

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA
ALDEA EL RINCÓN CEDRAL, EN EL MUNICIPIO DE AMATITLÁN**

LUIS GUSTAVO LÓPEZ OSOY

Asesorado por Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA
ALDEA EL RINCÓN CEDRAL, EN EL MUNICIPIO DE AMATITLÁN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS GUSTAVO LÓPEZ OSOY

ASESORADO POR ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2003

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 DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL RINCÓN CEDRAL, EN EL MUNICIPIO DE AMATITLÁN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha de 17 de marzo de 2003

Luis Gustavo López Osoy

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo
EXAMINADOR	Ing. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Mayra Rebeca García de Sierra
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

DEDICATORIA A:

MIS PADRES Modesta Carlota Osoy Pérez y Jesús López Ortiz

MIS HERMANOS Estela, Víctor Hugo, Jorge Arturo, German de Jesús,
Ofelia, Patricia y Otoniel.

MI ESPOSA Olga Patricia Cárdenas de López

MIS HIJAS Jennifer Esmeralda, Margareth Estefanie

COORDINADOR DE EPS Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Como un reconocimiento al apoyo brindado
incondicionalmente.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios todo poderoso que ilumina día con día mi camino y nunca me ha desamparado.

A la comunidad de la aldea el Rincón Cedral por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo de graduación.

A la Municipalidad del Municipio de Amatitlán, por la colaboración prestada en la realización del siguiente trabajo de graduación.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, por darme la oportunidad de transformarme en un profesional al servicio de Guatemala.

Al honorable Claustro y Administrativo de la Facultad de Ingeniería que directa e indirectamente hacen posible la realización de futuros profesionales.

A todas las personas que de alguna manera colaboraron en la realización del siguiente trabajo de graduación, que Dios los bendiga y los llene de éxitos en el futuro.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VI
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	X
RESUMEN	XIV
OBJETIVOS	XVI
INTRODUCCIÓN	XVII
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA COMUNIDAD	
Antecedentes de la aldea el Rincón Cedral	1
Climatología	2
Población	2
Educación	2
Energía eléctrica	2
Salud	3
2. CARACTERÍSTICAS DEL RECURSO AGUA	4
2.1 Fuentes de abastecimiento	4
2.2 Normas de calidad	4
2.3 Fuente de agua seleccionada	4
2.4 Características de los exámenes de calidad del agua	4
2.5 Análisis Químico Sanitario	4
2.6 Examen Bacteriológico	5
3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SELECCIONADO	6
Descripción	6
3.1.1 Ubicación de la fuente	6

3.1.2 Aforo	6
Parámetros para el diseño del sistema	6
Periodo de diseño	6
Crecimiento poblacional	7
Modelo geométrico	7
Dotación	8
Determinación de la dotación	9
Factores de seguridad	9
Factor de día máximo	9
Factor de hora máxima	10
Almacenamiento	10
4. REPLANTEO DE LA TOPOGRAFÍA	11
4.1 Planimetría	11
4.2 Altimetría	12
5. DISEÑO DEL SISTEMA	14
5.1 Línea de distribución	14
5.1.1 Caudal medio diario	15
5.1.2 Caudal máximo horario	15
5.1.3 Caudal máximo diario	15
5.1.4 Caudal de bombeo	16
5.1.5 Diámetro de tubería de impulsión	16
5.1.6 Velocidad del fluido	16
5.1.7 Integración de pérdidas	17
5.1.7.1 Pérdidas por altura entre la profundidad del pozo y el sello sanitario	17
5.1.7.2 Pérdidas por altura en la conducción	18

5.1.7.3	Pérdidas en la tubería de succión	18
5.1.7.4	Pérdidas en la tubería de impulsión	19
5.1.7.5	Pérdidas por velocidad	19
5.1.7.6	Pérdidas menores	20
5.1.8	Carga dinámica total	20
5.1.9	Clase de tubería	20
5.1.10	Potencia de la bomba	21
5.1.11	Golpe de ariete	21
5.2	Diseño del tanque de almacenamiento	23
5.2.1	Volumen del tanque	23
5.2.2	Diseño estructural de la cubierta	23
5.2.3	Dimensiones de la losa	23
5.2.4	Coeficiente de momentos	24
5.2.5	Espesor de la losa	24
5.2.6	Integración de cargas	24
5.2.6.1	Carga muerta	24
5.2.6.2	Carga viva	25
5.2.6.3	Carga última	25
5.2.7	Momentos que actúan en la losa	26
5.2.8	Diagrama de momentos	26
5.2.9	Acero mínimo y espaciamiento	27
5.2.10	Tabla de resultados	28
5.2.11	Diagrama de refuerzo	29
5.2.12	Diseño estructural del muro	29
5.2.12.1	Diagrama de fuerzas y dimensiones del muro	29
5.2.12.2	Integración de cargas que soportan los muros	31
5.2.12.3	Carga de la losa y de la viga hacia el muro	31
5.2.12.4	Fuerza activa	32

5.2.12.5	Chequeo del muro contra volteo	32
5.2.12.6	Chequeo del muro contra deslizamiento	33
5.2.12.7	Coordenadas de la resultante	33
5.2.12.8	Cálculo de la presión sobre el suelo	33
5.3	Línea de distribución	34
5.3.1	Cálculo hidráulico de la línea de distribución	34
5.3.1.1	Caudal de distribución	34
5.3.1.2	Caudal por vivienda	34
5.3.1.3	Caudal de consumo por tramo	35
5.3.1.4	Caudal simultáneo	35
5.3.1.5	Diseño hidráulico	35
5.3.1.6	Diámetro de tubería	36
5.3.1.7	Velocidades de agua en la tubería	37
5.3.1.8	Cotas piezométrica	38
5.3.1.9	Presión dinámica	38
6.	OBRAS DE ARTE	39
6.1	Caja rompe presión	39
6.2	Conexión domiciliar	39
6.3	Tratamiento	39
6.4	Desinfección	40
6.5	Cloración	40
6.6	Tabletas tricloro	40
6.7	Alimentador automático de tricloro	41
6.8	Instalación del alimentador automático de tricloro	42
6.9	Tarifa	43
6.9.1	Costo de operación	44
6.9.2	Costo de mantenimiento	44

6.9.3	Costo de tratamiento	45
6.9.4	Costo de administración	45
6.9.5	Costo de reserva	46
6.9.6	Tarifa calculada	46
7.	CÁLCULO DE PRESUPUESTO	47
7.1	Presupuesto	47
7.2	Materiales locales	47
7.3	Materiales no locales	47
7.4	Presupuesto del proyecto	48
	CONCLUSIONES	52
	RECOMENDACIONES	54
	BIBLIOGRAFÍA	55
	APÉNDICE	56
	ANEXO	68

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de momentos	26
2.	Diagrama de refuerzo	29
3.	Diagrama de fuerzas y dimensiones del muro	30
4.	Alimentador automático de tricloro	41
5.	Instalación de alimentador automático de tricloro	43
6.	Planta general	61
7.	Planta perfil conducción	62
8.	Planta de distribución	63
9.	Planta perfil de ramales	64
10.	Tanque de almacenamiento	65
11.	Caja rompe presión	66
12.	Conexión domiciliar	67
13	Informe de análisis de agua potable	67
14	Informe de análisis microbiológico	68

TABLAS

I	Libreta de topografía	12
II	Área de acero y espaciamiento	28
III	Cálculo de momentos que actúan en el muro	31
IV	Presupuesto del proyecto	48
V	Libreta topográfica	57
VI	Diseño hidráulico	59

LISTADO DE SÍMBOLOS

A	Área
As	Área de acero
Ca	Coficiente ACI, del lado menor
Cb	Coficiente ACI, del lado mayor
CM	Carga muerta
Cm	Centímetros
cm²	Centímetros cuadrados
cm³	Centímetros cúbicos
CMu	Carga muerta última
CU	Carga última
CV	Carga viva
CVu	Carga viva última
Deq	Diámetro equivalente
Fa	Fuerza activa
Fc	Resistencia a la compresión del concreto
Ff	Fuerza de fricción
Fs	Factor de seguridad
Fy	Resistencia a la fluencia del acero
Kg	Kilogramos
Kg/m²	Kilogramo por metro cuadrado
Kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
Km	Kilómetro
l/hab/día	Litros por habitante por día
l/seg	Litros por segundo
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos

Mr	Momento resultante
Ma	Momento del lado menor
mm	Milímetros
m	Metros
m.c.a.	Metros columna de agua
°	Grados
°C	Grados centígrados
P	Presión
PD	Presión dinámica
PpLosa	Peso propio de la losa
PVC	Cloruro de Polivinilo
Qc	Caudal de conducción
Qd	Caudal de distribución
Qi	Caudal instantáneo
Qm	Caudal medio
Roc	Peso específico del concreto
Rom	Peso específico del muro
Ro agua	Peso específico del agua
S	Separación
V	Velocidad
Vs	Valor soporte del suelo
W	Carga uniformemente distribuida
W losa	Carga de la losa
Wr	Carga resultante
W viga	Carga de la viga
W t	Carga total
'	Minutos
“	Segundos
Π	3.14159

Σ

Sumatoria

GLOSARIO

Azimut	Es el ángulo formado por la dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado astronómicamente. El azimut se mide en el plano horizontal en el sentido de las agujas del reloj.
Accesorios	Elementos secundarios en los ramales de tuberías, tales como codos, niples, tees, coplas, etc.
Aforo	Medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.
Agua potable	Agua sanitariamente segura y que es agradable a los sentidos.
Altimetría	Parte de la topografía que enseña a medir alturas.
Análisis químico sanitario	Analizar el agua con los elementos que lo constituyen con propósito de establecer un diagnóstico de pureza.
Bacterias	Organismos unicelulares microscópicos. No necesitan de la luz para su proceso de vida.
Caudal	Cantidad de agua que corre en un tiempo determinado.

Contaminación	Introducción dentro del agua de organismos potencialmente patógenos o sustancias tóxicas, que la hacen inadecuada para la bebida.
Consumo	Volumen de agua que es utilizado. Está en función de una serie de factores inherentes a la propia localidad que se abastece, por lo que varía de una población a otra.
Demanda	Es la cantidad de agua que una población requiere para satisfacer sus necesidades.
Desinfección	Eliminar a una cosa la infección o la propiedad de usarla, destruyendo los gérmenes nocivos o evitando su desarrollo.
Dotación	Cantidad de agua asignada por habitante por día para satisfacer sus necesidades, afectado por factores tales como el clima, condiciones socioeconómicas, tipo de abastecimiento.
Dureza	Término utilizado para expresar el contenido en el agua de compuestos de calcio y magnesio, jabón o incrustaciones en la tubería.
Golpe de ariete	Ondas de presión generadas en un sistema de tuberías por un cambio de velocidad en el líquido en movimiento.

Impureza	Es la mezcla de partículas extrañas a un cuerpo o materia. Materia que en una substancia, deteriora alguna o algunas de sus actividades.
Momento	Producto de una fuerza por la distancia perpendicular a la línea de acción de la fuerza al eje de rotación.
Piezométrica	Cargas de presión en el funcionamiento hidráulico de la tubería.
Planimetría	Parte de la topografía que enseña a representar en una superficie plana una porción de la terrestre. Conjunto de las operaciones necesarias para obtener esta proyección horizontal.
Pérdida de carga	Es la energía por masa unitaria de agua que causa la resistencia superficial dentro del conducto, se convierte de energía mecánica a energía térmica. El agua pierde energía por frotamiento con las paredes de la tubería, las asperezas, la rugosidad, los cambios de diámetros y los cambios de dirección.
Presión	Carga o fuerza total que actúa sobre una superficie. En hidráulica expresa la intensidad de fuerza por unidad de superficie.
Sedimento	Materia que, habiendo estado suspensa en un líquido, se posa en el fondo por la acción de la gravedad.

Tanque	Es un recipiente de gran tamaño, normalmente cerrado a contener líquidos o gases.
Topografía	Parte de la geodesia que tiene por objeto representar el terreno sobre papel de la manera más exacta posible. Los dibujos que representan un terreno se llaman “ planos topográficos”, y el conjunto de operaciones que hay que realizar para ejecutarlos “levantamientos topográficos o de planos”.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación, desarrolla el tema de diseño de abastecimiento de agua potable a una aldea en el interior del país, el cual tiene como característica especial la realización de un replanteo de topografía, en el cual se ve la existencia de un pozo perforado, por tal motivo se diseñó un sistema hidráulico de acuerdo a las características del terreno. El diseño cuenta con una conducción por bombeo hasta la parte más alta del terreno donde se construirá un tanque de almacenamiento y luego la línea de distribución será por gravedad en un sistema de ramal abierto.

Para disminuir las altas presiones que el sistema por gravedad genera en las tuberías y accesorios en la línea de distribución se diseñó una caja rompe presiones en un lugar estratégico como lo indica el juego de planos, la tubería a utilizar es de cloruro de polivinilo (PVC).

Exámenes realizados al agua me indican que el agua es potable, más sin embargo se diseñó un sistema de desinfección por cualquier contaminación en las tuberías y accesorios, se utilizará un hipoclorador automático con pastias de tricloro.

Para proteger la bomba del golpe de ariete debido la sobre presión en las tuberías en la línea de conducción se instalara una válvula de alivio muy cerca de la salida de agua del pozo.

Todo lo anterior y un análisis socioeconómico del lugar se utiliza para la determinación de una tarifa mensual a cada consumidor del vital líquido, unido a esto se presenta un estudio total del costo del proyecto para lo cual detalla a continuación en el siguiente trabajo.

OBJETIVOS

General

Formular una solución, al problema de agua que afronta la aldea el Rincón Cedral en el municipio de Amatitlán.

Específicos

1. Proponer a la población de la aldea el Rincón y la Municipalidad de Amatitlán un sistema de abastecimiento de agua, a nivel domiciliario que no sea dañina para la salud y que toda la población tenga acceso al vital líquido.
2. Realizar un estudio e investigación de campo para proponer posibilidades y alternativas que beneficien a la población en la aldea el Rincón Cedral en el municipio de Amatitlán.

INTRODUCCIÓN

La higiene y la salud son dos problemas nacionales de Guatemala y esto se debe a que en lugares rurales muchas comunidades no cuentan con un sistemas de agua potable acordes a las necesidades de la población. En la Aldea Rincón Cedral en el Municipio de Amatitlán, la población se abastece de agua con camiones antihigiénicos y antieconómicos y en algunos hogares cuentan con pozos artesanales que en estos momentos ya no se dan abasto por el crecimiento poblacional, actualmente el comité de la Aldea logra a través del gobierno la perforación de un pozo el cual se usará para la distribución de agua de toda la Aldea.

El presente trabajo de graduación es el producto del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en la Municipalidad de Amatitlán en el Municipio de Amatitlán, como parte de la Unidad Técnica Municipal; para ello se realizó la recopilación de información sobre las necesidades de la población; lo que se pretende es tener certeza en la priorización de la necesidad de agua y así formular una solución, que solvete una serie de problemas originados por la falta de servicio, mediante el diseño de sistema de abastecimiento de agua potable.

Que contribuya a mejorar las condiciones de higiene y salud de los habitantes, y permita al estudiante de Ingeniería tener un panorama teórico practico de sus conocimientos.

Para llevar a cabo esta tarea, se realizará entrevistas, visitas de campo, exámenes de agua, replanteo de topografía y se pondrá en practica

conocimientos estructurales e hidráulicos que están enmarcados en normas y requerimientos técnicos para la mejor realización del diseño.

En el capítulo 1, en este capítulo se realiza una descripción de las características de la comunidad, climatología, población, educación, energía eléctrica y salud.

En el capítulo 2, se refiere a las características del recurso agua, tales como: fuentes, normas y exámenes de agua que realizan para determinar si es potable.

El capítulo 3, comprende una descripción de la fuente, aforo, y parámetros para el buen funcionamiento del sistema.

En el capítulo 4, se realiza el replanteo de la topografía, planimetría y altimetría, que son muy importantes para el diseño hidráulico del sistema.

El capítulo 5, se refiere a el diseño de la línea de conducción, el diseño del tanque de almacenamiento y el diseño de la línea de distribución.

En el capítulo 6, se plantea la importancia de la obra de arte en el diseño hidráulico del sistema, además se habla del tratamiento que debe recibir el agua y la tarifa que se debe implementar a cada conexión.

El capítulo 7, es dedicado a la realización del presupuesto del sistema de agua potable y detalla qué materiales se utilizarán en la construcción de las obras estructurales e hidráulicas que conforman el sistema.

Al final se encuentra un juego de planos del sistema seleccionado.

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA COMUNIDAD

1.1 Antecedentes de la aldea el Rincón Cedral

Antiguamente, los distritos de Amatitlán, San Marcos, Huehuetenango, Petén e Izabal fueron nombrados como departamentos de conformidad con el acuerdo Gubernativo del 8 de mayo de 1866. Luego el 1 de julio entra en vigor el decreto 2081 de la Asamblea Legislativa de la República de Guatemala bajo el régimen de Ubico en el cual establece que Amatitlán se suprime como departamento y que los municipios de Amatitlán, Villa Nueva, San Miguel Petapa y Villa Canales quedan incorporados al departamento de Guatemala.

Amatitlán cuenta con una extensión territorial de 114 kilómetros cuadrados y limita al norte con Villa Nueva, Petapa y Villa Canales (Guatemala); al este con Villa Canales; al sur con Villa Canales (Guatemala), Palín y San Vicente Pacaya (Escuintla); al oeste con Santa María de Jesús (Sacatepéques) y Magdalena Milpas Altas (Sacatepéques).

El Municipio de Amatitlán cuenta con un maravilloso lago que se encuentra a 1,296 metros sobre el nivel del mar, sus terrenos son regados por el río Michatoya.

El municipio de Amatitlán tiene una ciudad, 14 aldeas y 16 caseríos y actualmente gran cantidad de pequeñas colonias y lotificaciones. Entre una de las aldeas que podemos mencionar se encuentra la Aldea el Rincón Cedral, que antiguamente se abastecía con agua extraída de pozos artesanales. Con el transcurrir del tiempo, el crecimiento poblacional se hizo latente, obligando a los

pobladores a comprar el agua que distribuyen camiones y que almacenan en toneles poco higiénicos.

1.2 Climatología

Debido a su menor elevación y su ubicación, el clima en la aldea el Rincón Cedral es más caluroso, ardiente y seco que el de la capital, y al terminar la estación de las lluvias muy enfermizo, observándose en los meses de marzo y mayo, cambios completos de temperatura, lo cual es muy saludable y por tal motivo en estas fechas el municipio de Amatitlán es muy visitado.

1.3 Población

La población en la aldea es casi en su totalidad de origen indígena y según encuesta realizada por el Departamento de Área Rural de la Municipalidad de Amatitlán, la cantidad de núcleos familiares que existen actualmente está entre ciento ochenta y doscientas aproximadamente, dato que concuerda con el Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.) .

1.4 Educación

Básicamente, según encuesta realizada por el Departamento de Área Rural de la Municipalidad de Amatitlán, el treinta por ciento de la población cuenta con estudios a nivel primario, el diez por ciento con educación básica, el dos por ciento con educación diversificada y las demás restante son analfabetas.

1.5 Energía eléctrica

En la actualidad la comunidad cuenta con energía eléctrica, la cual fue instalada por la Empresa Eléctrica de Guatemala (E.E.G.S.A.) y los cuales están anuentes a cualquier instalación que se les proponga.

1.6 Salud

En el área de la salud, los márgenes de enfermedades gastrointestinales han aumentado debido a que la población aumentó y por ello los pozos artesanales ya no son suficientes para abastecer la actual demanda de agua.

2. CARACTERÍSTICAS DEL RECURSO AGUA

Fuente de abastecimiento de agua

En la aldea el Rincón Cedral, existe un comité de Pro-mejoramiento, el cual a través de una Institución del Estado, logró que se perforara un pozo, que cuenta con un aforo de ocho punto ochenta y nueve litros por segundo y que servirá para dotar de agua a toda la Aldea.

Normas de calidad

En Guatemala la norma de calidad usada actualmente es la NORMA COGUANOR NGO 29001, en la cual se contempla con detalle los análisis que deben realizarse al agua para que califique como agua potable. En esta norma se especifica que al análisis que debe realizarse al agua para que sea potable, es un análisis químico sanitario y el examen bacteriológico.

Fuente de agua seleccionada

Para el proyecto de agua potable se seleccionó, un pozo que actualmente fue perforado y que genera el suficiente aforo para la población.

2.4 Características de los exámenes de calidad de agua

2.4.1 Análisis químico sanitario

El análisis químico sanitario demostró que el agua es potable, y la Norma COGUANOR NGO 29001, indica que estas determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos aceptables. Esto indica que el agua es adecuada

para el consumo humano como lo demuestra el informe que se muestra en el anexo.

2.4.2 Examen bacteriológico

Conforme el informe que se muestra en el anexo, se concluye que el agua es potable. Este resultado garantiza que el agua no requiere de tratamiento para su consumo más que el de la desinfección a base de pastillas de tricloruro, como lo veremos en el capítulo 6, y que se usa para evitar cualquier contaminación que exista en los accesorios, elementos estructurales y tuberías del sistema.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SELECCIONADO

3.1 Descripción

Debido a la topografía del lugar, y a la existencia de un pozo perforado, que distribuirá el agua, el sistema de agua potable seleccionado para que cumpla con los requisitos hidráulicos adecuados, es el de bombear el agua del pozo, hacia un lugar elevado y luego distribuirla con un sistema por gravedad.

3.1.1 Ubicación del pozo

La ubicación del pozo, esta al inicio de la aldea, a quinientos metros de la Alcaldía Auxiliar de la aldea el Rincón Cedral, además se encuentra a 731.27 metros con el tanque de distribución, y una diferencia de nivel de 78.36 metros.

3.1.2 Aforo

El aforo es la determinación del caudal de una fuente, en este caso como ya existía el pozo el aforo ya estaba calculado por la institución soluciones analíticas y sabe con base a documentos que el aforo era de 8.8 litros por segundo, llenando las expectativas que se requieren para distribuir el agua de forma permanente, durante el periodo de diseño, que en este caso de 20 años.

3.2 Parámetros para el diseño del sistema

3.2.1 Período de diseño

El período de diseño, es el tiempo durante el cual el sistema debe funcionar en óptimas condiciones, y debe tomarse en cuenta aspectos como la

durabilidad de los materiales y equipo utilizado, calidad de la construcción y se debido mantenimiento.

El período de diseño que recomiendan instituciones como (UNEPAR) es de 20 años, esto no significa que dentro de 20 años el sistema deje de funcionar, el sistema sigue funcionando pero con un porcentaje de deficiencia que esta en función del mantenimiento que se le efectúe a dicho sistema.

Basados en lo anterior, se adopta el período de diseño de 22 años, ya que se toman dos años de diseño, gestión y construcción.

3.2.2 Crecimiento poblacional

Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, se requiere del cálculo más aproximado de la población a servir durante el período de diseño; dado que el número de habitantes de un poblado varía con el tiempo y por lo general este número se incrementa en la mayoría de poblaciones, es necesario conocer el factor de crecimiento poblacional; en Guatemala el crecimiento poblacional se calcula con forme al modelo geométrico.

3.2.2.1 Modelo geométrico

El modelo geométrico da un crecimiento de manera exponencial en función del tiempo transcurrido. Es el método más apropiado para el proyecto, por ser el que más se ajusta al crecimiento de poblaciones en vías de desarrollo. La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$Pf = Po * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde

Pf = Población futura de diseño

Pa = Población actual

r = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño en años

De acuerdo a datos confiables, obtenidos por el Departamento de Área Rural, en la Municipalidad de Amatitlán, se sabe que el número de viviendas a la fecha es de 180 a 200 y que existen 5 habitantes por vivienda, dando un total de mil personas en toda la aldea. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), la tasa de crecimiento poblacional en el área es del 3 por ciento.

De conformidad con los datos anteriores, y utilizando el Método Geométrico, se obtienen los siguientes resultados.

Pa = 1,000 habitantes

r = 3.0 %

n = 22 años

$$Pf = 1,000 * \left(1 + \frac{3}{100}\right)^{22}$$

Pf = 1,916.10 habitantes

El dato de 1,916.10 habitantes, para efectos de diseño se aproxima a 1,917 habitantes.

3.2.3 Dotación

La dotación es la cantidad de agua, que se le asigna en un día a una persona, se expresa en litros por habitante por día, (l/Hab/Día) .

La dotación debe cubrir las necesidades de consumo de la persona sin afectar sus actividades personales y laborales.

Para poder dotar de agua a una comunidad, se deben tener en cuenta algunos factores importantes como son: clima, nivel de vida, actividad productiva y tipo de abastecimiento.

Según las especificaciones de la Unidad Ejecutora de Programas de Acueductos Rurales (UNEPAR), específica que a los servicios de conexión intradomiciliares, con opción a varios grifos por vivienda, se les calcule la dotación entre un parámetro de 90 a 170 litros dependiendo del clima de la región.

3.2.3.1 Determinación de la dotación

En este caso en particular, como el clima varía entre templado y frío dependiendo de la estación climatológica en que se encuentre la región, se usara una dotación de cien litros por habitante por día.

3.2.4 Factores de seguridad

Son parámetros que determinan un grado de seguridad o que tan conservador se quiere ser con el cálculo del sistema.

3.2.4.1 Factor de día máximo (FDM)

El factor de día máximo, compensa la variación en el consumo de agua por parte de la comunidad en un tiempo determinado y se calcula tabulando los datos de consumo durante un año.

Según UNEPAR el factor de día máximo está entre 1.2 y 1.5 para poblaciones menores a 1,000 habitantes y 1.2 para poblaciones mayores a 1,000 habitantes, en nuestro caso usaremos 1.2 ya que la población aumentará los 1,000 habitantes mientras se construye la obra.

3.2.4.2 Factor de hora máxima

El factor de hora máxima sirve para compensar las variaciones en las horas de mayor consumo. Este factor se debe calcular tabulando los datos de consumo horarios; según UNEPAR este valor varía entre 2.0 a 3.0, para poblaciones menores a 1,000 habitantes, y 2.0 para poblaciones mayores a 1,000 y como la población sobrepasará los 1,000 habitantes cuando se construya el proyecto se usará el factor de 2.0 para mayor certeza.

3.2.5 Almacenamiento

El almacenamiento es una reserva que se utiliza para suplir las demandas horarias, en la línea de distribución, según normas de diseño de UNEPAR, para sistemas de gravedad, el volumen de almacenamiento debe estar entre el 25 y el 40 por ciento del caudal de conducción.

4. REPLANTEO DE LA TOPOGRAFÍA

El replanteo de topografía, es la verificación de los datos que se obtuvieron en una topografía que se realizó hace un tiempo determinado, con esta verificación se asegura que los datos obtenidos en esa topografía respecto al terreno, no han variado significativamente a ninguna escala.

En nuestro caso en particular, es importante realizar inspecciones preliminares para formarse un criterio sobre los diseños hidráulicos del sistema.

Para realizar trabajos de topografía existen diferentes tipos de levantamientos, para proyectos de agua potable son necesarios los siguientes:

1. Planimetría
2. Altimetría

Los cuales pueden ser de 1er., 2do. y 3er. orden, de acuerdo a las características del proyecto y las normas que el diseñador utilice.

En este proyecto se utilizó una topografía de segundo orden, esto indica la libreta topográfica.

4.1 Planimetría

Planimetría, es el conjunto de trabajos efectuados para tomar en el campo los datos geométricos que permiten construir una figura semejante a la del terreno, proyecto sobre un plano horizontal.

Para realizar levantamientos planimétricos existen diferentes métodos, los que por su grado de exactitud se utilizan en diferentes tipos de trabajo; entre ellos están:

- a) Rumbos
- b) Conservación de Azimut
- c) Deflexiones

Para este tipo de proyecto es más recomendable utilizar el de conservación de azimut, ya que presenta mayores ventajas.

4.2 Altimetría

Altimetría es el conjunto de trabajos que proporcionan los elementos para conocer las diferencias de altura del terreno, para poder ser proyectado en un plano vertical. Existen varios métodos, pero los básicos son los siguientes:

1. Nivelación diferencial
2. Nivelación taquimétrica

Para el diseño de este proyecto, se utilizó el método de nivelación taquimétrica, y a continuación se presenta en la tabla I como ejemplo.

Tabla I. Libreta de topografía

EST.	P.O.	AZIMUT	ANG.VERT.	HILOS	ALTURA DE INSTRUMENTO
1	2	154°20'20"	89°15'00"	1.92 1.46 1.00	1.32
I	3	172°18'40"	89°20'20"	2.56 1.78 1.00	1.52

Continuación

3	4	169°53'00"	89°20'20"	1.71 1.00 0.29	1.53
4	5	158°43'40"	89°55'40"	1.50 1.00 0.50	1.55
5	6	158°42'40"	89°34'51"	1.96 1.00 0.04	1.46

Los datos de la tabla son el resultado obtenido del levantamiento topográfico, la libreta completa puede consultarse en el apéndice.

5. DISEÑO DEL SISTEMA

5.1 Línea de conducción

El cálculo de la línea de conducción, el cual va desde el pozo existente, hasta el tanque de almacenamiento ubicado en la parte más alta del terreno, con una diferencia de nivel de 78.36 metros, se bombeará el agua del pozo hasta el tanque de almacenamiento. La conducción se diseño con tubería de Cloruro de Polivinilo (PVC).

Para realizar el diseño del sistema se requiere de los datos y cálculos siguientes:

Fuente	Pozo existente
Aforo	8.8 l/seg
Período de diseño	22 años
Tipo de distribución	Domiciliar
Dotación	100 l/Hab/Día
Población actual (2002)	1,000 habitantes
Población futura (2024)	1,917 habitantes
Viviendas actuales	200 Viviendas
Habitantes por vivienda	5
Tasa de crecimiento	3.0 %
Factor de día máximo	1.2
Factor de hora máximo	2.0
Porcentaje de almacenamiento	30%

5.1.1 Caudal medio diario (Qm)

Es el consumo de agua promedio diario que se le proporciona a la población futura, se calcula mediante la fórmula:

$$Q_m = \text{Dotación} * \text{Población Futura} * 1 \text{ Día}/86,400 \text{ seg.}$$

$$Q_m = 100 \text{ l/Hab/Día} * 1,917 \text{ Habitantes} * 1 \text{ Día}/86,400 \text{ seg.}$$

$$Q_m = 2.219 \text{ l/seg}$$

5.1.2 Caudal máximo horario (Qd)

Es el máximo consumo en una hora observado en el período de un año; se calcula mediante la fórmula:

$$Q_d = Q_m * F.H.M.$$

$$Q_d = 2.219 \text{ l/seg} * 2.0$$

$$Q_d = 4.438 \text{ l/seg}$$

5.1.3 Caudal máximo diario (Qc)

Es el máximo consumo en un día, registrado durante un año; se calcula mediante la fórmula:

$$Q_c = Q_m * F.D.M.$$

$$Q_c = 2.219 \text{ l/seg} * 1.2$$

$$Q_c = 2.663 \text{ l/seg}$$

5.1.4 Caudal de bombeo (Qb)

El caudal de bombeo, es la cantidad de agua que debe bombearse desde el fondo del pozo hasta el tanque de almacenamiento y depende de la cantidad de horas al día, que se conectara la bomba, en nuestro caso se conectara 12 horas al día.

El caudal de bombeo se determina con la siguiente fórmula:

$$Q_b = (24/\text{No horas}) * Q_d$$

$$Q_b = (24/ 12 \text{ horas}) * 4.438 \text{ l/seg}$$

$$Q_b = 8.8 \text{ l/seg}$$

5.1.5 Diámetro de tubería de impulsión

El diámetro de la tubería de impulsión es el que se utilizará para transportar el agua de la superficie del pozo al tanque de almacenamiento, y la fórmula que sigue determina su cálculo.

$$D_{imp} = 1.875 * \sqrt{Q_b}$$

$$D_{imp} = 1.875 * \sqrt{8.8 \text{ l/seg}}$$

$$D_{imp} = 5.56 \text{ Plg}$$

Para efectos de diseño se tomará el diámetro comercial de 6 pulgadas y por la diferencia de altura se usará PVC de 250 PSI.

5.1.6 Velocidad del fluido

La velocidad que el fluido alcance, es importante para determinar que en la tubería no se formen sedimentaciones y no existan desgastes.

Según UNEPAR la velocidad del líquido en conducciones forzadas, para que no existan sedimentación o desgastes, está entre 0.4 m/seg como mínimo y 3.0 m/seg como máximo.

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$V = 1.97 * Qb/Dimp^2$$

$$V = 1.97 * 8.876 \text{ l/seg} / (5.845 \text{ Plg})^2$$

$$V = 0.51 \text{ m/seg.}$$

La velocidad es aceptable ya que se encuentra entre 0.4 m/seg y 3.0 m/seg y garantiza que no existirá erosión ni sedimentación.

5.1.7 Integración de pérdidas

Es la unificación de todas las pérdidas que afectan la subida de agua al tanque de almacenamiento.

5.1.7.1 pérdidas por altura entre la profundidad del pozo y el sello sanitario (hf1)

Es la diferencia de altura entre la profundidad del pozo y donde se coloca el sello sanitario, en nuestro caso es de 65.96 metros, y se designa como:

hf1 = Profundidad del pozo

hf1 = 92.96 m

5.1.7.2 Pérdidas por altura en la conducción (hf2)

Es la diferencia de altura entre el sello sanitario y el tanque de almacenamiento:

$$hf2 = \text{Cota del tanque de almacenamiento} - \text{cota sello sanitario}$$

$$hf2 = 1078.36 \text{ m} - 1000.00 \text{ m}$$

$$hf2 = 78.36 \text{ m}$$

5.1.7.3 Pérdidas en la tubería de succión (hfs)

Son pérdidas que se tienen por fricción en la tubería y se calculan con la fórmula de Hazen & Williams.

$$hfs = \frac{1741.811141 * L * Q^{1.85}}{D^{4.87} * C^{1.85}}$$

Donde

hfs = Pérdida de carga (m)

L = Longitud (m)

Q = Caudal (l/seg)

D = Diámetro (Plg)

C = Rugosidad de la tubería (PVC = 150)

Con los datos de Q=8.876 l/seg; D=7.609 Plg; L=92.96 m y C=100, se obtiene:

$$hfs = \frac{1741.811141 * 92.96 \text{ m} * (8.876 \text{ l/seg})^{1.85}}{7.609^{4.87} * 100^{1.85}}$$

$$hfs = 0.094 \text{ m}$$

5.1.7.4 Pérdidas en la tubería de impulsión (hfi)

Las pérdidas en la tubería de impulsión, son las perdidas por fricción en la tubería, y se determinan de igual forma que las pérdidas por succión.

$$hfs = \frac{1741.811141 * L * Q^{1.85}}{D^{4.87} * C^{1.85}}$$

Con los datos siguientes; Q=8.876 l/Seg; L=727m; D=5.845Plg y C=150, se obtiene:

$$hfs = \frac{1741.811141 * 727m * (8.876l / seg)^{1.85}}{5.845^{4.87} * 150^{1.85}}$$

$$hfs = 1.25 \text{ m}$$

5.1.7.5 Pérdidas por velocidad (hfv)

Las pérdidas por velocidad, son debidas principalmente a la velocidad y a la gravedad que actúa sobre el líquido. Se determina con la fórmula siguiente:

$$hfv = \frac{V^2}{2 * g}$$

$$hfv = \frac{(0.51m / seg)^2}{2 * 9.8m / seg}$$

$$hfv = 0.013 \text{ m}$$

5.1.7.6 Pérdidas menores (h_{fm})

Las pérdidas menores, se atribuyen a pérdidas en accesorios, que se utilizan en la línea de conducción.

La fórmula que se utiliza para el cálculo es la siguiente:

$$h_{fm} = k * h_{fv}$$

Donde $k = 8.20$ (porcentaje aproximado)

$$h_{fm} = 8.2 * 0.013 \text{ m}$$

$$h_{fm} = 0.082 \text{ m}$$

5.1.8 Carga dinámica total (CDT)

Es la suma de todas las cargas que se calcularon anteriormente y se determina con la siguiente fórmula:

$$CDT = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} + h_{fi} + h_{fv} + h_{fm}$$

$$CDT = 92.96 \text{ m} + 78.36 \text{ m} + 0.094 \text{ m} + 1.25 \text{ m} + 0.013 \text{ m} + 0.082 \text{ m}$$

$$CDT = 172.56 \text{ m}$$

5.1.9 Clases de tubería

La clase de tubería depende de la presión a la que será sometida, existen tuberías de Cloruro de Polivinilo (PVC), Hierro galvanizado (Hg.) y hierro negro, en este proyecto por cuestiones económicas se utilizará Cloruro de Polivinilo PVC.

5.1.10 Potencia de la bomba (Pot)

La potencia de la bomba, garantiza el buen funcionamiento del sistema ya que es parte importante del rendimiento del sistema.

Para obtener la potencia de la bomba se utiliza la fórmula siguiente:

$$Pot = \frac{CDT * Qb}{76 * e}$$

Donde:

$$e = \text{eficiencia} \quad e = 0.70cte.$$

Sustituyendo valores

$$Pot = \frac{172.56m * 5.326l / seg}{76 * .070}$$

$$Pot = 17.18 \text{ HP}$$

Para cálculos del proyecto, se tomará la bomba comercial que es de 30 HP.

5.1.11 Golpe de ariete

El golpe de ariete es una sobre presión que existe en la bomba debido a una honda expansiva que se crea en un instante determinado, en el cual la bomba deja de bombear agua y crea espacios con aire y cierta cantidad de agua se precipita por efecto de la gravedad y llega a la bomba con una gran cantidad de energía que daña la bomba.

El golpe de ariete se calcula con la siguiente fórmula:

$$h = \frac{145 * V}{\sqrt{1 + \frac{Ea * D}{Et * e}}}$$

Donde:

h = Sobre presión por golpe de ariete (m)

V = Velocidad del agua en la tubería (m/seg)

D = Diámetro interno de la tubería (cm)

e = Espesor de la tubería (cm)

Et = Modulo de elasticidad del material (Kg/cm²)

Ea = Modulo de elasticidad del agua (Kg/cm²)

Sustituyendo valores

$$h = \frac{145 * 0.51 Mts / seg}{\sqrt{1 + \frac{20670 Kg / cm^2 * 14.85 Cm}{28100 Kg / cm^2 * 0.991 cm}}}$$

$$h = 18.40 \text{ m}$$

En caso extremo

$$\text{Presión} = \text{CDT} + h$$

$$\text{Presión} = 172.78 \text{ m} + 21.33 \text{ m}$$

$$\text{Presión} = 194.11 \text{ m}$$

Se requiere de una válvula de alivio de 250 PSI y diámetro de 6", ya que 250 PSI es equivalente a 175 metros columna de agua.

5.2 Diseño del tanque de almacenamiento

5.2.1 Volumen del tanque

El objetivo del tanque de almacenamiento, es compensar las horas de mayor demanda y según UNEPAR el volumen se encuentra entre 25 y 40% del consumo máximo diario en sistemas por gravedad.

Para efecto del diseño se asume un 30% del consumo máximo diario, para tal efecto se utiliza la fórmula siguiente:

$$V = \frac{30\% * Q_m * 86,400 \text{seg}}{1,000}$$
$$V = \frac{0.30 * 2.633 \text{l/seg} * 86,400 \text{seg}}{1,000}$$
$$V = 69.02 \text{ m}^3$$

Para efectos de diseño, el volumen del tanque será de 70 m³ y conforme la geología del terreno, se construirá de concreto cíclope con especificaciones en el plano constructivo.

5.2.2 Diseño estructural de la cubierta

La estructura de cubierta se diseñará, con una losa de concreto reforzada y con las siguientes dimensiones que se mostrarán a continuación.

5.2.3 Dimensiones de la losa

Las dimensiones de la losa se muestran a continuación:

Longitud = 6.00 m

Ancho = 4.00 m

Haciendo uso del código ACI (American Concrete Institute) y el método 3 que dice:

5.2.4 Coeficiente de momentos

- a) Cálculo del coeficiente de momentos (m) a usar en el código ACI, que es la relación entre el lado menor y lado mayor.

$$m = a/b = 4.00/6.00 = 0.67$$

Como $0.67 > 0.5$ entonces la losa se diseña en dos sentidos.

5.2.5 Espesor de la losa

- b) Cálculo del espesor de la losa (t)

$$t = \text{Perímetro} / 180$$

$$t = 2 * (6.00 + 4.00) / 180 = 0.11 \text{ m}$$

$$t = 11 \text{ cm}$$

5.2.6 Integración de cargas

- c) Cálculo de cargas

5.2.6.1 Carga muerta

Es el peso propio de toda la estructura.

$$CM = PpLosa + \text{sobre peso}$$

$$PpLosa = 2,400 \text{ Kg/m}^3 * t * 1.00 \text{ m}$$

$$PpLosa = 2,400 \text{ Kg/m}^3 * 0.11 \text{ m} * 1.00 \text{ m}$$

$$PpLosa = 264 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Sobre peso} = 60 \text{ Kg/m}$$

$$CM = 264 \text{ Kg/m} + 60 \text{ Kg/m} = 324 \text{ Kg/m}$$

5.2.6.2 Carga viva

Son las fuerzas externas que actúan en la estructura.

$$CV = 100 \text{ Kg/m}$$

5.2.6.3 Cargas últimas

Es la sumatoria de cargas vivas y muertas afectadas por un factor de seguridad. El factor para carga muerta es un 40% más, y para la carga viva un 70%.

$$CMu = 324 \text{ Kg/m} * 1.40 = 453.60 \text{ Kg/m}$$

$$CVu = 100 \text{ Kg/m} * 1.70 = 170 \text{ Kg/m}$$

$$CU = CMu + CVu$$

$$CU = 453.6 \text{ Kg/m} + 170 \text{ Kg/m}$$

$$CU = 623.60 \text{ Kg/m}$$

c) Cálculo de momentos

5.2.7 Momentos que actúan en la losa

Los momentos pueden ser positivos o negativos, conforme se aplique la integración de la carga en la losa y de acuerdo a la posición de giro.

$$M(+)_A = A^2 * (CaCM * CMu + CaCV * CVu)$$

$$M(+)_A = (4.00)^2 * ((0.068 * 453.60 \text{ Kg/m}) + (0.068 * 170 \text{ Kg/m}))$$

$$M(+)_A = 678.48 \text{ Kg-m}$$

$$M(-)_A = 678.48 \text{ Kg-m} / 3$$

$$M(-)_A = 226.16 \text{ Kg-m}$$

$$M(+)_B = B^2 * (CbCM * CMu + CbCV * CVu)$$

$$M(+)_B = (6.00)^2 * ((0.016 * 453.60 \text{ Kg/m}) + (0.016 * 170 \text{ Kg/m}))$$

$$M(+)_B = 359.19 \text{ Kg-m}$$

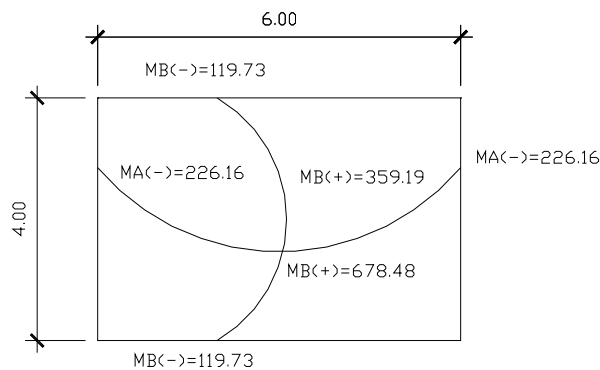
$$M(-)_B = 359.19 \text{ Kg-m} / 3$$

$$M(-)_B = 119.73 \text{ Kg-m}$$

5.2.8 Diagrama de momentos

El diagrama de momentos se presenta a continuación:

Figura 1. Diagrama de momentos



5.2.9 Acero mínimo y espaciamiento

Cálculo de acero mínimo ($A_{s.min}$):

$$A_{s.min} = 0.4 * (14.1 / F_y) * b * d$$

Donde

$$b = 1.00 \text{ Franja unitaria}$$

$$d = t - \text{recubrimiento}$$

$$d = 11 \text{ cm} - 2.5 \text{ cm}$$

$$d = 8.5 \text{ cm}$$

$$A_{s.min} = 0.4 * (14.1 / 2,800 \text{ Kg/cm}^2) * 100 \text{ cm} * 8.5 \text{ cm}$$

$$A_{s.min} = 1.71 \text{ cm}^2$$

Cálculo del espaciamiento:

$$1.71 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S$$

$$S = 0.71 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm} / 1.71 \text{ cm}^2$$

$$S = 41.52 \text{ cm}$$

Pero $S_{max} = 3 * t$

$$S_{max} = 3 * 11 \text{ cm} = 33 \text{ cm}$$

Calculando el acero para los momentos:

$$A_s = \left((B * D) - \sqrt{(B * D)^2 - (M_u * B)} \right) * \frac{0.85 * F_c}{F_y}$$

Donde

$$A_s = \text{Área de acero (cm)}$$

B = Franja unitaria (cm)

D = Peralte efectivo (cm)

M = Momento (Kg)

Fc = Resistencia del concreto (Kg/cm²)

Fy = Resistencia del acero (Kg/cm²)

5.2.10 Tabla de resultados

La tabla de resultados de los momentos y espaciamientos se presenta a continuación:

Tabla II.Área de acero y espaciamiento

Momento Kg.m	As cm ²	Espaciamiento cm	Smin cm	Smax cm
359.19	1.7	41.77	41	33
226.16	1.06	44	41	33
678.48	3.24	21.9	41	33
119.73	0.56	126.8	41	33

Es el espaciamiento con la que debe armarse la losa, el cual da como resultado lo siguiente:

Momento 359.19 Kg-m No. 3 @ 0.33

Momento 226.16 Kg-m No. 3 @ 0.33

Momento 678.48 Kg-m No. 3 @ 0.33

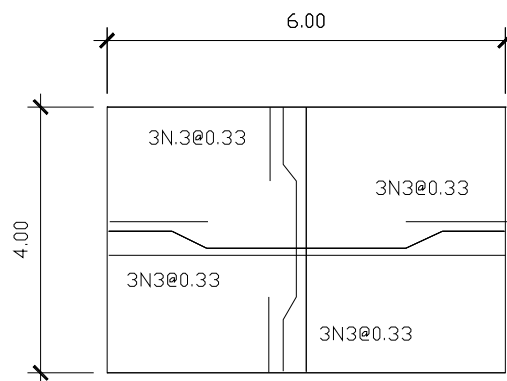
Momento 119.73 Kg-m No. 3 @ 0.33

El detalle del armado puede verse en la figura 2.

5.2.11 Diagrama de refuerzo

El diagrama de refuerzo para la losa se presenta a continuación:

Figura 2. Diagrama de refuerzo



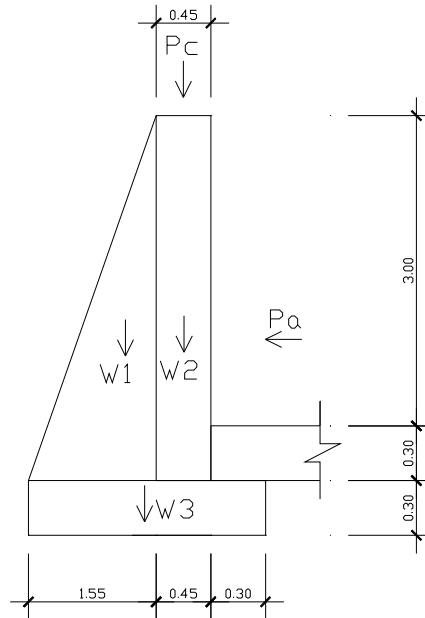
5.2.12 Diseño estructural del muro

Por las características geográficas del terreno se diseñará muros de gravedad, para la construcción del tanque de almacenamiento.

5.2.12.1 Diagrama de fuerzas y dimensiones del muro

Para una mejor visualización se presenta un corte transversal del muro:

Figura 3. Diagrama de fuerzas y dimensiones del muro



Donde

$R_{o.agua} = 1,000 \text{ Kg/m}^3$ (Peso específico del agua)

$C_f = 0.60$ (Coeficiente de fricción)

Base = $C_f * H$

Base = $0.60 * 3.30 \text{ m}$

Base = 1.98 m

Base = 2.00 m

$R_{o.muro} = 2,000 \text{ Kg/m}^3$ (Peso específico del muro)

$R_{o.suelo} = 1,400 \text{ Kg/m}^3$ (Peso específico del suelo)

$V_s = 21,000 \text{ Kg/m}^3$ (Valor soporte del suelo)

$R_{o.con} = 2,400 \text{ Kg/m}^3$ (Peso específico del concreto)

5.2.12.2 Integración de cargas que soportan los muros

A continuación se presenta una tabla con los datos de la integración de las cargas:

Tabla III. Cálculo de momentos que soportan los muros

Figura	$W(\text{Kg}) = \rho_{\text{muro}}(\text{Kg/m}^3) \cdot A(\text{m})$	Brazo (m)	$M(\text{Kg-m})$
1	$5.115 = 2,000 \cdot 0.5 \cdot 3.30 \cdot 1.55$	$1.033 = 2 \cdot (1.55) / 3$	5,283.80
2	$2,970 = 2,000 \cdot 0.45 \cdot 3.30$	$1.775 = (0.45 + 1.55) / 2$	5,271.75
3	$1,380 = 2,000 \cdot 2.30 \cdot 0.30$	$1.15 = 2.3 / 2$	1,587
$\sum W_r = 9,465.00 \text{ Kg}$		$\sum M_r = 12,142.55 \text{ Kg-m}$	

5.2.12.3 Cargas de la losa y de la viga hacia el muro

Carga uniformemente distribuida que ejerce la viga del lado menor sobre el muro.

$$\text{Losa} = \text{CU} \cdot \text{A/L}$$

$$W_{\text{losa}} = 623.60 \text{ Kg} \cdot 4.00 \text{ m}^2 / 4 \text{ m}$$

$$W_{\text{losa}} = 623.60 \text{ Kg/m}$$

Carga uniforme distribuida que ejerce la viga sobre el muro

$$W_{\text{viga}} = \rho_{\text{con}} \cdot b_v \cdot h_v$$

$$W_{\text{viga}} = 2,400 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0.15 \text{ m} \cdot 0.20 \text{ m}$$

$$W_{\text{viga}} = 72 \text{ Kg/m}$$

Suma de cargas uniformemente distribuidas (W_{lv})

$$W_{lv} = W_{\text{losa}} + W_{\text{viga}}$$

$$W_{lv} = 623.60 \text{ Kg/m} + 72 \text{ Kg/m}$$

$$W_{lv} = 695.60 \text{ Kg/m}$$

Considerando la carga uniformemente distribuida como una carga puntual sobre una franja unitaria (P_c)

$$P_c = 695.60 \text{ Kg/m} * 1 \text{ m}$$

$$P_c = 695.60 \text{ Kg}$$

Momento que ejerce la carga puntual P_c (M_c)

$$M_c = 695.60 \text{ Kg} * ((0.5 * 0.45 \text{ m}) + 1.55 \text{ m})$$

$$M_c = 1,234.69 \text{ Kg-m}$$

Carga total (W_t)

$$W_t = 9,465.00 \text{ Kg} + 695.60 \text{ Kg}$$

$$W_t = 10160.60 \text{ Kg}$$

5.2.12.3 Fuerza activa

$$F_a = \rho_{\text{agua}} * H^2 / 2$$

$$F_a = 1,000 \text{ Kg/m}^3 * (2.80 \text{ Mts})^2 / 2$$

$$F_a = 3,920 \text{ Kg}$$

5.2.12.5 Chequeo del muro contra volteo

Se calcula el momento de volteo:

$$M_v = F_a * H/3$$

$$M_v = 3,920 \text{ Kg} * (1/3 * 2.8\text{m} + 0.60\text{m})$$

$$M_v = 6,010.67 \text{ Kg-m}$$

Verificación contra volteo:

$$FS = M_r/M_v$$

$$FS = 12,142.55 \text{ Kg-m} / 6,010.66 \text{ Kg-m}$$

$$FS = 2.02$$

2.02 > 1.5 verifica contra volteo.

5.2.12.6 Chequeo del muro contra deslizamiento

$$F_f = W_t * \text{coeficiente de fricción}$$

$$F_f = 10,285.32 \text{ Kg} * 0.60$$

$$F_f = 6,171.192 \text{ Kg}$$

$$FS = F_f / F_a$$

$$FS = 6,171.192 \text{ Kg} / 3,920 \text{ Kg}$$

$$FS = 1.57$$

1.57 > 1.5 verifica contra deslizamiento.

5.2.12.7 Coordenadas de la resultante

$$X = (M_r - M_v) / W$$

$$X = (12,142.55 \text{ Kg.m} - 6,010.67 \text{ Kg.m}) / 10,285.32 \text{ Kg}$$

$$X = 0.6 \text{ m}$$

$$e = (B/2) - X$$

$$e = (2.30 \text{ m} / 2) - 0.6 \text{ m}$$

$$e = 0.55 \text{ m}$$

5.2.12.8 Cálculo de presión sobre el suelo

$$P = (W_t / A) * (1 + 6*(e/b))$$

$$P = (10,285.32 \text{ Kg} / 2.3 \text{ m} * 1 \text{ m}) * (1 + (6*0.55 / 2.3 \text{ m}))$$

$$P = 10,889.03 \text{ Kg/m}^2$$

Como $10,889.03 \text{ Kg/m}^2 < 21,000 \text{ Kg/m}^2$ el suelo resiste la presión del muro.

5.3 Línea de distribución

El diseño de la red de distribución por la ubicación de las viviendas, será por ramales abiertos, y toda la población se abastecerá con conexiones domiciliarias.

La línea principal consta de 1,965 metros lineales en la línea central, más 509.99 metros en los 5 ramales que se desprenden de la línea central, y la diferencia de cotas entre el punto más alto y el más bajo es de 78.36 metros.

5.3.1 Cálculo hidráulico de la línea de distribución

Para el diseño hidráulico el caudal de consumo por tramo, se compara con el caudal instantáneo y el caudal de distribución y el valor más alto se utiliza para determinar el diámetro de la tubería y la pérdida de carga en cada tramo. Para este cálculo se utiliza la fórmula de Hazen & Williams.

5.3.1.1 Caudal de distribución

Es el máximo consumo en una hora observado en el período de un año; se calcula mediante la fórmula:

$$Q_d = Q_m * F.H.M.$$

$$Q_d = 2.219 \text{ l/seg} * 2.0$$

$$Q_d = 4.438 \text{ l/seg}$$

5.3.1.2 Caudal por vivienda (Qv)

El caudal por vivienda es la cantidad de agua que consume una familia en un día, se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$Q_v = Q_d / \text{No. viviendas}$$

$$Q_v = 4.438 \text{ l/seg} / 200 \text{ viviendas}$$

$$Q_v = 0.02219 \text{ l/seg}$$

5.3.1.3 Caudal de consumo por tramo

Es el caudal que consume todo un tramo de viviendas en un día, se determina con la siguiente fórmula:

$$Q_c = Q_v * \text{No. viviendas}$$

$$Q_c = 0.02219 \text{ l/seg} * 27 \text{ viviendas}$$

$$Q_c = 0.599 \text{ l/seg}$$

5.3.1.4 Caudal de uso instantaneo (Qi)

También conocido como caudal instantáneo, se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$Q_i = 0.15\sqrt{n-1}$$

Donde:

n=conecciones

$$Q_i = 0.15\sqrt{27-1}$$

$$Q_i = 0.765 \text{ l/seg}$$

5.3.1.5 Diseño hidráulico

Para el diseño de la línea de distribución se hace uso de la fórmula de Hazen & Williams que se presenta a continuación:

$$hfs = \frac{1741.811141 * L * Q^{1.85}}{D^{4.87} * C^{1.85}}$$

Donde

hf = Pérdida de carga (m)

L = Longitud (m)

Q = Caudal (l/seg)

D = Diámetro (Plg)

C = Rugosidad de la tubería (PVC = 150)

5.3.1.6 Diámetro de la tubería

Para determinar el diámetro de la tubería en la línea de conducción, se hace uso de la fórmula de Hazen & Williams.

$$D = \left(\frac{1741.811141 * L * Q^{1.85}}{hf * C^{1.85}} \right)^{1/4.87}$$

Para el tramo de la estación E-5 a E-1 así como para los demás tramos, se toma un factor de seguridad, previendo que la cota piezométrica termine enterrada en algún tramo y la necesidad de requerir cierta presión para la buena distribución, se determina dejar 10 m de presión final.

L = 125 m

Q = 4.438 l/seg

C = 150 (PVC)

Hf = 7.06 m

$$D = \left(\frac{1741.811141 * 125m * (4.438l/seg)^{1.85}}{7.06m * 150^{1.85}} \right)^{1/4.87}$$

$$D = 1.754 \text{ Plg.}$$

La tubería de 1 ½" tiene un diámetro interno de 1.754" por lo tanto se colocará tubería de 1 ½" es este tramo.

5.3.1.7 Velocidades del agua en la tubería

La velocidad del agua en la tubería es importante ya que muy poca velocidad origina acumulación de sedimentos y en caso contrario sí la velocidad es muy alta genera erosión en la tubería.

Según UNEPAR la velocidad en la línea de distribución debe estar entre 0.4 y 2.00 m/seg , para distribuciones por gravedad.

Para el cálculo de las velocidades en la línea de distribución se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

V=Velocidad del fluido dentro de la tubería (m/seg)

Q= Caudal (l/seg)

A= Área de la tubería (m²)

$A = (\pi * D^2) / 4$

$V = (4 * Q) / (\pi * D^2)$

Para un tramo en particular se calcula la velocidad de la E-5c a la caja rompe presión.

$$V = \frac{4 * 0.004438m^3 / Seg}{3.1416 * (0.0557022)^2}$$

$$V = 1.82 \text{ m/Seg}$$

5.3.1.8 Cota piezométrica (Cp)

La cota piezométrica es la diferencia de alturas de un punto debido a la pérdida de carga en la tubería.

$$Cp = \text{Cota de salida} - \text{Pérdida de carga}$$

$$Cp \text{ E-5c} = 1,078.36 \text{ m} - 7.06 \text{ m}$$

$$Cp \text{ E-5c} = 1,071.30 \text{ m}$$

5.3.1.9 Presión dinámica (PD)

Es la diferencia entre la cota piezométrica y la cota del terreno del punto.

$$PD = \text{Cota piezométrica} - \text{Cota del terreno}$$

$$PD = 1,071.30 \text{ m} - 1,045.00 \text{ m}$$

$$PD = 26.30 \text{ m}$$

En las tabla de resultados de los cálculos de todos los tramos y ramales se encuentran en el apéndice.

6. OBRAS DE ARTE

6.1 Caja rompe presión

La caja rompe presión, es un tipo de obra que sirve para evitar grandes presiones en la tubería. En el diseño del proyecto se requiere 1 caja rompe presión, misma que se construirá con mampostería de piedra y se colocará entre la E-5c y E-5b.

6.2 Conexión domiciliar

Lo componen las tuberías y accesorios destinados a llevar el servicio de agua de la red de distribución al interior de la vivienda. El tipo de distribución es domiciliar en su totalidad y se construirá conforme lo especifican los planos en el apéndice 2.

6.3 Tratamiento

Tratamiento es el proceso que se le da al agua que por sus características no reúne condiciones específicas para un uso determinado, esto se realiza generalmente para poblaciones grandes y cuando se captan ríos, lagos o lagunas.

El tratamiento mínimo que se le debe dar al agua para el consumo humano es le de la desinfección y generalmente para comunidades del área rural y fuentes provenientes de manantiales, donde el caudal requerido no es muy grande, esto es posible, tal es el caso del siguiente proyecto, por lo que se diseña el proceso de desinfección.

6.4 Desinfección

La desinfección es el proceso de destrucción de microorganismos presentes en el agua mediante la aplicación directa de medios físicos o químicos.

La filtración es un método físico, aunque por sí sólo no garantiza la calidad del agua. Por ebullición es otro método que destruye microorganismos patógenos que suele encontrarse en el agua. Rayos ultra violeta es un método de muy alto costo.

Los métodos químicos más empleados para desinfección son: el yodo, la plata y cloro.

El cloro es un poderoso desinfectante que tiene la capacidad de penetrar en las células y de combinarse con las sustancias celulares vivas y es el más común en sistemas de acueductos rurales.

6.5 Cloración

Cloración, es el procedimiento que se le da al agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados (hipocloritos de calcio o sodio y tabletas de tricloro). Este método es el de más fácil aplicación y el más económico, por lo que es el más usado en el área rural.

6.6 Tabletillas de tricloro

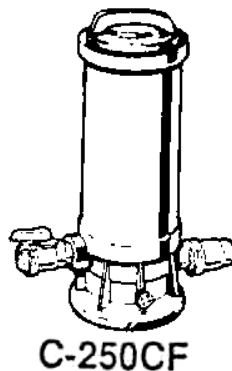
Es una forma de presentación del cloro, la cual consiste en pastillas o tabletas, tienen un tamaño de 3" de diámetro, por 1" de espesor, con una solución de cloro al 90% y un 10% de estabilizador, el peso de la tableta es de

200 gr. y la velocidad a la que se disuelve en agua en reposo es de 15 gr. en 24 horas.

6.7 Alimentador automático de tricloro

El alimentador de tricloro es un recipiente en forma de termo que alberga tabletas, las que se disuelven mediante el paso del agua en el mismo; estos alimentadores vienen en diferentes capacidades de tabletas, las que depende del caudal requerido para el proyecto, el modelo a utilizar se muestra a continuación:

Figura 4. Alimentador automático de tricloro



Fuente: Almacern Americano. Guia de instalación y operación de hipocloradores automáticos. Pág. 2.

De entre los tres derivados de cloro se eligió las tabletas a través del alimentador automático, dado que este método es mucho más económico en cuanto a su costo y operación, comparado con el hipoclorito que necesita de un operador experimentado y a tiempo completo, sin mencionar el costo y operación del gas cloro que es otra opción en el mercado.

Para determinar la cantidad de tabletas para clorar el caudal de agua para el proyecto se hace mediante la fórmula que se utiliza para hipocloritos, la cual es la siguiente:

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

Donde:

G = Gramos de tricloro

C = Miligramos por litro

M = Litros de agua a tratarse por día

D = Número de días que durará

%C = Concentración de cloro

Para el diseño de este proyecto se determina la cantidad de tabletas de tricloro que se necesita para clorar el agua, para un periodo de 15 días.

$$G = \frac{0.001 * 227,492 * 15}{0.9}$$

$$G = 3,792 \text{ gr.}$$

Esto significa, que se necesitan 3,792 gramos de tricloro, el equivalente a 18 tabletas 15 días, para lo cual se requiere de un alimentador automático modelo C-250CF, con capacidad para 18 tabletas máximo.

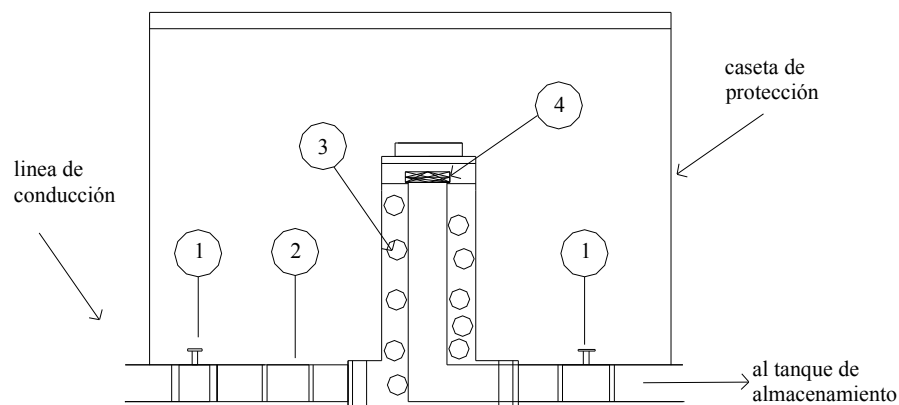
6.8 Instalación del alimentador automático de tricloro

La instalación de este tipo de sistema de cloración debe hacerse en función del diámetro de la tubería de conducción así; para diámetros mayores de 2 pulgadas el alimentador debe colocarse en paralelo con la línea de conducción;

en tanto que se el diámetro de la tubería de conducción es igual o menor a 2 pulgadas el alimentador debe colocarse en serie con ésta.

En base a lo anterior, para este caso la instalación del hipoclorador se hará en paralelo con la tubería de conducción, tal como se muestra en la figura No. 6 , entre la caja de válvula de entrada y el tanque de distribución; este sistema permite que en forma directa se inyecte la solución a la tubería, con esto se logra una mezcla más homogénea en menor tiempo, en el tanque de distribución.

Figura 5. Instalación del alimentador automático de tricloro



1. Válvula de paso
2. Válvula de cheque
3. Ubicación de las pastillas de tricloro

Estas se disuelven por erosión y disolución normal causado por agua

4. Filtro para solución

6.9 Tarifa

Para que un sistema de agua potable cumpla con su cometido y sea sostenible durante el período para el que se diseña, se requiere de un fondo para operar el sistema y darle mantenimiento. Para esto se determinó una tarifa que cada una de las viviendas como usuarios deben cancelar, en función de los costo de operación, mantenimiento, tratamiento, administración y reserva.

6.9.1 Costo de operación (O)

Este costo representa el pago al fontanero por revisión de la tubería y conexiones domiciliarias. Asumiendo que el fontanero recorrerá 3 Km. de línea al día revisándola minuciosamente y podrá revisar 20 conexiones al día, además se contempla un factor que representa las prestaciones como aguinaldo, bono 14 e indemnización.

$$O = ((Long.tubería * 1/3 * Jornal) + (No.conexiones * 1/20 * Jornal))1.43$$

$$O = ((6.00Mts * 1/3 * Q35.00) + (200viv * Q35.00))1.43$$

$$O = Q600.60$$

6.9.2 Costo de mantenimiento (M)

Este costo servirá para la compra de materiales del proyecto, en caso de que sea necesario cambiar los ya instalados o para la ampliación de los mismos. Se estima como el 4 por millar del costo total del proyecto.

$$M = \frac{0.004 * Costo\ total\ del\ proyecto}{20}$$

$$M = \frac{0.004 * Q568,616.54}{20}$$

$$M = Q113.80$$

6.9.3 Costo de tratamiento (T)

Es el costo que se requiere para la compra de tabletas de tricloro, que es el método seleccionado para la desinfección del agua, el cual se hará mensualmente.

$$T = \frac{30 * \text{Costo tableta en gr.} * \text{relación agua cloro} * Qc * 86,400}{\text{concentración de cloro}}$$

$$T = \frac{30 * 0.20 * 0.001 * 2.663 \text{Lts / seg} * 86,400}{0.9}$$

$$T = Q1,533.89$$

6.9.4 Costo de administración (A)

El costo de administración representa del fondo que servirá para gastos de papelería, sellos, viáticos, etc. Se estima que es el 15% de la suma de los tres anteriores.

$$A = 15\% (O + M + T)$$

$$A = 0.15 * (Q 600.60 + Q113.80 + Q379.15)$$

$$A = Q164.03$$

6.9.5 Costo de reserva (R)

Costo de reserva se le denomina a una reserva de dinero para cualquier imprevisto que afecte al proyecto, el cual será el 12% de la suma de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$R = 12\% (O + M + T)$$

$$R = 0.12 * (Q 600.60 + Q113.80 + Q379.15)$$

$$R = Q131.23$$

6.9.6 Tarifa calculada

La tarifa calculada es la suma de los costos anteriores, dividido el número de viviendas:

$$\text{Tarifa} = (O+M+T+A+R)/\text{No.viviendas}$$

$$\text{Tarifa} = (Q 600.60 + Q113.80 + Q1,533.89 + Q164.03+Q131.23)/200 \text{ viviendas}$$

$$\text{Tarifa} = Q12.72$$

La tarifa se puede ajustar de conformidad con las características del proyecto.

7. CÁLCULO DE PRESUPUESTO

7.1 Presupuesto

La integración del siguiente presupuesto, se realizó con base en la identificación del elemento que se construirá por ejemplo: línea de distribución, tanque de almacenamiento, caja rompe presión, y línea de distribución.

7.2 Materiales locales

Los materiales locales, son materiales que se encuentran en el área o muy cerca de donde se construirá el proyecto y que por sus características físicas nos disminuyen el costo del proyecto y nos brindan igual o mayor seguridad en la construcción.

En nuestro diseño se utilizará la piedra bola, ya que presenta resistencias mayores a la mampostería y disminuye su costo de construcción, además la piedra bola es un material que se encuentra con facilidad en el área.

7.3 Materiales no locales

Los materiales no locales, son materiales que no se encuentran en el área o cerca de donde se construirá el proyecto y debido a esto debe ser llevada a la obra en la construcción. Entre los cuales podemos mencionar algunas tuberías PVC, válvulas de alivio, etc.

El presupuesto que se presenta a continuación, fue calculado de conformidad con los costos de materiales y mano de obra que se utilizan en la municipalidad.

7.4 Presupuesto del proyecto

El presupuesto del proyecto de abastecimiento de agua potable a la aldea el Rincón Cedral en el municipio de Amatitlán se detalla a continuación:

Tabla IV. Presupuesto del proyecto

No.	DESCRIPCIÓN	Unidad.	Cantidad.	Cost. Unitar.	Cost. Total.
1	Clavo con cabeza para madera de 3".	Lts.	124	Q 3.00	Q 372.00
2	Cal hidratada para marcar zanjeado.	Lb.	55	Q 0.40	Q 22.00
3	Piedra bola de 2" a 4".	M3.	57.72	Q 35.00	Q 2,020.20
4	Cemento gris de 4,000 PSI.	Saco.	625.25	Q 34.00	Q 21,258.50
5	Arena gris (de río) .	M3.	135.90	Q 96.90	Q 13,168.71
6	169 varillas de hierro comercial corrugado No. 3.	qq.	13.04	Q 130.00	Q 1,695.20
7	69 varillas de hierro comercial corrugado No. 2.	qq.	2.38	Q 130.00	Q 309.40
8	Grava de 1/2" (piedrín) .	M3.	14,742	Q 142.00	Q 2,093.36
9	Alambre de amarre No. 18	Lb.	36.5	Q 3.00	Q 109.50
10	Candado mediano.	Unidad.	13	Q 50.00	Q 650.00
11	Válvula de alivio de 6" de diámetro de 250 PSI.	Unidad.	1	Q 5,895.00	Q 5,895.00
12	Adaptador macho PVC de 6" de diámetro.	Unidad.	4	Q 221.00	Q 884.00
12	Pegamento para tubería de agua tangit.	Galón	3.17	Q 422.00	Q 1,337.74
14	Adaptador hembra de 6" de PVC para agua potable.	Unidad.	1	Q 215.00	Q 215.00
15	Tubo PVC de 6" para agua potable de 250 PSI.	Tubo.	134	Q 1,100.00	Q 147,400.00
16	Válvula de paso de 6" de diámetro de 250 PSI.	Unidad.	1	Q 5,768.00	Q 5,768.00
17	Brida PVC de 6" de diámetro (flange).	Unidad.	2	Q 783.00	Q 1,566.00
18	Tornillo de 5/8"x3" para válvula de 6".	Unidad.	6	Q 16.75	Q 100.50
19	Válvula de paso de 2" de diámetro (bronce) .	Unidad.	3	Q 108.00	Q 324.00
20	Adaptador macho PVC de 2" de diámetro.	Unidad.	6	Q 221.00	Q 1,326.00
21	Codo 90° PVC diámetro de 6".	Unidad.	3	Q 403.58	Q 1,210.74
22	Codo 90° PVC diámetro de 4".	Unidad.	3	Q 69.87	Q 209.61
23	Codo 90° PVC diámetro de 3".	Unidad.	2	Q 39.12	Q 78.24

Continuación

24	Tee PVC diámetro de 4".	Unidad.	1	Q	108.14	Q	108.14
25	Tubo PVC diámetro de 4" de 250 PSI						
	para agua potable.	Tubo.	2	Q	502.79	Q	1,005.58
26	Sifón PVC de diámetro de 4".	Unidad.	1	Q	283.12	Q	283.12
27	Pichacha de acero de 2".	Unidad.	1	Q	125.00	Q	125.00
28	Reposadera pesada de 4".	Unidad.	1	Q	100.00	Q	100.00
29	Pichacha de acero de 2.1/5" de						
	diámetro para agua potable.	Unidad.	1	Q	180.00	Q	180.00
30	Tubo PVC para agua potable de 2"de						
	diámetro y 250 PSI.	Unidad.	1	Q	142.83	Q	142.83
31	Codo 90° PVC de 2" de diámetro para						
	agua potable.	Unidad.	3	Q	11.38	Q	34.14
32	Tee PVC de 2" de diámetro para						
	agua potable.	Unidad.	38	Q	13.32	Q	506.16
33	Tubo PVC para agua potable de 1/2"						
	de diámetro y 315 PSI.	Unidad.	177	Q	21.48	Q	3,801.96
34	Tubo PVC para agua potable de 1"de						
	diámetro y 160 PSI.	Unidad.	121	Q	34.59	Q	4,185.39
35	Tubo PVC para agua potable de						
	1.1/2"						
	de diámetro y 160 PSI.	Unidad.	134	Q	61.28	Q	8,211.52
36	Tubo PVC para agua potable de 2"de						
	diámetro y 160 PSI.	Unidad.	138	Q	95.53	Q	13,183.14
37	Tubo PVC para agua potable de						
	2.1/2"						
	de diámetro y 160 PSI.	Unidad.	22	Q	139.73	Q	3,074.06
38	Codo 45° PVC para agua potable de						
	diámetro de 2".	Unidad.	1	Q	13.40	Q	13.40
39	Codo 45° PVC para agua potable de						
	diámetro de 1.1/2".	Unidad.	1	Q	10.57	Q	10.57
40	Codo 45° PVC para agua potable de						
	diámetro de 1".	Unidad.	2	Q	6.32	Q	12.64
41	Codo 90° PVC para agua potable de						
	diámetro de 1.1/2".	Unidad.	1	Q	7.41	Q	7.41
42	Tee PVC para agua potable de 2.1/2"						
	de diámetro.	Unidad.	1	Q	51.98	Q	51.98
43	Tee PVC para agua potable de 2" de						
	diámetro.	Unidad.	5	Q	13.32	Q	66.60
44	Reducidor PVC para agua potable de						
	2.1/2" a 2".	Unidad.	3	Q	21.50	Q	64.50
45	Reducidor PVC para agua potable de						
	2" a 1".	Unidad.	6	Q	8.50	Q	51.00
46	Reducidor PVC para agua potable de						

Continuación

	1" a 1/2".	Unidad.	103	Q	2.92	Q	300.76
47	Reducidor PVC para agua potable de 2" a 1.1/2".	Unidad.	38	Q	8.50	Q	323.00
48	Pegamento tangit para tubería de agua potable.	Galón.	1.25	Q	399.43	Q	499.29
49	Válvula de paso de 1/2" de diámetro	Unidad.	1	Q	22.10	Q	22.10
50	Válvula de paso de 1" de diámetro	Unidad.	2	Q	39.92	Q	79.84
51	Adaptador macho PVC de 1" de diámetro.	Unidad.	4	Q	3.95	Q	15.80
52	Tubo PVC para agua potable de 1/2" de diámetro y 315 PSI.	Unidad.	150	Q	21.48	Q	3,222.00
53	Tee PVC para agua potable de 1.1/2" de diámetro.	Unidad.	49	Q	9.74	Q	477.26
54	Tee PVC para agua potable de 1" de diámetro.	Unidad.	101	Q	5.05	Q	510.05
55	Tee PVC para agua potable de 1/ 2" de diámetro.	Unidad.	13	Q	1.64	Q	21.32
56	Reducidor PVC para agua potable de 1.1/2" a 1/2".	Unidad.	49	Q	5.05	Q	247.45
57	Codo 90° PVC diámetro de 1/2".	Unidad.	200	Q	1.02	Q	204.00
58	Válvula de paso de 1/2" de diámetro	Unidad.	200	Q	32.00	Q	6,400.00
59	Adaptador macho PVC de 1/2" de diámetro.	Unidad.	1,202	Q	1.02	Q	1,226.04
60	Contadores para medición de agua potable.	Unidad.	200	Q	220.00	Q	44,000.00
61	Válvula de compuerta de 1/2" de diámetros.	Unidad.	200	Q	32.00	Q	6,400.00
62	Codo 90° con rosca PVC diámetro de 1/2".	Unidad.	200	Q	2.27	Q	454.00
63	Tubo Hg. para agua potable de 1/2" de 20'.	Tubo.	50	Q	51.50	Q	2,575.00
64	Codo a 90° Hg. de diámetro de 1/2".	Unidad.	200	Q	5.50	Q	1,100.00
65	Chorro diámetro de 1/2" para agua potable.	Unidad.	200	Q	38.00	Q	7,600.00
66	Válvula de cheque de 1/2" de diámetro	Unidad.	200	Q	45.00	Q	9,000.00
67	Caja de cemento para colocar el contador.	Unidad.	200	Q	40.00	Q	8,000.00
68	Caja de cemento para colocar el llave de paso.	Unidad.	200	Q	20.00	Q	4,000.00
69	madera de pino cepillado	Pie-ta	5,070.26	Q	3.95	Q	20,027.53
70	Alimentador automático de tricloro	Unidad.	1	Q	5,000.00	Q	5,000.00
71	Mano de obra.	Global				Q	10,140.85

Continuación

	Suma				Q 466,079.13
	I.V.A. (12 %) .				Q 55,929.50
	Imprevistos (10 %) .				Q 46,607.91
	Total.				Q 568,616.54

El cambio 28/03/2,003 es de Q7.80 por dólar.

CONCLUSIONES

1. La realización del proyecto de Abastecimiento de Agua Potable para la Aldea el Rincón Cedral, vendrá a beneficiar a 300 familias, que fue afectadas principalmente por enfermedades gastrointestinales, ya que la forma de abastecerse es antieconómica y antihigiénica.
2. De conformidad con los datos recabados en la topografía, se propone un sistema de bombeo del pozo a un nivel alto y luego se distribuya por gravedad a toda la Aldea.
3. El servicio será de manera que toda la población de la Aldea el Rincón Cedral, tenga acceso al vital líquido, es por ello que las tomas en la línea central de la tubería son para conexiones domiciliarias.
4. Los resultados obtenidos del análisis de las muestras de agua, indican que el agua es potable, pero debido a posibles contaminaciones por la tubería, se propone un tratamiento con tabletas de cloro, lo cual reduce el costo de operación del buen funcionamiento del sistema.
5. Al igual que la perforación del pozo, el comité de la Aldea buscó instituciones Internacionales a través del Estado para realizar dicho

proyecto, tomando en cuenta que la Aldea proporcionará mano de obra no calificada en pro de su beneficio.

RECOMENDACIONES

Dirigido al comité de desarrollo de la Aldea el Rincón Cedral:

1. Velar porque el área perimetral del pozo, se mantenga fuera del alcance de contaminantes como basura y otros desechos tóxicos.
2. Mantener un control del sistema completo, tuberías, tanque de almacenamiento, caja rompe presión, llaves, etc. Para evitar el mal funcionamiento del sistema.
3. Solicitar asesoría a Instituciones del Estado o Municipalidad para capacitar a la población, para el buen funcionamiento del sistema.
4. Revisar periódicamente el agua para que contenga la cantidad de cloro necesaria y no dañe el organismo de la población.
5. Realizar reuniones y campañas de concientización para darle el uso adecuado al agua.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Salguero, Edgar Horacio. Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de los Cantones Sur y Oriente de la Cabecera Municipal de Patzún Chimaltenango. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 1998.95pp
2. Barrios de León, Julio Alfonso. Plan Municipal de Agua y Saneamiento para el Área Rural del Municipio de San Cristóbal Totonicapán, Departamento de Totonicapán, para el año 2,002. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000.115pp.
3. Dieguez González, Eduardo Gaspar. Estudio y Diseño del Sistema de Agua Potable para la Aldea Tapalapa del Municipio de San Carlos Alzatate, Jalapa. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994.89pp.
4. **Instituto de Fomento Municipal, Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales.** Guía para el Diseño de Abastecimientos de Agua Potable a Zonas Rurales. Segunda revisión. Guatemala, Julio de 1,997.85pp.
5. Thomson Larios, Carol Magali. Diseño, Supervisión y Ejecución del Proyecto de Introducción de Agua por Gravedad a la Comunidad de Xexocom Santa Maria Nebaj, Departamento del Quiche. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996.120pp.
6. Valdez de León, Willy Rolando. Diseño de Introducción de Agua y Saneamiento Básico para los Caseríos de: Guancache y Xeabaj, Sicapaca, San Marcos, y caserío San José Sigüila, Momostenango. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000.93pp.
7. Vides Tobar, Armando. **Análisis y Control de Costos de Ingeniería.** Guatemala: Editorial Piedra Santa, 1964.250pp

**APÉNDICE
LIBRETA TOPOGRÁFICA**

Tabla V. Libreta topográfica

P.O.	AZIMUT	ANG. VERT.	H.S.	H.M.	H.I.	A.I.
N	00°00'00"	MAGNETICO				
1-1	240°09'00"	DISTANCIA	42.00	CASA		
2	154°20'20"	89°15'00"	1.92	1.46	1.00	1.32
2-1	77°15'00"	DISTANCIA	40.00	CASA		
3	172°18'40"	89°20'20"	2.56	1.78	1.00	1.52
4	169°53'00"	89°20'20"	1.71	1.00	0.29	1.53
3-1	94°51'20"	DISTANCIA	36.00	CASA		
5	158°43'40"	89°55'40"	1.50	1.00	0.50	1.55
4-1	324°44'40"	DISTANCIA	20.00	CASA		
4-2	343°35'00"	DISTANCIA	25.00	CASA		
6A	91°08'40"	90°40'20"	1.12	1.00	0.88	1.46
6B	135°40'40"	89°43'31"	1.52	1.00	0.49	1.48
6	158°42'40"	89°34'51"	1.96	1.00	0.04	1.46
5-1	136°40'40"	DISTANCIA	16.00	CASA		
7	182°04'40"	89°55'20"	1.64	1.00	0.37	1.42
6-1	185°23'00"	DISTANCIA	90.00	ESCUELA		
6-2	222°31'40"	DISTANCIA	70.00	CASA		
8	176°49'40"	89°37'20"	1.38	1.00	0.63	1.41
7-1	235°18'40"	DISTANCIA	60.00	CASA		
7-2	263°33'20"	DISTANCIA	23.50	CASA		
7-3	269°09'20"	DISTANCIA	45.00	CASA		
8A	100°44'20"	90°22'40"	1.33	1.00	0.68	1.38
8A-1	106°46'20"	DISTANCIA	68.00	CASA		
9	189°55'40"	89°32'20"	1.62	1.00	0.38	1.35

Continuación

10	173°49'40"	90°10'20"	1.22	1.00	0.78	1.50
9-1	143°03'20"	DISTANCIA	16.00	CASA		
9-2	102°42'00"	DISTANCIA	6.50	CASA		
11	165°25'00"	89°10'00"	1.47	1.00	0.54	1.40
11-A	88°14'00"	89°22'00"	1.40	1.00	0.61	1.44
11-A-1	72°28'00"	DISTANCIA	95.00	CASA		
11-A-2	72°28'00"	DISTANCIA	54.00	CASA		
11-A-3	72°28'00"	DISTANCIA	48.00	CASA		
11-A-4	72°28'00"	DISTANCIA	6.00	CASA		
11-A-5	192°10'00"	DISTANCIA	10.00	CASA		
12	274°59'00"	90°28'00"	1.15	1.00	0.86	1.46
13	201°22'00"	91°42'00"	1.45	1.00	0.55	1.45
14	181°23'30"	90°39'00"	1.30	1.00	0.70	1.50
15	247°18'00"	91°55'20"	1.26	1.00	0.74	1.42
14-1	161°28'00"	DISTANCIA	25.00	CASA		
14-2	143°10'00"	DISTANCIA	30.00	CASA		
16	276°07'00"	90°57'00"	1.62	1.00	0.39	1.36
17	260°16'00"	90°48'00"	3.00	2.00	1.00	1.49
18	276°47'00"	90°54'00"	1.65	1.00	0.35	1.52
5	158°43'40"	EJE TANQUE				
5-A	69°34'40"	70°15'20"	2.83	2.00	1.17	1.43
5-B	69°34'40"	78°07'20"	1.79	1.50	1.22	1.41
5-C	46°22'20"	75°32'00"	1.19	1.00	0.82	1.36

Resumen hidráulico

Tabla VI. Diseño hidráulico

ESTACIÓN DE - A	LONG. (Mts)	CAUDAL (Lts/seg)	CLASE TUBERÍA	DIAMETRO (Pig)	C	PRESIÓN (PSI)	V (Mts)
EJE CENTRAL							
5 CRP	125.00	4.438	PVC	2	150	160	1.82
CRP 5	111.33	4.438	PVC	2.5	150	160	1.24
5 1	489.94	0.594	PVC	1	150	160	0.821
5 7	318.99	3.058	PVC	2	150	160	1.25
7 8	75.00	2.244	PVC	2	150	160	0.92
8 9	123.99	2.178	PVC	2	150	160	0.89
9 11	136.98	1.958	PVC	2	150	160	0.80
11 18	583.77	1.078	PVC	1.5	150	160	0.69
RAMAL No 1							
5 6B	127.00	0.862	PVC	1	150	160	1.19
RAMAL No 2							
7 7--3	60.00	0.654	PVC	1	150	160	0.90
RAMAL No 3							
8 8A-1	133.00	0.212	PVC	0.5	150	160	0.82
RAMAL No4							
9 9-1	16.00	0.450	PVC	0.5	150	160	1.73
RAMAL No 5							
11 11A-1	173.99	0.654	PVC	1.5	150	160	0.90

Continuación

No. TUBOS	COTA PIEZOMETRICA		TOPOGRAFIA		PRESIÒN DINAMICA		PRESIÒN ESTATICA	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
22	1078.36	1071.30	1078.36	1045.00	0	26.30	0	33.36
22	1045.00	1042.52	1045.00	1005.45	0	37.07	0	39.55
86	1042.52	1012.91	1005.45	1000.00	37.07	12.91	39.55	45.00
56	1042.52	1033.47	1005.45	1009.05	37.07	24.42	39.55	35.95
14	1033.47	1032.27	1009.05	1009.95	24.42	22.32	35.95	35.05
22	1032.27	1030.39	1009.95	1011.25	22.32	20.44	35.05	33.75
24	1030.39	1028.68	1011.25	1013.37	19.14	15.31	33.75	31.63
103	1028.68	1021.54	1013.37	1006.29	15.31	15.25	31.63	38.71
24	1042.52	1035.86	1005.45	1006.60	37.07	29.26	39.55	38.40
11	1033.47	1031.58	1009.05	1009.05	24.42	22.53	35.95	35.95
24	1032.27	1025.96	1009.95	1009.90	22.32	16.06	35.05	35.10
3	1030.39	1027.34	1011.25	1011.20	19.14	16.14	33.75	33.80
31	1028.68	1027.84	1013.37	1014.68	15.31	13.16	31.79	30.32

Figura 6. Planta general

Figura 7. Planta perfil conducción

Figura 8. Planta distribución

Figura 9. Planta perfil ramales

Figura 10. Tanque de almacenamiento

Figura 11. Caja rompe presión

Figura 12. Conexión domiciliar

ANEXO

