 17H19-0200267A, 60 Hz, 11 Kw, S.F. 1.15, 3450 RPM, Modelo: 2366038120, No. de Motor: 336555936 |
| Bomba:            | 10 HP, marca APEC PUMP, Type 4", Modelo: ST5529 (m4), 55 GPM, 3450 RPM, S/N: T2200010S16-0642, MFD: 04/17, 29 Etapas                            |
| Nivel estático:   | 374 pies  |
| Nivel dinámico:   | 532 pies  |
| Aforo:            | 37 GPM  |

**ADMINISTRACIÓN 2016-2020**

L. Colindres

Continuación del anexo 1.

 **Muni Mixco**  
Proveyendo por nuestra Ciudad

**04-02-VSOL**

**DATOS GENERALES DEL POZO**

Se inició el mantenimiento correctivo al POZO 2 ubicado en, Sta. Calle 15-25, Colonia Valle del Sol, Zona 4 de Mixco, el día 07 de Diciembre, finalizando el día 09 de Diciembre de 2017.

|                   |  |
|-------------------|--|
| Pozo No.          | 2 Valle del Sol  |
| Dirección:        | Sta. Calle 15-25, Colonia Valle del Sol, Zona 4 de Mixco   |
| Profundidad:      | 1,260 pies   |
| Setting:          | 800 pies   |
| Encamisado:       | 10"  |
| Columna:          | 5"   |
| Tubos:            | 40 tubos de 5" x 20 pies   |
| Cable sumergible: | 3 X 2  |
| Piezómetro:       | 1"   |
| Línea de aire:    | 1/4"   |
| Motor:            | 60 HP, Marca STS, Modelo VSM7 60DOL, S.F. 1.15, 45 KW. 74.7 Amp. 3470 RPM. Motor 45160305181               |
| Bomba:            | 60 HP, Marca ABS, Modelo SS300-6006-17, 45 KW. Serie P2200003167-0303, 3450 RPM, 60 Hz, 17 Etapas, 300 GPM |
| Nivel estático:   | 500 pies   |
| Nivel dinámico:   | 569 pies   |
| Aforo:            | 378 GPM  |

**ADMINISTRACIÓN 2016-2020** L. Colindres

Fuente: Valle del Sol, Mixco.

## Anexo 2. Informe de análisis de calidad de agua de pozos Valle del Sol, Mixco



**INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-**  
**LABORATORIO DE AGUA**  
 11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala  
 Teléfono/fax: 2498-9191  
 laboratorioinform@gmail.com



### INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA MUESTRA No. 2339-19

#### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA <sup>(1)</sup>

|                           |  |                                |               |
|---------------------------|--|--------------------------------|---------------|
| Interesado:               | MUNICIPALIDAD DE MIXCO                             |                                |               |
| Punto de muestreo:        | Grifo Pozo 1 Valle del Sol                         | Temperatura in situ (°C):      | —             |
| Fuente:                   | Pozo 1, Valle del Sol                              | pH in situ (unidades):         | 7.6           |
| Municipio:                | Mixco  | Cloro Residual in situ (mg/l): | 1.0           |
| Departamento:             | Guatemala  | Técnica de preservación:       | REFRIGERACIÓN |
| Fecha de captación:       | 12-sep-2019  | Fecha de recepción:            | 12-sep-2019   |
| Hora de captación:        | 09:40  | Hora de recepción:             | 11:30         |
| Responsable de captación: | Andi de León (Personal Ajeno al Laboratorio INFOM) |                                |               |

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

#### RESULTADOS<sup>(2)</sup>

| ITEM | PARÁMETRO       | UNIDADES                           | LMA                | LMP                | RESULTADO |
|------|-----------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| 1    | Cloro Residual  | mg/l Cl <sub>2</sub>               | 0.5                | 1.0                | 0.2       |
| 2    | Color           | Unidades Pt-Co                     | 5.0                | 35.0               | <1.0      |
| 3    | Hierro total    | mg/l Fe                            | 0.3                | 2.0 <sup>(3)</sup> | <0.05     |
| 4    | Manganeso total | mg/l Mn                            | 0.1                | 0.4                | <0.05     |
| 5    | Nitrato         | mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | Nsc <sup>(4)</sup> | 50                 | <4.0      |
| 6    | Nitró           | mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | Nsc <sup>(4)</sup> | 3.0                | <0.01     |
| 7    | Sulfato         | mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 100.000            | 250.000            | <5        |
| 8    | Turbiedad       | UNT                                | 5.0                | 15.0               | 0.8       |
| 9    | Cloruro         | mg/l Cl <sup>-</sup>               | 100.000            | 250.000            | <10       |
| 10   | Dureza total    | mg/l CaCO <sub>3</sub>             | 100.000            | 500.000            | 80        |
| 11   | Calcio          | mg/l Ca                            | 75.000             | 150.000            | 29        |
| 12   | Magnesio        | mg/l Mg                            | 50.000             | 100.000            | <2        |
| 13   | Conductividad   | mS/cm                              | 750                | 1500               | 330       |
| 14   | pH              | Unidades pH                        | 7.0 - 7.5          | 6.5 - 8.5          | 7.1       |

(1) El alcance de los resultados se limita exclusivamente a la muestra recibida en el Laboratorio.

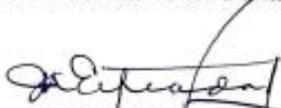
(2) LMA= Límite máximo aceptable (3) LMP= Límite máximo permisible (4) Nsc= no se contempla en la norma (5) Según Acuerdo Ministerial 523-2013

#### CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, la muestra de agua CUMPLE con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la Norma COGUANOR NTG 29001.

#### OBSERVACIONES

Los límites máximos aceptables y permisibles corresponden a la Norma Técnica Guatemalteca (Agua para consumo Humano. Especificaciones) COGUANOR NTG 29001 (Acuerdo Gubernativo 83-2013) publicada en el Diario de Centro América el 2 de abril de 2013. Los parámetros fisicoquímicos analizados corresponden a los establecidos en el numeral 4.8 Programa de Análisis Mínimo de dicha norma. El límite para Hierro Total corresponde al Acuerdo Ministerial 523-2013.

  
**Jorge Mario Estrada Asturias**  
 Ingeniero Químico, Colegiado 685  
 Director de Laboratorio de Agua



Continuación del anexo 2.



**INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-**  
**LABORATORIO DE AGUA**  
 11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala  
 Teléfono/fax: 2498-9191  
 laboratorioinfom@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA**  
**MUESTRA No. 2340-19**

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA <sup>(1)</sup>**

|                           |   |                                |               |
|---------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| Interesado:               | MUNICIPALIDAD DE MIXCO                              |                                |               |
| Punto de muestreo:        | Grifo del Pozo 1 Valle Del Sol                      | Temperatura in situ (° C):     | 0             |
| Fuente:                   | Pozo 1 Valle del Sol                                | pH in situ (unidades):         | 7.6           |
| Municipio:                | Mixco   | Cloro residual in situ (mg/L): | 1.0           |
| Departamento:             | Guatemala   | Técnica de preservación:       | Refrigeración |
| Fecha de captación:       | 12-Sep-2019   | Fecha de recepción:            | 12-Sep-2019   |
| Hora de captación:        | 09:40   | Hora de recepción:             | 11:30         |
| Responsable de captación: | André De León (Personal ajeno al Laboratorio INFOM) |                                |               |

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

**RESULTADOS**

| ITEM | PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO | LMP <sup>(2)</sup>              | RESULTADO    | UNIDADES                  |
|------|--------------------------|---------------------------------|--------------|---------------------------|
| 1    | Grupo Coliforme Total    | No Detectable en 100 mL de agua | No Detectado | NMP/100 mL <sup>(3)</sup> |
| 2    | <i>Escherichia coli</i>  | No Detectable en 100 mL de agua | No Detectado | NMP/100 mL <sup>(3)</sup> |

(2) Límite máximo permisible  
 (3) Número más probable en 100 mL de muestra

**CONCLUSION**

- De acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra de agua **CUMPLE** con las características microbiológicas según los **Límites Máximos Permisibles** establecidos en la Norma COGUANOR NTG 29001. "Agua para consumo humano. Especificaciones".

**OBSERVACIONES**

- Los límites máximos permisibles de las características microbiológicas corresponden a los establecidos en la Norma Técnica Guatemalteca (Agua para consumo humano. Especificaciones) COGUANOR NTG 29001 (Acuerdo Gubernativo 83-2013) publicada en el Diario de Centro América el 2 de abril de 2013, numeral 6.1. Los parámetros microbiológicos analizados corresponden a los establecidos en el numeral 4.8 Programa de Análisis Mínimo de dicha norma.
- El examen del grupo Coliforme Total y *Escherichia coli* se realizó a través de la Prueba de Sustrato Enzimático en tubos múltiples, según lo establece la Norma Guatemalteca COGUANOR NGO 29018 h21, en el numeral 7.1. (aprobada por Acuerdo Gubernativo 510-2005, publicado en el Diario de Centroamérica el 19 de octubre de 2005). El límite de detección para esta prueba utilizando cinco porciones de 10 mL, cinco porciones de 1.0 mL y cinco porciones de 0.1 mL es NMP/100 mL <2.

**William Estrada Vargas**  
 Químico Biólogo, Colegiado 2241  
 Supervisor Microbiológico

**Jorge Mario Estrada Asturias**  
 Ingeniero Químico, Colegiado 685  
 Director del Laboratorio

Fuente: Municipalidad de Mixco

Anexo 3. **Capacidad soporte del suelo de cimentación según NBE-AE 88**

| TABLA 1<br>PRESIONES ADMISIBLES EN EL TERRENO DE CIMENTACION |   |     |     |     |     |
|--|---|-----|-----|-----|-----|
| Naturaleza del terreno                                       | Presión admisible en kg/cm <sup>2</sup> , para profundidad de cimentación en metros de: |     |     |     |     |
|  | 0   | 0,5 | 1   | 2   | >3  |
| 1. <i>Rocas (1)</i>  |   |     |     |     |     |
| No estratificadas  | 30  | 40  | 50  | 60  | 60  |
| Estratificadas   | 10  | 12  | 16  | 20  | 20  |
| 2. <i>Terrenos sin cohesión (2)</i>                          |   |     |     |     |     |
| Graveras   | -   | 4   | 5   | 6,3 | 8   |
| Arenosos gruesos   | -   | 2,5 | 3,2 | 4   | 5   |
| Arenosos finos   | -   | 1,6 | 2   | 2,5 | 3,2 |
| 3. <i>Terrenos coherentes</i>                                |   |     |     |     |     |
| Arcillosos duros   | -   | -   | 4   | 4   | 4   |
| Arcillosos semiduros   | -   | -   | 2   | 2   | 2   |
| Arcillosos blandos   | -   | -   | 1   | 1   | 1   |
| Arcillosos fluidos   | -   | -   | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

Fuente: NBE-AE 88. Norma Básica de la Edificación: Acciones en la Edificación, tabla 1.

En terrenos con características limo arenosas (arenosos-finos), la capacidad soporte del suelo varía según la profundidad entre 1,6 y 3,2 kilogramos sobre centímetros cuadrados.

$$V_{s_{\min}} = 1,6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * \frac{(100)^2 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} * \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 16 \text{ ton/ m}^2$$

$$V_{s_{\max}} = 3,2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * \frac{(100)^2 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} * \frac{1 \text{ Ton}}{1000 \text{ kg}} = 32 \text{ ton/ m}^2$$

$$V_{s_{\text{prom}}} = \frac{16 + 32}{2} = 24 \text{ ton/ m}^2$$

Por criterios de seguridad se reduce el  $V_{s_{\text{prom}}}$  en un 35 %:

$$V_{s_{\text{diseño}}} = 0,65 * V_{s_{\text{prom}}} = 0,65 * \left(24 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}\right) = 16 \text{ ton/ m}^2$$

