



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
POR BOMBEO Y DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA
LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA**

Alejandro José Argueta Cardona
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, mayo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
POR BOMBEO Y DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA
LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALEJANDRO JOSÉ ARGUETA CARDONA
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|-------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| VOCAL I | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| VOCAL II | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL III | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV | Br. Walter Rafael Véliz Muñoz |
| VOCAL V | Br. Sergio Alejandro Donis Soto |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

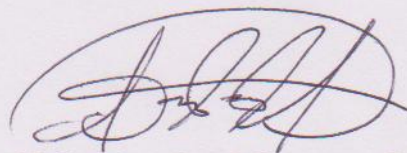
| | |
|------------|------------------------------------|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco |
| EXAMINADOR | Ing. Juan Merck Cos |
| EXAMINADOR | Ing. Silvio José Rodríguez Serrano |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

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:

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO Y DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 21 de agosto de 2013.



Alejandro José Argueta Cardona



Guatemala, 29 de abril de 2014
Ref.EPS.DOC.593.04.14

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Alejandro José Argueta Cardona** con carné No. **200914940**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO Y DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA.**

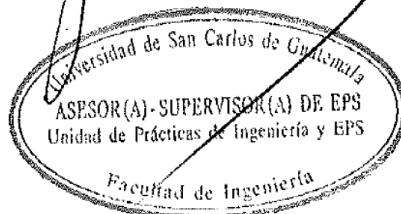
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
JMC/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
 5 de mayo de 2014

Ingeniero
 Hugo Leonel Montenegro Franco
 Director Escuela Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos

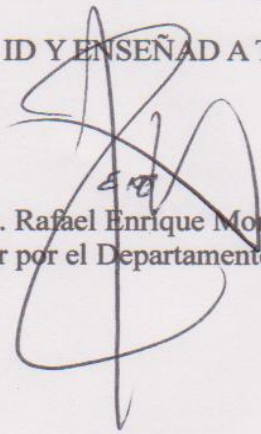
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO Y DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Alejandro José Argueta Cardona, con Carnet No. 200914940, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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 por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO
 DE
 HIDRAULICA
 USAC

Más de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, Ref.EPS.D.266.05.14
15 de mayo de 2014

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO Y DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Alejandro José Argueta Cardona**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



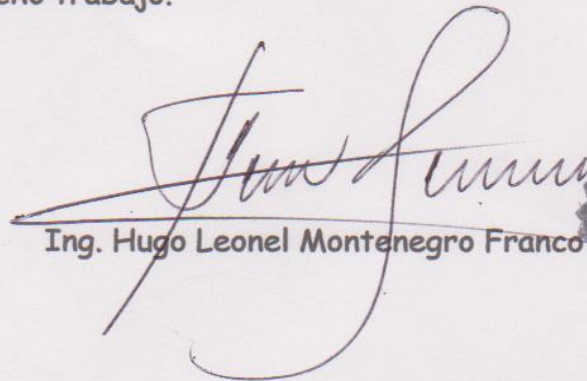
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Alejandro José Argueta Cardona, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO Y DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, mayo 2014

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.248-2014

El Decano 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: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO Y DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA**, presentado por el estudiante universitario: **Alejandro José Argueta Cardona** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, mayo de 2014



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|-------------------------------|--|
| Dios | Por bendecirme y guiarme por el camino correcto para alcanzar esta meta. |
| Mis padres | Daniel Amilcar Argueta Salazar y Leticia Cardona de Argueta, con mucho amor. |
| Mi hermano | Luis Fernando Argueta Cardona, por su apoyo, amistad y cariño a lo largo de mi vida. |
| Mi sobrino | José Andrés Argueta López, por llenarme de sonrisas en momentos buenos y malos de la vida. |
| Mi familia en general | Por estar pendientes, darme consejos y ayudarme a lo largo de mis estudios universitarios. |
| Facultad de Ingeniería | Por brindarme los conocimientos necesarios para lograr este sueño. |

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|--|
| Dios | Por permitirme cumplir este sueño. |
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser parte fundamental de mi formación profesional. |
| Facultad de Ingeniería | Por brindarme los conocimientos durante mis estudios universitarios. |
| Mis padres | Por su amor, apoyo y consejos. |
| Mi hermano | Por ser como un padre y estar a mi lado siempre. |
| Mi asesor | Ing. Juan Merck Cos, por su orientación a lo largo de mi trabajo de graduación. |
| Familia Argueta Folgar | Por su apoyo incondicional. |
| Mi familia y amigos en general | Por el amor y cariño demostrado a lo largo de mi vida. |
| Municipalidad de Ipala, Chiquimula. | Especialmente al Consejo y a la Dirección Municipal de Planificación, por permitirme realizar mí Ejercicio Profesional Supervisado, infinitamente gracias. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | VII |
| LISTA DE SÍMBOLOS | IX |
| GLOSARIO | XIII |
| RESUMEN..... | XVII |
| OBJETIVOS..... | XIX |
| INTRODUCCIÓN | XXI |
| | |
| 1. FASE DE INVESTIGACIÓN | 1 |
| 1.1. Monografía de la aldea El Amatillo | 1 |
| 1.1.1. Antecedentes..... | 1 |
| 1.1.2. Ubicación geográfica | 1 |
| 1.1.3. División política..... | 3 |
| 1.1.4. Hechos geográficos | 5 |
| 1.1.5. Aspectos climáticos | 5 |
| 1.1.6. Características de la población..... | 6 |
| 1.1.7. Educación..... | 7 |
| 1.1.8. Salud | 7 |
| 1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de los servicios básicos e infraestructura de la aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula..... | 7 |
| 1.2.1. Descripción de las necesidades | 7 |
| 1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades..... | 8 |

| | | |
|-------------|--|----|
| 2. | SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL | 9 |
| 2.1. | Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para la aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula. | 9 |
| 2.1.1. | Descripción del proyecto | 9 |
| 2.1.2. | Aforos, dotación y tipos de servicios | 10 |
| 2.1.3. | Calidad de agua y normas..... | 10 |
| 2.1.3.1. | Análisis bacteriológico..... | 11 |
| 2.1.3.2. | Análisis físicoquímico | 12 |
| 2.1.4. | Tasa de crecimiento poblacional | 12 |
| 2.1.5. | Período de diseño | 12 |
| 2.1.6. | Factores de consumo y caudales..... | 13 |
| 2.1.6.1. | Caudal medio diario | 15 |
| 2.1.6.2. | Caudal de día máximo | 16 |
| 2.1.6.3. | Caudal de bombeo | 16 |
| 2.1.6.4. | Caudal de hora máxima | 17 |
| 2.1.7. | Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería | 18 |
| 2.1.8. | Presiones y velocidades..... | 19 |
| 2.1.9. | Levantamiento topográfico | 20 |
| 2.1.10. | Diseño hidráulico..... | 21 |
| 2.1.10.1. | Captación | 22 |
| 2.1.10.2. | Línea de impulsión | 22 |
| 2.1.10.2.1. | Diámetro económico | 22 |
| 2.1.10.2.2. | Verificación del golpe de ariete | 29 |
| 2.1.10.2.3. | Pérdidas en la línea de impulsión | 31 |
| 2.1.10.2.4. | Potencia del equipo de bombeo | 33 |

| | | |
|-------------|---|----|
| 2.1.10.3. | Especificaciones del equipo de bombeo..... | 33 |
| 2.1.10.4. | Línea de distribución..... | 34 |
| 2.1.10.5. | Red de distribución | 34 |
| 2.1.10.5.1. | Circuito cerrado | 34 |
| 2.1.10.5.2. | Ramales abiertos..... | 34 |
| 2.1.10.6. | Tanque de distribución | 38 |
| 2.1.10.6.1. | Volumen del tanque..... | 39 |
| 2.1.10.6.2. | Diseño de la losa del tanque | 40 |
| 2.1.10.6.3. | Diseño del muro del tanque | 61 |
| 2.1.10.7. | Válvulas | 66 |
| 2.1.10.7.1. | Válvula de aire..... | 66 |
| 2.1.10.7.2. | Válvula de compuerta... | 67 |
| 2.1.10.7.3. | Válvula de limpieza..... | 67 |
| 2.1.11. | Sistema de desinfección | 67 |
| 2.1.12. | Programa de operación y mantenimiento | 68 |
| 2.1.13. | Propuesta de tarifa | 70 |
| 2.1.14. | Elaboración de planos | 74 |
| 2.1.15. | Elaboración del presupuesto | 75 |
| 2.1.16. | Evaluación socioeconómica..... | 76 |
| 2.1.16.1. | Valor Presente Neto (VPN)..... | 76 |
| 2.1.16.2. | Tasa Interna de Retorno (TIR)..... | 77 |
| 2.1.17. | Evaluación inicial de impacto ambiental | 78 |
| 2.2. | Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula | 80 |
| 2.2.1. | Descripción del proyecto | 80 |
| 2.2.2. | Levantamiento topográfico | 80 |

| | | |
|------------|--|----|
| 2.2.3. | Diseño del sistema | 81 |
| 2.2.3.1. | Descripción del sistema a utilizar | 81 |
| 2.2.3.2. | Período de diseño | 82 |
| 2.2.3.3. | Factor de retorno | 83 |
| 2.2.3.4. | Factor de Harmond | 83 |
| 2.2.3.5. | Caudal sanitario | 84 |
| 2.2.3.5.1. | Caudal domiciliar | 85 |
| 2.2.3.5.2. | Caudal industrial | 86 |
| 2.2.3.5.3. | Caudal comercial | 86 |
| 2.2.3.5.4. | Caudal por infiltración ... | 87 |
| 2.2.3.5.5. | Caudal por conexiones ilícitas | 88 |
| 2.2.3.5.6. | Factor de caudal medio | 89 |
| 2.2.3.5.7. | Caudal de diseño | 90 |
| 2.2.3.6. | Tipo de tubería a utilizar | 91 |
| 2.2.3.7. | Parámetros de diseño hidráulico | 92 |
| 2.2.3.7.1. | Coefficiente de rugosidad | 92 |
| 2.2.3.7.2. | Sección llena y parcialmente llena | 92 |
| 2.2.3.7.3. | Velocidades máximas y mínimas | 94 |
| 2.2.3.7.4. | Diámetro de la tubería ... | 94 |
| 2.2.3.7.5. | Profundidad de la tubería | 95 |
| 2.2.3.7.6. | Ancho de la zanja | 96 |
| 2.2.3.7.7. | Cotas Invert | 96 |
| 2.2.3.7.8. | Pozos de visita | 97 |

| | | | |
|-----------|-------------|---|-----|
| | 2.2.3.7.9. | Conexiones domiciliarias..... | 98 |
| 2.2.3.8. | | Fundamentos hidráulicos..... | 99 |
| | 2.2.3.8.1. | Relaciones de diámetro y caudal | 100 |
| | 2.2.3.8.2. | Relaciones hidráulicas | 101 |
| 2.2.3.9. | | Cálculo hidráulico | 101 |
| | 2.2.3.9.1. | Ejemplo de diseño de un tramo | 101 |
| 2.2.3.10. | | Propuesta de tratamiento | 110 |
| | 2.2.3.10.1. | Diseño de fosas sépticas | 111 |
| | 2.2.3.10.2. | Pozos de absorción | 115 |
| 2.2.3.11. | | Programa de operación y mantenimiento | 115 |
| 2.2.3.12. | | Elaboración de planos finales | 117 |
| 2.2.3.13. | | Presupuesto..... | 118 |
| 2.2.3.14. | | Análisis socioeconómico..... | 119 |
| | 2.2.3.14.1. | Valor Presente Neto (VPN)..... | 119 |
| | 2.2.3.14.2. | Tasa Interna de Retorno (TIR)..... | 121 |
| 2.2.3.15. | | Evaluación inicial de impacto ambiental | 122 |

CONCLUSIONES..... 125
RECOMENDACIONES 127
BIBLIOGRAFÍA..... 129
APÉNDICES..... 131

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Municipio de Ipala (11), Chiquimula | 2 |
| 2. | Aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula..... | 3 |
| 3. | Dimensionamiento de la losa del tanque..... | 41 |
| 4. | Viga intermedia del tanque..... | 42 |
| 5. | Diagrama de momentos en la losa del tanque | 45 |
| 6. | Armado de la losa del tanque..... | 52 |
| 7. | Esquema de áreas tributarias | 52 |
| 8. | Confinamiento en la viga intermedia | 59 |
| 9. | Diagrama de fuerzas que actúan sobre el muro | 61 |
| 10. | Sección parcialmente llena | 93 |
| 11. | Pozo de visita | 98 |
| 12. | Conexión domiciliar | 99 |

TABLAS

| | | |
|-------|---|----|
| I. | División política del municipio de Ipala, Chiquimula..... | 4 |
| II. | Descripción por edad y sexo de la población | 6 |
| III. | Momentos negativos y positivos en la losa | 45 |
| IV. | Espaciamientos para momentos y áreas de acero | 51 |
| V. | Peso del muro y momento resultante..... | 63 |
| VI. | Planos del sistema de abastecimiento de agua potable..... | 74 |
| VII. | Presupuesto del sistema de agua potable | 75 |
| VIII. | Cuadro de impacto, sistema de agua potable | 78 |

| | | |
|-------|---|-----|
| IX. | Tipos de tubería y sus características..... | 91 |
| X. | Diámetros mínimos de tubería..... | 95 |
| XI. | Ancho de la zanja para el proyecto..... | 96 |
| XII. | Relaciones hidráulicas..... | 106 |
| XIII. | Planos finales del sistema de alcantarillado sanitario..... | 117 |
| XIV. | Presupuesto del sistema de alcantarillado..... | 118 |
| XV. | Cuadro de impacto, sistema de alcantarillado sanitario..... | 122 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|-----------------|--------------------------------|
| H | Altura |
| A | Amortización |
| As max | Área de acero máximo |
| As min | Área de acero mínimo |
| As req | Área de acero requerido |
| X | Brazo para todos los momentos |
| HP | Caballos de fuerza |
| q max | Capacidad soporte máxima |
| q min | Capacidad soporte mínima |
| CDT | Carga dinámica total |
| CM | Carga muerta |
| Cp | Carga puntal |
| CU | Carga última |
| CV | Carga viva |
| Q | Caudal |
| Q com | Caudal comercial |
| Qb | Caudal de bombeo |
| Q d. max | Caudal de día máximo |
| Q h. Max | Caudal de hora máximo |
| Q dom | Caudal domiciliar |
| Q ind | Caudal industrial |
| Qs | Caudal sanitario |
| Q cil | Caudal por conexiones ilícitas |

| | |
|----------------------------------|--|
| Q inf | Caudal por infiltración |
| cm | Centímetro |
| PVC | Cloruro de Polivinilo |
| Ka | Coeficiente activo |
| C | Coeficiente de fricción interno |
| V act | Corte actuante |
| V res | Corte resistente |
| Cb | Costo del bombeo |
| CT | Cota de terreno |
| CPZ | Cota piezométrica |
| ∂ bal | Cuantía de acero balanceada |
| ∂ max | Cuantía de acero máxima |
| Ø | Diámetro |
| D | Dotación |
| Fy | Esfuerzo último del acero |
| f'c | Esfuerzo último del concreto |
| S max | Espaciamiento máximo |
| S min | Espaciamiento mínimo |
| S req | Espaciamiento requerido |
| E | Estación |
| fqm | Factor de caudal medio |
| FDM | Factor de día máximo |
| FH | Factor de Harmond |
| FHM | Factor de hora máximo |
| Fsd | Factor de seguridad por desplazamiento |
| Fsv | Factor de seguridad por volteo |
| B | Franja unitaria |
| ° | Grado |
| G | Gravedad |

| | |
|---------------|---------------------------------------|
| Hg | Hierro galvanizado |
| Kg | Kilogramo |
| Km | Kilómetro |
| PSI | Libra sobre pulgada cuadrada |
| lt | Litro |
| m | metro |
| m.c.a | Metro columna de agua |
| m/s | metros por segundo |
| MV | Momento de volteo |
| MR | Momento resultante |
| Mu | Momento último |
| S | Pendiente |
| d | Peralte |
| hf | Pérdida |
| n | Período de diseño |
| W losa | Peso de la losa |
| W viga | Peso de la viga |
| Ws | Peso específico del suelo |
| Wcp | Peso específico del concreto ciclópeo |
| Wt | Peso total |
| P | Población |
| Pf | Población final |
| Po | Población inicial |
| Pa | Presión activa |
| plg | Pulgada |
| r | Tasa de crecimiento |
| TIR | Tasa Interna de Retorno |
| Ton | Tonelada |
| VPN | Valor Presente Neto |

V

Velocidad

Viv

Vivienda

GLOSARIO

| | |
|----------------------|--|
| Accesorios | Elementos tales como codos, niples, tees, válvulas, etcétera. Utilizados para el buen funcionamiento del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario. |
| ACI | American Concrete Institute. |
| Aforo | Operación destinada a la medición del caudal de alguna fuente de captación. |
| Agua potable | Agua que es sanitariamente segura y agradable a los sentidos sin causar daños a la salud del consumidor. |
| Agua residual | Agua contaminada que resulta después de haber sido utilizada en un domicilio, industria o comercio. |
| Área | Extensión de una superficie, la cual es delimitada por ciertos límites y expresada en unidades de medida. |
| Captación | Estructura hidráulica la cual tiene como función reunir agua de distintos lugares para algún uso específico. |
| Caudal | Cantidad de líquido por unidad de tiempo que circula en un punto específico de observación. |

| | |
|----------------------------|--|
| Censo | Actividad de recuento en la cual se establece la cantidad de habitantes que existen en un lugar determinado. |
| COGUANOR | Comisión Guatemalteca de Normas. |
| Colector | Tubería principal por la cual serán evacuadas todas las aguas residuales hasta el punto de desfogue. |
| Conducción | Proceso en el cual se transporta el agua desde la fuente de captación hasta el tanque de almacenamiento. |
| Conexión domiciliar | Tubería que conduce el agua potable a cada una de las viviendas. También se llama conexión domiciliar a la tubería que conduce el agua residual al colector principal. |
| Cota de terreno | Elevación que tiene el terreno con respecto a un punto base referenciado. |
| Cota Invert | Distancia que existe entre la cota del terreno y la parte interna inferior de la tubería en un punto determinado. |
| Desfogue | Lugar al que será evacuada el agua residual después de haber sido tratada. |

| | |
|---------------------|--|
| Desinfección | Proceso químico en el cual se desinfecta el agua para que sea potable. |
| Distribución | Proceso en el cual se transporta el agua por medio de una tubería a cada una de las viviendas en estudio. |
| DMP | Dirección Municipal de Planificación. |
| Dotación | Valor de consumo de agua diario asignado para los habitantes de una comunidad en estudio. |
| Fosa séptica | Elemento estructural en el cual las aguas residuales son tratadas por medio de la sedimentación. |
| Hipoclorador | Elemento que contiene hipoclorito de calcio para desinfectar el agua a utilizar. |
| INE | Instituto Nacional de Estadística. |
| INFOM | Instituto de Fomento Municipal. |
| Losa | Elemento estructural de hormigón armado que sirve, en este caso, como cubierta al tanque de almacenamiento y fosas sépticas. |
| Muro | Elemento estructural vertical que sirve para delimitar un área en específico. |

| | |
|-------------------------|---|
| NGO | Norma Guatemalteca Obligatoria. |
| Pozo | Excavación vertical de gran profundidad que tiene como objetivo encontrar una reserva de agua. |
| Presión dinámica | Presión que existe en la tubería del sistema de abastecimiento de agua potable cuando el líquido está en movimiento. |
| Presión estática | Presión que existe en la tubería del sistema de abastecimiento de agua potable cuando el líquido no está en movimiento. |
| Salubridad | Estado general de la salud pública en un lugar determinado. |
| Topografía | Ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las características físicas de un terreno en estudio. |
| Tramo | Sección comprendida entre un punto y otro para su estudio. |
| UNEPAR | Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales. |
| Viga | Elemento estructural de hormigón armado el cual trabaja a flexión. |

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se desarrollan los diseños de dos proyectos de servicios básicos y saneamiento realizados para la aldea El Amatillo, municipio de Ipala, departamento de Chiquimula. En él se describe el procedimiento y criterio aplicado en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo y alcantarillado sanitario.

El sistema de agua potable está conformado por una fuente de captación a través de un pozo mecánico, un sistema de bombeo, el cual conduce el agua hasta un tanque de distribución de 90 metros cúbicos, pasando por un sistema de tratamiento a base de cloración para luego abastecer a la comunidad en estudio. El período de diseño para este proyecto es de 20 años, tiempo en el cual cubrirá esta necesidad para una población estimada de 2 395 habitantes, dicho proyecto tiene una extensión de 6 477,44 metros y un costo de Q. 1 488 857,54.

El sistema de alcantarillado sanitario consiste en evacuar las aguas residuales generadas en la comunidad, con lo cual se cubrirá la necesidad de 290 viviendas actuales. El proyecto está diseñado para 30 años, consta de 87 pozos de visita y un tratamiento primario a base de 5 fosas sépticas. El proyecto tiene una extensión de 5 843,06 metros y un costo de Q. 4 784 080,34.

En la parte final de este trabajo se adjuntan los planos que detallan gráficamente los diseños realizados y posteriormente a cada diseño se muestran los presupuestos correspondientes.

OBJETIVOS

General

Diseñar los sistemas de abastecimiento de agua potable por bombeo y alcantarillado sanitario para la aldea El Amatillo, municipio de Ipala, departamento de Chiquimula.

Específicos

1. Capacitar a los miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo de la aldea El Amatillo, sobre la operación y el mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable y del alcantarillado sanitario.
2. Realizar un diagnóstico comunitario sobre las principales necesidades de servicios básicos y saneamiento de la aldea El Amatillo, municipio de Ipala, departamento de Chiquimula.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación detalla todo el procedimiento realizado para la elaboración del diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo y del alcantarillado sanitario para la aldea El Amatillo, municipio de Ipala, departamento de Chiquimula.

La primera parte contiene la fase de investigación monográfica, analizando cada una de las características de la población, también se detalla el análisis de las principales necesidades priorizando las más importantes para la posterior solución.

En la segunda fase se muestran los diseños de cada una de las necesidades priorizadas, iniciando por el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y posteriormente se detalla el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, cabe mencionar que los dos proyectos fueron realizados aplicando las Normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR).

Se incluyen los presupuestos correspondientes y al final se adjuntan 30 planos, los cuales muestran gráficamente el trabajo a ejecutar.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea El Amatillo

A continuación se detallan los aspectos monográficos más importantes de la comunidad.

1.1.1. Antecedentes

La aldea El Amatillo está ubicada a 15 kilómetros del municipio de Ipala, desde hace varios años ha sido una de las aldeas más grandes de este municipio, se han llevado a cabo diferentes proyectos de infraestructura para el desarrollo comunitario, la pavimentación de una calle de la aldea, escuelas, entre otros. Pero también hay ciertos proyectos que por diversas razones han quedado inconclusos y otros que ya cumplieron con el período de diseño. Desde hace varios años se tiene la necesidad del diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y de un alcantarillado sanitario para dicha comunidad, proyectos de vital importancia para el bienestar de sus habitantes.

1.1.2. Ubicación geográfica

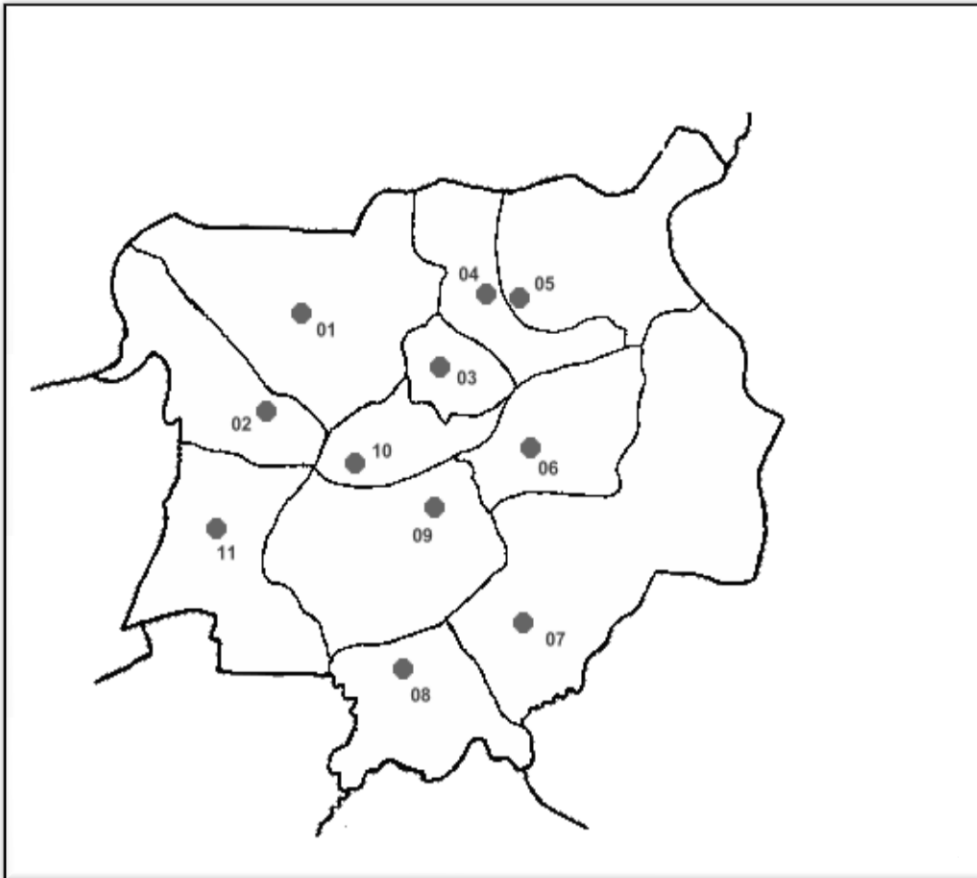
La aldea El Amatillo se encuentra ubicada de la siguiente manera:

- Región III o Región Nor-Oriental
- Latitud 14° 31´ 44”, longitud 89° 35´ 58”
- 891 metros sobre el nivel del mar
- A 15 kilómetros del municipio de Ipala, Chiquimula

Sus colindancias son:

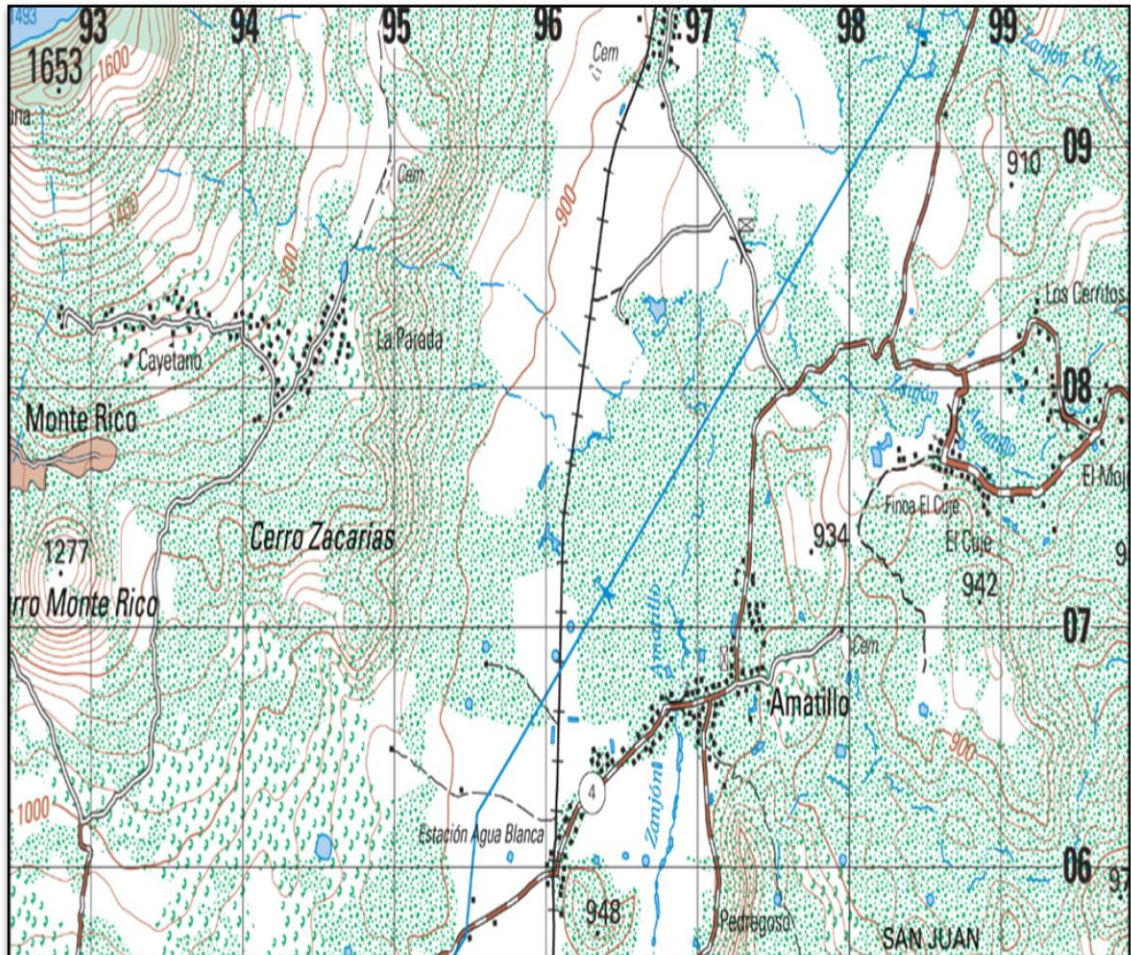
- Al norte: municipio de Ipala, Chiquimula
- Al sur: municipio de Agua Blanca, Jutiapa
- Al este: aldea Cacahuatetepeque, municipio de Ipala, Chiquimula
- Al oeste: aldea El Chaparroncito, municipio de Ipala, Chiquimula

Figura 1. **Municipio de Ipala (11), Chiquimula**



Fuente: Dirección Municipal de Planificación, Ipala, Chiquimula.

Figura 2. Aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, hoja cartográfica, escala 1:50 000.

1.1.3. División política

El municipio de Ipala, cuenta con 1 pueblo, 31 aldeas, 49 caseríos y 4 fincas.

Tabla I. **División política del municipio de Ipala, Chiquimula**

| No. | Aldea | No. | Caserío | No. | Finca |
|-----|------------------|-----|----------------------|-----|------------|
| 1 | El Suyate | | | | |
| 2 | El Obraje | 1 | El Río | | |
| 3 | El Calvario | | | | |
| 4 | El Sauce | 2 | El Caulote | | |
| | | 3 | San Lorenzo | | |
| | | 4 | El Llano | | |
| 5 | El Chaparroncito | 5 | El Chaguitón | | |
| | | 6 | Los Hernández | | |
| 6 | San Isidro | | | | |
| 7 | Cofradías | 7 | Las Lajas | | |
| 8 | San Francisco | | | | |
| 9 | La Esperanza | | | | |
| 10 | La Pila | 8 | Cruz de Villeda | | |
| 11 | Jicamapa | 9 | Valencia | | |
| | | 10 | San Felipe | | |
| 12 | Cececapa | 11 | La Sarzona | | |
| 13 | El Amatillo | 12 | La Peña | | |
| | | 13 | El Jocotillo | | |
| | | 14 | Palo Grande | | |
| | | 15 | Pedregoso | | |
| | | 16 | El Tinaque | | |
| | | 17 | Estación Agua Blanca | | |
| 14 | Los Achiotes | 18 | Guachipilín | | |
| | | 19 | Las Cuevitas | | |
| | | 20 | Los Encuentros | | |
| | | 21 | El Pañuelo | | |
| 15 | Julumichapa | 22 | El Paxte | | |
| 16 | Cacahuatepeque | 23 | La Lima | | |
| | | 24 | La Cuesta | | |
| | | 25 | Carboneras | 1 | San Marcos |
| | | 26 | El Llano | | |
| | | 27 | Las Anonas | | |
| 17 | El Cuje | 28 | Los Cerritos | | |
| | | 29 | El Jicaral | | |
| 18 | La Tuna | 30 | Las Flores | 2 | El Orégano |
| | | | | 3 | Las Flores |
| 19 | Caña Vieja | 31 | El Apante | | |
| | | 32 | El Rodeo | | |
| 20 | El Jute | 33 | Los Arrozales | | |
| | | 34 | Los Lirios | | |
| | | 35 | El Aguacate | | |
| | | 36 | San Nicolás | | |
| 21 | Agua Tibia | 37 | Buena Vista | 4 | San Andrés |
| 22 | La Coronada | 38 | Los Amates | | |
| | | 39 | Coronada Arriba | | |
| | | 40 | Buena Vista | | |
| 23 | El Rosario | 41 | El Mojón | | |
| | | 42 | Los Vertientes | | |
| 24 | Dolores | 43 | Jocote Dulce | | |
| 25 | La Granja | | | | |
| 26 | El Chaguite | | | | |
| 27 | Las Cruces | 44 | Monte Grande | | |
| | | 45 | La Laguna | | |
| 28 | Las Ceniceras | 46 | La Oscurana | | |
| | | 47 | El Napoleón | | |
| | | 48 | La Cumbre | | |
| 29 | El Jocote | 49 | Llano Grande | | |
| 30 | El Ciracil | | | | |
| 31 | Horcones | | | | |

Fuente: Dirección Municipal de Planificación, Ipala, Chiquimula.

1.1.4. Hechos geográficos

Al municipio de Ipala lo riegan 6 ríos y 24 quebradas, también posee una laguna ubicada en la cumbre del volcán. Los ríos mencionados anteriormente se clasifican de la siguiente manera:

Ríos permanentes

- Cacahuatepeque
- Poza de la Pila
- San Francisco

Ríos efímeros

- León
- Suyate
- Español

Una de las quebradas del municipio atraviesa la aldea El Amatillo, esta forma parte de la subcuenca del río Cacahuatepeque.

1.1.5. Aspectos climáticos

Existe suficiente lluvia entre los meses de mayo a octubre esto sirve para las cosechas del sector, la época de sequía abarca desde el mes noviembre hasta el mes de abril. El Amatillo se ha caracterizado por temperaturas elevadas, noches agradables y días cálidos. Las estaciones meteorológicas más cercanas son: La Ceibita ubicada en el departamento Jalapa, Asunción

Mita en el departamento Jutiapa y Esquipulas en el departamento de Chiquimula.

1.1.6. Características de la población

La mayoría de la población se dedica a la cosecha de granos básicos y crianza de ganado, otras personas que se mantienen en la aldea se dedican al negocio propio, como por ejemplo: transporte a lugares cercanos o venta de utensilios sencillos, el traslado de estas personas es por medio del transporte urbano. El Amatillo cuenta con una población de 1 544 habitantes.

Tabla II. Descripción por edad y sexo de la población

| Edad (años) | No. Hombres | No. Mujeres |
|----------------|-------------|-------------|
| Menores de 1 | 21 | 22 |
| De 1 a 4 | 63 | 53 |
| De 5 a 9 | 103 | 97 |
| De 10 a 14 | 97 | 70 |
| De 15 a 19 | 122 | 113 |
| De 20 a 24 | 47 | 58 |
| De 25 a 29 | 38 | 53 |
| De 30 a 34 | 51 | 60 |
| De 35 a 39 | 37 | 39 |
| De 40 a 44 | 40 | 42 |
| De 45 a 49 | 36 | 34 |
| De 50 a 54 | 22 | 33 |
| De 55 a 59 | 16 | 24 |
| Más de 60 años | 86 | 67 |
| TOTAL | 779 | 765 |

Fuente: Censo realizado por el centro de salud, Ipala, Chiquimula, 2013.

1.1.7. Educación

La aldea El Amatillo tiene un edificio escolar, en el cual durante la jornada matutina funciona el nivel primario y en la jornada vespertina el nivel básico.

1.1.8. Salud

Se cuenta con un centro de salud ubicado en medio de la aldea, lugar donde las personas acuden para recibir atención médica.

1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de los servicios básicos e infraestructura de la aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula

A continuación se detallan las principales necesidades a satisfacer de la comunidad.

1.2.1. Descripción de las necesidades

- Sistema de alcantarillado sanitario: la aldea El Amatillo carece de un sistema para la evacuación de aguas residuales, esto genera inconvenientes en la población de dicho lugar. Debido a esta situación se generan malos olores y enfermedades, ya que estas aguas corren a flor de tierra.
- Sistema de abastecimiento de agua potable: la falta de este servicio es un problema urgente a resolver, debido al crecimiento poblacional, agotamiento de la fuente (pozo) y a que el sistema es obsoleto, teniendo que recurrir los pobladores a hacer uso de un pozo privado que fue

perforado para riego y que por lo tanto tiene implicaciones como calidad (no tiene ningún tratamiento), costo alto y la no permanencia del servicio (días alternos).

- Pavimentación de la calle principal y callejones de la aldea: debido a la carencia del mismo, para la época de invierno se generan inundaciones y estancamientos en ciertos puntos de la comunidad causando dificultades para la movilización de los habitantes.

1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades

De acuerdo a las solicitudes enviadas por los integrantes del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), a las encuestas y entrevistas realizadas a los habitantes y al criterio que la Municipalidad expuso, se definió el orden de prioridad para cada una de las necesidades expuestas, siendo este el siguiente:

- Sistema de abastecimiento de agua potable
- Sistema de alcantarillado sanitario
- Pavimentación de la calle principal y callejones de la aldea

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para la aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula

A continuación se detallan todos los conceptos y procedimientos necesarios para el diseño de este sistema.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, el cual está conformado por un pozo mecánico, del cual se extraerá el agua por medio de una bomba sumergible de 20 caballos de fuerza, dicha bomba será accionada mediante energía eléctrica, al lado del brocal se construirá una caseta de bombeo, la cual contará con las dimensiones necesarias para el resguardo del equipo.

Se impulsará el agua por medio de una tubería de 4 pulgadas de diámetro hasta el tanque de distribución (de concreto ciclópeo) con capacidad de 96 metros cúbicos, ubicado a 72,28 metros de altura con respecto a la boca del pozo, el cual abastecerá todo el sistema por medio de una tubería de PVC de 3 pulgadas de diámetro hasta la estación E-9, de la cual se derivarán distintos ramales y diámetros de tubería hacia cada una de las viviendas de la aldea. El proyecto tiene una longitud de 6 477,44 metros y la cantidad de usuarios a servir es de 2 395.

2.1.2. Aforos, dotación y tipos de servicios

Aforo es medir el caudal de la fuente por medio de cualquier método, en este caso se trata de un pozo mecánico, para los sistemas por bombeo se utiliza el abatimiento del agua en el pozo durante un período de 24 o 48 horas de bombeo.

De acuerdo a lo anterior se determinó el caudal de aforo con el abatimiento durante un período de 48 horas de bombeo, dando como resultado un aforo de 5,36 libros por segundo.

La cantidad de agua asignada a una persona durante un día se le denomina dotación, esta depende de algunos parámetros importantes a tomar en cuenta, los cuales son: el clima, las actividades diarias de las personas, el nivel de vida, el uso doméstico, la administración del sistema, entre otros.

Tomando en cuenta lo anterior y que este proyecto está ubicado en el área rural, se determinó una dotación de 100 litros/habitante/día, valor que estipula la municipalidad de Ipala, Chiquimula.

Debido a las condiciones que se presentan, a la influencia en la economía familiar y tomando en cuenta que la población tiene características rurales, se utilizará un tipo de servicio predial.

2.1.3. Calidad de agua y normas

Se considera agua potable a la que es agradable a los sentidos y sanitariamente segura, para esto se debe cumplir con lo siguiente:

Es agradable a los sentidos cuando:

- Es inodora
- Es incolora
- Es de sabor agradable

Es sanitariamente segura cuando:

- No transmite enfermedades
- Esta libre de concentraciones excesivas de sustancias tóxicas
- Libre de concentraciones excesivas de materia orgánica y minerales

La calidad del agua se rige por la Norma COGUANOR NGO 29 001.

2.1.3.1. Análisis bacteriológico

El fin principal de realizar el análisis bacteriológico es determinar la alteración causada por bacterias, principalmente con materia fecal causante de enfermedades gastrointestinales, presentándose el nivel de contaminación en los gérmenes coliformes.

Según los resultados obtenidos del análisis bacteriológico y basándose en la Norma COGUANOR NGO 29 001 el agua no es potable, por lo tanto se debe añadir un sistema de desinfección a base de hipoclorito de calcio para potabilizarla.

2.1.3.2. Análisis físicoquímico

El análisis físicoquímico sanitario se hace con el fin de determinar las características físicas del agua es decir las que se perciben por medio de los sentidos, tales como el color, sabor, aspecto, dureza y potencial de hidrógeno.

Según los resultados obtenidos del análisis físicoquímico sanitario y basándose en la Norma COGUANOR NGO 29 001, la dureza esta en el límite máximo permisible y las demás determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos aceptables.

2.1.4. Tasa de crecimiento poblacional

Se define como un valor constante el cual determina el crecimiento poblacional en un lapso para una región establecida, con dicho valor se estiman poblaciones futuras, para este proyecto se utilizará una tasa de crecimiento de 2,112 por ciento, valor establecido por el Instituto Nacional de Estadística (INE).

2.1.5. Período de diseño

El período de diseño es el tiempo en el cual la obra funcionará satisfactoriamente y se toma en cuenta a partir del inicio del funcionamiento. Según Normas de la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR), se recomienda un período de diseño de 20 años para obras civiles, y de 5 a 10 años para equipos mecánicos. Para este proyecto se utilizará un período de diseño de 21 años, 20 años de funcionamiento y 1 año de gestión.

- Población de diseño:

Tomando en cuenta que la tasa de crecimiento a utilizar será de 2,112 por ciento y que el período de diseño es de 21 años, se procede a estimar la población futura por medio del método geométrico.

Con la obtención del dato oficial de la cantidad de habitantes que hay en la comunidad, la cual es de 1 544 personas, según el Centro de Salud en el último censo realizado en el 2013, se procede a calcular la población futura utilizando la siguiente ecuación:

$$Pf = Po (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = población futura (población de diseño)

Po = población inicial según censo realizado = 1 544 habitantes

r = tasa de crecimiento = 2,112 %

n = período de diseño = 21 años

Aplicando la ecuación indicada se obtiene el siguiente resultado:

$$Pf = 1\,544 (1 + 0,02112)^{21} = 2\,395 \text{ habitantes}$$

2.1.6. Factores de consumo y caudales

En los sistemas públicos de abastecimiento de agua el consumo depende de ciertos factores que van variando a lo largo del tiempo, también

influyen las características que tenga la comunidad en estudio, como lo es el clima, las costumbres de la región y las condiciones económicas.

En el transcurso de un día, el caudal varía continuamente, en horas diurnas supera el valor medio, llegando al mayor valor al medio día, mientras que por horas de la madrugada el valor que se obtiene es mínimo.

Por lo mencionado anteriormente es fundamental el uso de ciertos factores de consumo, los cuales se detallan a continuación:

- Factor de día máximo (FDM)

Se utiliza en las líneas de conducción, este factor se utiliza cuando no se tiene el valor del máximo consumo diario, según INFOM y UNEPAR se recomiendan los siguientes valores:

- Para el área rural un FDM de 1,2 a 1,8
- Para poblaciones urbanas un FDM de 1,8 a 2,0
- Para el área metropolitana un FDM de 2,0 a 3,0

Para este proyecto se utilizó un factor de día máximo de 1,2.

- Factor de hora máximo (FHM)

Se utiliza para calcular el caudal de distribución, este factor se utiliza para obtener el caudal que se tiene en una hora máxima de consumo, según INFOM y UNEPAR se recomiendan los siguientes valores:

- Para poblaciones del área rural un FHM de 1,8 a 2,0
- Para poblaciones urbanas un FHM de 2,0 a 3,0
- Para el área metropolitana un FHM de 3,0 a 4,0

Por las diversas actividades que se realizan en la comunidad se utilizó un factor de hora máximo de 2,5.

2.1.6.1. Caudal medio diario

Es el caudal promedio que se consumirá en un día, el cual se obtiene con el promedio de los consumos diarios durante un año. Para efecto del proyecto es muy difícil que se obtenga esa información por cual se procede a calcular dicho caudal de la siguiente manera:

$$Q_m = D * P / 86\ 400$$

Donde:

D = dotación = 100 lt/hab/día

P = población futura = 2 395 habitantes

86400 = segundos que tiene un día

Q_m = caudal medio diario (l/s)

Aplicando la ecuación indicada se obtiene el siguiente resultado:

$$Q_m = 100 \text{ l/hab/día} (2\ 395 \text{ hab}) / 86\ 400 = 2,77 \text{ l/s}$$

2.1.6.2. Caudal de día máximo

Se define como el máximo consumo de agua que se tiene en un día (24 horas), observado en el período de un año, este caudal se utiliza para diseñar la línea de conducción y se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{D.max} = Q_m * f_{dm}$$

Donde:

$Q_{D.max}$ = caudal de día máximo (l/s)

Q_m = caudal medio diario = 2,77 l/s

f_{dm} = factor de día máximo = 1,2

Aplicando la ecuación indicada se obtiene el siguiente resultado:

$$Q_{D.max} = 2,77 \text{ l/s} * 1.2 = 3,32 \text{ l/s}$$

2.1.6.3. Caudal de bombeo

Debido a que el agua será conducida hasta un taque de distribución, que estará ubicado a 72,28 metros con respecto a la boca del pozo, es necesario determinar el caudal de bombeo de la siguiente manera:

$$Q_b = Q_{D.max} * 24 / t_b$$

Donde:

Q_b = caudal de bombeo (l/s)

$Q_{D.max} = \text{caudal de día máximo} = 3,32 \text{ l/s}$

$t_b = \text{período de bombeo} = 15 \text{ horas}$

Aplicando la ecuación indicada se obtiene el siguiente resultado:

$$Q_b = 3,32 \text{ l/s} * 24 \text{ horas} / 15 \text{ horas} = 5,31 \text{ l/s}$$

Tomando en cuenta que el caudal de aforo es de 5,36 l/s, se logra observar que este es mayor al caudal de bombeo, cumpliendo satisfactoriamente con esta condición.

2.1.6.4. Caudal de hora máxima

Se define como el máximo consumo de agua que se tiene en una hora del día, observado en el período de un año, este caudal se utiliza para diseñar la red de distribución y se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{h.max} = Q_m * f_{hm}$$

Donde:

$Q_{h.max} = \text{caudal de hora máxima (l/s)}$

$Q_m = \text{caudal medio diario} = 2,77 \text{ l/s}$

$f_{hm} = \text{factor de hora máxima} = 2,5$

Aplicando la ecuación indicada se obtiene el siguiente resultado:

$$Q_{h.max} = 2,77 \text{ l/s} * 2,5 = 6,93 \text{ l/s}$$

2.1.7. Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería

Para la determinación de las pérdidas en la tubería se utilizará la ecuación de Hazen – Williams, la cual se define de la siguiente manera:

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

Donde:

hf = pérdida de carga (m)

L = longitud (m)

Q = caudal (l/s)

C = coeficiente de fricción interno (PVC = 150)

\emptyset = diámetro (plg)

Una vez obtenida la pérdida disponible se procede a calcular el diámetro teórico de la tubería, esto se realiza despejando el diámetro de la ecuación anteriormente mencionada, la cual se define de la siguiente manera:

$$\emptyset = \left(\frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * hf} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

Donde:

hf = pérdida de carga (m)

L = longitud (m)

Q = caudal (l/s)

C = coeficiente de fricción interno (PVC = 150)

Ø = diámetro (plg)

Se procede a utilizar el diámetro interno comercial superior y se realiza el procedimiento nuevamente, para obtener la pérdida real.

La tubería a utilizar será de cloruro de polivinilo (PVC) ya que es el material que se utiliza con mayor frecuencia en la actualidad, esto se debe a que no se corroe, es liviano y fácil de instalar. Al utilizar esta tubería es indispensable tomar en cuenta las siguientes consideraciones para el diseño y la instalación.

- Según UNEPAR, en líneas de conducción, se recomienda utilizar un diámetro no menor de 1 pulgadas de diámetro.
- La tubería debe enterrarse con un mínimo de profundidad de 0,80 metros, (la medida se toma a partir de la parte superior del tubo).
- Cuando la tubería atraviese calles o carreteras, deberá enterrarse con un mínimo de profundidad de 1,20 metros, (la medida se toma a partir de la parte superior del tubo).
- En terrenos inclinados, la tubería deberá protegerse mediante la construcción de muros, esto para evitar algún deslave.
- De ser necesario se deberán construir anclajes en los cambios de dirección.

2.1.8. Presiones y velocidades

El diseño hidráulico de este sistema se hará con base en la pérdida de presión de agua que se genera en la tubería, se debe tomar en cuenta que la presión debe estar comprendida entre 10 y 40 metros columna de agua, esto

debido a los empaques de las válvulas y a la grifería, ya que estos no soportan tanta presión. Las presiones a tomar en cuenta son las siguientes:

- Presión estática: es la presión que se genera cuando no existe ningún movimiento de agua en la tubería del sistema, es decir cuando el líquido está en reposo.
- Presión dinámica: es la presión que se genera cuando existe un flujo de agua en el sistema, es decir cuando el líquido está en movimiento.

En cuanto a la velocidad se refiere, UNEPAR considera que debe ser mayor a 0,6 m/s y menor a 3,0 m/s, más sin embargo, los fabricantes de PVC recomiendan utilizar un rango entre 0,4 m/s y 5 m/s.

2.1.9. Levantamiento topográfico

La topografía tiene como objetivo fundamental la medición de la extensión de la tierra, tomando los datos necesarios en el campo para después ser representados en un plano a una escala indicada, el cual debe indicar las características físicas y forma del terreno.

La topografía se divide en dos ramas, las cuales son:

- Planimetría: es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles del terreno en una forma plana, omitiendo las características del relieve.

- Altimetría: es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura de cada uno de los puntos, respecto de un plano de referencia.

Para este proyecto se hizo uso de una estación total marca TOPCON GTS 105 N.

2.1.10. Diseño hidráulico

En el presente proyecto se muestra el diseño de los componentes típicos del sistema de abastecimiento de agua, los cuales son: captación, línea de impulsión, tanque de almacenamiento, línea de distribución, red de distribución, obras hidráulicas y el sistema de desinfección. A continuación se muestran los parámetros de diseño a utilizar:

- Distancia = 310,95 metros
- Cota del tanque = 516,91 metros
- Cota del pozo = 444,63 metros
- Diferencia de cotas = 72,28 metros
- Caudal de bombeo = 5,31 l/s
- Coeficiente C para PVC = 150
- Profundidad del pozo = 150 metros
- Nivel estático = 53,00 metros
- Nivel dinámico = 90,02 metros
- Profundidad del pozo = 120 metros
- Caudal de aforo = 5,36 l/s

2.1.10.1. Captación

Se le denomina captación a la obra destinada a la recolección de agua proveniente de diversas fuentes para el uso. El tipo de captación va a depender de la fuente existente, en este caso será por medio de un equipo de bombeo sumergible que se instalará en un pozo mecánico, el cual transportará el agua a un tanque de distribución, también construirá una caseta con las dimensiones necesarias para el resguardo del equipo.

2.1.10.2. Línea de impulsión

En los diseños de agua potable existen dos regímenes de conducción, uno de ellos es la conducción por gravedad, la cual es más económica que la conducción por bombeo, siendo este el segundo tipo que existe.

A continuación se presenta el diseño de la línea impulsión, la cual será instalada desde el pozo mecánico hasta el tanque de distribución, dicho tanque estará ubicado a una distancia de 310,95 metros y a una altura de 72,28 metros, con respecto al pozo.

2.1.10.2.1. Diámetro económico

Es importante tomar en cuenta la velocidad con la que se conducirá el agua al momento de diseñar la línea de conducción por bombeo, ya que para disminuir la sobre presión generada por el golpe de ariete se recomienda que la velocidad mínima sea de 0,6 m/s y la velocidad máxima de 2 m/s.

Con lo anteriormente expuesto, se procede a determinar el diámetro económico, para esto se debe llevar a cabo el procedimiento que se detalla a continuación:

$$d = (1,974 * Q / v)^{1/2}$$

Donde:

d = diámetro de la tubería (plg)

Q = caudal de bombeo (l/s)

v = velocidad (m/s)

De dicha ecuación se obtienen las siguientes resultados:

$$d_1 = (1,974 * 5,31 / 0,6)^{1/2} = 4,18 \text{ plg.}$$

$$d_2 = (1,974 * 5,31 / 2,0)^{1/2} = 2,29 \text{ plg.}$$

Se aproxima a diámetros comerciales, por lo que los diámetros analizar serán los de 3 y 4 pulgadas.

Cálculo la amortización:

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

Donde:

A = amortización

i = tasa de interés = 12 %

n = número de meses = 120

$$A = \frac{(0,12/12) * ((0,12/12) + 1)^{120}}{\left(\left(\frac{0,12}{12}\right) + 1\right)^{120} - 1} = 0,014$$

Cantidad de tubos a utilizar $L/6 = 310,95 * 1,05/6 = 54,41 = 55$ tubos.

Cálculo de las pérdidas de carga:

$$hf = \frac{1743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * \emptyset^{4,87}}$$

Donde:

hf = pérdida de carga (m)

L = longitud (m)

Q = caudal de bombeo (l/s)

C = coeficiente de fricción interno (PVC = 150)

\emptyset = diámetro (plg)

- Pérdida de carga en la línea dentro del pozo hasta la boca del mismo

$$hf_{3plg} = \frac{1743,811 * 120 * 5,31^{1,85}}{150^{1,85} * 3^{4,87}} = 2,05 \text{ m}$$

$$hf_{4plg} = \frac{1743,811 * 120 * 5,31^{1,85}}{150^{1,85} * 4^{4,87}} = 1,07 \text{ m}$$

- Pérdida de carga en la línea de la boca del pozo hasta el tanque de distribución

$$hf_{3plg} = \frac{1743,811 * 310,95 * 1,05 * 5,31^{1,85}}{150^{1,85} * 3^{4,87}} = 5,59 \text{ m}$$

$$hf_{4plg} = \frac{1743,811 * 310,95 * 1,05 * 5,31^{1,85}}{150^{1,85} * 4^{4,87}} = 1,38 \text{ m}$$

- Altura del nivel dinámico a la boca del pozo = 90,02 m
- Altura de la boca del pozo a la descarga = 72,28 m
- Pérdidas menores

Cálculo de pérdidas menores en la tubería de 3 pulgadas de diámetro

$$10 \% \text{ (pérdida en línea de impulsión)} = 0,56 \text{ m}$$

Cálculo de pérdidas menores en la tubería de 4 pulgadas de diámetro

$$10 \% \text{ (pérdida en línea de impulsión)} = 0,14 \text{ m}$$

- Pérdidas por velocidad

Pérdida de velocidad en la tubería de 3 pulgadas de diámetro

$$v = 1.974 Q / di^2$$

$$v = 1,974 * 5,31 / 3,230^2$$

$$v = 1,0 \text{ m/s}$$

$$h_v = V^2 / 2g = 1,0^2 / 2 * 9,8 = 0,05 \text{ m}$$

Pérdida de velocidad en la tubería de 4 pulgadas de diámetro

$$v = 1.974 Q / d_i^2$$

$$v = 1,974 * 5,31 / 4,154^2$$

$$v = 0,61 \text{ m/s}$$

$$h_v = V^2 / 2g = 0,61^2 / 2 * 9,8 = 0,019 \text{ m}$$

Pérdida total en la tubería de 3 pulgadas de diámetro = 170,55 m.

Pérdida total en la tubería de 4 pulgadas de diámetro = 164,91 m.

Costo de la tubería por mes:

Para determinar el costo de la tubería se debe utilizar la siguiente ecuación con cada uno de los diámetros encontrados anteriormente.

$$\text{Costo de tubería mensual} = N * P.U * A$$

Donde:

N = número de tubos

P.U = precio unitario de la tubería

A = amortización

Aplicando la ecuación mencionada se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{Costo de tubería mensual para 3 plg} = 55 * 302,26 * 0,014 = \text{Q. } 232,74$$

$$\text{Costo de tubería mensual para 4 plg} = 55 * 499,80 * 0,014 = \text{Q. } 384,85$$

Para determinar la potencia de cada diámetro se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia} = Q * \text{hft} / 76 e$$

Donde:

Hft = pérdida de carga total (m)

Q = caudal de bombeo = 5,31 l/s

e = eficiencia 60

De lo cual se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{Potencia 3 plg} = 5,31 * 170,55 / 76 * 0,6 = 19,86 \text{ hp}$$

$$\text{Potencia 4 plg} = 5,31 * 164,91 / 76 * 0,6 = 19,20 \text{ hp}$$

Convirtiendo el resultado anterior a kilovatios se obtiene lo siguiente:

$$\text{Potencia 3 plg} = 19,86 * 0,746 = 14,82 \text{ kw}$$

$$\text{Potencia 4 plg} = 19,20 * 0,746 = 14,32 \text{ kw}$$

Tomando en cuenta que el tiempo de bombeo es de 15 horas diarias, se determina que mensualmente son 450 horas, con esto se calcula la energía mensual requerida de la siguiente manera:

$$\text{Energía requerida} = \text{potencia (kw)} * \text{tiempo de bombeo mensual (horas)}$$

De lo cual se obtiene lo siguiente:

$$\text{Energía requerida para 3 plg} = 14,82 * 450 = 6\ 669 \text{ kw hora / mes}$$

$$\text{Energía requerida para 4 plg} = 14,32 * 450 = 6\ 444 \text{ kw hora / mes}$$

Sabiendo que el precio del kw/hora en el lugar es de Q. 1,92, se determina el costo de la energía mensual de la siguiente manera:

$$\text{Costo energía mensual} = \text{energía requerida kw hora/mes} * \text{precio kw/hora}$$

De lo cual se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{Costo energía mensual 3 plg} = 6\ 669 * 1,92 = \text{Q. } 12\ 804,48$$

$$\text{Costo energía mensual 4 plg} = 6\ 444 * 1,92 = \text{Q. } 12\ 372,48$$

Con lo anteriormente calculado se procede a determinar el costo total por cada diámetro de tubería, esto se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Costo total} = \text{costo mensual de la tubería} + \text{costo mensual del bombeo}$$

Obteniendo los siguientes resultados:

$$\text{Costo total para 3 plg} = 232,74 + 12\ 804,48 = \text{Q. } 13\ 037,22$$

$$\text{Costo total para 4 plg} = 384,85 + 12\ 372,48 = \text{Q. } 12\ 757,33$$

Con lo anteriormente expuesto se logra observar que el costo de la tubería de 4 pulgadas es menor al costo de la tubería de 3 pulgadas, entonces el diámetro económico a utilizar en la línea de conducción por bombeo es de 4 pulgadas.

2.1.10.2.2. Verificación del golpe de ariete

Es la variación a la que es sometida la tubería, debido al cambio brusco del movimiento del agua. Al desactivar la bomba, el caudal de impulsión disminuye considerablemente hasta tener una velocidad cero, generando una descompresión en la tubería. Para calcular el golpe de ariete es necesario realizar el siguiente procedimiento:

$$a = \frac{1\ 420}{\left(1 + \frac{K}{E} * \frac{Di}{e}\right)^{1/2}}$$

Donde:

k = módulo de elasticidad volumétrico del agua $2.07 \cdot 10^4$ kg/cm²

E = módulo de elasticidad del material (para PVC $3 \cdot 10^4$)

Di = diámetro interno de la tubería

e = espesor de la pared de la tubería

Al aplicar la ecuación se obtiene el siguiente resultado:

$$a = \frac{1\ 420}{\left(1 + \frac{2,07 \cdot 10^4}{3,00 \cdot 10^4} * \frac{4,154}{0,173}\right)^{1/2}}$$

$$a = 338,79 \text{ m/s}$$

Al determinar la velocidad para la sobre presión se obtiene que:

$$v = 1.974 Q / di^2$$

$$v = 1,974 * 5,31 / 4,154^2$$

$$v = 0,61 \text{ m/s}$$

Cálculo de la sobre presión:

$$SP = a * v / g$$

$$SP = 338,79 * 0,61 / 9,81$$

$$SP = 21,08 \text{ m.c.a}$$

La verificación de la resistencia de la tubería a soportar el golpe de ariete se realiza sumando la altura de bombeo más la sobre presión, lo cual debe ser menor que la presión de trabajo de la tubería.

$$P_{\max} = 21,08 \text{ m.c.a} + 72,28 \text{ m.c.a}$$

$$P_{\max} = 93,36 \text{ m.c.a}$$

La presión de trabajo de la tubería PVC de 160 PSI es de 112 metros columna de agua, aplicando un factor de seguridad de 0,9 se tiene que la presión de trabajo de esta tubería es de 100,80 metros columna de agua, la cual es mayor a la presión encontrada.

Otro factor importante a tomar en cuenta para esta verificación es el caso crítico, este determinará la clase de tubería a utilizar. El caso crítico se define de la siguiente manera:

$$\text{Caso crítico} = \text{golpe de ariete} + \text{carga dinámica total}$$

Para determinar la carga dinámica total se debe encontrar las pérdidas generadas en la línea de impulsión.

2.1.10.2.3. Pérdidas en la línea de impulsión

Para determinar la carga dinámica total es necesario calcular las pérdidas generadas en la línea de impulsión, esto servirá para encontrar la potencia de la bomba y el caso crítico que indica que clase de tubería se debe utilizar. Para esto se debe realizar el siguiente procedimiento:

- Altura del nivel dinámico a la boca del pozo = 90,02 m
- Pérdida de carga en la línea dentro del pozo hasta la boca del mismo

$$hf = \frac{1\,743,811 * 120 * 5,31^{1,85}}{150^{1,85} * 4^{4,87}} = 1,07 \text{ m}$$

- Altura de la boca del pozo a la descarga = 72,28 m
- Pérdida de carga en la línea de la boca del pozo hasta el tanque de distribución

$$hf = \frac{1\,743,811 * 310,95 * 1,05 * 5,31^{1,85}}{150^{1,85} * 4^{4,87}} = 1,38 \text{ m}$$

- Pérdidas menores = 10 % (pérdida en línea de impulsión) = 0,14 metros
- Pérdidas por velocidad

$$h_v = V^2 / 2g = 0,61^2 / 2 * 9,8 = 0,019 \text{ m}$$

Carga dinámica total = (sumatoria de las pérdidas) = 164,91m

Con la carga dinámica total encontrada, se calcula el caso crítico de la forma mencionada anteriormente:

Caso crítico = golpe de ariete + carga dinámica total

$$\text{Caso Crítico} = 21,08 + 164,91 = 185,99 \text{ m.c.a}$$

Por lo anteriormente calculado no se puede utilizar únicamente tubería de 160 PSI, por lo que también se colocará tubería de 250 PSI como se indica en el plano número 7 (planta-perfil).

2.1.10.2.4. Potencia del equipo de bombeo

Para determinar la potencia de la bomba a utilizar se debe realizar el siguiente procedimiento:

$$\text{Potencia de la bomba} = \text{CDT} * \text{Q} / 76 e$$

Donde:

CDT = carga dinámica total = 164,91 m

Q = caudal = 5,31 l/s

e = eficiencia 60 %

Aplicando la ecuación se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Potencia de la bomba} = 164,91 * 5,31 / 76 * 0,6 = 19,20 \text{ hp}$$

Debido a que no existen bombas de 19,20 hp en el mercado, se colocará una bomba de 20 hp.

2.1.10.3. Especificaciones del equipo de bombeo

Se utilizará una bomba sumergible de 20 caballos de fuerza, colocada a 120 metros de profundidad en el pozo (según indicación del perforador), también se construirá una caseta para protección y manejo del equipo como se indica en el plano 16.

2.1.10.4. Línea de distribución

Para el presente proyecto la línea de distribución tendrá una longitud de 1 321, 714 metros, la tubería que se colocará en dicho tramo será de PVC de 3 pulgadas, también se colocará una válvula de aire en el punto 7,2, el detalle de esta válvula se encuentra en el plano número 15 (detalles constructivos) y en el plano número 8 (planta-perfil).

2.1.10.5. Red de distribución

Se define red de distribución al conjunto de tuberías que suministran el agua potable a una población. El trazo de la red debe obedecer a la disposición de la población y por lo tanto no existe una forma predefinida. Desde el punto de vista hidráulico existen las redes abiertas, redes cerradas y redes combinadas.

2.1.10.5.1. Circuito cerrado

El diseño de este circuito se realiza cuando existe un ordenamiento en las viviendas de la comunidad a trabajar, es decir, cuando los domicilios están en bloque, regularmente este caso de diseño se presenta en el área urbana.

2.1.10.5.2. Ramales abiertos

En los sistemas de agua potable ubicados en el área rural es muy frecuente utilizar el método de redes abiertas, esto se debe a que las viviendas se encuentran dispersas y no en bloque, por tal motivo en este proyecto se utilizará este método, ya que cumple con las condiciones anteriormente descritas.

- Ejemplo de un tramo

A continuación se presente el cálculo del tramo que está comprendido entre E-31 y P-33,2:

Datos:

$CT_{E-31} = 445,693$ metros

$CT_{P-33,2} = 442,102$ metros

Longitud del tramo = 299,926 metros

Caudal = 0,648 l/s

$C = 150$

$CPZ_{E-31} = 465,580$ metros

- Cálculo de la carga disponible

Esta se obtiene de la diferencia de la cota piezométrica de E-31 y la cota de terreno de P-32, encontrando si siguiente resultado:

$$hf \text{ disponible} = CPZ_{E-31} - CT_{P-33,2}$$

$$hf \text{ disponible} = 465,580 - 442,102 = 23,478 \text{ m}$$

- Cálculo del diámetro teórico

Se obtiene de despejar el diámetro de la ecuación de Hazen-Williams, obteniendo el siguiente resultado:

$$\emptyset = \left(\frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * hf} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

Donde:

hf = pérdida de carga = 23,478 m

L = longitud = 299,926 m

Q = caudal 0,648 l/s

C = coeficiente de fricción interno (PVC = 150)

\emptyset = diámetro (plg)

$$\emptyset = \left(\frac{1\,743,811 * 299,926 * 0,648^{1,85}}{150^{1,85} * 23,478} \right)^{\frac{1}{4,87}} = 0,987 \text{ plg}$$

Aproximando al diámetro comercial inmediato superior, se obtiene que el diámetro a utilizar será de 1 pulgada.

- Cálculo de la pérdida real

Para el cálculo de la pérdida real se debe utilizar el diámetro interno de la tubería encontrada, utilizando nuevamente la ecuación de Hazen-Williams, se obtiene el siguiente resultado:

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

Donde:

hf = pérdida real (m)

L = longitud = 299,926 m

Q = caudal = 0,648 l/s

C = coeficiente de fricción interno (PVC = 150)

Ø = diámetro interno de la tubería = 1,195 plg

$$hf \text{ real} = \frac{1\,743,811 * 299,926 * 0,648^{1,85}}{150^{1,85} * 1,195^{4,87}} = 9,276 \text{ m}$$

- Cálculo de la velocidad

La velocidad se expresa mediante la ecuación mostrada, de la cual se obtiene el siguiente resultado:

$$V = 1,974 \frac{Q}{\varnothing^2}$$

Donde:

V = Velocidad del agua (m/s)

Q = Caudal (l/s)

Ø = Diámetro interno de la tubería (plg)

$$V = 1,974 \frac{0,648}{1,195^2} = 0,895 \text{ m/s}$$

- Cálculo de la cota piezométrica en P-33,2

Se determina restándole a la cota piezométrica inicial (CPZ_{E-31}), la pérdida real, obteniendo el siguiente resultado:

$$CPZ_{P-33,2} = CPZ_{E-31} - hf \text{ real}$$

$$CPZ_{P-33,2} = 465,580 - 9,276 = 456,304 \text{ m}$$

- Cálculo de la presión dinámica

Se determina restándole a la cota piezométrica final ($CPZ_{P-33,2}$), la cota del terreno final, obteniendo el siguiente resultado:

$$\text{Presión dinámica} = CPZ_{P-33,2} - CT_{P-33,2}$$

$$\text{Presión dinámica} = 456,304 - 442,102 = 14,202 \text{ m.c.a}$$

- Cálculo de la presión estática

Se determina restándole a la cota piezométrica inicial del sistema, la cota del terreno final ($CT_{P-33,2}$), obteniendo el siguiente resultado:

$$\text{Presión estática} = CPZ_{\text{inicial}} - CT_{P-33,2}$$

$$\text{Presión estática} = 516,914 - 442,102 = 74,812 \text{ m.c.a}$$

2.1.10.6. Tanque de distribución

El tanque de distribución (semienterrado) será realizado a base de muros de gravedad, de concreto ciclópeo, el cual estará ubicado en la estación E-2, a una altura de 72,28 metros con respecto a la boca del pozo. A continuación se presenta el diseño estructural del mismo.

2.1.10.6.1. Volumen del tanque

Según el normativo del INFOM es importante tomar en cuenta los siguientes factores para el cálculo del volumen del tanque, estos son:

- Para poblaciones menores a 1 000 habitantes se debe utilizar el 35 % del consumo medio diario de la población. No se considera reserva para eventualidades.
- Para poblaciones entre 1 000 y 5 000 habitantes se debe utilizar el 35 % del consumo medio diario de la población, más un 10 % de ese consumo para eventualidades.
- Para poblaciones mayores de 5 000 habitantes se debe utilizar el 40 % del consumo medio diario, más un 10 % para eventualidades.

Para este sistema se adopta un factor del 40 %, esto debido a que la población a servir es de 2 395 habitantes, para este cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Volumen} = (40 \% * Q_m * 86\ 400) / 1\ 000$$

Donde:

Q_m = caudal medio diario (l/s)

86 400 = segundos que tiene un día

Aplicando la fórmula anteriormente mencionada se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Volumen} = (40 \% * 2,77 * 86\ 400) / 1\ 000$$

$$\text{Volumen} = 95,73\ \text{m}^3 = 96\ \text{m}^3$$

2.1.10.6.2. Diseño de la losa del tanque

Tomando en cuenta que el volumen del tanque es de $96\ \text{m}^3$, se calculan las dimensiones del mismo de la siguiente manera:

Datos:

q_s = valor soporte del suelo = $20\ \text{Ton/m}^2$ (asumido)

Φ = ángulo de fricción interna = 30°

W_a = peso del agua = $1\ \text{Ton/m}^3$

W_s = peso del suelo = $1,4\ \text{Ton/m}^3$

W_{cp} = peso del concreto ciclópeo = $2,0\ \text{Ton/m}^3$

W_c = peso del concreto = $2,4\ \text{Ton/m}^3$

f'_c = esfuerzo último del concreto = $210\ \text{kg/cm}^2$

f_y = esfuerzo último del acero = $2810\ \text{kg/cm}^2$

Tomando en cuenta una relación largo/ancho de 2:1 y una altura de 2,5 metros se obtiene que:

$$\text{Volumen} = \text{área} * \text{altura}$$

Área = largo * ancho; largo = $2 * \text{ancho}$, entonces:

$$\text{Área} = 2 * \text{ancho} * \text{ancho} = 2 * \text{ancho}^2$$

Sustituyendo en la ecuación del volumen se obtiene lo siguiente:

$$96 = 2 * \text{ancho}^2 * 2,5$$

$$\text{Ancho} = 4,38 \text{ m}$$

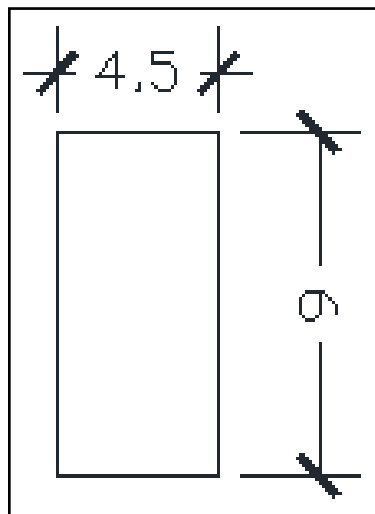
Por la relación a utilizar de largo/ancho = 2:1, se determina que el tanque tendrá un largo de 8,76 metros. Por facilidad de diseño y construcción del mismo, las dimensiones serán las siguientes:

Largo = 9 metros

Ancho = 4,5 metros

Alto = 2,5 metros

Figura 3. **Dimensionamiento de la losa del tanque**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

- Cálculo de la losa

El espesor de la losa obtiene de la siguiente manera:

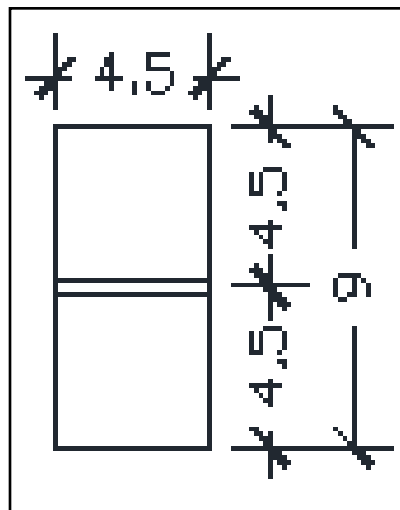
$$\text{Espesor} = \text{perímetro} / 180$$

Sustituyendo valores se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Espesor} = ((2 \cdot 4,5) + (2 \cdot 9)) / 180 = 0,15$$

Según el ACI, el espesor de la losa debe estar comprendido en un rango de 0,10 a 0,13, por lo tanto, es necesario colocar una viga intermedia, quedando la losa de la siguiente manera:

Figura 4. **Viga intermedia del tanque**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

Por lo tanto se diseñaran dos losas exactamente iguales, se presentará el diseño de una de ellas, ya que para ambas es el mismo, mencionado esto, se procede a encontrar nuevamente el espesor.

$$\text{Espesor} = \text{perímetro} / 180$$

Sustituyendo valores se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Espesor} = ((2*4,5) + (2*4,5)) / 180 = 0,10$$

El espesor de cada losa es el correcto ya que está entre el rango de 0,10 y 0,13, establecido por el ACI.

Determinado el espesor se procede a realizar la integración de cargas, siendo estas las siguientes:

- Carga muerta

$$\text{CM} = 1,4 * ((Wc \text{ (kg/m}^3\text{)} * \text{espesor de la losa (m)}) + \text{sobre carga})$$

$$\text{CM} = 1,4 * ((2\ 400 * 0,10) + 50)$$

$$\text{CM} = 406 \text{ kg/m}^2$$

- Carga viva

Se asumirá una carga viva de 100 kg/m², debido a que únicamente será en ocasiones eventuales que la losa la soportará, ya que es únicamente una cubierta.

$$CV = 1,7 * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 170 \text{ kg / m}^2$$

- Carga última

Para la carga última se debe aplicar un factor que recomienda el ACI, tanto para carga muerta como para viva, estos factores ya fueron aplicados en el cálculo anterior, por lo tanto la carga ultima será la suma de la carga viva más la carga muerta encontradas anteriormente, de lo cual se obtiene el siguiente resultado:

$$CU = 406 + 170 = 576 \text{ kg/m}^2$$

Aplicando la relación lado corto / lado largo = $4,5 / 4,5 = 1$

La relación es mayor a 0,5, entonces se debe diseñar la losa en dos sentidos.

- Determinación de momentos flexionantes

Según el ACI, para el cálculo de los momentos negativos y positivos en la losa, se deben emplear las siguientes ecuaciones:

$$MA \text{ neg} = Ca \text{ neg} * CU * A^2$$

$$MB \text{ neg} = Cb \text{ neg} * CU * B^2$$

$$MA \text{ pos} = Ca \text{ cm} * CMu * A^2 + Ca \text{ cv} * CVu * A^2$$

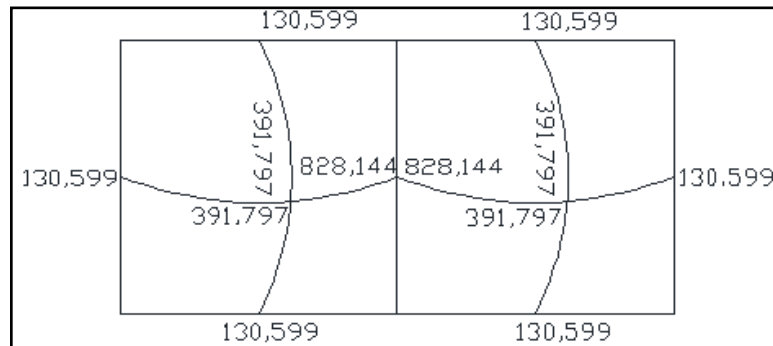
$$MB \text{ pos} = Cb \text{ cm} * CMu * B^2 + Cb \text{ cv} * CVu * B^2$$

Tabla III. **Momentos negativos y positivos en la losa**

| Dato | Losa 1 (kg-m) | Losa 2 (kg-m) |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| MA negativo | 828,144 | 828,144 |
| MB negativo | ----- | ----- |
| MA positivo | 391,797 | 391,797 |
| MB positivo | 332,141 | 332,141 |
| Caso de empotramiento | 6 | 6 |

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Diagrama de momentos en la losa del tanque**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

En este caso el momento en el lado compartido de las losas es el mismo, por lo cual, no se realiza ningún balance.

- Diseño del acero de fuerza

Colocando varillas No. 3 ; $\varnothing = 0,9525$ cm, el peralte efectivo será:

$$d = t - R - \emptyset/2$$

Donde:

d = peralte efectivo (cm)

t = espesor de la losa = 10 cm

R = recubrimiento = 2,5 cm

\emptyset = diámetro de la varilla = 0,9525 cm

$$d = 10 - 2,5 - 0,9525/2$$

$$d = 7,023 = 7\text{cm}$$

- Acero mínimo

$$As_{\min} = (14,1 / f_y) b \cdot d$$

Donde:

As min = acero mínimo (cm²)

f_y = esfuerzo último del acero

b = franja unitaria = 100 cm

d = peralte efectivo

Entonces:

$$As_{\min} = (14,1 / 2\ 810) \cdot 100 \cdot 7$$

$$As_{\min} = 3,512\text{ cm}^2$$

- Espaciamiento mínimo

$$S \text{ min} = (A_s \text{ 3/8} * b) / A_s \text{ min}$$

Donde:

$S \text{ min}$ = espaciamiento mínimo (cm)

$A_s \text{ 3/8}$ = área de acero de la varilla No.3 = 0,71cm²

b = franja unitaria = 100 cm

$A_s \text{ min}$ = acero mínimo = 3,512 cm²

Aplicando la ecuación anteriormente mencionada se obtiene el siguiente resultado:

$$S \text{ min} = (0,71 * 100) / 3,512$$

$$S \text{ min} = 20,216 \text{ cm}$$

Según el ACI, el espaciamiento máximo no debe de exceder de dos veces el espesor de la losa, siendo el espaciamiento máximo el siguiente:

$$\text{Espaciamiento máximo} = 2 * \text{espesor de la losa (cm)}$$

Entonces:

$$\text{Espaciamiento máximo} = 2 * 10$$

$$\text{Espaciamiento máximo} = 20 \text{ cm}$$

- Acero mínimo para el espaciamiento máximo

$$A_s \text{ min} = (A_s \text{ 3/8} * b) / S \text{ max}$$

Donde:

S max = espaciamiento máximo = 20 cm

A_s 3/8 = área de acero de la varilla No.3 = 0,71 cm²

b = franja unitaria = 100 cm

A_s min = acero mínimo (cm²)

Aplicando dicha ecuación se obtiene lo siguiente:

$$A_s \text{ min} = (0,71 * 100) / 20$$

$$A_s \text{ min} = 3,55 \text{ cm}^2$$

- Momento resistente (Mu)

Para encontrar el momento resistente (Mu) se aplica la siguiente ecuación:

$$M_u = \Phi (A_s \text{ min} * f_y (d - (A_s \text{ min} * f_y / 1,7 * f'c * b)))$$

Donde:

Mu = momento resistente (kg-m)

A_s m = área de acero mínimo (cm²)

d = peralte efectivo (cm)

f_y = esfuerzo último del acero

f'_c = esfuerzo último del concreto

b = franja unitaria = 100cm

Entonces:

$$M_u = 0,9 (3,55 * 2 810 (7-(3,55 * 2 810 / 1,7 * 210 * 100)))$$

$$M_u = 603,372 \text{ kg-m}$$

Para los momentos menores al momento resistente se usará el acero mínimo ($A_s \text{ min} = 3,55 \text{ cm}^2$) y para los mayores se calculará el área de acero requerido de la siguiente manera:

$$A_s \text{ req} = (b*d - ((b * d)^2 - (M_u * b)/(0,003825 * f'_c))^{1/2}) * 0,85(f'_c/f_y)$$

Donde:

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

b = franja unitaria = 100 cm

d = peralte efectivo (cm)

M_u = momento resistente (kg-m)

f'_c = esfuerzo último del concreto

f_y = esfuerzo último del acero

El MA negativo = 828,144 kg-m, es mayor al momento resistente, entonces:

$$A_s \text{ req} = (100 * 7 - ((100 * 7)^2 - (828,144 * 100)/(0,003825 * 210))^{1/2}) * 0,85(210/2810)$$

$$A_s \text{ req} = 3,93 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento requerido ($A_s \text{ req}$)

$$S \text{ req} = (A_s \text{ 3/8} * b) / A_s \text{ req}$$

Donde:

$S \text{ req}$ = espaciamiento requerido (cm)

$A_s \text{ 3/8}$ = área de acero de la varilla No.3 (cm²)

b = franja unitaria = 100 cm

$A_s \text{ req}$ = acero requerido (cm²)

Aplicando la ecuación anteriormente mencionada se obtiene el siguiente resultado:

$$S \text{ req} = (0,71 * 100) / 3,93$$

$$S \text{ req} = 18,066 \text{ cm}$$

Para facilidades de ejecución, en el proyecto se utilizará un espaciamiento requerido de 15 cm.

A continuación se presenta un resumen de los datos obtenidos en el diseño de la losa:

Tabla IV. **Espaciamientos para momentos y áreas de acero**

| Momento Kg – m | Espesor de la losa (cm) | Peralte efectivo (cm) | As req (cm²) | S req (cm) |
|---------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 391,797 | 10 | 7 | 3,55 | 20 |
| 130,599 | 10 | 7 | 3,55 | 20 |
| 828,144 | 10 | 7 | 3,93 | 15 |

Fuente: elaboración propia.

- Verificación por corte

Para esta verificación se debe calcular tanto el corte máximo actuante (V_{act}), como el corte máximo resistente (V_{res}).

$$V_{act} = (CU * L) / 2 = (576 * 4,5) / 2 = 1\ 296\ \text{kg}$$

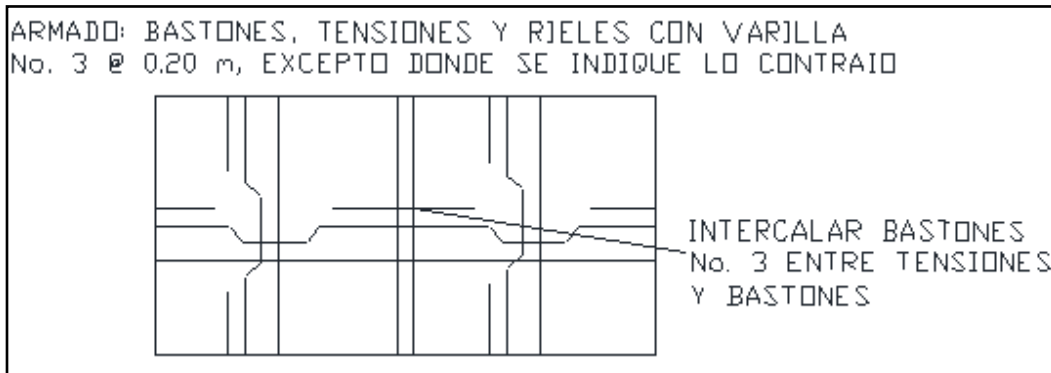
$$V_{res} = 45 * \sqrt{f'_c} * t = 45 * \sqrt{210} * 10 = 6\ 521,12\ \text{kg}$$

El corte máximo resistente es mayor al corte máximo actuante, por lo tanto, la losa resiste los esfuerzos por corte y tiene un espesor adecuado.

- Armado de la losa

Se colocarán bastones, tensiones y rieles con varillas No. 3 @ 0,20 m, excepto donde se indique lo contrario, para esta especificación, a continuación se muestra una figura del detalle armado:

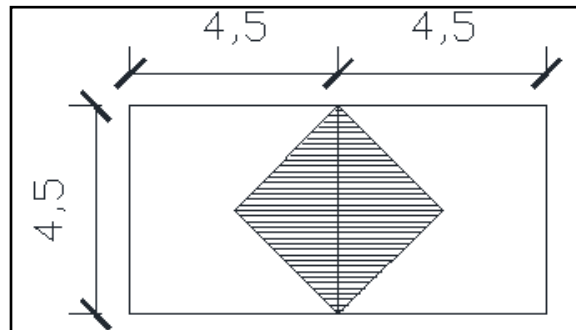
Figura 6. **Armado de la losa del tanque**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

- Diseño de viga intermedia

Figura 7. **Esquema de áreas tributarias**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

En la imagen se logra observar que las dos áreas tributarias son las mismas, entonces:

$$A1 = A2 = \frac{1}{2} (4,5\text{m} * 4,5\text{m}) = 10,125 \text{ m}^2$$

- Peso de la losa sobre la viga

$$WL1 = WL2 = (CU * A) / L$$

Donde:

WL = peso de la losa sobre la viga (kg/m)

CU = carga última (kg/m²)

A = área tributaria (m²)

L = luz libre (m)

Aplicando la ecuación anterior se obtiene el siguiente resultado:

$$WL1 = WL2 = (576 * 5,06) / 4,5 = 647,68 \text{ kg/m}$$

- Peso propio de la viga

$$W \text{ viga} = 1,4 (b * h * Wc)$$

Donde:

b = base de la viga (m)

h = altura de la viga (m)

Wc = peso específico del concreto (kg/cm³)

Aplicando la ecuación anteriormente mencionada se obtiene lo siguiente:

$$W \text{ viga} = 1,4 (0,15 * 0,30 * 2400) = 151,20 \text{ kg/m}$$

- Carga total (CT)

$$CT = Wlosa1 + Wlosa2 + Wviga$$

Donde:

$Wlosa1 = Wlosa2 =$ peso de la losa sobre la viga (kg/m)

$Wviga =$ peso propio de la viga (kg/m)

Entonces:

$$CT = 647,68 + 647,68 + 151,20 = 1\ 446,56 \text{ kg/m}$$

- Dimensiones de la viga

Para dimensionar la viga se tomaron en cuenta dos criterios que marca el ACI, los cuales se detallan a continuación:

$$H = L / 16 = 4,5 / 16 = 0,28 \text{ m}$$

$$H = 8 \% \text{ Luz libre} = 0,08 * 4,5 = 0,36 \text{ m}$$

Aplicando promedio a los dos criterios se obtiene lo siguiente:

$$\text{Altura} = (0,28 + 0,36) / 2 = 0,32 \text{ m}, = 0,30 \text{ m}$$

Tomando en cuenta una relación de base/altura de 2:1 se determina que la viga tenga una altura de 0,30 m y una base de 0,15 m.

Peralte = 0,30 cm - 0,04 cm = 26 cm, para comprobar que se tiene el peralte adecuado se debe considerar la relación base/peralte, la cual debe estar entre 0,25 y 0,65, para este caso base/peralte = 0,57.

- Momentos y cortes actuantes en la viga

- Momento último (Mu)

$$Mu = (CT * L^2) / 8$$

$$Mu = (1\ 446,56 * 4,5^2) / 8$$

$$Mu = 3\ 661,61\ \text{kg-m}$$

- Corte último (Vu)

$$Vu = (CT * L) / 2$$

$$Vu = (1\ 446,56 * 4,5) / 2$$

$$Vu = 3\ 254,76\ \text{kg}$$

- Cálculo del área de acero requerido (As req)

$$As\ req = (b * d - ((b * d)^2 - (Mu * b) / (0,003825 * f'c))^{1/2}) * 0,85(f'c / fy)$$

Donde:

b = base de la viga (cm)

d = peralte (cm)

Mu = momento último (kg-m)

f'c = esfuerzo último del concreto

fy = esfuerzo último del acero

Aplicando la ecuación anteriormente mencionada se obtiene el siguiente resultado:

$$As_{req} = (15 \cdot 26 - ((15 \cdot 26)^2 - (3 \ 661,61 \cdot 15) / (0,003825 \cdot 210))^{1/2}) \cdot 0,85 (210 / 2810)$$

$$As_{req} = 6,39 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del área de acero máximo (As max)

$$As_{max} = \rho_{max} \cdot b \cdot d$$

$$\rho_{max} = 0,5 \rho_{balanceado}$$

$$\rho_{balanceado} = ((0,85 \cdot \beta \cdot f'c) / (fy)) \cdot (6 \ 090 / (fy + 6 \ 090))$$

$$\rho_{balanceado} = ((0,85 \cdot 0,85 \cdot 210) / (2 \ 810)) \cdot (6 \ 090 / (2 \ 810 + 6 \ 090))$$

$$\rho_{balanceado} = 0,037$$

$$\rho_{max} = 0,5 (0,037) = 0,0185$$

$$As_{max} = (0,0185 \cdot 15 \cdot 26)$$

$$As_{max} = 7,22 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del área de acero mínimo ($A_s \text{ min}$)

$$A_s \text{ min} = (14,1 / f_y) b * d$$

$$A_s \text{ min} = (14,1 / 2 810) 15 * 26$$

$$A_s \text{ min} = 1,96 \text{ cm}^2$$

Como el área de acero mínimo es menor al área de acero requerido, y este, es menor al área de acero máximo, se considera la viga como simplemente reforzada.

Contemplando lo anteriormente mencionado, se debe calcular el refuerzo longitudinal y el refuerzo transversal, siendo estos los siguientes:

- Refuerzo longitudinal

Según el ACI, para la cama superior se debe considerar el mayor de los siguientes criterios:

- Mínimo 2 varillas corridas
- 33% del acero requerido = 2,11 cm^2
- Área de acero mínimo = 1,96 cm^2

Por lo tanto, se colocaran 2 varillas No. 4 corridas, obteniendo un área de acero de 2,54 cm^2 .

Según el ACI, para la cama inferior se debe considerar el mayor de los siguientes criterios:

- Mínimo 2 varillas corridas
- 50% del acero requerido = 3,19 cm²
- Área de acero mínimo = 1,96 cm²

El área de acero requerido es 6,39 cm², por lo tanto, se colocarán 2 varillas No. 4 más 1 varilla No.3 corridas, obteniendo un área de acero de 3,25 cm², tomando en cuenta que se debe cubrir el área de acero requerido, se colocarán 2 bastones No. 5, cubriendo un área de 3,96 cm², sumando las dos áreas de acero en la cama inferior (3,25 cm² + 3,96 cm² = 7,21 cm²), se logra cumplir con el acero requerido.

- Refuerzo transversal

- Corte último (Vu)

$$V_u = 3\,254,76 \text{ kg}$$

- Corte resistente (Vc)

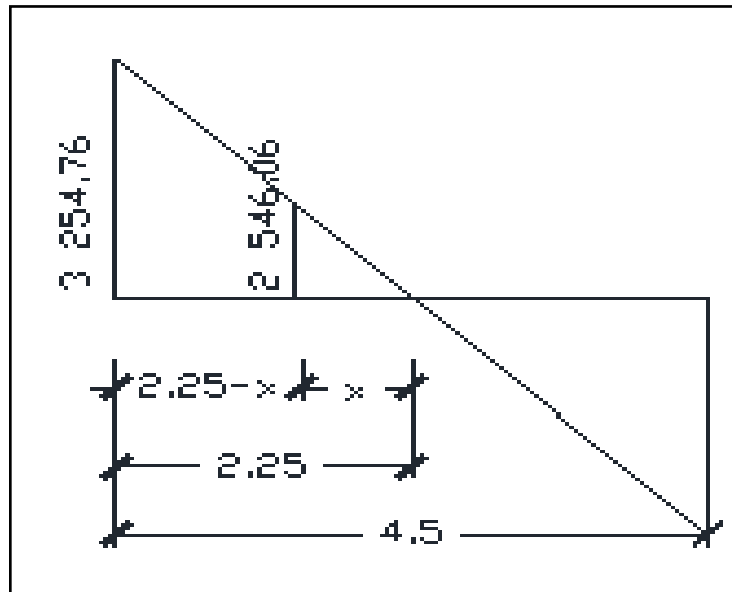
$$V_c = \Phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 15 * 26$$

$$V_c = 2\,546,06 \text{ kg}$$

Tomando en cuenta que la longitud de la viga es de 4,5 m se procede a encontrar la longitud de confinamiento de la siguiente manera:

Figura 8. Confinamiento en la viga intermedia



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

Por medio de una relación de triángulos se logra determinar que el valor de X es de 1,76 m, por lo tanto la longitud de confinamiento es:

$$\text{Longitud de confinamiento} = 2,25 - 1,76 = 0,49 \text{ m}$$

- Espaciamiento máximo en zona de confinamiento (S max)

$$S \text{ max} = d / 2 \leq 0,30$$

$$S \text{ max} = 26 / 2$$

$$S \text{ max} = 13 \text{ cm}$$

- Espaciamiento en el resto de la viga

$$S = (2 * Avar * fy * d) / Vu$$

Donde:

S = espaciamento (cm)

Avar = área de la varilla (cm²)

d = peralte (cm)

fy = esfuerzo último del acero

Vu = corte último (kg)

Entonces:

$$S = (2 * 0,71 * 2810 * 26) / 3254,76$$

S = 31,87 cm, por facilidad se utilizará 25 cm.

En la viga intermedia se colocarán 4 estribos No.3 @ 0,13 m en ambos lados y en los extremos 1 estribo No. 3 @ 0,07 m. En el resto de la viga se colocarán estribos No. 3 @ 0,25 m.

2.1.10.6.3. Diseño del muro del tanque

Datos:

q_s = valor soporte del suelo = 20 Ton/m² (asumido)

Φ = ángulo de fricción interna = 30°

W_a = peso del agua = 1 Ton/m³

W_s = peso del suelo = 1,4 Ton/m³

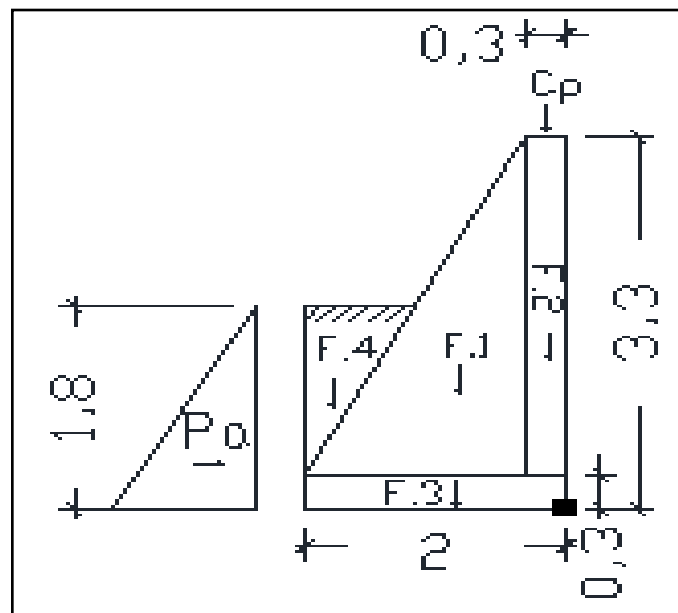
W_{cp} = peso del concreto ciclópeo = 2,0 Ton/m³

W_c = peso del concreto = 2,4 Ton/m³

f'_c = esfuerzo último del concreto = 210 kg/cm²

f_y = esfuerzo último del acero = 2810 kg / cm²

Figura 9. Diagrama de fuerzas que actúan sobre el muro



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

- Carga uniformemente distribuida (Wt)

$$Wt = W \text{ losa} + \text{viga intermedia} + W \text{ viga de apoyo}$$

$$Wt = 1\,446,56 \text{ kg/m} + 151,20 \text{ kg/m}$$

$$Wt = 1\,597,76 \text{ kg/m}$$

- Wt como carga puntual

$$Cp = 1\,597,76 \text{ kg/m} * (1 \text{ m})$$

$$Cp = 1\,597,76 \text{ kg}$$

- Momento generado por la carga puntual (Cp)

$$Mcp = 1\,597,76 \text{ kg} * 0,15 \text{ m}$$

$$Mcp = 239,66 \text{ kg-m}$$

- Presión activa (Pa)

Cálculo del coeficiente activo (Ka)

$$Ka = (1 - \text{sen } \Phi) / (1 + \text{sen } \Phi) = (1 - \text{sen } 30) / (1 + \text{sen } 30) = 0,33$$

Entonces:

$$Pa = 1/2 * ka * Wsuelo * H^2$$

$$Pa = 1/2 * 0,33 * (1\ 400\ \text{kg/m}^2) * (1,8\ \text{m})^2$$

$$Pa = 748,44\ \text{kg}$$

- Chequeo por volteo

Tabla V. **Peso del muro y momento resultante**

| Figura | Área (m ²) | W (kg) | Brazo (m) | MR (kg-m) |
|-----------|------------------------|----------|-----------|-----------|
| 1 | 2,55 | 5 100 | 0,87 | 4 437,00 |
| 2 | 0,90 | 1 800 | 0,15 | 270,00 |
| 3 | 0,60 | 1 200 | 1,00 | 1 200,00 |
| 4 | 0,64 | 896 | 1,72 | 1 541,12 |
| Sumatoria | | 8 996,00 | | 7 448,12 |

Fuente: elaboración propia.

$$WT = W\ (\text{kg}) + Wt\ (\text{kg})$$

$$WT = 8\ 996,00 + 1\ 597,76 = 10\ 593,76\ \text{kg}$$

$$MR_{\text{total}} = MR\ (\text{kg-m}) + M_{\text{cp}}\ (\text{kg-m})$$

$$MR_{\text{total}} = 7\ 448,12 + 239,66 = 7\ 687,78\ \text{kg-m}$$

- Momento de volteo (Mv)

$$Mv = 1/3 * Pa * H$$

$$Mv = 1/3 * 748,44 * 1,8 = 449,06\ \text{kg-m}$$

- Factor de seguridad contra volteo (Fsv)

$$Fsv > 1,5$$

$$Fsv = MR_{total} \text{ (kg-m)} / Mv \text{ (kg-m)}$$

$$Fsv = 7687,78 / 449,06 = 17,11 > 1,5$$

- Chequeo por deslizamiento

$$\text{Coeficiente de fricción} = 0,9 * \text{tng } \Phi$$

$$\text{Fuerza de fricción} = WT * \text{Coeficiente de fricción}$$

Entonces:

$$\text{Coeficiente de fricción} = 0,9 * \text{tng } 30 = 0,52$$

$$\text{Fuerza de fricción} = 10\,593,76 \text{ kg} * 0,52 = 5\,508,76 \text{ kg}$$

- Factor de seguridad contra deslizamiento

$$Fsd > 1,5$$

$$Fsv = \text{Fuerza de fricción} / Pa$$

$$Fsv = 5\,508,76 / 748,44 = 7,36 > 1,5$$

- Chequeo por capacidad soporte del suelo
 - Brazo para todos los momentos (X)

$$X = (MR_{total} - M_v) / WT = (7\,687,78 \text{ kg-m} - 449,06 \text{ kg-m}) / 10\,593,76 \text{ kg}$$

$$X = 0,68 \text{ m}$$

$$3X > \text{base}$$

$$3 \cdot (0,68 \text{ m}) > 2 \text{ m}$$

$$2,04 \text{ m} > 2 \text{ m}$$

Esto da la certeza de que no hay presiones negativas en el muro.

- Excentricidad (e)

$$e = |x - (b/2)|$$

$$e = |0,68 \text{ m} - (2 \text{ m} / 2)| = 0,32 \text{ m}$$

- Chequeo por capacidad soporte del suelo (q_{max} y q_{min})
 - ✓ $q_{max} < \text{capacidad soporte del suelo} = 20\,000 \text{ kg/m}^2$
 - ✓ $q_{min} > 0$

$$q_{\max} = (WT/b \cdot L) \cdot (1 + (6e/b))$$

$$q_{\max} = (10\,593,76 \text{ kg/2 m} \cdot 1 \text{ m}) \cdot (1 + (6 \cdot 0,32 \text{ m}) / 2 \text{ m}) = 10\,381,88 \text{ kg/m}^2$$

$$10\,381,88 \text{ kg/m}^2 < 20\,000 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_{\min} = (WT/b \cdot L) \cdot (1 - (6e/b))$$

$$q_{\min} = (10\,593,76 \text{ kg} / 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}) \cdot (1 - (6 \cdot 0,32 \text{ m}) / 2 \text{ m}) = 211,88 \text{ kg/m}^2$$

$$211,88 \text{ kg/m}^2 > 0$$

Todos los chequeos del muro cumplen con lo requerido, por lo tanto las dimensiones del mismo son correctas.

2.1.10.7. Válvulas

Una válvula es el dispositivo que permite la regulación del paso del agua u otro flujo en una tubería, abriéndose y cerrándose para su funcionamiento.

Para este proyecto se colocarán los siguientes tipos de válvulas:

2.1.10.7.1. Válvula de aire

Como el nombre lo indica, esta sirve para eliminar el aire que se acumula en la tubería y que forma vacíos, evitando así un colapso de la misma. Para este proyecto se colocará una válvula de aire en P-7,2, como se indica en los planos 8 (planta-perfil) y 15 (detalles constructivos).

2.1.10.7.2. Válvula de compuerta

Sirven para detener o liberar el paso del agua en la tubería, están hechas de bronce o de hierro fundido, cabe mencionar que es completamente incorrecto utilizarlas para regular el flujo. Regularmente se colocan antes y después del tanque de distribución, también son utilizables para seccionar tramos en las tuberías. Las válvulas de compuerta que se utilizarán en este proyecto se detallan en los planos 7 (planta-perfil) y 15 (detalles constructivos).

2.1.10.7.3. Válvula de limpieza

Cabe mencionar que como válvula de limpieza se utiliza una válvula de compuerta, para este proyecto no se colocará este dispositivo.

2.1.11. Sistema de desinfección

El sistema de desinfección cuenta con un hipoclorador en el cual se aplicará hipoclorito de calcio de manera automática, este sistema se ubicará antes de ingresar al tanque, no necesita de energía eléctrica y funciona por medio de unas tabletas de 300 gramos. Según la Norma COGUANOR NGO 29 001, este sistema combate las bacterias y virus, además establece que la cantidad mínima de cloro que se debe aplicar es de dos partes por millón (2ppm), es decir, dos gramos por metro cúbico de agua.

Para determinar la cantidad de tabletas que se debe utilizar en este sistema mensualmente se efectúa el siguiente procedimiento:

$$\text{Flujo de cloro} = Q_{\text{conducción}} (\text{l/m}) * \text{Demanda de cloro (ppm)} * 0,06$$

$$\text{Flujo de cloro} = 199,20 \text{ l/m} * 2 \text{ ppm} * 0,06 = 23,90 \text{ g/h}$$

Conversión a tabletas por mes:

$$23,90 \text{ g / h} * 24 \text{ h / día} * 30 \text{ días / mes} * 1 \text{ tableta / 300 g} = 57,36$$

58 tabletas / mes

2.1.12. Programa de operación y mantenimiento

En resumen, el proyecto consta de un sistema de bombeo de 20 caballos de fuerza, el cual impulsa el agua por medio de una tubería de 4 pulgadas de diámetro hasta un tanque de distribución (de concreto ciplópeo) ubicado a 310,95 metros de distancia y a una altura de 72,28 metros. El agua antes de ingresar al tanque pasa por un hipoclorador, el cual por medio de pastillas de hipoclorito de calcio desinfecta el agua.

Posteriormente el agua es conducida hasta la aldea por medio de una tubería de PVC 3 pulgadas de diámetro y en la red de distribución, la cual consta de ramales abiertos, el agua es servida a 290 viviendas, en dicha red los diámetros de la tubería varían según el diseño.

- **Operación**

Se entiende por operación a toda actividad la cual permite que el sistema de agua potable tenga un funcionamiento correcto, en este caso, la operación consiste en bombear el agua activando una bomba sumergible, además de manejar una válvula de compuerta la cual permite que el agua ingrese al

tanque. Antes de ingresar al mismo, el agua pasa por un proceso de cloración con tabletas de hipoclorito de calcio, las cuales deben ser cambiadas periódicamente para la desinfección de la misma. A través de la válvula de compuerta ubicada en la salida del tanque, se podrá manipular la distribución del agua a la comunidad. Cabe mencionar que es recomendable que el sistema trabaje con todas las válvulas abiertas para evitar estancamientos en el mismo. En la red de distribución, para cada vivienda se colocará una válvula de entrada, se recomienda mantenerla cerrada si no existe ningún consumo temporal y manipularla únicamente a la hora de alguna revisión de mantenimiento.

- **Mantenimiento**

Para que el sistema de abastecimiento de agua potable funcione adecuadamente es importante brindar el mantenimiento necesario a cada una de las partes del mismo.

En el sistema de succión es importante realizar revisiones en el equipo de bombeo y la acometida eléctrica, después de alguna eventualidad climática es necesario verificar que todas las conexiones están correctamente instaladas y que no existe ningún residuo como hojas o material suelto. En la línea de impulsión existen cheques horizontales y una válvula de compuerta, dichos elementos están resguardados por una caja de concreto la cual tiene una tapadera removible para la revisión y así comprobar que el agua está circulando correctamente.

Antes de ingresar al tanque estará el hipoclorador, este debe estar en un lugar seco y ventilado, también se tiene que tener el debido resguardo contra incendios o debe estar lejos de cualquier elemento que haga uso del fuego para

su funcionamiento ya que si se produce un accidente, este elemento libera oxígeno y se debe apagar únicamente con agua. Para la revisión y cambio de tableta de cloro en el tamiz del hipoclorador, es necesario colocarse guantes limpios y después lavarse adecuadamente.

En el tanque de almacenamiento el mantenimiento se debe hacer con previo aviso, ya que el sistema se debe dejar sin funcionamiento para el vaciado, cerrando las válvulas de compuerta y abriendo la válvula de limpieza. Posteriormente a esto, se procede a limpiar el tanque internamente por medio de escobas y cepillos, para quitar la arena o algún otro residuo que se presente. Luego de esto se debe expulsar por medio de la válvula de limpieza toda el agua utilizada para dicho proceso, dejando el tanque vacío, terminado este procedimiento se puede poner nuevamente en funcionamiento el sistema.

Para esto, se debe aperturar el hipoclorador y las válvulas que fueron cerradas, así como cerrar la válvula de limpieza, esto permitirá transportar nuevamente el agua por la línea de distribución hasta la red. En esta línea se debe examinar la válvula de aire periódicamente, esta estará completamente tapada con una caja de concreto y una tapadera para la compostura en caso de que fallara.

Las conexiones domiciliarias deben ser revisadas continuamente, esto para comprobar que los accesorios estén trabajando de manera adecuada.

2.1.13. Propuesta de tarifa

La propuesta de tarifa se basa en los siguientes gastos de operación y mantenimiento, obteniendo el valor de la siguiente manera:

- Gastos de desinfección

Anteriormente se determinó que se necesitarán 58 tabletas de hipoclorito de calcio por mes, teniendo estas un costo de Q. 240,00 se logra determinar lo siguiente:

Gasto de desinfección mensual = No. tabletas * costo de la tableta

$$\text{Gasto de desinfección mensual} = 58 * 240 = \text{Q. } 13\,920,00$$

- Gastos de bombeo

$$C_b = P * \text{horas de bombeo mensual} * \text{precio kw/hora}$$

Donde:

P = potencia de la bomba = 20 caballos de fuerza = 14,92kw

Precio kw/hora = Q. 1,92

Horas de bombeo mensual = 15h/día * 30 días/mes = 450 horas

C_b = costo del bombeo

Entonces:

$$C_b = 14,92 * 450 * 1,92$$

$$C_b = \text{Q. } 12\,890,88$$

- Gastos de operación y mantenimiento

Es el gasto que se realiza para que el sistema trabaje adecuadamente, se necesita un trabajo de operación diario para poner en funcionamiento el equipo y un trabajo de por lo menos 5 días a la semana de fontanería para reparaciones y mantenimiento del mismo. Para determinar este gasto se hace uso del salario mínimo aumentado en un 40 % debido a las prestaciones laborales, de lo anteriormente mencionado se obtiene lo siguiente:

$$\text{Gasto en operación} = \text{salario mínimo diario} * 1,4 * 30 \text{ días/mes}$$

$$\text{Gasto en mantenimiento} = \text{salario mínimo diario} * 1,4 * 20 \text{ días/mes}$$

Entonces:

$$\text{Gasto en operación} = \text{Q. } 74,97 * 1,4 * 30 = \text{Q. } 3\ 148,74 \text{ mensual}$$

$$\text{Gasto en mantenimiento} = \text{Q. } 74,97 * 1,4 * 20 = \text{Q. } 2\ 099,16 \text{ mensual}$$

$$\text{Gasto total} = \text{Q. } 5\ 247,90 \text{ mensual}$$

- Gastos de reserva

Este gasto se estima como el 10 % del costo total del proyecto recuperable en 20 años, estos gastos se consideran para realizar pequeñas reparaciones, nuevas conexiones domiciliarias, entre otras actividades que se presenten repentinamente.

$$\text{Gastos de reserva (anuales)} = 0,5 \% * \text{costo total del proyecto}$$

Gastos de reserva = $0,005 * Q. 1\ 488\ 857,54 = Q. 7\ 444,28$ anuales

Gastos de reserva = Q. 620,35 mensuales

- Gastos de administración del comité local del agua

Se propone que los gastos de administración serán el 10 % del cobro de la tarifa, esto se debe a las gestiones que se tengan mientras funcione el proyecto, por ejemplo: papelería y mobiliario, viáticos para los viajes en los cuales se tengan que hacer trámites municipales, compras de accesorios para tuberías, entre otros, de lo anteriormente mencionado se obtiene lo siguiente:

Gastos administrativos = $0.10 (13,920 + 12\ 890,88 + 5\ 247,90 + 620,35)$

Gastos administrativos = Q. 3 267,91

- Tarifa mensual

La tarifa mensual será el valor que se debe pagar por vivienda en la comunidad para cubrir con todos los gastos mencionados anteriormente, esto se define como:

Tarifa mensual = gastos totales / No. conexiones domiciliarias

Tarifa mensual = $Q. 35\ 947,04 / 290$ conexiones

Tarifa mensual = $Q. 123,95 = Q. 124$

El valor que se debe pagar por vivienda es considerablemente elevado, por lo que se debe hacer un acuerdo con la Municipalidad de Ipala, Chiquimula, para cubrir este gasto.

2.1.14. Elaboración de planos

Para el presente proyecto se presenta un juego de planos en el cual se detallan gráficamente todos los componentes de los que consta el proyecto, desde una planta general para la ubicación del lugar, hasta los detalles constructivos del trabajo a realizar. Estos planos son los que se describen a continuación:

Tabla VI. **Planos del sistema de abastecimiento de agua potable**

| Número de plano | Descripción |
|------------------------|-------------------------|
| 1/16 | Panta general |
| 2/16 | Planta general tramo 2 |
| 3/16 | Planta general tramo 3 |
| 4/16 | Planta conjunto tramo 1 |
| 5/16 | Planta conjunto tramo 2 |
| 6/16 | Planta conjunto tramo 3 |
| 7/16 | Planta-perfil |
| 8/16 | Planta-perfil |
| 9/16 | Planta-perfil |
| 10/16 | Planta-perfil |
| 11/16 | Planta-perfil |
| 12/16 | Planta-perfil |
| 13/16 | Planta-perfil |
| 14/16 | Tanque de distribución |
| 15/16 | Detalles constructivos |
| 16/16 | Caseta para bomba |

Fuente: elaboración propia.

2.1.15. Elaboración del presupuesto

Para la elaboración del presupuesto se tomaron en cuenta cotizaciones realizadas en la región, además se utilizó un 30 % de costos indirectos, para gastos de administración, supervisión e imprevistos. También es importante mencionar que la mano de obra se estableció con los precios que se manejan en la municipalidad.

Tabla VII. Presupuesto del sistema de agua potable

| Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo | | | | | |
|--|------------------------------------|--------------------------------------|--------|--------------|-----------------------|
| Ubicación | | Aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula | | | |
| Fecha | | Diciembre de 2013 | | | |
| PRECIOS UNITARIOS TOTALES | | | | | |
| No. | RENLÓN | CANTIDAD | UNIDAD | P.U | TOTAL |
| 1 | Trabajos preliminares | 6 797,44 | ml | Q 55,28 | Q 375 775,72 |
| 1,1 | Replanteo topográfico | 6 797,44 | ml | Q 1,30 | Q 8 836,67 |
| 1,2 | Excavación de terreno | 4 078,46 | m3 | Q 60,00 | Q 244 707,60 |
| 1,3 | Relleno de terreno | 3 670,61 | m3 | Q 28,35 | Q 104 061,91 |
| 1,4 | Retiro del material de desperdicio | 407,85 | m3 | Q 44,55 | Q 18 169,54 |
| 2 | Sistema de bombeo | 1,00 | Global | Q 174 449,01 | Q 174 449,01 |
| 2,1 | Bomba sumergible de 20 HP | 1,00 | Global | Q 154 872,00 | Q 154 872,00 |
| 2,2 | Caseta de bombeo | 1,00 | Global | Q 19 577,01 | Q 19 577,01 |
| 3 | Línea de impulsión | 1,00 | Global | Q 60 455,81 | Q 60 455,81 |
| 3,1 | Tubería PVC de Ø4" de 250 PSI | 166,67 | ml | Q 201,79 | Q 33 632,81 |
| 3,2 | Tubería PVC de Ø4" de 160 PSI | 143,33 | ml | Q 162,96 | Q 23 357,36 |
| 3,3 | Cheque horizontal Ø4" | 2,00 | Global | Q 1 732,82 | Q 3 465,64 |
| 4 | Tanque de distribución | 1,00 | Global | Q 233 871,12 | Q 233 871,12 |
| 5 | Red de distribución | 1,00 | Global | Q 266 780,99 | Q 266 780,99 |
| 5,1 | Tubería de Ø3" de 160 PSI | 2 481,68 | ml | Q 74,95 | Q 186 003,04 |
| 5,2 | Tubería de Ø2 1/2" de 160 PSI | 258,74 | ml | Q 52,55 | Q 13 597,16 |
| 5,3 | Tubería de Ø2" de 160 PSI | 179,43 | ml | Q 38,53 | Q 6 914,33 |
| 5,4 | Tubería de Ø1 1/2" de 160 PSI | 389,61 | ml | Q 28,94 | Q 11 274,62 |
| 5,5 | Tubería de Ø1" de 160 PSI | 868,92 | ml | Q 20,87 | Q 18 134,12 |
| 5,6 | Tubería de Ø3/4" de 250 PSI | 1 351,82 | ml | Q 14,00 | Q 18 926,99 |
| 5,7 | Tubería de Ø1/2" de 315 PSI | 947,24 | ml | Q 12,60 | Q 11 930,73 |
| 6 | Conexiones domiciliarias | 290,00 | Global | Q 1 273,06 | Q 369 187,40 |
| 7 | Cajas y válvulas de control | 2,00 | Global | Q 2 022,07 | Q 4 044,14 |
| 7,1 | Válvula de compuerta de Ø4" | 1,00 | Unidad | Q 2 051,32 | Q 2 051,32 |
| 7,2 | Válvula de compuerta de Ø3" | 1,00 | Unidad | Q 1 992,82 | Q 1 992,82 |
| 8 | Clorador de pastillas con caja | 1,00 | Global | Q 4 293,35 | Q 4 293,35 |
| COSTO TOTAL DEL PROYECTO | | | | | Q 1 488 857,54 |

Fuente: elaboración propia.

2.1.16. Evaluación socioeconómica

El análisis socioeconómico mide por medio de la relación costo/beneficio el efecto que el proyecto tendrá en la sociedad. Es importante determinar esta relación para saber si la inversión que se realizará en el proyecto es beneficiosa para la población que hará uso del mismo.

2.1.16.1. Valor Presente Neto (VPN)

En este caso, este valor servirá para evaluar en el presente todos los movimientos monetarios que se tengan en el proyecto a lo largo de su funcionamiento, también permitirá analizar si el proyecto es auto sostenible comparando los ingresos con los egresos que se tengan, para hacer esta evaluación es necesario efectuar el siguiente procedimiento:

Egresos mensuales = Q. 35 947,04

Egresos anuales = Q. 431 364,48

Ingresos mensuales = Q. 124 * 290 viviendas = Q. 35 960

Ingresos anuales = Q. 431 520

VPe = Valor Presente de egresos (gastos)

VPi = Valor Presente de ingresos

$$VPe = 431\,364,48 * ((1 + 0,05)^{20} - 1)/(0,05 * (1 + 0,05)^{20})$$

$$VPe = 431\,364,48 * 12,46$$

$$VPe = Q. 5\,374\,801,42$$

$$VPi = 431\,520 * ((1 + 0.05)^{20} - 1)/(0.05 * (1 + 0.05)^{20})$$

$$VPi = 431\,520 * 12,46$$

$$VPi = Q. 5\,376\,739,20$$

$$VPN = \text{ingresos} - \text{egresos}$$

$$VPN = 5\,376\,739,20 - 5\,374\,801,42 = Q. 1\,937,78$$

Se logra determinar que la propuesta de la tarifa es adecuada para el sostenimiento del proyecto.

2.1.16.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es importante mencionar que el proyecto es de carácter social, esto indica que la tasa interna de retorno no será agradable, por tal motivo se procede a analizar el costo/beneficio, dando un parámetro de la importancia que se tiene en la inversión del proyecto, para esto se realiza el siguiente procedimiento:

$$\text{Costo} = \text{inversión inicial} - \text{VPN}$$

$$\text{Costo} = 1\,488\,857,54 - 1\,937,78$$

$$\text{Costo} = Q. 1\,486\,919,76$$

Beneficio: población futura = 2 395 habitantes

$$\text{Costo} / \text{beneficio} = 1\,486\,919,76 / 2\,395 = Q. 620,84 \text{ por habitante}$$

2.1.17. Evaluación inicial de impacto ambiental

Esta evaluación demuestra todos los impactos que se generan con la ejecución de este proyecto. Un impacto es cualquier efecto al ambiente causado por una acción propuesta. Para realizar esta evaluación es necesario analizar los sistemas ambientales con los respectivos aspectos.

En el caso de que el impacto sea negativo, es importante mitigarlo ya que conservar los sistemas ambientales es un requisito fundamental para llevar a cabo este tipo de proyectos.

Tabla VIII. Cuadro de impacto, sistema de agua potable

| Sistema Ambiental | Impacto que genera | Descripción del impacto generado | Lugar donde se genera el impacto | Mitigación del impacto |
|-------------------|---|--|--|---|
| Atmosférico | Generación de humo, polvo y óxidos. | Daño a la salud de los habitantes por la propagación de estos componentes al utilizar materiales de construcción. | Construcción de la caseta, tanque de distribución, cajas para válvulas y elaboración de zanja, además del relleno de la misma. | Hacer previo aviso de la construcción para mantener una distancia prudente con los habitantes de la población y manejar adecuadamente los materiales. |
| Hídrico | Se generarán grandes cantidades de aguas residuales ya que se tendrá más agua en uso. | Utilización del agua para servicios domésticos, lavado de maquinaria, transporte o algún otro elemento, además del uso que se le dé en actividades de trabajo de los habitantes de la población. | En toda la comunidad y sectores cercanos a la misma. | Crear una conciencia y moderar el uso del agua, dando a conocer los problemas que se generan si se utiliza de manera inadecuada. |

Continuación de la tabla VIII.

| | | | | |
|--------------------|---|---|---|--|
| Audiovisual | No causa efecto. | No causa efecto. | No causa efecto. | No causa efecto. |
| Suelo | Acumulación de desechos sólidos o material de desperdicio | Daño a cultivos cercanos a las construcciones realizadas. | Área de construcción del proyecto en toda la comunidad. | Evacuar todos los residuos y materiales de desperdicio que se generen al ejecutar la construcción del proyecto. |
| Natural y cultural | No causa efecto. | No causa efecto. | No causa efecto. | No causa efecto. |
| Biótico | En cuanto a la flora se refiere, daño a zonas de cultivo. | Daños a los cultivos generados para el comercio y consumo propio de la población. | Elaboración de la zanja para la conducción del agua a la comunidad. | Considerar las zonas donde no se generen cultivos o donde no existan siembras al momento de la introducción de la tubería. |
| Socioeconómico | Genera un impacto positivo al desarrollo social de la comunidad pero un impacto negativo a considerar en materia económica para los habitantes de la comunidad. | Para el desarrollo social muestra un avance en infraestructura y satisfacción de una necesidad básica. En cuanto a lo económico genera un egreso económico para los habitantes del lugar. | Toda la población a la que beneficia el proyecto. | Hacer un acuerdo con la municipalidad de Ipala, Chiquimula, para que de un aporte económico y garantizar el funcionamiento de este sin afectar a la comunidad. |

Fuente: elaboración propia.

2.2. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula

A continuación se detallan todos los conceptos y procedimientos necesarios para el diseño de este sistema.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para toda la comunidad, aplicando las Normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM). Este sistema será diseñado para 30 años y se tomará en cuenta una dotación de 100 litros/habitante/día, ya que es un proyecto destinado para el área rural y es un valor asignado por la Municipalidad.

Este proyecto cubrirá la necesidad básica de la evacuación del agua residual generada por las distintas actividades que realicen los habitantes de la comunidad, el alcantarillado tendrá una longitud 5 843,06 metros lineales, 87 pozos de visita, 290 conexiones domiciliarias y un sistema de tratamiento primario con base en fosas sépticas. El afluyente será depositado en una quebrada aledaña al lugar.

2.2.2. Levantamiento topográfico

Permite observar las características físicas del terreno, en este caso las pendientes y longitudes para determinar por donde se realizará la evacuación del agua residual. Las dos ramas fundamentales a tomar en cuenta son la planimetría y la altimetría, dichos componentes se describen en el punto 2.1.9 ya que la ejecución de este proyecto es en la misma comunidad a la cual se le hará la introducción de agua potable.

Para este proyecto se hizo uso de una estación total marca TOPCON GTS 105 N.

2.2.3. Diseño del sistema

Para el diseño del sistema de alcantarillado es importante tomar en cuenta ciertos factores y criterios, los cuales se describen a continuación.

2.2.3.1. Descripción del sistema a utilizar

Para los proyectos de este tipo existen cuatro sistemas de alcantarillado que es importante mencionar, la elección del sistema dependerá de las necesidades que se tengan como prioridad para satisfacer. Los cuatro tipos de alcantarillados son los siguientes:

- Alcantarillado sanitario: es el que conduce aguas residuales de origen domestico, industrial y comercial. También se debe tomar en cuenta la infiltración y las conexiones ilícitas.
- Alcantarillado pluvial: es el que conduce el agua de lluvia o precipitaciones.
- Alcantarillado separativo: es el que conduce los dos sistemas anteriormente mencionados en distinta tubería.
- Alcantarillado combinado: es el que conduce el agua residual y pluvial en un mismo sistema de tubería.

En este proyecto se busca evacuar las aguas residuales, por lo tanto se muestra el diseño del sistema de alcantarillado sanitario.

2.2.3.2. Período de diseño

Según las Normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), el período de diseño para los sistemas de alcantarillado debe estar entre 20 y 40 años, para este caso se utilizará un período de 30 años, este será el tiempo que el sistema trabajará adecuadamente.

- Población de diseño

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), la tasa de crecimiento para esta región es del 2,112 por ciento. Tomando en cuenta que el período de diseño para este proyecto es de 30 años, se procede a calcular la población futura por medio del siguiente procedimiento:

$$Pf = Po (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = población futura (población de diseño)

Po = población inicial según censo realizado = 1 544 habitantes

r = tasa de crecimiento = 2,112 %

n = período de diseño = 30 años

Aplicando la ecuación indicada se obtiene el siguiente resultado:

$$Pf = 1\,544 (1+0,02112)^{30} = 2\,892 \text{ habitantes}$$

2.2.3.3. Factor de retorno

Es un factor que se toma en cuenta en el caudal domiciliario, este tiene que ver con la dotación, la cual se ve afectada por un valor de retorno que varía entre el 70 y 90 por ciento, dicho valor define la cantidad de agua de origen doméstico que se descarga al colector. Para este proyecto se utilizará un factor de 0,9, es decir el 90 por ciento.

2.2.3.4. Factor de Harmond

Es un factor que indica el número de usuarios que están haciendo uso del servicio, también es llamado factor de flujo instantáneo y regula la máxima aportación por uso doméstico, esto se da cuando se están utilizando varios componentes sanitarios de las viviendas al mismo tiempo. Este factor se calcula de la siguiente manera:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}$$

Donde:

FH = factor de Harmond

P = población futura

Entonces:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{2\ 892}{1\ 000}}}{4 + \sqrt{\frac{2\ 892}{1\ 000}}} = 3,46$$

2.2.3.5. Caudal sanitario

El caudal sanitario se determina mediante la sumatoria del caudal domiciliar, industrial, comercial, por infiltración y conexiones ilícitas, descartando cualquier otro que se genere para el sistema. Este caudal viene dado por la siguiente fórmula:

$$Q_s = Q_{dom} + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{inf} + Q_{cil}$$

Donde:

Q_s = caudal sanitario

Q_{dom} = caudal domiciliar

Q_{ind} = caudal industrial

Q_{com} = caudal comercial

Q_{inf} = caudal por infiltración

Q_{cil} = caudal por conexiones ilícitas

Todos los caudales mencionados anteriormente se dan en litros por segundo.

2.2.3.5.1. Caudal domiciliar

El caudal domiciliar está relacionado con el suministro de agua que se tenga para los habitantes de la población, se define como la cantidad de agua que se utiliza en las viviendas. Actividades como riego de jardines, lavado de automóviles, etcétera, no se toman en cuenta, por esto se utiliza un factor de retorno de 0,9 como se mencionó anteriormente, dicho caudal viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{dom} = \frac{Dot * Pob * FR}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{dom} = caudal domiciliar (l/s)

Dot = dotación = 100 lt/hab/día

Pob = población futura = 2 892 habitantes

FR = factor de retorno = 0,9

86 400 = segundos que tiene un día

Aplicando la ecuación se obtiene el siguiente resultado:

$$Q_{dom} = \frac{100 * 2\ 892 * 0,9}{86\ 400}$$

$$Q_{dom} = 3,01\ l/s$$

2.2.3.5.2. Caudal industrial

Es el agua residual que se genera en las industrias que estén ubicadas en la comunidad, como por ejemplo: fabricas de alimentos, bebidas, industrias textiles, etcétera. Este caudal depende de la dotación asignada para este tipo de descarga, la cual se puede estimar entre 1 000 y 18 000 litros/industria/día. Para calcular este valor se procede a utilizar la siguiente ecuación:

$$Q_{ind} = \frac{Dot * No. Ind.}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{ind} = caudal industrial (l/s)

Dot = dotación (lt/ind/día)

No. Ind. = número de industrias

86 400 = segundos que tiene un día

Por las condiciones de este proyecto y tomando en cuenta que está en el área rural, no existe el caudal industrial a considerar, por lo tanto el caudal industrial es nulo.

2.2.3.5.3. Caudal comercial

Es el agua residual que se genera en los comercios que estén ubicadas en la comunidad, como por ejemplo; locales (centros) comerciales, restaurantes, hoteles, etcétera. Este caudal depende de la dotación asignada para este tipo de descarga, la cual se puede estimar entre 600 y 3 000 litros/comercio/día. Para calcular este valor se procede a utilizar la siguiente ecuación:

$$Q_{com} = \frac{Dot * No. Com.}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{ind} = caudal comercial (l/s)

Dot = dotación (lt/com/día)

No. Com. = número de comercios

86 400 = segundos que tiene un día

Por las condiciones de este proyecto y tomando en cuenta que está en el área rural, no existe el caudal comercial a considerar, por lo tanto el caudal comercial es nulo.

2.2.3.5.4. Caudal por infiltración

Este caudal es el que se infiltra en la tubería, depende de la profundidad de la misma, la permeabilidad del terreno, el tipo de junta que se utilice, su colocación y supervisión. Según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), los caudales por kilómetro de tubería que contribuya al tramo se estimarán, calculando los tubos centrales y los de conexión domiciliar así, en litros por segundo:

$$Q_{inf} = 0,01 * \text{diámetro (plg)} * \text{km de tubería}$$

Entonces:

$$Q_{inf} = 0,01 * 6 * 5,84$$

$$Q_{inf} = 0,35 \text{ l/s}$$

2.2.3.5.5. Caudal por conexiones ilícitas

Es el caudal que se produce de las conexiones por error de bajadas pluviales al alcantarillado sanitario, este se puede determinar de distintas maneras las cuales se describen a continuación:

Cuando se tiene la información necesaria se puede utilizar el método racional el cual se describe de la siguiente manera:

$$Q_{cil} = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q_{cil} = caudal por conexiones ilícitas (m^3/s)

C = coeficiente de escorrentía (depende de la superficie)

I = intensidad de lluvia (mm/h)

A = área tributaria (Ha)

También se puede calcular como un porcentaje de la precipitación y la tercera forma es por medio de lo mencionado en el normativo del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), el cual indica que se puede estimar este caudal como el 10 % del caudal domiciliar. Es importante tomar en cuenta que en ciertas comunidades no se cuenta con alcantarillado pluvial por lo que el porcentaje que indica el INFOM puede ser aumentado, para este proyecto se utilizará el 25 % del caudal domiciliar ya que esta comunidad carece de sistema de evacuación pluvial. Dicho cálculo se muestra a continuación

$$Q_{cil} = 25 \% * Q_{dom}$$

Donde:

Q_{cil} = caudal por conexiones ilícitas (l/s)

Q_{dom} = caudal domiciliar (l/s)

Aplicando la ecuación se obtiene el siguiente resultado:

$$Q_{cil} = 25\% * 3,01$$

$$Q_{cil} = 0,75 \text{ l/s}$$

Con los caudales encontrados anteriormente se procede a calcular el caudal sanitario, el cual se define como la suma de estos, para esto se realiza el procedimiento mencionado en el punto 2.2.3.5, obteniendo el siguiente resultado:

$$Q_s = Q_{dom} + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{inf} + Q_{cil}$$

$$Q_s = 3,01 \text{ l/s} + 0 + 0 + 0,35 + 0,75 \text{ l/s}$$

$$Q_s = 4,11 \text{ l/s}$$

2.2.3.5.6. Factor de caudal medio

Estipula el caudal que se introducirá en la tubería, este se define como el caudal sanitario dividido entre la población futura, para este factor se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Si el factor de caudal medio es menor a 0,002 se debe usar 0,002
- Si el factor de caudal medio es mayor a 0,005 se debe usar 0,005

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente se procede a calcular este factor (fqm) con la siguiente ecuación:

$$fqm = \text{Caudal sanitario} / \text{población futura}$$

$$fqm = 4,11 \text{ l/s} / 2\ 892 \text{ habitantes}$$

$$fqm = 0,0014$$

Atendiendo los criterios mencionados anteriormente se utilizará un factor de caudal medio (fqm) de 0,002, este factor es común para el diseño de todo el sistema.

2.2.3.5.7. Caudal de diseño

Es el caudal con el que se diseñan los tramos de todo el sistema, debiendo cumplir con la velocidad y el tirante hidráulico. Este caudal es calculado para determinar la cantidad de agua residual que pasa por algún punto en específico del sistema y viene dado por la siguiente ecuación:

$$Qd = \text{No. Hab} * FH * fqm$$

Donde:

Qd = caudal de diseño (l/s)

No. Hab = número de habitantes = 2 892

FH = factor de Harmond = 3,46

fqm = factor de caudal medio = 0,002

Entonces:

$$Qd = 2\,892 * 3,46 * 0,002 = 20,01 \text{ l/s}$$

2.2.3.6. Tipo de tubería a utilizar

A continuación se detallan las características más importantes de las tuberías que pueden ser utilizadas en este tipo de proyectos.

Tabla IX. Tipos de tubería y sus características

| Tipo de tubería | Características |
|------------------------------|---|
| Tubos de concreto | <ul style="list-style-type: none">• Son los más utilizados en nuestro medio.• Posee ventaja por el bajo costo.• Desventaja por permitir la infiltración por sus paredes y múltiples juntas. |
| Tubos de concreto armado | <ul style="list-style-type: none">• Su característica principal es el refuerzo para la sobrecarga a la que la tubería está sujeta en la zanja. |
| Tubos PVC | <ul style="list-style-type: none">• Alta impermeabilidad en las juntas.• Alta resistencia contra alcalinos y ácidos.• Es de fácil manipuleo y trabajo. |
| Tubos de arcilla vitrificada | <ul style="list-style-type: none">• Resiste a la corrosión.• Minimiza la abrasión• Desventaja por peligro en rupturas. |

Fuente: elaboración propia.

Para este proyecto se utilizará tubería PVC Norma ASTM D3034, ya que por las características es el material que establece municipalidad para este tipo de proyectos.

2.2.3.7. Parámetros de diseño hidráulico

A continuación se detallan los parámetros que se deben tomar en cuenta para diseñar de forma adecuada el sistema.

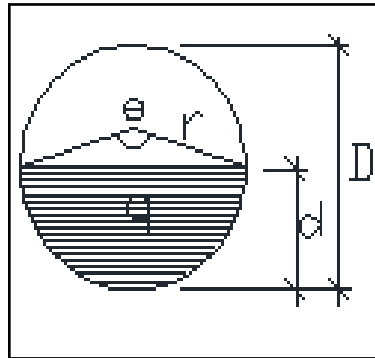
2.2.3.7.1. Coeficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad determina que tan lisa o rugosa es la tubería, este depende del material que se utilice. Para este proyecto se usará tubería de PVC con un coeficiente de 0,01, tomando en cuenta el valor para este material debe estar comprendido entre 0,006 y 0,01.

2.2.3.7.2. Sección llena y parcialmente llena

Es importante mencionar que para que el sistema de alcantarillado sanitario funcione adecuadamente debe trabajar a sección parcialmente llena, esto da lugar a establecer que el caudal de diseño nunca será mayor al caudal a sección llena, describiéndose de la siguiente forma:

Figura 10. **Sección parcialmente llena**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

La velocidad se calcula por medio de la ecuación de Manning, haciendo ciertos cálculos matemáticos se obtiene dicha expresión de la siguiente manera:

$$V = \frac{0,03429 * \varnothing^{2/3} * s^{1/2}}{n}$$

Donde:

V = velocidad (m/s)

\varnothing = diámetro (plg)

S = pendiente

n = coeficiente de rugosidad (según el material de la tubería a utilizar)

Para encontrar el caudal que la tubería conduce a sección llena se aplica la siguiente ecuación:

$$Q = (V * A) 1\ 000$$

Donde:

Q = caudal (l/s)

V = velocidad (m/s)

A = área (m²)

1 000 = conversión a litros/segundo

El área se calcula de la siguiente manera:

$$A = \frac{\pi}{4} * (\emptyset * 0,0254)^2$$

Donde:

A = área (m²)

\emptyset = diámetro (plg)

2.2.3.7.3. Velocidades máximas y mínimas

Para determinar las velocidades máximas y mínimas es importante tomar en cuenta qué tipo de tubería se va a utilizar en el proyecto. Según el normativo del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) la velocidad debe estar entre 0,6 y 2,5 m/s. En este proyecto se utilizará tubería de PVC y por especificación del fabricante la velocidad estará entre 0,4 y 5,0 m/s.

2.2.3.7.4. Diámetro de la tubería

En su selección, se busca utilizar el menor diámetro que permita al sistema cumplir con las especificaciones. El diámetro mínimo a utilizar

dependerá del material de la tubería y según el normativo del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) es el siguiente:

Tabla X. **Diámetros mínimos de tubería**

| Tipo de tubería | Diámetro mínimo (plg) |
|------------------------|------------------------------|
| PVC | 6 |
| Concreto | 8 |

Fuente: elaboración propia.

Para este proyecto se utilizará tubería PVC, entonces el diámetro mínimo a utilizar es de 6 pulgadas.

2.2.3.7.5. Profundidad de la tubería

En el sistema de alcantarillado sanitario no existe un valor constante de profundidad en la tubería debido a que la pendiente de la misma varía en el diseño. El tirante hidráulico, el caudal y la velocidad deben cumplir con las especificaciones de diseño y esto hace que la profundidad de la tubería sea diferente en las distintas partes del sistema. Otro factor importante a tomar en cuenta es la pendiente del terreno, ya que esta también se debe considerar para que la tubería se mantenga a una profundidad adecuada. Para este proyecto se consideró una profundidad mínima de 1,20 metros, tomando en cuenta que el proyecto está ubicado en el área rural y es casi nulo el paso de tránsito pesado.

2.2.3.7.6. Ancho de la zanja

El ancho de la zanja dependerá de la profundidad de la misma y del diámetro de la tubería a colocar, un factor importante a tomar en cuenta es la colocación, ya que para este trabajo, el ancho de la zanja debe ser el adecuado para que una persona ingrese a la instalación de la tubería. Para este proyecto se consideraron los siguientes valores en el ancho de la zanja:

Tabla XI. **Ancho de la zanja para el proyecto**

| Diámetro de tubería (plg) | Ancho de la zanja (m) |
|----------------------------------|------------------------------|
| 6 | 0,6 |
| 8 | 0,8 |

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.7.7. Cotas Invert

Son las cotas que determinan la profundidad que tiene la parte inferior interna del tubo en la entrada y salida de los pozos de visita, para la determinación es importante tomar en cuenta los siguientes criterios:

- La cota Invert de salida debe estar por lo menos 0,03 metros por debajo de la cota Invert de entrada al pozo de visita.
- Cuando la tubería de salida sea de mayor diámetro que la tubería de entrada al pozo de visita, la cota Invert de salida deberá estar por lo menos a una altura por debajo de la cota Invert de entrada, igual a la diferencia de diámetros entre ambas.

Para el cálculo de las cotas Invert se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$Cie = Cis - (Stub * DH) / 100$$

$$Stub = ((Cti - Ctf)/DH) * 100$$

Donde:

Cie = cota Invert de entrada (m)

Cis = cota Invert de salida (m)

Stub = pendiente de la tubería (%)

Cti = cota del terreno inicial (m)

Ctf = cota del terreno final (m)

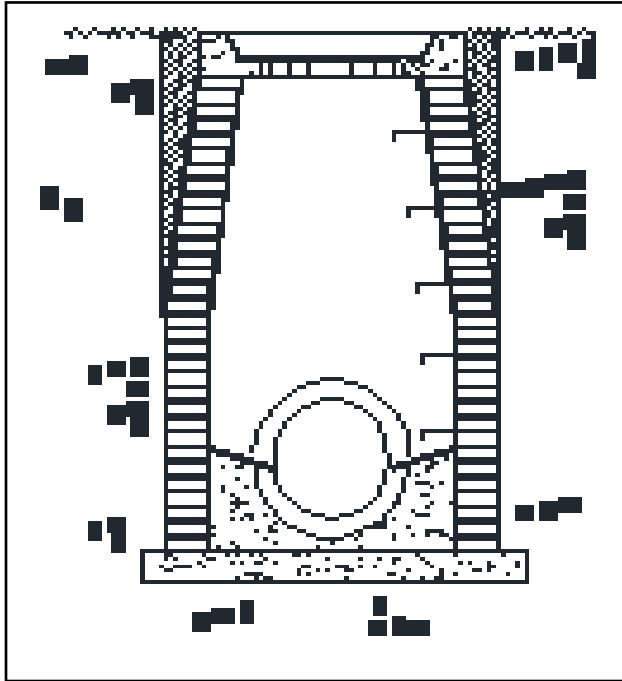
DH = distancia horizontal (m)

2.2.3.7.8. Pozos de visita

Los pozos de visita de un alcantarillado sanitario se instalan para realizar trabajos de inspección y limpieza. Para la colocación se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

- En distancias no mayores a 100 metros
- En tramos iniciales
- Cuando exista cambio de pendiente
- Cuando exista cambio de diámetro de tubería
- Cuando exista cambio de dirección en el colector
- Cuando exista intersección de tuberías

Figura 11. **Pozo de visita**



Fuente: plano de detalles de UNEPAR.

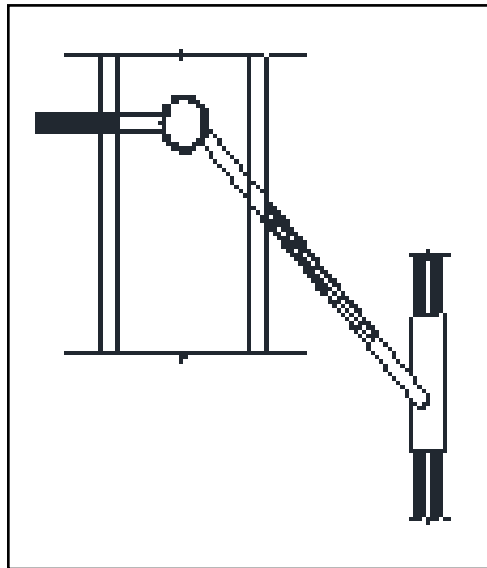
2.2.3.7.9. Conexiones domiciliarias

Es la tubería que lleva toda el agua residual al colector principal en cada uno de los ramales del alcantarillado. Estas conexiones deben cumplir con las indicaciones del normativo del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), el cual indica lo siguiente.

- Al ser tubería de PVC se debe utilizar un diámetro de 4 pulgadas.
- Debe cumplir con una pendiente comprendida en el 2 % y 6 %.
- Al ingresar al colector principal se debe formar un ángulo de 45 grados a favor de la pendiente.

- Las candelas deben tener un diámetro mínimo de 12 pulgadas. Si son de mampostería, deben ser de lado, menor a 0,45 metros. Ambos casos deben estar altura mínima de 1 metro con respecto al nivel del suelo.

Figura 12. **Conexión domiciliar**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad.

2.2.3.8. Fundamentos hidráulicos

El principio fundamental para el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario es que trabaje a sección parcialmente llena, es decir, como un canal abierto. Para evitar problemas de incomodidad, este sistema se elabora de manera subterránea, por medio de una tubería, soportando únicamente la presión atmosférica y en menor magnitud la presión generada por los gases de la materia en descomposición que se transporta.

2.2.3.8.1. Relaciones de diámetro y caudal

Las relaciones de diámetro y caudal se deben tomar en cuenta para el buen diseño del sistema de alcantarillado sanitario, estas deben cumplir con el siguiente criterio: la relación de tirante hidráulico y diámetro debe ser mayor a 0,1 y menor a 0,75, también se debe tomar en cuenta que el caudal de diseño debe ser menor al caudal que se genera en la tubería a sección llena. Estas condiciones se representan de la siguiente manera:

$$0,1 \leq d / D \leq 0,75$$

Donde:

d / D = relación tirante/diámetro

Condición de caudales a cumplir:

$$Q_{dis} < Q_{sec \text{ llena}}$$

Donde:

Q_{dis} = caudal de diseño

$Q_{sec \text{ llena}}$ = caudal a sección llena

2.2.3.8.2. Relaciones hidráulicas

A la hora de realizar el diseño se deben tomar en cuenta las relaciones hidráulicas mencionadas anteriormente, (q/Q) , (d/D) , (v/V) , los valores se buscan en las tablas que agilizan el procedimiento y de ellas se determina la velocidad y el tirante hidráulico, comprobando siempre que estos estén en los rangos establecidos que se mencionaron anteriormente. Estas tablas simplifican el procedimiento de cálculo, otorgando los resultados que se generan en la relación del caudal a sección parcialmente llena y el caudal a sección totalmente llena.

2.2.3.9. Cálculo hidráulico

Tomando en cuenta todo lo mencionado anteriormente y basándose en los criterios del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) se procede a diseñar el sistema de alcantarillado para la Aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula. Para este proyecto se utilizará tubería PVC Norma ASTM D-3034.

2.2.3.9.1. Ejemplo de diseño de un tramo

A continuación se muestra el diseño de un tramo como ejemplo (de pozo 5 a pozo 8), para esto se hace uso de la siguiente información:

Cti = 444,655 metros

Ctf = 444,492 metros

Cie = 442,257 metros

DH = 56,325 metros

No. de viviendas locales = 3

No. de viviendas acumuladas = 20

Densidad de población = 6 habitantes/vivienda

Fqm = 0,002 (constante en todo el diseño)

- Cálculo de la pendiente del terreno

$$\%S = ((Cti - Ctf) / DH) * 100$$

Donde:

Cti = cota del terreno inicial (m)

Ctf = cota del terreno final (m)

DH = distancia horizontal (m)

S = pendiente del terreno (%)

De la ecuación se obtiene el siguiente resultado:

$$\%S = ((444,655 - 444,492) / 56,325) * 100 = 0,289 \%$$

- Cálculo del factor de Harmond

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}$$

Donde:

FH = factor de Harmond

P = población futura

Entonces:

Tomando en cuenta que son 20 casas acumuladas y que se tiene una densidad de vivienda de 6 hab/viv, se calcula la población futura:

$$P = P_{\text{inicial}} (1 + 0,02112)^{30}$$

$$P = 120 (1 + 0,02112)^{30}$$

$$P = 226 \text{ habitantes}$$

Con este dato se procede a calcular el factor de Harmond:

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{120}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{120}{1000}}}$$

$$FH_{\text{actual}} = 4,221$$

$$FH_{\text{futuro}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{226}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{226}{1000}}}$$

$$FH_{\text{futuro}} = 4,128$$

Como factor de caudal medio se utilizará 0,002 en todo el diseño, este valor se determinó con los cálculos hechos en el punto 2.2.3.5.6.

- Cálculo del caudal de diseño (Qdis)

$$Q_{dis} = \text{No. de habitantes} * f_{qm} * FH$$

Donde:

Qdis = caudal de diseño (l/s)

fqm = factor de caudal medio

FH = factor de Harmond

Aplicando la ecuación se obtiene el siguiente resultado:

$$Q_{dis} \text{ actual} = 120 * 0,002 * 4,221 = 1,013 \text{ l/s}$$

$$Q_{dis} \text{ futuro} = 226 * 0,002 * 4,128 = 1,866 \text{ l/s}$$

Se utilizará una tubería de 6 pulgadas de diámetro y debido a que con la pendiente del terreno no se cumplen los requerimientos de diseño, esta se aumentará a 0,7 %.

- Cálculo de la velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429 * \emptyset^{2/3} * s^{1/2}}{n}$$

Donde:

V = velocidad (m/s)

\emptyset = diámetro (plg)

S = pendiente

n = coeficiente de rugosidad para PVC = 0,01

Aplicando la ecuación se obtiene lo siguiente:

$$V = \frac{0,03429 * 6^{2/3} * 0,007^{1/2}}{0,01}$$

$$V = 0,947 \text{ m/s}$$

- Cálculo del caudal a sección llena

$$Q = (V * A) 1\ 000$$

Donde:

Q = caudal (l/s)

V = velocidad (m/s)

A = área (m²)

1 000 = conversión a litros/segundo

El área se calcula de la siguiente manera:

$$A = \frac{\pi}{4} * (\emptyset * 0,0254)^2$$

Donde:

A = área (m²)

\emptyset = diámetro (plg)

Aplicando las ecuaciones se obtiene el siguiente resultado:

$$Q = (0,947 * (\frac{\pi}{4} * (6 * 0,0254)^2)) * 1000 = 17,28 \text{ l/s}$$

- De las relaciones hidráulicas se obtienen lo siguiente:

Tabla XII. **Relaciones hidráulicas**

| Relación | Actual | Futuro | Requerimiento |
|----------|--------|--------|--------------------|
| q/Q | 0,0586 | 0,1079 | |
| v/V | 0,546 | 0,652 | |
| d/D | 0,164 | 0,221 | 0,1 < d / D < 0,75 |

Fuente: elaboración propia.

Mediante esta tabla se logra determinar que el tirante hidráulico es el adecuado ya que cumple con el requerimiento indicado.

- Cálculo de la velocidad del tramo
 - Actual

$$v / V = 0,546$$

Donde:

v = velocidad actual del tramo (m/s)

V = velocidad a sección llena = 0,947 m/s

Entonces:

$$v / V = 0,546$$

$$v / 0,947 = 0,546$$

$$v = 0,517 \text{ m/s}$$

La velocidad actual es adecuada, ya que está entre 0,4 y 5 m/s.

- Futuro

$$v / V = 0,652$$

Donde:

v = velocidad futura (m/s)

V = velocidad a sección llena = 0,947 m/s

Entonces:

$$v / V = 0,652$$

$$v / 0,947 = 0,652$$

$$v = 0,617 \text{ m/s}$$

La velocidad futura es adecuada, ya que está entre 0,4 y 5 m/s.

- Cálculo de cotas Invert

$$Cis = Cie - 0,003$$

Donde:

Cis = cota Invert de salida (m)

Cie = cota Invert de entrada = 442,257 m

Entonces:

$$Cis = 442,257 - 0,003 = 442,227 \text{ m}$$

Para calcular la cota Invert de llegada se utiliza la siguiente ecuación:

$$Ci \text{ llegada} = Cis - (\% \text{ Stubo} * DH) / 100$$

Donde:

Ci llegada = cota Invert de llegada (m)

Cis = cota Invert de salida (m)

Stubo = pendiente de la tubería (%)

Entonces:

$$Ci \text{ llegada} = 442,227 - (0,7 * 56,325) / 100$$

$$Ci \text{ llegada} = 441,832 \text{ m}$$

- Profundidad del pozo

$$Pp \text{ inicial} = Cti - Cis$$

Donde:

$Pp \text{ inicial}$ = profundidad del pozo inicial (m)

Cti = cota del terreno inicial (m)

Cis = cota Invert de salida (m)

Aplicando la ecuación se obtiene el siguiente resultado:

$$Pp \text{ inicial} = 444,655 - 442,227$$

$$Pp \text{ inicial} = 2,428 \text{ m}$$

$$Pp \text{ final} = Ctf - Ci \text{ llegada}$$

Donde:

$Pp \text{ final}$ = profundidad del pozo final (m)

Ctf = cota del terreno final (m)

$Ci \text{ llegada}$ = cota Invert de llegada (m)

Aplicando la ecuación se obtiene el siguiente resultado:

$$Pp \text{ final} = 444,492 - 441,832$$

$$Pp \text{ final} = 2,660 \text{ m}$$

- Volumen de excavación

$$\text{Vol} = ((Pp \text{ inicial} + Pp \text{ final}) / 2) * DH * B$$

Donde:

Vol = volumen de excavación (m³)

Pp = profundidad del pozo inicial (m)

Pp = profundidad del pozo final (m)

DH = distancia horizontal (m)

B = ancho de la zanja (m)

Entonces:

$$\text{Vol} = ((2,428 + 2,660)/2) * 56,325 * 0,8$$

$$\text{Vol} = 114,632 \text{ m}^3$$

2.2.3.10. Propuesta de tratamiento

Después de recolectar toda el agua residual, es importante evacuarla, sin que esta cause serios daños al ambiente. En este proyecto se busca dar un tratamiento primario por medio del diseño de fosas sépticas, para luego evacuar el agua hacia un cuerpo receptor, en este caso se propone la elaboración de 5 fosas sépticas para darle el tratamiento adecuado, dichas fosas se encontrarán a una distancia prudente con respecto a las viviendas de la comunidad, esto para evitar los malos olores y enfermedades que se puedan generar, luego el agua se evacuará una quebrada que se encuentra al norte de la aldea.

2.2.3.10.1. Diseño de fosas sépticas

Las fosas sépticas se pueden definir como tanques cubiertos y herméticos los cuales puede ser de piedra, ladrillo, concreto armado u otro material de construcción. Este busca que las aguas negras tengan una velocidad baja para que se lleve a cabo el proceso de sedimentación en un período de 12 a 24 horas.

Los sólidos que se sedimentan pasan por un proceso de digestión anaeróbico, es por eso que la cantidad que se acumula en el fondo del tanque es relativamente pequeña.

Para el diseño de las fosas sépticas es importante tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- Período de retención de 12 a 24 horas
- Relación largo / ancho de 2/1 a 4/1
- La capacidad máxima recomendable debe ser para 60 viviendas
- Los lodos acumulados por habitante son de 30 a 60 lt/hab/año.

Datos utilizados en el diseño:

Período de retención = 24 horas

Relación largo / ancho = 2/1

La capacidad por fosa séptica = 60 viviendas

Los lodos acumulados por habitante = 30 lt/hab/año.

Período de limpieza = 5 años

Gasto = 100 lt/hab/día

No. habitantes = 360

- Cálculo del volumen líquido

$$Q = q * FR * N$$

Donde:

Q = caudal (m³/día)

q = gasto (lt/hab/día)

FR = factor de retorno

N = número de habitantes

Entonces se obtiene el siguiente resultado:

$$Q = 100 * 0,9 * 360$$

$$Q = 32\ 400 \text{ l/día}$$

$$Q = 32,4 \text{ m}^3/\text{día}$$

- Volumen

$$\text{Vol} = Q * T$$

Donde:

Vol = volumen de líquidos (m³)

Q = caudal (m³/día)

T = período de retención = 24 horas = 1 día

Aplicando la ecuación mencionada se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Vol} = 32,4 * 1$$

$$\text{Volumen líquido} = 32,4 \text{ m}^3$$

- Cálculo del volumen de lodos

$$\text{Vol} = N * \text{gasto L} * \text{período de limpieza}$$

Donde:

Vol = volumen de lodos (m^3)

N = número de habitantes

Gasto L = gasto de lodos = 30 lt/hab/año

Período de limpieza = 5 años

Entonces:

$$\text{Vol} = 360 * 30 * 5$$

$$\text{Vol} = 54\ 000 \text{ lt}$$

$$\text{Vol de lodos} = 54 \text{ m}^3$$

- Cálculo del volumen total

Volumen total = volumen de líquidos + volumen de sólidos

$$\text{Volumen total} = 32,4 \text{ m}^3 + 54 \text{ m}^3 = 86,4 \text{ m}^3$$

Se proponen 5 fosas sépticas con un volumen de 90 m³ cada una para satisfacer las 290 viviendas que existen.

- Cálculo de las dimensiones de la fosa séptica

Tomando en cuenta una relación largo/ancho de 2:1, un volumen de 90 m³ y una altura de 2,5 metros se obtiene que:

$$\text{Volumen} = \text{área} * \text{altura}$$

$$\text{Área} = \text{largo} * \text{ancho}; \text{ largo} = 2 * \text{ancho}, \text{ entonces:}$$

$$\text{Área} = 2 * \text{ancho} * \text{ancho} = 2 * \text{ancho}^2$$

Sustituyendo en la ecuación del volumen se obtiene lo siguiente:

$$90 = 2 * \text{ancho}^2 * 2,5$$

$$\text{Ancho} = 4,24 \text{ m}$$

Por la relación a utilizar de largo/ancho = 2:1, se determina que el tanque tendrá un largo de 8,48 metros. Por facilidad de diseño y construcción del mismo, las dimensiones serán las siguientes:

Largo = 8,5 metros

Ancho = 4,25 metros

Alto = 2,5 metros

El procedimiento para el diseño estructural de las fosas sépticas es el mismo que el utilizado en el tanque de almacenamiento del proyecto de agua potable, calculado en los puntos 2.1.10.6.2 y 2.1.10.6.3, ya que la condición crítica es cuando este elemento estructural trabaja completamente vacío. (Ver plano 14).

2.2.3.10.2. Pozos de absorción

Otra forma para la evacuación de las aguas residuales es la construcción de los pozos de absorción, estos se dimensionan cuando no existe ningún cuerpo de agua para la evacuación. Estos pozos aprovechan la absorción del suelo y jamás deben ejecutarse donde exista la posibilidad de alternar aguas subterráneas. En este proyecto no se utilizará este sistema de filtración, ya que el agua será evacuada a una quebrada aledaña.

2.2.3.11. Programa de operación y mantenimiento

- Operación
 - El objetivo primordial del sistema de alcantarillado sanitario es la evacuación de todas las aguas residuales hacia un tratamiento primero y luego a un cuerpo de descarga, este sistema funcionará por gravedad y consta de 87 pozos de visita para la inspección, en la totalidad está conformado por tubería PVC. Cuenta con 5 fosas sépticas las cuales se encargan de darle un tratamiento primario a las aguas servidas por medio del proceso de sedimentación, para luego ser evacuadas a una quebrada aledaña, para que el sistema funcione adecuadamente se le deben hacer revisiones periódicas.

- Mantenimiento

Para el mantenimiento del alcantarillado sanitario es necesario crear un comité de revisión del mismo, es decir un grupo de personas de la comunidad quienes velen por el buen funcionamiento del sistema cumpliendo con las siguientes indicaciones:

- Cuando exista un taponamiento en la tubería es necesario hacer las reparaciones comprobando la falla por medio de la prueba de linterna, esta consta en introducir luz a la tubería por el pozo de visita y comprobar por medio del reflejo si está tapada, otra forma de comprobar el problema es introduciendo una cantidad de agua por el pozo de visita y verificar si esta circula correctamente por la tubería. De presentarse el problema se debe ubicar el lugar exacto, excavar y hacer la reparación en la parte afectada del tubo.
- En las conexiones domiciliarias es importante verificar que la candela trabaje correctamente, para esto, se debe comprobar que no existen taponamientos y que el agua llega en su totalidad al colector principal. Si el problema se presenta se procede a limpiar la candela introduciendo agua por la tapadera para liberar el estancamiento. De ser un taponamiento total o una filtración de agua pluvial se debe cambiar la candela por una nueva.
- Es necesario darle limpieza a los pozos de visita por lo menos cada 4 meses, esto para evitar colapsos en el sistema por acumulación de lodos. También se debe verificar que el pozo este en buen estado y que no exista deterioro físico en el mismo.

- La limpieza en las fosas sépticas se debe hacer cada 5 años. También se debe verificar que no existan filtraciones en las mismas y que la estructura esté en buen estado. De presentarse este problema se debe reparar el área dañada para que estas trabajen de manera correcta.
- Se deben mantener en buen estado las tapaderas del sistema, siendo estas las de los pozos de visita, candelas y las entradas de las fosas sépticas. De presentarse el problema, se debe reparar inmediatamente, para evitar que ingresen otro tipo de desechos al sistema y lo dañen.

2.2.3.12. Elaboración de planos finales

A continuación se presenta el listado de planos del proyecto del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula.

Tabla XIII. **Planos finales del sistema de alcantarillado sanitario**

| Número de plano | Descripción |
|-----------------|-------------------------|
| 1/14 | Planta general |
| 2/14 | Planta general tramo 1 |
| 3/14 | Planta general tramo 2 |
| 4/14 | Planta general tramo 3 |
| 5/14 | Planta conjunto tramo 2 |
| 6/14 | Planta conjunto tramo 3 |
| 7/14 | Planta-Perfil |
| 8/14 | Planta-Perfil |
| 9/14 | Planta-Perfil |
| 10/14 | Planta-Perfil |
| 11/14 | Planta-Perfil |
| 12/14 | Planta-Perfil |
| 13/14 | Detalles constructivos |
| 14/14 | Fosa séptica |

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.13. Presupuesto

Para la elaboración del presupuesto se tomaron en cuenta cotizaciones realizadas en la región, además se utilizó un 30 % de costos indirectos, para gastos de administración, supervisión e imprevistos. También es importante mencionar que la mano de obra se estableció con los precios que se manejan en la municipalidad.

Tabla XIV. Presupuesto del sistema de alcantarillado

| Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario | | | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------------------------|--------|----------------|-----------------------|
| Ubicación | | Aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula | | | |
| Fecha | | Diciembre 2013 | | | |
| PRECIOS UNITARIOS TOTALES | | | | | |
| No. | REGLÓN | CANTIDAD | UNIDAD | P.U. | TOTAL |
| 1 | Trabajos preliminares | 5 843,06 | ml | Q 165,07 | Q 964 523,20 |
| 1,1 | Replanteo topográfico | 5 843,06 | ml | Q 1,30 | Q 7 595,98 |
| 1,2 | Excavación de terreno | 10 636,07 | m3 | Q 60,00 | Q 638 164,20 |
| 1,3 | Relleno de terreno | 9 572,46 | m3 | Q 28,35 | Q 271 379,33 |
| 1,4 | Retiro de material | 1 063,61 | m3 | Q 44,55 | Q 47 383,69 |
| 2 | Tubería PVC Norma ASTM 3034 | 5 843,06 | ml | Q 255,60 | Q 1 493 486,92 |
| 2,1 | Tubería de 6" de diámetro | 5 132,54 | ml | Q 241,96 | Q 1 241 855,33 |
| 2,2 | Tubería de 8" de diámetro | 710,52 | ml | Q 354,15 | Q 251 631,59 |
| 3 | Pozos de visita | 87,00 | Global | Q 7 207,25 | Q 627 030,77 |
| 3,1 | Pozos de visita entre 1.3 m y 2.5 m | 58,00 | Unidad | Q 6 253,50 | Q 362 702,91 |
| 3,2 | Pozos de visita entre 2.5 m y 3.5 m | 20,00 | Unidad | Q 8 730,36 | Q 174 607,13 |
| 3,3 | Pozos de visita entre 3.5 m y 4.1 m | 9,00 | Unidad | Q 9 968,97 | Q 89 720,73 |
| 4 | Conexiones domiciliarias | 290,00 | Unidad | Q 2 298,03 | Q 666 427,82 |
| 5 | Tratamiento | 1,00 | Global | Q 1 032 611,63 | Q 1 032 611,63 |
| 5,1 | Caja distribuidora de caudales | 1,00 | Unidad | Q 7 056,55 | Q 7 056,55 |
| 5,2 | Fosas sépticas | 5,00 | Unidad | Q 205 111,02 | Q 1 025 555,08 |
| COSTO TOTAL DEL PROYECTO | | | | | Q 4 784 080,34 |

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.14. Análisis socioeconómico

El análisis socioeconómico se realiza para verificar si el proyecto es autosostenible, para esto se debe calcular el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno, como se muestra a continuación.

2.2.3.14.1. Valor Presente Neto (VPN)

Para este proyecto se tendrá un ingreso mínimo debido a que la comunidad no está en condiciones para mantener el pago de una cuota elevada por este servicio. Por las condiciones del proyecto la inversión no es recuperable, por lo que se necesitará el aporte económico de la municipalidad. El valor presente neto se establece de la siguiente manera:

- Ingresos

Se propone un costo único de Q. 250,00 por la instalación de la acometida domiciliar en el primer año.

$$\text{Ingreso anual} = \text{Q. } 250,00 * 290 \text{ viviendas} = \text{Q. } 72\,500,00$$

$$\text{VP} = 72\,500,00 * ((1 + 0.05)^{30} - 1) / (0.05 * (1 + 0.05)^{30})$$

$$\text{VP} = 72\,500,00 * 15,37 = 1\,114\,325,00$$

El valor presente del ingreso por la instalación de la acometida domiciliar es de Q. 1 114 325,00.

Se propone una tarifa mensual de Q. 10,00 para el mantenimiento del sistema, se considera este valor ya que en el área rural los ingresos de las personas tienden a ser precarios.

$$\text{Ingreso anual} = \text{Q. } 10,00 * 290 \text{ viviendas} * 12 \text{ meses} = \text{Q. } 34\ 800,00$$

$$\text{VP} = 34\ 800,00 * ((1 + 0,05)^{30} - 1) / (0,05 * (1 + 0,05)^{30})$$

$$\text{VP} = 34\ 800,00 * 15,37 = 534\ 876,00$$

El valor presente del ingreso de la tarifa mensual es de Q. 534 876,00

El valor presente total de los ingresos es de Q. 1 649 201,00

- Egresos

Se establecen Q. 7 000,00 anuales para los gastos de operación y mantenimiento, es decir pequeñas reparaciones y revisiones que se tengan que hacer a los componentes del sistema.

$$\text{VP} = 7\ 000,00 * ((1 + 0,05)^{30} - 1) / (0,05 * (1 + 0,05)^{30})$$

$$\text{VP} = 7\ 000,00 * 15,37 = 107\ 590,00$$

El valor presente para los gastos generados en operación y mantenimiento son de Q. 107 590,00.

Para la limpieza de lodos es necesario solicitar el trabajo a equipos especializados, el precio por metro cúbico se estima en Q. 275,00, para este

caso se tiene un volumen de lodos de 54 m³ por fosa séptica, en el proyecto es necesario utilizar 5 de ellas, en consecuencia el volumen total de lodos a remover son 270 m³, generando un gasto de Q. 74 250,00 cada 5 años.

$$\text{VP a 5 años} = 74\,250 / (1 + 0,05)^5 = \text{Q. } 58\,176,82$$

$$\text{VP a 10 años} = 74\,250 / (1 + 0,05)^{10} = \text{Q. } 45\,583,06$$

$$\text{VP a 15 años} = 74\,250 / (1 + 0,05)^{15} = \text{Q. } 35\,715,52$$

$$\text{VP a 20 años} = 74\,250 / (1 + 0,05)^{20} = \text{Q. } 27\,984,04$$

$$\text{VP a 25 años} = 74\,250 / (1 + 0,05)^{25} = \text{Q. } 21\,926,23$$

$$\text{VP a 30 años} = 74\,250 / (1 + 0,05)^{30} = \text{Q. } 17\,179,77$$

El valor presente del costo de la limpieza de lodos será de Q. 206 565,44

El valor presente total de los egresos es de Q. 314 155,44

$$\text{VPN} = \text{ingresos} - \text{egresos}$$

$$\text{VPN} = 1\,649\,201,00 - 314\,155,44 = \text{Q. } 1\,335\,045,56$$

Esto quiere decir que el proyecto es auto sostenible ya que con la tarifa propuesta se podrán cubrir todos los gastos requeridos en los 30 años para los cuales fue diseñado el proyecto.

2.2.3.14.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Al igual que el sistema de abastecimiento de agua potable, es importante mencionar que el proyecto es de carácter social, esto indica que la Tasa Interna de Retorno no será agradable, por tal motivo se procede a analizar el

costo/beneficio, dando un parámetro de la importancia que se tiene en la inversión del proyecto, para esto se realiza el siguiente procedimiento:

$$\text{Costo} = \text{inversión inicial} - \text{VPN} = 4\,784\,080,34 - 1\,335\,045,56$$

$$\text{Costo} = \text{Q. } 3\,449\,034,78$$

$$\text{Beneficio} = \text{población futura} = 2\,892 \text{ habitantes}$$

$$\text{Costo} / \text{beneficio} = 3\,449\,034,78 / 2\,892 = \text{Q. } 1\,192,61 \text{ por habitante}$$

2.2.3.15. Evaluación inicial de impacto ambiental

Es importante realizar la evaluación inicial de impacto ambiental, analizando cada uno de los sistemas que se pueden afectar, si el impacto generado es negativo se debe proponer una medida de mitigación para no causar daños al ambiente y a la población de la comunidad que se ve afectada por el proyecto.

Tabla XV. **Cuadro de impacto, sistema de alcantarillado sanitario**

| Sistema Ambiental | Impacto que genera | Descripción del impacto generado | Lugar donde se genera el impacto | Mitigación del impacto |
|-------------------|--|--|---|--|
| Atmosférico | Generación de malos olores producido por la materia en descomposición. | Daño a la salud de los habitantes en la población. | El impacto se puede generar en toda el área que se vea afectada por el proyecto, es decir el lugar donde sea ejecutado. | Dar el tratamiento adecuado a las aguas residuales, considerando un punto correcto para la evacuación. |

Continuación de la tabla XV.

| | | | | |
|--------------------|--|--|---|---|
| Hídrico | Contaminación en el cuerpo receptor (quebrada) en el cual se evacuará el agua residual después de su tratamiento. | Generación de plagas dañinas para la población y contaminación del agua. | En la quebrada que se utilizará como evacuación al norte de la comunidad. | Dar un tratamiento adecuado por medio de fosas sépticas para evitar la contaminación. |
| Audiovisual | No causa efecto. | No causa efecto. | No causa efecto. | No causa efecto. |
| Suelo | Acumulación de material de desperdicio a la hora de la ejecución del proyecto. | Daños en los cultivos de los terrenos afectados por la construcción del proyecto. | Terrenos en los cuales se ejecutará el proyecto. | Limpiar completamente el área donde se introdujo la tubería, retirando todo el material que se genere como desperdicio. |
| Natural y cultural | No causa efecto. | No causa efecto. | No causa efecto. | No causa efecto. |
| Biótico | En cuanto a flora se refiere, daños en los cultivos por el riego con aguas contaminadas. | Enfermedades gastrointestinales generadas por el consumo de alimentos contaminados por el agua de riego. | Zonas donde se generen cultivos para el sostenimiento de la comunidad. | Dar el tratamiento al agua antes de ser utilizada en los cultivos. |
| Sociocultural | Genera un impacto negativo en la economía de los habitantes de la comunidad y también genera un impacto positivo en cuanto a satisfacción de necesidades básicas se refiere. | En lo económico por el pago del mantenimiento del sistema y la instalación de la acometida domiciliar. En el impacto positivo se genera desarrollo en infraestructura y satisfacción de necesidades. | Todos los habitantes de la comunidad que sean beneficiados con este servicio. | Buscar aporte económico por parte de la municipalidad de Ipala, Chiquimula. |

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo al diagnóstico de necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura, realizado en la aldea El Amatillo, municipio de Ipala, departamento de Chiquimula, se determinó que las principales necesidades que se deben cubrir son: el sistema de abastecimiento de agua potable y el sistema de alcantarillado sanitario, razón por la cual se presenta en este trabajo de graduación los diseños correspondientes.
2. Con la ejecución de estos proyectos se logra un avance en el desarrollo económico y de infraestructura, ya que al ser de carácter social se debe estipular una tarifa acorde a la economía de la comunidad, cubriendo la inversión inicial la entidad municipal a cargo, por esto, es de suma importancia dar el apoyo económico necesario por parte de las autoridades a la comunidad.
3. Con la inversión que se realizará y con el análisis socioeconómico de costo y beneficio, se logra determinar que es totalmente factible el realizar estos proyectos, ya que se beneficiará al cien por ciento de la población, por lo que es fundamental y primordial la pronta ejecución de los mismos.
4. De acuerdo al análisis físicoquímico sanitario y bacteriológico del agua, se determina que esta no es potable, razón por la cual es indispensable dar un tratamiento de desinfección para mejorar las condiciones de salubridad.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Ipala, Chiquimula.

1. Para la ejecución del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario, seguir minuciosamente cada detalle del diseño hidráulico mostrado, con esto se garantiza la correcta elaboración de la obra física y el funcionamiento.
2. Seguir detalladamente el plan de operación y mantenimiento de cada uno de los sistemas, ya que con esto se logra que funcionen adecuadamente durante el tiempo para el cual fueron diseñados, así como para evitar que exista algún colapso en cada uno de ellos.
3. Brindar un aporte económico mensual ya que al ser un proyecto de carácter social y tomando en cuenta las características económicas de la comunidad, se debe fijar una tarifa acorde a los ingresos de los habitantes de la aldea.
4. Cumplir con las medidas de mitigación a los impactos negativos al ambiente que se generen a la hora de la ejecución de estos proyectos, siendo este un requisito impuesto por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, (MARN).

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria*
1. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2007. 170 p.
2. AMANCO. *Información técnica de tuberías y listado de precios*. Guatemala, 2013. 33 p.
3. American Concrete Institute. *Código de diseño de concreto armado y comentarios*. ACI 318-2 008. USA: ACI, 2008. 464 p.
4. Instituto de Fomento Municipal – Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales. *Guía para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en áreas rurales*. Guatemala: (INFOM-UNEPAR), 1997. 100 p.
5. Instituto de Fomento Municipal. *Nomas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 34 p.
6. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Santa Fe de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill, 1999. 722 p.

APÉNDICES

APÉNDICE A

(Diseño del sistema de agua potable)

Tabla 1. Cálculos hidráulicos, sistema de agua potable

| TRAMO | LONGITUD (m) | DIAMETRO (pulg) | CLASE (psi) | CAUDAL (l/s) | VELOCIDAD (m/s) | HF (REAL) (m) | COTA PIEZOMETRICA | | COTA DEL TERRENO | | PRESION DINAMICA | | PRESION ESTÁTICA | |
|-------|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------|------------------|--------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
| | | | | | | | Inicial (m) | Final (m) | Inicial (m) | Final (m) | Inicial (m.c.a) | Final (m.c.a) | Inicial (m.c.a) | Final (m.c.a) |
| E-2 | 1321.714 | 3 | 160 | 6.830 | 1.310 | 25.846 | 516.914 | 491.068 | 516.914 | 444.755 | 0 | 46.313 | 0 | 72.159 |
| E-9 | 24.016 | 3 | 160 | 6.744 | 1.275 | 0.446 | 491.068 | 490.622 | 444.755 | 444.655 | 46.313 | 45.967 | 72.159 | 72.259 |
| 9.5 | 137.216 | 3/4 | 250 | 0.216 | 0.497 | 1.925 | 490.622 | 488.697 | 444.655 | 444.833 | 45.967 | 43.864 | 72.259 | 72.081 |
| 9.5 | 307.670 | 3 | 160 | 6.528 | 1.234 | 5.286 | 490.622 | 485.336 | 444.655 | 442.775 | 45.967 | 42.561 | 72.259 | 74.139 |
| E-11 | 64.359 | 1/2 | 315 | 0.120 | 0.457 | 1.043 | 485.336 | 484.293 | 442.775 | 444.133 | 42.561 | 40.16 | 74.139 | 72.781 |
| E-11 | 214.823 | 3 | 160 | 5.832 | 1.102 | 3.053 | 485.336 | 482.283 | 442.775 | 442.598 | 42.561 | 39.685 | 74.139 | 74.316 |
| E-12 | 113.134 | 1/2 | 315 | 0.096 | 0.366 | 1.214 | 482.283 | 481.069 | 442.598 | 442.876 | 39.685 | 38.193 | 74.316 | 74.038 |
| E-12 | 28.104 | 3 | 160 | 5.376 | 1.016 | 0.343 | 482.283 | 481.940 | 442.598 | 442.611 | 39.685 | 39.329 | 74.316 | 74.303 |
| E-13 | 129.127 | 1/2 | 315 | 0.168 | 0.641 | 3.902 | 481.940 | 478.038 | 442.611 | 442.718 | 39.329 | 35.32 | 74.303 | 74.196 |
| E-13 | 22.993 | 3 | 160 | 5.208 | 0.984 | 0.265 | 481.940 | 481.675 | 442.611 | 442.705 | 39.329 | 38.970 | 74.303 | 74.209 |
| E-14 | 125.132 | 1/2 | 315 | 0.120 | 0.457 | 2.029 | 481.675 | 479.646 | 442.705 | 442.718 | 38.970 | 36.928 | 74.209 | 74.196 |
| E-14 | 98.302 | 3 | 160 | 5.088 | 0.961 | 1.085 | 481.675 | 480.590 | 442.705 | 442.616 | 38.970 | 37.974 | 74.209 | 74.298 |
| E-15 | 114.927 | 1/2 | 315 | 0.072 | 0.275 | 0.724 | 480.590 | 479.866 | 442.616 | 441.397 | 37.974 | 38.469 | 74.298 | 75.517 |
| E-15 | 220.555 | 3 | 160 | 4.920 | 0.930 | 2.288 | 480.590 | 478.302 | 442.616 | 441.667 | 37.974 | 36.635 | 74.298 | 75.247 |
| E-16 | 94.261 | 1/2 | 315 | 0.048 | 0.183 | 0.280 | 478.302 | 478.022 | 441.667 | 441.488 | 36.635 | 36.534 | 75.247 | 75.426 |
| E-16 | 42.572 | 3 | 160 | 4.536 | 0.857 | 0.380 | 478.022 | 477.922 | 441.667 | 441.356 | 36.635 | 36.566 | 75.247 | 75.558 |

Continuación tabla 1

| TRAMO | LONGITUD | DIAMETRO | CLASE | CAUDAL | VELOCIDAD | HF (REAL) | COTA PIEZOMÉTRICA | | COTA DEL TERRENO | | PRESIÓN DINÁMICA | | PRESIÓN ESTÁTICA | | |
|-------|----------|----------|-------|--------|-----------|-----------|-------------------|---------|------------------|---------|------------------|--------|------------------|--------|--------|
| | | | | | | | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final | |
| E-17 | 18.1 | 97.697 | 34 | 250 | 0.192 | 0.441 | 1.102 | 477.922 | 476.820 | 441.356 | 440.530 | 36.566 | 36.29 | 75.558 | 76.384 |
| E-17 | E-20 | 200.932 | 3 | 160 | 4.272 | 0.788 | 1.536 | 477.922 | 476.386 | 441.356 | 440.345 | 36.566 | 36.041 | 75.558 | 76.569 |
| E-20 | 26.1 | 475.218 | 34 | 250 | 0.360 | 0.828 | 17.154 | 476.386 | 459.232 | 440.345 | 443.533 | 36.041 | 15.699 | 76.569 | 73.381 |
| E-20 | E-21 | 150.641 | 2.12 | 160 | 3.466 | 0.967 | 2.112 | 476.386 | 474.274 | 440.345 | 443.089 | 36.041 | 31.165 | 76.569 | 73.825 |
| E-21 | E-22 | 88.788 | 34 | 250 | 0.528 | 1.214 | 6.509 | 474.274 | 467.765 | 443.089 | 443.412 | 31.185 | 24.353 | 73.825 | 73.502 |
| E-22 | 22.1 | 48.464 | 12 | 315 | 0.120 | 0.457 | 0.785 | 467.765 | 466.980 | 443.412 | 444.260 | 24.353 | 22.72 | 73.502 | 72.654 |
| E-22 | 24.2 | 214.186 | 34 | 250 | 0.288 | 0.662 | 5.116 | 467.765 | 462.649 | 443.412 | 443.946 | 24.353 | 18.703 | 73.502 | 72.988 |
| E-21 | 21.1 | 108.096 | 2.12 | 160 | 2.712 | 0.758 | 0.988 | 474.274 | 473.306 | 443.089 | 444.133 | 31.185 | 29.173 | 73.825 | 72.781 |
| 21.1 | 23.1 | 164.851 | 34 | 250 | 0.312 | 0.717 | 4.556 | 473.306 | 468.750 | 444.133 | 443.452 | 29.173 | 25.298 | 72.781 | 73.462 |
| 21.1 | E-27 | 179.430 | 2 | 160 | 2.208 | 0.905 | 2.787 | 473.306 | 470.519 | 444.133 | 444.058 | 29.173 | 26.461 | 72.781 | 72.856 |
| E-27 | E-34 | 568.994 | 1 | 160 | 0.432 | 0.596 | 8.311 | 470.519 | 462.208 | 444.058 | 442.187 | 26.461 | 20.021 | 72.856 | 74.727 |
| E-27 | E-28 | 191.060 | 1.12 | 160 | 1.368 | 0.812 | 3.156 | 470.519 | 467.363 | 444.058 | 449.881 | 26.461 | 17.682 | 72.856 | 67.233 |
| E-28 | 29.2 | 124.122 | 12 | 315 | 0.096 | 0.366 | 1.332 | 467.363 | 466.031 | 449.881 | 454.128 | 17.682 | 11.903 | 67.233 | 62.786 |
| E-28 | E-31 | 198.545 | 1.12 | 160 | 0.912 | 0.584 | 1.783 | 467.363 | 465.580 | 449.881 | 445.693 | 17.682 | 19.887 | 67.233 | 71.221 |
| E-31 | E-33 | 173.867 | 34 | 250 | 0.264 | 0.607 | 3.536 | 465.580 | 462.044 | 445.693 | 442.559 | 19.887 | 19.485 | 71.221 | 74.355 |
| E-31 | 33.2 | 299.926 | 1 | 160 | 0.648 | 0.895 | 9.276 | 465.580 | 456.304 | 445.693 | 442.102 | 19.887 | 14.202 | 71.221 | 74.812 |

Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE B

(Diseño del sistema de alcantarillado)

Tabla 2. Cálculos hidráulicos, sistema de alcantarillado

| POZOS DE VISITA | | COTAS TERRENO | | DH (m) | S% | | No. DE CASAS | | HABITANTES | | F.H. | | f _{qm} | qd _{is} (l/s) | | DIÁMETRO Tub. (pulg) | S% | V (m/s) | Q (SECCION LLENA) (l/s) |
|-----------------|----|---------------|---------|---------|---------|--------|--------------|--------|------------|--------|--------|--------|-----------------|------------------------|--------|-------------------------|-------|------------|-------------------------------|
| DE | A | Inicial | Final | | Terreno | Local | Acum. | Actual | Futuro | Actual | Futuro | Actual | | Futuro | Actual | | | | |
| 1 | 2 | 444.984 | 444.755 | 73.767 | 0.310 | 4 | 4 | 24 | 46 | 4.3695 | 4.3219 | 0.002 | 0.2097 | 0.3976 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 | |
| 3 | 2 | 444.914 | 444.755 | 62.800 | 0.253 | 3 | 3 | 18 | 34 | 4.3664 | 4.3458 | 0.002 | 0.1579 | 0.2955 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 | |
| 4 | 2 | 444.589 | 444.755 | 64.547 | -0.257 | BODEGA | 0 | 0 | 0 | 4.5000 | 4.5000 | 0.002 | 0.2974 | 0.2974 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 | |
| 2 | 5 | 444.755 | 444.655 | 22.950 | 0.436 | 0 | 8 | 48 | 90 | 4.3183 | 4.2558 | 0.002 | 0.4146 | 0.7660 | 6 | 1.00 | 1.132 | 20.654 | |
| 7 | 6 | 444.833 | 444.361 | 52.541 | 0.898 | 3 | 3 | 18 | 34 | 4.3664 | 4.3458 | 0.002 | 0.1579 | 0.2955 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 | |
| 6 | 5 | 444.361 | 444.655 | 78.289 | -0.376 | 6 | 9 | 54 | 102 | 4.3078 | 4.2412 | 0.002 | 0.4652 | 0.8652 | 6 | 1.00 | 1.132 | 20.654 | |
| 5 | 8 | 444.655 | 444.492 | 56.325 | 0.289 | 3 | 20 | 120 | 226 | 4.2210 | 4.1282 | 0.002 | 1.0131 | 1.8660 | 6 | 0.70 | 0.947 | 17.280 | |
| 8 | 9 | 444.492 | 444.120 | 73.866 | 0.504 | 7 | 27 | 162 | 304 | 4.1800 | 4.0760 | 0.002 | 1.3543 | 2.4782 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 | |
| 9 | 10 | 444.120 | 443.916 | 53.472 | 0.382 | 7 | 34 | 204 | 382 | 4.1449 | 4.0316 | 0.002 | 1.6911 | 3.0801 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 | |
| 10 | 11 | 443.916 | 443.859 | 66.312 | 0.066 | 6 | 40 | 240 | 450 | 4.1181 | 3.9973 | 0.002 | 1.9767 | 3.5976 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 | |
| 11 | 12 | 443.859 | 442.775 | 44.064 | 2.460 | 2 | 42 | 252 | 472 | 4.1097 | 3.9870 | 0.002 | 2.0713 | 3.7637 | 6 | 0.40 | 0.716 | 13.062 | |
| 13 | 12 | 444.133 | 442.775 | 61.443 | 2.210 | 5 | 5 | 30 | 58 | 4.3547 | 4.3012 | 0.002 | 0.2613 | 0.4989 | 6 | 1.80 | 1.519 | 27.710 | |
| 12 | 14 | 442.775 | 442.822 | 100.606 | -0.047 | 10 | 57 | 342 | 642 | 4.0536 | 3.9159 | 0.002 | 2.7726 | 5.0280 | 6 | 0.40 | 0.716 | 13.062 | |
| 14 | 15 | 442.822 | 442.598 | 104.390 | 0.215 | 6 | 63 | 378 | 708 | 4.0337 | 3.8917 | 0.002 | 3.0495 | 5.5107 | 6 | 0.40 | 0.716 | 13.062 | |
| 16 | 15 | 442.876 | 442.598 | 107.790 | 0.258 | 4 | 4 | 24 | 46 | 4.3695 | 4.3219 | 0.002 | 0.2097 | 0.3976 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 | |
| 15 | 17 | 442.598 | 442.611 | 26.762 | -0.049 | 0 | 67 | 402 | 754 | 4.0211 | 3.8757 | 0.002 | 3.2330 | 5.8446 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 | |
| 19 | 18 | 442.745 | 442.688 | 90.658 | 0.063 | 6 | 6 | 36 | 68 | 4.3415 | 4.2858 | 0.002 | 0.3126 | 0.5929 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 | |
| 18 | 17 | 442.688 | 442.611 | 33.517 | 0.230 | 1 | 7 | 42 | 80 | 4.3294 | 4.2689 | 0.002 | 0.3637 | 0.6630 | 6 | 1.00 | 1.132 | 20.654 | |
| 17 | 20 | 442.611 | 442.705 | 22.455 | -0.419 | 0 | 80 | 480 | 900 | 3.9833 | 3.8290 | 0.002 | 3.8239 | 6.8923 | 6 | 0.40 | 0.716 | 13.062 | |
| 22 | 21 | 442.718 | 442.751 | 87.042 | -0.038 | 4 | 4 | 24 | 46 | 4.3695 | 4.3219 | 0.002 | 0.2097 | 0.3976 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 | |

Continuación tabla 2

| q/Q | v/v | | V (m/s) | | d/D | | COTAS INVERT (m) | | PROFUNDIDAD POZO (m) | | VOL. (m³) | |
|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|------------------|---------|----------------------|-------|-----------|------------|
| | Actual | Futuro | Actual | Futuro | Actual | Futuro | Inicio | Final | Inicio | Final | | Excavación |
| 0.0144 | 0.0272 | 0.359 | 0.436 | 0.29 | 0.35 | 0.084 | 0.114 | 443.484 | 443.115 | 1.500 | 1.640 | 92.646 |
| 0.0108 | 0.0202 | 0.328 | 0.401 | 0.26 | 0.32 | 0.073 | 0.100 | 443.414 | 443.100 | 1.500 | 1.655 | 79.254 |
| 0.0204 | 0.0204 | 0.401 | 0.401 | 0.32 | 0.32 | 0.100 | 0.100 | 443.089 | 442.766 | 1.500 | 1.989 | 90.075 |
| 0.0201 | 0.0371 | 0.396 | 0.484 | 0.45 | 0.55 | 0.098 | 0.135 | 442.736 | 442.507 | 2.019 | 2.148 | 38.253 |
| 0.0108 | 0.0202 | 0.331 | 0.399 | 0.27 | 0.32 | 0.074 | 0.099 | 443.333 | 443.070 | 1.500 | 1.291 | 58.651 |
| 0.0225 | 0.0419 | 0.411 | 0.495 | 0.47 | 0.56 | 0.104 | 0.140 | 443.040 | 442.257 | 1.321 | 2.398 | 116.441 |
| 0.0586 | 0.1080 | 0.546 | 0.652 | 0.52 | 0.62 | 0.164 | 0.221 | 442.227 | 441.833 | 2.428 | 2.659 | 114.598 |
| 0.0927 | 0.1697 | 0.625 | 0.744 | 0.50 | 0.60 | 0.206 | 0.278 | 441.803 | 441.434 | 2.689 | 2.686 | 158.814 |
| 0.1158 | 0.2109 | 0.666 | 0.793 | 0.53 | 0.63 | 0.229 | 0.312 | 441.404 | 441.136 | 2.716 | 2.780 | 117.548 |
| 0.1354 | 0.2463 | 0.697 | 0.828 | 0.56 | 0.66 | 0.248 | 0.338 | 441.106 | 440.775 | 2.810 | 3.084 | 156.329 |
| 0.1586 | 0.2881 | 0.730 | 0.865 | 0.52 | 0.62 | 0.269 | 0.368 | 440.745 | 440.569 | 3.114 | 2.206 | 93.777 |
| 0.0094 | 0.0180 | 0.316 | 0.386 | 0.48 | 0.59 | 0.069 | 0.094 | 442.633 | 441.527 | 1.500 | 1.248 | 67.538 |
| 0.2123 | 0.3849 | 0.794 | 0.934 | 0.57 | 0.67 | 0.313 | 0.430 | 440.539 | 440.136 | 2.236 | 2.686 | 198.080 |
| 0.2335 | 0.4219 | 0.816 | 0.957 | 0.58 | 0.69 | 0.329 | 0.453 | 440.106 | 439.689 | 2.716 | 2.909 | 234.884 |
| 0.0144 | 0.0272 | 0.356 | 0.433 | 0.29 | 0.35 | 0.083 | 0.113 | 441.376 | 440.837 | 1.500 | 1.761 | 140.599 |
| 0.2214 | 0.4002 | 0.802 | 0.944 | 0.64 | 0.76 | 0.319 | 0.400 | 439.659 | 439.525 | 2.939 | 3.086 | 64.502 |
| 0.0214 | 0.0399 | 0.404 | 0.486 | 0.32 | 0.39 | 0.101 | 0.136 | 441.245 | 440.792 | 1.500 | 1.896 | 123.160 |
| 0.0176 | 0.0331 | 0.380 | 0.459 | 0.43 | 0.52 | 0.092 | 0.124 | 440.762 | 440.427 | 1.926 | 2.184 | 55.112 |
| 0.2927 | 0.5276 | 0.868 | 1.013 | 0.62 | 0.73 | 0.370 | 0.516 | 439.495 | 439.405 | 3.116 | 3.300 | 57.630 |
| 0.0144 | 0.0272 | 0.356 | 0.436 | 0.29 | 0.35 | 0.084 | 0.114 | 441.218 | 440.783 | 1.500 | 1.968 | 120.752 |

Continuación tabla 2

| POZOS DE VISITA | COTAS TERRENO | | DH (m) | S% | | No. DE CASAS | | HABITANTES | | F.H. | | Iqm | qtás. (ls) | | DÍAMETRO Tub. (pulg) | S% | V (m/s) | Q (SECCION LLENA) (l/s) |
|-----------------|---------------|---------|---------|---------|--------|--------------|--------|------------|--------|--------|--------|-------|------------|---------|----------------------|------|---------|-------------------------|
| | A | Final | | Terreno | Local | Acum. | Actual | Futuro | Actual | Futuro | Actual | | Futuro | Actual | | | | |
| 21 | 20 | 442.751 | 442.705 | 32.323 | 0.142 | 1 | 5 | 30 | 58 | 4.3547 | 4.3012 | 0.002 | 0.2613 | 0.4989 | 6 | 1.40 | 1.340 | 24.438 |
| 20 | 23 | 442.705 | 442.616 | 93.596 | 0.095 | 4 | 89 | 534 | 1000 | 3.9394 | 3.8000 | 0.002 | 4.2286 | 7.6000 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 |
| 24 | 23 | 441.397 | 442.616 | 109.551 | -1.113 | 3 | 3 | 18 | 34 | 4.3864 | 4.3458 | 0.002 | 0.1579 | 0.2955 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 |
| 23 | 25 | 442.616 | 441.810 | 117.344 | 0.687 | 5 | 92 | 552 | 1034 | 3.9517 | 3.7906 | 0.002 | 4.3627 | 7.8889 | 6 | 0.30 | 0.620 | 11.312 |
| 25 | 26 | 441.810 | 441.667 | 92.958 | 0.154 | 9 | 101 | 606 | 1136 | 3.9298 | 3.7636 | 0.002 | 4.7629 | 8.5509 | 6 | 0.30 | 0.620 | 11.312 |
| 27 | 26 | 441.448 | 441.667 | 89.859 | -0.244 | 2 | 2 | 12 | 24 | 4.4067 | 4.3695 | 0.002 | 0.1058 | 0.2097 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 |
| 26 | 28 | 441.667 | 441.356 | 40.527 | 0.767 | 3 | 106 | 636 | 1192 | 3.9182 | 3.7495 | 0.002 | 4.9839 | 8.9389 | 6 | 0.30 | 0.620 | 11.312 |
| 30 | 29 | 440.530 | 440.919 | 48.833 | -0.797 | 3 | 3 | 18 | 34 | 4.3864 | 4.3458 | 0.002 | 0.1579 | 0.2955 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 |
| 29 | 28 | 440.919 | 441.356 | 44.419 | -0.984 | 5 | 8 | 48 | 90 | 4.3183 | 4.2558 | 0.002 | 0.4146 | 0.7660 | 6 | 1.00 | 1.132 | 20.654 |
| 28 | 31 | 441.356 | 441.544 | 72.771 | -0.258 | 8 | 122 | 732 | 1372 | 3.8833 | 3.7072 | 0.002 | 5.6651 | 10.1727 | 8 | 0.30 | 0.751 | 24.363 |
| 31 | 32 | 441.544 | 440.809 | 70.366 | 1.045 | 7 | 129 | 774 | 1450 | 3.8690 | 3.6902 | 0.002 | 5.9892 | 10.7015 | 8 | 0.30 | 0.751 | 24.363 |
| 32 | 33 | 440.809 | 440.345 | 61.289 | 0.757 | 5 | 134 | 804 | 1506 | 3.8591 | 3.6783 | 0.002 | 6.2054 | 11.0790 | 8 | 0.30 | 0.751 | 24.363 |
| 43 | 41 | 443.946 | 443.120 | 110.523 | 0.747 | 4 | 4 | 24 | 46 | 4.3695 | 4.3219 | 0.002 | 0.2097 | 0.3976 | 6 | 0.70 | 0.947 | 17.280 |
| 42 | 41 | 442.556 | 443.120 | 27.754 | -2.032 | 1 | 1 | 6 | 12 | 4.4335 | 4.4067 | 0.002 | 0.0532 | 0.1058 | 6 | 0.70 | 0.947 | 17.280 |
| 41 | 40 | 443.120 | 443.355 | 21.649 | -1.086 | 3 | 8 | 48 | 90 | 4.3183 | 4.2558 | 0.002 | 0.4146 | 0.7660 | 6 | 1.50 | 1.387 | 25.295 |
| 40 | 38 | 443.355 | 443.412 | 72.608 | -0.079 | 3 | 11 | 66 | 124 | 4.2888 | 4.2168 | 0.002 | 0.5661 | 1.0458 | 6 | 1.10 | 1.187 | 21.662 |
| 39 | 38 | 444.260 | 443.412 | 52.410 | 1.618 | 3 | 3 | 18 | 34 | 4.3864 | 4.3458 | 0.002 | 0.1579 | 0.2955 | 6 | 1.50 | 1.387 | 25.295 |
| 47 | 46 | 443.452 | 444.246 | 42.070 | -1.887 | 2 | 2 | 12 | 24 | 4.4067 | 4.3695 | 0.002 | 0.1058 | 0.2097 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 |
| 48 | 46 | 444.702 | 444.246 | 14.560 | 3.132 | 1 | 1 | 6 | 12 | 4.4335 | 4.4067 | 0.002 | 0.0532 | 0.1058 | 6 | 3.00 | 0.981 | 17.887 |
| 38 | 37 | 443.412 | 443.089 | 84.573 | 0.382 | 6 | 20 | 120 | 226 | 4.2210 | 4.1282 | 0.002 | 1.0131 | 1.8660 | 6 | 0.70 | 0.947 | 17.280 |
| 46 | 45 | 444.246 | 444.279 | 81.837 | -0.040 | 9 | 12 | 72 | 136 | 4.2800 | 4.2046 | 0.002 | 0.6163 | 1.1436 | 6 | 1.20 | 1.240 | 22.625 |
| 45 | 44 | 444.279 | 444.133 | 34.585 | 0.422 | 4 | 16 | 96 | 180 | 4.2484 | 4.1644 | 0.002 | 0.8157 | 1.4992 | 6 | 1.00 | 1.132 | 20.654 |
| 55 | 53 | 454.128 | 450.377 | 100.691 | 3.725 | 3 | 3 | 18 | 34 | 4.3864 | 4.3458 | 0.002 | 0.1579 | 0.2955 | 6 | 3.70 | 2.178 | 39.728 |
| 54 | 53 | 452.089 | 450.377 | 17.880 | 9.575 | 1 | 1 | 6 | 12 | 4.4335 | 4.4067 | 0.002 | 0.0532 | 0.1058 | 6 | 4.00 | 2.284 | 41.307 |
| 53 | 52 | 450.377 | 448.681 | 9.192 | 7.572 | 0 | 4 | 24 | 46 | 4.3695 | 4.3219 | 0.002 | 0.2097 | 0.3976 | 6 | 5.00 | 2.532 | 46.183 |
| 52 | 51 | 449.681 | 444.752 | 102.945 | 4.793 | 8 | 12 | 72 | 136 | 4.2800 | 4.2046 | 0.002 | 0.6163 | 1.1436 | 6 | 5.00 | 2.532 | 46.183 |
| 51 | 50 | 444.752 | 444.068 | 79.349 | 0.875 | 8 | 20 | 120 | 226 | 4.2210 | 4.1282 | 0.002 | 1.0131 | 1.8660 | 6 | 1.10 | 1.187 | 21.662 |
| 50 | 49 | 444.068 | 444.093 | 71.338 | -0.049 | 7 | 27 | 162 | 304 | 4.1900 | 4.0760 | 0.002 | 1.3543 | 2.4762 | 6 | 0.90 | 1.074 | 19.594 |
| 49 | 44 | 444.093 | 444.133 | 99.672 | -0.040 | 10 | 37 | 222 | 416 | 4.1312 | 4.0140 | 0.002 | 1.8342 | 3.3397 | 6 | 0.70 | 0.947 | 17.280 |
| 44 | 37 | 444.113 | 443.089 | 102.969 | 0.994 | 8 | 61 | 366 | 686 | 4.0402 | 3.8996 | 0.002 | 2.9574 | 5.3503 | 6 | 0.50 | 0.801 | 14.604 |

Continuación tabla 2

| q/d | v/v | | V (m/s) | | d/d | | COTAS INVERT (m) | | PROFUNDIDAD POZO (m) | | VOL. (m ³) | |
|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|------------------|---------|----------------------|-------|------------------------|---------|
| | Actual | Futuro | Actual | Futuro | Actual | Futuro | Inicio | Final | Inicio | Final | | |
| 0.0107 | 0.0204 | 0.328 | 0.399 | 0.44 | 0.53 | 0.073 | 0.099 | 440.753 | 440.300 | 1.998 | 2.405 | 56.927 |
| 0.2895 | 0.5204 | 0.865 | 1.010 | 0.69 | 0.81 | 0.368 | 0.512 | 439.375 | 438.907 | 3.330 | 3.709 | 263.527 |
| 0.0108 | 0.0202 | 0.328 | 0.396 | 0.26 | 0.32 | 0.073 | 0.098 | 439.897 | 439.349 | 1.500 | 3.267 | 208.881 |
| 0.3857 | 0.6929 | 0.935 | 1.079 | 0.58 | 0.67 | 0.431 | 0.612 | 438.877 | 438.525 | 3.739 | 3.285 | 329.688 |
| 0.4210 | 0.7559 | 0.957 | 1.099 | 0.59 | 0.68 | 0.453 | 0.650 | 438.495 | 438.216 | 3.315 | 3.451 | 251.577 |
| 0.0072 | 0.0144 | 0.424 | 0.517 | 0.34 | 0.41 | 0.109 | 0.150 | 439.948 | 439.499 | 1.500 | 2.168 | 131.882 |
| 0.4406 | 0.7902 | 0.981 | 1.119 | 0.61 | 0.69 | 0.478 | 0.698 | 438.186 | 438.065 | 3.481 | 3.291 | 109.785 |
| 0.0108 | 0.0202 | 0.441 | 0.536 | 0.35 | 0.43 | 0.116 | 0.159 | 439.030 | 438.786 | 1.500 | 2.133 | 70.967 |
| 0.0201 | 0.0371 | 0.459 | 0.554 | 0.52 | 0.63 | 0.124 | 0.168 | 438.756 | 438.312 | 2.163 | 3.044 | 92.525 |
| 0.2334 | 0.4175 | 0.816 | 0.955 | 0.61 | 0.72 | 0.329 | 0.451 | 438.015 | 437.796 | 3.341 | 3.748 | 206.356 |
| 0.2458 | 0.4393 | 0.826 | 0.968 | 0.62 | 0.73 | 0.337 | 0.464 | 437.766 | 437.555 | 3.778 | 3.254 | 197.915 |
| 0.2547 | 0.4548 | 0.835 | 0.976 | 0.63 | 0.73 | 0.344 | 0.473 | 437.525 | 437.341 | 3.284 | 3.004 | 154.144 |
| 0.0121 | 0.0230 | 0.342 | 0.414 | 0.32 | 0.39 | 0.078 | 0.105 | 442.446 | 441.672 | 1.500 | 1.448 | 130.314 |
| 0.0031 | 0.0061 | 0.229 | 0.280 | 0.22 | 0.26 | 0.041 | 0.056 | 441.056 | 440.862 | 1.500 | 2.258 | 41.723 |
| 0.0164 | 0.0303 | 0.373 | 0.450 | 0.52 | 0.62 | 0.089 | 0.120 | 440.832 | 440.507 | 2.288 | 2.848 | 44.478 |
| 0.0261 | 0.0483 | 0.430 | 0.516 | 0.51 | 0.61 | 0.112 | 0.150 | 440.477 | 439.678 | 2.878 | 3.734 | 192.025 |
| 0.0062 | 0.0117 | 0.280 | 0.337 | 0.39 | 0.47 | 0.057 | 0.076 | 442.760 | 441.974 | 1.500 | 1.438 | 61.595 |
| 0.0072 | 0.0144 | 0.292 | 0.359 | 0.23 | 0.29 | 0.061 | 0.084 | 441.952 | 441.742 | 1.500 | 2.504 | 67.385 |
| 0.0030 | 0.0059 | 0.380 | 0.464 | 0.37 | 0.45 | 0.072 | 0.126 | 443.202 | 442.765 | 1.500 | 1.481 | 17.360 |
| 0.0586 | 0.1080 | 0.546 | 0.662 | 0.52 | 0.62 | 0.164 | 0.221 | 439.648 | 439.056 | 3.764 | 4.033 | 263.746 |
| 0.0272 | 0.0505 | 0.435 | 0.652 | 0.54 | 0.81 | 0.114 | 0.221 | 441.712 | 440.730 | 2.534 | 3.549 | 199.150 |
| 0.0395 | 0.0726 | 0.486 | 0.581 | 0.55 | 0.66 | 0.136 | 0.182 | 440.700 | 440.354 | 3.579 | 3.779 | 101.799 |
| 0.0040 | 0.0074 | 0.243 | 0.295 | 0.53 | 0.64 | 0.046 | 0.062 | 452.628 | 448.902 | 1.500 | 1.475 | 119.805 |
| 0.0013 | 0.0026 | 0.172 | 0.211 | 0.39 | 0.48 | 0.027 | 0.037 | 449.589 | 448.874 | 2.500 | 1.503 | 28.631 |
| 0.0045 | 0.0086 | 0.328 | 0.393 | 0.83 | 1.00 | 0.073 | 0.097 | 448.844 | 448.384 | 1.533 | 1.297 | 10.405 |
| 0.0133 | 0.0248 | 0.351 | 0.421 | 0.89 | 1.07 | 0.081 | 0.108 | 448.354 | 443.212 | 1.327 | 1.540 | 117.936 |
| 0.0468 | 0.0861 | 0.512 | 0.613 | 0.61 | 0.73 | 0.148 | 0.199 | 443.182 | 442.309 | 1.570 | 1.749 | 105.342 |
| 0.0691 | 0.1265 | 0.574 | 0.664 | 0.62 | 0.74 | 0.178 | 0.240 | 442.279 | 441.637 | 1.779 | 2.456 | 120.841 |
| 0.1061 | 0.1933 | 0.651 | 0.773 | 0.62 | 0.73 | 0.220 | 0.298 | 441.607 | 440.909 | 2.486 | 3.224 | 227.634 |
| 0.2025 | 0.3663 | 0.783 | 0.921 | 0.63 | 0.74 | 0.305 | 0.418 | 440.324 | 439.809 | 3.789 | 3.280 | 291.169 |

Continuación tabla 2

| POZOS DE VISITA | COTAS TERRENO | | DH (m) | S% | | No. DE CASAS | | HABITANTES | | F.H. | | tqm | qtis. (l/s) | | DIÁMETRO Tub. (pulg) | S% | V (m/s) | Q (SECCION LLENA) (l/s) |
|-----------------|---------------|----|---------|---------|---------|--------------|-------|------------|--------|--------|--------|-------|-------------|---------|-------------------------|------|------------|----------------------------------|
| | DE | A | | Inicial | Final | Terreno | Local | Acum. | Actual | Futuro | Actual | | Futuro | Actual | | | | |
| 37 | 36 | 36 | 443,088 | 441,381 | 40,565 | 6 | 87 | 522 | 978 | 3,9645 | 3,8062 | 0,002 | 4,1390 | 7,4449 | 6 | 0,50 | 0,801 | 14,604 |
| 36 | 33 | 33 | 441,381 | 440,435 | 105,531 | 3 | 90 | 540 | 1012 | 3,9568 | 3,7967 | 0,002 | 4,2733 | 7,6844 | 6 | 0,90 | 1,072 | 19,555 |
| 33 | 78 | 78 | 440,345 | 439,644 | 54,772 | 3 | 227 | 1362 | 2550 | 3,7095 | 3,5014 | 0,002 | 10,1046 | 17,8571 | 8 | 0,30 | 0,751 | 24,363 |
| 78 | 77 | 77 | 439,644 | 438,264 | 86,412 | 4 | 231 | 1386 | 2996 | 3,7041 | 3,4980 | 0,002 | 10,2678 | 18,1461 | 8 | 1,00 | 1,372 | 44,480 |
| 73 | 74 | 74 | 443,533 | 442,252 | 46,753 | 3 | 3 | 18 | 34 | 4,3864 | 4,3468 | 0,002 | 0,1579 | 0,2955 | 6 | 1,50 | 1,387 | 25,295 |
| 74 | 75 | 75 | 442,252 | 440,890 | 72,754 | 1 | 4 | 24 | 46 | 4,3695 | 4,3219 | 0,002 | 0,2097 | 0,3976 | 6 | 1,00 | 1,132 | 20,654 |
| 75 | 76 | 76 | 440,890 | 438,759 | 103,306 | 5 | 9 | 54 | 102 | 4,3078 | 4,2412 | 0,002 | 0,4652 | 0,8652 | 6 | 1,90 | 1,561 | 28,469 |
| 76 | 77 | 77 | 438,759 | 438,264 | 90,709 | 1 | 10 | 60 | 114 | 4,2980 | 4,2276 | 0,002 | 0,5168 | 0,9639 | 6 | 1,00 | 1,132 | 20,654 |
| 77 | 79 | 79 | 438,264 | 437,719 | 67,270 | 0 | 241 | 1446 | 2708 | 3,6910 | 3,4798 | 0,002 | 10,6744 | 18,8466 | 8 | 0,80 | 1,227 | 39,784 |
| 79 | 80 | 80 | 437,719 | 437,488 | 65,670 | 0 | 241 | 1446 | 2708 | 3,6910 | 3,4798 | 0,002 | 10,6744 | 18,8466 | 8 | 0,30 | 0,751 | 24,363 |
| 80 | 81 | 81 | 437,488 | 437,717 | 85,081 | 0 | 241 | 1446 | 2708 | 3,6910 | 3,4798 | 0,002 | 10,6744 | 18,8466 | 8 | 0,30 | 0,751 | 24,363 |
| 81 | 86 | 86 | 437,717 | 436,119 | 52,016 | 0 | 241 | 1446 | 2708 | 3,6910 | 3,4798 | 0,002 | 10,6744 | 18,8466 | 8 | 0,90 | 1,301 | 42,198 |
| 56 | 57 | 57 | 449,342 | 447,467 | 96,781 | 2 | 2 | 12 | 24 | 4,4067 | 4,3695 | 0,002 | 0,1058 | 0,2097 | 6 | 1,40 | 1,340 | 24,438 |
| 57 | 58 | 58 | 447,467 | 445,693 | 73,374 | 4 | 6 | 36 | 68 | 4,3415 | 4,2858 | 0,002 | 0,3126 | 0,5629 | 6 | 1,20 | 1,240 | 22,625 |
| 58 | 59 | 59 | 445,693 | 443,598 | 66,372 | 9 | 15 | 90 | 170 | 4,2558 | 4,1729 | 0,002 | 0,7680 | 1,4188 | 6 | 3,10 | 1,993 | 36,364 |
| 59 | 60 | 60 | 443,598 | 442,559 | 54,346 | 6 | 21 | 126 | 236 | 4,2147 | 4,1210 | 0,002 | 1,0621 | 1,9451 | 6 | 1,90 | 1,561 | 28,469 |
| 61 | 62 | 62 | 445,120 | 444,629 | 84,498 | 6 | 6 | 36 | 68 | 4,3415 | 4,2858 | 0,002 | 0,3126 | 0,5629 | 6 | 0,50 | 0,801 | 14,604 |
| 62 | 60 | 60 | 444,629 | 442,559 | 81,359 | 5 | 11 | 66 | 124 | 4,2888 | 4,2168 | 0,002 | 0,5661 | 1,0458 | 6 | 1,90 | 1,561 | 28,469 |
| 60 | 63 | 63 | 442,559 | 442,336 | 76,044 | 2 | 34 | 204 | 382 | 4,1449 | 4,0316 | 0,002 | 1,6911 | 3,0801 | 6 | 0,70 | 0,947 | 17,280 |
| 63 | 64 | 64 | 442,336 | 442,102 | 90,499 | 4 | 38 | 228 | 428 | 4,1267 | 4,0080 | 0,002 | 1,8818 | 3,4309 | 6 | 0,70 | 0,947 | 17,280 |
| 65 | 64 | 64 | 442,102 | 442,102 | 40,074 | 2 | 2 | 12 | 24 | 4,4067 | 4,3695 | 0,002 | 0,1058 | 0,2097 | 6 | 0,50 | 0,801 | 14,604 |
| 64 | 66 | 66 | 442,102 | 441,340 | 91,609 | 1 | 41 | 246 | 462 | 4,1139 | 3,9916 | 0,002 | 2,0934 | 3,7576 | 6 | 0,80 | 1,013 | 18,473 |
| 66 | 67 | 67 | 441,340 | 441,227 | 53,628 | 2 | 43 | 258 | 484 | 4,1056 | 3,9815 | 0,002 | 2,1879 | 3,9234 | 6 | 0,60 | 0,877 | 15,998 |
| 67 | 68 | 68 | 441,227 | 441,530 | 68,413 | 2 | 45 | 270 | 506 | 4,0976 | 3,9716 | 0,002 | 2,2821 | 4,0886 | 6 | 0,60 | 0,877 | 15,998 |
| 72 | 71 | 71 | 444,005 | 442,229 | 86,744 | 4 | 4 | 24 | 46 | 4,3695 | 4,3219 | 0,002 | 0,2583 | 0,4462 | 6 | 1,50 | 1,387 | 25,295 |
| 71 | 70 | 70 | 442,229 | 441,741 | 76,591 | 5 | 9 | 54 | 102 | 4,3078 | 4,2412 | 0,002 | 0,5165 | 0,9165 | 6 | 0,80 | 1,013 | 18,473 |
| 70 | 69 | 69 | 441,741 | 441,475 | 46,074 | 0 | 13 | 78 | 148 | 4,2716 | 4,1929 | 0,002 | 0,5165 | 0,9165 | 6 | 0,80 | 1,013 | 18,473 |
| 69 | 68 | 68 | 441,475 | 441,530 | 58,168 | 0 | 13 | 78 | 148 | 4,2716 | 4,1929 | 0,002 | 0,5165 | 0,9165 | 6 | 0,80 | 1,013 | 18,473 |
| 68 | 82 | 82 | 441,530 | 439,826 | 79,653 | 0 | 58 | 348 | 652 | 4,0502 | 3,9121 | 0,002 | 2,9396 | 5,2221 | 6 | 0,80 | 1,013 | 18,473 |
| 82 | 83 | 83 | 439,826 | 439,023 | 109,741 | 0 | 58 | 348 | 652 | 4,0502 | 3,9121 | 0,002 | 2,9396 | 5,2221 | 6 | 0,80 | 1,013 | 18,473 |
| 83 | 84 | 84 | 439,023 | 438,255 | 88,754 | 0 | 58 | 348 | 652 | 4,0502 | 3,9121 | 0,002 | 2,9396 | 5,2221 | 6 | 0,80 | 1,013 | 18,473 |
| 84 | 85 | 85 | 438,255 | 437,253 | 105,953 | 0 | 58 | 348 | 652 | 4,0502 | 3,9121 | 0,002 | 2,9396 | 5,2221 | 6 | 0,80 | 1,013 | 18,473 |
| 85 | 86 | 86 | 437,253 | 436,119 | 70,056 | 0 | 58 | 348 | 652 | 4,0502 | 3,9121 | 0,002 | 2,9396 | 5,2221 | 6 | 0,80 | 1,013 | 18,473 |
| 86 | 87 | 87 | 436,119 | 435,590 | 86,555 | 0 | 299 | 1794 | 3360 | 3,6220 | 3,4001 | 0,002 | 13,1164 | 22,9695 | 8 | 0,80 | 1,227 | 39,784 |

Continuación tabla 2


| q/Q | v/v | | V (m/s) | | d/D | | COTAS INVERT (m) | | PROFUNDIDAD POZO (m) | | VOL. (m³) | |
|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|------------------|---------|----------------------|-------|-----------|---------|
| | Actual | Futuro | Actual | Futuro | Actual | Futuro | Inicio | Final | Inicio | Final | | |
| 0.2834 | 0.5098 | 0.860 | 1.004 | 0.69 | 0.80 | 0.364 | 0.505 | 439.026 | 438.823 | 4.063 | 2.558 | 107.420 |
| 0.2185 | 0.3930 | 0.799 | 0.939 | 0.86 | 1.01 | 0.371 | 0.435 | 438.793 | 437.847 | 2.588 | 2.588 | 218.452 |
| 0.4148 | 0.7330 | 0.953 | 1.090 | 0.72 | 0.82 | 0.449 | 0.636 | 437.311 | 437.147 | 3.034 | 2.497 | 121.173 |
| 0.2308 | 0.4080 | 0.813 | 0.948 | 1.12 | 1.30 | 0.327 | 0.444 | 437.117 | 436.253 | 2.527 | 2.011 | 156.863 |
| 0.0062 | 0.0117 | 0.280 | 0.337 | 0.39 | 0.47 | 0.057 | 0.076 | 440.733 | 440.032 | 2.800 | 2.220 | 93.886 |
| 0.0102 | 0.0193 | 0.367 | 0.396 | 0.42 | 0.45 | 0.077 | 0.098 | 440.002 | 439.274 | 2.250 | 1.616 | 112.511 |
| 0.0163 | 0.0304 | 0.375 | 0.450 | 0.59 | 0.70 | 0.090 | 0.120 | 439.244 | 437.281 | 1.646 | 1.478 | 129.070 |
| 0.0250 | 0.0467 | 0.421 | 0.510 | 0.48 | 0.58 | 0.108 | 0.147 | 437.251 | 436.344 | 1.508 | 1.920 | 124.358 |
| 0.2683 | 0.4737 | 0.847 | 0.987 | 1.04 | 1.21 | 0.354 | 0.485 | 436.223 | 435.685 | 2.041 | 2.034 | 109.664 |
| 0.4381 | 0.7736 | 0.967 | 1.103 | 0.73 | 0.83 | 0.463 | 0.660 | 435.655 | 435.458 | 2.064 | 2.030 | 107.559 |
| 0.4381 | 0.7736 | 0.967 | 1.103 | 0.73 | 0.83 | 0.463 | 0.660 | 435.428 | 435.172 | 2.060 | 2.545 | 156.717 |
| 0.2530 | 0.4466 | 0.834 | 0.972 | 1.09 | 1.26 | 0.343 | 0.468 | 435.142 | 434.674 | 2.575 | 1.445 | 83.627 |
| 0.0043 | 0.0086 | 0.250 | 0.308 | 0.34 | 0.41 | 0.048 | 0.066 | 446.542 | 445.187 | 2.800 | 2.280 | 196.656 |
| 0.0138 | 0.0258 | 0.356 | 0.426 | 0.44 | 0.53 | 0.083 | 0.110 | 445.157 | 444.277 | 2.310 | 1.416 | 109.367 |
| 0.0211 | 0.0390 | 0.404 | 0.486 | 0.80 | 0.97 | 0.101 | 0.136 | 444.247 | 442.189 | 1.446 | 1.409 | 75.807 |
| 0.0373 | 0.0683 | 0.478 | 0.572 | 0.75 | 0.89 | 0.132 | 0.177 | 442.159 | 441.126 | 1.439 | 1.433 | 62.421 |
| 0.0214 | 0.0399 | 0.404 | 0.486 | 0.32 | 0.39 | 0.101 | 0.136 | 443.120 | 442.698 | 2.000 | 1.931 | 132.881 |
| 0.0199 | 0.0367 | 0.393 | 0.475 | 0.61 | 0.74 | 0.100 | 0.131 | 442.668 | 441.122 | 1.961 | 1.437 | 110.609 |
| 0.0979 | 0.1782 | 0.633 | 0.756 | 0.60 | 0.72 | 0.210 | 0.286 | 441.092 | 440.559 | 1.467 | 1.777 | 98.673 |
| 0.1089 | 0.1985 | 0.654 | 0.779 | 0.62 | 0.74 | 0.222 | 0.302 | 440.529 | 439.896 | 1.807 | 2.206 | 145.259 |
| 0.0072 | 0.0144 | 0.292 | 0.359 | 0.23 | 0.29 | 0.061 | 0.084 | 440.687 | 440.487 | 1.500 | 1.615 | 49.938 |
| 0.1133 | 0.2034 | 0.663 | 0.785 | 0.67 | 0.79 | 0.227 | 0.306 | 439.866 | 439.133 | 2.236 | 2.207 | 162.811 |
| 0.1368 | 0.2452 | 0.701 | 0.826 | 0.61 | 0.72 | 0.250 | 0.337 | 439.103 | 438.781 | 2.237 | 2.446 | 100.450 |
| 0.1426 | 0.2556 | 0.709 | 0.837 | 0.62 | 0.73 | 0.255 | 0.345 | 438.751 | 438.341 | 2.476 | 3.189 | 155.023 |
| 0.0102 | 0.0176 | 0.325 | 0.380 | 0.45 | 0.53 | 0.072 | 0.092 | 442.005 | 440.704 | 2.000 | 1.525 | 122.315 |
| 0.0280 | 0.0496 | 0.438 | 0.521 | 0.44 | 0.53 | 0.115 | 0.152 | 440.674 | 440.061 | 1.555 | 1.680 | 99.110 |
| 0.0280 | 0.0496 | 0.438 | 0.521 | 0.44 | 0.53 | 0.115 | 0.152 | 440.031 | 439.647 | 1.710 | 1.828 | 68.041 |
| 0.0280 | 0.0496 | 0.438 | 0.521 | 0.44 | 0.53 | 0.115 | 0.152 | 439.617 | 439.143 | 1.858 | 2.387 | 100.474 |
| 0.1591 | 0.2827 | 0.732 | 0.860 | 0.74 | 0.87 | 0.270 | 0.364 | 438.311 | 437.674 | 3.219 | 2.152 | 171.148 |
| 0.1591 | 0.2827 | 0.732 | 0.860 | 0.74 | 0.87 | 0.270 | 0.364 | 437.644 | 436.766 | 2.182 | 2.257 | 194.893 |
| 0.1591 | 0.2827 | 0.732 | 0.860 | 0.74 | 0.87 | 0.270 | 0.364 | 436.736 | 436.026 | 2.287 | 2.229 | 160.353 |
| 0.1591 | 0.2827 | 0.732 | 0.860 | 0.74 | 0.87 | 0.270 | 0.364 | 435.996 | 435.148 | 2.259 | 2.105 | 184.971 |
| 0.1591 | 0.2827 | 0.732 | 0.860 | 0.74 | 0.87 | 0.270 | 0.364 | 435.118 | 434.568 | 2.135 | 1.561 | 103.585 |
| 0.3297 | 0.5774 | 0.897 | 1.035 | 1.10 | 1.27 | 0.395 | 0.545 | 434.528 | 433.835 | 1.591 | 1.755 | 115.859 |

Fuente: elaboración propia.


APÉNDICE C

(Examen bacteriológico y físicoquímico sanitario)

Figura 1. Examen bacteriológico del agua



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



| EXAMEN BACTERIOLOGICO | | INF. No.A-316 062 |
|--|--|---|
| O.T. No. 31 846 | Alejandro José Argueta Cardona (Carné 200914940) | EPS: "Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable por Bombeo para la Aldea El Amatillo, Ipala, Chiquimula" |
| INTERESADO | PROYECTO: | |
| MUESTRA RECOLECTADA POR <u>Interesado</u> | DEPENDENCIA: | Facultad de Ingeniería USAC |
| LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Aldea El Amatillo</u> | FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: | 2013-08-11; 10 h 30 min. |
| FUENTE: <u>Pozo</u> | FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: | 2013-08-12; 09 h 15 min. |
| MUNICIPIO: <u>Ipala</u> | CONDICIONES DE TRANSPORTE: | Con refrigeración |
| DEPARTAMENTO: <u>Chiquimula</u> | | |
| SABOR: <u>----</u> | SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN | <u>----</u> |
| ASPECTO: <u>Claro</u> | COLOR RESIDUAL | <u>00,00 mg/L</u> |
| OLOR: <u>Inodora</u> | | |

| INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES) | | | |
|--|-------------------------|---------------------|---------------|
| PRUEBAS NORMALES | PRUEBA PRESUNTIVA | PRUEBA CONFIRMATIVA | |
| | | FORMACION DE GAS | |
| CANTIDAD SEMBRADA | FORMACION DE GAS – 35°C | TOTAL | FECAL 44.5 °C |
| 10,00 cm ³ | ++++ - | ++++ | ---- |
| 01,00 cm ³ | + ---- | + | - |
| 00,10 cm ³ | ----- | Innecesaria | Innecesaria |
| RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³ | | 17 | <2 |

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – W.E.F. 21ST NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.




OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua NO ES POTABLE, Según NORMA COGUANOR NTG 29001.

Guatemala, 2013-08-29

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales


DIRECTORA CII/USAC


FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC

Figura 2. Examen físicoquímico sanitario del agua



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



O.T. No. 31 846 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO INF. No. 25 320

| | |
|--|---|
| INTERESADO: <u>Alejandro José Argueta Cardona</u> (Carné 200914940) | PROYECTO: <u>EPS: "Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable por Bombeo para la Aldea El Amatillo, Ipala Chiquimula"</u> |
| RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u> | DEPENDENCIA: <u>Facultad de Ingeniería, USAC</u> |
| LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Aldea El Amatillo</u> | FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2013-08-11; 10 h 30 min.</u> |
| FUENTE: <u>Pozo</u> | FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2013-08-12; 09 h 15 min.</u> |
| MUNICIPIO: <u>Ipala</u> | CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Sin refrigeración</u> |
| DEPARTAMENTO: <u>Chiquimula</u> | |

RESULTADOS

| | | |
|---------------------------------|---|--|
| 1. ASPECTO: <u>Clara</u> | 4. OLOR: <u>Inodora</u> | 7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>----</u> |
| 2. COLOR: <u>01,00 Unidades</u> | 5. SABOR: <u>----</u> | 8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: <u>297,00 μmhos/cm</u> |
| 3. TURBIEDAD: <u>00,42 UNT</u> | 6. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH): <u>07,20 unidades</u> | |

| SUSTANCIAS | mg/L | SUSTANCIAS | mg/L | SUSTANCIAS | mg/L |
|---|-------|--|--------|---------------------------|--------|
| 1. AMONIACO (NH ₃) | 00,08 | 6. CLORUROS (Cl ⁻) | 10,50 | 11. SOLIDOS TOTALES | 180,00 |
| 2. NITRITOS (NO ₂ ⁻) | 0,121 | 7. FLUORUROS (F ⁻) | 00,15 | 12. SOLIDOS VOLÁTILES | 8,00 |
| 3. NITRATOS (NO ₃ ⁻) | 19,20 | 8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | 01,00 | 13. SOLIDOS FIJOS | 172,00 |
| 4. CLORO RESIDUAL | ---- | 9. HIERRO TOTAL (Fe) | 00,04 | 14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN | 1,00 |
| 5. MANGANESO (Mn) | 0,027 | 10. DUREZA TOTAL | 152,00 | 15. SOLIDOS DISUELTOS | 157,00 |

ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)

| HIDROXIDOS mg/L | CARBONATOS mg/L | BICARBONATOS mg/L | ALCALINIDAD TOTAL mg/L |
|-----------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| 00,00 | 16,00 | 138,00 | 154,00 |

OTRAS DETERMINACIONES

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista físico químico sanitario, Dureza en Límite Máximo Permisible. Las demás determinaciones indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables, según Norma COGUANOR NTG 29 001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.S. 2005 Y NORMA COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES), GUATEMALA.

Guatemala, 2013-08-29

Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

[Firma]
C. en Ingeniería Sanitaria
Laboratorio Físico Químico No. 421
Laboratorio de Microbiología Sanitaria
"DRA. ALBA TABARINI MOLINA"
USAC GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC -
C.I.I. Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC

APÉNDICE D

(Planos del sistema de agua potable)

V.O.B.O ING. JUAN MERCK
 V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA

PLANTA GENERAL

FECHA: 08 de mayo de 2013

ESCALA: INDICADA

REGISTRADO: ALVARO JOSE ARGUETA CARDONA

MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIJUMULA

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA UDEA DE AGUA POTABLE PARA CHIJUMULA

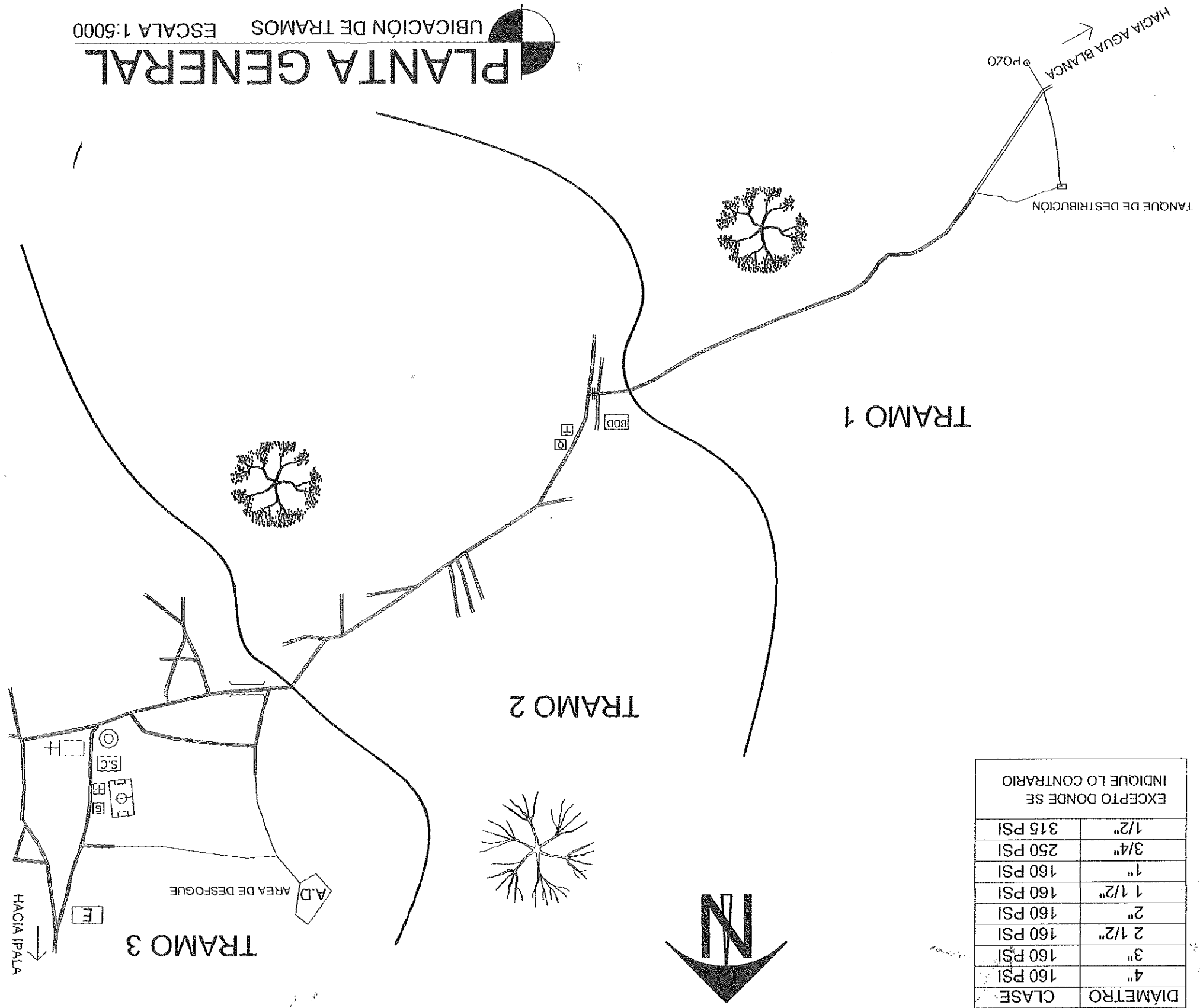
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

16

PLANTA GENERAL

UBICACION DE TRAMOS ESCALA 1:5000

| SIMBOLO | DESCRIPCION |
|---------|-------------------------|
| □ | CASA |
| BOB | BODEGA |
| SC | SALON COMUNAL |
| □ | BANCO |
| □ | ABARROTERIA |
| | FERROCARRIL |
| — | PUENTE |
| ○ | POZO |
| ⊕ | CAMPO DE FUTBOL |
| E | ESCUELA |
| □ | TANQUE DE DISTRIBUCION |
| □ | VALVULA DE DISTRIBUCION |
| ← | INDICA PUNTO Y COTA |
| ⊕ | CENTRO DE SALUD |
| ⊙ | COLISEO |
| + | IGLESIA |
| □ | ESTACION DE SERVICIO |
| ⊗ | VALVULA DE COMPUERTA |
| □ | CHEQUE HORIZONTAL |



| TUBERIA PVC | |
|-------------|---------|
| DIAMETRO | CLASE |
| 4" | 160 PSI |
| 3" | 160 PSI |
| 2 1/2" | 160 PSI |
| 2" | 160 PSI |
| 1 1/2" | 160 PSI |
| 1" | 160 PSI |
| 3/4" | 250 PSI |
| 1/2" | 315 PSI |

EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO

| TUBERÍA PVC | |
|-------------|---------|
| DIÁMETRO | CLASE |
| 4" | 160 PSI |
| 3" | 160 PSI |
| 2 1/2" | 160 PSI |
| 2" | 160 PSI |
| 1 1/2" | 160 PSI |
| 1" | 160 PSI |
| 3/4" | 250 PSI |
| 1/2" | 315 PSI |

EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO



HACIA IPALA →

← HACIA AGUA BLANCA

PLANTA GENERAL TRAMO 2

DENSIDAD DE VIVIENDA
COTAS

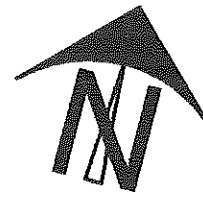
ESCALA 1:1500

| SIMBOLOGÍA | |
|------------|------------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| □ | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C.] | SALON COMUNAL |
| ⊠ | BANCO |
| ⊞ | ABARROTERÍA |
| | FERROCARRIL |
| — | PUENTE |
| ○ | POZO |
| ⊞ | CAMPO DE FUTBOL |
| [E] | ESCUELA |
| □ | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| ⊞ | VÁLVULA DE AIRE |
| → | INDICA PUNTO Y COTA |
| ⊞ | CENTRO DE SALUD |
| ⊞ | COLISEO |
| ⊞ | IGLESIA |
| ⊞ | ESTACIÓN DE SERVICIO |
| ⊞ | VÁLVULA DE COMPUERTA |
| ⊞ | CHEQUE HORIZONTAL |

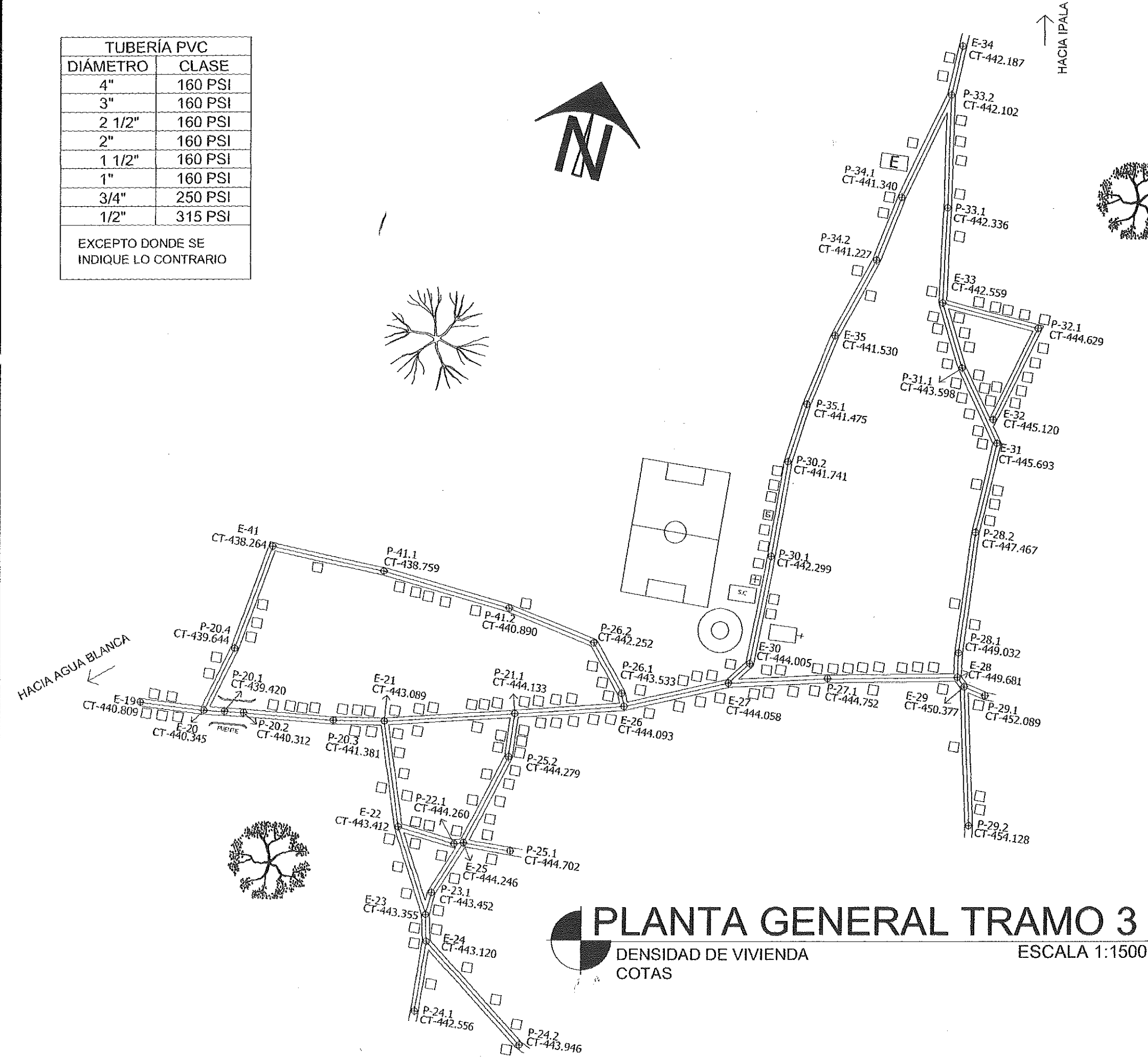
| | | |
|-------------------------|--|---|
| | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| | PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO: | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA INGENIERO: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA | ESCALA: INDICADA FECHA: DICIEMBRE 2013 |
| PLANTA GENERAL TRAMO 2 | | |
| V.O.B.O ING. JUAN MERCK | V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA | 2/16 |

| TUBERÍA PVC | |
|-------------|---------|
| DIÁMETRO | CLASE |
| 4" | 160 PSI |
| 3" | 160 PSI |
| 2 1/2" | 160 PSI |
| 2" | 160 PSI |
| 1 1/2" | 160 PSI |
| 1" | 160 PSI |
| 3/4" | 250 PSI |
| 1/2" | 315 PSI |

EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO



HACIA IPALA ↑



| SIMBOLOGÍA | |
|------------------------|------------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| □ | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C] | SALON COMUNAL |
| [Banco] | BANCO |
| [Abarrotería] | ABARROTERÍA |
| [Ferrocarril] | FERROCARRIL |
| [Puente] | PUENTE |
| ○ | POZO |
| [Campo de Fútbol] | CAMPO DE FUTBOL |
| [Escuela] | ESCUELA |
| [Tanque] | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| [Válvula] | VÁLVULA DE AIRE |
| [Indica punto y cota] | INDICA PUNTO Y COTA |
| [Centro de Salud] | CENTRO DE SALUD |
| [Coliseo] | COLISEO |
| [Iglesia] | IGLESIA |
| [Estación de Servicio] | ESTACIÓN DE SERVICIO |
| [Válvula de Compuerta] | VÁLVULA DE COMPUERTA |
| [Cheque Horizontal] | CHEQUE HORIZONTAL |

PLANTA GENERAL TRAMO 3

DENSIDAD DE VIVIENDA
COTAS

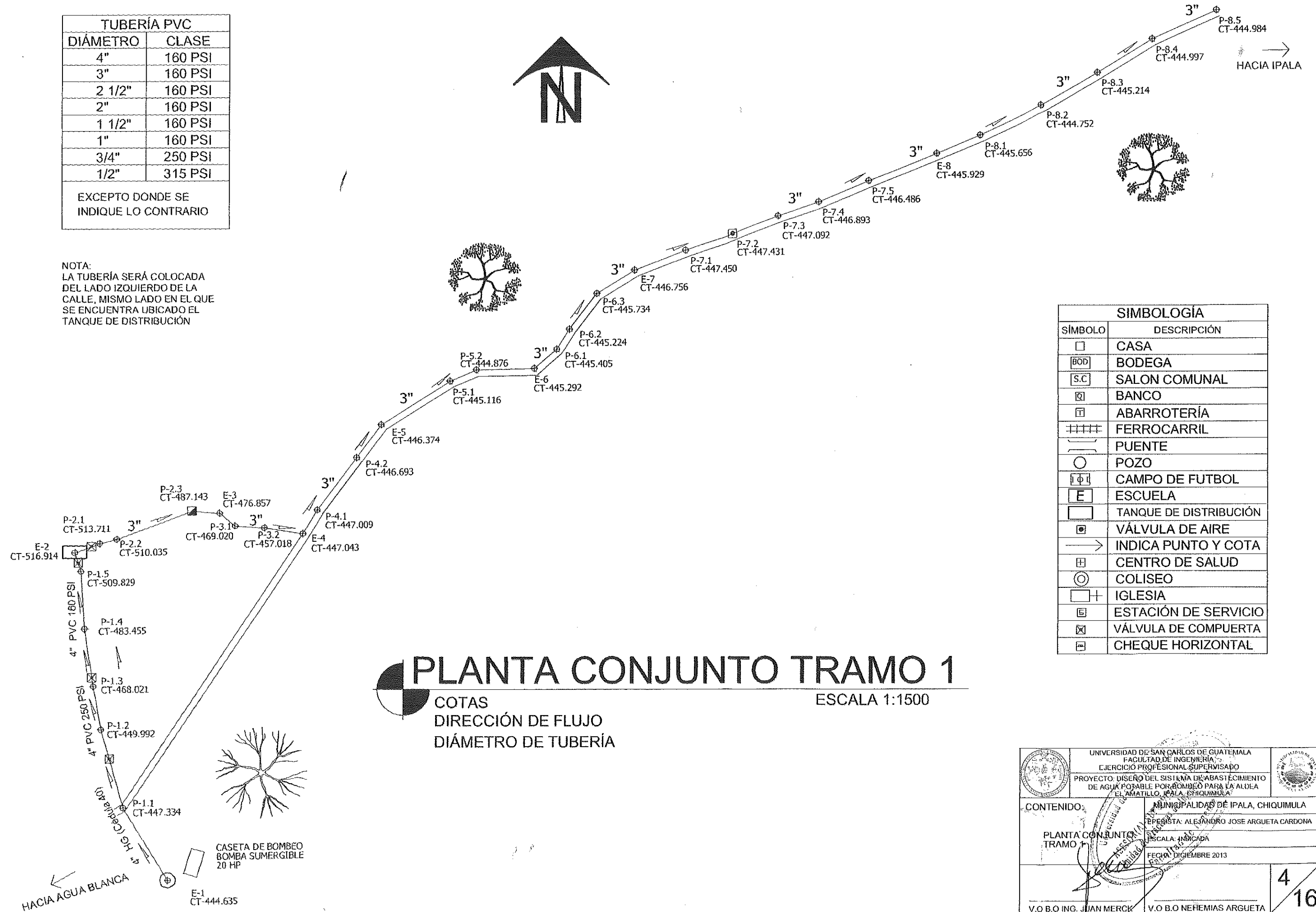
ESCALA 1:1500

| | | |
|--------------------------|---|---|
| | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| | PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GOBIERNO PARA LA ALDEA DE AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO: | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA | ASISTENTE: ACEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA |
| PLANTA GENERAL TRAMO 3 | ESCALA INDICADA | FECHA: DICIEMBRE 2013 |
| V.O.B.O. ING. JUAN MERCK | V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA | 3 / 16 |

| TUBERÍA PVC | |
|-------------|---------|
| DIÁMETRO | CLASE |
| 4" | 160 PSI |
| 3" | 160 PSI |
| 2 1/2" | 160 PSI |
| 2" | 160 PSI |
| 1 1/2" | 160 PSI |
| 1" | 160 PSI |
| 3/4" | 250 PSI |
| 1/2" | 315 PSI |

EXCEPTO DONDE SE
INDIQUE LO CONTRARIO

NOTA:
LA TUBERÍA SERÁ COLOCADA
DEL LADO IZQUIERDO DE LA
CALLE, MISMO LADO EN EL QUE
SE ENCUENTRA UBICADO EL
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



| SIMBOLOGÍA | |
|--------------------------|------------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| [CASA] | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C.] | SALON COMUNAL |
| [BANCO] | BANCO |
| [ABARROTERÍA] | ABARROTERÍA |
| [FERROCARRIL] | FERROCARRIL |
| [PUENTE] | PUENTE |
| [POZO] | POZO |
| [CAMPO DE FUTBOL] | CAMPO DE FUTBOL |
| [ESCUELA] | ESCUELA |
| [TANQUE DE DISTRIBUCIÓN] | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| [VÁLVULA DE AIRE] | VÁLVULA DE AIRE |
| [INDICA PUNTO Y COTA] | INDICA PUNTO Y COTA |
| [CENTRO DE SALUD] | CENTRO DE SALUD |
| [COLISEO] | COLISEO |
| [IGLESIA] | IGLESIA |
| [ESTACIÓN DE SERVICIO] | ESTACIÓN DE SERVICIO |
| [VÁLVULA DE COMPUERTA] | VÁLVULA DE COMPUERTA |
| [CHEQUE HORIZONTAL] | CHEQUE HORIZONTAL |

| | |
|--|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO: PLANTA CONJUNTO TRAMO 1 | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA INGENIERO: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA FECHA: DICIEMBRE 2013 |
| V.O.B.O. ING. JUAN MERCK | V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA |

| TUBERÍA PVC | |
|-------------|---------|
| DIÁMETRO | CLASE |
| 4" | 160 PSI |
| 3" | 160 PSI |
| 2 1/2" | 160 PSI |
| 2" | 160 PSI |
| 1 1/2" | 160 PSI |
| 1" | 160 PSI |
| 3/4" | 250 PSI |
| 1/2" | 315 PSI |

EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO



| SIMBOLOGÍA | |
|------------------------|------------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| □ | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C.] | SALON COMUNAL |
| [Banco] | BANCO |
| [Abarrotería] | ABARROTERÍA |
| [Ferrocarril] | FERROCARRIL |
| [Puente] | PUENTE |
| ○ | POZO |
| [Campo de Fútbol] | CAMPO DE FUTBOL |
| [Escuela] | ESCUELA |
| [Tanque] | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| [Válvula de Aire] | VÁLVULA DE AIRE |
| [Indica Punto y Cota] | INDICA PUNTO Y COTA |
| [Centro de Salud] | CENTRO DE SALUD |
| [Coliseo] | COLISEO |
| [Iglesia] | IGLESIA |
| [Estación de Servicio] | ESTACIÓN DE SERVICIO |
| [Válvula de Compuerta] | VÁLVULA DE COMPUERTA |
| [Cheque Horizontal] | CHEQUE HORIZONTAL |

PLANTA CONJUNTO TRAMO 2

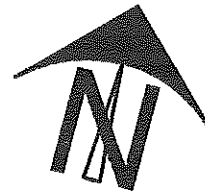
COTAS
DIRECCIÓN DE FLUJO
DIÁMETRO DE TUBERÍA

ESCALA 1:1500

| | | |
|---------------------------------------|--|-----------------------------|
| | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| | PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL AMATEÑO, IPALA, CHIMULULA | |
| CONTENIDO: PLANTA CONJUNTO TRAMO 2 | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIMULULA EPESISTA: ALEJANDRO JOSÉ ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA FECHA: DICIEMBRE 2013 | V.O.B.O ING. JUAN MERCK |
| V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA | | 5 / 16 |

| TUBERÍA PVC | |
|-------------|---------|
| DIÁMETRO | CLASE |
| 4" | 160 PSI |
| 3" | 160 PSI |
| 2 1/2" | 160 PSI |
| 2" | 160 PSI |
| 1 1/2" | 160 PSI |
| 1" | 160 PSI |
| 3/4" | 250 PSI |
| 1/2" | 315 PSI |

EXCEPTO DONDE SE
INDIQUE LO CONTRARIO




| SIMBOLOGÍA | |
|------------------------|------------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| □ | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C.] | SALON COMUNAL |
| [Banco] | BANCO |
| [Abarrotería] | ABARROTERÍA |
| [Ferrocarril] | FERROCARRIL |
| [Puentes] | PUENTE |
| ○ | POZO |
| [Campo de Fútbol] | CAMPO DE FUTBOL |
| [Escuela] | ESCUELA |
| [Tanque] | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| [Válvula de Aire] | VÁLVULA DE AIRE |
| [Indica Punto y Cota] | INDICA PUNTO Y COTA |
| [Centro de Salud] | CENTRO DE SALUD |
| [Coliseo] | COLISEO |
| [Iglesia] | IGLESIA |
| [Estación de Servicio] | ESTACIÓN DE SERVICIO |
| [Válvula de Compuerta] | VÁLVULA DE COMPUERTA |
| [Cheque Horizontal] | CHEQUE HORIZONTAL |

PLANTA CONJUNTO TRAMO 3


COTAS
DIRECCIÓN DE FLUJO
DIÁMETRO DE TUBERÍA

ESCALA 1:1500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL ANATILLO, IPALA, CHIQUIMULA

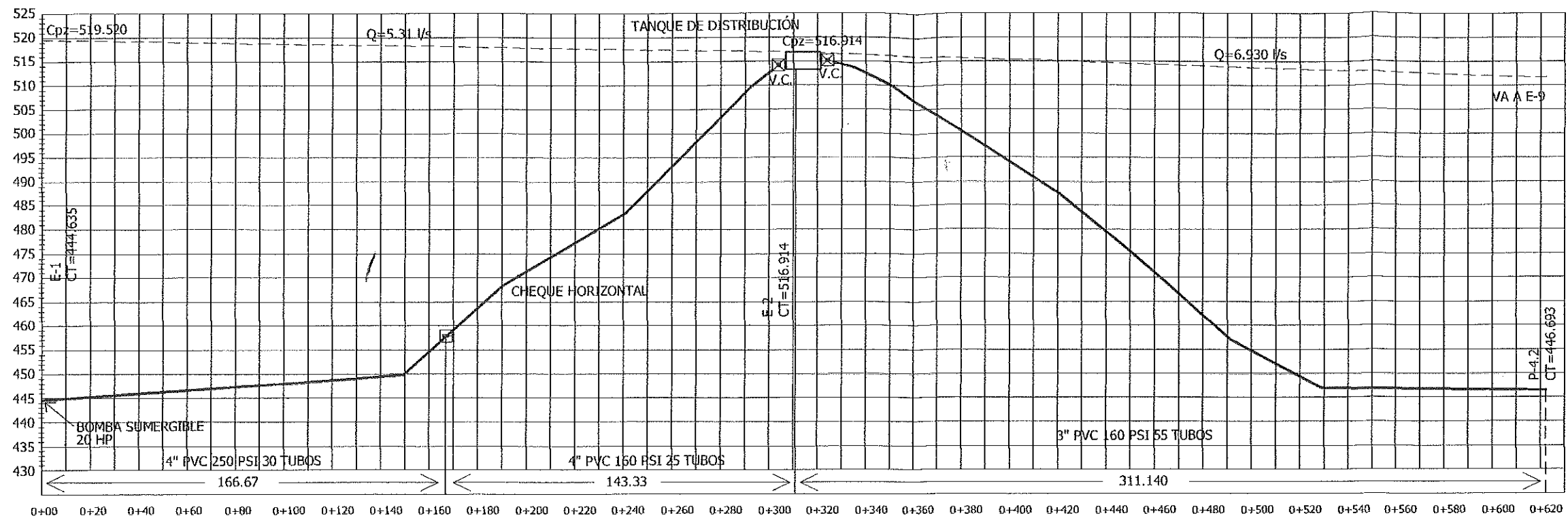


| | |
|-----------------|--|
| CONTENIDO | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA |
| PLANTA CONJUNTO | REGISTRADO: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA |
| TRAMO 3 | ESCALA: INDICADA |
| | FECHA: DICIEMBRE 2013 |

V.O.B.O. ING. JUAN MERCER

V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA

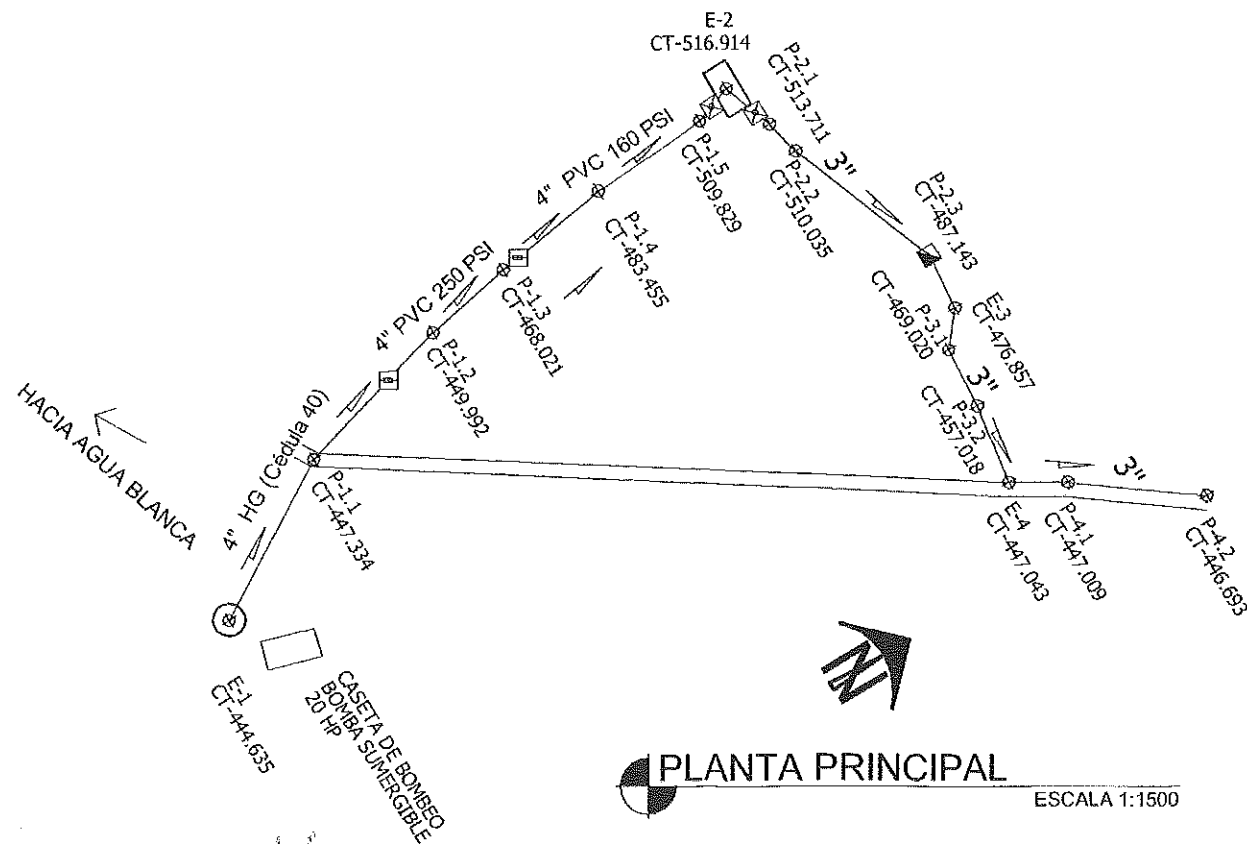
6
16



PERFIL

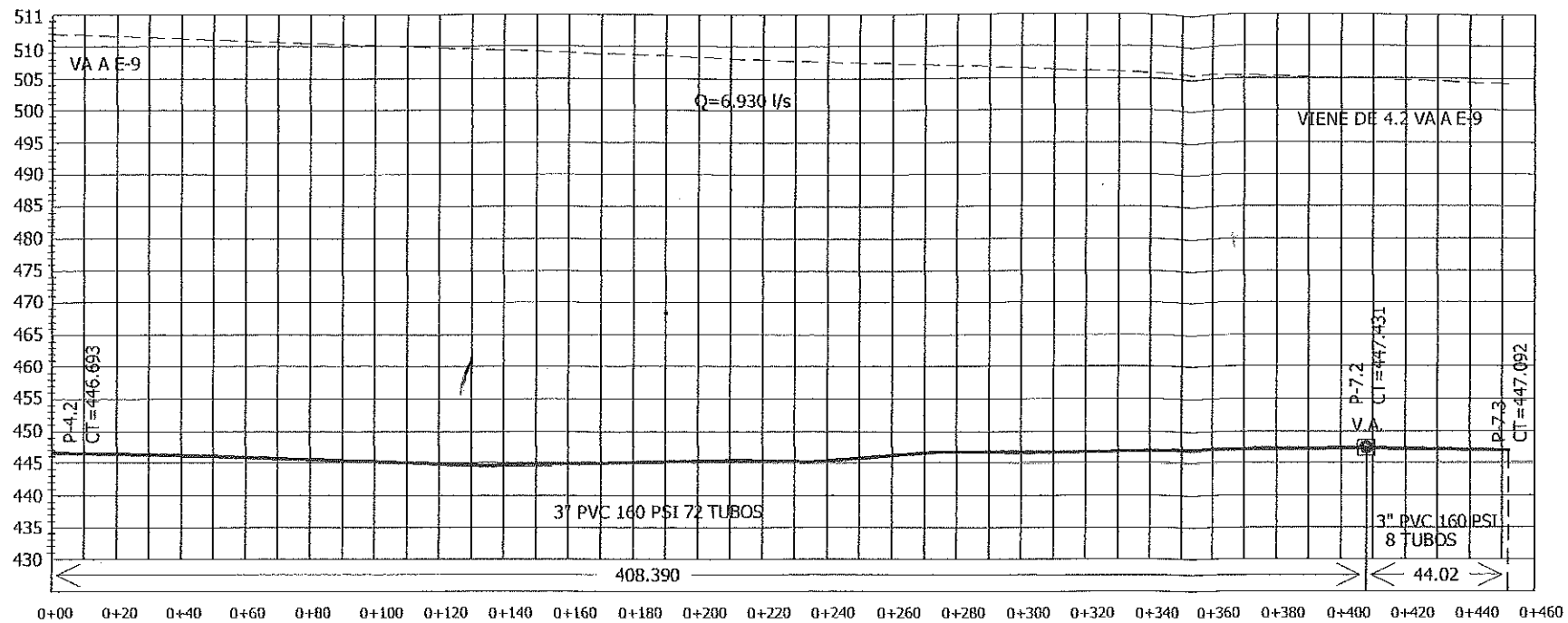
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000

| SIMBOLOGÍA | |
|------------|------------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| □ | CASA |
| ▤ | BODEGA |
| ▥ | SALON COMUNAL |
| ▧ | BANCO |
| ▨ | ABARROTERÍA |
| ▩ | FERROCARRIL |
| ▪ | PUENTE |
| ○ | POZO |
| ◻ | CAMPO DE FUTBOL |
| ⊠ | ESCUELA |
| ⊡ | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| ⊞ | VÁLVULA DE AIRE |
| → | INDICA PUNTO Y COTA |
| ⊕ | CENTRO DE SALUD |
| ⊙ | COLISEO |
| ⊞+ | IGLESIA |
| ⊞ | ESTACIÓN DE SERVICIO |
| ⊞ | VÁLVULA DE COMPUERTA |
| ⊞ | CHEQUE HORIZONTAL |



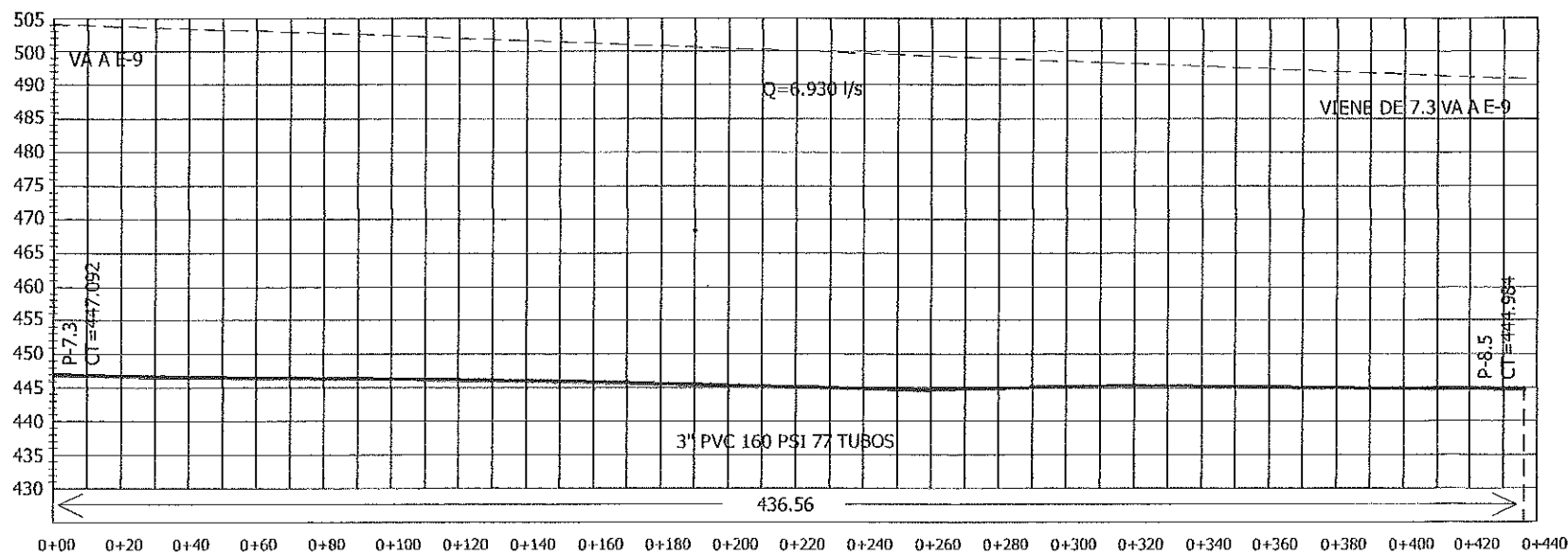
PLANTA PRINCIPAL
ESCALA 1:1500

| | | |
|---|--|--------------------------|
| | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| | PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHICHUMULA | |
| CONTENIDO: MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHICHUMULA | | |
| EJECISITA: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA | | |
| PLANTA PERFIL ESCALA INDICADA | | |
| 08 DE DICIEMBRE 2013 | | |
| V.O.B.O ING. JUAN MERCK | | V.O.B.O NEHEMIAS ARGUETA |



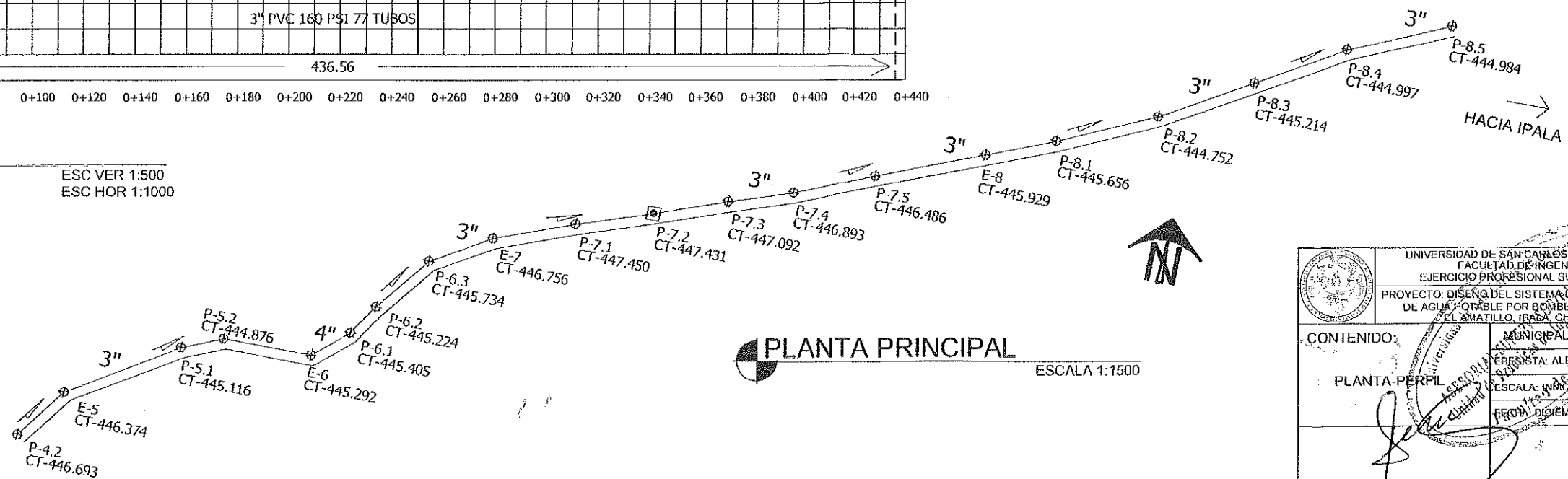
PERFIL

ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



PERFIL

ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



| SIMBOLOGÍA | |
|---------------|------------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| □ | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C] | SALON COMUNAL |
| [Banco] | BANCO |
| [Abarrotería] | ABARROTERÍA |
| [Ferrocarri] | FERROCARRIL |
| [Puentes] | PUENTE |
| ○ | POZO |
| [Campo] | CAMPO DE FUTBOL |
| [Escuela] | ESCUELA |
| [Tanque] | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| [Válvula] | VÁLVULA DE AIRE |
| [Punto] | INDICA PUNTO Y COTA |
| [Salud] | CENTRO DE SALUD |
| [Coliseo] | COLISEO |
| [Iglesia] | IGLESIA |
| [Estación] | ESTACIÓN DE SERVICIO |
| [Válvula] | VÁLVULA DE COMPUERTA |
| [Cheque] | CHEQUE HORIZONTAL |

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA "EL AMATILLO, IZABA, CHIQUIMULA"

MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA

PROYECTISTA: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA

ESCALA: INDICADA

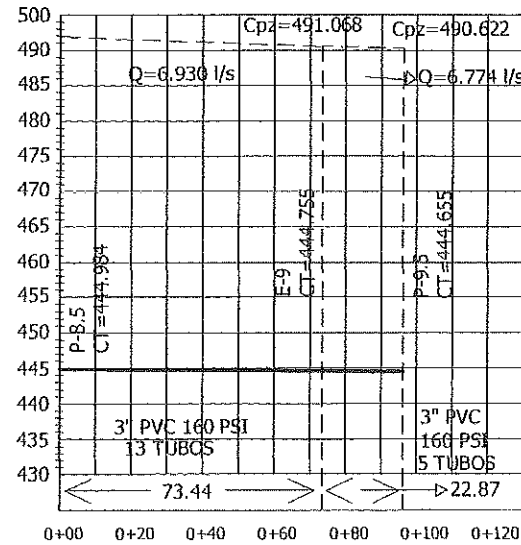
FECHA: DICIEMBRE 2013

CONTENIDO: PLANTA-PERFIL

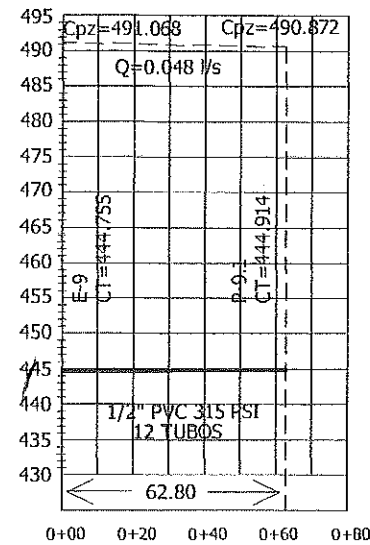
V.O.B.O ING. JUAN MERCK

V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA

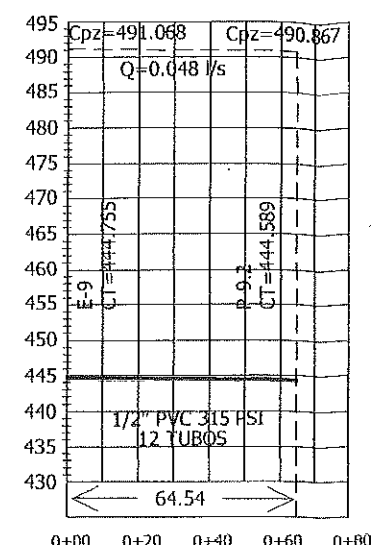
8/16



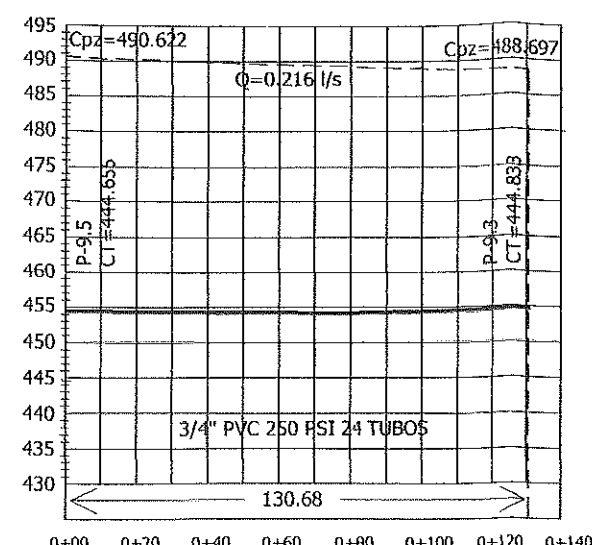
PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



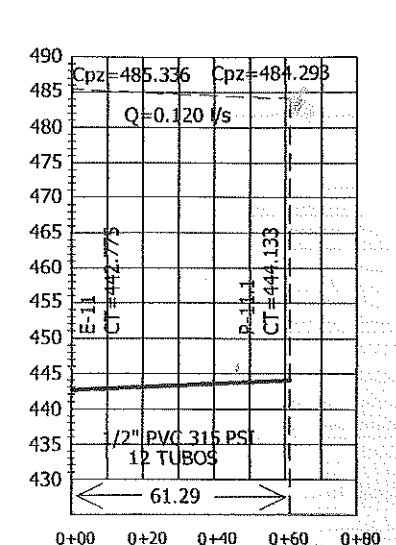
PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



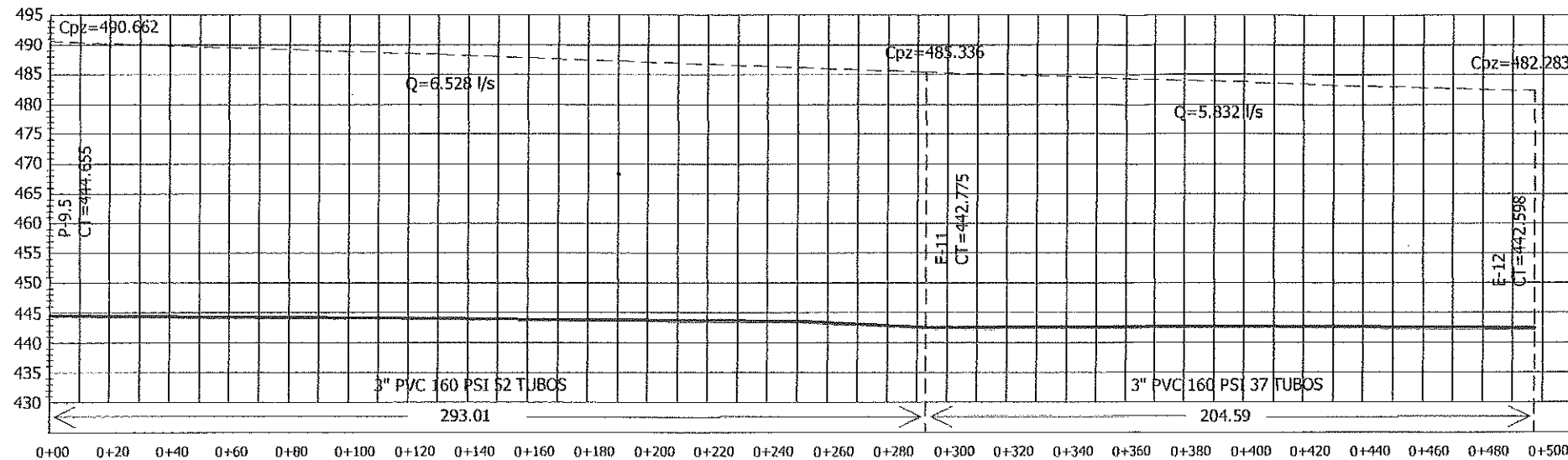
PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000

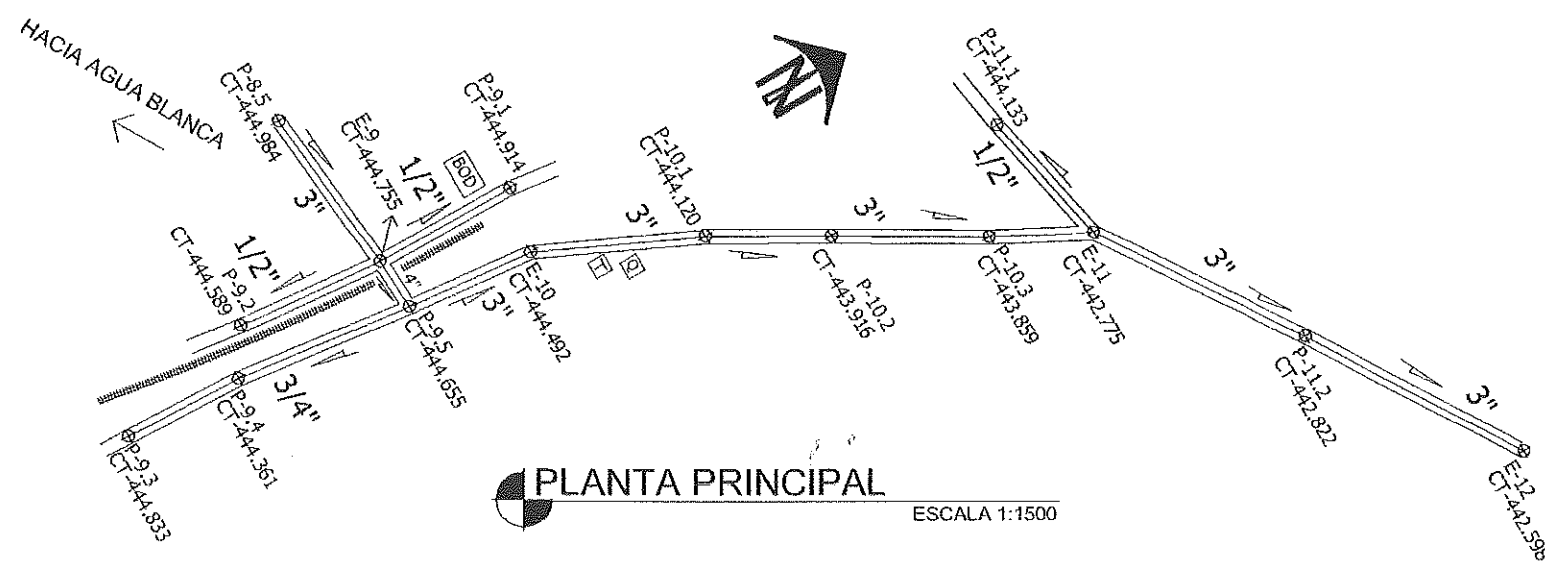


PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000

| SIMBOLOGÍA | |
|------------|------------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| | CASA |
| | BODEGA |
| | SALON COMUNAL |
| | BANCO |
| | ABARROTERÍA |
| | FERROCARRIL |
| | PUENTE |
| | POZO |
| | CAMPO DE FUTBOL |
| | ESCUELA |
| | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| | VÁLVULA DE AIRE |
| | INDICA PUNTO Y COTA |
| | CENTRO DE SALUD |
| | COLISEO |
| | IGLESIA |
| | ESTACIÓN DE SERVICIO |
| | VÁLVULA DE COMPUERTA |
| | CHEQUE HORIZONTAL |



PLANTA PRINCIPAL
ESCALA 1:1500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

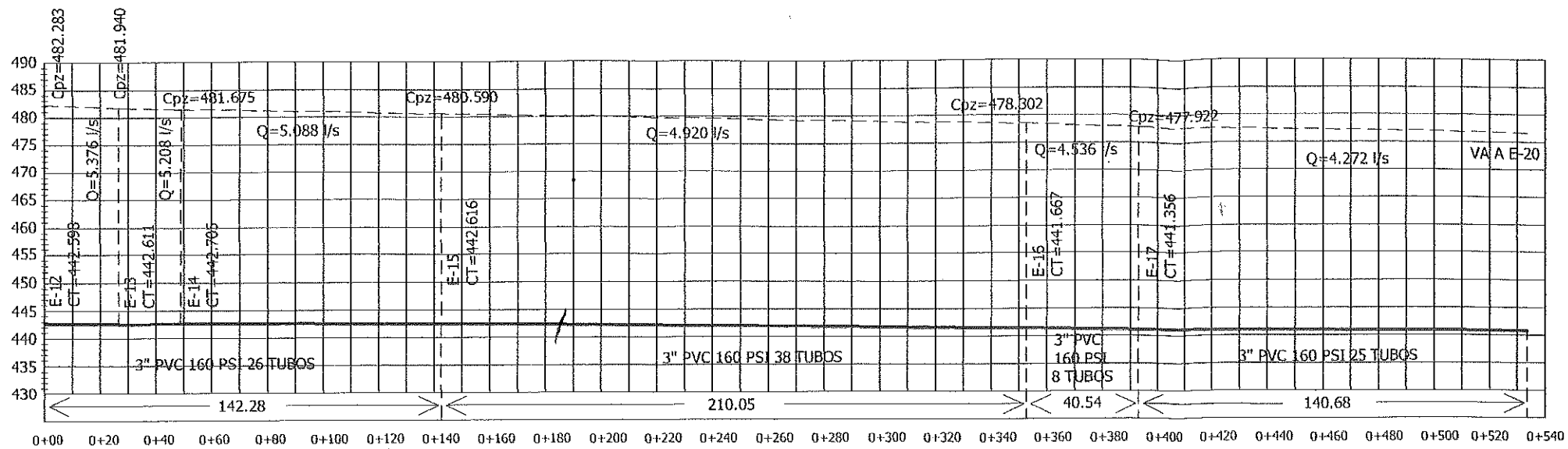
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, ZONA CHUQUIMULAS.

MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHUQUIMULA
PEREGRINO: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA
ESCALA: INDICADA
FECHA: DICIEMBRE 2013

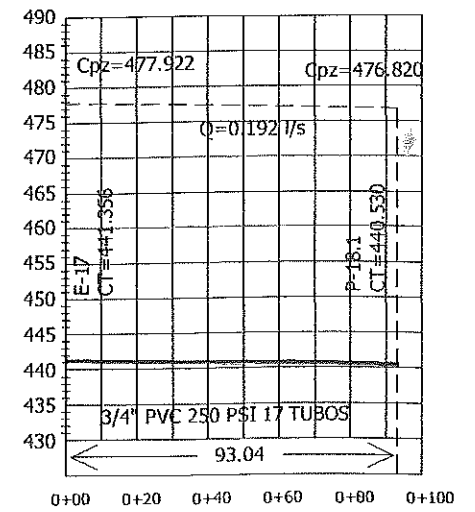
CONTENIDO: PLANTA PERFIL

V.O.B.O ING. JUAN MERCK V.O.B.O NEHEMIAS ARGUETA

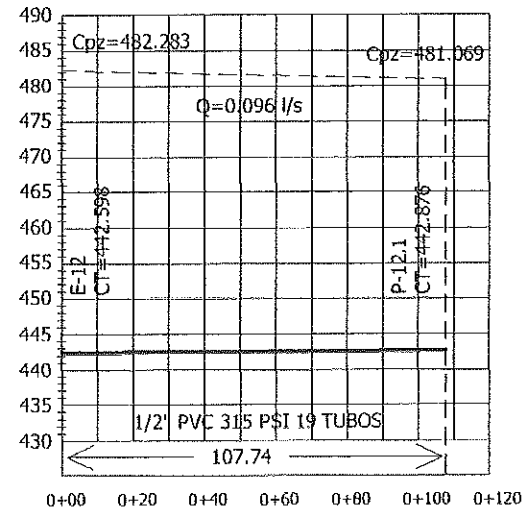
9/16



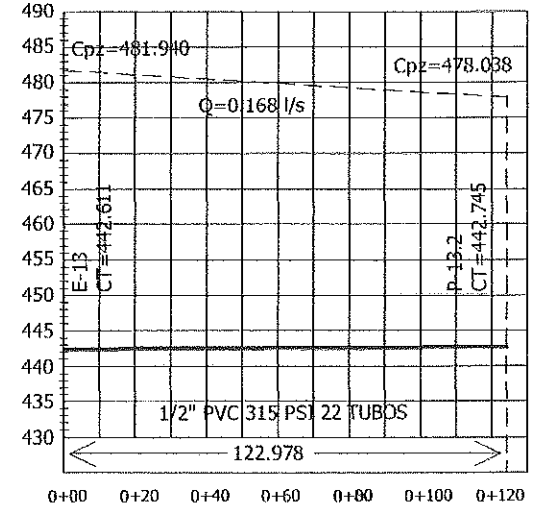
PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



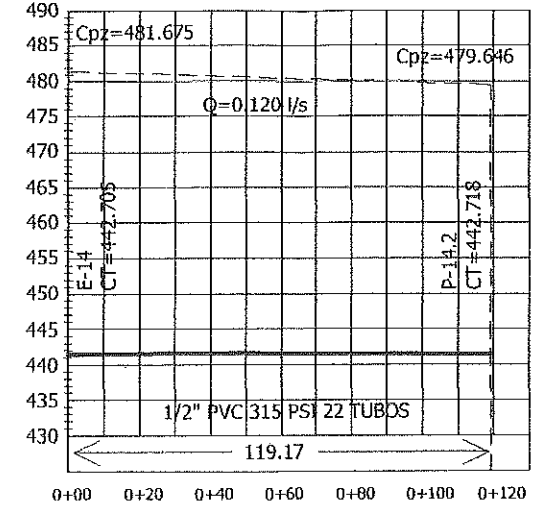
PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



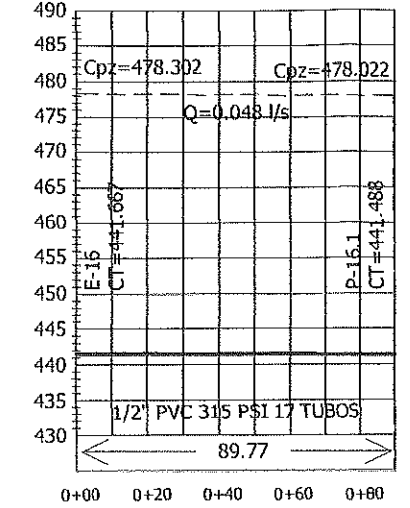
PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000

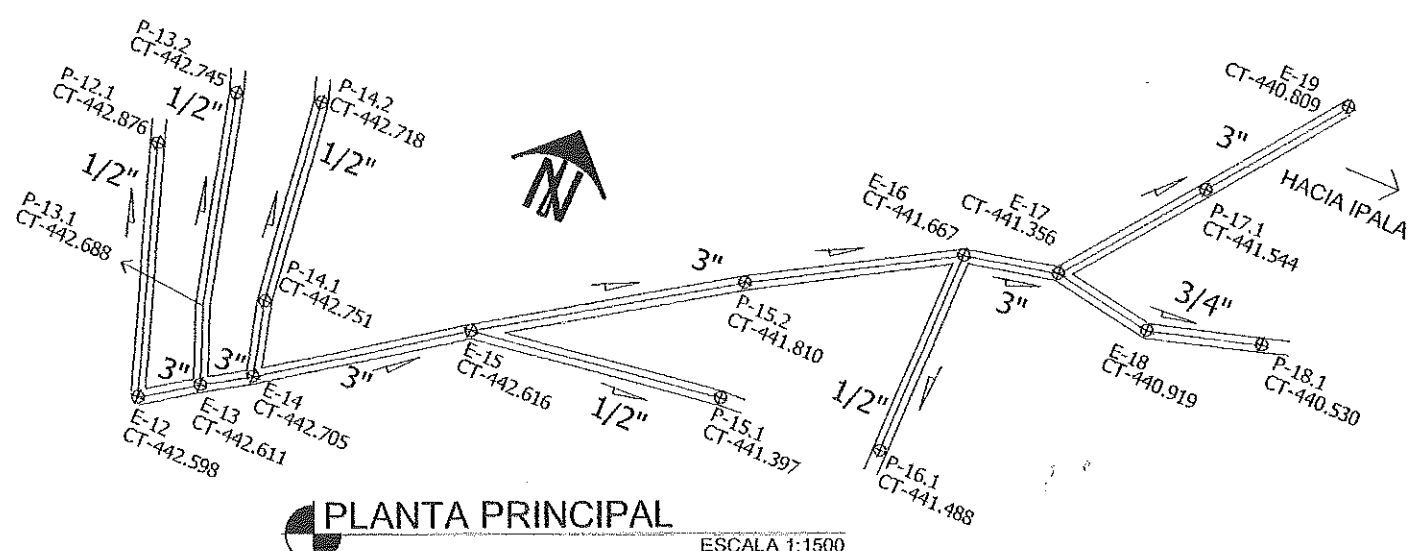


PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000

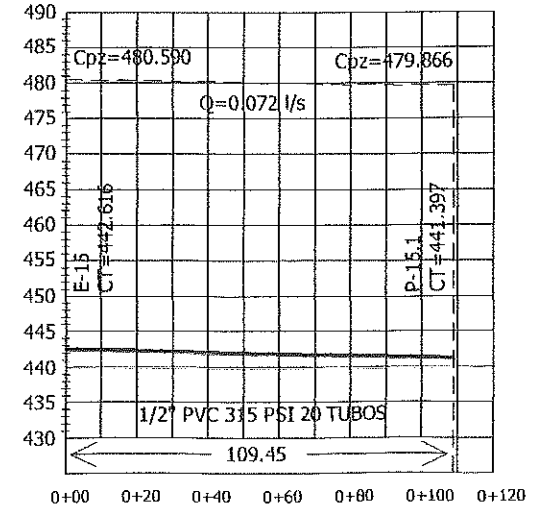


PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000

| SIMBOLOGÍA | |
|--------------------------|------------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| [CASA] | CASA |
| [BODEGA] | BODEGA |
| [SALON COMUNAL] | SALON COMUNAL |
| [BANCO] | BANCO |
| [ABARROTERÍA] | ABARROTERÍA |
| [FERROCARRIL] | FERROCARRIL |
| [PUENTE] | PUENTE |
| [POZO] | POZO |
| [CAMPO DE FUTBOL] | CAMPO DE FUTBOL |
| [ESCUELA] | ESCUELA |
| [TANQUE DE DISTRIBUCION] | TANQUE DE DISTRIBUCION |
| [VÁLVULA DE AIRE] | VÁLVULA DE AIRE |
| [INDICA PUNTO Y COTA] | INDICA PUNTO Y COTA |
| [CENTRO DE SALUD] | CENTRO DE SALUD |
| [COLISEO] | COLISEO |
| [IGLESIA] | IGLESIA |
| [ESTACION DE SERVICIO] | ESTACION DE SERVICIO |
| [VÁLVULA DE COMPUERTA] | VÁLVULA DE COMPUERTA |
| [CHEQUE HORIZONTAL] | CHEQUE HORIZONTAL |



PLANTA PRINCIPAL
ESCALA 1:1500

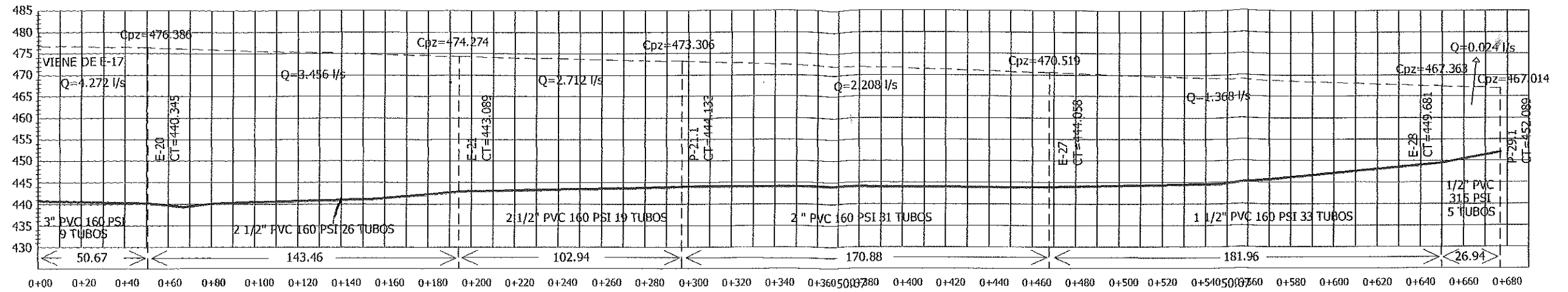


PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000

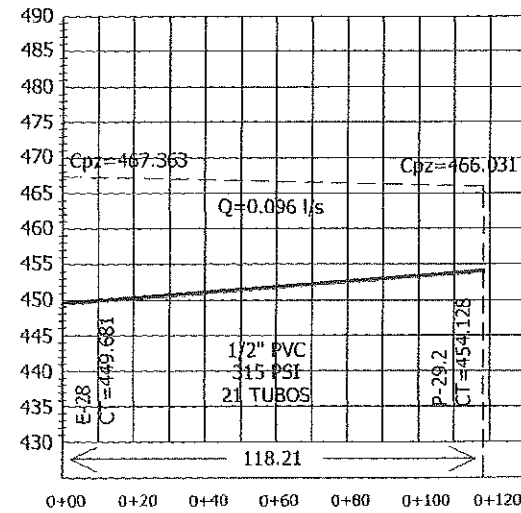
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, ALA OFICINA MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULACONTENIDO: PLANTA PERFIL
ESPECIISTA: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA
ESCALA: 1:1000
FECHA: DICIEMBRE 2013

V.O.B.O. ING. JUAN MERCADO
V.O.B.O. NEFERMIAS ARGUETA

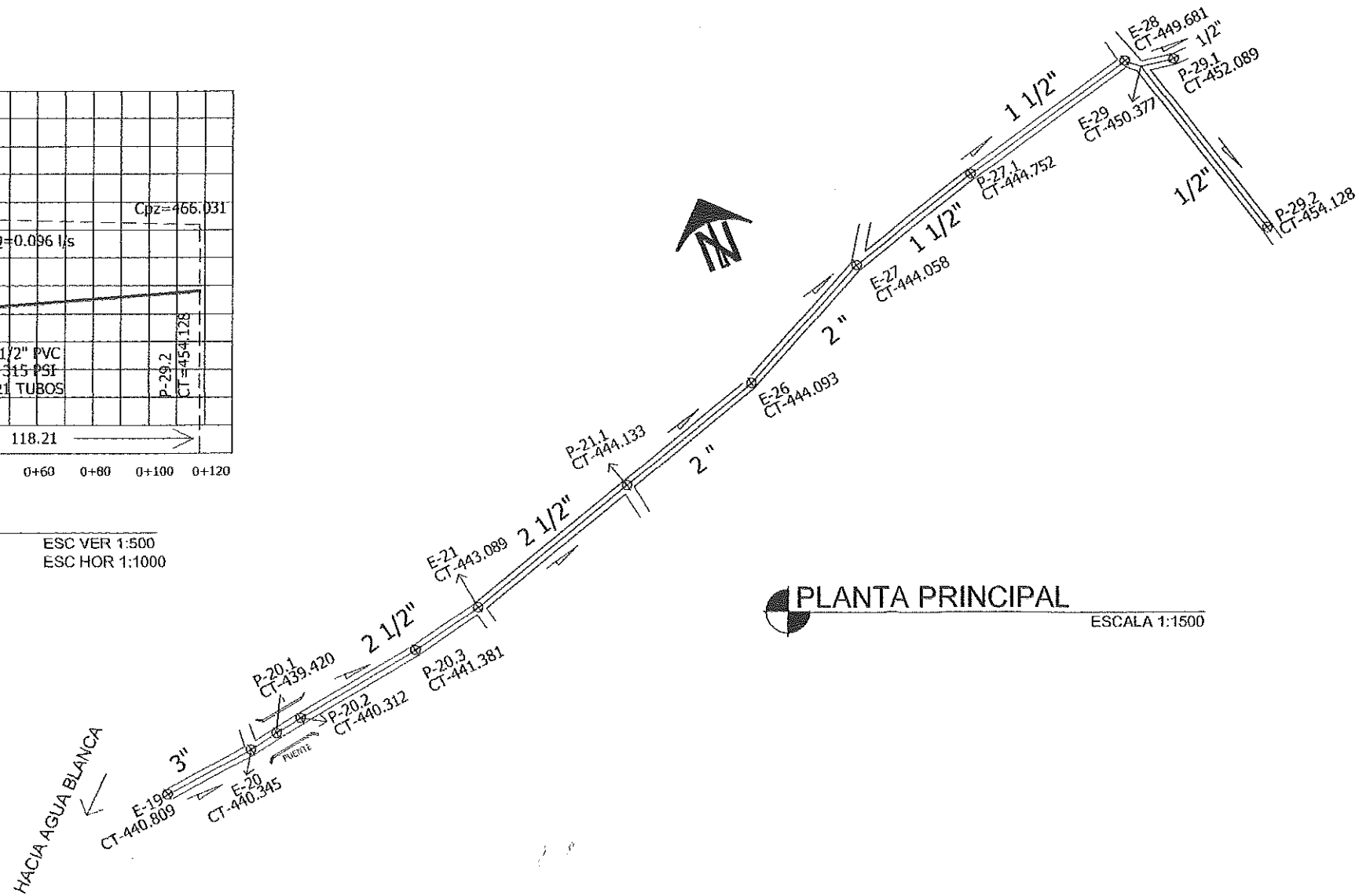
10/16



PERFIL
 ESC VER 1:500
 ESC HOR 1:1000



PERFIL
 ESC VER 1:500
 ESC HOR 1:1000



PLANTA PRINCIPAL
 ESCALA 1:1500

| SIMBOLOGÍA | |
|------------|------------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| [] | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C] | SALON COMUNAL |
| [] | BANCO |
| [] | ABARROTERÍA |
| [] | FERROCARRIL |
| [] | PUENTE |
| [O] | POZO |
| [] | CAMPO DE FUTBOL |
| [E] | ESCUELA |
| [] | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| [] | VÁLVULA DE AIRE |
| [] | INDICA PUNTO Y COTA |
| [] | CENTRO DE SALUD |
| [] | COLISEO |
| [] | IGLESIA |
| [] | ESTACIÓN DE SERVICIO |
| [] | VÁLVULA DE COMPUERTA |
| [] | CHEQUE HORIZONTAL |

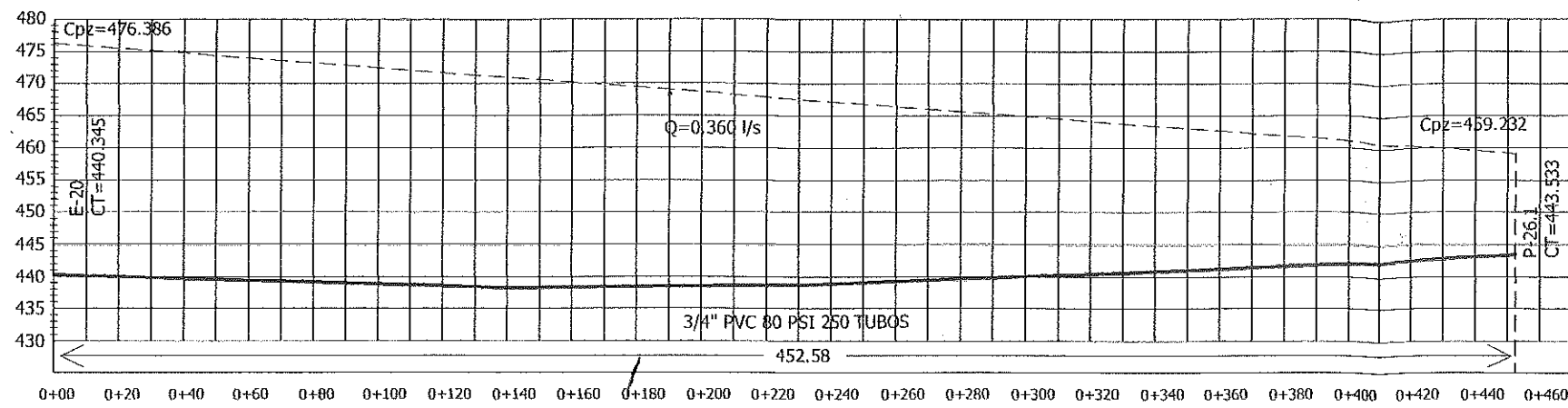
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA DEL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA

CONTENIDO: PLANTA PERIFERONAL

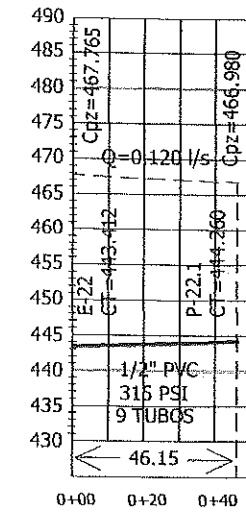
MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA
 INGENIERO: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA
 ESCALA: INDICADA
 FECHA: DICIEMBRE 2013

V.O.B.O. ING. JUAN MERCK V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA

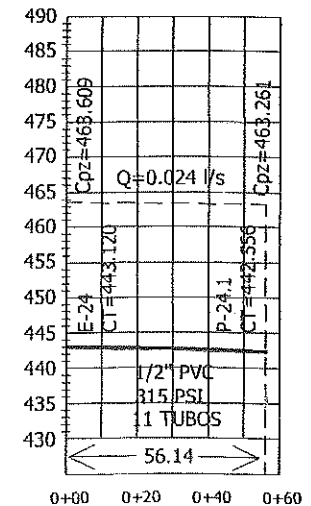
11/16



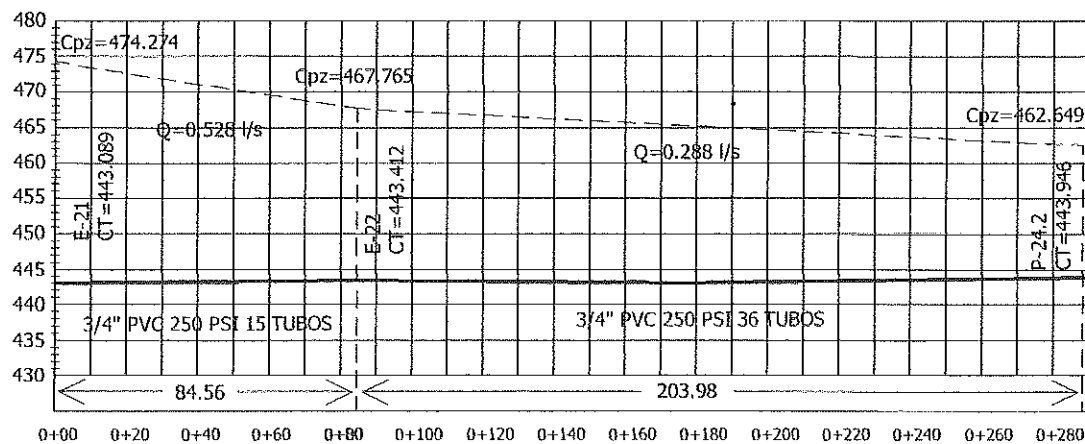
PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



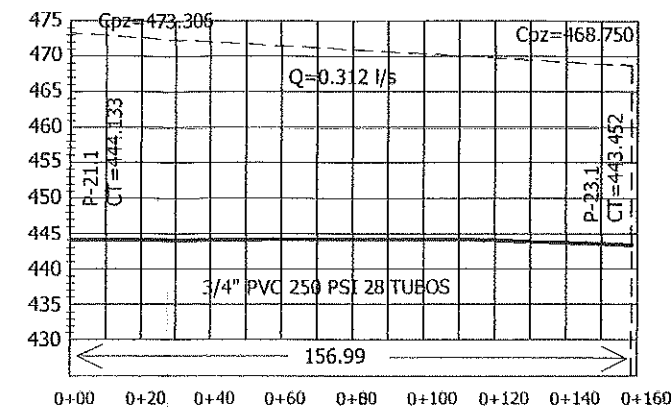
PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



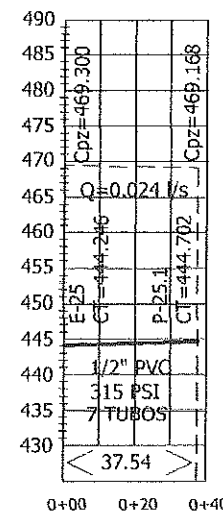
PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



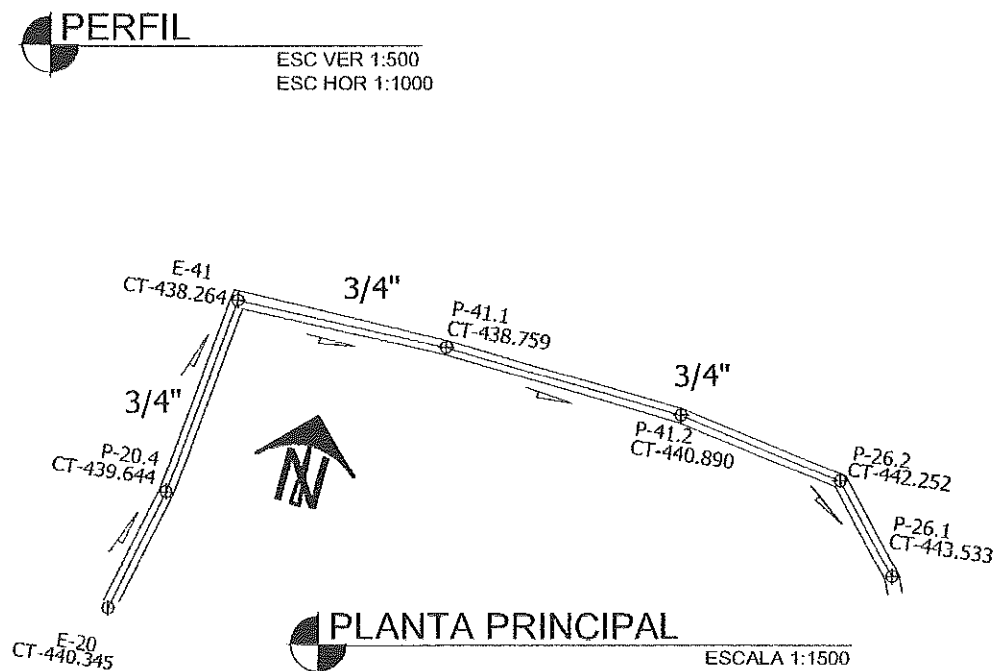
PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



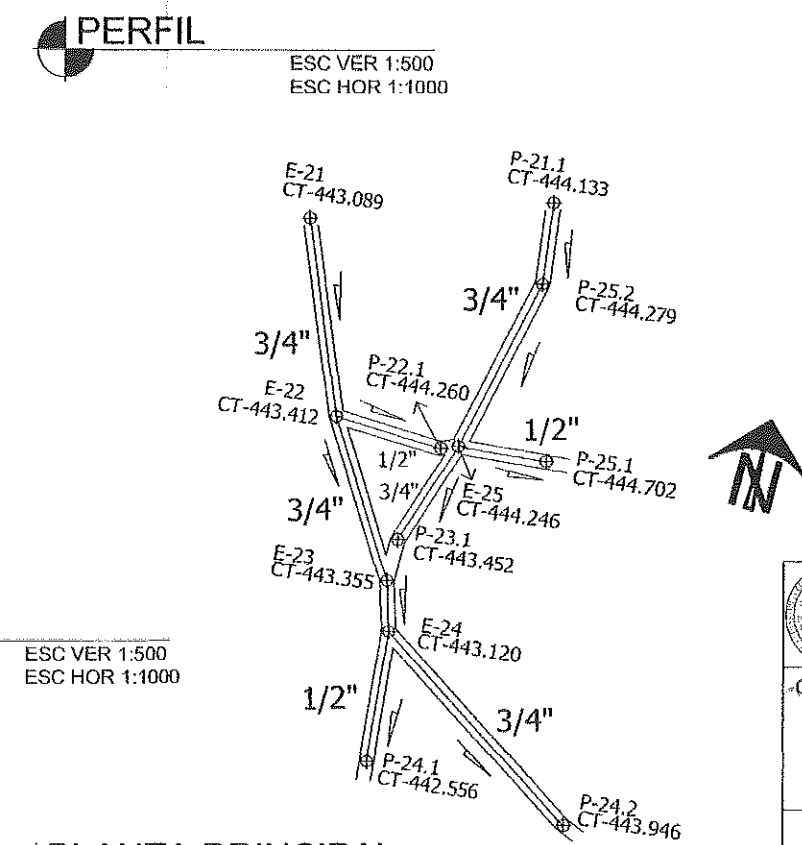
PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



PERFIL
ESC VER 1:500
ESC HOR 1:1000



PLANTA PRINCIPAL
ESCALA 1:1500



PLANTA PRINCIPAL
ESCALA 1:1500

| SIMBOLOGÍA | |
|------------|------------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| □ | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C] | SALON COMUNAL |
| [@] | BANCO |
| [T] | ABARROTERÍA |
| [] | FERROCARRIL |
| [—] | PUENTE |
| ○ | POZO |
| [F] | CAMPO DE FUTBOL |
| [E] | ESCUELA |
| [] | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| ⊙ | VÁLVULA DE AIRE |
| → | INDICA PUNTO Y COTA |
| [+] | CENTRO DE SALUD |
| ⊙ | COLISEO |
| [+] | IGLESIA |
| [] | ESTACIÓN DE SERVICIO |
| [X] | VÁLVULA DE COMPUERTA |
| [] | CHEQUE HORIZONTAL |

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

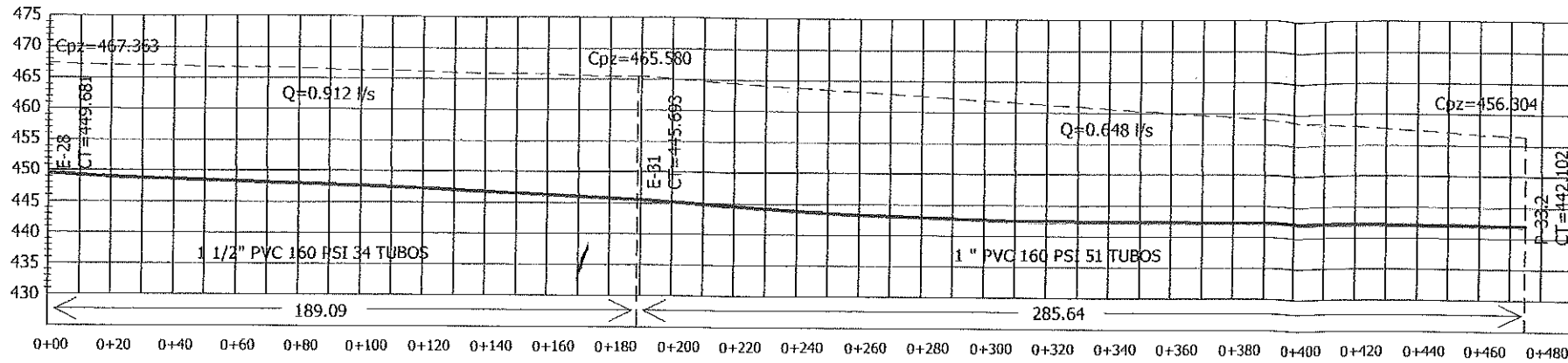
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA

CONTENIDO: PLANTA PERFIL

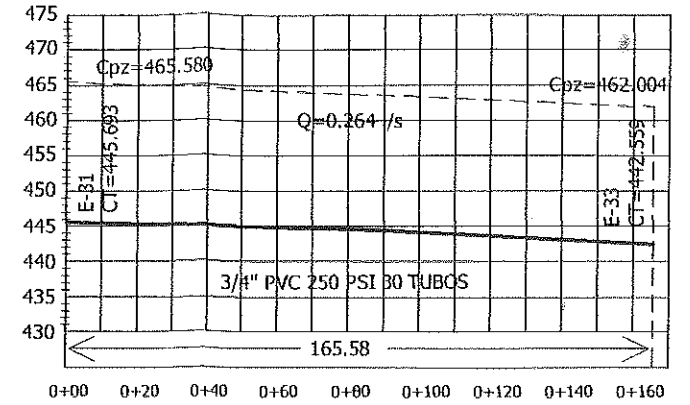
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA
EPESISTA: ANDRÉS JOSÉ ARGUETA CARDONA
ESCALA: INDICADA
FECHA: DICIEMBRE 2013

V.O.B.O. ING. JUAN MÉRCK
V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA

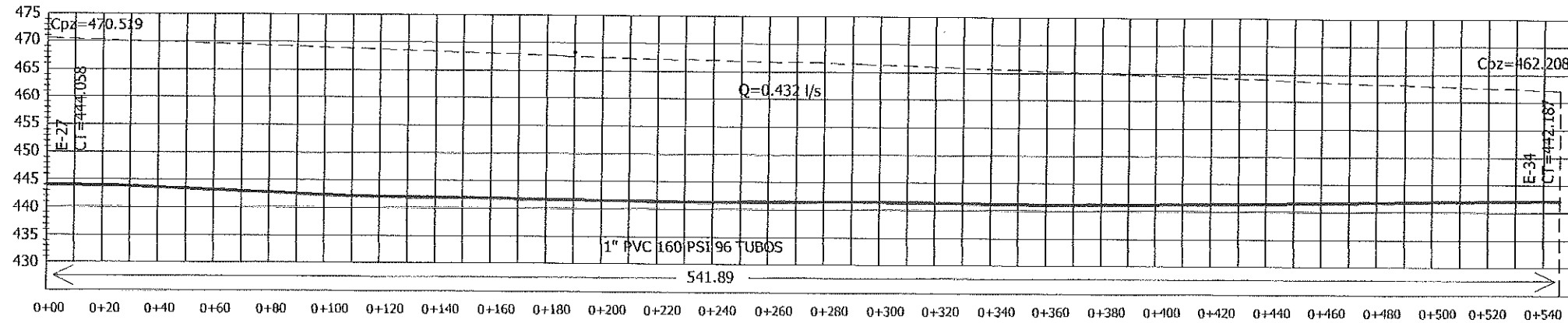
12/16



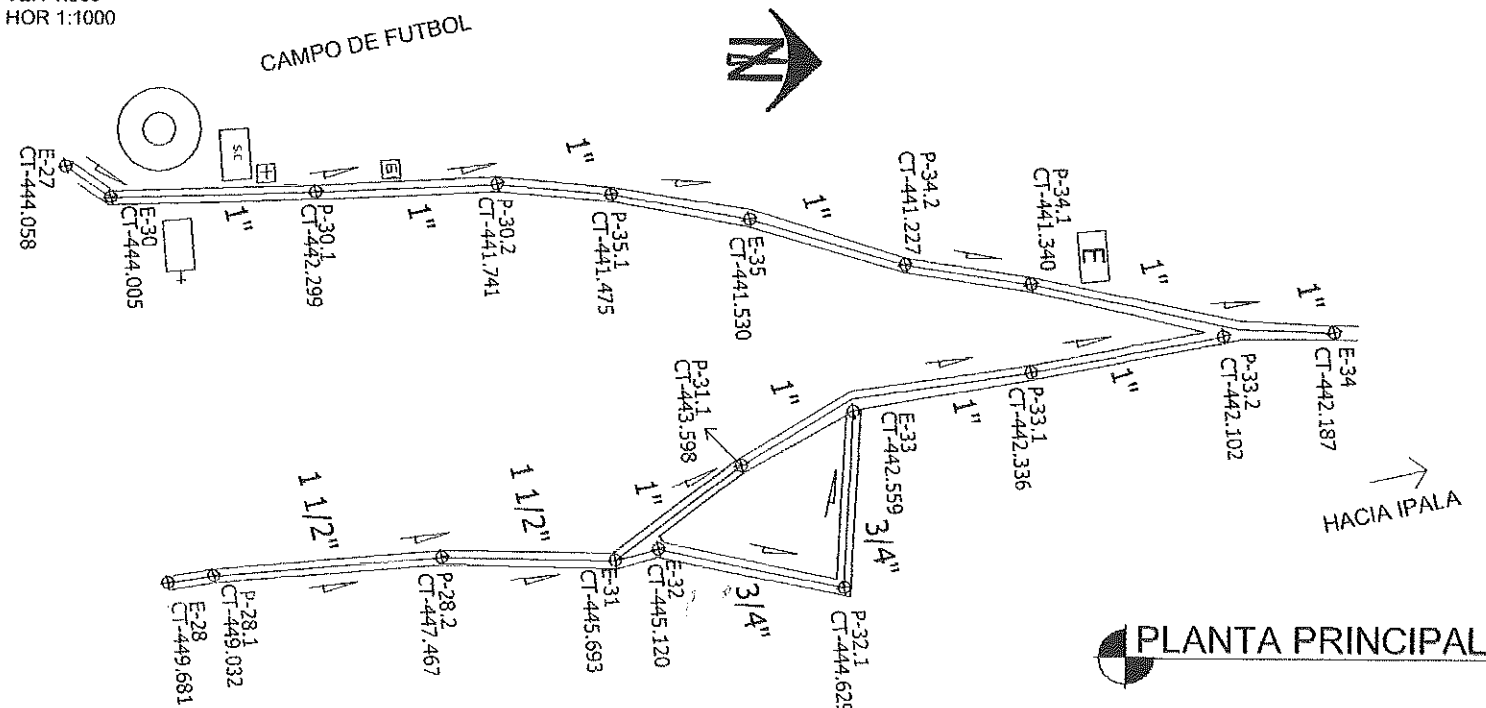
PERFIL
 ESC VER 1:500
 ESC HOR 1:1000



PERFIL
 ESC VER 1:500
 ESC HOR 1:1000



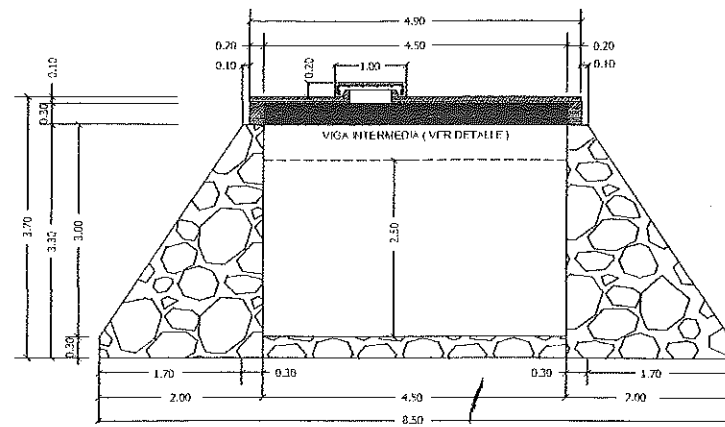
PERFIL
 ESC VER 1:500
 ESC HOR 1:1000



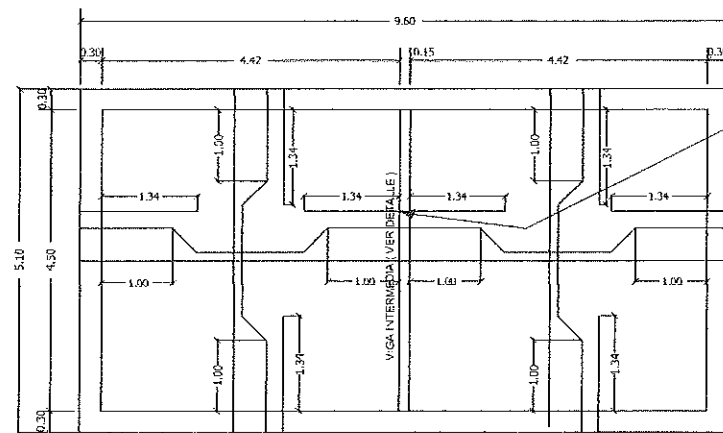
PLANTA PRINCIPAL
 ESCALA 1:1500

| SIMBOLOGÍA | |
|---------------------------|------------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| [Empty square] | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C] | SALON COMUNAL |
| [Empty square with dot] | BANCO |
| [Empty square with cross] | ABARROTERÍA |
| [] | FERROCARRIL |
| [---] | PUENTE |
| [Circle] | POZO |
| [Phi] | CAMPO DE FUTBOL |
| [E] | ESCUELA |
| [Empty square] | TANQUE DE DISTRIBUCIÓN |
| [Square with dot] | VÁLVULA DE AIRE |
| [Arrow] | INDICA PUNTO Y COTA |
| [Cross] | CENTRO DE SALUD |
| [Circle with dot] | COLISEO |
| [Empty square with cross] | IGLESIA |
| [Square with dot] | ESTACIÓN DE SERVICIO |
| [X] | VÁLVULA DE COMPUERTA |
| [Empty square] | CHEQUE HORIZONTAL |

| | | |
|---|--|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | | |
| PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL SANATILLO, IPALA, CHIQUIMULA | | |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA PRESIDENTE ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA FECHA: DICIEMBRE 2013 | |
| V.O.B.O. ING. JUAN MERCK | V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA | |



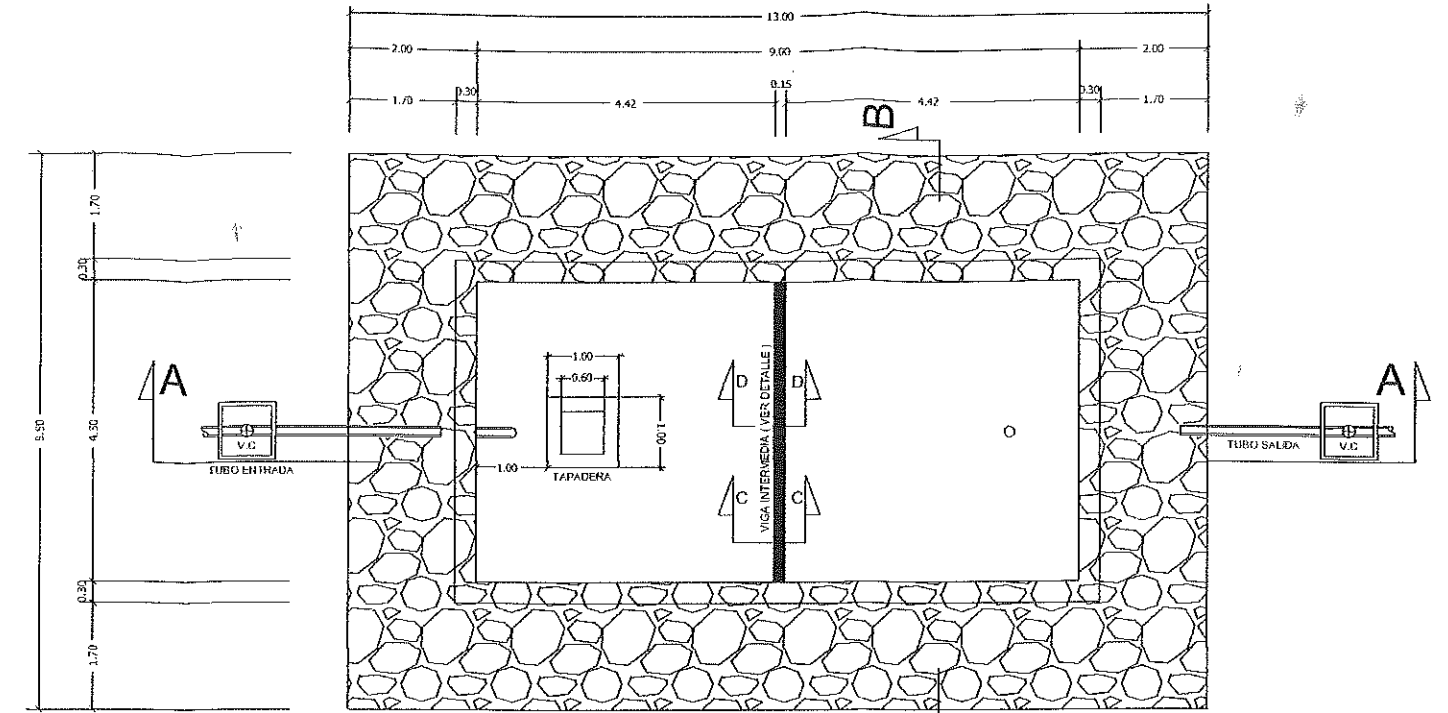
CORTE B-B
ESCALA 1:50



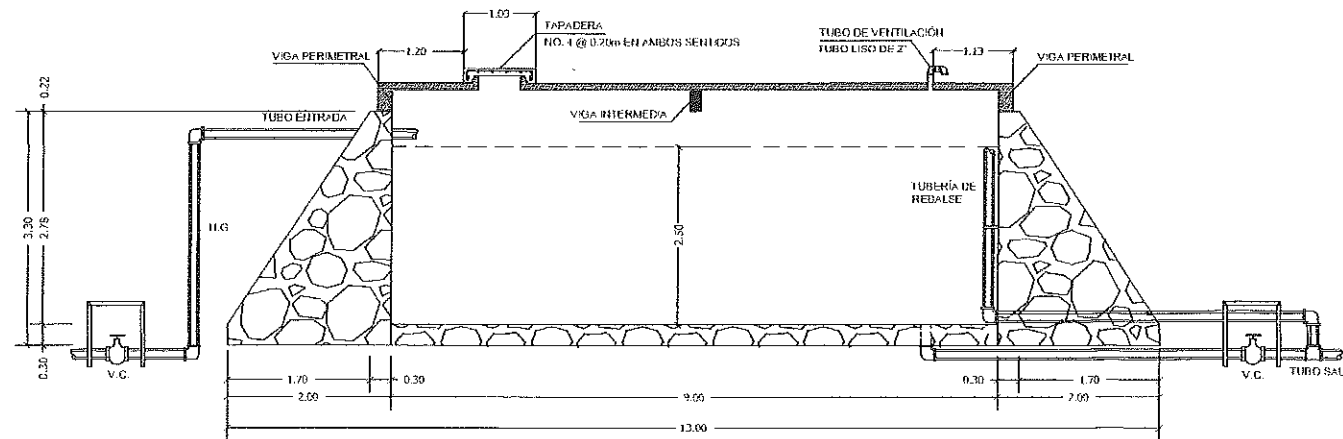
DETALLE DE LOSA
ESCALA 1:50

INTECARLAR BASTONES No.3 ENTRE TENSION Y BASTÓN

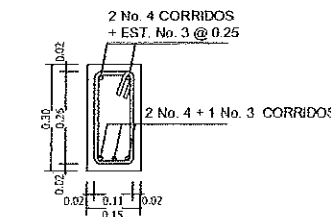
BASTONES, TENSIONES Y RIELES CON VARILLAS No. 3 @ 0.20 EXCEPTO DONDE DIGA LO CONTRARIO



PLANTA TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
ESCALA 1:50



CORTE A-A
ESCALA 1:50

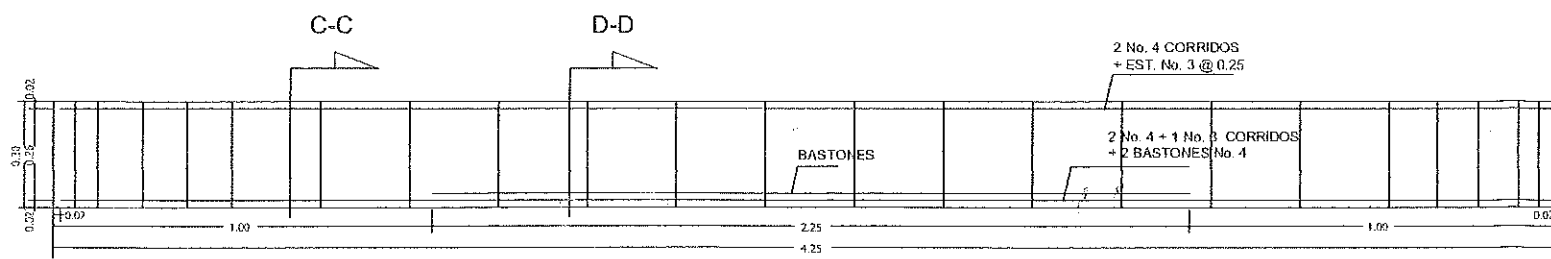


CORTE C-C
ESCALA 1:10

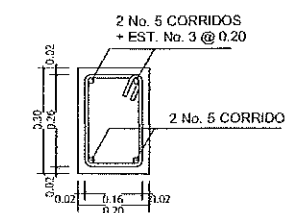


CORTE D-D
ESCALA 1:10

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS
2. EN LOS MUROS SE UTILIZARÁ CONCRETO CICLÓPEO, EN UNA PROPOCIÓN DE 33% PIEDRA BOLA Y 66% CONCRETO
3. EL TANQUE ESTÁ DISEÑADO PARA TRABAJAR TANTO SOBRE COMO BAJO TIERRA
4. LA RESISTENCIA DEL CONCRETO SERÁ DE $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ Y EL ACERO DE REFUERZO DE $F'y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.
5. LA LOSA DEBERÁ TENAR UNA PENDIENTE DE 1% HACIA AMBOS LADOS

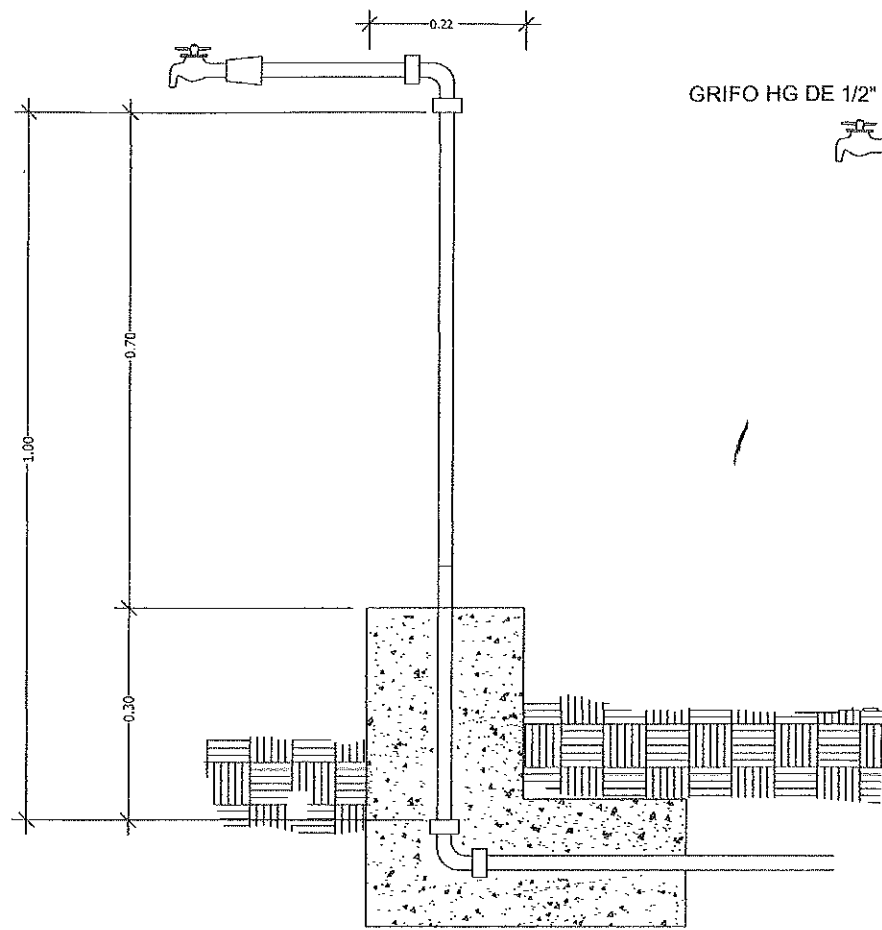


VIGA INTERMEDIA
ESCALA 1:10

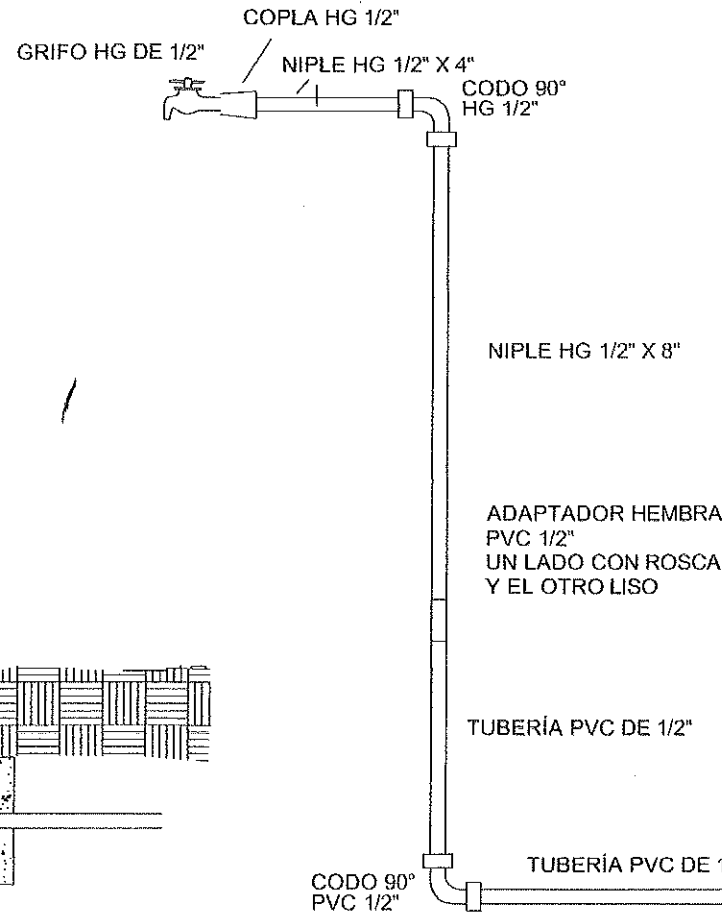


VIGA PERIMETRAL
ESCALA 1:10

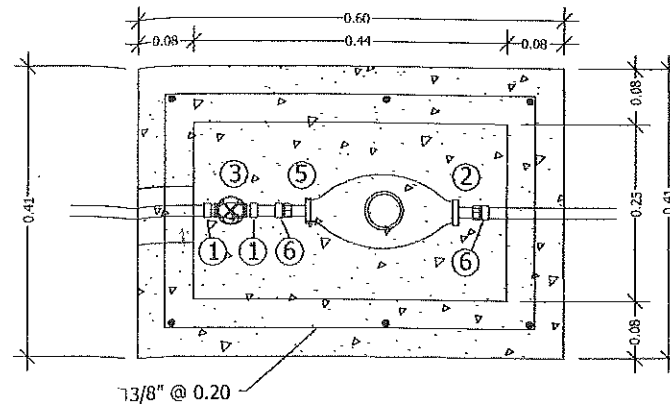
| | | |
|--|--|----------|
| | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| | PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO: TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE 96m ³ | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA INGENIERO: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA FECHA: DICIEMBRE 2013 | 14 16 |
| V.O.B.O ING. JUAN MERCÉ | V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA | |



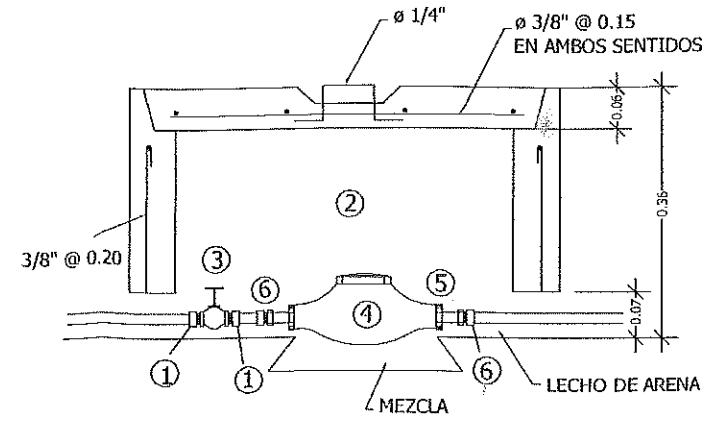
ACOMETIDA DOMICILIAR
ESCALA 1:5



DETALLE ACOMETIDA DOMICILIAR
ESCALA 1:5

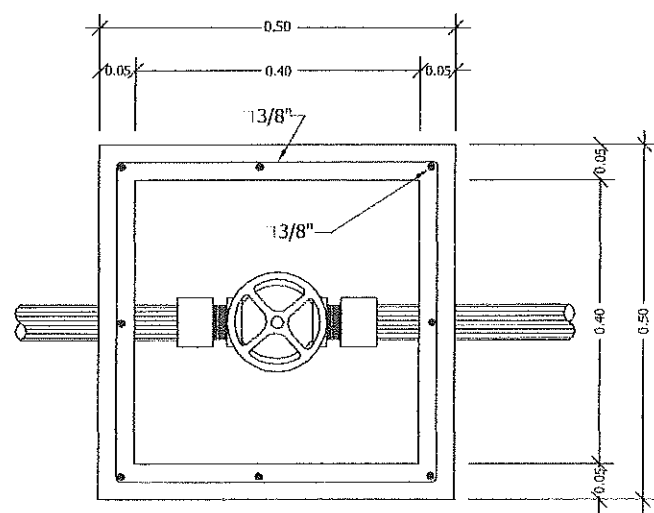


DETALLE CAJA CONTADOR
ESCALA 1:5

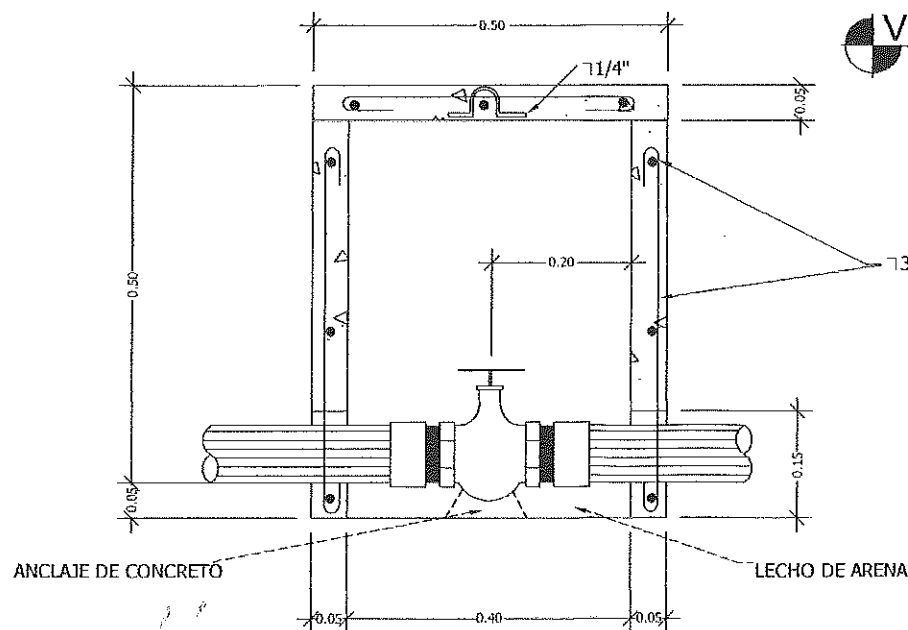


ELEVACIÓN CAJA CONTADOR
ESCALA 1:5

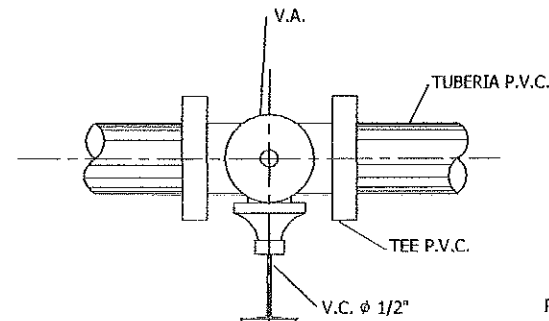
1. ADAPTADOR MACHO PVC DIÁMETRO 3/4"
2. CAJA DE CONCRETO PARA CONTADOR
3. LLAVE DE COMPUERTA DE 3/4" DE BRONCE
4. CONTADOR DE 3/4" DE BRONCE
5. NIPLE CONECTOR DE CONTADOR DE 3/4"
6. REDUCIDOR PVC DE 3/4" A 1/2"



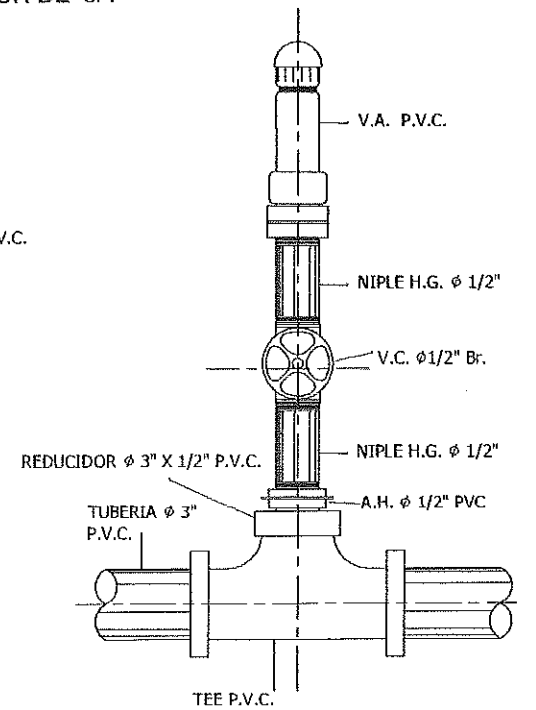
VÁLVULA DE COMPUERTA
DETALLE DE CAJA
ESCALA 1:5



VÁLVULA DE COMPUERTA
DETALLE DE CAJA
ESCALA 1:5

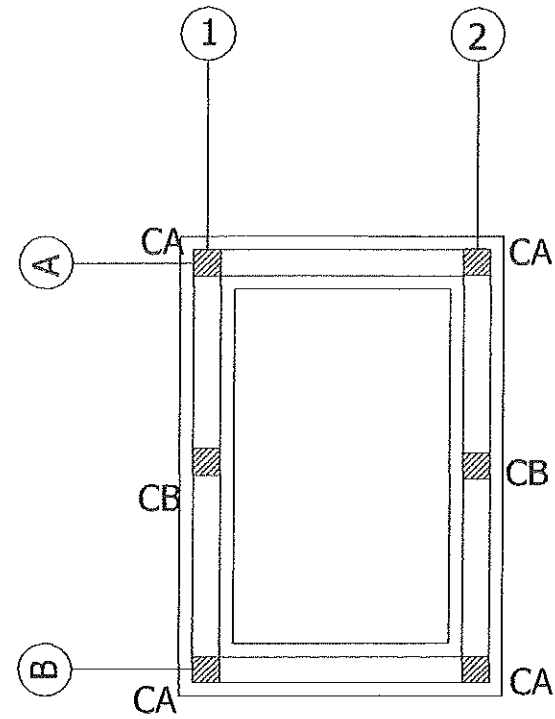


VÁLVULA DE AIRE
ESCALA 1:5

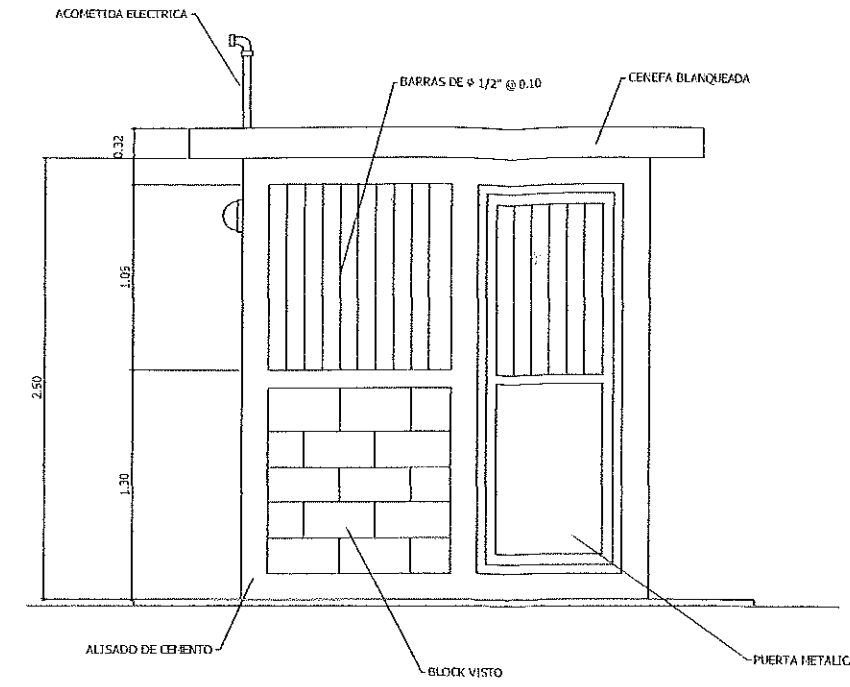


VÁLVULA DE AIRE
ESCALA 1:5

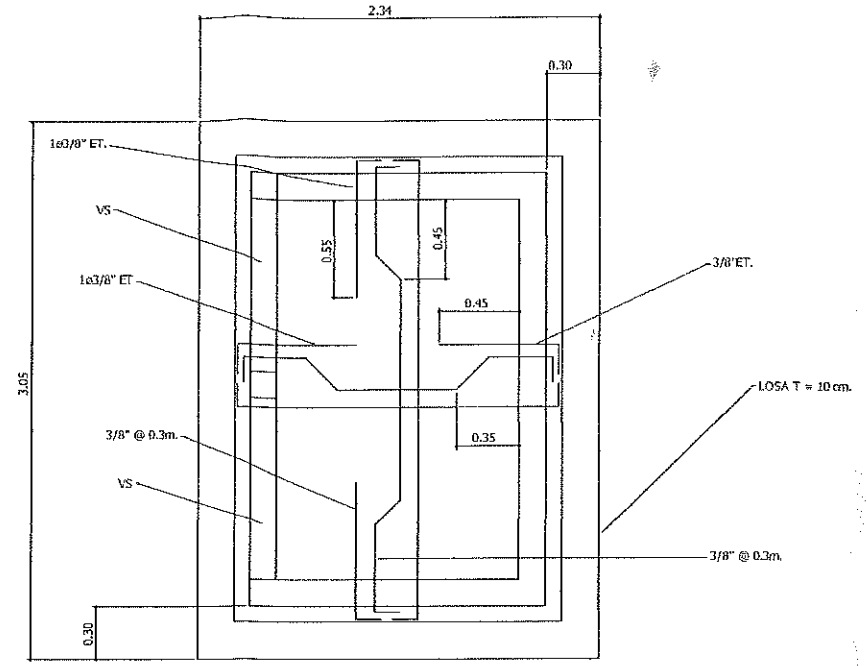
| | | |
|---------------------------|---|----------------------------|
| | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| | PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL ARATILLO, IPALÁ, CHIQUIMULÁ | |
| CONTENIDO: | MUNICIPALIDAD DE IPALÁ, CHIQUIMULÁ REPRESENTA: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA FECHA: DICIEMBRE 2013 | 15 16 |
| DETALLES CONSTRUCTIVOS | V.O. B.O. ING. JUAN MEROD | V.O. B.O. NEHEMIAS ARGUETA |



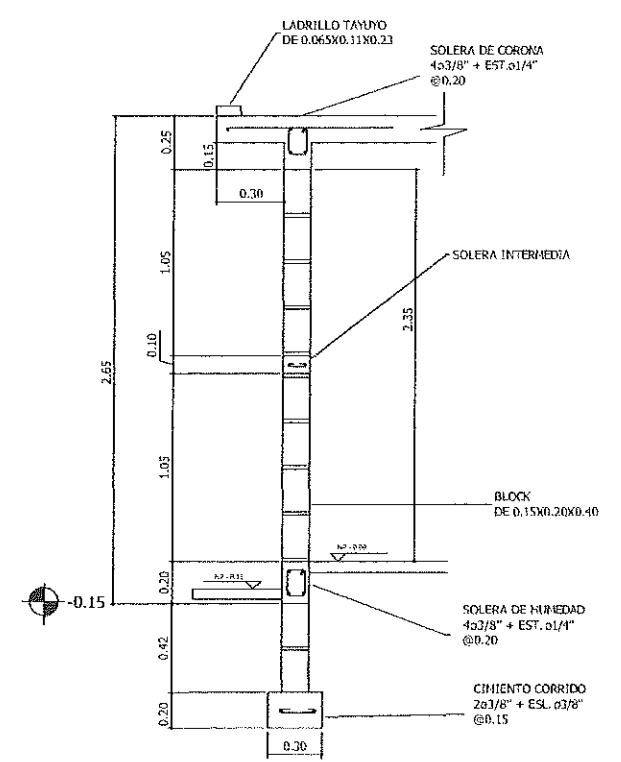
PLANTA DE COTAS
ESCALA 1:25



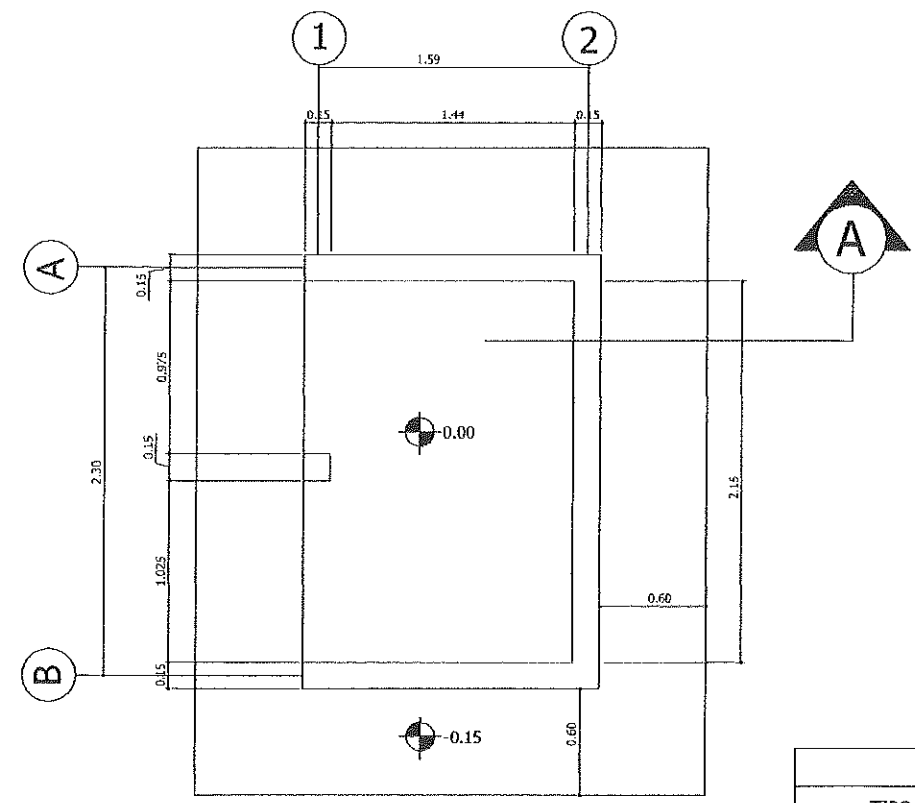
ELEVACIÓN FRONTAL
ESCALA 1:25



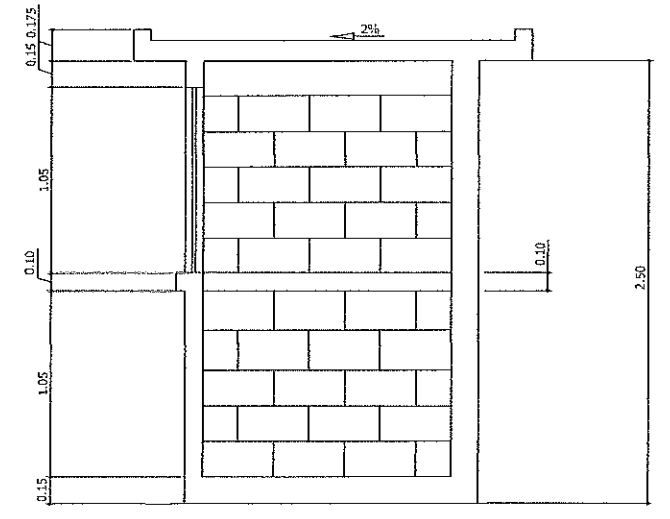
DETALLE DE LOSA
ESCALA 1:25



ELEVACIÓN DE MURO
ESCALA 1:25



DETALLE DE COTAS
ESCALA 1:25



ELEVACIÓN LATERAL
ESCALA 1:25

| SOLERAS | | |
|-------------------|-----------|-------------------------------|
| TIPO | MEDIDAS | REFUERZO |
| SOLERA DE HUREDAD | 0.15X0.20 | 4 ø 3/8" + EST. ø 1/4" @ 0.20 |
| SOLERA INTERMEDIA | 0.10X0.15 | 2 ø 3/8" + EST. ø 1/4" @ 0.20 |
| SOLERA DE CORONA | 0.15X0.20 | 1 ø 3/8" + EST. ø 1/4" @ 0.20 |
| VIGA SOLERA | 0.15X0.25 | 6 ø 3/8" + EST. ø 1/4" @ 0.15 |

| COLUMNAS | | |
|----------|-----------|-------------------------------|
| TIPO | MEDIDAS | REFUERZO |
| CA | 0.15X0.15 | 4 ø 3/8" + EST. ø 1/4" @ 0.20 |
| CB | 0.15X0.15 | 2 ø 3/8" + EST. ø 1/4" @ 0.20 |

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL AMATJEZO, IPALA, CHIQUIMULA

MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA

EPESISTA: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA

ESCALA INDICADA

FECHA: DICIEMBRE 2013

UNIDAD DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL

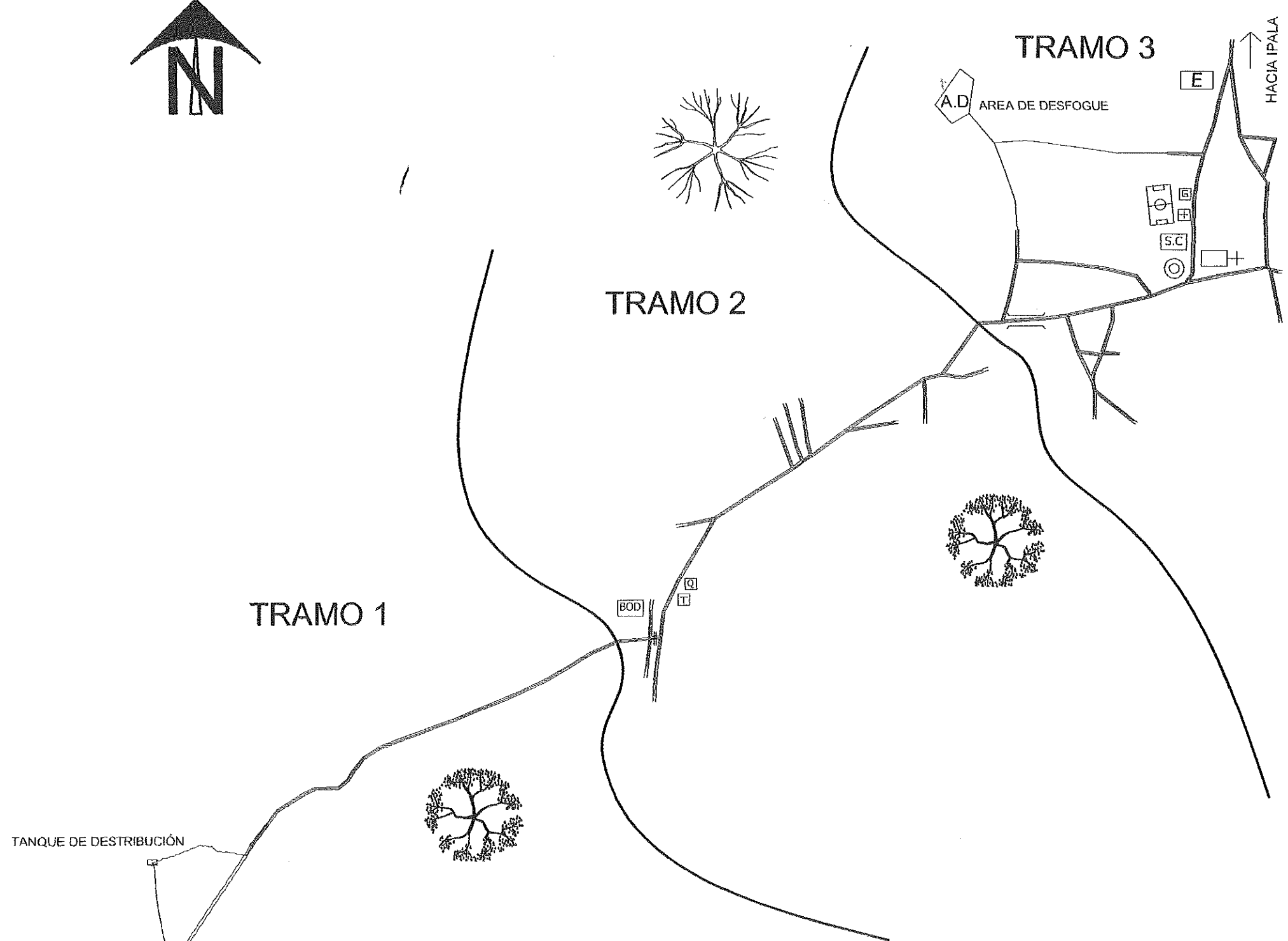
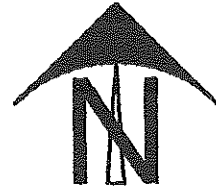
V.O.B.O. INC. JUAN MERCOR

V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA

16/16

APÉNDICE E

(Planos del sistema de alcantarillado)



| SIMBOLOGÍA | |
|---------------|----------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| □ | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C.] | SALON COMUNAL |
| [Banco] | BANCO |
| [Abarroteria] | ABARROTERÍA |
| [+ + + +] | FERROCARRIL |
| [= = =] | PUENTE |
| ○ | POZO |
| [Φ] | CAMPO DE FUTBOL |
| [E] | ESCUELA |
| [Tanque] | TANQUE |
| A.D. | AREA DE DESFOGUE |
| [>] | INDICA PUNTO Y COTA |
| [+] | CENTRO DE SALUD |
| [Coliseo] | COLISEO |
| [Iglesia] | IGLESIA |
| [Servicio] | ESTACIÓN DE SERVICIO |

TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
 HACIA AGUA BLANCA ←
 POZO

PLANTA GENERAL

UBICACIÓN DE TRAMOS ESCALA 1:5000

| | | |
|------------------------------|---|--------|
| | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| | PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO: PLANTA GENERAL | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA INGENIERO: ANDRÉS JOSÉ ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA | |
| V.O.B.O. ING. JUAN MERCER | FECHA: NOVIEMBRE 2013 V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA | 1 / 14 |



PLANTA GENERAL TRAMO 1

DENSIDAD DE VIVIENDA
COTAS

ESCALA 1:1500

| SIMBOLOGÍA | |
|------------|----------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| □ | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C] | SALON COMUNAL |
| ⊠ | BANCO |
| ⊞ | ABARROTERÍA |
| ≡≡≡ | FERROCARRIL |
| — | PUENTE |
| ○ | POZO |
| [Φ] | CAMPO DE FUTBOL |
| [E] | ESCUELA |
| □ | TANQUE |
| A.D | AREA DE DESFOGUE |
| —> | INDICA PUNTO Y COTA |
| ⊕ | CENTRO DE SALUD |
| ⊙ | COLISEO |
| □+ | IGLESIA |
| ⊞ | ESTACIÓN DE SERVICIO |

| | | |
|---|---|---------|
| | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| | PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA DE AMAYO PULO, IPALA, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO: PLANTA GENERAL TRAMO 1 | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA REGISTRO: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2013 | 2 14 |
| V.O.B.O INE. JUAN MERCK | V.O.B.O NEHEMIAS ARGUETA | |



PLANTA GENERAL TRAMO 2

DENSIDAD DE VIVIENDA
COTAS

ESCALA 1:1500

| SIMBOLOGÍA | |
|------------|----------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| □ | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C.] | SALON COMUNAL |
| ⊠ | BANCO |
| ⊞ | ABARROTERÍA |
| ⊞⊞⊞ | FERROCARRIL |
| — | PUENTE |
| ○ | POZO |
| [Φ] | CAMPO DE FUTBOL |
| [E] | ESCUELA |
| □ | TANQUE |
| A.D | AREA DE DESFOGUE |
| —> | INDICA PUNTO Y COTA |
| ⊞ | CENTRO DE SALUD |
| ⊙ | COLISEO |
| □+ | IGLESIA |
| ⊞ | ESTACIÓN DE SERVICIO |

| | |
|---|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO PLANTA GENERAL TRAMO 2 | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA INGENIERO EJERCITANTE INGENIERO JEFE JUAN JOSÉ ARGUETA CARDONA ESCALA INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2013 |
| V.O.B.O. ING. JUAN MERCK | V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA |



| SIMBOLOGÍA | |
|------------|----------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| □ | CASA |
| ▤ | BODEGA |
| ▥ | SALON COMUNAL |
| ⊠ | BANCO |
| ▣ | ABARROTERÍA |
| ≡≡≡ | FERROCARRIL |
| — | PUENTE |
| ○ | POZO |
| ⊞ | CAMPO DE FUTBOL |
| ⊞ | ESCUELA |
| □ | TANQUE |
| A.D | AREA DE DESFOGUE |
| → | INDICA PUNTO Y COTA |
| ⊞ | CENTRO DE SALUD |
| ⊙ | COLISEO |
| ⊞+ | IGLESIA |
| ⊞ | ESTACIÓN DE SERVICIO |

PLANTA GENERAL TRAMO 3

DENSIDAD DE VIVIENDA
COTAS

ESCALA 1:1500

| | |
|---|--|
| | |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALÁ, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO: PLANTA GENERAL TRAMO 3 | MUNICIPALIDAD DE IPALÁ, CHIQUIMULA EPESISTA: ANDRÉS JOSÉ ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2013 |
| V.O.B.O. ING. JUAN MERCK | V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 4 14 </div> | |



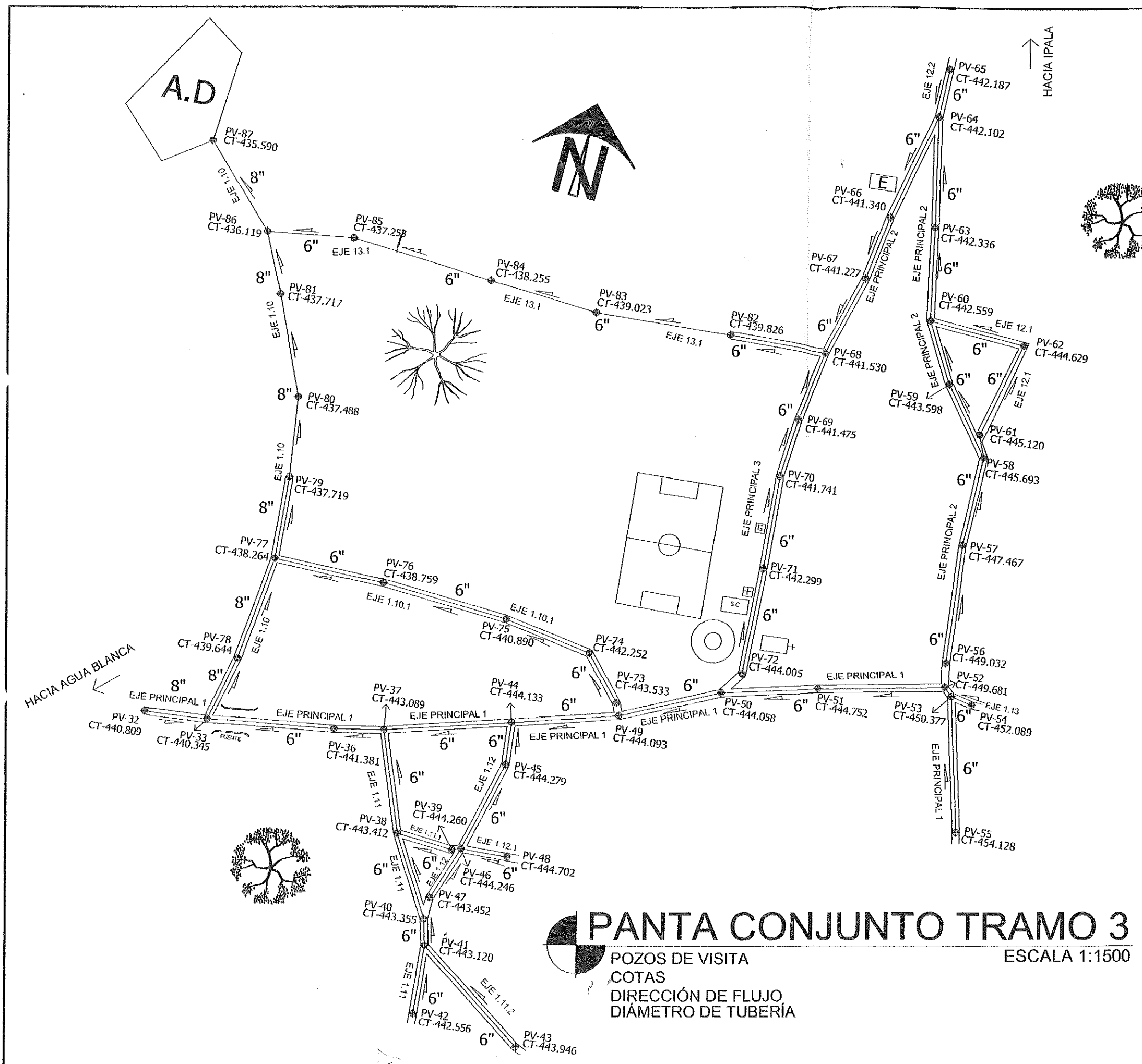
PANTA CONJUNTO TRAMO 2

POZOS DE VISITA
COTAS
DIRECCIÓN DE FLUJO
DIÁMETRO DE TUBERÍA

ESCALA 1:1500

| SIMBOLOGÍA | |
|------------|----------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| □ | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C] | SALON COMUNAL |
| [B] | BANCO |
| [A] | ABARROTERÍA |
| [+] | FERROCARRIL |
| [=] | PUENTE |
| ○ | POZO |
| [Φ] | CAMPO DE FUTBOL |
| [E] | ESCUELA |
| [] | TANQUE |
| A.D | AREA DE DESFOGUE |
| [>] | INDICA PUNTO Y COTA |
| [H] | CENTRO DE SALUD |
| [C] | COLISEO |
| [I] | IGLESIA |
| [E] | ESTACIÓN DE SERVICIO |

| | | |
|--|---|------------------------------|
| | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| | PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA DEL AMARILLO, IPALA, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO: PLANTA CONJUNTO TRAMO 2 | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA INGENIERO EN SISTEMAS DE AGUAS EPESISTA: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2013 | V.O.B.O ING. JUAN MERCK |
| | | V.O.B.O NEHEMIAS ARGUETA |
| | | 5 / 14 |



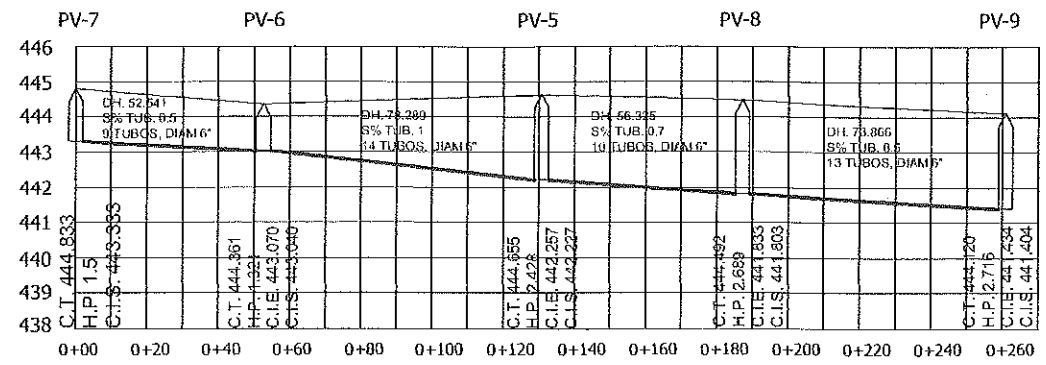
| SIMBOLOGÍA | |
|----------------|----------------------|
| SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| [Empty square] | CASA |
| [BOD] | BODEGA |
| [S.C.] | SALON COMUNAL |
| [Empty square] | BANCO |
| [Empty square] | ABARROTERÍA |
| [] | FERROCARRIL |
| [Empty square] | PUENTE |
| [Empty circle] | POZO |
| [Empty square] | CAMPO DE FUTBOL |
| [E] | ESCUELA |
| [Empty square] | TANQUE |
| [A.D.] | AREA DE DESFOGUE |
| [Empty square] | INDICA PUNTO Y COTA |
| [H] | CENTRO DE SALUD |
| [Empty circle] | COLISEO |
| [Empty square] | IGLESIA |
| [Empty square] | ESTACION DE SERVICIO |

PANTA CONJUNTO TRAMO 3

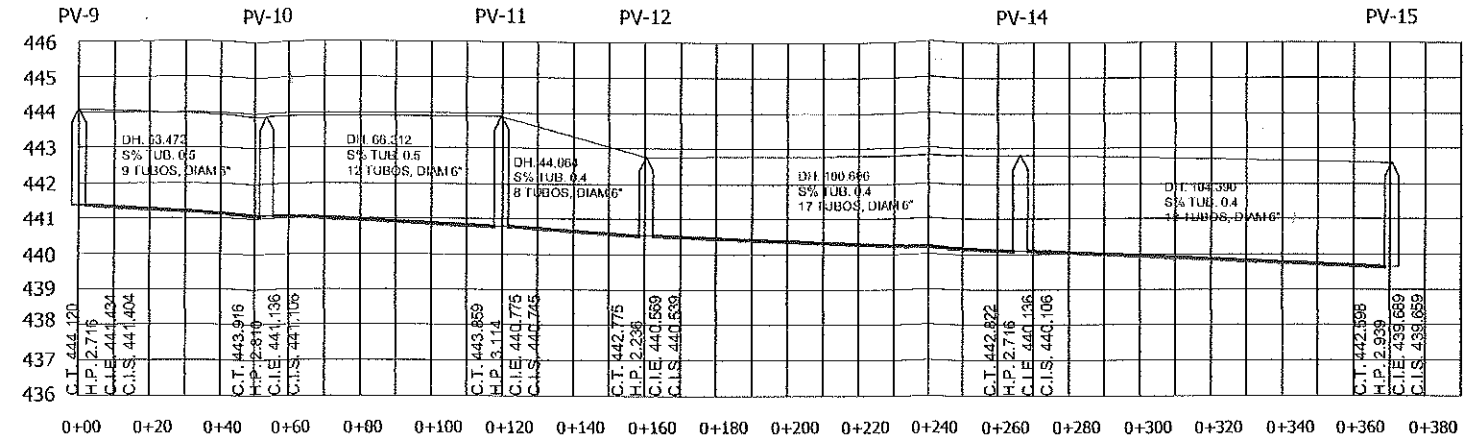
POZOS DE VISITA
 COTAS
 DIRECCIÓN DE FLUJO
 DIÁMETRO DE TUBERÍA

ESCALA 1:1500

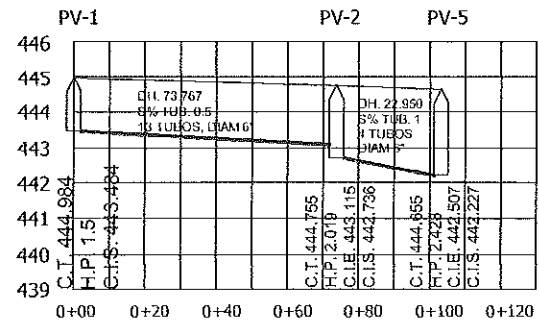
| | | |
|---|--|---|
| | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL MATILLO, IPALA, CHIQUIMULA. | | |
| CONTENIDO: PLANTA CONJUNTO TRAMO 3 | MUNICIPALIDAD DE PANTA, CHIQUIMULA INGENIERO: ALEJANDRO JOSÉ ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2013 | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;"> 6 14 </div> |
| V.O.B.O. ING. JUAN MERCK | V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA | |



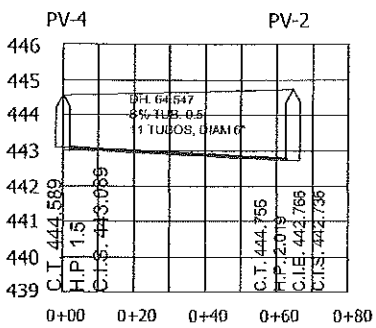
PERFIL
EJE PRINCIPAL 1
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



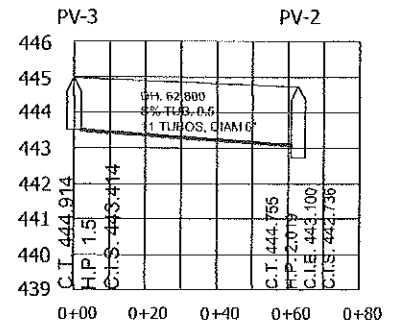
PERFIL
EJE PRINCIPAL 1
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



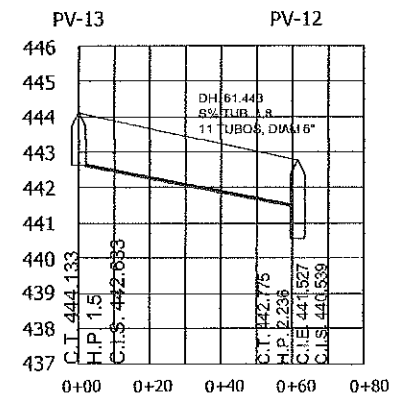
PERFIL
EJE 1.2
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



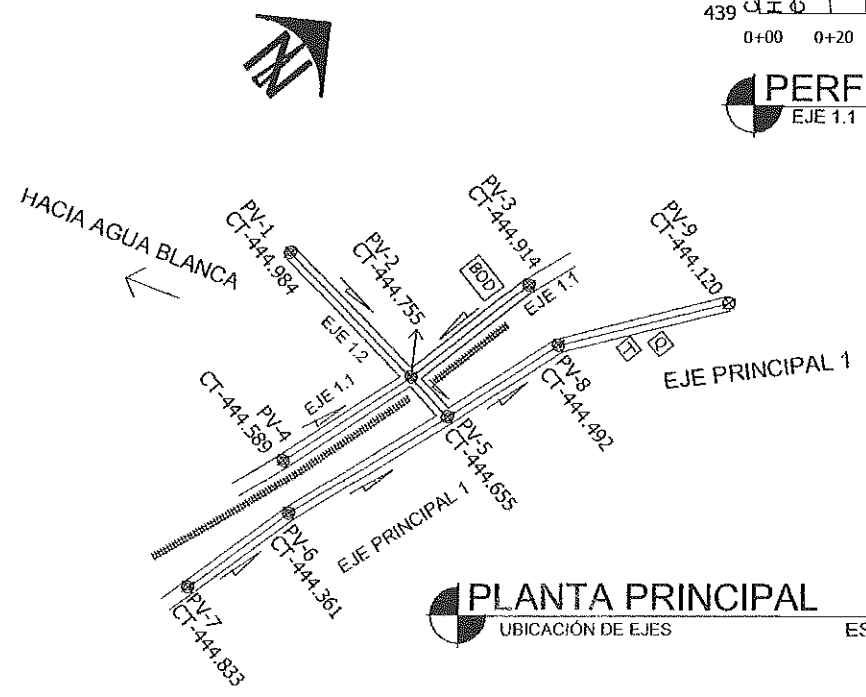
PERFIL
EJE 1.1
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



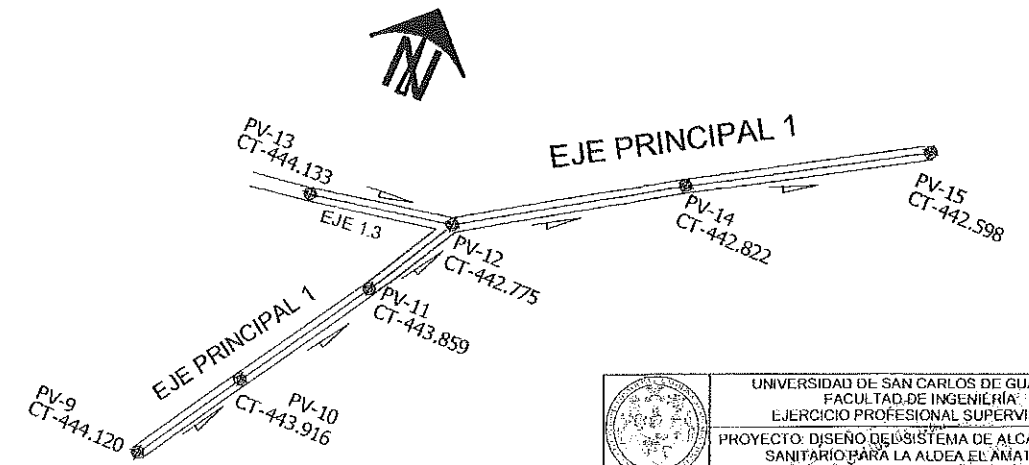
PERFIL
EJE 1.1
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



PERFIL
EJE 1.3
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000

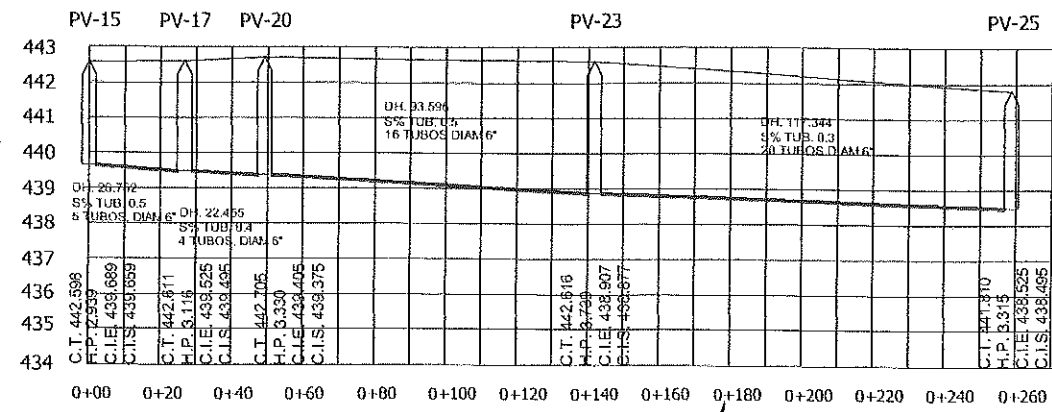


PLANTA PRINCIPAL
UBICACIÓN DE EJES
ESCALA 1:1500

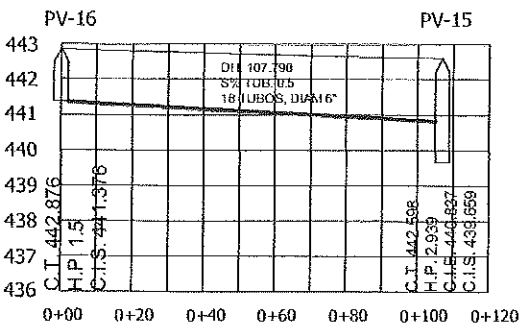


PLANTA PRINCIPAL
UBICACIÓN DE EJES
ESCALA 1:1500

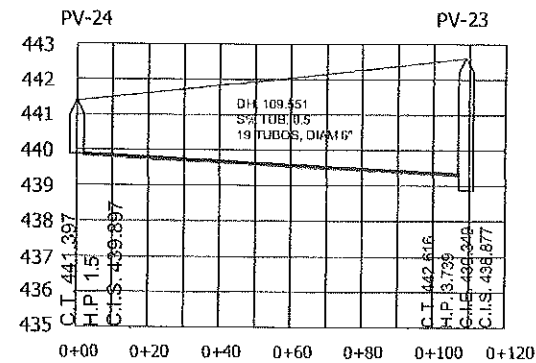
| | |
|---|---|
| | |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL ANATILLO, IPALA, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA PRESIDENTA: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2013 |
| V.O.B.O. ING. JUAN MERCK | V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA |



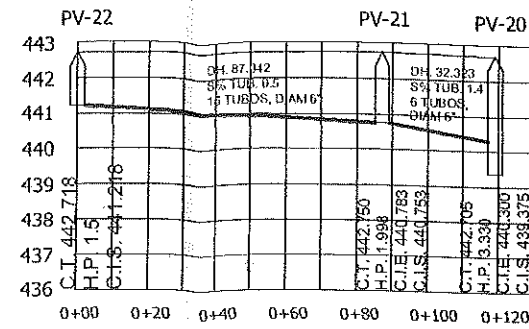
PERFIL
EJE PRINCIPAL 1
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



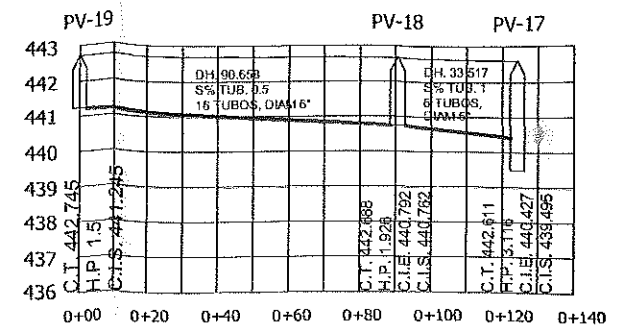
PERFIL
EJE 1.4
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



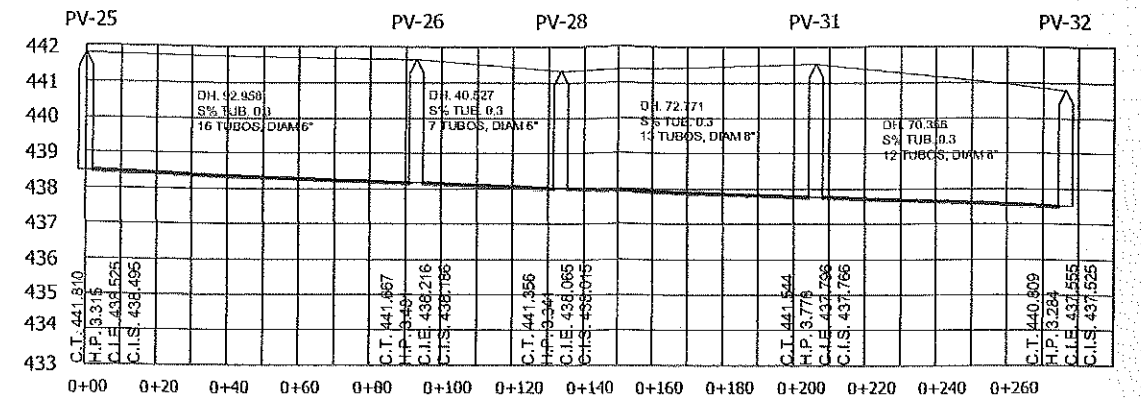
PERFIL
EJE 1.7
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



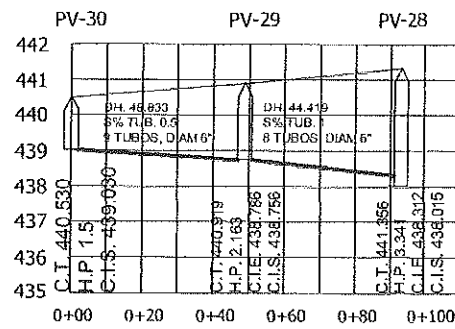
PERFIL
EJE 1.6
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



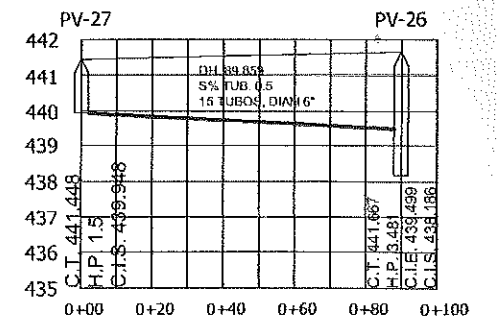
PERFIL
EJE 1.5
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



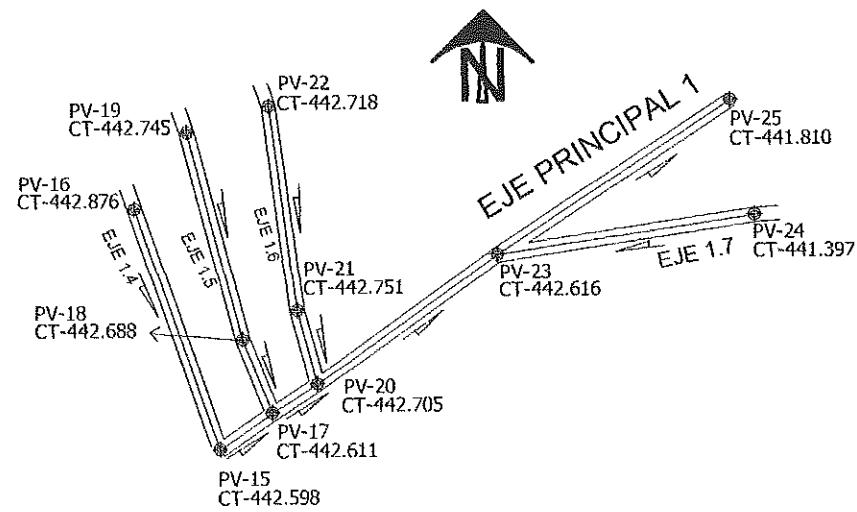
PERFIL
EJE PRINCIPAL 1
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



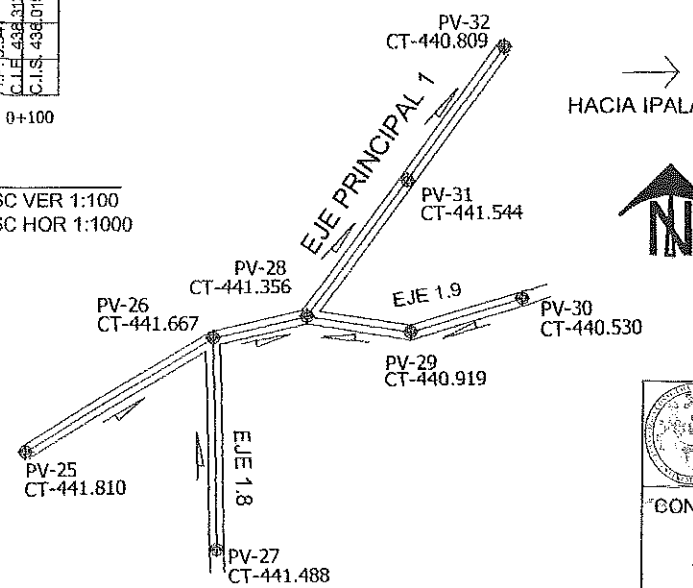
PERFIL
EJE 1.9
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



PERFIL
EJE 1.8
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000

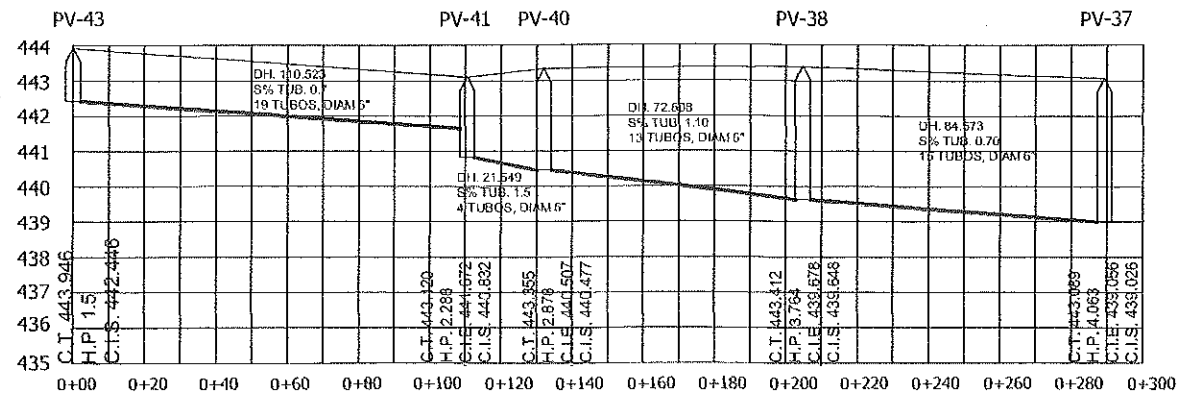


PLANTA PRINCIPAL
UBICACIÓN DE EJES
ESCALA 1:1500

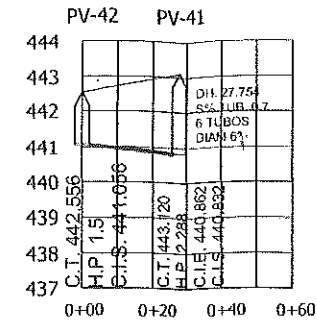


PLANTA PRINCIPAL
UBICACIÓN DE EJES
ESCALA 1:1500

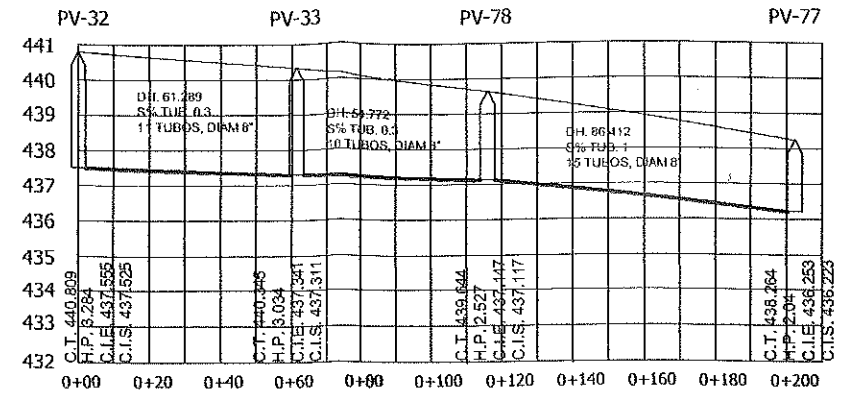
| | | |
|--|---|--------------------------|
| | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| | PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL ANATILLO, IPALÁ, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL | | |
| EPESISTA: ALEJANDRO JOSÉ ARGUETA CARDONA | | |
| ASESORIA: ASESORIA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE IPALÁ, CHIQUIMULA | | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2013 | | |
| V.O.B.O INQ. JUAN MERCK | | V.O.B.O NEHEMIAS ARGUETA |



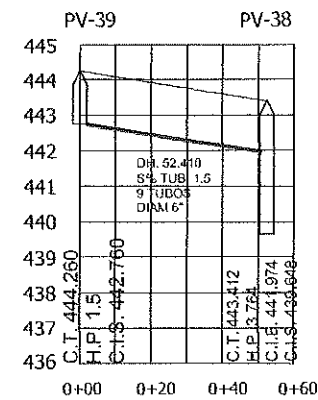
PERFIL
EJE 1.11 Y 1.11.2
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



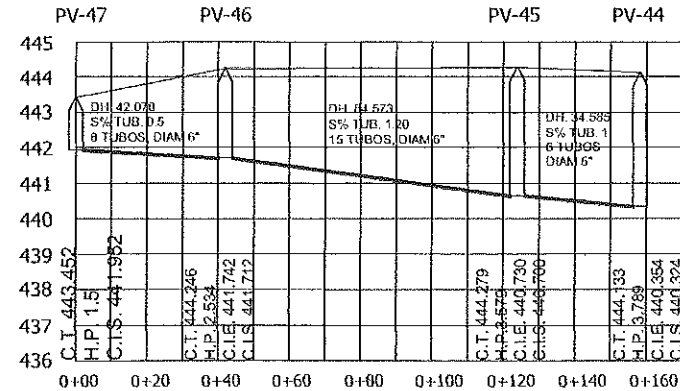
PERFIL
EJE 1.11
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



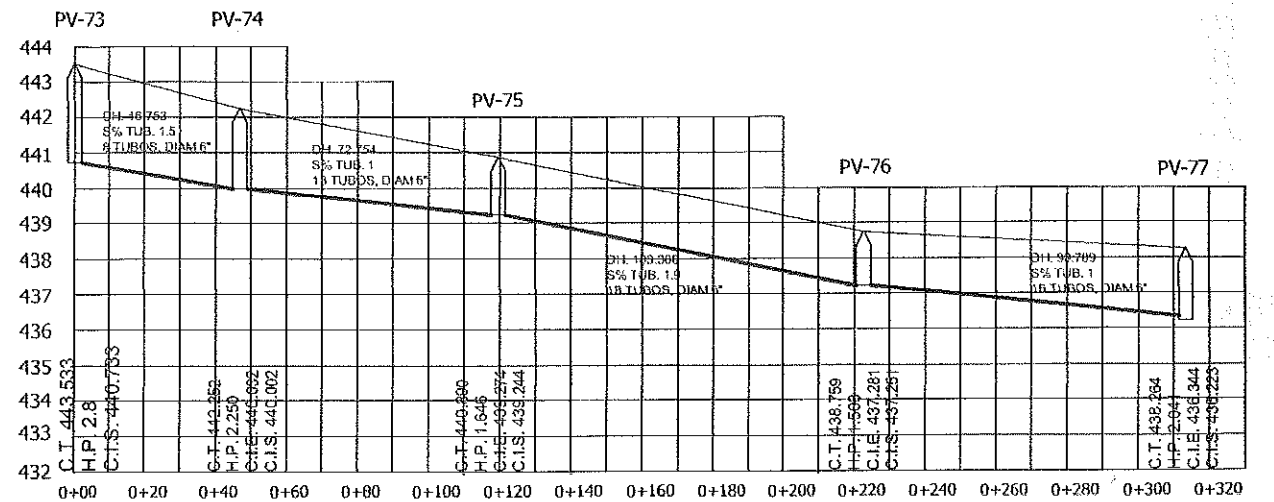
PERFIL
EJE PRINCIPAL 1 Y EJE 1.10
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



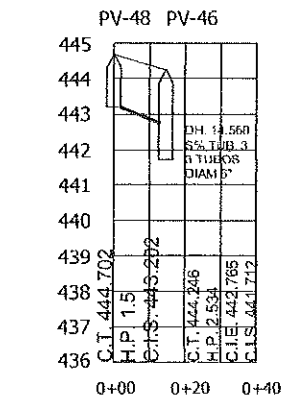
PERFIL
EJE 1.11.1
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



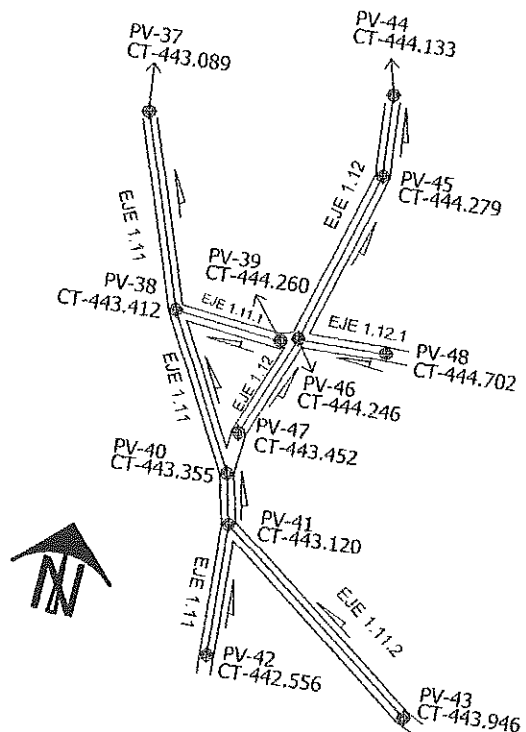
PERFIL
EJE 1.12
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



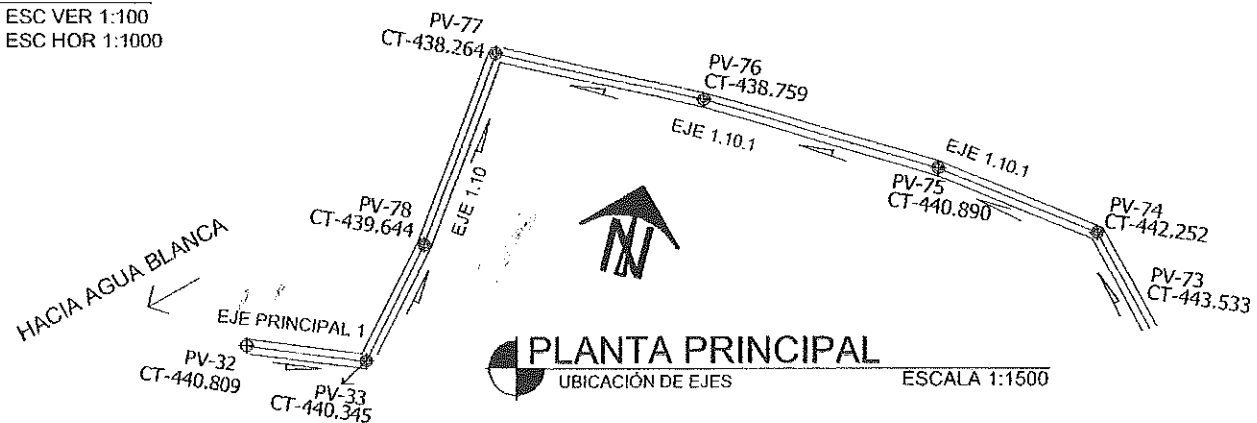
PERFIL
EJE 1.10.1
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



PERFIL
EJE 1.11.1
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000

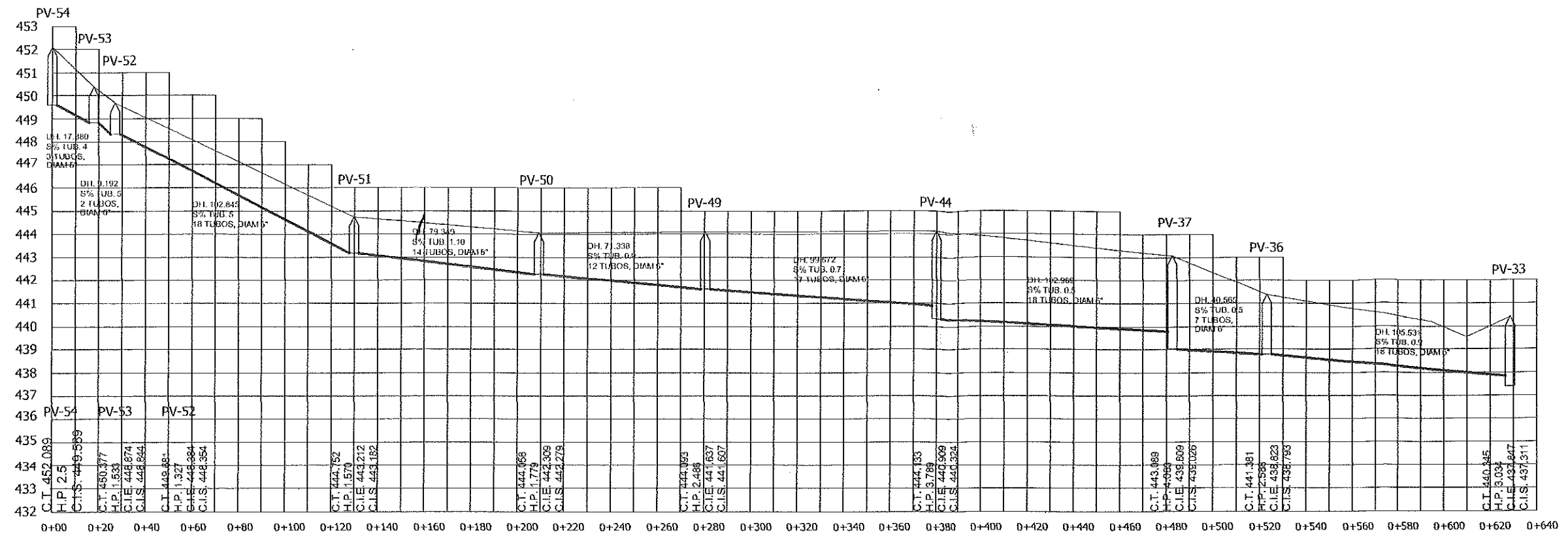


PLANTA PRINCIPAL
UBICACIÓN DE EJES
ESCALA 1:1500

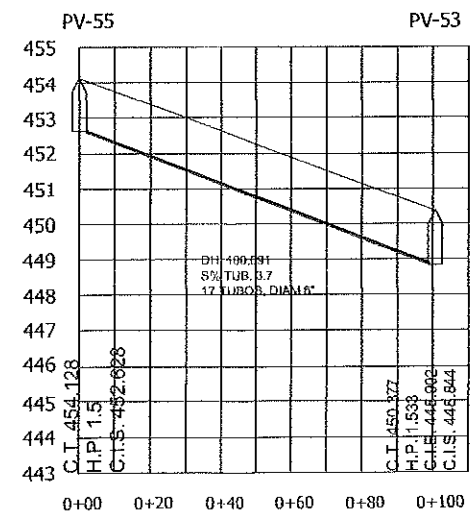


PLANTA PRINCIPAL
UBICACIÓN DE EJES
ESCALA 1:1500

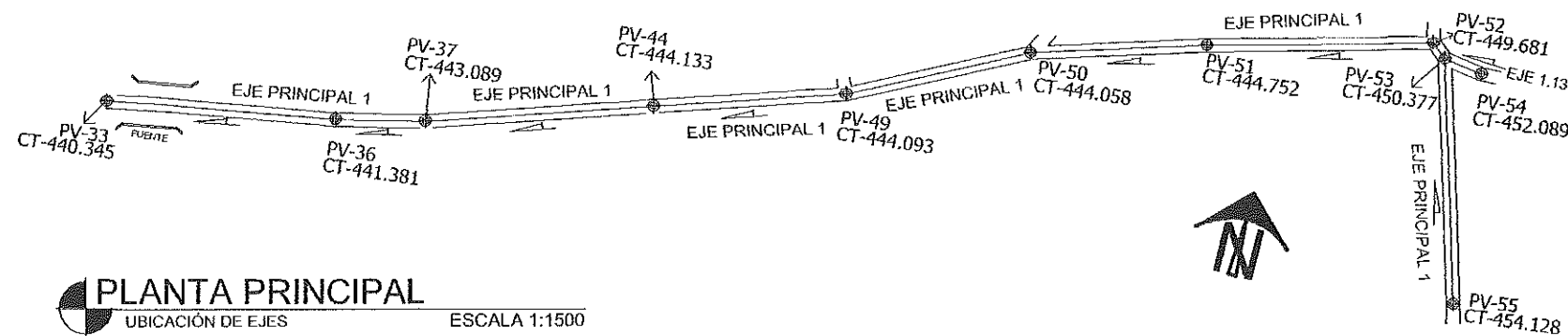
| | |
|--|---|
| | |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL ANÍPILLO, MUNICIPIO DE AGENA, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO: PLANTA PERFILES PLANTA PRINCIPAL | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA ASesor(A) SUPERVISOR(A) ALVARO JOSE ARGUETA CARDONA ASALA-INDICADA 1.0 FECHA: NOVIEMBRE 2013 |
| V.O.B.O. ING. JUAN MERCK | V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA |



PERFIL
EJE PRINCIPAL 1 Y EJE 1.13
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000

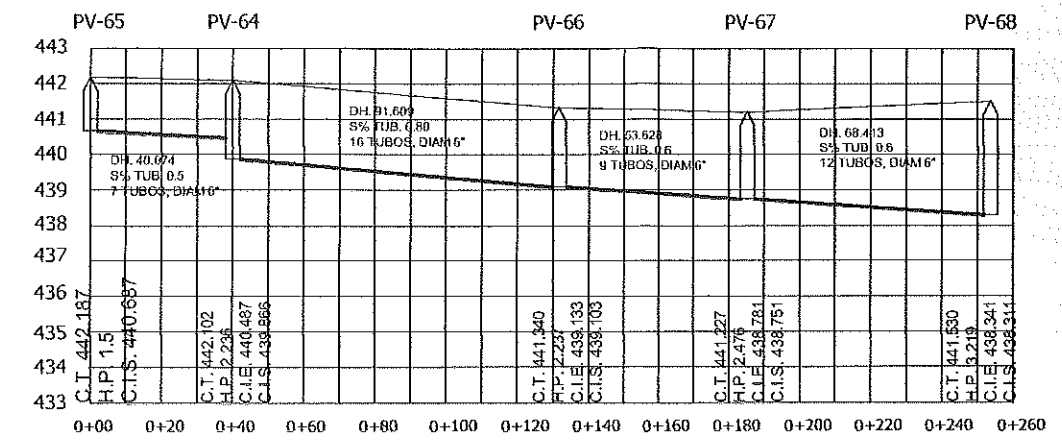
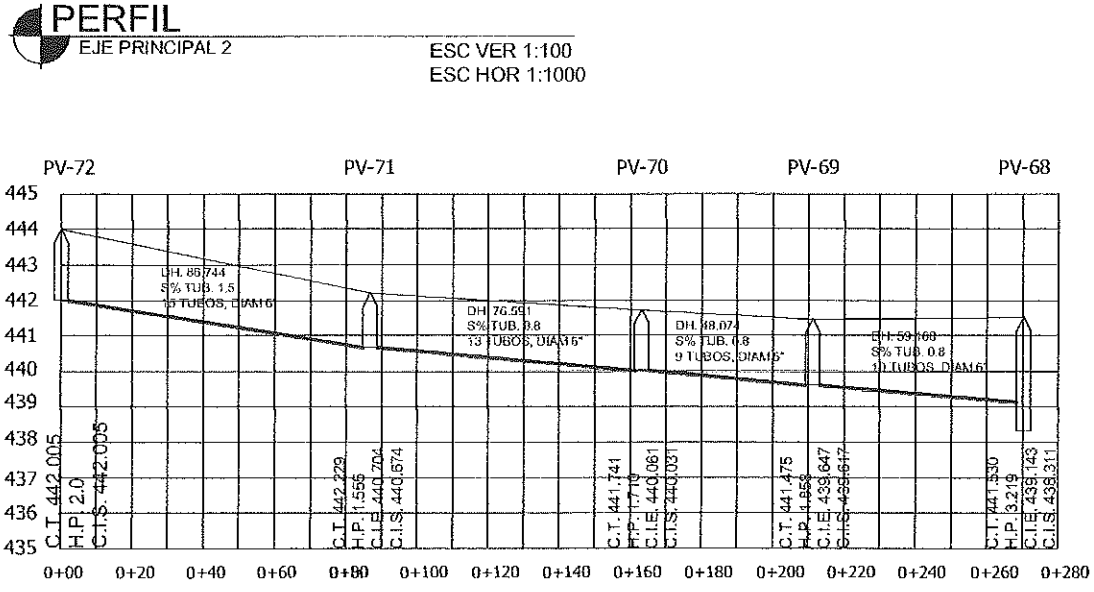
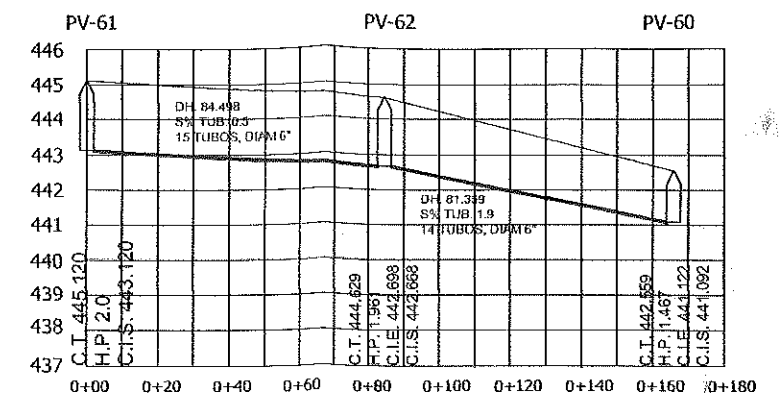
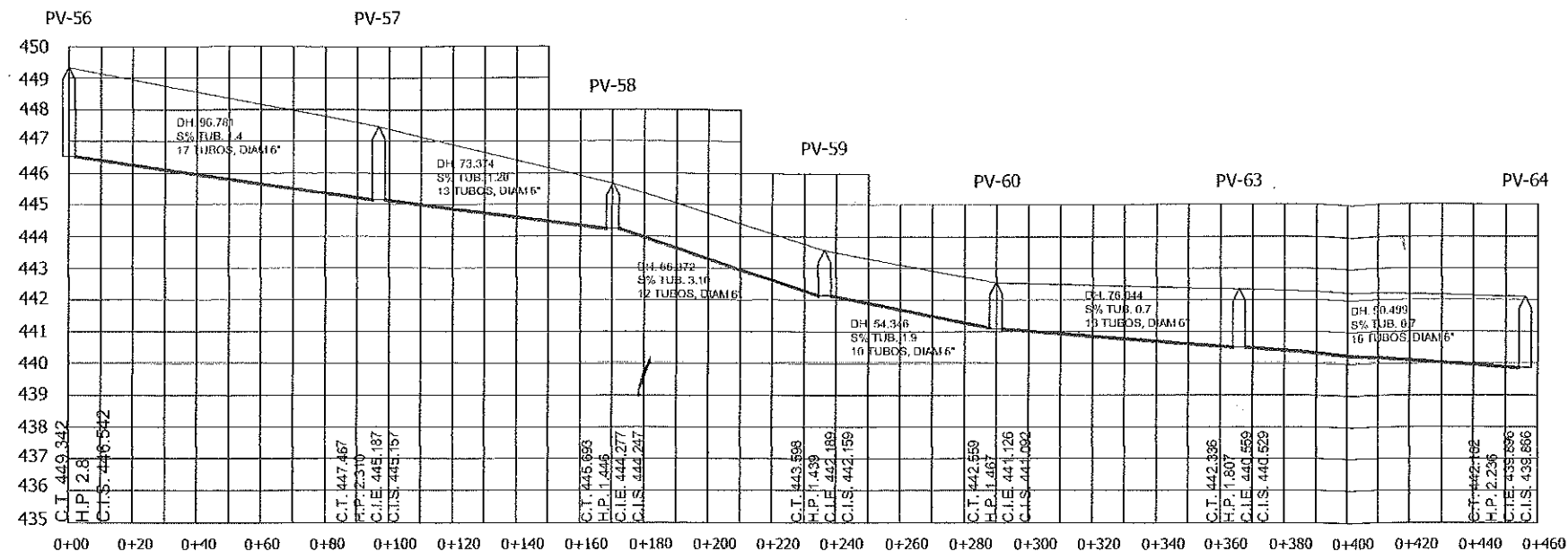


PERFIL
EJE PRINCIPAL 1
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



PLANTA PRINCIPAL
UBICACIÓN DE EJES
ESCALA 1:1500

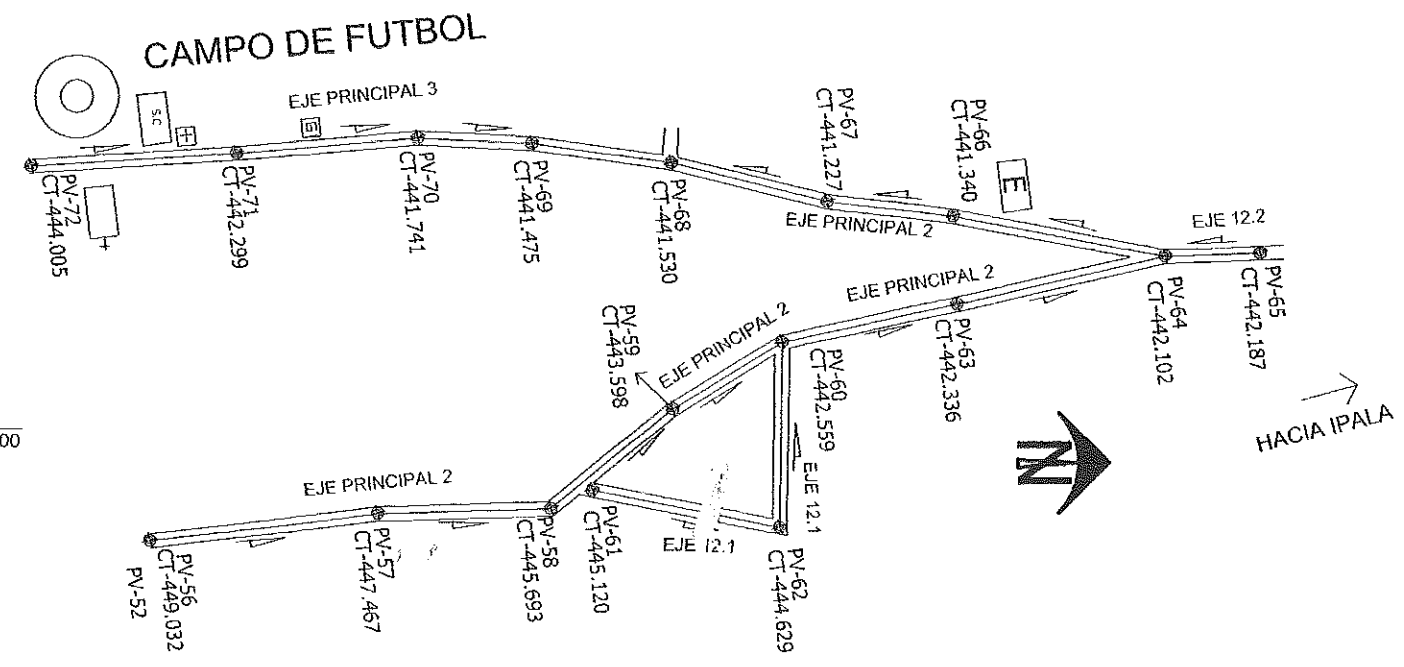
| | |
|---|---|
| | |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARRILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL ANATILLO, IPALA, CHIMULULA | |
| CONTENIDO PLANTA PERIFERONIA SUPERVISADA | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIMULULA EFECTUADO POR: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2013 |
| V.O. B.O. ING. JUAN MERCK | V.O. B.O. NEHEMIAS ARGUETA |



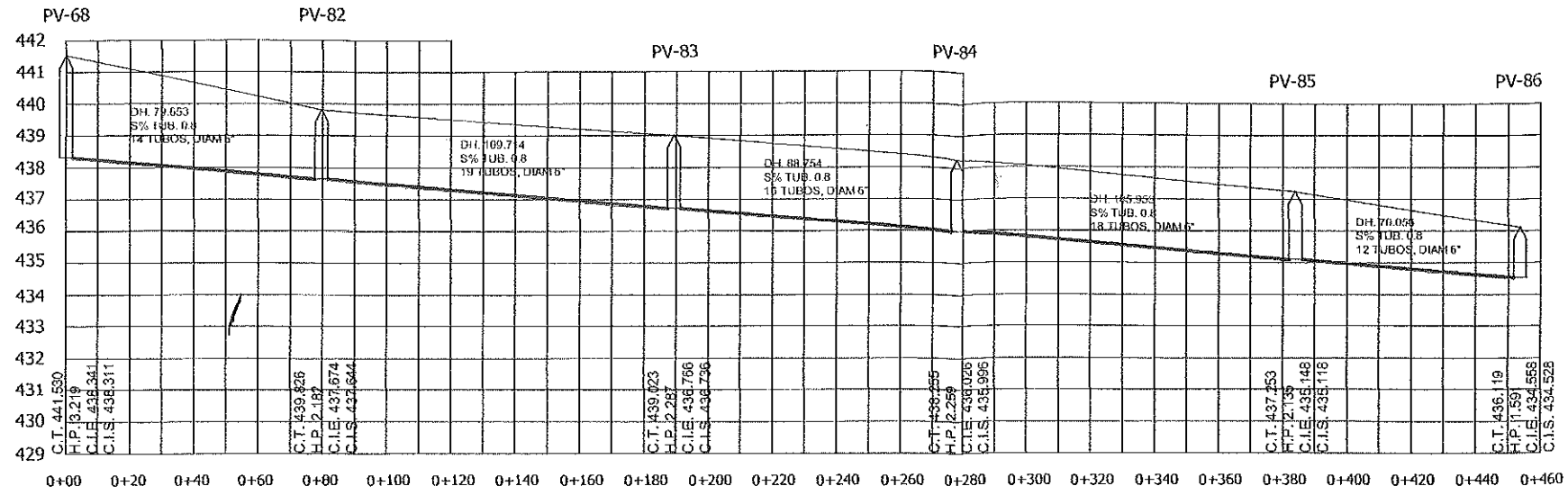
PERFIL EJE PRINCIPAL 3
 ESC VER 1:100
 ESC HOR 1:1000

PERFIL EJE PRINCIPAL 2 Y EJE 12.2
 ESC VER 1:100
 ESC HOR 1:1000

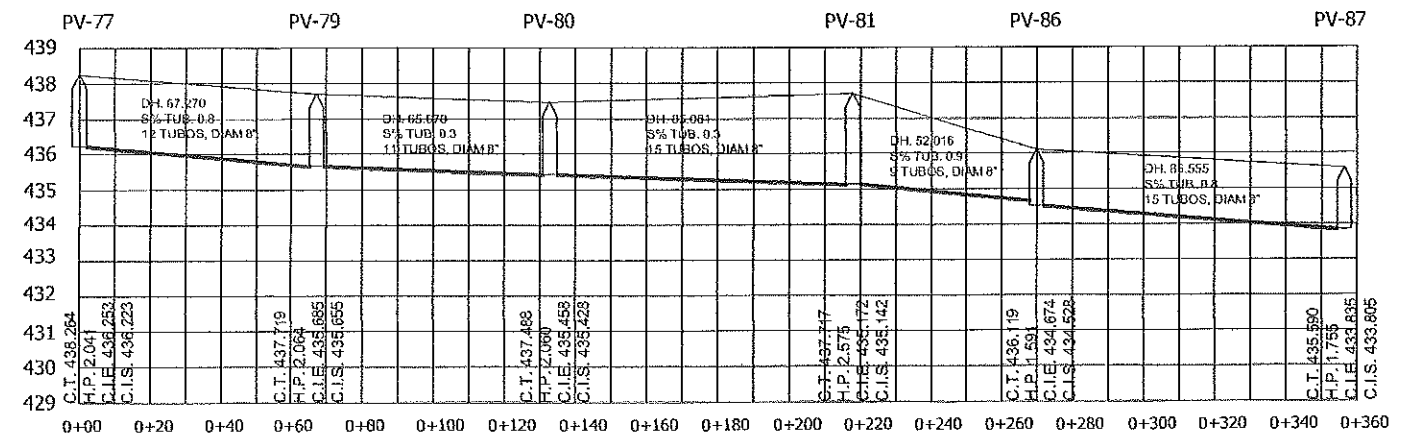
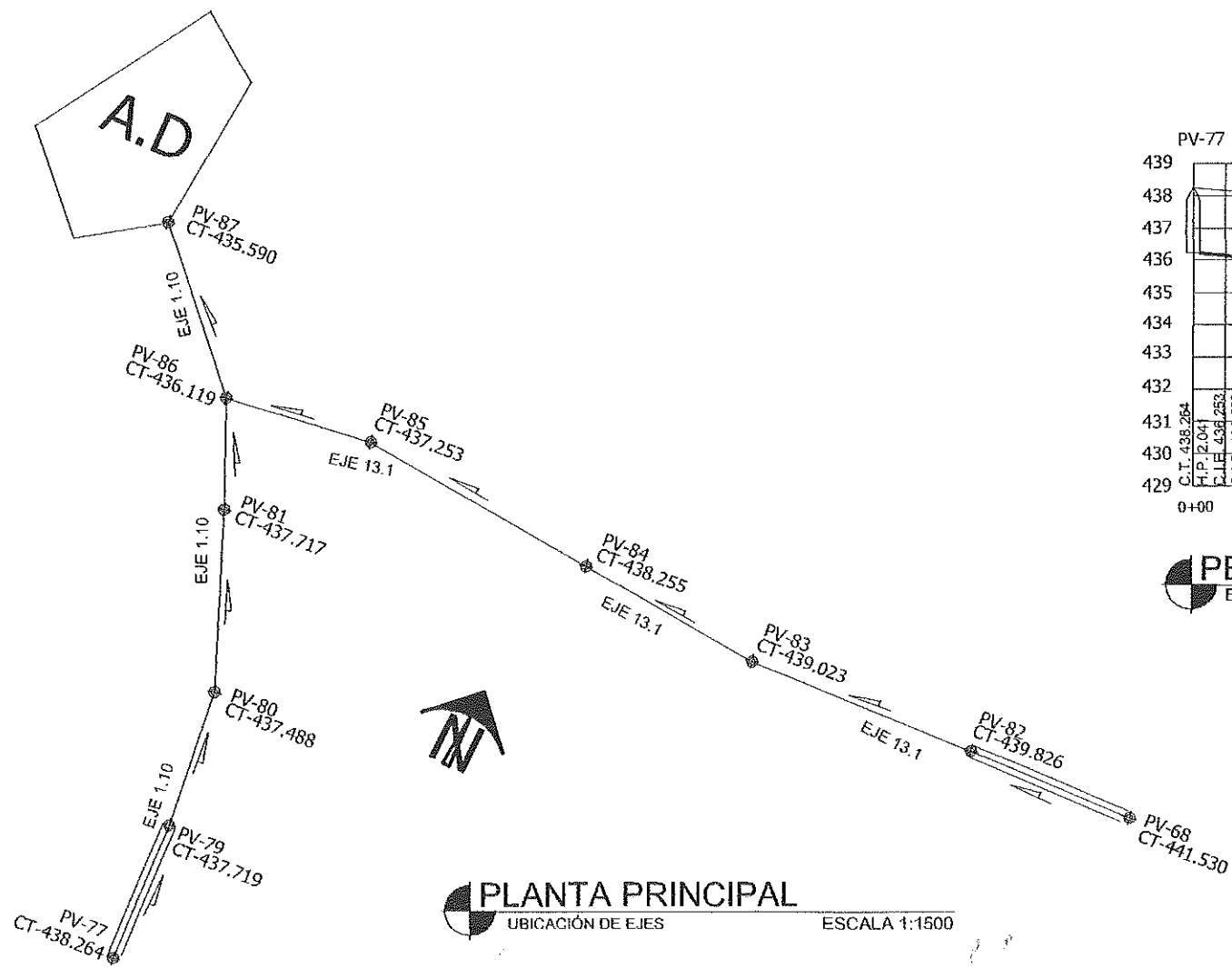
PLANTA PRINCIPAL
 UBICACIÓN DE EJES
 ESCALA 1:1500



| | | |
|------------------------------------|--|----------|
| | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| | PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL ANATILLO, IPALA, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA PRESIDENTE: ANDRÉS JOSÉ ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2013 | 11 14 |
| V.O.B.O ING. JUAN MERCK | V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA | |



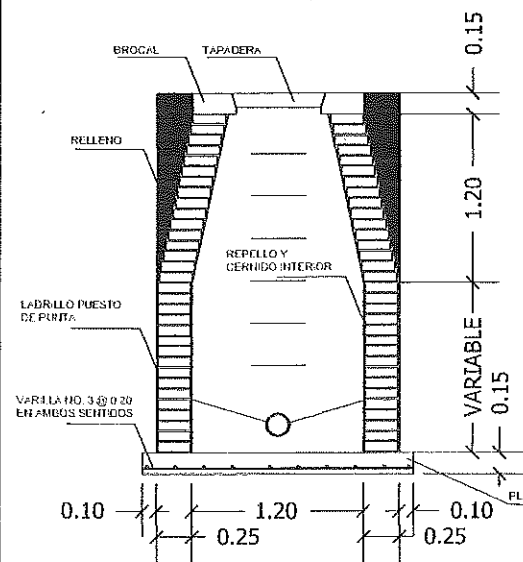
PERFIL
EJE 13.1
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000



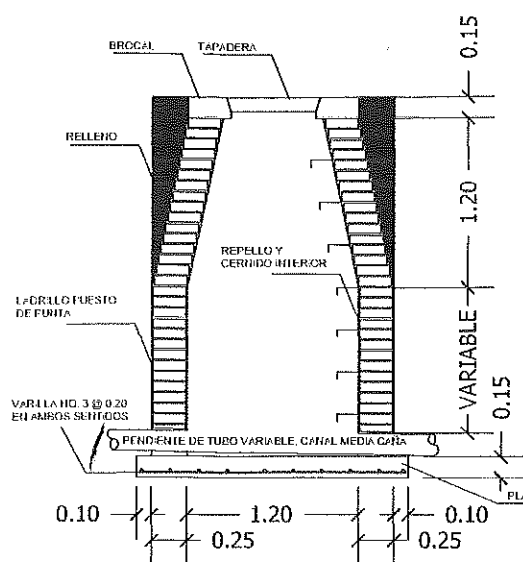
PERFIL
EJE 1.10
ESC VER 1:100
ESC HOR 1:1000

| | |
|--|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA DEL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA | |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA INGENIERO: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA ESCALA: INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2013 |
| V.O.B.O INC. JUAN MERCK | V.O.B.O NEHEMIAS ARGUETA |

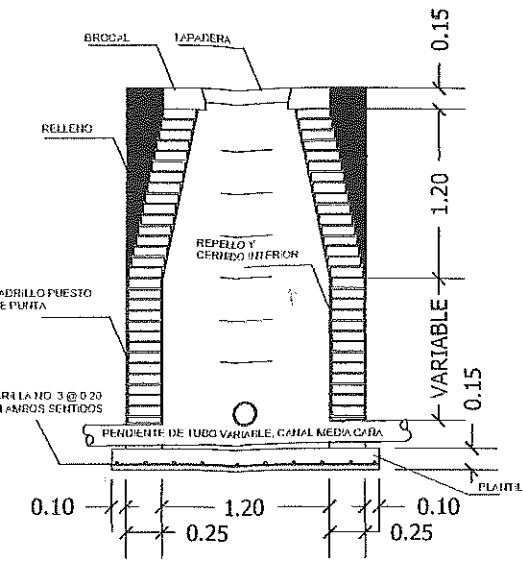
12/14



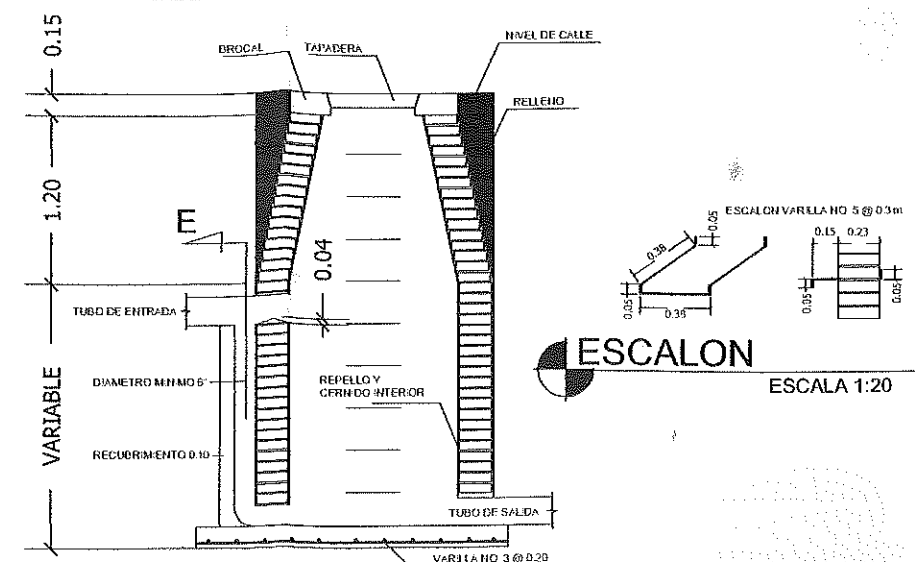
CORTE A
POZO DE VISITA TÍPICO ESCALA 1:25



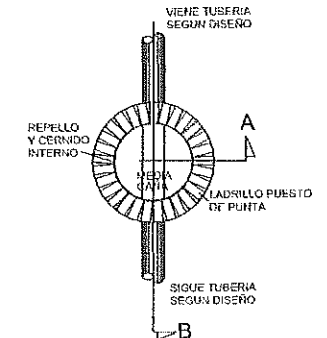
CORTE B
POZO DE VISITA TÍPICO ESCALA 1:25



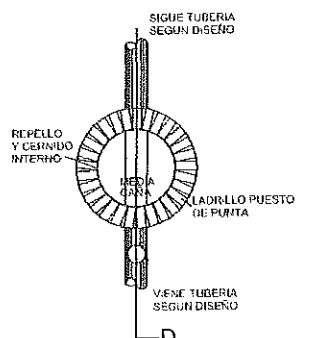
CORTE C
POZO DE VISITA 2 ENTRADAS ESCALA 1:25



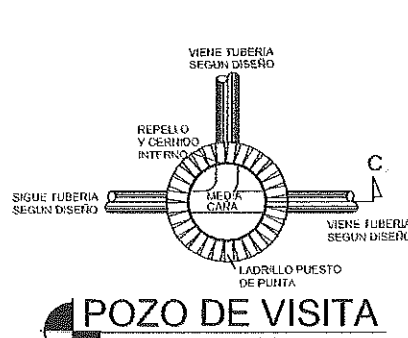
CORTE D
POZO DE VISITA CON CAIDA MAYOR A 0.70m ESCALA 1:25



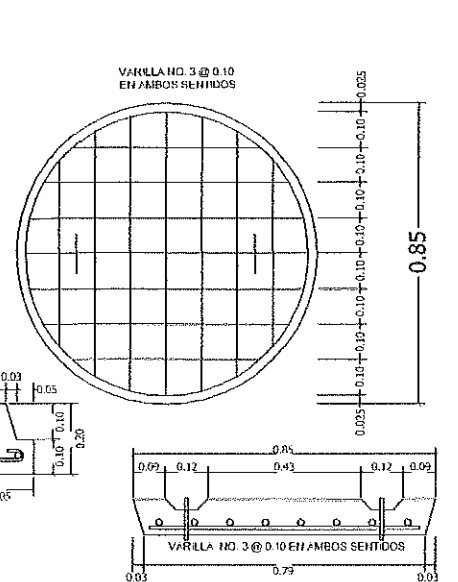
POZO DE VISITA
ESCALA 1:25



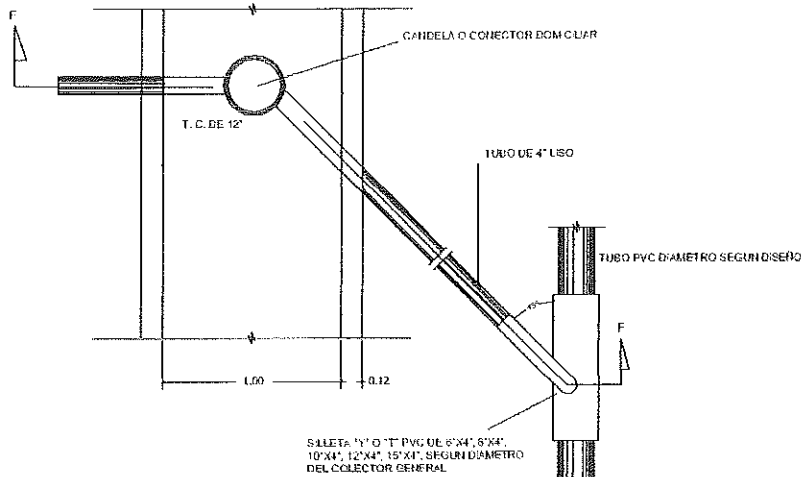
POZO DE VISITA
ESCALA 1:25



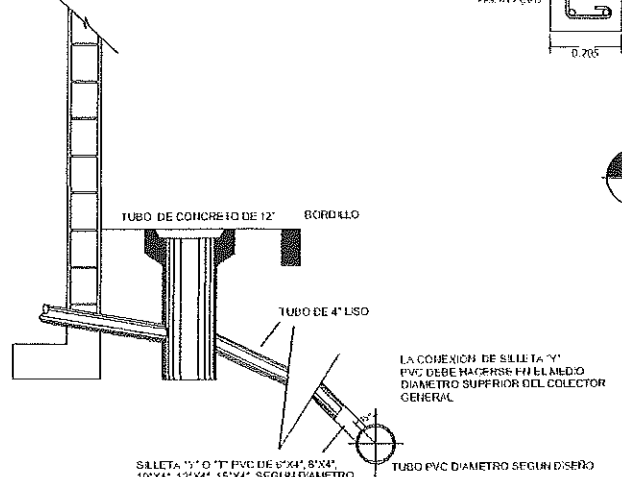
POZO DE VISITA
ESCALA 1:25



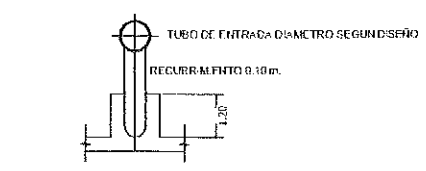
TAPADERA DE POZO
ESCALA 1:10



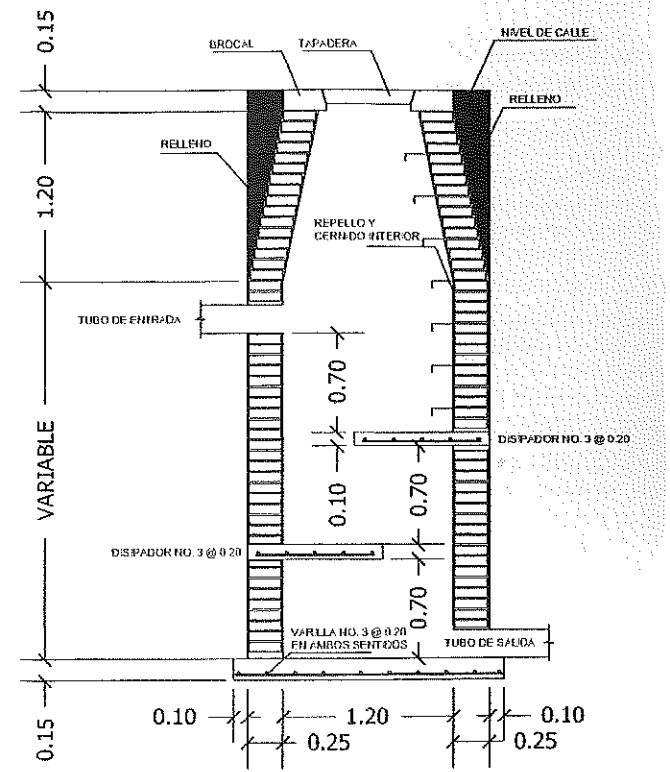
ACOMETIDA DOMICILIAR
ESCALA 1:20



CORTE F-F
ESCALA 1:20



CORTE E
ESCALA 1:25



POZO DE VISITA
CON CAIDA MAYOR A 1.50m ESCALA 1:25

ESPECIFICACIONES:

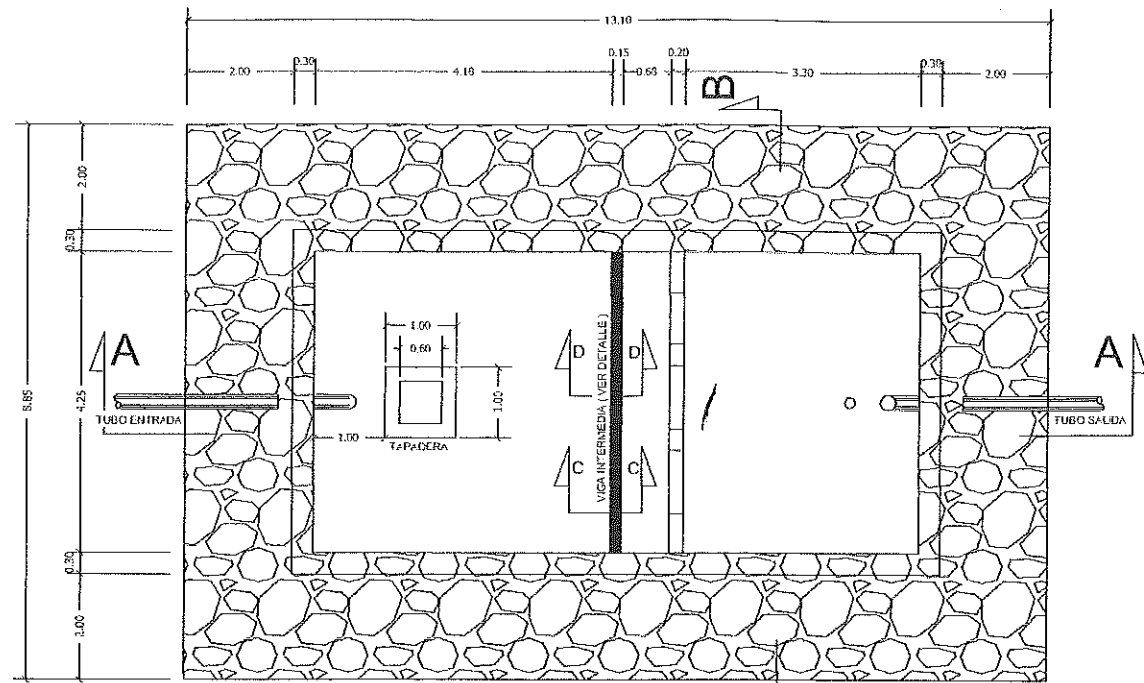
- CONCRETO:**
1. EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
 2. LA RELACIÓN DE AGUA / CEMENTO MÁXIMA PERMISIBLE SERÁ DE 27 lbs / SACO DE CEMENTO.
 3. EL AGREGADO GRUESO (PIEDRÍN) DEBERÁ SER COMO MÍNIMO DE 1/2" Y MÁXIMO DE 1 1/2".
 4. EL RECUBRIMIENTO MÍNIMO PARA LA BASE SERÁ DE 7.5 cm. EN BROCAL Y TAPADERA SERÁ DE 3 A 5 cm.

- TUBERÍA DE PVC:**
1. LA TUBERÍA SERÁ CONFORME A LA NORMA ASTM D3034.
 2. EL DIÁMETRO A UTILIZAR SERÁ DE 6" Y 8" A EXCEPCIÓN DE LAS ACOMETIDAS DOMICILIARES QUE SERÁN DE DIÁMETRO 4".
 3. TODA LA TUBERÍA SE COLOCARÁ ALINEADA Y CON EL DESNIVEL QUE SE INDICA EN LOS PLANOS.

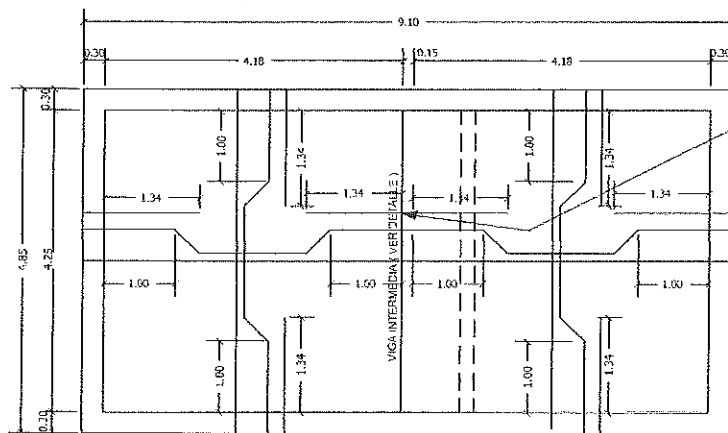
- ACERO:**
- EL ACERO DEBERÁ TENER UN $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$

NOTA:
LOS BROCALES Y TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERÁN CURARSE, SEGÚN ESPECIFICACIONES ACI, ANTES DE SU INSTALACIÓN

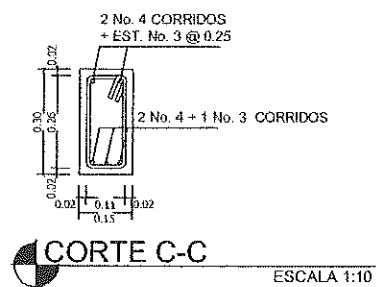
| | |
|--|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL AMATILLO, IPALA, CHIQUIMULA. | |
| CONTENIDO: DETALLES CONSTRUCTIVOS | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIQUIMULA INGENIERO EN JEFE: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CARDONA |
| ESCALA: INDICADA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2013 | |
| V.O. B.O. ING. JUAN MERCK | V.O. B.O. NEHEMIAS ARGUETA |



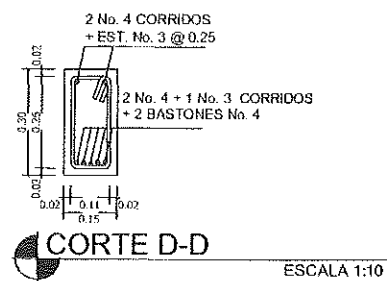
PLANTA FOSA SÉPTICA
ESCALA 1:50



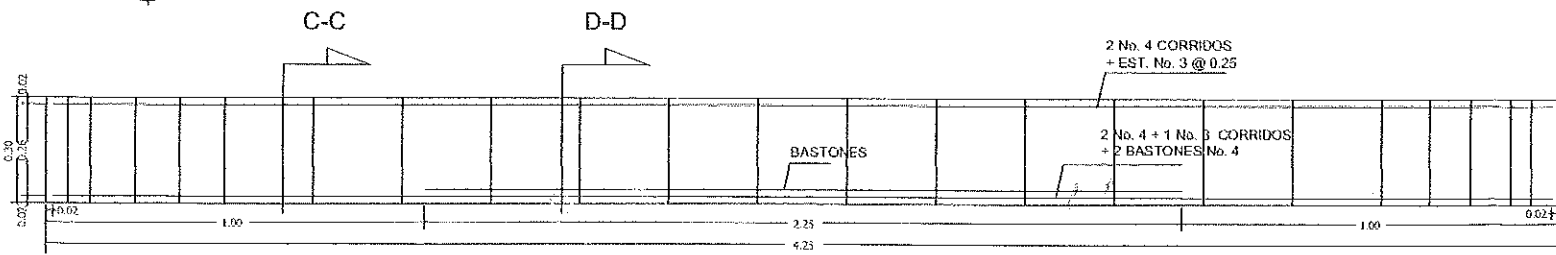
DETALLE DE LOSA
ESCALA 1:50



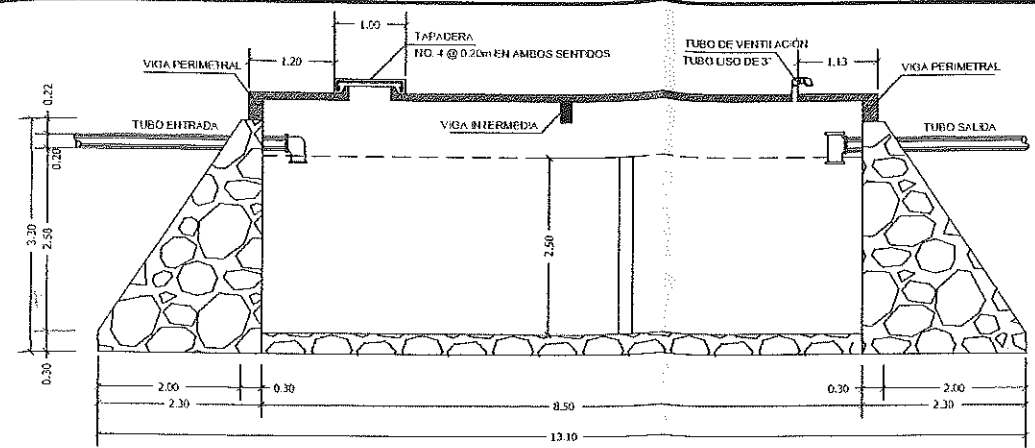
CORTE C-C
ESCALA 1:10



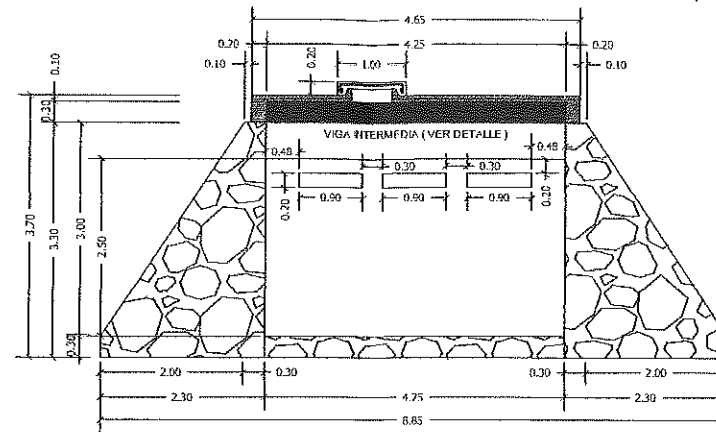
CORTE D-D
ESCALA 1:10



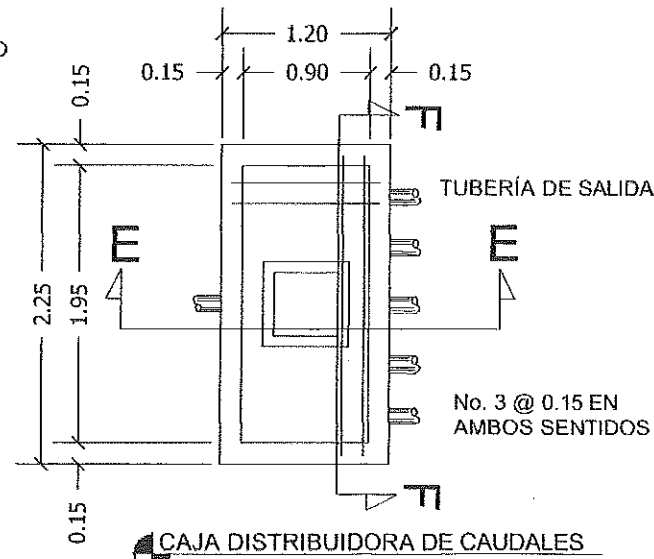
VIGA INTERMEDIA
ESCALA 1:10



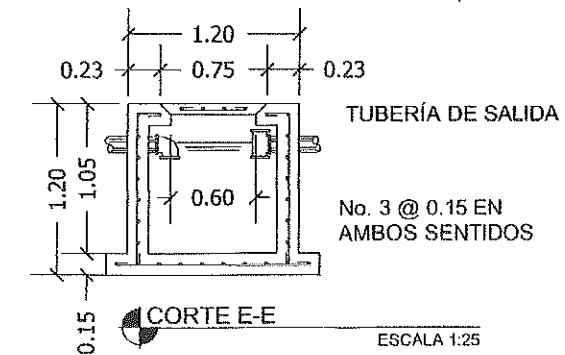
CORTE A-A
ESCALA 1:50



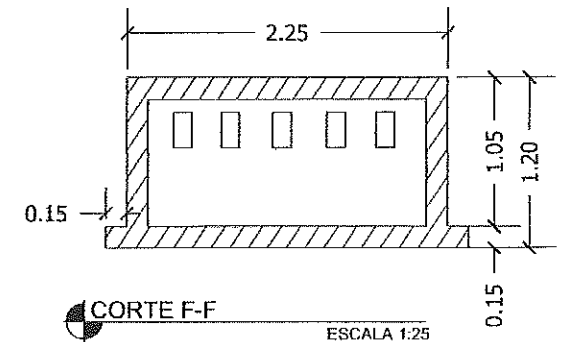
CORTE B-B
ESCALA 1:50



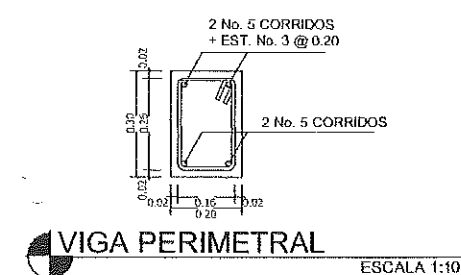
CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES
ESCALA 1:25



CORTE E-E
ESCALA 1:25



CORTE F-F
ESCALA 1:25



VIGA PERIMETRAL
ESCALA 1:10

1. TODA LA TUBERÍA Y ACCESORIOS PARA LAS INSTALACIONES DE LA FOSA SERÁ DE 8"
2. EN LOS MUROS SE UTILIZARÁ CONCRETO CICLÓPEO, EN UNA PROPORCIÓN DE 33% PIEDRA BOLA Y 66% CONCRETO
3. SE CONSTRUIRÁN 5 FOSAS SÉPTICAS CON EVACUACIÓN A LA QUEBRADA ALEDAÑA.
4. LA RESISTENCIA DEL CONCRETO SERÁ DE $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ Y EL ACERO DE REFUERZO DE $F'y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.

| | | |
|---------------------------|--|----------|
| | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | |
| | PROYECTO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ANECA DE AMATILLO, IPALA, CHIJUMULA | |
| CONTENIDO FOSA SÉPTICA | MUNICIPALIDAD DE IPALA, CHIJUMULA INGENIERO EN JEFE: ALEJANDRO JOSE ARGUETA CAROONA ESCALA INDICADA FECHA: NOVIEMBRE 2013 | 14 14 |
| V.O.B.O. ING. JUAN MERCK | V.O.B.O. NEHEMIAS ARGUETA | |