



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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA SANSUR, MUNICIPIO DE PALENCIA, GUATEMALA

Donald Freddy Poz Valencia

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA LA ALDEA SANSUR, MUNICIPIO DE
PALENCIA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DONALD FREDDY POZ VALENCIA

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo 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 PARA LA ALDEA SANSUR, MUNICIPIO DE PALENCIA, GUATEMALA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha junio de 2004.

Donald Freddy Poz Valencia

ACTO QUE DEDICO A:

Mi familia

Conjunto numeroso de personas con las que comparto además de mi sangre y genes, lazos especiales de unión y amistad.

Mi hermano

Mi amado hermano Erick Stanley Poz Valencia (QEPD).

AGRADECIMIENTOS A:

Dios Padre Todopoderoso	Autor de mi vida, padre amoroso, consolador, amigo fiel, mi proveedor, y de quien procede mi salvación y formación, a Él: honra y gloria.
Mis padres y mi hermano	Adrián, Celsy y Erick (†), quienes me acompañaron e infundieron valor para continuar y alcanzar esta meta.
Mi familia	Cada uno de mis abuelos (as), tíos (as) y primos (as) han sido muy valiosos para mí. Gracias a todos por su apoyo y amor. Agradezco especialmente a mi abuelo Saturnino Valencia y a mi tío Arnoldo Valencia de quienes me inspiré para elegir esta carrera y terminarla.
Iglesia Presbiteriana Central	Centenaria institución que templó muchas áreas de mi vida al estar en comunión con los pastores, los ancianos, maestros, diáconos, amigos, personal y congregación en general. Porque juntos formamos el cuerpo de Cristo y yo soy uno con ellos. Gracias por el respaldo, amistad y apoyo incondicional.
Iglesia El Shaddai	Gracias por la inspiración. Gracias porque he conocido gente muy especial y maravillosa con quienes compartimos amistad, sueños y vocaciones especiales. Gracias por la amistad y apoyo incondicional para mi familia y para mí.

Mis amigos

Familia Godínez Guerrero, Salvador Monroy y familia por su apoyo incondicional; Ronald Figueroa, Familia Carranza McCollough, Familia Mancilla, Familia Paz, Familia González, Familia Ramírez, Cristian Del Cid, José Juan Siliezar, Familia Guerra, Familia Álvarez Montenegro, Dana Villagrán, David Aguilar, Familia Godínez Herrera, Familia Sosa, Familia Rosales, Marvin Martínez, Familia López Pérez, Familia Miranda, Familia Bolaños, Familia Díaz Paz, Familia Martínez Herrera, Familia Grajeda, Familia Hernández, Familia Pascual, Familia Mansilla Paz, Familia Orozco, Familia Díaz Jacobs, Ing. Selvin Galeano y familia, Marvin Vega, Enrique García, Wendy Mendizábal y familia, Arq. Byron Álvarez, Ing César González, Ing. Julio Ramírez y familia, Ing. Jaime Pérez.

Facultad de Ingeniería, USAC

Agradezco los importantes conocimientos que ahí recibí para el desempeño de mi carrera profesional. En especial al Ing. Luis Alfaro Véliz y al Ing. Alfredo Arrivillaga Ochaeta, por su amistad, apoyo y directrices que contribuyeron a edificar mi carrera en sus inicios.

La Municipalidad de Palencia

Autoridades y compañeros que me brindaron su apoyo y amistad en el desarrollo de mi ejercicio profesional supervisado y mi participación en la Oficina Municipal de Planificación, en especial a: Familia Reyes Méndez, Ramiro Tercero, Licda. Lidia de Montenegro, Oscar Ramírez, Guiselda Alvizures, Julio César López, Leonel Muralles, Familia Gómez y Teresa Díaz.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. MONOGRAFÍA DEL LUGAR	01
1.1. Aspectos físicos	01
1.1.1. Ubicación geográfica	01
1.1.2. Aspectos climáticos	02
1.1.3. Topografía	02
1.1.4. Vías de acceso	02
1.2. Situación social y demografía	03
1.2.1. Datos de población	03
1.2.2. Tipos de vivienda	03
1.3. Infraestructura existente	04
1.3.1. Educación	04
1.3.2. Pozos existentes	04
1.3.3. Salud	05
1.3.4. Transporte	05
1.3.5. Energía eléctrica	05
1.3.6. Infraestructura vial	06
1.4. Actividades económicas	06
1.4.1. Agricultura	06

2.3.6. Desinfección	27
2.3.6.1. Preparación de la solución de hipoclorito	27
2.4. Operación y mantenimiento	30
2.4.1. Definición de operación	30
2.4.1.1. Planificación de la operación	30
2.4.1.2. Responsables de la operación	31
2.4.1.3. Controles	32
2.4.2. Implementación	32
2.4.2.1. Personal	33
2.4.2.2. Materiales y equipo	33
2.4.2.3. Registros, controles, memorias e informes	34
2.4.3. Programa de operación anual del sistema de agua potable	34
2.4.3.1. Operación de hipoclorador	36
2.4.4. Definición de mantenimiento	37
2.4.4.1. Planificación del mantenimiento	37
2.4.5. Programa de mantenimiento anual del acueducto	38
2.4.5.1. Puntos críticos	43
2.4.5.2. Materiales y equipo	43
2.4.6. Costo de operación y mantenimiento	44
2.4.6.1. Costo de operación	44
2.4.6.2. Costo de mantenimiento	45
2.5. Tarifa	46
2.5.1. Propuesta de tarifa	46
2.5.1.1. Sistema unitario	47
2.5.1.2. Sistema diferencial	47
2.5.2. Cálculo de tarifa	47
3. IMPACTO AMBIENTAL	49
3.1. Matriz de identificación	49

3.1.1. Impactos ambientales positivos	50
3.1.2. Impactos ambientales negativos	51
3.1.3. Riesgo de impacto	53
3.1.4. Medidas de mitigación	54
4. RIESGO Y VULNERABILIDAD	57
4.1. Sismos o terremotos	58
4.2. Deslizamientos	59
4.3. Inundaciones	60
4.4. Sequías	61
4.5. Medidas generales para la reducción de desastres	62
5. PRESUPUESTO	63
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	75
APÉNDICES	77
ANEXOS	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

I	Tabla modelo de cálculo hidráulico de conducción	19
II	Tabla modelo de cálculo hidráulico de distribución	23
III	Hipoclorito necesario para preparar solución al 0.10%.	28
IV	Volumen de solución al 0.10% que tiene que ingresar al tanque para dosificar 1 mg/L.	29
V	Plan de operación	35
VI	Plan de mantenimiento	38
VII	Descripción de costo de operación	44
VIII	Descripción de costos de mantenimiento	45
IX	Costos anuales	48
X	Matriz de identificación de impactos ambientales	50
XI	Presupuesto completo	63
XII	Topografía para línea de conducción	77
XIII	Topografía para línea de distribución	79
XIV	Cálculo hidráulico para línea de conducción	84
XV	Cálculo hidráulico para línea de distribución	85

GLOSARIO

Aforo	Operación de medir un caudal.
Caudal	Es el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo por un determinado punto de observación en un instante dado. El caudal se expresa en litros por segundo o metros cúbicos por segundo.
Caminamiento	Recorrido acumulado llevado a cabo por la cuadrilla de topografía.
Captación	Estructura por medio de la cual se colecta el agua de una fuente.
Cota de terreno	Elevación del terreno sobre un nivel de referencia.
Cota piezométrica	Es la máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea.
Excavación	Conjunto de operaciones necesarias para remover, previamente, parte de un terreno.
Hipoclorito	Sustancia mineral utilizada para hacer potable agua que presenta contaminación leve por materia orgánica.

Monografía	Descripción generalizada de una comunidad que expone sus características.
PSI	Unidad de medida inglesa de presión (Poundal per square inch), indica Libras sobre pulgada cuadrada.
Topografía	Conjunto de técnicas basadas en principios geométricos y matemáticos para determinar posiciones y ubicaciones en base a datos levantados en campo por teodolito.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación, presenta aspectos esenciales de todo proyecto de introducción de agua potable para una comunidad rural. Aquí están plasmados los criterios que han prevalecido para el desarrollo de dicho proyecto. La experiencia en campo es enriquecedora y permite obtener información que hace que cada proyecto sea único en su especie.

En los datos monográficos de Sansur se presentan los aspectos más importantes de su desarrollo como comunidad rural. Dicha información ha permitido al planificador, sentar una base desde la que se identifican las expectativas de los pobladores y beneficiarios del proyecto que se plantea.

Al momento de aplicar los conocimientos técnicos a la realidad y expectativas de la comunidad, se han generado datos específicos que permiten el diseño apropiado de una solución. De esta forma, se ha conseguido que la distribución y conducción del vital líquido, se realice de forma técnica y económicamente viable. Se han reconocido los impactos ambientales que genera el proyecto, como todas las actividades que buscan el desarrollo de una comunidad y se ha generado una matriz que ayuda a establecer las medidas necesarias de mitigación. Además, ha sido imprescindible reconocer las amenazas naturales que rodean al presente proyecto; ya identificadas, se han establecido procedimientos que permitirán minimizar el daño si llegasen a ocurrir.

OBJETIVOS

GENERAL

El objetivo que persigue el presente trabajo de graduación es proponer un diseño del abastecimiento de agua potable a la aldea Sansur del municipio de Palencia, Guatemala, en una forma técnica y segura para prestar un servicio de calidad.

ESPECÍFICOS

1. Realizar las actividades necesarias para obtener los datos que se requieren para el diseño de abastecimiento de agua potable para la aldea Sansur, municipio de Palencia, Guatemala.
2. Contribuir en la Oficina Municipal de Planificación de la Municipalidad de Palencia brindando asesoría en las actividades de Ingeniería Civil, para el desarrollo del municipio de Palencia.

INTRODUCCIÓN

Un profesional de la Ingeniería Civil no está formado en su plenitud si carece de experiencia en el campo. La teoría y todos los lineamientos que ofrecen los libros y la facultad son imprescindibles para obtener criterio y así clarificar la visión como profesional; pero es necesario ir más allá.

La labor como epesista es involucrarse en el que hacer de una municipalidad para identificar necesidades de la comunidad a la que se esté asignado, en ella se priorizan y se procede a realizar un estudio que como resultado proponga una solución técnica al problema planteado.

Esta experiencia es enriquecedora al estar en contacto con autoridades, con otros colegas y con la población a la que se le sirve. Es así como se encuentra una perspectiva veraz de la realidad del país.

De esta forma se estará siguiendo el lineamiento del enfoque social con que se forma al estudiante de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y se cumplirá así con el deber de promover el desarrollo de Guatemala

El presente informe ha sido realizado para dar a conocer la elaboración del estudio y planificación del proyecto SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALDEA SANSUR, MUNICIPIO DE PALENCIA, GUATEMALA.

1. MONOGRAFÍA DEL LUGAR

1.1. Aspectos físicos

1.1.1. Ubicación geográfica

Sansur es una importante aldea del municipio de Palencia, departamento de Guatemala. Se encuentra aproximadamente a 1,850 metros sobre el nivel del mar. Se sitúa a 42 kilómetros de la ciudad capital. Cuenta con varios caseríos, entre los cuales se pueden mencionar:

- ➔ La Yerbabuena
- ➔ El Volcancito
- ➔ Las Cofradías
- ➔ El Durazno
- ➔ El Hatío

Colinda al norte con aldea Plan Grande (Palencia), al sur con Jalapa; al oriente, con El Progreso; y al occidente colinda con el caserío Yerbabuena (Palencia). Cuenta con un río pequeño en sus cercanías. Presenta muchas elevaciones y en lo que forma una cordillera pequeña está asentada esta comunidad. No posee lagunas ni lagos.

1.1.2. Aspectos climáticos

En este territorio se presenta un clima templado-frío, debido a la altura que presenta (aproximadamente 1850 msnm). Generalmente no se presentan corrientes fuertes de viento. Se registran temperaturas que varían entre los 10°C a 25°C. La precipitación anual según el INSIVUMEH para esta región es de 1200 mm anualmente.

1.1.3. Topografía

En esta aldea y especialmente el área que cubrirá el sistema de abastecimiento de agua, objeto de este informe, se presentan ciertas elevaciones pronunciadas, haciendo que la población ubique la mayor cantidad de viviendas en las partes más altas y dejando algunas viviendas en las laderas.

Prácticamente, Sansur y la parte de interés para el proyecto forma una especie de columna de la que se desprenden ramales de callejones que conducen a los caseríos.

1.1.4. Vías de acceso

A Sansur se puede ingresar por Jalapa, desde la aldea Sanpaquisoy y por Palencia, desde la aldea Los Planes, entrando por la cabecera municipal.

Desde la aldea Sansur se puede trasladar hacia Agua Caliente en El Progreso. Todas las vías de acceso son de terracería.

1.2. Situación social y demografía

1.2.1. Datos de población

Según lo investigado para este estudio, para el área de cobertura del proyecto (Sansur, La Joya, Las Cofradías y El Hatio), se registra una población total de 1,952 habitantes según un censo realizado por AVASANSUR (Asociación de vecinos de Sansur). El 56% de la población de estas comunidades (1,093 habitantes), ya es abastecida por un servicio de agua entubada. En la aldea Sansur no se registra migración significativa debido a las épocas de cultivo o cosecha, mas sí ha habido migración hacia los Estados Unidos de América en busca de una mejor calidad de vida.

1.2.2. Tipos de vivienda

En esta comunidad, predomina el tipo de vivienda construido con block y techado con lámina de zinc. Además, es frecuente, en menor grado, el tipo de vivienda construido con adobe, y techo de lámina.

En general, las viviendas están constituidas por un gran patio en el que realizan actividades relacionadas con la preparación de las siembras o

cosechas, así como también relativas al cuidado de ganado de diversos tipos.

Los ambientes dan a un amplio pasillo que rodea al patio. Las cocinas son por lo general, construidas con el mismo material del que está hecha la casa. Las amas de casa acostumbran cocinar en un pollo construido de ladrillo o adobe.

1.3. Infraestructura existente

1.3.1. Educación

En esta aldea del municipio de Palencia, se encuentran ubicados dos centros educativos que atienden desde 1ero. hasta el 6to. grado de primaria y lo hacen en dos jornadas cada uno de ellos. Cada centro educativo atiende a aproximadamente 300 alumnos en dos jornadas, y ninguno de ellos tiene sección pre-primaria.

1.3.2. Pozos existentes

Existe en la aldea, en uno de sus más grandes caseríos, la Yerbabuena, un pozo del que se extrae agua para abastecer a aproximadamente el 30% de la población que vive en la jurisdicción de esa aldea. Este pozo es administrado por la municipalidad de Palencia. El servicio que presta es de alguna manera deficiente, ya que en varias ocasiones lleva turbiedad.

1.3.3. Salud

En cuestión de cobertura, el centro de salud, ubicado en la cabecera municipal, es el que presta este servicio a la mayor parte de la población del municipio.

1.3.4. Transporte

Sansur cuenta con el beneficio de poseer una abundante cantidad de buses que cobrando una tarifa de Q 8.00 puede trasladar a pasajeros y mercadería hacia la ciudad capital en termino de 1 hora y media. Es tal la cantidad de buses de esta aldea que se estima como más grande que la de la cabecera municipal.

1.3.5. Energía eléctrica

En cuestión de alumbrado público, la aldea Sansur cuenta con cobertura total para sus habitantes. El servicio que generalmente se presta es el de 110 V, existen pocos abonados al servicio de alta tensión.

1.3.6. Infraestructura vial

Todos los ingresos son caminos de terracería que constantemente y en su mayoría son atendidos por la municipalidad de Palencia a través de su convoy de maquinaria y camiones. Estos caminos de terracería comunican a los diferentes caseríos que posee la aldea y así mismo conduce a aldeas y comunidades del departamento de Jalapa.

1.4. Actividades económicas

1.4.1. Agricultura

La población en su mayor parte se dedica a la agricultura, cultivando principalmente café, güisquil, tomate, frijol y maíz. Sus ingresos varían, entonces, según los precios que el mercado ponga a sus productos.

1.4.2. Comercio

El comercio en esta aldea es incipiente, integrándose principalmente por abarroterías pequeñas y medianas que están ubicadas en ambientes preparados dentro de las casas. Estas abarroterías tienen un amplio espectro de productos a ofrecer. Existen también talleres para reparación de bicicletas. Existe también comercio ambulante.

La economía es en su totalidad del tipo informal.

1.4.3. Industria

En este lugar existe inversión extranjera manifestada en una empaedora de frutas secas como maní, semillas de marañón, etc. La cual se constituye en fuente de trabajo para los habitantes de la aldea.

La industria en esta aldea es muy incipiente.

2. DATOS TÉCNICOS

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto para la municipalidad de Palencia, en cumplimiento del proceso de EPS, consiste en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Sansur municipio de Palencia, Guatemala.

Este proyecto consiste en el diseño del sistema de conducción y distribución que en total posee aproximadamente 20 km de longitud que se conduce desde la aldea Primera Joya, Palencia, Guatemala, hasta la aldea Sansur, el sistema es por gravedad.

El sistema está formado por los siguientes elementos:

1. Nacimiento o manantial, son los casos en los cuales el agua subterránea es forzada a salir a la superficie, éste permanece más o menos constante en cuanto a cantidad y calidad tanto en época seca como en época de lluvia.
2. Captación que consiste en la obra civil construida de concreto o mampostería que tiene por fin ser el primer paso para obtener el agua del sitio donde se encuentra y conducirla hacia el lugar de consumo.
3. Línea de conducción que se constituye en el acueducto que conduce el vital líquido desde la captación hasta el tanque de distribución. Como característica principal de ésta, se puede decir que no debe poseer ninguna conexión domiciliar ya que produciría problemas hidráulicos; esta parte del sistema tiene en su composición, varios elementos que contribuyen a cumplir con normas hidráulicas impuestas para el buen

funcionamiento del sistema.

4. Obras de arte cuya función en general es regular presiones y administrar caudales o permitir el paso por quebradas secas o riachuelos.
5. Tanque de distribución, que se constituye en el depósito que se diseña para almacenar agua para suplir en horas pico, principalmente.
6. Hipoclorador, es la estructura que se construye y utiliza para hacer completamente potable y seguro el recurso para consumo humano.
7. Red de distribución, es el conjunto de tuberías empleado para trasladar el vital líquido desde el tanque de distribución hacia cada una de las viviendas con su conexión domiciliar; ésta puede ser abierta o cerrada.
8. Válvulas son el equipo necesario para controlar el comportamiento hidráulico en el sistema. Se colocan cuando lo requiere el diseño hidráulico.
9. Acometidas domiciliarias, son la última parte en el sistema de abastecimiento de agua a un poblado y debe haber uno por cada hogar que se una al sistema de abastecimiento.

2.2. Levantamiento topográfico

Proporciona las diferentes localizaciones de características naturales o artificiales y las elevaciones que se utilizan para elaborar un mapa o plano. Con la ayuda de un teodolito, trípode, estadal, cinta métrica, plomadas y la colaboración de vecinos, se realizó el levantamiento topográfico desde la aldea Primer Joya hasta la aldea Sansur, utilizando el método taquimétrico y conservación de azimut.

Para determinar una alineación recta sobre un terreno por planimetría, se

necesitan como mínimo dos puntos en los cuales se deben dejar pequeñas estacas (trompos) en el suelo, con su respectivo clavo, para hacer las lecturas correspondientes con el teodolito. Para determinar la distancia horizontal entre dos puntos se utiliza la siguiente fórmula:

$$\mathbf{D.H.=100*(Hs-Hi)*sen^2 \text{ ángulo vertical}}$$

Donde:

D.H.= Distancia horizontal entre dos puntos

Hs = Hilos superior

Hi = Hilo inferior

Empleando altimetría se obtienen los datos para identificar los diferentes niveles del terreno con la ayuda del equipo de topografía antes mencionado.

Para determinar la diferencia de nivel entre dos puntos se utilizará la siguiente fórmula:

$$\mathbf{= D.H./TAN \text{ ángulo vertical}}$$

Donde:

D.H.= Distancia horizontal, en metros, entre los puntos de interés.

Δ = Diferencia, en metros, de cotas.

Para determinar la cota en un punto se utiliza la siguiente fórmula teniendo presente las antes expuestas:

$$\mathbf{AI + \Delta - Hm = Cota}$$

Donde:

AI = Altura de instrumento

Δ = Diferencia en metros entre cotas.

Hm= Hilo medio

Los resultados del trabajo en campo son traducidos en gabinete a un conjunto de planos (planta y perfil del terreno), que dan un panorama de la condiciones y facilitan el trabajo. La libreta de topografía y los planos se presentan en el apéndice.

2.3. Diseño del sistema de abastecimiento

Para este proyecto se aprovechará un manantial de brote definido ubicado en la aldea Primera Joya de la aldea Plan Grande, municipio de Palencia; propiedad de la Asociación de Vecinos de Sansur (AVASANSUR). Este nacimiento provee un caudal disponible de 7.48 lt/s según aforo realizado en el mes de marzo del año 2,004. Debido a la disponibilidad de cotas entre fuente a utilizar y tanque de distribución (150 m), el sistema será por gravedad.

2.3.1. Período de diseño

Éste es el número de años para el cual el sistema va a proporcionar agua potable, en la cantidad adecuada, a la población existente al final de dicho período.

El período de diseño de un abastecimiento de agua rural está determinado por razones económicas. Un período de diseño de pocos años implicaría que las poblaciones se encontrarían con la necesidad de hacer ampliaciones al sistema de abastecimiento en un plazo muy corto de tiempo. Un período de

diseño de muchos años haría contribuir a la población actual para cubrir los costos que efectivamente deberían ser cubiertos por la población futura.

No debe confundirse el período de diseño con la vida útil de los elementos de un sistema. Para el presente estudio, el período de diseño es de 20+1 años. El número 1 significa que se estima un año para gestión y trámite.

2.3.2. Determinación de población futura

El servicio de agua potable será prestado a 1148 personas actualmente.

Para el cálculo de la población futura se emplea el método de incremento geométrico ya que es un método significativo que toma en cuenta la tasa de crecimiento de una población y su población actual; la fórmula a emplear es la siguiente:

$$\text{Pob final} = \text{Pob Actual}(1+r)^S$$

Donde:

r=Tasa de crecimiento poblacional en el área rural

S=Años del período de diseño

El cálculo de la tasa de crecimiento poblacional se realiza con la siguiente fórmula:

$$r = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{(t_2-t_1)}} - 1$$

Donde:

P2=Último dato de población

P1=Penúltimo dato de población

t2=Año en que se registró el último dato de población

t1= Año en que se registró el penúltimo dato de población

Al realizar el análisis para determinar la tasa aplicable a este proyecto, se comparan los datos de población dados por los dos últimos censos de población realizados por el INE para la comunidad de Sansur. Los datos son los siguientes:

P2=1,139 personas

t2=2,002

P1=1,119 personas

t1= 1,994

El dato encontrado es $r=0.002$ equivalente a un 0.2% anual. Se comparó con los datos de los censos de población realizados por el INE del caserío Yerbabuena que dista de la comunidad de Sansur por 1 km de distancia, cuyos datos son los siguientes:

P2=1,527 personas

t2=2,002

P1=1,170 personas

t1= 1,994

El dato encontrado es $r=0.03$ equivalente a un 3% anual. La explicación que se encuentra para el comportamiento del crecimiento de la comunidad Sansur, es que durante los últimos años de la década pasada, hubo mucha migración hacia los Estados Unidos de América en busca de mejores condiciones laborales y de vida. Esta migración actualmente no se está dando en grandes proporciones según los habitantes del lugar, debido a que ahora la situación en el país del norte no es tan prometedora como antaño.

Se adopta el dato $r=0.03$ para el presente estudio ya que las dos

comunidades analizadas están cerca una de la otra y presentan similitud en la magnitud de su población, además, podrían tener un comportamiento similar en su crecimiento de aquí en adelante.

El dato inicial para la estimación de población futura, parte de los registros que la asociación de vecinos AVASANSUR –representante de la comunidad ante la municipalidad-, tiene del número de beneficiarios del presente proyecto. Según la asociación, la población a beneficiar inicialmente es de 1,148 personas. Se toman como período de diseño la cantidad de 21 años (1 de gestión + 20 de funcionamiento).

Cuadro no. 01

$$\begin{aligned} \text{Pob final} &= 1148(1+0.03)^{21} \\ \text{Pob final} &= 2135.62 \text{ habitantes} \\ \text{Pob final} &= \mathbf{2136 \text{ habitantes}} \end{aligned}$$

La dotación (D) es la cantidad de agua que se le proporciona a cada habitante de una población en un día, para este estudio se estima una dotación así:

Cuadro no. 02

$$\mathbf{D = 90 \text{ lt/hab/día}}$$

2.3.3. Cálculo hidráulico de la línea de conducción

2.3.3.1. Caudal medio diario (cmd)

Es el producto de multiplicar la dotación adoptada por el número de

habitantes que se haya estimado para el final del período de diseño, así:

Cuadro no. 03

$$\text{cmd} = (2136 \text{ hab} * 90 \text{ lt/hab/día}) / 86400$$
$$\text{cmd} = 2.22 \text{ lt/seg}$$

2.3.3.2. Caudal de conducción

Es el Caudal Máximo Diario (CMD), también llamado caudal de día máximo o simplemente caudal de conducción. Es el resultado de multiplicar el consumo medio diario por un factor denominado FACTOR DE DÍA MÁXIMO que en Guatemala oscila entre 1.00 y 1.50. Al tomar en cuenta el clima, el nivel socio-económico y la cantidad de habitantes, se determina que para este caso se utiliza el factor 1.3, así:

Cuadro no. 04

$$\text{CMD} = 2.22 \text{ lt/seg} * 1.3$$
$$\text{CMD} = 2.89 \text{ lt/seg}$$

2.3.3.3. Tanque de captación

Este tanque en un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como función captar el agua de la fuente para conducirla a través de la tubería de conducción hacia el poblado a atender. Su ubicación para el presente proyecto está dada en la estación E-0 de la conducción, en la aldea Primera Joya de la aldea Plan Grande, en terreno propiedad de AVASANSUR.

El tanque de captación debe cumplir las siguientes condiciones sanitarias:

1. Impedir el acceso de aguas superficiales, tierra, hojas e insectos.
2. Impedir el encharcamiento alrededor de la captación.
3. Estar provista de ventilación y rebalse.
4. Tener una abertura de acceso para permitir reparaciones, la cual debe estar provista de tapadera con candado.
5. Si es necesario, rodear el sitio con malla de alambre.

El tanque de captación para el presente proyecto tiene un volumen de 2m³ y está compuesto por:

- ➔ Filtro de piedra y sello sanitario para captación del brote.
- ➔ Caja de captación
- ➔ Caja de válvula de salida
- ➔ Dispositivo de desagüe y rebalse
- ➔ Contracuneta
- ➔ Muro de protección

2.3.3.4. Obras de arte

Para el presente estudio las obras de arte a utilizar según el diseño hidráulico son la caja rompe-presión (CRP), paso de zanjón, cajas para válvulas de limpieza y de aire.

2.3.3.5. Determinación de diámetros a utilizar

Para encontrar el diámetro económico que optimizaría el diseño del sistema de abastecimiento, se utiliza una fórmula:

$$De = \sqrt[4.87]{\frac{1743.8114 * L * Qc^{1.85}}{CPD * C^{1.85}}}$$

Donde:

De=Diámetro económico de tubería (pul)

L=Longitud desde la fuente hasta el tanque de distribución

Qc=Caudal de conducción

CPD=Carga piezométrica disponible entre la fuente y el tanque de distribución (cota final menos cota inicial)

C=Constante según material (150 para PVC y 100 para Hierro galvanizado)

En el caso de este diseño, el resultado de esta fórmula fue 2.37” de diámetro económico. Se optó por utilizar los diámetros de 2”, 2½” y 3” según sea conveniente para el diseño y las cargas de trabajo. Los diámetros usados según el cálculo hidráulico se pueden observar en el cálculo hidráulico de la conducción adjunto en el apéndice.

2.3.3.6. Detalle de diseño hidráulico de la conducción

Para el diseño de la tubería de conducción y distribución se utilizó la fórmula de Hazen-Williams y un formato que permite trabajar por tramos entre estaciones, descrito a continuación:

Tabla I Tabla modelo de cálculo hidráulico de conducción

(01)		(02)		(03)		(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
Tramo		Caminamiento (m)		Cota (m)		Q	Long.	C	Diám.	hf	Vel.
De Est	A Est	Inicio	Final	Inicial	Final	(lt/s)	hor.		com.	(m)	(m/s)

(10)		(11)		(12)		(13)		(14)	(15)	(16)
Dif. Cotas	Piezométrica		Presión MCA		Presión PSI		Cant. Tubo	Tipo de Tubo	Observaciones	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final				

La tabla completa con la información de la línea de conducción para el presente proyecto aparece en el apéndice 8.2. La columna (01) describe de un tramo, la estación inicial y final de donde parte el cálculo hidráulico, la columna (02) describe en metros el caminamiento del punto inicial de donde parte el cálculo hidráulico y el del punto final. La columna (03) contiene las cotas de terreno brindadas por la topografía, de la estación inicial y final. En la columna (04) está descrito el caudal para el mismo tramo. La columna (05) describe la longitud parcial de ese tramo.

La columna (06) expresa el coeficiente de capacidad hidráulica de la tubería. El valor C para tubería de Hierro Galvanizado es 100 y 150 para la tubería PVC. La columna (07) indica el diámetro nominal comercial que se sugiere para el tramo.

La columna (08) indica la pérdida que se tiene en el tramo debido a la fricción dentro de la tubería y es calculada gracias a la fórmula de Hazen-Williams. La columna (09) describe la velocidad en metros/segundo que el agua adquiere en la tubería de ese tramo.

La columna (10) da a conocer la diferencia de cotas que existe entre las estaciones inicial y final del tramo. La columna (11) muestra las cotas

piezométricas que se dan en la estaciones inicial y final del tramo. Las columnas (12) y (13) permiten identificar la presión en metros columna de agua (MCA) y PSI del tramo en mención.

Para efectos de cuantificación y presupuesto, la columna (14) es muy importante ya que da a conocer la cantidad de tubos que se utilizarán en el tramo según un diámetro especificado. La columna (15) describe la presión nominal del tubo a instalar según las presiones existentes en el tramo y la columna (16) las observaciones.

2.3.3.6.1 Fórmula de HAZEN-WILLIAMS

La fórmula de HAZEN-WILLIAMS para el cálculo hidráulico es:

$$hf = \frac{1743.8114 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}}$$

Donde:

L=Longitud del tramo a calcular en metros,

Q=Caudal en litros/segundos,

C=Coeficiente de capacidad hidráulica según el material de la tubería, 150 para PVC y 100 para Hierro Galvanizado,

D=Diámetro de la tubería a utilizar, en pulgadas,

La fórmula de HAZEN-WILLIAMS para el cálculo hidráulico permite conocer cuál es la pérdida de presión en metros columna agua (mca) que se tiene en un tramo determinado por dos estaciones descritas por una longitud (L) dada en metros afectada por un factor de incremento, en un diámetro (D)

conocido expresado en pulgadas, en donde circula un caudal (Q) dado en litros sobre segundo.

Siendo ésta una fórmula determinada experimentalmente, nos permite controlar las presiones tanto en la conducción como en la distribución cumpliendo con los requisitos de diseño que exigen una presión no menor a los 5 mca en cualquier punto, y no mayor a la capacidad resistente de la tubería que se pretende utilizar.

2.3.4. Cálculo hidráulico de la red de distribución

2.3.4.1. Caudal de distribución

Es el llamado caudal máximo horario o caudal de hora máxima. Éste se calcula multiplicando el caudal de día máximo por un factor que varía entre 1.5 y 1.8. Para este diseño se utilizó el factor mayor para asegurar un parámetro de seguridad y confianza alto.

Cuadro no. 05

$CD = cmd * 1.8$ $CD = 2.2 * 1.8$ $CD = 4.00 \text{ lt/seg}$
--

2.3.4.2. Caudal por vivienda

También es llamado FACTOR DE GASTO. Con base en este factor, el

caudal de hora máxima o caudal de distribución podrá distribuirse en los tramos de tuberías que componen la línea de distribución que se basa en el número de viviendas comprendidas en dichos tramos, así:

Cuadro no. 06

$$\begin{aligned} CV &= CD/\# \text{ de viviendas} \\ CV &= 2.89 \text{ lt/seg} / 164 \text{ viviendas} \\ \mathbf{CV} &= \mathbf{0.0176 \text{ lt/seg}} \end{aligned}$$

2.3.4.3. Tanque de distribución

El tanque de distribución tiene por objeto compensar las variaciones horarias en el consumo de agua de la población, para poder cubrir la demanda cuando haya interrupción en la línea de conducción, así como para proporcionar presiones adecuadas en la red de distribución.

El volumen de un tanque de distribución se determina integrando tres volúmenes: el compensador, el de incendio y el de reserva; para proyectos de abastecimiento de agua en el área rural, no se considera el volumen por incendio, pues es poco probable que ocurra un incendio de grandes magnitudes, ya que por lo regular las casas están muy separadas unas de otras. El volumen varía entre el 25% y 30% del CMD. Se adoptó el mayor como medida conservadora para este proyecto. El volumen del tanque de distribución se calculó de acuerdo con el siguiente procedimiento:

Cuadro no. 07

$$\begin{aligned} V_{td} &= \% * QMD \\ V_{td} &= 0.30 * (2136 \text{ hab} * 90 \text{ lt/hab/día}) * 1.3/1000\text{lt/m}^3 \\ V_{td} &= 74.97 \text{ m}^3 \\ &\text{ie} \\ \mathbf{V_{td}} &= \mathbf{75.00\text{m}^3} \end{aligned}$$

El tanque de distribución de 75m³ para el presente proyecto se construirá de concreto armado según planos constructivos, en donde están indicadas las radiaciones 90.1 a 90.4 que parten de la estación E-90 de la libreta de conducción. Estará compuesto por los siguientes elementos: caja de válvulas de ingreso, caja rompe-presión, caja de válvulas de salida, (estos tres elementos forman un by-pass que permite abastecer de agua a la red de distribución desde la conducción, cuando al tanque de distribución se le esté dando mantenimiento); además, contará con un hipoclorador de un metro cúbico de capacidad, escalera de ingreso dentro y fuera del tanque, abertura de ingreso.

2.3.4.4. Detalle del diseño hidráulico de la red de distribución

El diseño hidráulico de la línea de distribución se realizó siguiendo el formato cuyo procedimiento se detalla en la sección 2.3.3.5 detalle de diseño hidráulico de la conducción del presente informe. La diferencia notable entre este caso (distribución) y el de la conducción consiste en que el caudal se va reduciendo, debido a que se resta el caudal por vivienda (o factor de gasto) según el número de vivienda que se anota en la columna (i) de la tabla del cálculo hidráulico. El uso de la fórmula HAZEN-WILLIAMS se determina en la misma sección:

Tabla II Tabla modelo de cálculo hidráulico de distribución

(01)		(02)		(03)		(i)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
Tramo		Caminamiento (m)		Cota (m)		Vivien- das	Q	Longitud	C	Diám.	hf	vel
De Est	A Est	Inicio	Final	Inicial	Final		(lt/s)	Horizontal		com.	(m)	m/s

Continúa

(10)	(11)		(12)		(13)		(14)	(15)	(16)
Diferencia	Piezométrica		Presión mca		Presión PSI		Cant.	Tipo de	Observaciones
Cotas	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Tubo	Tubo	

2.3.4.5. Resumen de ubicación de obras de arte

Cuadro no. 08

Descripción	Ubicación
Cajas rompe-presión sin flote	E-39
Cajas rompe-presión con flote	En distribución: E-115, E-145, E-159, E-13.03+57.48, E-18.05, E-18.07, E-18.11, E-22.06, E-25.02, E-25.08, E-25.21, E-28.02, E-30, E-48, E-57.01a, E-61, E-40.14, E-40.34.
Caja de válvula de aire	E26 de conducción
Cajas de válvulas de limpieza	E-13 y E-69, ambas de conducción
Paso de zanjón	E-13 de conducción

2.3.4.6. Resumen de parámetros de diseño de conducción y distribución

Cuadro no. 09

Número de servicios requeridos actualmente	116
Población a servir en el presente	1,148 habitantes

Continúa

Período de diseño	20+1 años
Población final	2,136 habitantes
Tasa de crecimiento	3% anual
Dotación	90 lt/habitante/día
FDM	1.3
FHM	1.8
Caudal medio diario	2.22 lt/seg
Caudal de conducción	2.89 lt/seg
Caudal de distribución	4.00 lt/seg
Caudal por vivienda (actualmente)	0.034 lt/seg
Caudal disponible	7.48 lt/s
Ubicación del manantial	E-0 en Primera Joya, PlanGrande
Tipo de sistema a usar	Por Gravedad
Carga piezométrica disponible fuente-tanque	150 mca

2.3.5. Calidad del agua

Se requiere que para consumo humano, el agua debe ser de sabor y apariencia agradable; de composición química tal que pueda ser captada, transportada y distribuida sin presentar problemas y debe garantizarse que la calidad química y microbiológica no ponga en peligro la salud de sus consumidores. Para garantizar que el agua pueda ser ingerida por una población es necesario que cumpla con los requisitos mínimos establecidos por las normas COGUANOR NGO 29-001.

2.3.5.1. Análisis físico-químico

El análisis físico determina el sabor, color, temperatura, turbidez, sólidos y olor; el análisis químico mide la alcalinidad, la dureza, cloruros, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, amoníaco albuminoideo, contenido de hierro, contenido de manganeso, cloro residual y el pH.

El resultado del análisis indica que el agua se encuentra dentro de los límites permisibles, ya que presenta ligera turbiedad que con una correcta disposición del filtro de piedra y arena en la captación será eliminada; el ligero olor a materia orgánica será disuelto en su recorrido por la tubería de conducción y el paso por la caja rompe-presión. Desde el punto de vista de la calidad química, el agua cumple con las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.

2.3.5.2. Análisis bacteriológico

El objetivo principal de este análisis es proporcionar toda la información relacionada con su potabilidad, es decir, evitar el peligro de ingerir organismos que puedan producir enfermedades.

La fuente de agua a utilizar para el presente proyecto surte agua que presenta cierta calidad bacteriológica que precisa la aplicación de desinfección, según Norma Internacional de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.

2.3.6. Desinfección

Este procedimiento consiste en el tratamiento que debe dársele al agua con el fin de entregarla libre de organismos patógenos (causantes de enfermedades en el organismo humano). A través de este procedimiento, se prevé una protección adicional contra la contaminación eventual en la red de distribución, es económico y efectivo.

2.3.6.1. Preparación de la solución de hipoclorito

Se emplea un pequeño tanque denominado hipoclorador en el cual se tiene un dosificador con orificios, flotante, que actúa por gravedad de tal manera que la carga hidráulica sobre los orificios permanece constante independientemente del nivel de la solución. Es un sistema rudimentario pero muy práctico.

Se encontrará ubicado en la losa superior del tanque de distribución. Se requiere que la solución concentrada de hipoclorito sea preparada en otro tanque o depósito, mezclándola perfectamente según la cantidad de cloro necesaria para preparar una solución al 0.10% (1000 mg/l), según datos de la tabla III.

Se deja sedimentar la solución, el líquido claro pasarlo al depósito del hipoclorador, el sedimento desecharlo ya que es inactivo y produce taponamientos en la tubería. La tabla IV indica el volumen de solución al 0.10%, necesaria para ranura dosificada.

La caída de la solución de hipoclorito al tanque deberá ser normal a la entrada de agua procedente de la conducción, con el objeto de lograr una buena mezcla en un tiempo relativamente corto.

El período de contacto en el tanque de distribución será, como mínimo, de dos horas, tiempo durante el cual el agua no pasará a la red de distribución, esto sólo se hace cuando se inicia el proceso de cloración.

Tabla III Hipoclorito necesario para preparar solución al 0.10%

Volumen de solución requerida	65%	66%	67%	69%	69%	70%
Litros	g	g	g	g	g	g
1	1.54	1.52	1.49	1.47	1.45	1.43
2	3.08	3.03	2.99	2.94	2.9	2.86
10	15.38	15.15	14.93	14.71	14.49	14.29
25	38.46	37.88	37.31	36.76	36.23	35.71
50	76.92	75.76	74.63	73.53	72.46	71.43
75	115.38	113.64	111.94	110.06	108.7	107.14
100	153.84	151.52	149.25	147.06	144.93	142.86
300	461.52	454.55	447.76	441.18	434.78	428.57
500	769.23	757.58	746.27	735.3	724.64	714.28
600	923.08	909.09	895.52	882.59	869.57	857.15
1000	1538.46	1515.15	1492.54	1470.59	1149.28	1428.57

1lb = 460 gr

Volumen del depósito a utilizar =1000 L

Con base a la Tabla IV (siguiente página), para el presente proyecto, es

necesario un volumen de 14.40 L/hora de solución al 10% para realizar la desinfección del caudal del que dispondrá la población para su servicio.

Tabla IV Volumen de solución al 0.10% que tiene que ingresar al tanque para dosificar 1mg/L.

Caudal del sistema L/s	Cantidad necesaria de solución	
	L/hora	L/día
1.00	3.60	86.40
1.10	3.96	95.04
1.20	4.32	103.68
1.30	4.68	112.32
1.40	4.05	120.96
1.50	5.40	129.60
1.60	5.78	138.24
1.70	6.12	146.88
1.80	6.48	155.52
1.90	6.84	164.16
2.00	7.20	172.80
2.20	7.92	190.08
2.40	8.64	207.36
2.60	9.36	224.64
2.80	10.08	241.92
3.00	10.80	259.20
3.30	11.88	285.12
3.50	12.60	302.40
3.70	13.32	319.68
4.00	14.40	345.60
4.50	16.20	388.80
5.00	18.00	432.00
5.50	19.80	475.20
6.00	21.60	518.40

2.4. Operación y mantenimiento

2.4.1. Definición de operación

La operación de un acueducto rural comprende el conjunto de actividades externas que se ejecutan en sus instalaciones a fin de optimizar su funcionamiento y la calidad de los servicios producidos.

Este ejercicio queda en manos de la municipalidad. Generalmente, la vida útil de los acueductos rurales se reduce por carecer de capacidad para operar y mantener el acueducto. Por lo tanto, es necesario implementar programas de capacitación en la administración y operación, para que la municipalidad sea capaz de promover los recursos y de utilizarlos correctamente para cumplir las condiciones de calidad, cantidad y continuidad exigidas por la naturaleza de estos proyectos.

2.4.1.1. Planificación de la operación

Esta actividad proporcionará a las autoridades del departamento de aguas, un procedimiento por medio del cual conocerán las diferentes actividades en el tiempo, con el fin de lograr una buena operación de su sistema de agua. En la planificación, es importante determinar las actividades a realizar, la frecuencia con la que se debe realizar y el responsable de cada actividad.

Para ello se realiza una calendarización que consiste en un programa

anual estableciendo actividades para cada período de tiempo, poniéndole especial interés a las actividades críticas para así maximizar el recurso a utilizar. Para el presente proyecto no es necesario elaborar un calendario en las que debe surtirse a cada sector, ya que existe un caudal suficiente para abastecer a todos los sectores.

Para la elaboración de la planificación de la operación, se debe identificar la frecuencia o periodicidad con la que deben efectuarse cada una de las labores del sistema de agua potable, y ésta depende del caudal (si es suficiente o si no lo es), así como del sistema construido que en este caso es por gravedad.

La operación se determina según las características físicas del acueducto por lo que se hace necesario identificar las partes críticas que por su naturaleza tengan una proyección especial. Para este proyecto, la fuente produce suficiente caudal para satisfacer la demanda de la comunidad durante todo el año, por lo que la operación se reduce a la revisión del funcionamiento de las válvulas y aforos para controlar el funcionamiento de las líneas de conducción y distribución.

La operación en este proyecto, se concreta a la vigilancia mensual del acueducto.

2.4.1.2. Responsables de la operación

En Sansur, la organización de la operación del sistema estará apoyada en gran manera por la organización comunitaria, y como ya se ha expuesto

anteriormente, existe una asociación de vecinos que ha velado por la ejecución de este proyecto y acompañará en la responsabilidad de la operación.

Los beneficios que se observan son los siguientes:

Los costos de operación se mantendrán bajos ya que se trabajará con jornales comunales, los cuales deben estar bajo la dirección de la municipalidad de Palencia. Habrá involucramiento de los miembros de la comunidad en la vigilancia del funcionamiento del sistema.

2.4.1.3. Controles

El proceso de planificación debe estar sujeto a un monitoreo por parte de la dirección de Aguas y Drenajes de la municipalidad de Palencia, para efectuar el cumplimiento del programa planificado, para verificar y para tomar las medidas correctivas a tiempo.

2.4.2. Implementación

La organización recomendada para desarrollar las actividades de operación son las siguientes:

2.4.2.1 Personal

La asociación AVASANSUR está representada por una directiva electa por sus miembros, y estará comprometida a involucrarse en la vigilancia de las actividades. Además, se designará a un fontanero por parte de la municipalidad para desarrollar las actividades de operación y mantenimiento del acueducto.

Se recomienda que se capacite a varias personas en las actividades de operación y mantenimiento, de manera que puedan ocupar los puestos en caso se amerite.

2.4.2.2 Materiales y equipo

La siguiente lista de materiales es requerida para las actividades de operación:

- ➔ Hipoclorito de calcio granulado (concentración al 65%)
- ➔ Cubeta de 29 litros para aforos y mezclas de hipoclorito
- ➔ Paleta de madera
- ➔ Lubricante para abrir candados y válvulas
- ➔ Alicates
- ➔ Kit de análisis de cloro y ph
- ➔ Desarmadores
- ➔ Combustibles
- ➔ Guantes de hule
- ➔ Mascarillas

2.4.2.3 Registros, controles, memorias e informes

El fontanero deberá llevar un libro de actividades realizadas (bitácora) en la operación y mantenimiento del sistema, con el objeto de llevar un control de aforos, existencias de insumos y emitir un informe mensual a la municipalidad y al comité de agua potable.

Se deberán llevar memorias e informes de la operación y mantenimiento, ya que éstas servirán al comité para informar a los vecinos en las asambleas generales. En ellas se informará a la comunidad de todas las actividades desarrolladas en la operación y mantenimiento del acueducto.

Es conveniente que se lleve un libro de actas de las reuniones del comité así como los puntos tratados con la operación del sistema, lo cual servirá para rendir cuentas de lo actuado. A continuación se propone un programa de operación anual.

2.4.3 Programa de operación anual del sistema de agua potable

El fontanero debe revisar con la frecuencia que se indica en lo posterior, cada uno de los elemento que integran el sistema con el objeto de que éste funcione correctamente.

Tabla V Plan de operación

Componente del sistema	Tipo o clase	Actividad	Situaciones identificadas	Frecuencia	Observación
Fuente	Brote definido	Aforo	Reducción del caudal	Verano	Rectificar aforo en el tanque
Captación	Galería de infiltración	Revisión de estructuras	Operar válvula de drenaje	Mensual	
Línea de conducción	Caja rompe-presión	Aforo	Operar la válvula de drenaje	Mensual	
	Paso de zanjón	Revisión de estructuras	Crecimiento de maleza	Mensual	Programar mantenimiento
Tanque de almacenamiento	Válvulas	Revisión de estructuras	Acumulación de sedimentos	Mensual	Programar mantenimiento
	Hipoclorador	Aplicación de cloro	Control de dosificación	Cada 2½ días	
Línea de distribución	Caja rompe-presión con flote	Revisar la válvula de flote	No cierra la válvula	Semanal	Calibrar
Conexiones domiciliarias	Con medidor	Lecturas mensuales	Identificar medidores dañados	Mensual	Programar mantenimiento y reemplazo
		Control de gastos	Cálculo de consumo	Mensual	Aplicar reglamento
	Sin medidor	Revisión de servicios prediales	Identificar conexiones ilícitas	Mensual	Aplicar reglamento

2.4.3.1 Operación de hipoclorador

Se debe prestar especial atención al hipoclorador, ya que el operador debe estar capacitado para manipular el hipoclorito de calcio al 65% y conocer la proporción adecuada de solución que se prepara cada 60 horas para surtir al sistema.

La preparación de la solución de hipoclorito de calcio se debe realizar, de acuerdo con el caudal de agua que ingresa al tanque (para este proyecto, el caudal es de 4.00 L/s), y del porcentaje de concentración que se tenga, en este caso del 65%, utiliza recipientes de plástico de volumen conocido y una balanza para pesar el hipoclorito.

Se abre la válvula de drenaje del hipoclorador para expulsar el residuo de la solución. La válvula de entrada del agua se abre dejándola correr por un par de minutos para limpiar el fondo del hipoclorador.

La válvula de drenaje se cierra y se procede a llenar el hipoclorador de agua para luego agregar la solución previamente preparada, verificando que el dosificador esté colocado en posición perfectamente horizontal.

La válvula plástica que permite que la solución preparada ingrese al tanque de almacenamiento se abre revisando que el goteo se mezcle directamente en el caudal de agua que ingresa al tanque, para aprovechar que la mezcla se realice de forma instantánea.

Se deben realizar pruebas en un grupo selectivo de servicios para comprobar que la cantidad de solución aplicada es la correcta.

2.4.4 Definición de mantenimiento

El mantenimiento consiste en la ejecución de un conjunto de acciones, de asistencia técnica en las instalaciones y equipos, para evitar que en el futuro se produzcan daños en los mismos.

2.4.4.1 Planificación del mantenimiento

La planificación del mantenimiento preventivo se deberá adaptar a las estructuras que el acueducto posee, con el objeto primordial de conseguir el buen funcionamiento del acueducto rural.

En la planificación, es importante determinar las actividades a realizar, la frecuencia con la que se debe realizar y el responsable de cada actividad.

Para ello se realiza una calendarización que está ligada íntimamente con las actividades de operación que incluye la elaboración del programa anual, la coordinación municipalidad-comunidad y el desarrollo de actividades dentro de la calendarización, determinada la frecuencia, previamente.

2.4.5 Programa de mantenimiento anual del acueducto

Tabla VI Plan de mantenimiento

Parte del sistema	Acción	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo	Frecuencia
Captación				
Área de captación	Inspección general del área	X		Anual
	Verificación de reforestación	X		Anual
	Verificación de fuentes de contaminación		X	Anual
	Limpieza del área	X		Anual
	Limpieza de contracuneta	X		Mensual
Muros	Revisión de estructura	X		Semestral
	Verificar derrumbes o fugas	X		Semestral
	Reparación de estructuras		X	Eventual
Sello sanitario	Revisión	X		Mensual
	Reparación fisuras		X	Eventual
Cajas de válvulas	Lavado de caja	X		Trimestral

Continúa

Parte del sistema	Acción	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo	Frecuencia
	Revisión y verificación de válvulas	X		Trimestral
	Reparación y cambio		X	Eventual
	Revisión de estructuras	X		Trimestral
	Reparación de estructuras		X	Eventual
	Revisión de tapas y candados	X		Trimestral
	Engrase candados y pintura tapas		X	Trimestral
Caja rompe-presión				
	Lavado de caja	X		Trimestral
	Revisión y verificación de válvulas	X		Trimestral
	Reparación y cambio		X	Eventual
	Revisión de estructuras	X		Trimestral
	Reparación de estructuras		X	Eventual
	Revisión tapas y candados	X		Trimestral

Continúa

Parte del sistema	Acción	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo	Frecuencia
	Engrase candados y pintura tapas		X	Trimestral
Tanque de distribución				
	Limpieza del área	X		Trimestral
	Verificación operacional	X		Semanal
	Lavado		X	Trimestral
	Revisión de estructuras	X		Trimestral
	Reparación de estructuras		X	Eventual
	Revisión de válvulas	X		Trimestral
	Reparación-cambio de válvulas		X	Eventual
	Revisión de caja de válvulas	X		Trimestral
	Reparación de caja de válvulas		X	Eventual
	Revisión de tapas y candados	X		Trimestral

Continúa

Parte del sistema	Acción	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo	Frecuencia
	Engrase candados, pintura tapas		X	Trimestral
Líneas de conducción y distribución				
	Revisión de líneas	X		Mensual
	Limpieza y chapeo de líneas		X	Mensual
	Verificación de fugas	X		Mensual
	Reparación de fugas		X	Eventual
	Revisión pasos de zanjón y cable tensionado	X		Mensual
	Reparación de pasos zanjón		X	Eventual
	Verificación operacional	X		Mensual
Conexiones domiciliarias				
	Verificación operacional	X		Mensual
	Revisión de caja de válvulas	X		Mensual

Continúa

Parte del sistema	Acción	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo	Frecuencia
	Reparación de válvulas		X	Eventual
	Revisión de válvula chorro	X		Mensual
	Reparación-cambio de chorro		X	Eventual
	Revisión anclaje y tapadera	X		Semestral
	Reparación anclaje y tapadera		X	Eventual
Hipoclorador				
	Verificación de operación	X		Semanal
	Lavado		X	Mensual
	Revisión de estructuras	X		Trimestral
	Reparación de estructuras		X	Eventual
	Revisión de válvulas	X		Trimestral
	Reparación-cambio de válvulas		X	Eventual
	Dosificación hipoclorito	X		Semanal

2.4.5.1 Puntos críticos

Para el mantenimiento preventivo del acueducto, la estructura más crítica es el paso de zanjón, el cual por estar expuesto, está sujeto a la manipulación de la gente. Por ello además de revisar la tensión que se tiene en el cable, se deberá poner especial atención al alambre espigado enrollado en las puntas de la tubería con lo que se evita que la gente lo use de puente y dañe el servicio y arriesgue la vida.

2.4.5.2 Materiales y equipo

Para el mantenimiento del acueducto, se contará con los mismos responsables y personal de la operación. Así mismo, se tendrá la misma logística en relación a controles, memorias, registros, informes y se contará además con el siguiente material y equipo:

Albañilería, herramienta requerida:

- Pala
- Piocha
- Azadón
- Cubeta
- Cuchara de albañil
- Martillo
- Machete

Plomería, herramienta requerida:

- Sierra
- Llaves Stillson o de tubo (según diámetro de la tubería HG del sistema)
- Alicates
- Cangrejo
- Destornilladores
- Lima
- Cepillo plástico

2.4.6 Costos de operación y mantenimiento

2.4.6.1 Costos de operación

Los costos de la operación anual del presente proyecto están integrados de la siguiente manera:

Tabla VII Descripción de costo de operación.

Descripción de materiales	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Hipoclorito de calcio granulado (conc.65%)	lb	440	Q 10.00	Q 4,400.00
Cubeta capacidad 29lt mín.	unidad	2	Q 25.00	Q 50.00
Paleta de madera	unidad	2	Q 15.00	Q 30.00
Lubricante para abrir candados	unidad	6	Q 4.50	Q 27.00
Analizador de cloro y ph	unidad	1	Q 80.00	Q 80.00
Recarga de analizador de cloro y ph	unidad	3	Q 20.00	Q 60.00
Alicate	unidad	1	Q 35.00	Q 35.00
Desarmador	unidad	1	Q 35.00	Q 35.00
Guantes	par	6	Q 6.00	Q 36.00
Mascarillas	unidad	8	Q 12.00	Q 96.00
			Total	Q 4,849.00

Continúa

Descripción de personal	Unidad	Cantidad	Precio	Total
1 Fontanero	mes	12	Q1,500.00	Q18,000.00
1 Suplente (vacacionista)	mes	1	Q1,500.00	Q 1,500.00
Prestaciones (41%)	%	41		Q 7,995.00
			Total	Q27,495.00
			50%	Q13,747.50

2.4.6.2 Costos de mantenimiento

Los costos del anual del presente proyecto están integrados de la siguiente manera:

Tabla VIII Descripción de costos de mantenimiento

Descripción Materiales	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Pala con cabo	unidad	1	Q 65.00	Q 65.00
Piocha con cabo	unidad	1	Q 60.00	Q 60.00
Azadón con cabo	unidad	1	Q 50.00	Q 50.00
Cubeta 29 lt mín.	unidad	1	Q 15.00	Q 15.00
Cuchara de albañil	unidad	1	Q 15.00	Q 15.00
Martillo	unidad	1	Q 25.00	Q 25.00
Machete	unidad	1	Q 28.00	Q 28.00
Sierra	unidad	1	Q 19.00	Q 19.00
Llaves Stillson	unidad	1	Q 30.00	Q 30.00
Alicate	unidad	1	Q 60.00	Q 60.00
Cangrejo	unidad	1	Q 80.00	Q 80.00
Destornilladores	unidad	1	Q 20.00	Q 20.00
Lima	unidad	1	Q 20.00	Q 20.00
Cepillo plástico	unidad	1	Q 6.00	Q 6.00
		Total	Q	493.00
Descripción Mano de obra	Unidad	Cantidad	Precio	Total
1 Fontanero	mes	12	Q1,500.00	Q18,000.00
1 Suplente (vacacionista)	mes	1	Q1,500.00	Q 1,500.00
Prestaciones (41%)	%	41		Q 7,995.00
			Total	Q27,495.00
			50%	Q13,747.50

2.5. Tarifa

2.5.1 Propuesta de tarifa

El funcionamiento del sistema de agua potable tiene que ser auto-financiable idealmente, y se constituye en una política firme, de ingresos seguros e independientes, que exige un alto nivel de eficiencia en todas las etapas del sistema, desde la planificación hasta la respuesta de la población.

El autofinanciamiento significa que, el total de los costos de funcionamiento del sistema son pagados por los beneficiarios por medio de la tarifa por concepto de consumo de agua potable, de acuerdo con una política tarifaria que constituye la adopción de una consecuente serie de decisiones, siendo las más importantes:

Política financiera: establecer el costo mensual de la tarifa y el costo de los metros cúbicos por exceso de consumo de agua, para cubrir todos los costos de funcionamiento que conlleva el sistema de agua potable, la tarifa establecida será analizada cada cinco años para determinar el valor real en ese momento;

Política comercial: establecer a quién y cómo se va a dotar el servicio;

Proceso de cálculo: consiste en calcular la cantidad de agua que consume cada vivienda, para este proceso se deberá llevar un registro mensual de cada medidor.

Básicamente, existen dos tipos de sistemas de tarifas de agua, denominados: Sistema unitario y Sistema diferencial.

2.5.1.1 Sistema unitario

En este sistema, toda el agua consumida se cobra a una tarifa uniforme y el cobro mensual se calcula multiplicando tal unidad por el número de metros cúbicos de agua consumida.

2.5.1.2 Sistema diferencial

Prevalecen dos conceptos con relación a las tarifas diferenciales de agua. El primero consiste en que la tarifa disminuya conforme el consumo de agua aumenta, sistema inverso. El segundo concepto consiste en que las tarifas aumenten conforme aumenta el consumo, sistema directo, procedimiento mayormente utilizado en casi todos los países latinoamericanos.

2.5.2 Cálculo de tarifa

Por lo anteriormente expuesto, se propone aplicar el sistema diferencial directo para el cálculo de la tarifa ya que por acuerdo entre la asociación de vecinos y la municipalidad, al estar funcionando el sistema de agua potable, sean las autoridades municipales quienes tengan el control total del funcionamiento, para lo cual están de acuerdo en pagar una cuota mensual en concepto por consumo de agua y que este consumo sea controlado por medio de medidores para que aquel que consuma más de treinta metros cúbicos

mensuales pague el exceso consumido.

Al integrar el costo anual de cada una de las actividades a realizar para el abastecimiento de agua potable se calcula así:

Tabla IX Costos anuales

Descripción	Costo anual	Total
Costo de operación	Q 4,849.00	
Costo de mantenimiento	Q 493.00	
Mano de obra, operación y mantenimiento	Q 27,495.00	
		Q32,837.00

Se ha establecido que durante el primer año, ciento diez y seis viviendas se estarán conectando al sistema. Así que teniendo en cuenta que ese número deberá pagar la cantidad de Q32,837.00 por año, se establece que la tarifa mensual por concepto de consumo de agua es de veinticinco quetzales al mes (Q25.00/mes) durante el primer año, debiéndose revisar anualmente los costos y regular la tarifa.

Dado que la participación económica de la comunidad en la ejecución del proyecto es aportando mano de obra no calificada, y el aporte mensual de la tarifa básica para el funcionamiento del sistema, se establece que el proyecto tiene varios aspectos positivos que lo hacen factible.

3. IMPACTO AMBIENTAL

Impacto ambiental es definido como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana.

La Ecología define al ambiente como el conjunto de factores externos que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad. Estos factores son esenciales para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los seres vivos e inciden directamente en la estructura y dinámica de las poblaciones y de las comunidades. Además, es necesario adicionar lo que la sociedad construye a través de su accionar.

El concepto de Evaluación de Impacto Ambiental podemos definirla como el conjunto de técnicas que buscan como propósito fundamental un manejo de los asuntos humanos de forma que sea posible un sistema de vida en armonía con la naturaleza.

3.1. Matriz de identificación

Con el objeto de identificar cualitativamente los impactos ambientales, generados por el proyecto en cuestión, se elaboró una matriz de identificación.

En ese sentido, se asumió para la identificación de los impactos dentro de la matriz, una simbología que se indica junto a la matriz. Las etapas

consideradas dentro del análisis son: La etapa de Localización y preparación del sitio, Construcción, Operación y mantenimiento y Actividades futuras. Así:

Tabla X Matriz de identificación de impactos ambientales

SIMBOLOGÍA:
 Impacto adverso -
 Impacto benéfico +
 Riesgos X

ACTIVIDADES DEL PROYECTO									
Localización y preparación del sitio		Construcción					Operación y mantenimiento		Actividades futuras
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Análisis y selección del sitio	Limpieza y desmonte	Movimiento de tierras	Obra civil e hidráulicas	Campamentos provisionales	Accesos	Manejo y disposición final de desechos	Mantenimiento preventivo y correctivo	Limpieza	Ampliación

FACTORES AMBIENTALES				
FISICOO UÍMICOS	Agua	1	Superficial	
		2	Subterráneo	
	Geolo gia	Suelos	3	Erosión
			4	Uso potencial del suelo
			5	Relieve y características topográficas
		Sismisid ad	6	Estabilidad
			7	Actividades sísmicas
			Atmósfera	8
	9	Ruido		
	10	Visibilidad		
BIOLÓGI COS	Especies y poblaciones	11	Vegetación terrestre	
		12	Fauna terrestre	
EFECTOS SOCIOECONÓMICOS	13		Tenencia de la tierra	
	14		Economía regional	
	15		Empleo y mano de obra	

-	X	X	X	X		X			X
				X		X			
	-	-			X				X
		-	-	-		-			-
	X	-							X
		X							
		-				-			
		-		-					X
	+					-			
	-	-	-	X		X			X
		X	X	X		X			X
					X				X
+			+	+			+	+	+
+	+	+	+	+	+		+	+	+

3.1.1. Impactos ambientales positivos

Los impactos positivos derivados de las actividades del proyecto en

mención son:

1. **Visibilidad:** con la limpieza y el desmante se podrá mejorar la visibilidad en ciertas áreas en las que existe maleza en exceso.
2. **Economía regional:** a través del desarrollo de las actividades del proyecto, la misma se verá beneficiada por el comercio que se genere, así mismo por la prestación de servicios para el personal que labore directamente en el proyecto. El proyecto de instalación de agua entubada favorecerá el desarrollo económico de la población.
3. **Empleo y mano de obra:** existirá una oportunidad constante para la población local de participar laboralmente en las actividades constructivas del proyecto, así como de mantenimiento y operación, limpieza y en las posibles actividades futuras.

3.1.2. Impactos ambientales negativos

Estos impactos en la mayoría de los casos son temporales y tendrán un período de duración que puede ser similar al tiempo en que dure la construcción del proyecto. Los factores que se ven afectados por este tipo de impacto son:

1. **Agua superficial:** el curso actual del agua que brota del nacimiento que será utilizado para el proyecto sirve para regadíos del terreno donde se encuentra así como de terrenos cuesta abajo. La utilización de este brote definido, provocará que los propietarios de los terrenos afectados se surtan de otra fuente de agua para suplir su necesidad.
2. **Erosión:** a través de la limpia y desmante, así como el movimiento de tierra se provocarán condiciones que propiciarán la erosión de los suelos

cercanos a las áreas de trabajo, por lo que se deben llevar a cabo prontamente dichas actividades para así reducir este impacto.

3. **El uso potencial del suelo:** debido a que esta es una región agrícola, durante las actividades de movimiento de tierra y a través de la construcción de la obra civil, el trabajo de cultivo se verá afectado en las áreas cercanas a los lugares de trabajo. Además, habrán áreas cercanas a la obra civil que no podrán ser utilizadas para cultivo. Los campamentos provisionales, el manejo y disposición final de los desechos así como futuras ampliaciones, determinarán otro uso para determinadas áreas que actualmente tienen ya una función establecida.
4. **Estabilidad del suelo:** el suelo en áreas de pendiente pronunciada, tendrá inestabilidad estructural debido al trabajo de zanjeo.
5. **Calidad del aire:** debido al movimiento de tierras en el zanjeo se provocarán polvaredas, además, por la quema de la basura orgánica, se provocarán humaredas de pequeño tamaño.
6. **Ruido:** éste se producirá debido al zanjeo en el que se empleará equipo pesado según la disponibilidad en los terrenos; además, en la implementación de campamentos provisionales, en su construcción así como el uso de radios y otros aparatos, y el sonido ambiente debido a la habitación humana provocarán un impacto moderadamente adverso en el medio ambiente.
7. **Visibilidad:** ésta se verá afectada por el manejo y disposición final de los desechos principalmente.
8. **Vegetación terrestre:** en las etapas de preparación del sitio y construcción, la vegetación cercana a las áreas de trabajo será retirada. Esta en su mayoría corresponde a maleza o a cultivos. No serán atravesadas con las líneas de zanjeo áreas boscosas.

3.1.3. Riesgo de impacto

Debido a que no existe impacto directo sobre ciertos factores ambientales, pero, por su proximidad a las áreas de trabajo, se deben enumerar para así proponer medidas que minimicen el riesgo de impacto.

Los factores ambientales en riesgo de impacto son los siguientes:

1. **Agua superficial:** en todas las etapas del proyecto, se debe velar por no contaminar con desechos sólidos la corriente de agua que es atravesada por el paso elevado. Siendo este el mayor riesgo sobre el agua superficial.
2. **Agua subterránea:** se corre el riesgo de que a través de las letrinas que se implementen, se pueda contaminar el manto freático. Existe riesgo de contaminar el mismo manto debido al entierro de basura para su final disposición.
3. **Erosión:** los nuevos accesos que se implementen pueden convertirse en canales irregulares de conducción de agua pluvial.
4. **Estabilidad de los suelos:** en la etapa de preparación del sitio y en las futuras ampliaciones, se deben velar por condiciones que minimice el riesgo de inestabilidad en los suelos cercanos a las áreas de trabajo.
5. **Actividades sísmicas:** este es un riesgo latente en todo el país tomando como referencia su historia. En las actividades de movimiento de tierra se observan las mayores condiciones de riesgo.
6. **Ruido:** esta es una condición latente en las actividades futuras de ampliación.
7. **Vegetación terrestre:** especialmente en la etapa de construcción y en las actividades futuras, se debe velar por evitar la tala de árboles especialmente.

8. **Fauna terrestre:** en la etapa de construcción se debe velar que los trabajadores y personas involucradas en el proyecto se dediquen a la caza de fauna local.
9. **Tenencia de la tierra:** tanto en los accesos, como en las actividades futuras de ampliación se debe velar por proteger la propiedad privada y solicitar autorizaciones por escrito para derechos de paso o autorizaciones de trabajo.

3.1.4. Medidas de mitigación

En base a los impactos negativos identificados y a los riesgos de impacto negativo, se proponen para el presente proyecto, las siguientes medidas de mitigación:

- Todas las actividades del presente proyecto, deben realizarse de acuerdo a las especificaciones de trabajo y las normas aplicadas por el INFOM, así como las especificaciones de los fabricantes de los materiales.
- La construcción de letrinas se debe realizar de manera que quede en una cota inferior a la que se encuentra el brote definido del manantial y a una distancia no menor de 50 m. La misma distancia se conservará hacia pozos artesanales.
- Informar en forma adecuada a los vecinos del terreno donde se encuentra el brote definido y que actualmente usan el agua para sus regadíos, los detalles del uso que se le estará dando al agua del manantial y la fecha en la que ya no se dispondrá del recurso. Así mismo, se debe recomendar el uso del agua de una quebrada cercana, para fines de riego.

- Evitar la disposición inadecuada de materiales en áreas cercanas a cultivos.
- El manejo de materiales, especialmente los de naturaleza líquida deberá realizarse con sumo cuidado, para que no depositados por descuido en alguna corriente de agua.
- Por los riesgos de erosión al establecer nuevos accesos, se recomienda utilizar únicamente accesos ya establecidos. Si se hace imperiosamente necesario establecer otros accesos, se deben identificar lugares adecuados para trazarlos.
- Será necesario programar adecuadamente el horario de las labores de zanjeo y tan pronto se concluya el trabajo de pegado de tubería y su respectiva instalación, se deberá asegurar el grado de compactación del relleno para que no se produzcan hundimientos ni deslizamientos, además así se evitará en lo posible el traslado de partículas por el viento.
- Es necesario dejar identificadas las áreas de trabajo con cintas amarillas, especialmente el área de zanjeo.
- Se deben preparar canalizaciones adecuadas para el agua pluvial, para que no provoque inundaciones en las zanjas cuando estas estén abiertas.
- Es necesario establecer dentro de las condiciones del contrato a firmar por la empresa constructora, un compromiso a no talar árboles ni dañar la fauna local.
- Se debe programar el horario en el que se utilizará el equipo pesado para la excavación de manera que sea en horas hábiles y usando el cuidado de no estar cerca de centros hospitalarios.
- Gestionar autorizaciones por escrito para derechos de paso para evitar problemas jurídicos en el momento de la ejecución.
- Obligar al contratista a impartir entrenamiento en la prevención de

emergencias a sus trabajadores.

- Obligar al contratista a brindar protección a los trabajadores de acuerdo a la legislación vigente, principalmente en lo que respecta al seguro social.
- Obligar al contratista a brindar equipo de protección a los trabajadores del proyecto.

4. RIESGO Y VULNERABILIDAD

En el área que cubre el sistema de abastecimiento de agua desde su conducción hasta su distribución, las principales amenazas a las que está expuesto son de tipo geológico como los sismos y los deslizamientos (no se registra actividad volcánica en el municipio de Palencia), y las de tipo climático o meteorológico como las inundaciones y las sequías.

Las amenazas pueden estar interrelacionadas y sus efectos incrementados. Por ejemplo, los sismos provocan deslizamientos, los cuales a su vez ocasionan represamiento de ríos e inundaciones progresivas aguas arriba, y la rotura de los represamientos de ríos provocan inundaciones turbulentas y crecidas aguas abajo.

El impacto de las amenazas naturales sobre el sistema de agua potable y sus componentes puede ser muy variado y depende fundamentalmente de la magnitud y localización del fenómeno natural y de la vulnerabilidad del sistema y sus componentes, tanto en el aspecto físico como en el operativo, administrativo y organizativo. El impacto de las amenazas es directo en los componentes físicos del sistema e indirecto en los aspectos organizativos, administrativos y en la capacidad de operación.

La descripción de las amenazas identificadas se presenta a continuación.

4.1. Sismos o terremotos

Evento súbito, no predecible, no controlable ni alterable por el hombre. La gravedad del impacto se relaciona con la magnitud de la energía liberada, la distancia y ubicación del epicentro del terremoto con relación al elemento expuesto y las condiciones locales del terreno.

El tamaño del área afectada está directamente relacionado con la cantidad de energía liberada por el evento e inversamente con la profundidad del sitio de liberación de energía. El terremoto es capaz de modificar y destruir el entorno físico de la región.

Un terremoto tiene efectos directos y secundarios. Los efectos directos son aquellos causados por el sacudimiento producido por el paso de la onda sísmica y los secundarios por las deformaciones permanentes del terreno, como: asentamientos diferenciales del suelo, deslizamientos y correntadas de lodo, licuación del suelo, avalanchas.

Los efectos del sismo en el sistema de agua potable son:

1. Destrucción total o parcial de las estructuras de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución.
2. Roturas de las tuberías de conducción y distribución y daños en las uniones, entre tuberías o con los tanques, con la consiguiente pérdida de agua.
3. Interrupción de la corriente eléctrica, de las comunicaciones y de las vías de acceso.
4. Modificaciones de la calidad del agua por deslizamientos en áreas

cercanas a la fuente.

5. Variación (disminución) del caudal en la captación superficial.
6. Cambio del sitio de salida del agua en el manantial.

4.2. Deslizamientos

Evento gradual o súbito, en ocasiones predecible, controlable y alterable. Las fallas súbitas del terreno pueden ocurrir sin advertencia. Las fallas lentas presentan signos precursores que pueden ser reconocidos y vigilados con base en la instrumentación y observación adecuada.

La gravedad del impacto se relaciona con el volumen del material deslizado, la velocidad y trayectoria de la masa en movimiento, el tamaño de las rocas y el tipo de movimiento, todo esto en función a la ubicación geográfica del sistema.

Los macro deslizamientos y los movimientos de terreno desencadenados por sismos o lluvias pueden cambiar localmente la topografía de la zona.

Los deslizamientos presentan efectos directos causados por la deformación y el impacto de la masa en movimiento y, secundarios, producidos por las inundaciones aguas arriba de un deslizamiento / represamiento y las crecidas ocasionadas aguas abajo después de la rotura del deslizamiento / represamiento.

Los efectos de los deslizamientos en el sistema son:

1. Destrucción total o parcial de todas las obras, en especial de captación y de conducción ubicadas sobre o en la trayectoria principal de deslizamientos activos, especialmente en terrenos montañosos inestables con fuerte pendiente o en taludes muy inclinados o susceptibles a deslizamientos.
2. Contaminación del agua en las áreas de captación superficial en zonas montañosas.
3. Colateralmente por impactos indirectos como la suspensión del servicio eléctrico, corte de caminos y comunicaciones.

4.3. Inundaciones

Evento gradual o súbito, que puede ser predecible si se cuenta con los medios técnicos adecuados, y controlable si se hacen las obras físicas correspondientes. Pueden ocurrir en ríos y en el borde del mar. Para este proyecto, están relacionadas con las fuertes lluvias y las llanuras de inundación de los ríos. En zonas de alta pendiente pueden darse crecidas instantáneas de rápido surgimiento y desaparición.

La gravedad del impacto se relaciona con el área inundada, el calado o altura de la inundación, velocidad del flujo de agua, cantidad de sedimento transportado, la duración y la frecuencia de ocurrencia de inundaciones.

La inundación en llanura cambia el curso del río y deposita sedimentos. La crecida erosiona el cauce y puede provocar deslizamientos nuevos o reactivar antiguos.

Los efectos de las inundaciones y crecidas en el sistema son:

1. Destrucción total o parcial de captaciones localizadas en ríos o quebradas.
2. Azolve y colmatación de componentes por arrastre de sedimentos.
3. Pérdidas de captación por cambio del cauce del río.
4. Rotura de tuberías de distribución y conexiones en el área costera debido al embate de marejadas y áreas vecinas a cauces de agua.
5. Contaminación del agua en las cuencas.
6. Daño de equipo de bombeo al entrar en contacto con el agua.
7. Colateralmente hay impactos indirectos por la suspensión de la energía eléctrica, corte de caminos y comunicaciones.

4.4. Sequías

Evento gradual de inicio lento en períodos de años, predecible si se cuenta con los medios técnicos adecuados, controlable si se toman las medidas correspondientes en el largo plazo.

La gravedad del impacto se relaciona con el déficit de lluvias, el nivel de las precipitaciones, el período de sequía, el área de erosión de la superficie del terreno y la extensión de la zona climática desértica.

La sequía cambia el entorno bioclimático de la región y las condiciones del agua superficial y subterránea.

Los efectos de las sequías en el sistema son:

1. Pérdida o disminución del caudal del agua superficial y / o subterránea.
2. Racionamiento y suspensión del servicio.
3. Abandono del sistema.
4. Concentración de contaminantes

4.5. Medidas generales para la reducción de desastres

Las siguientes medidas se proponen para la reducción de desastres:

1. Implementación de un recorrido de inspección de toda la línea de tubería del proyecto, dos meses antes de la época de invierno para identificar zonas vulnerables.
2. Implementación de mapas de riesgo en la Municipalidad de Palencia para economizar recursos en el momento de responder a emergencias.
3. Implementación de códigos de construcción apropiados y técnicas de ingeniería que respondan a evaluaciones locales de riesgo.
4. Capacitación a los fontaneros y personal de apoyo de la comunidad en planes de contingencia por parte de la Comisión Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED).

5. PRESUPUESTO

Tabla XI Presupuesto completo

MATERIALES	Q 1,030,239.58
-------------------	-----------------------

TRAZO Y PRELIMINARES

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio U.	Total
Trazo y replanteo topográfico	21072	ml	1.30	27,393.60

27,393.60

EXCAVACIÓN Y RELLENO

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio U.	Total
Combustible	3750	galón	22.50	84,375.00
Selecto	2103	m ³	40.00	84,120.00
Balasto	1502	m ³	35.00	52,570.00
Equipo menor	1	global	4,807.00	4,807.00

225,872.00

BODEGA

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio U.	Total
Bodega	1	global	8,000.00	8,000.00

8,000.00

TANQUE DISTRIBUCIÓN

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio U.	Total
Adaptadores Macho (PVC) Ø 3"	4	Unidad	37.11	148.44
Válvula de Compuerta (Br) Ø 3"	3	Unidad	750.00	2,250.00
Codo HG 90° Ø 3"	2	Unidad	970.00	1,940.00
Tubería HG Ø 3"	0.5	Tubo	600.00	300.00
Pichacha de Br Ø 3"	2	Unidad	790.00	1,580.00
Adaptadores Macho (PVC) Ø 2½"	3	Unidad	152.77	458.31
Válvula de Compuerta de (Br) Ø 2½"	1	Unidad	750.00	750.00
Pichacha de Br Ø 2 1/2"	1	Unidad	395.00	395.00
Tee (PVC) Ø 3"	2	Unidad	82.68	165.36
Tee (PVC) Ø 2½"	1	Unidad	64.98	64.98
Niple HG Ø 2½" 1.60 m	1	Unidad	400.00	400.00

Continúa

Tubería (PVC) Ø 3"	1	Tubo	226.72	226.72
Abrazadera Ø 3"	3	Unidad	30.00	90.00
Codos (PVC) 90° Ø 3"	6	Unidad	75.68	454.08
Codo HG 90° Ø 2½"	1	Unidad	65.00	65.00
Codo HG 90° Ø 3"	8	Unidad	75.00	600.00
Cedazo Metálico	4	Pie²	5.00	20.00
puerta de metal 0.90 x 0.90 lámina cal 1/8"	2	unidad	750.00	1,500.00
puerta de metal 0.65 x 0.65 lámina cal 1/8"	3	unidad	600.00	1,800.00
Cemento	334	Saco	42.00	14,028.00
Piedrin de 3/4 "	25	M³	130.00	3,250.00
pedra bola de Ø ≤ 0.15 cm	2	m³	130.00	260.00
Arena de río	25	M³	90.00	2,250.00
Parales de 3" x 3" x 8'	120	unidad	26.40	3,168.00
Tabla rústica de pino 1" x 12" x 10'	200	unidad	45.00	9,000.00
Clavo de 3"	97	Libra	4.00	388.00
Alambre de amarre	230	Libra	5.00	1,150.00
Hierro de 3/8" Grado 40 ksi	784	Varilla	21.00	16,464.00
Hierro de 1/4" Grado 40 ksi	19	Unidad	10.00	190.00
Hierro de 5/8" Grado 40 ksi	14	Varilla	56.00	784.00
Escalera interior Tubería HG 3/4"	1	Unidad	200.00	200.00
Escalera exterior Tubería HG 3/4"	1	Unidad	200.00	200.00
Candado	1	Unidad	45.00	45.00

64,584.89

PASO AÉREO 12 ML

Cemento	16	sacos	42.00	672.00
Arena de Río	1.5	m³	90.00	135.00
Piedrín	2	m³	130.00	260.00
Tablas de 1"x12"x9 pies	6	unidad	35.00	210.00
Parales de 3"x3"x9 pies	6	unidad	29.00	174.00
Clavo de 3"	2	lb	5.00	10.00
Alambre de amarre	2	lb	5.00	10.00
Hierro No. 4	10	var	35.00	350.00
Hierro No. 3	13	var	19.25	250.25
Tubo HG de 2"	2	unidad	340.00	680.00
Unión universal de 2" HG	1	unidad	67.00	67.00
Cable acero ½"	20	m	27.00	540.00
Cable acero 1/4"	10	m	17.00	170.00
Mordazas de ½"	5	unidad	10.00	50.00
Codo a 45° HG 2"	2	unidad	32.00	64.00

Continúa

Abrazaderas de 2"	1	unidad	15.00	15.00
Tornillo con tuerca	5	unidad	4.00	20.00

3,677.25

CAJA DE VÁLVULAS

Limpieza	2			
Aire	1			
cemento portland ugc 4000 psi	12	saco	42.00	504.00
arena de rio	1	m ³	90.00	90.00
piedrin de 3/4"	1	m ³	130.00	130.00
piedra bola de Ø ≤ 0.15 cm	2	m ³	130.00	260.00
hierro No.3	8	var	21.00	168.00
hierro No.2	7	var	9.00	63.00
clavos 3"	3	lb	10.00	30.00
Parales de 3" x 3" x 9'	6	unidad	35.00	210.00
Tabla rústica de pino 1" x 12" x 9'	6	unidad	29.00	174.00
Alambre de amarre	5	lb	5.00	25.00
Candado	3	unidad	45.00	135.00
puerta de metal 0.90 x 0.90 lámina cal 1/8"	3	unidad	750.00	2,250.00
Niple hg ½" 10 cm	2	unidad	5.00	10.00
Niple PVC ½" de 60 cm	2	unidad	12.00	24.00
Niple PVC ¾" de 60 cm	2	unidad	12.00	24.00
Adaptador macho PVC ½"	1	unidad	2.40	2.40
Adaptador macho PVC ¾"	1	unidad	2.40	2.40
Tee 2" pvc	1	unidad	16.37	16.37
Tee 2½" pvc	1	unidad	64.98	64.98
Codo 90° pvc Ø ½"	2	unidad	1.95	3.90
Reducidor 2"x½"	2	unidad	10.63	21.26
Reducidor 2½"x¾"	1	unidad	31.87	31.87
válvula de compuerta ½" Bronce	2	unidad	38.00	76.00
válvula de compuerta ¾" Bronce	1	unidad	42.50	42.50
adaptador hembra PVC ½"	1	unidad	2.40	2.40
válvula de aire ½" PVC	1	unidad	400.00	400.00

4,761.08

CAJAS CRP	19	UNIDADES		
cemento portland ugc 4000 psi	256	saco	42.00	10,752.00
arena de rio	50	m ³	90.00	4,500.00
piedrin de 3/4"	5	m ³	130.00	650.00

Continúa

pedra bola de $\varnothing \leq 0.15$ cm	30	m ³	130.00	3,900.00
hierro No.3	144	var	21.00	3,024.00
hierro No.2	93	var	10.00	930.00
clavos 3"	10	lb	10.00	100.00
Parales de 3" x 3" x 12'	6	unidad	30.00	180.00
Tabla rústica de pino 1" x 12" x 12'	6	unidad	30.00	180.00
Alambre de amarre	10	lb	5.00	50.00
Candado	57	unidad	45.00	2,565.00
Adaptadores macho PVC 1½"	2	unidad	6.70	13.40
Adaptadores macho PVC ½"	68	unidad	1.28	87.04
Adaptadores macho PVC 3"	2	unidad	37.11	74.22
Válvula de compuerta Bronce 3"	1	unidad	336.16	336.16
Válvula de compuerta Bronce 1½"	1	unidad	84.36	84.36
Válvula de compuerta Bronce ½"	32	unidad	24.36	779.52
Codos PVC 90° ½"	38	unidad	1.65	62.70
Codos PVC 90° ¾"	57	unidad	2.82	160.74
Codos PVC 90° 1½"	2	unidad	10.00	20.00
Tubo PVC ¾"	5	unidad	37.85	189.25
Pichacha Bronce \varnothing 3"	1	unidad	495.00	495.00
Pichacha Bronce \varnothing ½"	19	unidad	90.00	1,710.00
Tee PVC ¾"	19	unidad	3.22	61.18
Válvula de pila bronce ¾"	19	unidad	65.00	1,235.00
puerta de metal 0.90 x 0.90 lámina cal 1/8"	19	unidad	750.00	14,250.00
puerta de metal 0.65 x 0.65 lámina cal 1/8"	38	unidad	600.00	22,800.00
Flote \varnothing ½"	19	unidad	59.10	1,122.90
Abrazadera \varnothing ¾"	38	unidad	11.00	418.00

70,730.47

TANQUE CAPTACIÓN

cemento portland ugc 4000 psi	50	saco	42.00	2,100.00
arena de rio	5	m ³	90.00	450.00
pedrin de ¾"	5	m ³	130.00	650.00
pedra bola de $\varnothing \leq 0.15$ cm	7	m ³	130.00	910.00
hierro No.3	12	var	21.00	252.00
hierro No.2	5	var	9.00	45.00
clavos 3"	5	lb	10.00	50.00
Parales de 3" x 3" x 12'	2	unidad	30.00	60.00

Continúa

Tabla rústica de pino 1" x 12" x 12'	4	unidad	30.00	120.00
Alambre de amarre	3	lb	5.00	15.00
Candado	2	unidad	45.00	90.00
Válvula de compuerta 2½"	1	unidad	750.00	750.00
Pichacha de bronce 2½"	1	unidad	395.00	395.00
Adaptador macho PVC 2½"	3	unidad	152.77	458.31
puerta de metal 0.90 x 0.90 lámina cal 1/8"	2	unidad	750.00	1,500.00

7,845.31

TUBERÍA PVC

Descripción	Cantida d	Unidad	Precio U.	Total
Tubería PVC 3" 100 psi	164	Tubo	179.65	29,462.60
Tubería PVC 3" 160 psi	221	Tubo	281.13	62,129.73
Tubería PVC 3" 250 psi	401	Tubo	419.93	168,391.93
Tubería PVC 2½" 160 psi	560	Tubo	188.24	105,414.40
Tubería PVC 2½" 250 psi	165	Tubo	283.03	46,699.95
Tubería HG 2½" Cédula 40	15	Tubo	460.00	6,900.00
Tubería PVC 2" 160 psi	223	Tubo	128.44	28,642.12
Tubería PVC 2" 100 psi	32	Tubo	82.96	2,654.72
Tubería PVC 1½" 125 psi	288	Tubo	68.20	19,641.60
Tubería PVC 1¼" 125 psi	140	Tubo	59.34	8,307.60
Tubería PVC 1" 160 psi	1120	Tubo	46.51	52,091.20
Tubería PVC ¾" 250 psi	458	Tubo	37.85	17,335.30

547,671.15

ACCESORIOS

Descripción	Cantida d	Unidad	Precio U.	Total
Cemento Solvente PVC	14	galón	443.81	6,213.34
Tee 3"	10	unidad	82.68	826.80
Tee 2½"	4	unidad	64.98	259.92
Tee 2"	4	unidad	16.37	65.48
Tee 1½"	4	unidad	12.18	48.72
Tee 1"	2	unidad	6.31	12.62
Tee ¾"	2	unidad	3.22	6.44
Tee ½"	55	unidad	2.04	112.20
Codo ¾" 90°	4	unidad	7.65	30.60
Codo ½" 90°	15	unidad	2.84	42.60
Codo 4" 45°	4	unidad	113.85	455.40
Codo 2½" 45°	20	unidad	67.11	1,342.20
Codo 2" 45°	8	unidad	16.75	134.00
Codo 1½" 45°	4	unidad	13.21	52.84

Continúa

Codo ½" 45°	14	unidad	4.59	64.26
Reductor ¾"x½"	7	unidad	2.23	15.61
Reductor 1"x¾"	2	unidad	3.65	7.30
Reductor 1"x½"	4	unidad	3.65	14.60
Reductor 1½"x½"	5	unidad	6.31	31.55
Reductor 1½"x1"	1	unidad	6.31	6.31
Reductor 2½"x½"	15	unidad	31.87	478.05
Reductor 2½"x1½"	1	unidad	31.87	31.87
Reductor 2½"x2"	1	unidad	31.87	31.87
Reductor 3"x2½"	1	unidad	50.24	50.24
Reductor 3"x2½"	1	unidad	50.24	50.24
Reductor 3"x2"	9	unidad	50.24	452.16
Lijas	50	hoja	4.50	225.00

11,062.22

CONEXIONES PREDIALES 117

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio U.	Total
cemento portland ugc 4000 psi	18	sacos	42.00	756.00
arena de rio	3	m ³	100.00	300.00
piedrin de 1/2"	3	m ³	150.00	450.00
alambre de amarre	47	lb	5.00	235.00
tuberia pvc de 1/2" 315 psi	175.5	unidad	29.82	5,233.41
adaptador hembra PVC ½"	234	unidad	2.40	561.60
adaptador macho PVC ½"	234	unidad	1.40	327.60
caja de concreto con tapadera	117	juego	250.00	29,250.00
llave de compuerta de bronce ½"	117	unidad	38.00	4,446.00
grifos de 1/2"	117	unidad	28.00	3,276.00
copla de HG 1/2"	117	unidad	7.00	819.00
codo galvanizado (con rosca) de 1/2"	234	unidad	8.00	1,872.00
niple galvanizado de 1/2" x 1.50 m	117	unidad	50.00	5,850.00
niple galvanizado de 1/2" x 0.20 m	351	unidad	15.00	5,265.00

58,641.61

MANO DE OBRA	5	mes	Q 507,120.00
---------------------	---	-----	---------------------

Personal Fijo en Obra	cantidad	meses	sueldo	total
-----------------------	----------	-------	--------	-------

Continúa

Ingeniero Residente	1	5	6,000.00	30,000.00
Maestro de Obra	1	5	3,100.00	15,500.00
Bodeguero	1	5	2,000.00	10,000.00
Albañiles	9	5	2,100.00	94,500.00
Fontaneros	2	5	2,100.00	21,000.00
Ayudantes	30	5	1,300.00	195,000.00
Prestaciones Completas	42	%		141,120.00

TOTAL RENGLÓN 507,120.00

TRANSPORTE Y MAQUINARIA Q 202,156.25

Descripción	Cantida d	Unidad	Precio unitario	Total
Bomba hidroneumática y equipo p/pruebas	20	dia	125.00	2,500.00
Compactadoras	805	hora	31.25	25,156.25
Concreteira	20	dia	250.00	5,000.00
Vibrador de gasolina	10	dia	200.00	2,000.00
Retroexcavadora	385	hora	250.00	96,250.00
Camión tipo cisterna	25	dia	750.00	18,750.00
Transporte (materiales y personal)	70	dia	750.00	52,500.00

TOTAL RENGLÓN 202,156.25

RESUMEN GENERAL DE COSTOS

Descripción	Monto
Materiales	Q 1,030,239.58
Mano de obra	Q 507,120.00
Maquinaria	Q 202,156.25
	Q 1,739,515.83

CONCLUSIONES

1. Sansur, según las variables identificadas en campo y descritas en el presente trabajo, es una importante aldea del municipio de Palencia, por ello, el contar con el servicio de agua potable es imprescindible por razones de salud. Este es un índice de desarrollo.
2. Para el diseño de un sistema de agua potable por gravedad, se requiere tener conocimientos de hidráulica, hidrología, estadística entre otras, para tomar en cuenta todas las variables y así proveer a la comunidad necesitada para la cual se trabaja, un servicio adecuado y funcional por el período de diseño estimado.
3. La construcción del proyecto beneficiará con agua potable en cantidad suficiente, durante los próximos 20 años a 1597 personas aproximadamente.
4. El impacto de las amenazas naturales sobre los sistemas rurales de agua potable y sus componentes puede ser muy variado y depende fundamentalmente de la magnitud y localización del fenómeno natural y de la vulnerabilidad del sistema y sus componentes.
5. La planificación de un sistema abierto de abastecimiento de agua potable requiere cuidado al observar que se conserven buenas presiones dentro de todo el sistema y así proveer el vital líquido a toda la población.

- 6.** La operación y mantenimiento de los acueductos rurales tienen como fin, conseguir el buen funcionamiento y la sostenibilidad de los sistemas de agua, ésta se aplica de una forma sencilla y eficaz transmitiendo en forma sencilla, los conocimientos técnicos a los operadores de las comunidades.

RECOMENDACIONES

1. Sansur es una importante aldea del municipio de Palencia, las autoridades municipales deberán tomar en cuenta que como parte del desarrollo urbano que debe tener la aldea Sansur, es indispensable planificar el diseño y ejecución de la red de drenajes sanitarios para evitar que las aguas servidas corran superficialmente y contaminen el medio ambiente.
2. Es importante la realización de un análisis de vulnerabilidad para determinar los puntos más débiles en las tres áreas siguientes: operación y mantenimiento, apoyo administrativo y organización institucional. y así permitir reforzar racional y económicamente los componentes institucionales y financieros de los sistemas de agua potable.
3. La implementación de medidas de mitigación y emergencia debe ser pronta para todos los sistemas existentes en el municipio de Palencia.
4. En terrenos que tienen inclinaciones fuertes, la tubería tiene que anclarse, con el fin de evitar que se mueva hacia abajo.
5. Los programas de adiestramiento que cubre el área rural son generalmente de corta duración y se deja esta actividad en manos de la comunidad rural para que la opere; por lo que se hace necesario un monitoreo posterior para evaluar su aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Alfaro Véliz, Luis Gregorio.** Planificación y diseño de la red de agua potable para la aldea Los Cerritos, del municipio de Sansare, El Progreso. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000.
2. **Colocho Arévalo, Daniel Antonio.** Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Cerro Grande, Municipio de Jutiapa. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998.
3. **Coronado De León, Alfonso De Jesús.** Consideraciones para el diseño de abastecimiento de agua potable con tuberías de PVC. Tesis USAC. Guatemala, 1977.
4. **Marroquín Álvarez, Daniel Romeo.** Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea La Ciénaga, San Raymundo, Trabajo de graduación de Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2003.
5. **Rivas Sánchez, Rodolfo.** Abastecimiento de agua a viviendas del área rural. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1980.

6. **García Chinchilla, Abilio Eddy.** Diseño: Introducción de agua potable, Aldea El Mirador y Muro de contención de mampostería reforzada en el Instituto de la Aldea Majuma, del municipio de Morazán, departamento de El Progreso. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006.
7. **Lima, Edmundo.** Estudio de evaluación de impacto ambiental, Construcción de distribuidor de tráfico, entronque RN-14 y CA-01 Occidente. Guatemala, Secretaría General de Planificación (SEGEPLAN), 1998.

Referencia electrónica

8. <http://www.cepis.org.pe/bvsade/e/fulltext/vulnerabilidad2/vulnerabilidad2.pdf>. Agosto 2005.
9. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsade/cd/e/publicaciones/EstudioVEN/cap7.PDF> (Estudio de caso: vulnerabilidad de los sistemas de agua potable frente a deslizamientos, sequías, terremotos, inundaciones). Agosto 2005.
10. www.cepis.ops-oms.org/bvsade/. Agosto 2005
11. www.cepis.ops-oms.org. Agosto 2005

APÉNDICES

1. LIBRETA DE TOPOGRAFÍA

Tabla XII Topografía para línea de conducción

EST	PO	AZIMUT			DIST	NIVEL	EST	PO	AZIMUT			DIST	NIVEL
					HOR	1000.00							
0	1	346	11	0	35.81	995.12	59	60	112	5	15	141.09	745.64
1	2	346	4	0	18.6	995.84	60	61	84	7	0	149.83	740.09
2	3	41	30	0	112.2	986.89	61	62	103	14	0	47.96	737.22
3	4	60	32	0	69.98	988.37	62	63	84	40	20	122.23	725.87
4	5	70	24	20	21.81	992.91	63	64	123	48	15	25.79	725.98
5	6	50	43	0	18.52	992.72	64	65	144	13	15	122.56	737.80
6	7	71	32	45	443.78	967.96	65	66	111	2	0	71.64	743.39
7	8	64	5	0	247	951.70	66	67	88	17	40	104.35	752.23
8	9	13	39	30	133.68	932.08	67	67.1	236	9	0	13.4	749.93
9	10	52	29	20	200.81	884.14	67	68	108	46	0	109.85	766.63
10	11	52	5	30	39.09	874.78	68	69	81	23	0	50.19	774.25
11	12	75	47	15	180.64	820.89	69	69.1	34	22	0	9.92	775.65
12	13	58	10	0	179.13	791.88	69	70	354	29	0	124.28	783.23
13	13.1	58	42	0	4.2	790.75	70	70.1	224	30	0	9.92	782.85
13	13.2	58	42	0	11.55	789.22	70	71	14	0	0	53.73	788.75
13	14	58	42	0	103.84	809.26	71	71.1	349	10	0	11.73	791.04
14	15	337	39	15	45.77	813.05	71	71.2	99	32	0	15.93	790.31
15	16	326	10	40	58.1	815.98	71	72	34	6	30	112.38	798.94
16	17	12	8	0	35.58	817.46	72	73	26	56	0	152.16	809.78
17	18	12	20	0	150.8	824.82	73	73.1	283	5	0	17.2	806.56
18	19	317	55	0	74.89	828.18	73	74	11	20	40	57.07	815.80
19	20	31	37	0	50.77	840.24	74	74.1	313	22	0	19.99	815.98
20	21	36	39	0	59.03	853.00	74	74.2	143	18	20	17.99	816.72
21	22	9	57	30	45.71	856.16	74	75	356	16	0	84	825.47
22	23	12	43	0	23.59	855.22	75	76	13	21	0	145.91	828.57
23	24	3	53	20	48.15	853.21	76	76.1	291	9	0	19.79	827.02
24	25	51	46	20	58.18	847.73	76	76.2	16	19	0	25.98	829.84
25	25.1	31	9	40	85.71	842.34	76	77	353	34	45	116.54	834.87
25	26	31	9	40	151.29	867.57	77	77.1	201	57	45	13.92	834.37
26	27	34	38	0	45.76	863.52	77	77.2	331	22	40	15.99	835.05
27	28	345	49	20	78.01	860.12	77	78	9	47	0	70.11	838.90
28	29	40	27	30	134.96	857.40	78	78.1	232	34	20	11.98	838.94

Continúa

EST	PO	AZIMUT			DIST	NIVEL	EST	PO	AZIMUT			DIST	NIVEL
29	30	358	11	20	144	856.10	78	78.2	352	40	40	14	839.36
30	31	28	8	30	134.47	847.18	78	78.3	104	31	0	17.99	838.88
31	32	72	17	40	72.79	846.93	78	79	20	42	0	60	839.29
32	33	113	23	0	160.63	866.12	79	79.1	110	24	0	12	839.61
33	34	80	20	40	42.71	870.16	79	80	27	49	20	83.15	841.82
34	35	47	49	0	79.48	873.71	80	80.1	290	11	0	10.82	838.74
35	36	114	57	15	121.09	888.43	80	81	32	13	0	67.16	840.69
36	37	68	53	0	100.45	899.67	81	81.1	323	56	0	19.4	837.78
37	38	22	45	30	31.98	900.95	81	81.2	351	41	0	25.53	837.75
38	39	2	45	45	64.05	904.63	81	82	15	9	0	56.22	836.59
39	40	62	5	45	103.34	899.94	82	82.1	77	10	0	13.96	836.43
40	41	16	48	45	87.43	894.74	82	82.2	132	15	15	23.97	838.00
41	42	47	6	0	88.88	888.43	82	83	34	4	0	81.55	835.07
42	43	48	43	0	81.86	879.12	83	83.1	74	33	30	24	835.47
43	44	38	38	0	118.12	858.22	83	84	45	28	0	78.8	835.48
44	45	67	58	0	157.94	841.59	84	84.1	74	15	0	20	836.25
45	46	70	8	50	129.91	823.11	84	84.2	108	30	40	8.99	832.95
46	47	78	30	0	200.06	793.15	84	84.3	154	19	0	11.97	835.39
47	48	103	29	0	117.79	787.67	84	84.4	191	6	15	17.93	834.85
48	49	85	40	30	108.99	782.39	84	85	39	48	0	39.52	837.77
49	50	100	29	20	168.74	779.64	85	85.1	155	30	0	15.97	837.61
50	51	64	31	30	153.58	777.28	85	86	111	48	30	39.81	841.01
51	52	94	33	30	119	777.45	86	86.1	187	27	0	13.47	838.83
52	53	126	24	0	153.57	774.68	86	87	102	33	0	88.47	844.92
53	54	102	6	15	106.81	767.72	87	88	43	54	20	62.31	847.76
54	55	155	40	30	35.38	767.45	88	89	46	40	20	16.9	847.00
55	56	72	47	20	62.9	765.42	89	90	306	7	0	51.06	852.69
56	57	127	46	30	34.29	764.04	90	90.1	152	53	30	9.91	852.39
57	58	87	50	0	89.41	760.48	90	90.2	172	36	0	15.95	852.25
58	59	78	30	0	111.34	754.58	90	90.3	199	44	0	14.36	852.36
							90	90.4	204	42	30	6.55	852.57

Tabla XIII Topografía para línea de distribución

ES	PO	AZIMUT			DH	CAMINA	COTA	ES	PO	AZIMUT			DH	CAMINA	COTA	
0	2	123	1	32	55.59	55.59	846.04	22.06	22.08	135	34	38	56.47	1301.16	808.1	
2	101	44	40	17	45.39	100.98	841.85	22.08	22.09	177	52	8	9.52	1310.68	805.98	
101	102	46	56	12	42.97	143.95	835.19	22.09	22.10	132	21	26	32.67	1343.35	795.52	
102	102.01	136	56	12		3	146.95	836.19	22.10	22.11	41	1	20	33.97	1377.32	794.44
102	103	41	1	9	71.19	215.14	823.88	22.11	22.12	105	5	50	5.4	1382.72	793.63	
103	104	41	29	22	83.86	299	820.52	22.11	22.13	131	7	26	49.98	1427.3	795.42	
104	105	43	23	45	83.98	382.98	819.19	22.13	22.14	43	27	32	13.93	1441.23	796.39	
105	106	48	24	11	25.88	408.86	817.46	22.14	22.15	68	0	2	44.15	1485.38	805.39	
106	107	51	12	45	83.98	492.84	819.19	22.15	22.16	50	15	56	11.92	1497.3	806.25	
107	108	76	0	12	32.99	525.83	821.74	22.16	22.17	175	58	20	5.62	1502.92	808.69	
108	109	95	22	20	19.76	545.59	823.98	22.08	22.18	59	49	8	7.8	1308.96	809.34	
109	110	124	44	59	49.96	595.55	825.32	22.18	22.19	30	17	56	30	1338.96	809.44	
110	111	124	14	20	21.85	617.4	823.51	22.19	22.2	118	10	50	5.63	1344.59	806.85	
111	112	158	35	16	72	689.4	823.59	22	23	197	14	0	93.14	1230.92	812.89	
112	113	146	54	9	47.98	737.38	824.55	23	23.01	105	10	0	27.59	1258.51	816.49	
113	114	147	39	21	86.34	823.72	803.88	23.01	23.02	120	9	54	47.8	1306.31	813.3	
114	115	147	19	3	54.66	878.38	802.83	23.02	23.03	128	24	24	36.14	1342.45	805.16	
115	115.01	233	19	3	54.66	933.04	799.15	23.03	23.04	124	19	48	17.8	1360.25	799.93	
115.01	115.02	221	26	50	16.51	949.55	792.3	23	23.05	7	30	42	15.99	1246.91	813.52	
115.02	115.03	192	43	33	17.98	967.53	790.14	23	24	212	23	30	59.75	1290.67	809.13	
115.02	115.04	250	14	21	26.92	976.47	781.49	24	24.01	291	40	2	2	1292.67	805.97	
115	116	109	39	20	65.39	943.77	790.7	24	25	203	36	0	53.82	1344.49	802.07	
116	117	135	44	42	61.1	1004.87	777.39	25	25.01	116	42	6	23.99	1368.48	802.52	
117	118	55	48	3	44.68	1049.55	769.59	25.01	25.02	123	27	54	41.15	1409.63	796.67	
118	119	57	40	47	44.77	1094.32	762.23	25.02	25.03	58	24	24	5.88	1415.51	796.77	
119	120	36	30	41	25.04	1119.36	757.41	25.02	25.04	57	23	48	57.99	1467.62	798.27	
120	121	72	31	2	55.3	1174.66	751.18	25.02	25.05	148	59	36	127.21	1536.84	747.4	
121	122	100	45	32	17.9	1192.56	749.86	25.05	25.06	234	27	42	30	1566.84	750.73	
122	123	86	6	20	65.8	1258.36	746.24	25.06	25.07	139	58	6	4.5	1571.34	750.83	
123	124	89	0	10	20.81	1279.17	751.2	25.05	25.08	60	36	0	35.99	1572.83	749.91	
124	125	123	31	55	15.64	1294.81	753.42	25.08	25.09	141	47	36	45.87	1618.7	736.24	
125	126	86	41	19	21.64	1316.45	750.59	25.09	25.1	62	45	6	17.99	1636.69	737.63	
126	126.01	144	10	17	8.92	1325.37	747.33	25.09	25.11	221	27	24	6.86	1625.56	734.46	
126	127	58	31	59	63.8	1380.25	746.96	25.09	25.12	24	21	12	5.88	1624.58	736.4	
127	128	107	42	26	42	1422.25	747.48	25	25.2	298	46	6	27.29	1371.78	797.66	
128	129	114	7	13	31.88	1454.13	745.49	25.2	25.21	297	29	6	22.09	1393.87	791.29	
129	130	88	38	21	69.84	1523.97	742.21	25.21	25.22	298	12	9	50.43	1444.3	771.82	
130	130.01	150	0	26	11.98	1535.95	741.62	25.22	25.23	11	27	51	139.79	1584.09	764.26	
130	131	127	58	18	53.08	1577.05	729.76	25	26	214	0	18	107.12	1451.61	799.84	
131	131.01	196	4	19	2.6	1579.65	729.63	26	26.01	329	58	2	5.91	1457.52	800.12	
131	132	106	19	41	42.75	1619.8	722.5	26.01	26.02	117	6	50	3.95	1461.47	800.41	
132	133	95	13	34	48.63	1668.43	714.38	26	27	230	44	42	15.93	1467.54	795.79	
133	134	26	33	49	27.68	1696.11	711.37	27	28	188	47	42	43.52	1511.06	787.21	

Continúa

ES	PO	AZIMUT			DH	CAMINA	COTA	ES	PO	AZIMUT			DH	CAMINA	COTA
134	135	353	49	57	50.21	1746.32	701.98	28	28.01	256	38	30	3.79	1514.85	787.27
135	136	33	49	59	27.97	1774.29	700.97	28	28.02	278	36	12	43.99	1555.05	786.66
121	140	157	34	50	32.26	1206.92	742.71	28.02	28.03	50	38	30	16	1571.05	787.66
140	141	225	35	49	25.86	1232.78	741.01	28.02	28.04	287	14	36	62.95	1618	778.58
141	142	218	1	51	59.97	1292.75	741.54	28.04	28.05	268	9	36	74.31	1692.31	767.43
142	143	168	8	52	40.07	1332.82	729.27	28.05	28.06	250	3	42	51.44	1743.75	762.12
143	143.01	79	51	14	12.3	1345.12	729.13	28.06	28.09	310	12	36	9.36	1753.11	760.76
143	144	163	2	13	21.06	1353.88	724.82	28	29	175	38	40	129.98	1641.04	777.51
144	144.01	67	22	15	57.94	1411.82	724.13	29	29.01	245	3	38	5.71	1646.75	777.28
144	145	189	5	43	30.81	1384.69	718.82	29	29.02	124	27	48	44.16	1685.2	778.07
145	146	199	15	8	39.04	1423.73	712.7	29.02	29.03	218	4	0	5.48	1690.68	777.47
146	147	227	39	18	16.9	1440.63	708.4	29.02	29.04	340	17	36	1.83	1687.03	778.45
147	148	268	10	56	41.16	1481.79	702.48	29.02	29.05	82	32	48	26.17	1711.37	771.25
148	149	104	8	44	71.71	1553.5	707.06	29	30	262	40	27	62.71	1703.75	767.11
149	149.01	169	39	27	17.8	1571.3	698.4	30	31	286	39	36	112.53	1816.28	754.34
149.01	149.02	170	44	35	56.06	1627.36	681.18	31	31.01				5.79	1822.07	767.08
148	150	175	38	44	55.99	1537.78	703.18	31	32	266	49	35	83.48	1899.76	747.67
150	151	237	20	8	35.76	1573.54	706.05	32	33	288	4	50	75.57	1975.33	741.99
151	152	213	30	8	43.91	1617.45	708.05	33	34	322	12	59	134.01	2109.34	730.64
151	153	179	9	14	71.5	1645.04	694.66	34	35	306	25	49	25.59	2134.93	731.81
153	153.01	247	22	26	3.5	1648.54	694.63	35	36	262	58	0	122.04	2256.97	740.07
153	154	59	56	14	19.67	1664.71	692.11	36	37	287	8	3	49.46	2306.43	744.26
154	155	30	26	38	26.99	1691.7	686.9	37	38	267	42	58	33.02	2339.45	745.51
155	156	163	18	32	47.29	1738.99	672.68	38	39	342	47	0	4.76	2344.21	744.16
156	156.01	154	49	50	11.81	1750.8	670.63	29	40	178	46	24	63.15	1704.19	775.46
156	157	73	18	32	31.68	1770.67	667.13	40	40.01	45	22	42	13.87	1718.06	777.68
157	157.01	20	13	36	6.25	1776.92	667.23	40	40.02	170	15	48	9.99	1714.18	776.2
157	158	179	14	26	24.39	1795.06	660.91	40	40.03	193	29	54	45.87	1750.06	773.11
158	158.01	145	40	44	19.38	1814.44	651.54	40.03	40.04	273	36	48	3.24	1753.3	772.65
158	158.02	221	17	26	39.4	1834.46	656.12	40.03	40.05	188	18	48	51.9	1801.96	771.99
158.02	158.03	229	0	2	18.9	1853.36	651.52	40.05	40.06	278	18	48	2	1803.96	771.99
158.03	158.04	241	44	44	50.48	1903.84	643.28	40.05	40.07	188	25	54	31.93	1833.89	770.58
158	158.05	45	2	20	121.84	1916.9	656.57	40.07	40.08	294	12	12	3.76	1837.65	770.58
158	158.06	49	9	50	13.1	1808.16	661.01	40.07	40.09	187	24	48	85.57	1919.46	764.61
158	159	68	21	44	36.57	1831.63	653.73	40.09	40.1	320	44	12	8	1927.46	765.68
159	160	108	6	53	66	1897.63	638.5	40.09	40.11	259	9	48	6	1925.46	765.59
160	160.01	108	23	32	45.27	1942.9	627.38	40.09	40.12	186	33	12	27.88	1947.34	762.73
160	160.02	107	42	32	68.81	1966.44	623.67	40.12	40.25	229	49	24	12	1959.34	764
160.02	160.07	41	18	15	150	2116.44	630.67	40.12	40.13	197	56	48	33.68	1981.02	760.68
160	160.04	153	51	8	32.48	1930.11	631.46	40.13	40.14	127	26	0	29.75	2010.77	758.06
160	160.05	147	59	20	78.23	1975.86	626.74	40.14	40.15	97	29	6	7.54	2018.31	757.34
160.05	160.06	55	25	38	15.98	1991.84	626.18	40.14	40.16	111	1	42	22.16	2032.93	752.82
								40.16	40.17	125	27	12	11.09	2044.02	749.63
2	3	225	30	43	51.98	107.57	847.09	40.17	40.18	170	52	30	36.17	2080.19	741.56

Continúa

ES	PO	AZIMUT			DH	CAMINA	COTA	ES	PO	AZIMUT			DH	CAMINA	COTA
3	4	231	3	43	31.82	139.39	844.79	40.18	40.19	90	54	54	25.64	2105.83	731.98
4	5	277	40	49	73.98	213.37	842.43	40.19	40.2	357	36	30	1	2106.83	731.98
5	6	291	42	22	46.68	260.05	838.91	40.19	40.21	177	36	30	1.81	2107.64	733.98
6	7	223	13	27	14.73	274.78	837.79	40.13	40.26	184	20	12	51.4	2032.42	755.23
7	8	199	5	52	7.97	282.75	837.01	40.26	40.27	357	59	24	31.83	2064.25	758.6
8	9	219	56	44	19.99	302.74	836.59	40.26	40.28	293	8	42	35.16	2067.58	761.71
9	10	225	21	26	42	344.74	836.27	40.26	40.29	204	51	30	17.7	2050.12	753.97
10	11	225	36	32	78	422.74	835.78	40.26	40.3	199	9	18	55.6	2088.02	751.59
11	12	205	51	38	39.85	462.59	838.32	40.3	40.31	289	49	0	65.38	2153.4	759.05
12	13	198	8	20	53.8	516.39	841.63	40.3	40.32	202	19	54	5.82	2093.84	750.98
13	13.01	295	35	32	24.42	540.81	837.47	40.3	40.33	213	47	18	37.81	2125.83	750.03
13.01	13.02	22	17	50	2	542.81	837.37	40.3	40.34	111	38	30	62.62	2150.64	742.39
13.01	13.03	292	17	50	31.34	572.15	828.38	40.34	40.35	133	24	48	5.56	2156.2	741.83
13.03	13.04	216	41	32	9.86	582.01	828.29	40.34	40.36	154	33	42	37.39	2188.03	737.61
13.03	13.05	323	25	2	11.84	583.99	826.87	40.34	40.37	182	48	54	37.99	2188.63	741.94
13.03	13.06	291	51	14	87.88	660.03	809.24	40.37	40.38	302	29	6	4	2192.63	742.88
13.06	13.07	53	57	38	9.81	669.84	810.82	40.37	40.39	273	10	24	3.81	2192.44	742.55
13.06	13.08	241	44	8	3.96	663.99	809.97	40.37	40.4	186	49	18	39.27	2227.9	737.66
13.06	13.09	313	20	38	17.36	677.39	805.86	40.36	40.41	99	49	24	80.41	2268.44	716.44
13.09	13.1	20	38	20	37.64	715.03	801.57	40.41	40.42	165	37	12	15.99	2284.43	717.93
13.09	13.11	302	35	50	56.89	734.28	792.48	40.41	40.43	64	17	6	5.19	2273.63	715.88
13	14	206	46	34	166.79	683.18	843.77	40.41	40.44	30	1	12	36.61	2305.05	712.59
14	15	203	55	50	37.98	721.16	843.39	40.44	40.45	88	21	18	19.97	2325.02	712.64
15	16	191	31	2	59.88	781.04	840.79	40.44	40.46	61	9	30	25.8	2330.85	716.3
16	17	175	12	14	27.76	808.8	838.35	28	41	175	38	40	40.57	1551.63	783.33
17	18	168	14	50	73.9	882.7	835.78	41	41.01	253	3	18	48.5	1600.13	785.52
18	18.01	76	24	14	19.99	902.69	836.22	41.01	41.02	136	8	42	5.3	1605.43	784.69
18.01	18.02	91	9	56	23.75	926.44	833.84	41.01	41.03	258	4	30	19.99	1620.12	785.99
18.02	18.03	93	32	38	27.9	954.34	826.22	41.03	41.04	284	29	48	79.02	1699.14	778.29
18.03	18.04	88	55	50	20.96	975.3	818.2	41	42	82	11	37	88.66	1640.29	768.98
18.04	18.05	358	14	56	30	1005.3	817.81	42	42.01	164	22	11	90.57	1730.86	762.79
18.05	18.06	95	55	32	93.96	1099.26	768.41	42.01	42.02	172	15	28	88.32	1819.18	755.32
18.06	18.07	42	29	44	19.95	1119.21	767.54	42.02	42.03	102	5	6	20.88	1840.06	756.32
18.07	18.08	81	24	50	61.52	1180.73	763.21	42.03	42.04	90	0	0	26.87	1866.93	758.76
18.08	18.09	30	56	38	43.94	1224.67	761.66	42.04	42.05	96	33	29	28.08	1895.01	761.8
18.09	18.10	71	38	50	99.52	1324.19	755.23	42.05	42.06	133	7	14	11.7	1906.71	763.85
18.1	18.11	140	17	32	108.8	1432.99	724.52	42.06	43	159	25	47	146.85	2053.56	782.64
18.11	18.12	107	33	2	36.7	1469.69	718.5	43	44	133	49	6	29.94	2083.5	781.32
18.12	18.13	84	27	26	29.01	1498.7	713.23	44	45	117	28	36	9.85	2093.35	780.23
18.13	18.14	123	59	32	13.86	1512.56	711.92	44	46	192	34	42	47.41	2130.91	770.39
18.14	18.15	63	54	38	51.77	1564.33	701.25	46	47	236	33	18	27.16	2158.07	765.74
18.15	18.16	93	44	26	53.14	1617.47	694.66	47	48	215	43	17	37.24	2195.31	756.69
18.16	18.17	22	15	44	37.98	1655.45	695.47	48	49	193	31	18	19.86	2215.17	751.59
18.17	18.18	270	9	14	5.97	1661.42	696.91	49	49.01	78	46	12	1.92	2217.09	751.99

Continúa

ES	PO	AZIMUT			DH	CAMINA	COTA	ES	PO	AZIMUT			DH	CAMINA	COTA
18.17	18.19	348	40	32	17.96	1673.41	695.91	49	49.02	294	3	31	1.59	2216.76	751.62
18.17	18.20	87	45	20	27.32	1682.77	692.46	49	49.03	195	7	28	39.05	2254.22	739.96
18	19	183	58	26	67.95	950.65	834.05	45	50	92	18	54	80	2173.35	780.28
19	19.01	100	13	26	3.99	954.64	834.9	50	51	91	16	6	54	2227.35	780.41
19	20	196	23	32	101.99	1052.64	833.13	51	51.01	30	27	54	3.9	2231.25	781.21
20	20.01	98	18	32	44	1096.64	833.2	51	52	72	5	54	67.58	2294.93	785.76
20.01	20.02	93	50	8	64.54	1161.18	823.64	52	53	76	55	54	37.99	2332.92	786.54
20.02	20.03	102	12	14	11.73	1172.91	822.98	53	54	63	23	24	35.95	2368.87	788.04
20.02	20.04	93	16	44	26.61	1187.79	820.36	54	55	70	30	36	28	2396.87	787.98
20.04	20.05	98	48	50	35.34	1223.13	816.68	55	56	61	52	12	22	2418.87	787.9
20.05	20.06	15	8	44	11.61	1234.74	815.73	56	57	68	55	42	39.98	2458.85	788.97
20.06	20.07	90	31	44	48.13	1282.87	806.01	57	57.01	154	30	6	42.2	2501.05	771.97
20	21	166	55	26	31.83	1084.47	830.76	57.01	57.01a	153	49	48	49.75	2550.8	750.01
21	21.01	90	49	52	2	1086.47	831.93	57.01	57.02	153	49	48	19.27	2520.32	768.1
21	22	179	10	8	53.31	1137.78	824.8	57.01	57.03	162	19	54	211.07	2712.12	710.12
22	22.01	136	24	20	10	1147.78	825.98	57.03	57.04	231	43	46	138.53	2850.65	719.17
22	22.02	110	39	26	47.73	1185.51	828.43	57.03	57.05	162	19	54	74.15	2786.27	723.02
22.02	22.03	110	15	14	25.89	1211.4	826.84	57	58	53	33	18	29.97	2488.82	789.97
22.03	22.04	129	7	11	19.81	1231.21	824.88	58	59	49	11	53	33.96	2522.78	791.36
22.04	22.05	52	26	8	3.67	1234.88	824.81	59	60	51	26	44	17.34	2540.12	783.64
22.04	22.06	135	19	50	13.48	1244.69	822.26	60	61	51	50	42	15.41	2555.53	780.68
22.06	22.07	50	12	50	1.98	1246.67	823.04	61	62	93	7	36	195.29	2750.82	750.36
								62	62.01	115	56	12	239.59	2990.41	740.52
								62	62.02	119	6	24	259.97	3010.79	747.64

2. CÁLCULO HIDRÁULICO

(Ver siguiente página)

Tabla XIV Cálculo hidráulico para línea de conducción

Tramo De Est A Est	Caminamiento (m)		Cota (m)		Q (lt/s)	Long. hor.	C	Diam. com.	hf (m)	Vel. (m/s)	Dif. Cotas	Piezométrica		Presión MCA		Presión PSI		Cant. Tubo	Tipo de Tubo	Observac iones
	Inicio	Final	Inicial	Final								Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final			
0	6	0.0	276.9	1000.0	2.89	276.9	150	3"	1.59	0.63	7.3	1000.0	998.4	0.0	5.7	0.0	8.1	48	160	psi
6	8	276.9	967.7	992.7	2.89	690.8	150	2½"	9.62	0.91	41.0	998.4	988.8	5.7	37.1	8.1	52.8	120	160	psi
8	10	967.7	1302.2	951.7	2.89	334.5	150	2½"	4.66	0.91	67.6	988.8	984.1	37.1	100.0	52.8	142.3	58	160	psi
10	11	1302.2	1341.3	884.1	2.89	39.1	150	2½"	0.55	0.91	9.4	984.1	983.6	100.0	108.8	142.3	154.8	7	160	psi
11	12	1341.3	1521.9	874.8	2.89	180.6	150	2½"	2.52	0.91	53.9	983.6	981.1	108.8	160.2	154.8	227.9	32	250	psi
12+	12	128.1	1521.9	820.9	2.89	128.1	150	2½"	1.79	0.91	20.7	981.1	979.3	160.2	179.1	227.9	254.9	23	250	psi
128.1	13	1650.0	1701.1	800.2	2.89	51.0	100	2½"	1.51	0.91	8.3	979.3	977.8	179.1	185.9	254.9	264.5	9	HG celda 40 y VL	
13+	13	1701.1	1725.0	791.9	2.89	23.9	100	2½"	0.71	0.91	-8.2	977.8	977.1	185.9	177.0	264.5	251.9	5	HG celda 40	
13+	14	1725.0	1804.9	800.1	2.89	79.9	150	2½"	1.11	0.91	-9.2	977.1	976.0	177.0	166.7	251.9	237.2	14	250	psi
14	20	1804.9	2220.8	809.3	2.89	415.9	150	2½"	5.80	0.91	-31.0	977.1	971.3	177.0	131.0	251.9	186.5	73	250	psi
20+	20	2220.8	2250.0	840.2	2.89	29.2	150	2½"	0.41	0.91	-6.3	971.3	970.9	131.0	124.3	186.5	176.9	6	250	psi
20+	22	2250.0	2325.5	846.5	2.89	75.5	150	2½"	1.05	0.91	-9.6	970.9	969.8	124.3	113.7	176.9	161.7	14	160	psi
22	26	2325.5	2606.8	856.2	2.89	281.2	150	2½"	3.92	0.91	-11.4	969.8	965.9	113.7	98.3	161.7	139.9	49	160	psi y VA
26	37	2606.8	3721.1	867.6	2.89	1114.4	150	2"	46.03	1.43	-32.1	965.9	919.9	98.3	20.2	139.9	28.7	194	160	psi
37	38	3721.1	3753.1	899.7	2.89	32.0	150	2"	1.32	1.43	-1.3	919.9	918.6	20.2	17.6	28.7	25.0	6	160	psi
38	39	3753.1	3817.1	901.0	2.89	64.1	150	2"	2.65	1.43	-3.7	918.6	915.9	17.6	11.3	25.0	16.1	12	160	psi Con
46+	39	165.39	3817.1	4750.0	2.89	932.9	150	3"	5.35	0.63	106.3	904.6	899.3	0.0	100.9	0.0	143.6	162	160	psi
46+	48	4750.0	4902.5	798.3	2.89	152.5	150	3"	0.87	0.63	10.7	899.3	898.4	100.9	110.7	143.6	157.6	27	250	psi
48	68	4902.5	6941.8	787.7	2.89	2039.3	150	3"	11.69	0.63	21.0	898.4	886.7	110.7	120.1	157.6	170.9	354	250	psi VL
68	69	6941.8	6992.0	766.6	2.89	50.2	150	2½"	0.70	0.91	-7.6	886.7	886.0	120.1	111.8	170.9	159.1	9	250	psi
69	90	6992.0	8633.1	774.2	2.89	1641.1	150	2½"	22.87	0.91	-78.4	886.0	863.2	111.8	10.5	159.1	14.9	285	160	psi

Tabla XV Cálculo hidráulico para línea de distribución

Tramo De Est. A Est.	Caminamiento (m)		Cota (m)		Vivien- das	Q (l/s)	Longitud Horizontal (m)	C	Diám. hf com. (m)	vel m/s	Diferencia Cotas		Piezométrica		Presión mca		Presión PSI		Cant. Tubo	Tipo de Tubo	Observa ciones		
	Inicio	Final	Inicial	Final							Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final				Inicial	Final
0.00	2.00	0.0	55.6	850.53	846.04	117	4.000	55.59	150	3"	0.587	0.90	4.49	850.5	849.9	0.0	3.9	0.0	5.6	10	100 psi	Sale de tanque de Dist.	
2.00	110.00	55.6	595.6	846.04	825.32	25	0.830	539.96	150	1½"	9.068	0.73	20.72	849.9	840.9	3.9	15.6	5.6	22.1	95	125 psi		
110.00	113.00	595.6	737.4	825.32	824.55	25	0.830	141.83	150	1½"	5.788	1.05	0.77	840.9	835.1	15.6	10.5	22.1	15.0	25	125 psi		
113.00	115.00	737.4	878.4	824.55	802.83	25	0.830	141.00	150	1"	17.058	1.64	21.72	835.1	818.0	10.5	15.2	15.0	21.6	25	160 psi	CRP en E-115	
115.00	115.02	878.4	949.6	802.83	792.30	2	0.070	71.17	150	¾"	0.358	0.24	10.53	802.8	802.5	0.0	10.2	0.0	14.5	13	250 psi	E-115	
115.02	115.03	949.6	967.5	792.30	790.14	1	0.034	17.98	150	¾"	0.024	0.12	2.16	802.5	802.4	10.2	12.3	14.5	17.5	4	250 psi		
115.03	115.04	967.5	976.5	792.30	781.49	1	0.034	26.92	150	¾"	0.036	0.12	10.81	802.5	802.4	10.2	20.9	14.5	29.8	5	250 psi		
115.04	119.00	976.5	1094.3	802.83	762.23	22	0.714	215.94	150	1"	19.768	1.41	40.60	802.8	783.1	0.0	20.8	0.0	29.6	38	160 psi	CRP en E-115	
119.00	121.00	1094.3	1174.7	762.23	751.18	22	0.714	80.34	150	1"	7.355	1.41	11.05	783.1	775.7	20.8	24.5	29.6	34.9	15	160 psi		
121.00	142.00	1174.7	1292.8	751.18	741.54	17	0.550	118.09	150	1"	6.667	1.08	9.64	775.7	769.0	24.5	27.5	34.9	39.1	21	160 psi		
142.00	144.00	1292.8	1353.9	741.54	724.82	17	0.550	61.13	150	1"	3.451	1.08	16.72	769.0	765.6	27.5	40.8	39.1	58.0	11	160 psi		
144.00	144.01	1353.9	1411.8	724.82	724.13	1	0.040	57.94	150	¾"	0.104	0.14	0.69	765.6	765.5	40.8	41.4	58.0	58.9	11	250 psi		
144.01	145.00	1411.8	1384.7	724.82	718.82	15	0.476	30.81	150	1"	1.331	0.94	6.00	765.6	764.3	40.8	45.4	58.0	64.7	6	160 psi	CRP en E-145	
145.00	148.00	1384.7	1481.8	718.82	702.48	15	0.476	97.10	150	1"	4.195	0.94	16.34	718.8	714.6	0.0	12.1	0.0	17.3	17	160 psi		
148.00	149.02	1481.8	1627.4	702.48	681.18	2	0.070	145.57	150	¾"	0.733	0.24	21.30	714.6	713.9	12.1	32.7	17.3	46.6	26	250 psi		
149.02	151.00	1481.8	1573.5	702.48	706.05	13	0.408	91.75	150	1"	2.979	0.80	-3.57	714.6	711.6	12.1	5.6	17.3	8.0	17	160 psi		
151.00	152.00	1573.5	1617.5	706.05	708.05	1	0.040	43.91	150	¾"	0.078	0.14	-2.00	711.6	711.6	5.6	3.5	8.0	5.0	8	250 psi		
152.00	158.00	1617.5	1795.1	706.05	660.91	12	0.380	221.52	150	1"	6.306	0.75	45.14	706.1	699.7	0.0	38.8	0.0	55.3	39	160 psi		
158.00	158.04	1795.1	1903.8	660.91	643.28	1	0.030	108.78	150	¾"	0.114	0.10	17.63	699.7	699.6	38.8	56.4	55.3	80.2	20	250 psi		
158.04	158.05	1795.1	1916.9	660.91	656.57	2	0.070	121.84	150	¾"	0.614	0.24	4.34	699.7	699.1	38.8	42.6	55.3	60.6	22	250 psi		
158.05	159.00	1795.1	1831.6	660.91	653.73	5	0.150	36.57	150	1"	0.186	0.30	7.18	699.7	699.6	38.8	45.8	55.3	65.2	7	160 psi	CRP en E-159	
159.00	160.00	1831.6	1897.6	653.73	638.50	5	0.150	66.00	150	1"	0.336	0.30	15.23	653.7	653.4	0.0	14.9	0.0	21.2	12	160 psi		
160.00	160.07	1897.6	2116.4	638.50	630.67	3	0.090	218.81	150	¾"	1.755	0.31	7.83	653.4	651.6	14.9	21.0	21.2	29.8	39	250 psi		
160.07	160.06	1897.6	1991.8	638.50	626.18	2	0.060	94.21	150	¾"	0.357	0.21	12.32	653.4	653.0	14.9	26.9	21.2	38.2	17	250 psi		
160.06	125.00	1991.8	1174.7	1294.8	751.18	753.42	5	0.170	120.15	150	1"	0.771	0.34	-2.24	775.7	774.9	24.5	21.5	34.9	30.6	22	160 psi	CRP en E-159
125.00	136.00	1294.8	1774.3	753.42	700.97	5	0.170	479.48	150	1"	3.077	0.34	52.45	753.4	750.3	0.0	49.4	0.0	70.3	84	160 psi		
136.00	2.00	13.00	55.6	846.04	841.63	92	3.128	460.80	150	3"	3.088	0.70	4.41	849.9	846.9	3.9	5.2	5.6	7.4	81	100 psi		
2.00	13.00	55.6	516.4	846.04	815.86	7	0.238	113.34	150	1"	1.356	0.47	25.77	846.9	845.5	5.2	29.6	7.4	42.2	20	160 psi		

Continúa

Tramo De Est	A Est	Caminamiento		Cota (m)	Vivien- das	Vivien-Q (l/s)	Longitud Horizontal (m)	C	Diám. Inf com. (m) (pul)	vel m/s	Diferencia Cotas	Piezométrica		Presión mca		Presión PSI	Cant. Tubo	Tipo de Tubo	Observa- ciones			
		Inicial	Final									Inicial	Final	Inicial	Final							
13.03 +57.48	13.09	629.7	677.4	815.86	805.86	4	0.136	47.66	150	1"	0.202	0.27	10.00	815.9	815.7	0.0	9.8	0.0	13.9	9	160 psi	CRP en E- 13.03+5 7.48
13.09	13.10	677.4	715.0	805.86	801.57	1	0.034	37.64	150	¾"	0.050	0.12	4.29	815.7	815.6	9.8	14.0	13.9	20.0	7	250 psi	
13.09	13.11	677.4	734.3	805.86	792.48	1	0.034	56.89	150	¾"	0.075	0.12	13.38	815.6	815.5	9.7	23.1	13.9	32.8	10	250 psi	
13.00	14.00	516.4	683.2	841.63	843.77	77	2.618	166.79	150	3"	0.804	0.59	-2.14	846.9	846.1	5.2	2.3	7.4	3.3	30	100 psi	
14.00	18.00	683.2	882.7	843.77	835.78	77	2.618	199.52	150	3"	0.962	0.59	7.99	846.1	845.1	2.3	9.3	3.3	13.3	35	100 psi	
18.00	18.05	882.7	1005.3	835.78	817.81	4	0.136	122.60	150	1"	0.520	0.27	17.97	845.1	844.6	9.3	26.8	13.3	38.1	22	160 psi	
18.05	18.07	1005.3	1119.2	817.81	767.54	4	0.136	113.91	150	1"	0.484	0.27	50.27	817.8	817.3	0.0	49.8	0.0	70.9	20	160 psi	CRP en E-18.05
18.07	18.11	1119.2	1433.0	767.54	724.52	4	0.136	313.78	150	1"	1.332	0.27	43.02	767.5	766.2	0.0	41.7	0.0	59.3	55	160 psi	CRP en E-18.07
18.11	18.20	1433.0	1682.8	724.52	692.46	4	0.136	249.78	150	1"	1.060	0.27	32.06	724.5	723.5	0.0	31.0	0.0	44.1	44	160 psi	CRP en E-18.11
18.00	19.00	882.7	950.7	835.78	834.05	70	2.380	67.95	150	2"	1.978	1.19	1.73	845.1	843.1	9.3	9.1	13.3	12.9	12	100 psi	
19.00	20.00	950.7	1052.6	834.05	833.13	70	2.380	101.99	150	2"	2.968	1.19	0.92	843.1	840.1	9.1	7.0	12.9	10.0	18	100 psi	
20.00	20.07	1052.6	1282.9	833.13	806.01	2	0.068	230.23	150	1"	0.271	0.13	27.12	840.1	839.9	7.0	33.9	10.0	48.2	41	160 psi	
20.00	21.00	1052.6	1084.5	833.13	830.76	70	2.380	31.83	150	1½"	3.760	2.11	2.37	840.1	836.4	7.0	5.6	10.0	8.0	6	125 psi	
21.00	22.00	1084.5	1137.8	830.76	824.80	68	2.312	53.31	150	1½"	5.970	2.05	5.96	836.4	830.4	5.6	5.6	8.0	8.0	10	125 psi	
22.00	22.06	1137.8	1244.7	824.80	822.26	6	0.204	106.91	150	1½"	0.324	0.26	2.54	830.4	830.1	5.6	7.8	8.0	11.1	19	125 psi	
22.06	22.08	1244.7	1301.2	822.26	808.10	3	0.102	56.47	150	1"	0.141	0.20	14.16	822.3	822.1	0.0	14.0	0.0	20.0	10	160 psi	CRP en E-22.06
22.08	22.17	1301.2	1502.9	808.10	808.69	2	0.068	201.76	150	1"	0.237	0.13	-0.59	822.1	821.9	14.0	13.2	20.0	18.8	36	160 psi	
22.08	22.20	1301.2	1344.6	808.10	806.85	1	0.034	43.43	150	¾"	0.057	0.12	1.25	822.1	822.1	14.0	15.2	20.0	21.7	8	250 psi	
22.00	23.00	1137.8	1230.9	824.80	812.89	60	2.040	93.14	150	1½"	8.272	1.81	11.91	830.4	822.1	5.6	9.3	8.0	13.2	17	125 psi	
23.00	23.04	1230.9	1360.3	812.89	799.93	2	0.068	129.33	150	1"	0.152	0.13	12.96	822.1	822.0	9.3	22.1	13.2	31.4	23	160 psi	
23.00	25.00	1230.9	1344.5	812.89	802.07	58	1.972	113.57	150	1½"	9.472	1.74	10.82	822.1	812.7	9.3	10.6	13.2	15.1	20	125 psi	
25.00	25.02	1344.5	1409.6	802.07	796.67	7	0.238	65.14	150	1"	0.780	0.47	5.40	812.7	811.9	10.6	15.2	15.1	21.7	12	160 psi	
25.02	25.04	1409.6	1467.6	796.67	798.27	2	0.068	57.99	150	1"	0.068	0.13	-1.60	811.9	811.8	15.2	13.6	21.7	19.3	11	160 psi	
25.02	25.05	1409.6	1536.8	796.67	747.40	5	0.170	127.21	150	1"	0.816	0.34	49.27	796.7	795.9	0.0	48.5	0.0	69.0	23	160 psi	CRP en E-25.02
25.05	25.07	1536.8	1571.3	747.40	750.83	1	0.034	34.50	150	1"	0.011	0.07	-3.43	795.9	795.8	48.5	45.0	69.0	64.1	7	160 psi	

Continúa

Tramo De Est	A Est	Caminamiento		Cota (m)		Vivien- das	Q (ft/s)	Longitud Horizontal (m)	C	Díam. com. (pul)	Inf (m)	vel m/s	Diferencia Cotas		Piezométrica		Presión mca		Presión PSI		Cant. Tubo	Tipo de Tubo	Observa- ciones
		Inicio	Final	Inicial	Final								Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final			
25.05	25.08	1536.8	1572.8	747.40	749.91	4	0.136	35.99	150	1"	0.153	0.27	-2.51	795.9	795.7	48.5	45.8	69.0	65.2	7	160	psi	
25.08	25.09	1572.8	1618.7	749.91	736.24	4	0.136	45.87	150	1"	0.195	0.27	13.67	749.9	749.7	0.0	13.5	0.0	19.2	9	160	psi	CRP en E-25.08
25.09	25.10	1618.7	1636.7	736.24	737.63	2	0.068	17.99	150	1"	0.021	0.13	-1.39	749.7	749.7	13.5	12.1	19.2	17.2	4	160	psi	
25.00	25.21	1344.5	1393.9	802.07	791.29	1	0.034	49.38	150	1"	0.016	0.07	10.78	812.7	812.7	10.6	21.4	15.1	30.4	9	160	psi	
25.21	25.23	1393.9	1584.1	791.29	764.26	1	0.034	190.22	150	¾"	0.252	0.12	27.03	791.3	791.0	0.0	26.8	0.0	38.1	34	250	psi	CRP en E-25.21
25.00	28.00	1344.5	1511.1	802.07	787.27	50	1.700	166.57	150	1½"	10.553	1.50	14.80	812.7	802.1	10.6	14.8	15.1	21.1	30	125	psi	
28.00	28.02	1511.1	1555.1	787.27	786.66	3	0.102	43.99	150	1"	0.110	0.20	0.61	802.1	802.0	14.8	15.3	21.1	21.8	8	160	psi	
28.02	28.09	1555.1	1753.1	786.66	760.76	1	0.034	198.06	150	¾"	0.262	0.12	25.90	786.7	786.4	0.0	25.6	0.0	36.5	35	250	psi	CRP en E-28.02
28.00	41.00	1511.1	1551.6	787.27	783.33	45	1.530	40.57	150	1½"	2.115	1.35	3.94	802.1	800.0	14.8	16.7	21.1	23.7	8	125	psi	
41.00	41.04	1551.6	1699.1	783.33	778.29	2	0.068	147.51	150	1"	0.173	0.13	5.04	800.0	799.8	16.7	21.5	23.7	30.7	26	160	psi	
41.00	29.00	1551.6	1641.0	783.33	777.51	34	1.156	89.41	150	1¼"	6.739	1.47	5.82	800.0	793.3	16.7	15.8	23.7	22.4	16	125	psi	
29.00	30.00	1641.0	1703.8	777.51	767.11	2	0.068	62.71	150	1"	0.074	0.13	10.40	793.3	793.2	15.8	26.1	22.4	37.1	11	160	psi	
30.00	34.00	1703.8	2109.3	767.11	730.64	2	0.068	405.59	150	¾"	1.936	0.24	36.47	767.1	765.2	0.0	34.5	0.0	49.1	71	250	psi	CRP en E-30
34.00	39.00	2109.3	2344.2	730.64	744.16	1	0.034	234.87	150	¾"	0.311	0.12	-13.52	765.2	764.9	34.5	20.7	49.1	29.5	42	250	psi	
41.00	43.00	1551.6	2053.6	783.33	782.64	9	0.306	501.93	150	1½"	1.328	0.27	0.69	800.0	798.7	16.7	16.0	23.7	22.8	88	125	psi	
43.00	44.00	2053.6	2083.5	782.64	781.32	9	0.306	29.94	150	1"	0.571	0.60	1.32	798.7	798.1	16.0	16.8	22.8	23.9	6	160	psi	
44.00	48.00	2083.5	2195.3	781.32	756.69	3	0.102	111.81	150	1"	0.279	0.20	24.63	798.1	797.8	16.8	41.1	23.9	58.5	20	160	psi	
48.00	49.03	2195.3	2254.2	756.69	739.96	3	0.102	58.91	150	1"	0.147	0.20	16.73	756.7	756.5	0.0	16.6	0.0	23.6	11	160	psi	CRP en E-48
44.00	57.00	2083.5	2458.9	781.32	788.97	6	0.204	375.35	150	1"	3.376	0.40	-7.65	798.1	794.7	16.8	5.8	23.9	8.2	66	160	psi	
57.00	57.01a	2458.9	2550.8	788.97	750.01	3	0.102	91.95	150	1"	0.229	0.20	38.96	794.7	794.5	5.8	44.5	8.2	63.3	17	160	psi	
57.01a	57.03	2550.8	2712.1	750.01	710.12	2	0.068	161.32	150	1"	0.190	0.13	39.89	750.0	749.8	0.0	39.7	0.0	56.5	29	160	psi	CRP en E- 57.01a
57.03	57.04	2712.1	2850.7	710.12	719.17	1	0.034	138.53	150	¾"	0.183	0.12	-9.05	749.8	749.6	39.7	30.5	56.5	43.4	25	250	psi	
57.03	57.05	2712.1	2786.3	710.12	723.02	1	0.034	74.15	150	¾"	0.098	0.12	-12.90	749.8	749.7	39.7	26.7	56.5	38.0	13	250	psi	
57.00	61.00	2458.9	2555.5	788.97	780.68	2	0.068	96.68	150	1"	0.114	0.13	8.29	794.7	794.6	5.8	13.9	8.2	19.8	17	160	psi	

Continúa

Tramo De Est	A Est	Caminamiento		Cota (m)		Vivien- das	Q (ft/s)	Longitud Horizontal (m)	C	Díam. com. (pul)	hf (m)	vel m/s	Diferencia Cotas		Piezométrica		Presión mca		Presión PSI		Cant. Tubo	Tipo de Tubo	Observa- ciones
		Inicio	Final	Inicial	Final								Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final			
61.00	29.05	2555.5	3010.8	780.68	747.64	2	0.068	455.26	150	1"	0.535	0.13	33.04	780.7	780.1	0.0	32.5	0.0	46.3	80	160 psi	CRP en E-61	
29.00	29.05	1641.0	1711.4	777.51	771.25	3	0.102	70.33	150	1 1/4"	0.059	0.13	6.26	793.3	793.2	15.8	22.0	22.4	31.2	13	125 psi		
29.00	40.13	1641.0	1981.0	777.51	760.68	29	0.986	339.98	150	1 1/4"	19.087	1.25	16.83	793.3	774.2	15.8	13.5	22.4	19.2	60	125 psi		
40.13	40.14	1981.0	2070.8	760.68	758.06	3	0.102	29.75	150	1"	0.074	0.20	2.62	774.2	774.1	13.5	16.0	19.2	22.8	6	160 psi	CRP en E-40.14	
40.14	40.19	2010.8	2105.8	758.06	731.98	3	0.102	95.06	150	1"	0.237	0.20	26.08	758.1	757.8	0.0	25.8	0.0	36.8	17	160 psi		
40.13	40.26	1981.0	2032.4	760.68	755.23	17	0.578	51.40	150	1"	3.181	1.14	5.45	774.2	771.0	13.5	15.8	19.2	22.4	9	160 psi		
40.26	40.28	2032.4	2067.6	755.23	761.71	3	0.102	35.16	150	1"	0.088	0.20	-6.48	771.0	770.9	15.8	9.2	22.4	13.1	7	160 psi		
40.26	40.30	2032.4	2088.0	755.23	751.59	13	0.442	55.60	150	1"	2.094	0.87	3.64	771.0	768.9	15.8	17.3	22.4	24.6	10	160 psi		
40.30	40.31	2088.0	2153.4	751.59	759.05	1	0.034	65.38	150	3/4"	0.086	0.12	-7.46	768.9	768.8	17.3	9.8	24.6	13.9	12	250 psi		
40.30	40.33	2088.0	2125.8	751.59	750.03	2	0.068	37.81	150	1"	0.044	0.13	1.56	768.9	768.9	17.3	18.8	24.6	26.8	7	160 psi		
40.30	40.34	2088.0	2150.6	751.59	742.39	8	0.272	62.62	150	1"	0.960	0.54	9.20	768.9	767.9	17.3	25.6	24.6	36.4	11	160 psi		
40.34	40.40	2150.6	2227.9	742.39	737.66	3	0.102	77.26	150	3/4"	0.781	0.36	4.73	767.9	767.2	25.6	29.5	36.4	42.0	14	250 psi	CRP en E-40.34	
40.34	40.46	2150.6	2330.9	742.39	716.30	5	0.170	180.21	150	1"	1.156	0.34	26.09	742.4	741.2	0.0	24.9	0.0	35.5	32	160 psi		

ANEXOS

1. EXAMEN FÍSICO QUÍMICO

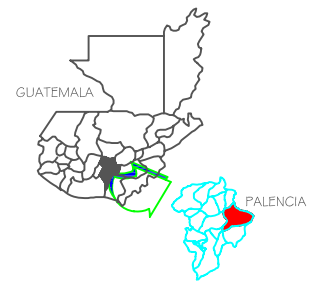
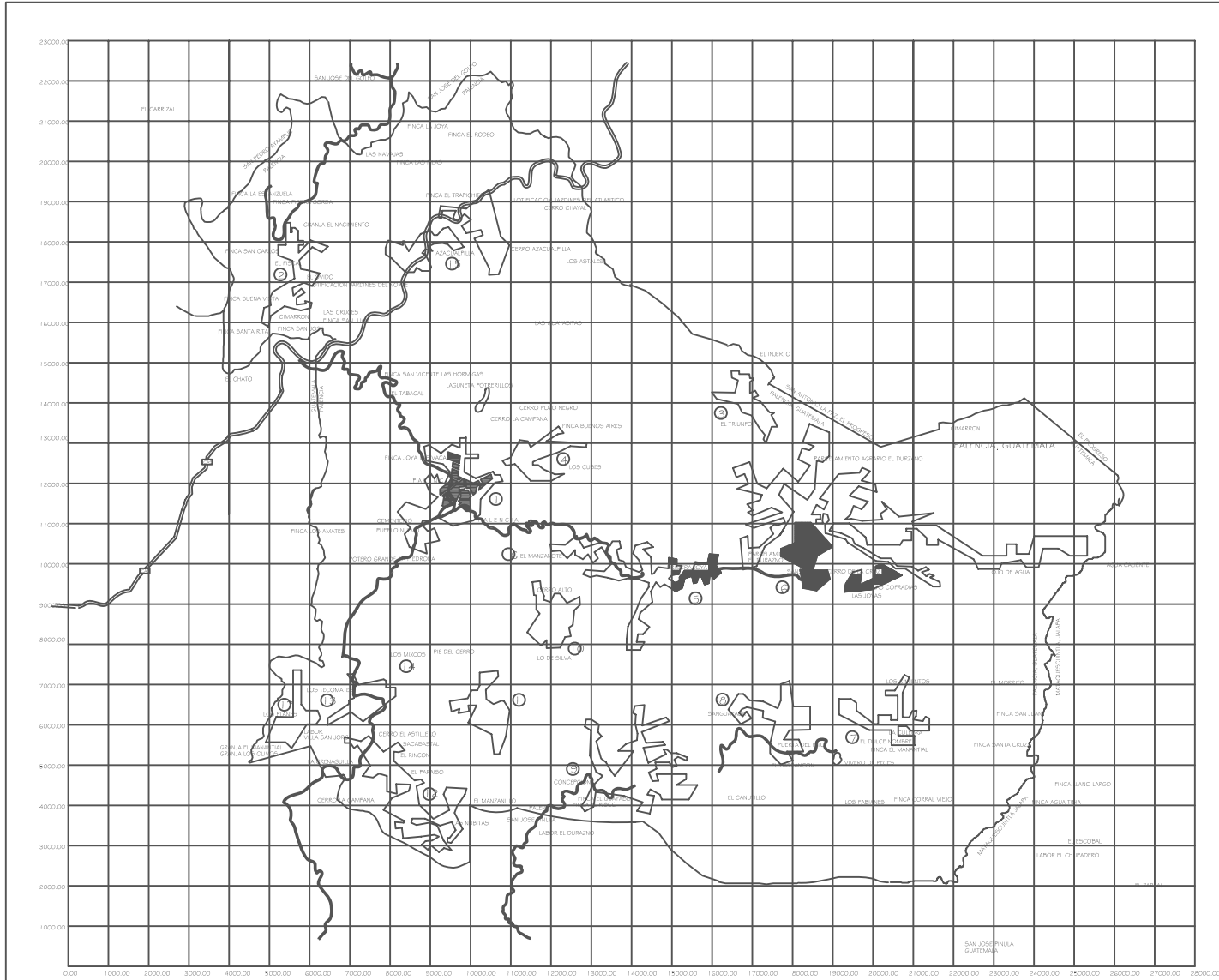
Fuente: Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS) de la Facultad de Ingeniería y la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) de la Municipalidad de Guatemala.

2. EXAMEN BACTERIOLÓGICO

Fuente: Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS) de la Facultad de Ingeniería y la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) de la Municipalidad de Guatemala.

3. PLANOS COMPLETOS

Un juego completo de planos fue reproducido en tamaño carta para efectos de este trabajo de graduación.



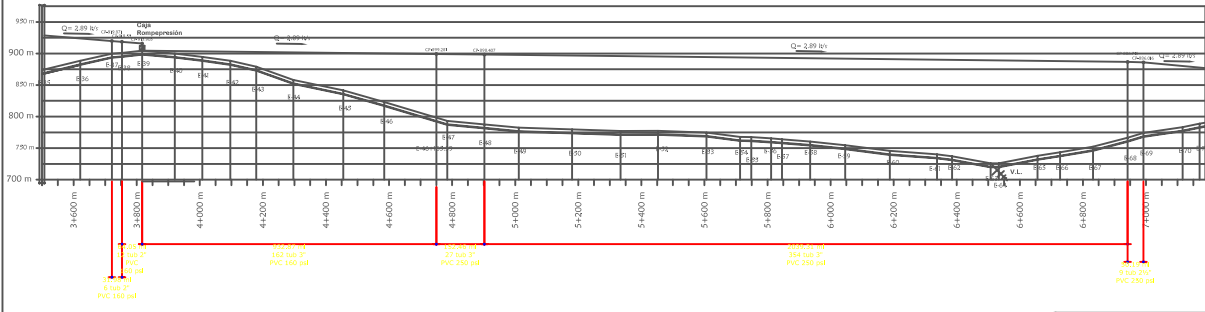
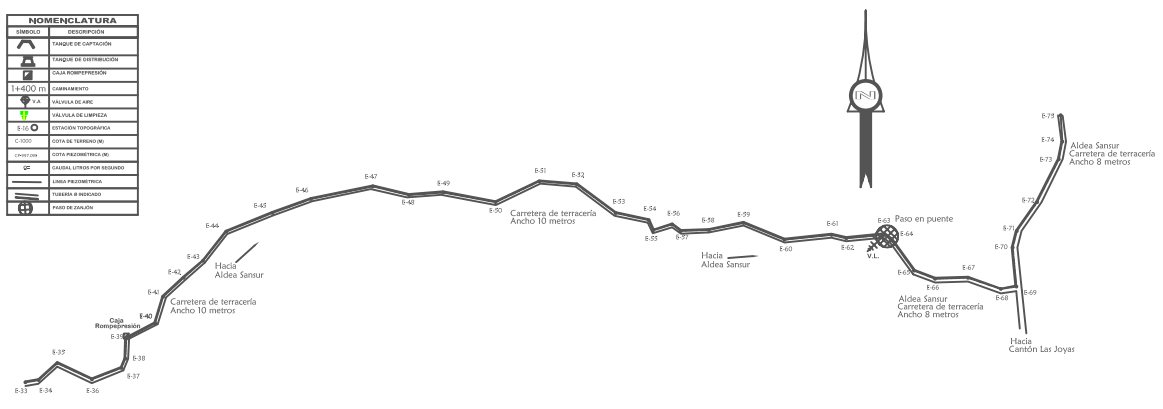
MUNICIPIO: PALENCIA, GUATEMALA
 ALTURA: 1,502 Mt. snm
 EXTENSION: 196,00 km
 COORDENADAS: LATITUD= 14°38'00" LONGITUD= 90°0'11'00"
 POBLACION: 52,000 HABITANTES (CENSO 2002)

- LISTADO DE ALDEAS
- 1- CABECERA MUNICIPAL
 - 2- ALDEA EL FISCAL
 - 3- ALDEA EL TRIUNFO
 - 4- ALDEA LOS CUBES
 - 5- ALDEA PLAN GRANDE
 - 6- ALDEA SANSUR
 - 7- ALDEA DULCE NOMBRE
 - 8- ALDEA SANGUAYABA
 - 9- ALDEA LA CONCEPCION
 - 10- ALDEA LO DE SILVA
 - 11- ALDEA BUENA VISTA
 - 12- ALDEA EL PARAISO
 - 13- ALDEA LOS TECOMANTES
 - 14- ALDEA LOS MIXCOS
 - 15- ALDEA AZACUALPILLA
 - 16- ALDEA EL MANZANOTE
 - 17- ALDEA LOS PLANES

MAPA MUNICIPIO DE PALENCIA
 PLANO DE LOCALIZACION ALDEA SANSUR
 ESCALA 1_50,000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FECHA: MAYO 2,005	PROYECTO: Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Sansur, municipio de Palencia, Guatemala
FECHA: INDICADA	MUNICIPALIDAD DE PALENCIA
DISEÑO: Donald Poz	COORDINARE: PLANO DE LOCALIZACION
ELABORADO POR: David Granillo y Donald Poz	ELABORADO POR: Donald Poz

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	PUNTO DE CAPTACIÓN
	PUNTO DE CONSTRUCCIÓN
	CAÑA DE CONDUCCIÓN
1:4000 m	ESCALA
	VALLE DE CAPTACIÓN
	VALLE DE LIMPIEZA
	ESTACION TOPOGRÁFICA
C:1000	COTA DE TALLADO DE
	CARRETERA EN EL CENTRO
	LÍNEA AXIOMÉTRICA
	TUBERÍA Y MUELINO
	PASEO DE CALLES



Planta - Perfil
Línea de conducción

Escala H - 1:5000 V - 1:2500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

MAYO 2005

INDICADA

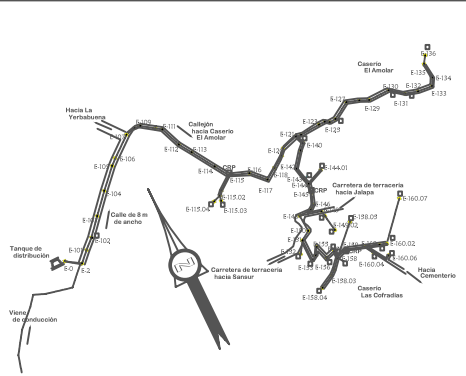
Elaborado por

Revisado por

APROBADO

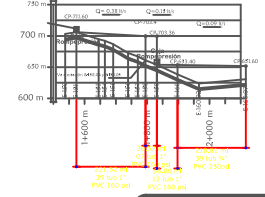
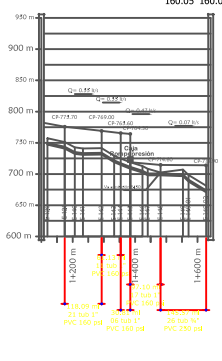
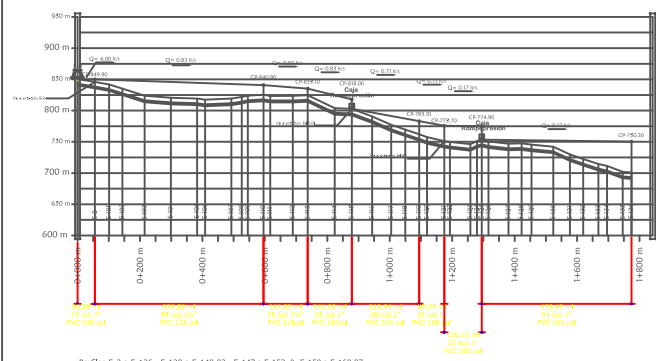
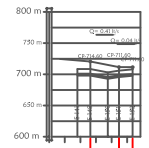
PLANTA Y PERFIL CONDUCCIÓN

05 18



ES	PO	AZMUT	DH	121.00	122.00	100 45 32	17.90	146.00	147.00	227 39 18	16.90	
0.00	2.00	123 1 32	55.59	122.00	123.00	86 6 20	65.80	147.00	148.00	268 10 56	41.16	
2.00	101.00	44 40 17	45.39	123.00	124.00	89 0 10	20.81	148.00	149.00	104 8 44	71.71	
101.00	102.00	46 56 12	42.97	124.00	125.00	123 31 55	15.64	149.00	149.01	169 39 27	17.80	
102.00	102.01	136 56 12	3.00	125.00	126.00	86 41 19	21.64	149.01	149.02	170 44 35	56.06	
102.00	103.00	41 1 9	71.19	126.00	126.01	144 10 17	8.92	148.00	150.00	175 38 44	55.99	
103.00	104.00	41 29 22	83.86	126.00	127.00	58 31 59	63.80	150.00	151.00	237 20 8	35.76	
104.00	105.00	43 23 45	83.98	127.00	128.00	107 42 26	42.00	151.00	152.00	213 30 8	43.91	
105.00	106.00	48 24 11	25.88	128.00	129.00	114 7 13	31.88	151.00	153.00	179 9 14	71.50	
106.00	107.00	51 12 45	83.98	129.00	130.00	88 38 21	69.84	153.00	153.01	247 22 26	3.50	
107.00	108.00	76 0 12	32.99	130.00	130.01	150 0 26	11.98	153.00	154.00	59 56 14	19.67	
108.00	109.00	95 22 20	19.76	130.00	131.00	127 58 18	53.08	154.00	155.00	30 26 38	26.99	
109.00	110.00	124 44 59	49.96	131.00	131.01	196 4 19	2.60	155.00	156.00	163 18 32	47.29	
110.00	111.00	124 14 20	21.85	131.00	132.00	106 19 41	42.75	156.00	156.01	154 49 50	11.81	
111.00	112.00	158 35 16	72.00	132.00	133.00	95 13 34	48.63	156.00	157.00	73 18 32	31.68	
112.00	113.00	146 54 9	47.98	133.00	134.00	26 33 49	27.68	157.00	157.01	20 13 36	6.25	
113.00	114.00	147 39 21	86.34	134.00	135.00	353 49 57	50.21	157.00	158.00	179 14 26	24.39	
114.00	115.00	147 19 3	54.66	135.00	136.00	33 49 59	27.97	158.00	158.01	145 40 44	19.38	
115.00	115.01	233 19 3	54.66	136.00	137.00	121 34 50	32.26	158.00	158.02	221 17 26	39.40	
115.01	115.02	221 26 50	16.51	137.00	138.00	140 14 00	225 35 49	25.86	158.02	158.03	229 0 2	18.90
115.02	115.03	192 43 33	17.98	140.00	141.00	225 35 49	25.86	158.03	158.04	241 44 44	50.48	
115.03	115.04	250 14 21	26.92	141.00	142.00	218 1 51	59.97	158.00	158.05	45 2 20	121.84	
115.00	116.00	109 39 20	65.39	142.00	143.00	168 8 52	40.07	158.00	158.06	49 9 50	13.10	
116.00	117.00	135 44 42	61.10	143.00	143.01	79 51 14	12.30	158.00	159.00	68 21 44	36.57	
117.00	118.00	55 48 3	44.68	143.00	144.00	163 2 13	21.06	159.00	160.00	108 6 53	66.00	
118.00	119.00	57 40 47	44.77	144.00	144.01	67 22 15	57.94	160.00	160.01	108 23 32	45.27	
119.00	120.00	36 30 41	25.04	144.00	145.00	189 5 43	30.81	160.00	160.02	107 42 32	68.81	
120.00	121.00	72 31 2	55.30	145.00	146.00	199 15 8	39.04	160.02	160.07	41 18 15	150.00	
								160.00	160.04	153 51 8	32.48	
								160.00	160.05	147 59 20	78.23	
								160.05	160.06	55 25 38	15.98	

NOMENCLATURA	
Símbolo	Descripción
[Icono]	TANQUE
[Icono]	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
[Icono]	CALA DE COMPRESIÓN (C.A.P.)
[Icono]	CANTONAMIENTO
[Icono]	BARRERA TOPOGRÁFICA
[Icono]	COTA DE TERRENO
[Icono]	COTA PROYECTADA
[Icono]	CANTONAMIENTO POR INCLINACIÓN
[Icono]	LÍNEA PROYECTADA
[Icono]	TANQUE DE RESERVA



Perfiles E-2 a E-136, E-120 a E-149.02, E-147 a E-152, E-150 a E-160.07

Planta - Perfil

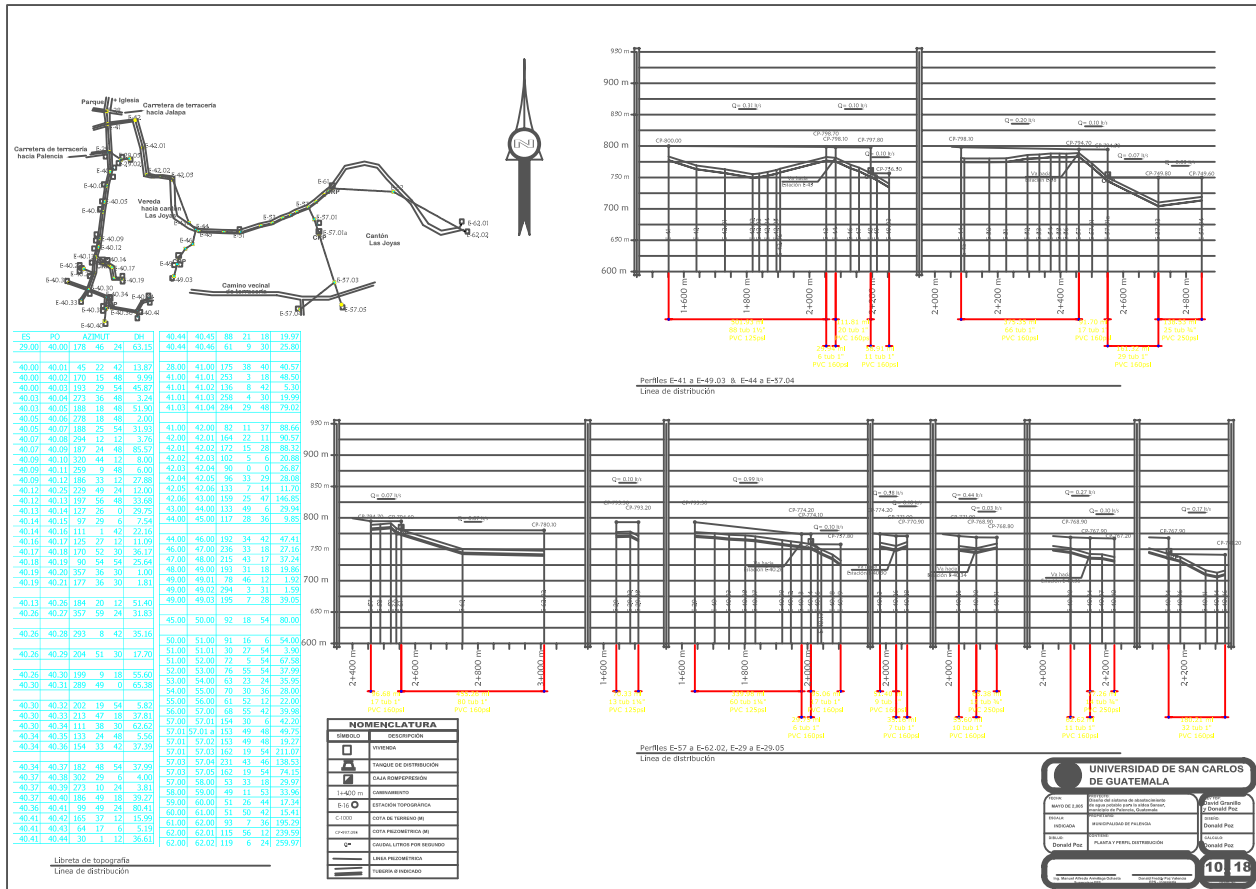
Línea de distribución

Escala H - 1:5000 V - 1:2500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

<p>PROYECTO: Sistema de distribución de agua potable para el casco urbano de San Carlos y Zona Puz</p> <p>CLIENTE: MUNICIPALIDAD DE SAN CARLOS</p> <p>PROYECTANTE: Daniel Paz</p> <p>PLANTA Y PERFILES DE DISTRIBUCIÓN</p>	<p>PROYECTO: Sistema de distribución de agua potable para el casco urbano de San Carlos y Zona Puz</p> <p>CLIENTE: MUNICIPALIDAD DE SAN CARLOS</p> <p>PROYECTANTE: Daniel Paz</p>
--	--

07 18



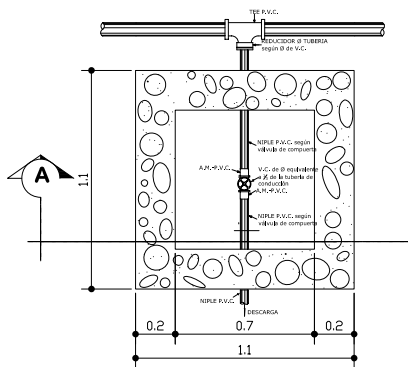
ES	PO	CH	DA	40.44	40.45	88	21	18	19.97		
29.00	40.00	178	46	24	63.15	40.44	40.46	61	9	30	25.80
40.00	40.01	45	22	42	13.87	28.00	41.00	175	38	40	40.57
40.00	40.02	170	15	48	9.99	41.00	41.01	253	3	18	48.50
40.00	40.03	193	29	34	45.57	41.01	41.02	238	6	42	5.30
40.03	40.04	273	36	48	3.24	41.01	41.03	258	4	30	19.99
40.03	40.05	188	18	48	51.00	41.03	41.04	284	29	48	79.02
40.05	40.06	278	18	48	2.09	41.05	40.07	188	25	54	31.03
40.07	40.08	204	12	12	3.76	42.00	42.01	184	22	11	90.57
40.07	40.09	187	24	48	85.57	42.01	42.02	172	15	28	88.37
40.09	40.10	320	44	12	8.00	42.02	42.03	182	5	6	20.88
40.09	40.11	259	9	48	6.00	42.03	42.04	96	0	0	26.87
40.09	40.12	186	12	12	27.88	42.04	42.05	96	33	29	28.88
40.12	40.25	229	49	24	12.00	42.05	42.06	133	7	14	11.70
40.12	40.26	197	36	48	33.58	42.06	42.07	159	25	47	146.85
40.13	40.27	127	26	0	25.25	43.00	44.00	133	49	6	29.94
40.14	40.28	37	29	6	7.54	44.00	45.00	117	28	36	9.85
40.14	40.29	111	12	12	22.16	44.00	46.00	182	34	42	47.41
40.15	40.30	135	27	12	11.09	44.00	47.00	226	33	19	27.16
40.17	40.18	170	52	30	36.17	46.00	47.00	226	33	19	27.16
40.18	40.19	50	54	54	25.64	47.00	48.00	415	43	17	37.24
40.19	40.20	357	36	30	1.00	48.00	49.00	183	31	18	19.86
40.19	40.21	177	36	30	1.81	49.00	49.01	78	46	12	1.92
40.13	40.26	184	20	12	51.40	49.00	49.02	294	3	31	1.99
40.26	40.27	357	59	24	31.83	45.00	50.00	82	18	54	80.00
40.26	40.28	293	8	42	35.16	50.00	51.00	91	16	6	54.00
40.26	40.29	204	51	30	17.70	51.00	51.01	10	27	54	3.00
40.26	40.30	199	9	18	55.00	51.00	52.00	72	5	94	67.58
40.30	40.31	289	49	0	65.36	52.00	53.00	78	95	94	37.99
40.30	40.32	263	19	54	5.83	53.00	54.00	63	23	24	35.95
40.30	40.33	213	47	18	97.81	54.00	55.00	78	30	36	88.00
40.30	40.34	111	38	30	62.62	55.00	56.00	61	52	12	22.00
40.34	40.35	133	24	48	5.50	56.00	57.00	68	55	42	39.98
40.34	40.36	154	33	42	37.39	57.00	57.01	154	30	6	62.30
40.34	40.37	182	48	54	37.99	57.01	57.02	153	49	48	49.75
40.37	40.38	302	29	6	4.00	57.02	57.03	182	17	24	19.27
40.37	40.39	271	19	24	1.93	57.03	58.00	53	18	24	29.97
40.37	40.40	186	49	18	39.77	58.00	59.00	49	11	53	33.90
40.38	40.41	186	49	18	39.77	59.00	60.00	51	36	44	13.24
40.41	40.42	165	17	12	15.98	60.00	61.00	51	50	47	15.41
40.41	40.43	64	17	6	5.19	61.00	62.00	73	7	36	195.29
40.41	40.44	30	1	12	36.83	62.00	62.01	115	36	12	129.99
40.41	40.45	30	1	12	36.83	62.00	62.02	119	6	24	259.97

NOMENCLATURA	
TIPO DE LINEA	DESCRIPCION
[Symbol]	LINEA
[Symbol]	LINEA DE DISTRIBUCION
[Symbol]	SEALIA DE DISTRIBUCION
[Symbol]	COMUNICACION
[Symbol]	ESTACION TOPOGRAFICA
[Symbol]	ESTACION DE NIVELACION
[Symbol]	DATA PROYECTOS DE INGENIERIA
[Symbol]	LIBRETA LITRO POR RESERVOIR
[Symbol]	LINEA PROYECTADA
[Symbol]	TERRAZA Y PAVIMENTO

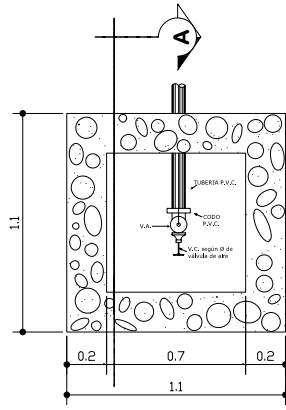
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

INSTITUTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INSTITUTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INSTITUTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	INSTITUTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INSTITUTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INSTITUTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	INSTITUTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INSTITUTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INSTITUTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
--	--	--

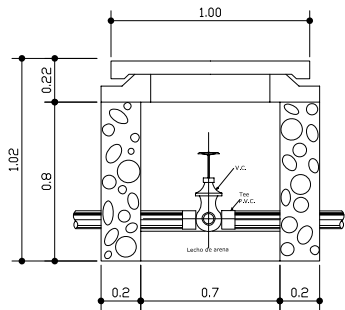
10 18



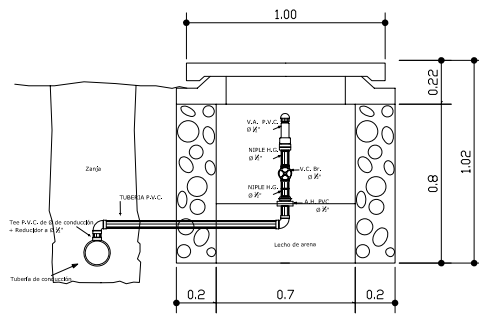
Planta Válvula de limpieza Escala 1:10



Planta Válvula de aire Escala 1:10



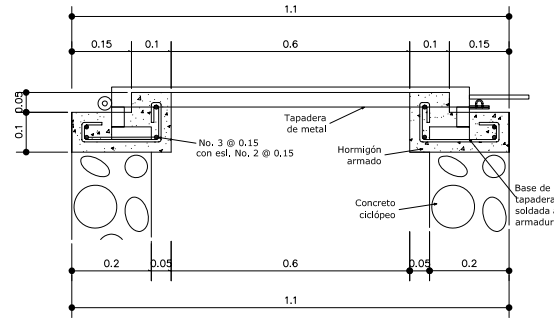
Sección A-A Escala 1:10



Sección A-A Escala 1:10

NOTAS:

- 1- Las válvulas se asentarán sobre un lecho de arena.
- 2- Las paredes de las cajas se construirán con mampostería de piedra de la siguiente manera: 33% de mortero, 67% de piedra bola.
- 3- El mortero se hará en la proporción 1:2 cemento : arena.
- 4- El concreto deberá tener resistencia $f'c=281 \text{ kg/cm}^2$.
- 5- Se realizará un alisado interior y exterior de cemento y arena de río en proporción 1:1 para impermeabilizar las paredes internas de la caja, con recubrimiento mínimo de 1.5 cm.
- 6- Todas las dimensiones están dadas en centímetros.
- 7- El hierro de refuerzo será de $\varnothing 3/8"$
- 8- El diámetro de la válvula de limpieza será la mitad del diámetro de la tubería de conducción donde sea ubicada.
- 9- Las especificaciones de los materiales de las puertas de metal para las cajas se encuentran en el plano que describe el tanque de distribución y serán adaptadas al tamaño que requiere cada caja.
- 10- La válvula de compuerta a instalar para limpieza tendrá un diámetro que corresponderá a $1/3$ del diámetro de la tubería donde se instalará.
- 11- La válvula de aire a instalar tendrá un diámetro equivalente a $1/6$ del diámetro de la tubería de conducción donde se instalará.

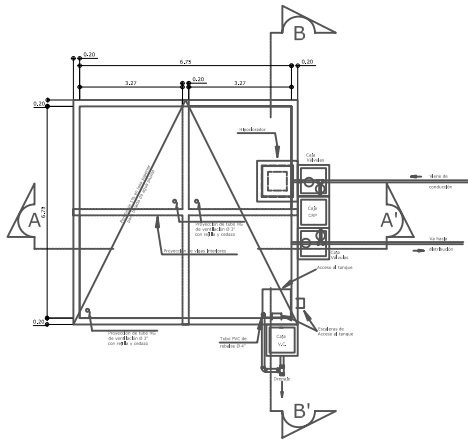


Detalle de tapadera

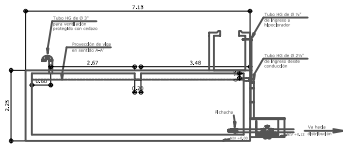
Escala 1:05

Cajas de válvulas Detalles

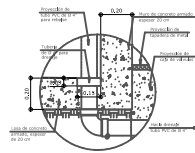
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FECHA MAYO 2005	PROYECTO Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la zona Suror, Municipio de Palencia, Guatemala	CLIENTE David Granillo y Donatillo Poz
INDICADA	MUNICIPALIDAD DE PALENCIA	INGENIERO Donatillo Poz
ELABORADO Donatillo Poz	CONTENIDO Detalles: Cajas para válvulas	REVISADO Donatillo Poz
<small>Instituto de Ingeniería y Arquitectura</small> <small>Donatillo Poz</small>		12 / 18



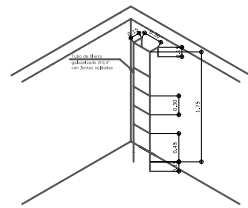
Planta general
Tanque de Distribución 75 m³ Escala 1:50



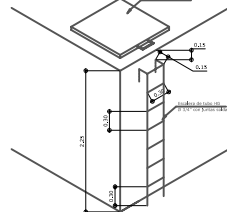
Sección A-A'
Tanque de Distribución 75 m³ Escala 1:50



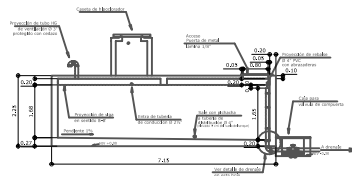
Detalle de
Drenaje Escala 1:10



Detalle de
escalera interna Escala 1:50



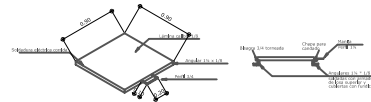
Detalle de
escalera externa Escala 1:25



Sección B-B'
Tanque de Distribución 75 m³ Escala 1:50

ESPECIFICACIONES:

Todas las medidas están dadas en metros a menos que se indique lo contrario.
Concreto con resistencia f'c 281 kg/cm².

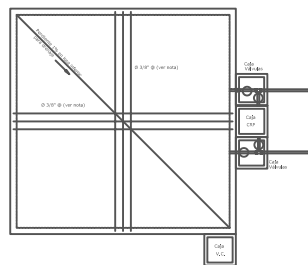


Detalles
Puerta metal Escala 1:25

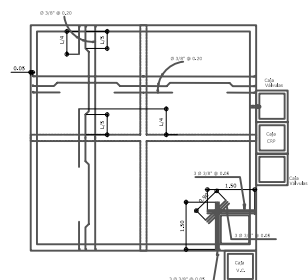


Detalle de puerta metal
Vista Inferior e Isométrico Escala 1:25

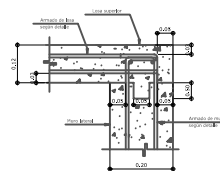
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
PROYECTO: 2005	Objeto del sistema de abastecimiento de agua potable para la zona beneficiaria de la Municipalidad de Palencia, Guatemala	Proyecto: Sistema de Agua Potable y Drenaje de Palencia
INDICADA:	MUNICIPALIDAD DE PALENCIA	Palencia, Guatemala
PROYECTO:	TANQUE DE DISTRIBUCION	Palencia, Guatemala
13 18		



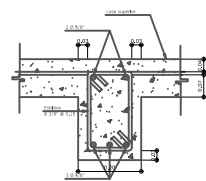
Detalle de armado losa inferior
Tanque de Distribución 75 m³
(Detalle típico para cama inferior y superior
espaciamiento en cama superior @ 0,15 m
espaciamiento en cama inferior @ 0,20 m)



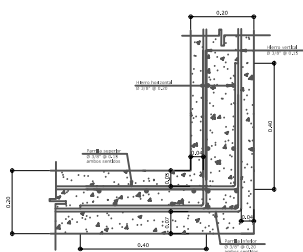
Detalle de armado losa superior
Tanque de Distribución 75 m³



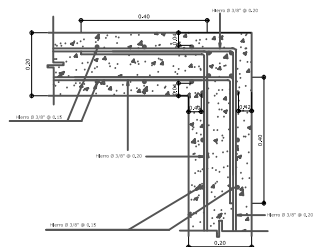
Detalle de unión
entre losa superior y muro
Escala 1:05



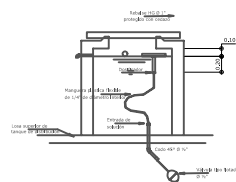
Detalle de vigas en
losa superior ambos sentidos
Escala 1:5



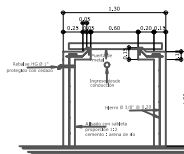
Detalle de armado en
unión entre losa inferior
y muro lateral
Escala 1:05



Planta de detalle de armado
en esquinas de muros
Escala 1:05

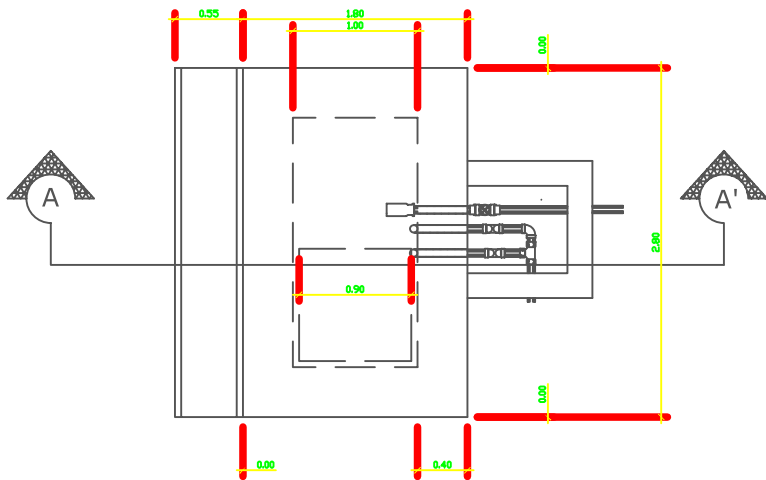


Detalle de artefactos
hipoclorador
Escala 1:20

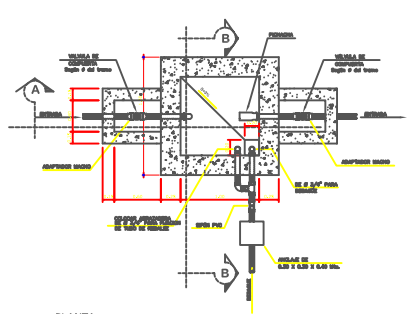


Detalle de armado
hipoclorador
Escala 1:20

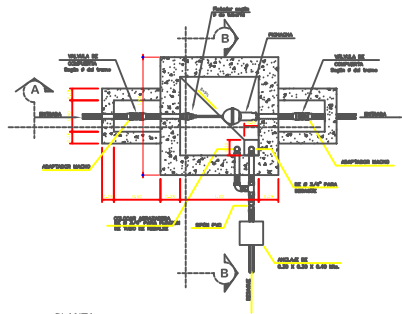
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
Fecha: MAYO 2,008 Lugar: INDICADA Proyecto: TANQUE DE DISTRIBUCION	Proyecto: Sistema de abastecimiento de agua potable para la zona rural de SAN CARLOS, GUATEMALA Cliente: MUNICIPALIDAD DE PALENCIA Proyecto: TANQUE DE DISTRIBUCION
Autor: Daniel Paz Revisor: Daniel Paz	Controlador: Daniel Paz Cliente: Daniel Paz
14 18	



Captación de brote definido
Planta

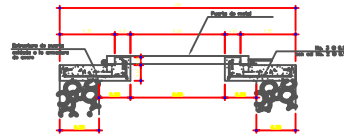


PLANTA
CAJA ROMPE PRESION DE 1 m³ DE CAPACIDAD
EN CONDUCCION

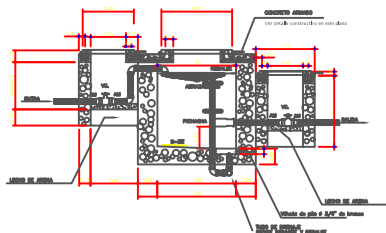


PLANTA
CAJA ROMPE PRESION DE 1 m³ DE CAPACIDAD
EN DISTRIBUCION (con flotador)

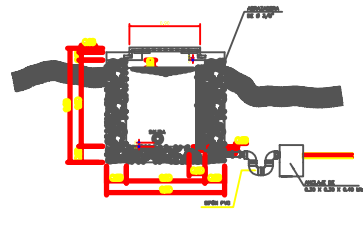
- NOTAS:
- 1- Las válvulas se asentarán sobre un lecho de arena.
 - 2- Las paredes de las cajas se construirán con mampostería de piedra de la siguiente manera: 33% de mortero, 67% de piedra bola.
 - 3- El mortero se hará en la proporción 1:2 cemento : arena.
 - 4- El concreto se hará en la proporción 1:2:3 cemento : arena : pedrín 1/2".
 - 5- Se realizará un albedo interior y exterior de cemento y arena de río en proporción 1:1 para impermeabilizar las paredes internas de la caja, con recubrimiento mínimo de 1.5 cm.
 - 6- Todas las dimensiones están dadas en metros.
 - 7- El hierro de refuerzo será de Ø 3/8".
 - 8- El diámetro de la válvula de compuerta será conforme al diámetro de la tubería de conducción donde sea ubicada.
 - 9- Las especificaciones de los materiales de las puertas de metal para las cajas se encuentran en el plano que describe el tanque de distribución y serán adaptadas al tamaño que requiere cada caja según planos.
 - 10- Las cajas CRP en distribución diferirán de las de conducción en que les será instalada una válvula de globo según el diámetro de la tubería del tramo donde sea colocado.
 - 11- En las conexiones domiciliares se dejará el espacio para instalar posteriormente el medidor que será adquirido por cada usuario en forma individual.



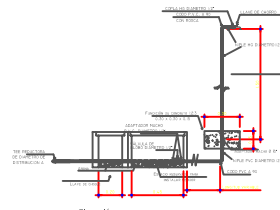
Detalle de armado
de tapadera de caja CRP



SECCION A - A'
CAJA ROMPE PRESION DE 1 m³ DE CAPACIDAD
EN CONDUCCION



SECCION B - B
CAJA ROMPE PRESION DE 1 m³ DE CAPACIDAD
EN CONDUCCION



Elevación
Conexión domiciliar

Caja rompe-presión (en conducción) Detalles

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
SECCION	Detalle del sistema de almacenamiento de agua potable para la zona de distribución de Patzún, Guatemala.	Profil Grande y General Puz
FECHA	18/05/2018	General Puz
INDICADA	INGENIERIA DE PLUMBERIA	General Puz
PROYECTO	Estación: Cajas Rompe Presión de Patzún, Guatemala.	General Puz
18 18		