



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS  
COLONIAS PRADOS DE LINDA VISTA Y VALLE DE NAZARETH, MUNICIPIO  
DE VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

**Héctor Arnoldo Cruz Sánchez**  
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, noviembre de 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS  
COLONIAS PRADOS DE LINDA VISTA Y VALLE DE NAZARETH, MUNICIPIO  
DE VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**HÉCTOR ARNOLDO CRUZ SÁNCHEZ**  
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Elfego Odvin Orozco Fuentes
EXAMINADOR	Ing. Antonio José Salvador Valenzuela Godoy
EXAMINADOR	Ing. Rony de Jesús Mayorga Licona
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

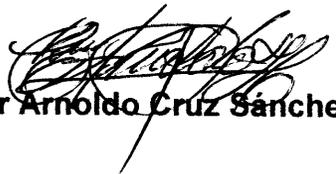


## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS  
COLONIAS PRADOS DE LINDA VISTA Y VALLE DE NAZARETH, MUNICIPIO  
DE VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 22 de noviembre de 2010.

  
**Héctor Arnoldo Cruz Sánchez**





Guatemala, 06 de septiembre de 2013  
Ref.EPS.DOC.976.09.13

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Héctor Arnoldo Cruz Sánchez** con carné No. **8712210**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS COLONIAS PRADOS DE LINDA VISTA Y VALLE DE NAZARETH, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**.

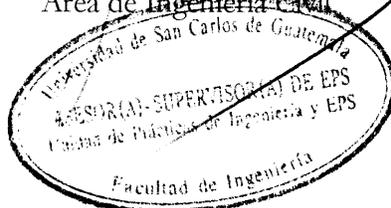
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

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



c.c. Archivo  
JMC/ra





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,  
11 de octubre de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS COLONIAS PRADOS DE LINDA VISTA Y VALLE DE NAZARETH, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Héctor Arnoldo Cruz Sánchez, con Carnet No. 8712210, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

Más de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua







**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinador de E.P.S. Ing. Juan Merck Cos, al trabajo de graduación del estudiante Héctor Arnoldo Cruz Sánchez, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS COLONIAS PRADOS DE LINDA VISTA Y VALLE DE NAZARETH, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2013

/bbdeb.

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







El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS COLONIAS PRADOS DE LINDA VISTA Y VALLE DE NAZARETH, MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Héctor Arnoldo Cruz Sánchez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, appearing to read "Murphy Olympo Paiz Reinos".

Ing. Murphy Olympo Paiz Reinos  
Decano



Guatemala, noviembre de 2013



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Que es la fuente de toda ciencia, sabiduría y que me dio la oportunidad de culminar una de mis metas.
<b>Mis padres</b>	Elpidio Cruz Cruz (q.e.p.d.) y Alberta Sánchez González viuda de Cruz, por su sacrificio y entrega.
<b>Mis hijas</b>	Yesica Ivón, Patsy Ester y Glendy Vanesa Cruz Benitez, con mucho amor.
<b>Mis hermanos</b>	Jesús Elpidio (q.e.p.d.), Jovita, Mario Rolando, Dora Leticia, Marcelino Eduardo y Luis Fernando Cruz Sánchez, con amor fraternal.
<b>Mis abuelos</b>	Zeferino Cruz Ventura (q.e.p.d.) y Jovita Cruz Rodríguez de Cruz (q.e.p.d.); Marcelino Sánchez Villafañe (q.e.p.d.) y Anastasia González García de Sánchez (q.e.p.d.), como una ofrenda a su memoria.
<b>Toda mi familia</b>	Mi respeto y cariño.
<b>Mis amigos</b>	Con afecto sincero.

**Mis compañeros de  
estudio y de trabajo**

Gracias por su apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Facultad de Ingeniería</b>	Por apoyarnos unos a otros en todo momento.
<b>Municipalidad de Villa Nueva</b>	En particular a la Corporación Municipal y la Dirección de Agua y Saneamiento.
<b>Ing. Juan Merck Coz</b>	Por haberme asesorado para desarrollar este trabajo de graduación.
<b>Todas las personas</b>	Que de una u otra forma contribuyeron a ver culminada mi carrera.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Investigaciones diagnósticas sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del área urbana del municipio de Villa Nueva .....	1
1.1.1. Descripción de las necesidades .....	3
1.1.2. Análisis y priorización de las necesidades.....	3
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	7
2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las colonias Prados de Linda Vista y Valle de Nazareth, municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala .....	7
2.1.1. Descripción del proyecto .....	7
2.1.2. Aforo, dotación y tipo de servicio .....	7
2.1.3. Tasa de crecimiento poblacional .....	8
2.1.4. Periodo de diseño, población futura .....	9
2.1.5. Factores de consumo y caudales .....	10

2.1.6.	Caudales .....	10
2.1.6.1.	Caudal medio diario.....	10
2.1.6.2.	Caudal de día máximo.....	12
2.1.6.3.	Caudal de bombeo .....	13
2.1.6.4.	Caudal de hora máximo .....	15
2.1.7.	Calidad del agua y sus normas .....	16
2.1.7.1.	Análisis bacteriológico .....	17
2.1.7.2.	Análisis fisicoquímico .....	17
2.1.8.	Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías .	18
2.1.9.	Presiones y velocidades .....	18
2.1.10.	Levantamiento topográfico .....	22
2.1.10.1.	Planimetría .....	22
2.1.10.2.	Altimetría .....	23
2.1.11.	Diseño hidráulico .....	23
2.1.11.1.	Captación .....	23
2.1.11.2.	Línea de impulsión .....	24
2.1.11.2.1.	Potencia de bombeo .....	25
2.1.11.2.2.	Verificación del golpe de ariete.....	26
2.1.11.2.3.	Verificación de la cavitación .....	27
2.1.11.2.4.	Especificaciones del equipo de bombeo .....	28
2.1.11.3.	Red de distribución.....	31
2.1.11.3.1.	Red por circuito cerrado .....	31

	2.1.11.3.2.	Red por canales abiertos.....	32
2.1.11.4.		Tanque de distribución .....	35
	2.1.11.4.1.	Cubierta del tanque .....	38
	2.1.11.4.2.	Fondo del tanque ...	40
	2.1.11.4.3.	Cuerpo del tanque..	41
	2.1.11.4.4.	Torre de soporte .....	41
	2.1.11.4.5.	Diseño de la cimentación del tanque .....	56
	2.1.11.5.	Sistema de desinfección.....	64
2.1.12.		Programa de operación y mantenimiento .....	65
2.1.13.		Propuesta de tarifa .....	66
2.1.14.		Elaboración de planos .....	71
2.1.15.		Elaboración de presupuesto .....	71
2.1.16.		Análisis socioeconómico.....	75
	2.1.16.1.	Valor Presente Neto .....	75
	2.1.16.2.	Tasa Interna de Retorno.....	76
2.1.17.		Evaluación de Impacto Ambiental.....	77
CONCLUSIONES .....			79
RECOMENDACIONES.....			81
BIBLIOGRAFÍA.....			83
APÉNDICES .....			85
ANEXOS.....			115



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación de la comunidad .....	2
2.	Tanque de Valle de Nazareth.....	34
3.	Módulo de sección .....	39
4.	Estructura de torre para tanque elevado .....	56
5.	Pedestal de apoyo de columna del tanque .....	57
6.	Columna de apoyo .....	59
7.	Armado de columna de apoyo .....	60
8.	Detalles de armado de cimentación .....	64
9.	Bomba inyectora de hipoclorito de sodio.....	65

### TABLAS

I.	Matriz de prioridad de proyectos .....	4
II.	Tubería PVC.....	19
III.	Evaluación de la potencia del motor sumergible del pozo La Paz.....	30
IV.	Caudal de diseño.....	35
V.	Esfuerzo unitario-tracción .....	43
VI.	Esfuerzo unitario-compresión .....	43
VII.	Esfuerzo unitario-flexión .....	44
VIII.	Esfuerzo unitario-corte .....	44
IX.	Evaluación de la tarifa .....	69
X.	Presupuesto .....	73



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Q</b>	Caudal
<b>Qmd</b>	Caudal máximo diario
<b>Qmh</b>	Caudal máximo horario
<b>cm</b>	Centímetro
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo (material de tubo plástico)
<b>C</b>	Coefficiente de rugosidad
<b>D</b>	Diámetro
<b>Dot</b>	Dotación
<b>FDM</b>	Factor de día máximo
<b>FHM</b>	Factor de hora máximo
<b>Hab</b>	Habitante
<b>Hg</b>	Hierro galvanizado
<b>h</b>	Hora
<b>Km</b>	Kilómetro
<b>L</b>	Litros
<b>m</b>	Metro
<b>mca</b>	Metro columna de agua
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>mm</b>	Milímetro
<b>N</b>	Periodo de diseño
<b>A</b>	Sección de área



## GLOSARIO

<b>Abastecimiento</b>	Es el suministro o provisión de agua potable.
<b>Acueducto</b>	Serie de conductos a través de los cuales se traslada agua de un punto hacia a otro.
<b>Aforo</b>	Operación que consiste en medir el caudal de una fuente.
<b>Agua potable</b>	Es aquella que es sanitariamente segura, además de ser inodora, incolora y agradable a los sentidos.
<b>Área</b>	Espacio de tierra comprendido entre ciertos límites.
<b>Azimut</b>	Ángulo horizontal referido a un norte magnético o arbitrario; su rango va desde 0° a 360°.
<b>Carga dinámica</b>	Es la suma de las cargas de velocidad ( $V^2/2g$ ) y de presión.
<b>Carga estática</b>	Es la diferencia de alturas que existe entre la superficie libre de una fuente de abastecimiento y un punto determinado del acueducto.

<b>Caudal</b>	Es el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo, en un determinado punto de observación, en un instante dado.
<b>Censo</b>	Es toda la información sobre la cantidad de población en un período de tiempo determinado, la cual brinda y facilita una descripción de los cambios que ocurren con el paso del tiempo.
<b>Cota del terreno</b>	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado.
<b>Cota piezométrica</b>	Altura del nivel dinámico en un punto de referencia a un nivel determinado que se instalará una tubería.
<b>Desinfección</b>	Eliminación de bacterias patógenas que existen en el agua, mediante procesos químicos.
<b>Dotación</b>	Es la cantidad de agua necesaria para consumo de una persona por día.
<b>Nivelación</b>	Es un procedimiento de campo que se realiza para determinar las elevaciones en puntos determinados.
<b>Pendiente</b>	Es el grado de inclinación que pueda poseer un terreno, es el ángulo medido desde la horizontal.

<b>Pérdida de carga</b>	Es el cambio que experimenta la presión, dentro de la tubería, por motivo de la fricción.
<b>Perfil</b>	Delineación de la superficie de la tierra, según su latitud y altura, referidas a puntos de control.
<b>Topografía</b>	Es el arte de representar un terreno en un plano, con su forma, dimensiones y relieve.
<b>Zapata</b>	Es el cimiento individual de una estructura que transmite las cargas al suelo.



## **RESUMEN**

En los asentamientos humanos, el abastecimiento de agua potable cada vez es más problemático debido a la escasez y a otros factores, pero el agua es un elemento vital en la vida del hombre, tanto para su desarrollo individual como colectivo; los sistemas de abastecimiento de agua son de gran importancia porque la falta del vital líquido puede provocar problemas de salud en una comunidad, problemas de desarrollo económico, industrial, e incluso, afectar el ornato de la localidad.

El Ejercicio Profesional Supervisado realizado en la Municipalidad de Villa Nueva está enfocado a plantear una solución, tanto técnica como económica, que contribuya a cubrir las necesidades básicas de las comunidades y contribuir al desarrollo económico y social, para que se tenga un buen nivel de vida, con el fin de dar solución a la problemática del sistema de abastecimiento de agua potable para las colonias Prados de Linda Vista y Valle de Nazareth.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para las colonias Prados de Linda Vista y Valle de Nazareth, municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala.

### **Específicos**

1. Desarrollar una investigación diagnóstica sobre las necesidades de los servicios básicos e infraestructura, para el área urbana de la cabecera municipal de Villa Nueva, departamento de Guatemala.
2. Realizar el diseño de abastecimiento de agua potable para las colonias Prados de Linda Vista y Valle de Nazareth, del municipio de Villa Nueva, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.
3. Capacitar a los miembros del COCODE de las colonias Prados de Linda Vista y Valle de Nazareth, sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable.
4. Despertar el interés de las autoridades encargadas de desarrollar proyectos de servicios básicos e infraestructura en el municipio de Villa Nueva, Guatemala.



## INTRODUCCIÓN

El proyecto de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las colonias Prados de Linda Vista Y Valle de Nazareth, municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala, se llevó a cabo gracias al apoyo de la municipalidad de Villa Nueva y de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Como primer paso se hizo un levantamiento topográfico, con el cual se obtuvieron los datos necesarios, para saber a qué distancias y niveles del terreno era factible la ejecución del proyecto, y paralelamente, se hizo investigación de campo, para determinar la cantidad de habitantes y viviendas hay en la comunidad.

Seguidamente, se hicieron los planos de topografía y densidad de población; se investigó para conocer los datos del pozo mecánico y la población a la cual se estaría dotando de agua potable, con el fin de determinar el caudal que se tenía dispuesto para abastecer a las colonias.

Se realizó la investigación de cada uno de los componentes del acueducto y se obtuvo la información necesaria para realizar el diseño, tanto de la captación, líneas de conducción de la fuente hacia los tanques de almacenamiento, red de distribución y sus partes hidráulicas y estructurales.

Al final de este trabajo se presentan los planos y presupuestos para la ejecución de la obra.



## **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

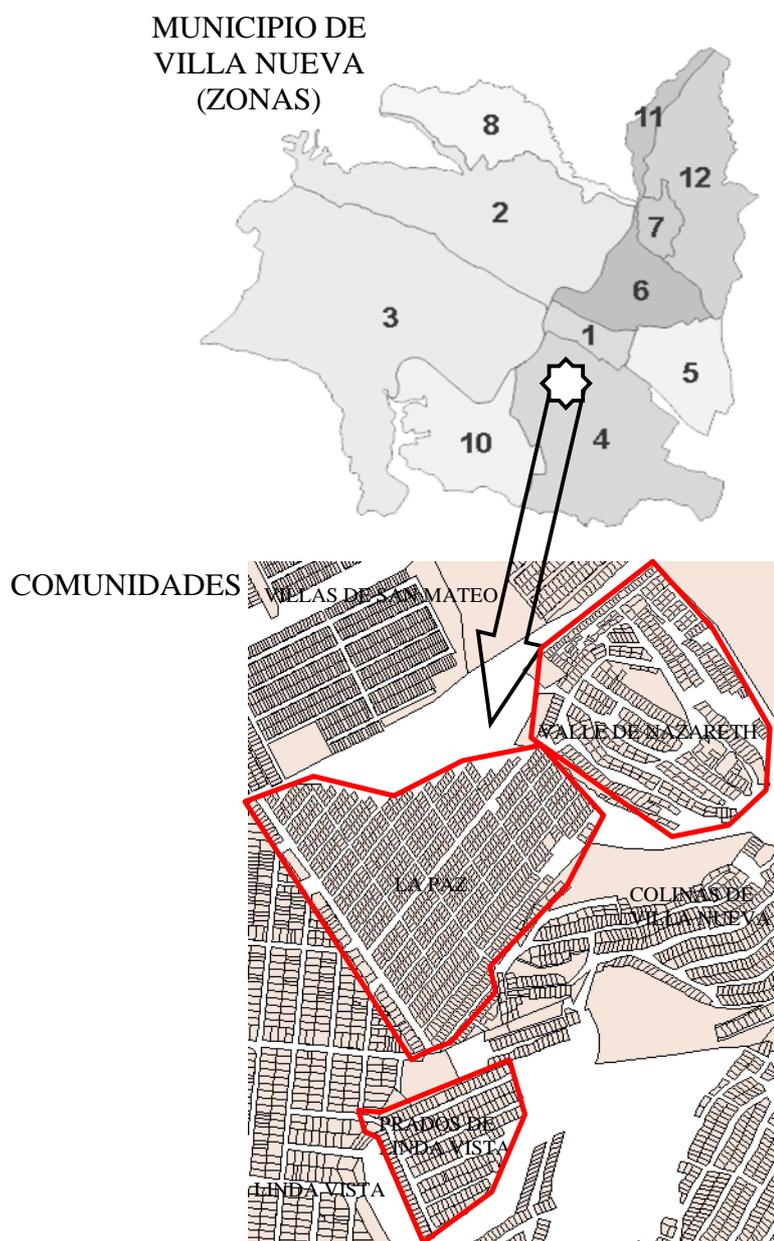
### **1.1. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del área urbana del municipio de Villa Nueva**

El área donde se encuentran las colonias Prados de Linda Vista y Valle de Nazareth, fue urbanizada en una forma ordenada y pacífica por sus actuales habitantes, quienes tomaron la precaución de dejar áreas verdes a las orillas de los barrancos, para amortiguar posibles deslaves y como medida de mitigación ambiental alrededor de la superficie colonizada.

Los vecinos de estas colonias se encuentran legalmente como dueños de las fincas que actualmente ocupan. Sus necesidades son muchas, ya que carecen de servicios e infraestructura en gran cantidad.

Se realizó la investigación diagnóstica para verificar cuáles eran las necesidades de la población, y de esa manera seleccionar los proyectos que representaran el mayor interés de la comunidad en el marco de los servicios básicos, para elaborar su diseño y proponer su ejecución.

Figura 1. **Ubicación de la comunidad**



Fuente: cartografía, Municipalidad de Villa Nueva.

### **1.1.1. Descripción de las necesidades**

Las necesidades que se presentaron de mayor impacto en la comunidad, son las que corresponden al saneamiento ambiental como:

- Agua potable: introducción de agua potable debido a la carencia de un sistema de abastecimiento del agua potable, que es vital para su supervivencia.
- Alcantarillado sanitario: los vecinos de las colonias, no cuentan con una red de tubería que evacue las aguas negras de sus hogares, por lo tanto estas aguas corren por las calles y contaminan el ambiente.
- El agua que reciben de camiones cisterna, debido a que es de dudosa procedencia, no es potable y se encuentra contaminada, afectando a la población en general, por las enfermedades gastrointestinales.
- Respecto de la eliminación de las aguas residuales, aquí se incluye a las excretas humanas, a las materias fecales animales y las aguas grises domésticas; estas generalmente corren a orillas de calles hacia las laderas cercanas, provocando erosiones en el suelo, suciedad y contaminación.

### **1.1.2. Análisis y priorización de las necesidades**

Cuando se priorizaron las necesidades, se realizaron varias asambleas generales donde participaron los habitantes de la comunidad y dieron a conocer una serie de necesidades urgentes.

Se elaboró un listado de todas las necesidades planteadas, después se priorizaron cinco necesidades más importantes y relevantes; luego se procedió a hacer una matriz de priorización, en donde quedó como prioridad uno, el sistema de agua potable, y de prioridad dos, el alcantarillado.

Estos proyectos tienen como fin el bien común ya que fueron seleccionados por los mismos habitantes, quienes son los afectados al no contar con estos servicios y serán los beneficiarios directos en su realización.

Tabla I. **Matriz de prioridad de proyectos**

<b>NECESIDADES PLANTEADAS POR LA POBLACIÓN</b>	
<b>NECESIDAD O PROYECTO</b>	<b># SOLICITANTES</b>
Sistema de agua potable	139
Sistema de alcantarillado sanitario	31
Centros deportivos	28
Calles y callejones pavimentados	24
Mejoramiento de los servicios médicos y medicinas	18
Mejoras en centros educativos	9
Parques y centros de recreación	8
Tratamiento de aguas residuales	7
Saneamiento y manejo de basura	7
Fomentar la vivienda y urbanización	2

Continuación de la tabla I.

Alimentos y nutrición	2
Electricidad y alumbrado público	1
Fuentes de trabajo	1
Teléfonos	1

Fuente: elaboración propia.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las colonias Prados de Linda Vista y Valle de Nazareth, municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala**

A continuación se describen las actividades que previamente se realizaron para la elaboración del diseño de abastecimiento de agua potable.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El proyecto está conformado por la fuente de abastecimiento que es un pozo perforado a 1,500 pies de profundidad, que actualmente se está equipando, funcionando y dotando de agua a la colonia La Paz; se contempla una línea de conducción dos tanques elevados con un volumen de almacenamiento de 70 m<sup>3</sup>, red de distribución con sus respectivas conexiones domiciliarias; para las colonias Prados de Linda Vista y Valle de Nazareth, la cantidad de conexiones domiciliarias es de 600.

#### **2.1.2. Aforo, dotación y tipo de servicio**

Se realizó el aforo del pozo por medio de bombeo, en un tiempo de 24 horas, siendo la información siguiente:

- La producción del pozo fue de 206 GPM equivalente a 12.97 l/s

- Profundidad del pozo 1500 pies
- Nivel estático 858 pies
- Nivel dinámico 859 pies

La dotación es la cantidad de agua adoptada para servir a una persona en un día, de tal forma que pueda satisfacer sus necesidades básicas de higiene física, consumo propio, uso culinario, etc.

La dotación adoptada para el proyecto fue de 120 l/hab/día para Prados de Linda Vista y 90 l/hab/día para valle de Nazareth, la cual fue el resultado de evaluar la demanda de consumo tomando en cuenta que son colonias tipo dormitorio; así como del caudal disponible. El servicio de abastecimiento será días alternos.

### **2.1.3. Tasa de crecimiento poblacional**

La población actual en las comunidades que se beneficiarán con el proyecto es de 1,428 habitantes en Prados de Linda Vista y 2,455 habitantes en Valle de Nazareth.

La tasa de crecimiento de una población se hace necesaria determinarla, para obtener la población que existirá al final del periodo de diseño (población futura o de diseño).

En este trabajo se utilizó el método de saturación debido a que la colonia está totalmente poblada, y para obtener el dato se censó a la población total.

#### **2.1.4. Periodo de diseño, población futura**

Se define como periodo de diseño, el número de años para el cual el sistema va a proporcionar agua potable en la cantidad adecuada a la población futura existente al final del periodo.

El periodo de diseño de un abastecimiento de agua está determinado por razones económicas. Un periodo 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.

No debe confundirse el periodo de diseño con la vida útil de los elementos de un sistema. Generalmente, se adopta en nuestro medio un período de diseño de 20 años.

Para este sistema se tomaron en consideración los factores que se mencionan a continuación:

- Capacidad de la fuente
- Vida útil de las tuberías y estructuras
- Facilidad y factibilidad de ampliación del sistema
- Crecimiento de la población
- Normas de diseño

Para este proyecto se tomó un periodo de 21 años, considerando un año de diseño y gestión.

Para el cálculo de la población de diseño, se utilizó el método de saturación, tomando la cantidad de habitantes del último censo, proporcionado por la Organización Comunitaria de la municipalidad de Villa Nueva y el realizado por los miembros del Concejo Comunitario de Desarrollo en julio del 2009, siendo esta de: 1,428 habitantes en Prados de Linda Vista y 2,455 habitantes en Valle de Nazareth.

#### **2.1.5. Factores de consumo y caudales**

El consumo de demanda de agua es la cantidad de agua que una persona necesita o usa realmente para cubrir sus necesidades, el cual nunca es constante, debido a que varía horariamente, diariamente o estacionalmente, se encuentra relacionado con el tipo de comunidad, clima, costo, calidad y presión del servicio. En la comunidad, la demanda suele ser mediana, debido a que el clima es templado y que es una colonia tipo dormitorio; por lo tanto, el factor de día máximo = 1.5 y el factor de hora máximo = 1.8

#### **2.1.6. Caudales**

Se le llama caudal a la cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente.

##### **2.1.6.1. Caudal medio diario**

El consumo medio diario es el promedio de los consumos diarios registrados durante un año, pero debido a que estas comunidades no cuentan con esta estadística.

El consumo medio diario será calculado con la siguiente ecuación:

$$Q_m = \frac{\text{Dot} \times P.F}{86,400}$$

Donde:

$Q_m$  = consumo medio diario o caudal medio

Dot = dotación

PF = población futura o población de diseño del proyecto

Además, se considerarán los gastos de cinco iglesias y un campo deportivo, por lo que las dotaciones diarias vienen dadas:

Dot. Iglesia = # asistentes x dotación por persona x 15/100.

Dot. Cancha deportiva = # asistentes x dotación por persona x 25/100.

Para Prados de Linda Vista:

Para iglesia la dotación de 90 l/hab/día\*100 hab\* 0.25\*4= 9,000 l/ día

Para Valle de Nazareth:

Para iglesia la dotación de 90 l/hab/día\*100 hab\* 0.25 \*4= 9,000 l/ día

Para el instituto, la dotación es de 200 personas \* 20 = 4,000 l/ día

$$Q_m = \left( \frac{(\text{Dot} \times P.F) + (\text{Dot. iglesia .y.dot. cancha deportiva})}{86,400} \right)$$

Por lo que el caudal medio diario del sistema se calcula así:

Para Prados de Linda Vista:

$$Q_{m1} = \left( \frac{(90 * 1,428) + (9,000 + 0)}{86,400} \right) = 1.59 l / s.$$

$$Q_{m1} = 1.59 l / s$$

Para Valle de Nazareth:

$$Q_{m2} = \left( \frac{(90 * 2,455) + (9,000 + 4,000)}{86,400} \right) = 2.71 l / s.$$

$$Q_{m2} = 2.71 l / s$$

### **2.1.6.2. Caudal de día máximo**

El consumo máximo diario viene dado por el producto de multiplicar el consumo medio diario por el factor de día máximo según las normas de diseño de INFOM-UNEPAR; para el presente proyecto se utilizó un factor de día máximo de 1.5.

Dicho consumo máximo diario será el caudal de agua que se conducirá a través de las tuberías de conducción, el cual fue calculado con la siguiente fórmula:

$$Q_c = F_{dm} \times Q_m$$

Donde:

$Q_c$  = consumo máximo diario o caudal de conducción

$F_{dm}$  = factor de día máximo = 1.5

$Q_m$  = consumo medio diario o caudal medio

Para el caso donde el servicio será 8 horas en Valle de Nazareth y 5 horas Prados de Linda Vista.

Para Prados de Linda Vista:

$$Q_{c1} = 1.5 * 1.59 = 2.39l / s$$

$$Q_{c1} = 2.39l / s$$

Para Valle de Nazareth

$$Q_{c2} = 1.5 * 2.71 = 4.05l / s$$

$$Q_{c2} = 4.05l / s$$

### **2.1.6.3. Caudal de bombeo**

Cuando el sistema exige bombeo, se requiere considerar un caudal de bombeo suficiente para abastecer el consumo máximo diario en un determinado periodo de bombeo.

Para conocer el caudal de bombeo es importante definir antes el periodo de bombeo, el cual se determina en función del caudal que proporciona la fuente.

En sistema por bombeo, las líneas de conducción se diseñarán para conducir el caudal máximo diario durante el tiempo de bombeo adoptado.

$$Q_b = Q_c * 24/\text{horas de bombeo}$$

Se recomienda períodos de bombeo entre 8 y 12 horas por día para motores diésel y de 12 a 18 horas por día para motores eléctricos, según las normas de diseño de INFOM-UNEPAR.

El periodo define el diámetro de la tubería de descarga, la potencia de la bomba y las dimensiones del tanque de almacenamiento. Para este caso se adoptan periodos de 8 horas y 5 horas. El sistema operará de la siguiente manera: un día se bombeará durante 12 horas hacia el tanque que abastece la colonia La Paz; el siguiente día se bombeará durante 8 horas al tanque de la colonia Valle de Nazareth y 5 horas se conducirá el agua hacia el tanque en la colonia Prados de Linda Vista.

$$Q_{\text{aforo}} = 12.87 \text{ l/s}$$

$$Q_b = Q_c * 24/\text{horas de bombeo}$$

Para Prados de Linda Vista:

$$Q_{b1} = 2.39 \text{ l/s} * 24\text{horas}/5\text{horas}$$

$$Q_{b1} = 11.47 \text{ l/s} \text{ cumple la condición de } Q_b \leq Q_{\text{aforo}}$$

Para Valle de Nazareth:

$$Q_{b2} = 4.05 \text{ l/s} * 24\text{horas}/8\text{horas}$$

$$Q_{b2} = 12.15 \text{ l/s} \text{ cumple la condición de } Q_b \leq Q_{\text{aforo}}$$

#### 2.1.6.4. Caudal de hora máximo

Viene dado como el máximo consumo instantáneo esperado en una o varias horas del día; dichas horas se conocen también como horas pico. El rango de este factor oscila entre (1.8 – 2.0); dicho factor servirá para el cálculo del consumo máximo horario o caudal de distribución.

Este caudal es utilizado en el diseño hidráulico de la red de distribución; fue calculado con la siguiente ecuación:

$$Q_d = F_{hm} \times Q_m$$

Donde:

$Q_d$  = caudal de distribución o consumo máximo horario

$F_{hm}$  = factor de hora máximo = 1.8

$Q_m$  = consumo medio diario o caudal medio

Por lo que el caudal de distribución del sistema para Prados de Linda Vista es:

$$Q_{d1} = 1.8 * 1.59 = 2.86l / s.$$

$$Q_{d1} = 2.86l / s$$

Para Valle de Nazareth:

$$Q_{d2} = 1.8 * 2.71 = 4.88l / s.$$

$$Q_{d2} = 4.88l / s$$

### **2.1.7. Calidad del agua y sus normas**

El término calidad del agua está estrechamente relacionado con aquellas características físicas, químicas, bacteriológicas y biológicas por medio de las cuales puede evaluarse si el agua es o no apta para el uso que se destine. Idealmente, el agua de consumo no debe contener microorganismos patógenos. Debe estar libre de bacterias indicadoras de polución para excretas.

Para asegurar que una fuente de abastecimiento de agua potable posteriormente servirá para un sistema, es importante que se tomen muestras para detectar esos indicadores de polución fecal.

El indicador bacteriano primario es el grupo de organismos coliformes; estas bacterias están universalmente presentes en gran número en las heces del hombre y de otros animales, permitiendo su detección en disoluciones considerables.

En relación con los criterios y normas sobre la calidad del agua de consumo, estos se basan esencialmente en investigaciones científicas, y se refieren al conjunto de conocimientos utilizados para la formulación de un juicio o bien, todos aquellos principios evaluados y de los cuales se derivan recomendaciones para las características del agua, con relación al uso que se le destine.

Las normas generalmente representan límites que establecen valores para cuantificar los efectos de la exposición a contaminantes, que pueden afectar la salud y que son fijadas por gobiernos y entidades componentes, y por lo tanto tienen fuerza de ley.

Para formular normas para el agua potable, es decir la calidad segura, se ha tenido presente el principio universalmente admitido que en el agua de consumo no debe haber sustancias químicas ni microorganismos peligrosos para la salud; el agua que se suministra para beber ha de ser agradable como las circunstancias lo permitan. El agua que se destina al consumo humano, debe tener transparencia, carencia de color y de cualquier sabor u olor desagradable.

La localización, construcción, funcionamiento e inspección de los sistemas de abastecimientos de agua (lugares de captación, depósitos, instalaciones de depuración y red de distribución), deben excluir cualquier posibilidad de contaminación. Para el análisis del agua es indispensable realizar los exámenes que a continuación se describen.

#### **2.1.7.1. Análisis bacteriológico**

El examen bacteriológico se hace con el fin de establecer la probabilidad de contaminación del agua con organismos patógenos, porque pueden transmitir enfermedades. Este examen se apoya en métodos estadísticos, los cuales determinan el número más probable de bacterias presentes. De acuerdo con los resultados del análisis bacteriológico, la muestra de agua sí cumple con los parámetros establecidos en la norma Coguanor 29001, para agua potable.

#### **2.1.7.2. Análisis fisicoquímico**

Este análisis determina las características físicas del agua, tales como aspecto, color, olor, sabor, pH, y dureza.

Específicamente para este proyecto, desde el punto de vista fisicoquímico, el agua es apta para consumo humano.

### 2.1.8. Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías

La ecuación de Hazen & Williams expresa:

$$D = \sqrt[4.87]{(1743 \cdot 811141 * L * (Q / C)^{1.852} / h_f)} = (\text{plg})$$

Donde:

$D$  = diámetro interno de la tubería en pulgadas (plg.)

$L$  = longitud de tubería (m)

$Q$  = caudal en (l/s)

$h_f$  = pérdida de carga por fricción (m)

$C$  = coeficiente de capacidad hidráulica

### 2.1.9. Presiones y velocidades

El diseño hidráulico se hará con base en la pérdida de presión del agua que corre a través de la tubería. Para comprender el mecanismo que se emplea, se incluyen los principales conceptos utilizados: la presión estática en tuberías se produce cuando todo el líquido en la tubería o en el recipiente que la alimenta está en reposo. Es igual al peso específico del agua multiplicado por la altura a que se encuentra la superficie libre del agua en el recipiente.

En la red de distribución, la presión estática permitida es de 40 mca (metros columna de agua), ya que a mayores presiones fallan los empaques de válvulas y grifería.

En relación con la presión dinámica en la tubería, cuando hay movimiento de agua, la presión estática modifica su valor, disminuyéndose por la resistencia o fricción de las paredes de la tubería; lo que era altura de carga estática ahora se convierte en altura de presión más pequeña, debido al consumo de presión al que se le llama pérdida de carga.

La energía consumida o pérdida de carga varía respecto de la velocidad del agua y en proporción inversa al diámetro de la tubería.

La presión en un punto A es la diferencia entre la cota piezométrica del punto A y la cota del terreno en ese punto.

Tabla II. **Tubería PVC**

<b>Presión de trabajo (psi)</b>	<b>Metros columna de agua (mca)</b>
315	221
250	176
160	112
125	88
100	70

Fuente: elaboración propia.

En todo diseño hidráulico es necesario revisar la velocidad del líquido para verificar si se encuentra entre los límites recomendados. Para diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, según las normas de UNEPAR, se consideran los siguientes límites:

- Para conducciones:
  - Velocidad mínima = 0.60 m/s
  - Velocidad máxima = 3.00 m/s
  
- Para distribución:  $V_{\text{máxima}} = 2.00$  m/s

En el manual técnico de productos AMANCO, los productores de tubería PVC, en relación con la velocidad en tuberías, establece: “La velocidad mínima de las tuberías de distribución será 0,60 m/s para evitar la sedimentación de partículas, y una velocidad máxima de 2,0 m/s para evitar el ruido excesivo en las tuberías, la cavitación y el golpe de ariete.

Sin embargo, la velocidad recomendable está dada por la expresión:

$$V_{\text{max}} \leq 10\sqrt{Di}$$

Donde:

$V_{\text{max}}$  = velocidad máxima (m/s) < 2,00 m/s

$Di$  = diámetro interno (m)

Bajo ninguna circunstancia la velocidad máxima deberá ser mayor a 5 m/s.

La ecuación de continuidad en tuberías es válida para encontrar los valores de velocidad en los ramales, y está dada por la siguiente expresión:

$$V = Q / A = (\text{m/s})$$

Donde:

$V$  = velocidad en (m/s)

$Q$  = caudal

$A$  = área

Como elemento principal del sistema, la selección debe hacerse atendiendo a diversos factores que permitan lograr el mejor diseño; toda tubería tiene tres características: diámetro, tipo o material y clase. En relación con la clase de tubería, un diseño ventajoso es aquel que se logra con la utilización del material apropiado, aprovechando al máximo sus características.

Esta condición de diseño económico y funcional puede lograrse si se selecciona la tubería correcta para cada condición de trabajo, puesto que la misma es un elemento sujeto a soportar presiones internas, por lo que es conveniente conocer y clasificar las distintas clases de tuberías en función de la presión de trabajo. Los costos de la tubería de un mismo material se incrementan en función de la clase como consecuencia del mayor espesor, esto induce a seleccionar cada clase, aprovechando al máximo la capacidad de trabajo y utilizando diversas clases cuando las condiciones de funcionamiento hidráulico del sistema lo permitan, debido a que la presión es un factor que hay que tomar muy en cuenta a lo largo de todo el sistema.

Las características de tipo de tubería de PVC en relación con la resistencia mínima son:

- 160 psi ----- 1"
- 250 psi -----  $\frac{3}{4}$ "
- 315 psi -----  $\frac{1}{2}$ "

Las características de tipo de tubería de hierro galvanizado de acuerdo con su resistencia son:

- 300 – 400 psi ----- Tubería liviana
- 400 – 600 psi ----- Tubería mediana
- 600 – 1000 psi ----- Tubería pesada

#### **2.1.10. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico se refiere al conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados; los resultados obtenidos servirán para la representación gráfica o elaboración del mapa del área en estudio.

##### **2.1.10.1. Planimetría**

Para el levantamiento topográfico se utilizó una estación total, modelo Topcon Positionig Systems.7400, livermore CA 94551, GTS236W.

### **2.1.10.2. Altimetría**

Se refiere al conjunto de trabajos necesarios para obtener la representación gráfica de la tercera dimensión del terreno; toma en cuenta las tres dimensiones, generalmente, se les llama trabajos de nivelación.

Se realizó en el proyecto una nivelación de primer orden, ya que se pretende que dicha topografía sea utilizada también para los drenajes.

La unión de trabajos de planimetría y altimetría proyecta en un plano toda la información requerida del terreno para luego tomarlos como base para el diseño del sistema a ejecutar posteriormente; el equipo utilizado fue una estación total, modelo Topcon Positionig Systems.7400, livermore CA 94551, GTS236W.

### **2.1.11. Diseño hidráulico**

Con el diseño hidráulico se determinan la captación, línea de impulsión, y otros elementos para el funcionamiento de todo el sistema de conducción de agua.

#### **2.1.11.1. Captación**

La captación para el sistema de agua potable de las colonias será por medio de un pozo mecánico, el cual cumple con las siguientes condiciones:

- Se ubica en una zona no inundable y de fácil acceso, en un terreno destinado para este propósito.

- Se encuentra perforado aguas arriba de cualquier fuente real o potencial de contaminación.
- Está protegido contra riegos de contaminación.
- No se encuentra a menos de 20 metros de las letrinas, sumideros o cualquier otra fuente de contaminación similar.
- El diámetro de la tubería de revestimiento fue seleccionada de acuerdo con las características del acuífero y del consumo requerido, utilizando un diámetro de 8 pulgadas para el revestimiento y tubería de succión se tiene un diámetro de 4 pulgadas.
- Los niveles freáticos del pozo perforado, medidos desde la superficie son: nivel estático 728 pies y nivel dinámico 729 pies. Ver perfil stratigráfico en el anexo 3.

#### **2.1.11.2. Línea de impulsión**

Es el conjunto de tuberías diseñadas para conducir el caudal de día máximo, desde la obra de captación al tanque de distribución. En sistemas por bombeo, las líneas de conducción se diseñarán para conducir el caudal de bombeo durante el tiempo adoptado.

Para diseñar la línea de conducción se procedió de la siguiente manera:

- Se tomaron los datos obtenidos en aforo y funcionamiento del pozo mecánico.

- Se estableció la diferencia de niveles y distancias, de los datos de la topografía.
- Se tomó en cuenta las alturas de las torres de los tanques.
- Se calcularon el diseño hidráulico y gradiente hidráulico.
- Fueron determinados los diámetros de la tubería adoptada que es de PVC.

#### 2.1.11.2.1. Potencia de la bomba

En el cálculo de la potencia de la bomba se tienen que tomar en cuenta varios factores, como la carga dinámica total, el caudal de bombeo ( $Q_b$ ) y la eficiencia de la bomba, la cual no debe ser menor del 60%.

La carga dinámica total de bombeo se define como la suma total de resistencias del sistema, correspondientes a la carga estática total, a la pérdida de carga por fricción en la tubería de succión y descarga y a la carga de velocidad. La ecuación que se utiliza para el cálculo de la potencia de la bomba es:

$$POT = \left( \frac{Q_b \times CDT}{76 * e} \right)$$

Donde:

$Q_b$  = caudal de bombeo en (l/s) = 12.15 l / s

C.D.T. = carga dinámica total en (mca) = 281.535 m

e = eficiencia del equipo de bombeo en porcentaje = 75% > 60%

POT = potencia en (HP)

POT =  $12.15 \text{ l/s} * 281.535 \text{ m} / (76 * 0.75)$

POT = 59.794 HP

### 2.1.11.2.2. Verificación del golpe de ariete

Es la variación de presión en una tubería por encima o debajo de la presión normal de operación, ocasionada por rápidas fluctuaciones en el gasto que se produce por la apertura y cierre de una válvula, por el paro o arranque de las bombas, o por interrupciones de la energía eléctrica, cuando se utiliza en los motores que impulsan a la bomba.

Para el cálculo del golpe de ariete se utiliza la siguiente fórmula:

$$G.A = \left( \frac{(145) * (V)}{\sqrt{1 + \left( \frac{Ea * D}{Et * e} \right)}} \right) = . (m)$$

G.A = sobrepresión por golpe de ariete (m)

V = velocidad del agua (m/s)

Ea = módulo de elasticidad del agua (kg/cm<sup>2</sup>)

D = diámetro interno del tubo (cm)

Et = módulo de elasticidad del material del tubo (kg/cm<sup>2</sup>)

e = espesor de tubería (cm)

### **2.1.11.2.3. Verificación de la cavitación**

La cavitación es la aspiración en vacío que se produce en la entrada de una bomba, es un efecto hidrodinámico que se produce cuando la evaporación del agua forma burbujas de vapor.

Estas burbujas, un instante después pasan a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido, debido a la conservación de la constante de Bernoulli (principio de Bernoulli).

Puede ocurrir que se alcance la presión de vapor del líquido, de tal forma que las moléculas que lo componen cambian inmediatamente a estado de vapor, formando burbujas o cavidades.

Las burbujas formadas viajan a zonas de mayor presión e implotan (el vapor regresa al estado líquido de manera súbita, aplastando bruscamente las burbujas), a través de un proceso que da como resultado del mismo, una estela de gas que ataca las partes metálicas, que debilitan su estructura molecular y pueden llevar al colapso del material y hasta de las instalaciones.

La implosión causa ondas de presión que viajan en el líquido. Estas pueden disiparse en la corriente del líquido o chocar con una superficie. Si la zona donde chocan las ondas de presión es la misma, el material tiende a debilitarse metalúrgicamente y se inicia una erosión que, además de dañar la superficie, provoca que esta se convierta en una zona de mayor pérdida de presión y por ende de mayor foco de formación de burbujas de vapor.

Si las burbujas de vapor se encuentran cerca o en contacto con una pared sólida cuando implosionan, las fuerzas ejercidas por el líquido, al aplastar la cavidad dejada por el vapor, dan lugar a presiones localizadas muy altas, ocasionando picaduras sobre la superficie sólida; este fenómeno debe ser evitado en la medida de lo posible. Cuando una bomba cavita se produce un sordo ruido característico acompañado de vibraciones, a la vez que la bomba no funciona de acuerdo con los requerimientos. Incluso se acorta, muchas veces, drásticamente, la vida útil del impulsor. Evidentemente, para que la bomba no cavite, debe cumplirse la condición de que el nivel de aspiración de la bomba instalada sea menor o igual que el nivel límite, es decir:

$$H_s \leq H_{slim}$$

Es bastante difundido el concepto erróneo de que la bomba no cavita por el solo hecho de encontrarse sumergida, ya que si no se respetan los datos sobre el nivel sumergido mínimo que proveen los fabricantes para bombas sumergidas, implicará cavitación a pesar de encontrarse la bomba sumergida. Una bomba en una instalación sumergida normal no cavitará, siempre que el punto de trabajo esté en el nivel por debajo del nivel dinámico, como en este caso.

#### **2.1.11.2.4. Especificaciones del equipo de bombeo**

La capacidad de la bomba y la potencia del motor deberán ser suficientes, para elevar el caudal de bombeo previsto contra la altura máxima de diseño.

La eficiencia de la bomba en ningún caso debe ser menor del 60%.

La bomba debe instalarse a una profundidad tal, que se asegure una longitud sumergida dentro del agua, que garantice su enfriamiento adecuado y que la misma no trabaje en seco.

A la salida de los equipos de bombeo, deberán proveerse como mínimo los siguientes dispositivos:

- Manómetro en la descarga
- Tubería de limpieza
- Válvulas de retención y de paso en la línea de descarga
- Junta flexible en la línea de descarga
- Protección contra golpe de ariete si fuera necesario
- Electrodo que permitan determinar en cada caso la altura del nivel de bombeo, con sus elementos electrónicos de lectura.

La capacidad del motor deberá calcularse para suministrar la potencia requerida por la bomba (considerando el rendimiento del conjunto), más una capacidad de 10 a 25% para compensar el desgaste normal del equipo.

La carga de presión generada por la bomba es llamada carga dinámica total o carga manométrica, e indica siempre la energía dada al agua, a su paso por la bomba; las pérdidas de carga que integran la carga dinámica total son:

- Pérdida de velocidad =  $v^2/2g$
- Pérdida por fricción =  $H_f = (1743.811 \times \log. \times (Qb)^{1.85}) / ((C)^{1.85} \times (De)^{4.87})$
- Pérdidas menores por accesorios =  $hm$
- Pérdidas por la altura de impulsión =  $hi$

- Pérdidas por la altura de succión = hs

El propósito de cualquier bomba es de transformar la energía mecánica o eléctrica en energía de presión.

$$CDT = 281.535 \text{ m}, \quad Q_b = 12.15 \text{ L/s}$$

La eficiencia de la bomba que se está usando es de 75%, según la ficha técnica de la Municipalidad de Villa Nueva, para dicho pozo.

$$POT = \left( \frac{Q_b \times CDT}{76 * efc} \right)$$

Tabla III. **Evaluación de la potencia del motor sumergible del pozo La Paz**

Caudal l/s	Diámetro real de la tubería (m)	Diámetro a la salida del pozo	Nivel dinámico (m)	Nivel estático (m)	Profundidad del pozo (m)	SF (Pérdidas) m	Potencia del motor (HP)
12,15	0,1016	4	261,823	261,823	457,200	19,712	59,794

Fuente: elaboración propia.

El pozo está perforado y equipado, por lo que se tiene que considerar una bomba y motor de 60 HP, los cuales están instalados y en funcionamiento, según la ficha técnica de la Municipalidad de Villa Nueva, para dicho pozo.

### **2.1.11.3. Red de distribución**

- Para poblaciones en general, el cálculo de la red se hará preferentemente por el método de la gradiente hidráulica, considerando que las presiones de servicio en cualquier punto de la red estarán limitadas entre 10 y 60 metros columna de agua.
- La velocidad del agua en las tuberías podrá llegar hasta 2.00 m/s. Se aplicará el método de ramales abiertos, utilizando la técnica de gradiente hidráulico para encontrar los resultados óptimos.
- Se aceptarán ramales abiertos secundarios que salgan de la tubería principal de distribución siempre que terminen en conexiones prediales o domiciliarias, servicios públicos, o en casos excepcionales, en puntos muertos previstos de válvulas, que sirvan para la limpieza de la tubería en lugares donde se deba colocar una caja rompepresión. El diseño de la red deberá contemplar el posible desarrollo futuro de la localidad, con el fin de proveer facilidad de ampliaciones.
- Las conexiones domiciliarias están compuestas por una llave de paso; este es un accesorio necesario para efectuar la toma del tubo principal de la red de distribución, utilizando para este caso particular una longitud promedio de 5 metros de tubería PVC de ½" de diámetro.

#### **2.1.11.3.1. Red por circuito cerrado**

Se denomina red por circuito cerrado, a aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas.

Es el tipo de distribución más conveniente, ya que permite crear un circuito cerrado logrando un servicio más eficiente y permanente. Las redes malladas están constituidas por la matriz de distribución, de las tuberías principales, tuberías secundarias, intersección de dos tuberías y ramales abiertos. En los circuitos cerrados se tienen puntos de estudio llamados nudos; un nudo se define como: tramos no mayores de 500 a 600 metros de todo punto de alimentación de tubería principal.

En lo que respecta a este proyecto, no fue posible implementar redes de circuito cerrado, debido a las condiciones topográficas del terreno donde están ubicadas las colonias en estudio.

#### **2.1.11.3.2. Red por ramales abiertos**

Las redes ramificadas abiertas, son redes de distribución constituidas por un ramal troncal y una serie de ramificaciones o ramales, que pueden constituir pequeñas ramales ciegos. Este tipo de red es utilizado cuando por condiciones topográficas se dificulta la interconexión entre ramales. También puede originarse por el desarrollo lineal a lo largo de una vía principal, pérdidas de carga, selección de diámetros, gasto de diseño, criterios de diseño y presiones disponibles. Para este proyecto se diseñaron redes por ramales abiertos, por las condiciones del área, las cuales son: topográficas, pérdidas de carga, presiones disponibles y gastos o consumos de agua proyectados. Bajo tales condiciones, se procedió para este diseño de la siguiente manera:

- Se determinó la población que será servida al final del periodo del diseño, el cual se realizó con base en el número de viviendas y el promedio estimado de habitantes por vivienda.

- Se escogió la dotación según los parámetros; luego se determinó si el caudal disponible cubre la demanda de la población con la dotación elegida.

El diseño de los ramales se hizo empleando las ecuaciones siguientes:

$$q_1 = k(N - 1)^{0.5}$$

Tomando en cuenta la probabilidad estadística de las conexiones domiciliarias del ramal:

$$q_2 = A * B * D * N * h * (86400)^{-1}$$

Que corresponde al caudal de hora máxima, de acuerdo con el número de habitantes por ramal.

En donde:

$q_1$  = caudal de uso simultáneo

N = número de viviendas al final del periodo

$q_2$  = caudal de hora máxima

h = número de habitantes por vivienda

D = dotación adoptada

A = factor de día máximo

B = factor de hora máxima

k es un coeficiente

En un ramal no debe haber caudales menores a 0.20 l/s. Para fines del diseño se toma el caudal más alto al comparar los dos datos. Como ejemplo, se calculan los caudales de diseño para las tuberías vistas en la figura 2, con las condiciones siguientes:

$D = 90 \text{ l/s}$

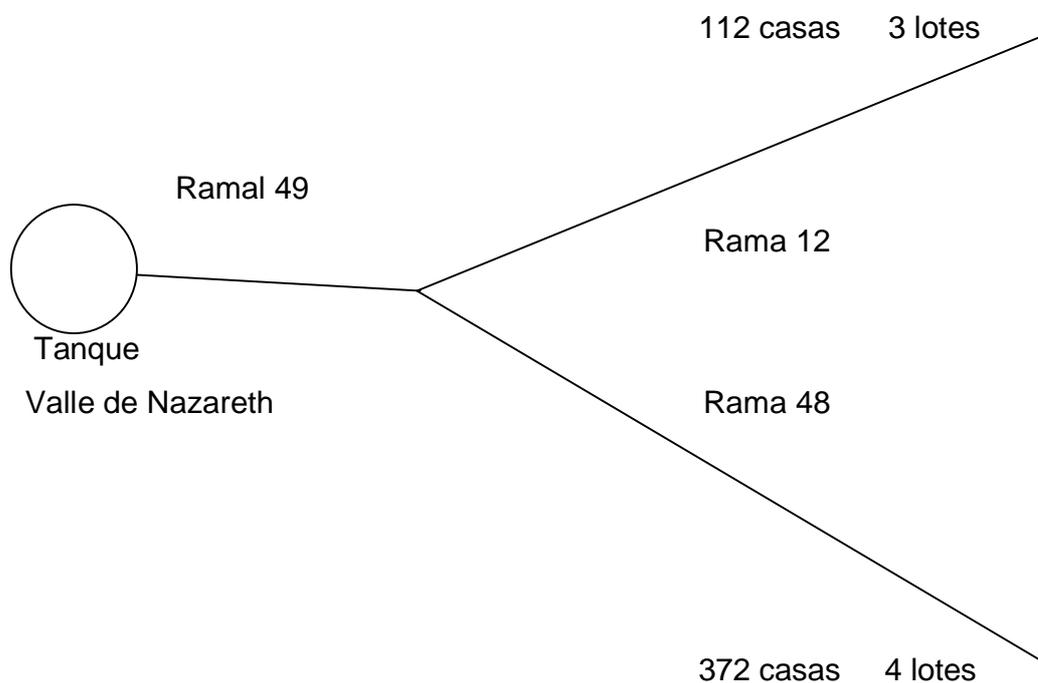
$h = 5 \text{ habitantes}$

$k = 0.17$

$A = 1.5$

$B = 1.8$

Figura 2. **Tanque de Valle de Nazareth**



Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Caudal de diseño**

<b>RAMAL</b>	<b># CASAS</b>	<b># LOTES</b>	<b>CASAS AL FINAL DEL PERIODO</b>	<b>q1</b>	<b>q2</b>	<b>Q diseño</b>
49	484	7	491	3.7631	6.9047	3.7631
12	112	3	115	1.8151	1.6172	1.8151
48	372	4	376	3.2920	5.2875	3.2920

Fuente: elaboración propia.

El diámetro, las pérdidas y las presiones, son calculadas usando las ecuaciones de Hazen & Williams. La velocidad es calculada por la ecuación de continuidad de los fluidos.

#### **2.1.11.4. Tanque de distribución**

Los tanques de distribución pueden ser elevados, superficiales, semienterrados, enterrados.

Tienen como fin principal cubrir las variaciones horarias de consumo, almacenando agua durante las horas de bajo consumo y proporcionando el abastecimiento requerido a lo largo del día. Además, pueden proporcionar agua durante unas horas en caso de una emergencia, como una rotura o suspensión del flujo del agua en una línea de conducción.

El caudal de agua que llega a los tanques es prácticamente constante, por lo que puede almacenarse agua en los períodos en que el consumo es menor para cubrir los de mayor consumo.

Para cubrir la demanda de agua en las horas de mayor consumo, siendo su volumen igual a 20% al 40% del caudal máximo diario, se opera de la siguiente manera:

$$\text{Vol. tanque} = 0.2 * CMD * 86.4 = (\text{m}^3/\text{día})$$

$$Q_{c2} = 4.05 \text{ l/s}$$

$$Q_{c1} = 2.39 \text{ l/s}$$

Se hace el análisis de volumen de tanque para la colonia de mayor consumo.

$$\text{Vol. tanque} = 0.2 * 4.05 * 86.4 = 70 \text{ m}^3/\text{día}$$

Capacidad del tanque:

$$V_{\text{total}} = 70 \text{ m}^3 \times (3.281 \text{ pies})^3 = 2,473 \text{ pies}^3$$

$$V_{\text{total}} = 2,473 \text{ pies}^3$$

$$\text{Volumen del cono: } 2,77 \text{ m}^3$$

$$\text{Radio: } 2,10 \text{ m}$$

$$\text{Alto del cilindro: } 4,85 \text{ m}$$

$$\text{Altura del cono inferior: } 0,60 \text{ m}$$

$$\text{Volumen almacenado: } 70,00 \text{ m}^3$$

Para encontrar el peso aproximado del agua:

$$\text{Peso agua} = \text{Vol} \times 62.40 \text{ lb/pie}^3$$

$$\text{Peso agua} = 2,473 \text{ pie}^3 \times 62.40 \text{ lb/pie}^3 = 154,315.20 \text{ libras}$$

Respecto de este proyecto, se utilizará en cada colonia un tanque elevado, en el cual deben de tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Que el nivel mínimo de agua en el tanque sea suficiente para conseguir las presiones adecuadas en la red de distribución.
- Que la tubería de rebalse descargue libremente.
- Que la tubería de salida hacia el servicio tenga unos 20 centímetros como mínimo, por encima del fondo del tanque.
- Que tubo de desagüe, con su correspondiente válvula de compuerta, permita vaciar el tanque.
- Dispositivo para ventilación convenientemente protegido, instalándose en la superficie del tanque.
- Escaleras interiores y exteriores en caso de que las dimensiones excedan de 1.20 metros de alto.
- Debe haber una caja común o cámara seca para facilitar la operación de las llaves y válvulas del tanque.
- Las tuberías de rebalse y drenaje no se conectarán directamente a los alcantarillados; deberán tener una descarga libre de 1.00 m como mínimo, y siempre se buscará un desfogue adecuado donde no cause daño o erosión.

- Los extremos de las tuberías de rebalse y drenaje deben protegerse para impedir el paso de insectos y otros animales.

#### 2.1.11.4.1. Cubierta del tanque

Es la parte alta del tanque que se encuentra conectada a las paredes del cilindro por medio de un elemento estructural, que actúa como una viga-anillo. Es el elemento estructural situado en la parte superior de las paredes del tanque.

Por lo general es un angular colocado en el exterior y las placas de la cubierta; son conectadas a él por medio de pernos especiales que tengan la cabeza colocada en el ángulo del techo o por medio de soldadura.

Diseño de la tapadera:

Carga viva en el techo = 20 lb/pie<sup>3</sup> mínimo

Altura = 0.60 mts

Se debe poner refuerzo a la tapadera, puesto que el radio del cono excede de 4 pies, por lo que es necesario diseñar refuerzo y dividir la tapadera en octágonos para volver rígido el techo.

$$h_o = r/4 = 6.90/4 = 1.73 \text{ pies}''$$

$$l' = ((h_o)^2 + (r)^2)^{1/2} = ((1.73)^2 + (6.9)^2)^{1/2} = 7.11357 \text{ pies}$$

$$l'' = (l' - 2(1.5))/8 = (7.11357 - 2(1.5))/8 = 0.5142 \text{ pies}$$

Diseño de la segunda franja:

$$W \text{ lámina} = 490 \text{ lb/pie}^3 \times 3/16 \text{ plg} \times 1/12 \text{ pie/plg} = 7.6563 \text{ lb/pie}^2$$

$$W \text{ viva} = 20 \text{ lb/pie}^2$$

$$W \text{ total} = W \text{ lámina} + W \text{ viva} = 7.6563 + 20 = 27.6563 \text{ lb/pie}^2$$

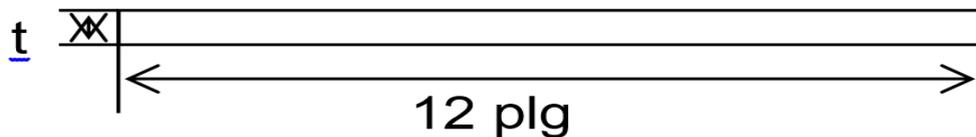
$$\text{Para la franja } l'' \text{ } W = 27.6563 \text{ lb/pie}^2 \times 1 \text{ pie} = 27.65 \text{ lb/pie}$$

$$M = W \times (l'')^2 / 8 = 27.65 \times (0.5142)^2 / 8 = 0.91384 \text{ lb-pie} \times 12 \text{ plg/pie} = 10.96608 \text{ lb-pgl.}$$

$$S \text{ req} = M / F_s = 10.96608 / 18,000 = 0.00061 \text{ pulg}^3$$

$l'$  = longitud;  $l''$  = franja a diseñar;  $M$  = momento;  $S \text{ req}$  = módulo de sección requerida.

Figura 3. **Módulo de sección**



Fuente: elaboración propia.

$$S = bxt^2/6 = 12xt^2/6 \rightarrow t = (0.00061 \times 6 / 12)^{1/2}$$

$$t = 0.01746 \text{ pulg} \approx 5/64 \text{ pulg} \rightarrow \text{utilizar } 3/16 \text{ pulg}$$

Como mínimo se establece un grosor de 3/16 pulg

$$S_{3/16} = 12 \times (3/16)^2 / 6 = 0.0703 \text{ pulg}^3$$

$$M_{0 \text{ fb}} \times S = W \times l''^2 / 8 \rightarrow l'' = (M_{0 \text{ fb}} \times S / (W \times 12))^{1/2}$$

$$l'' = (18,000 \times 0.0703 \times 8 / (27.65 \times 12))^{1/2} = 5.5236 \text{ pies}$$

$$f_a = 18,000 \text{ lb/pulg}^2; l'' = \text{longitud a diseñar}$$

Por lo tanto, la longitud de radio de la franja a diseñar será:

$(l'-2(1.5)) \times 3.1416 / l = (7.11357 - 2(1.5)) \times 3.1416 / 5.5236 = 2.3396 \leq 4$ ; por lo que no necesita refuerzo.

Por lo tanto, la lámina será de acero de baja aleación y alta resistencia, laminada en caliente y laminada en frío resistente a la corrosión, ASTM A609 con un espesor de 1/8".

#### 2.1.11.4.2. Fondo del tanque

El fondo del tanque está determinado con base en consideraciones de servicio, por lo cual la elevación del fondo depende de la presión que sea deseable tener y está en función de las características locales.

$$h = (0.40 \text{ m} + 5 \text{ m}) \times 3.28084 \text{ pies/m} = 17.7123 \text{ pies}$$

$$d = 4.2 \text{ m} \times 3.28084 = 13.78 \text{ pies}$$

Incluyendo un factor de eficiencia de soldadura del  $\phi = 0.85$

Inclinación:  $\theta = 16^\circ 04' 20''$

$$t = 2.6 \text{ hd}(\sec \theta) / \phi S$$

$$\sec(\theta) = \sec(16^\circ 04' 20'') = 1.0407$$

$$t = 2.6(17.7123)(13.78)(1.0407) / (0.85 \times 15,000) = 0.0521 < \text{mínimo} = 1/8''$$

Con un 1/8" adicional de corrosión:  $1/8'' + 1/8'' = 1/4''$

Usar lámina de acero al carbono laminada en caliente para uso estructural, ASTM A570 con un espesor de 1/4".

#### 2.1.11.4.3. Cuerpo del tanque

Es la parte intermedia entre la cubierta y el fondo; el espesor de la pared del cuerpo debe ser calculada, y cada anillo de la pared cilíndrica deberá tener el mismo número de placas alrededor, para que haya simetría con el número de columnas; la conexión de las columnas a las paredes del tanque, se hará en la mitad de cada placa del primer anillo.

Diseño de las paredes del tanque:

Factor de eficiencia de la soldadura  $\phi = 0.85$

$S = 15,000 \text{ lb/pulg}^2$

$h = 5 \text{ m} \times 3.28084 = 16.40 \text{ pies}$

$t = 2.6 \text{ hd}/\phi S$

$t = 2.6 \times (16.40) \times (13.78) / (0.85 \times 15,000) = 0.04608 \approx 3/64'' < \text{mínimo} = 1/8''$

Con  $1/8''$  adicional por corrosión:  $1/8 + 1/8 = 1/4''$

Usar lámina de acero al carbono laminada en caliente para uso estructural, ASTM A570, resistente a la corrosión, con un espesor de  $1/4''$ .

#### 2.1.11.4.4. Torre de soporte

Las torres generalmente se hacen con columnas colocadas verticalmente o ligeramente inclinadas, de sección constante o variable, y pueden ser perfiles estructurales, formas tubulares o secciones compuestas; entre estas últimas es muy común usar dos canales entrelazados por una placa en ambos lados, una capa de cubierta unida a una forma estructural adecuada o perfiles estructurales con celosía.

Para tanques de grandes capacidades se ha usado una sección construida con dos placas en el alma, cuatro angulares y una placa de cubierta.

Dicha torre está construida con los siguientes elementos:

- Columnas
- Arriostres diagonales o tensores
- Riostras horizontales o puntales

Será el peso estimado de todas las construcciones permanentes y accesorios. El peso unitario del acero se considerará como 490 lb/pie<sup>3</sup> (7,850 kg/m<sup>3</sup>), y el del concreto entre los límites de 144 a 150 lb/pie<sup>3</sup> (2,300 kg/m<sup>3</sup>).

Para columnas y riosres horizontales (puntales) de formas estructurales, la carga de viento actuando sobre estos miembros se encontrará multiplicando el área proyectada por los miembros con la carga distribuida asumida. La presión del viento en cualquier dirección sobre una columna estructural no de forma tubular, se tomará como 30 lb/pie<sup>2</sup> cuadrado (150 kg/m<sup>2</sup>), de la más grande de las dos áreas proyectadas; la primera, sobre el plano vertical, el que contiene el eje longitudinal de la columna y el eje vertical del tanque y de la torre; la segunda, en un plano vertical perpendicular al anterior. Las siguientes cargas serán consideradas en el diseño de la estructura del tanque y cimentación:

- Cargas muertas
- Cargas vivas
- Cargas de sismo

Excepto para soportes de techo, todos los miembros de acero serán diseñados y proporcionados para que durante la aplicación de cualquiera de las cargas previamente mencionadas, o cualquier combinación de ellas, el máximo esfuerzo no exceda los valores especificados

Tabla V. **Esfuerzo unitario-tracción**

<b>Tipo</b>	<b>Esfuerzo unitario máximo (lb/plg<sup>2</sup>)</b>
Acero estructural de sección neta	15,000
Pernos y otras partes roscadas	15,000
Acero de fundición	11,250
Placas de acero en paredes del tanque	15,000

Fuente: elaboración propia.

Todos los esfuerzos unitarios dados serán reducidos multiplicándolos por la eficiencia aplicable a la junta que se conecta.

Tabla VI. **Esfuerzo unitario-compresión**

<b>Tipo</b>	<b>Esfuerzo unitario máximo (lb/plg<sup>2</sup>)</b>
Placas de paredes	15,000
Acero estructural y metal de soldadura	15,000
Rigidizadores de vigas de alma llena, almas de secciones laminadas al pie del filete	18,000
Acero de fundición	15,000

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Esfuerzo unitario-flexión**

<b>Tipo</b>	<b>Esfuerzo unitario máximo (lb/plg<sup>2</sup>)</b>
Tensión en las fibras extremas excepto placas para base de columnas	15,000
Placas para base de columnas	20,000
Compresión en las fibras extremas de secciones laminadas y vigas de alma llena, miembros compuestos para valores menores o iguales de 600	15,000
Pines en fibra extrema	22,500
Acero de fundición	11,250

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Esfuerzo unitario-corte**

<b>Tipo</b>	<b>Esfuerzo unitario máximo (lb/plg<sup>2</sup>)</b>
Pines y pernos tratados en agujeros rimados o barrenados	11,250
Pernos corrientes	7,500
Almas de vigas y vigas de alma llena, sección total	9,750
Acero de fundición	7,325
Placas del tanque y uniones estructurales de material de acero	11,250
Pines soldados	24,000

Continuación de la tabla VII.

Áreas en contacto con superficies laminadas	22,500
Áreas en contacto de materiales similares	20,250
Expansión de rodillos y arcos de diámetro (d); d= diámetro (pulgadas)	600d
Concreto:	
• 2 500 libras/pulg <sup>2</sup>	625
• 3 000 libras/pulg <sup>2</sup>	750
Concreto:	
• 4 000 libras/pulg <sup>2</sup>	1000
• 5 000 libras/pulg <sup>2</sup>	1250
Pernos tratados en agujeros:	
• Rimados o barrenados	30 000 (corte doble) y 24 000 (corte simple)
• Pernos corrientes	18 750 (corte doble) y 15000 (corte simple)

Fuente: elaboración propia.

A continuación se describen los esfuerzos combinados y sus elementos:

- Esfuerzos axiales y de flexión: todos aquellos miembros diferentes de las columnas, sujetos tanto a esfuerzos axiales y de flexión, serán proporcionados para que la cantidad  $(f_a/F_a + f_b/F_b)$  no exceda la unidad. Las columnas, sujetas tanto a esfuerzos axiales y de flexión, serán proporcionadas para que el término  $(f_a+f_b)$ , no exceda el valor de  $P/A$ , tal como se describe más adelante.

- Fa: es el esfuerzo unitario que se permitiría, si únicamente existiera el esfuerzo axial; Fb: se refiere al esfuerzo unitario que se permitiría, si únicamente existiera el esfuerzo de flexión; fa: es el esfuerzo unitario axial real, igual a la fuerza axial, dividida por el área del miembro; fb: esfuerzo unitario de flexión real, igual a dividir el momento de flexión por el módulo de sección del miembro.
- Pernos: los pernos sujetos a corte y fuerzas de tensión serán proporcionados para que los esfuerzos unitarios combinados no excedan el esfuerzo unitario permisible para pernos en tensión únicamente. Los pernos en tensión tendrán sus cabezas en formas especiales para proveer una adecuada resistencia al corte a través de ella.
- Viento y otras fuerzas: los miembros sujetos a esfuerzos producidos por la combinación de viento con cargas muertas y vivas o únicamente por viento, serán proporcionados para esfuerzos unitarios, incrementándolos en un 25%, siempre previendo que las secciones requeridas no sean menores que las solicitadas para combinaciones de cargas muertas y vivas como se especificó anteriormente.
- En el diseño de cimentaciones de concreto, sin embargo, el incremento en los esfuerzos de diseño, cuando se incluyen viento y cargas muertas y vivas, puede ser un 33.33%, tanto para esfuerzos permisibles en el concreto, como en el acero de refuerzo, permitidos por la última revisión del Instituto Americano del Concreto (ACI) norma 318, previendo que las cimentaciones en su diseño no sean menores que las requeridas por la combinación de cargas muertas y vivas actuando independientemente.

En relación con el tipo de juntas, el empalme o unión de placas del tanque y partes o conexiones se hará por medio de soldadura. Pueden usarse tornillos para uniones secundarias y para empalmes de columnas que resistan principalmente cargas de compresión.

Los pernos tratados o laminados en frío pueden ser usados para conexiones de barras a tracción que tengan sus extremos previstos para estos accesorios.

Las roscas de los tornillos serán pulidas para evitar la rebaba exterior y prevenir una fácil remoción de las tuercas. Las uniones entre juntas traslapadas de placas del fondo se encuentran soportadas directamente en una plataforma de cimentación; serán soldadas continuamente en el lado superior únicamente; todas las demás juntas traslapadas de placas en contacto con el líquido serán soldadas continuamente en ambos lados.

Los espesores mínimos que deben de tomarse en cuenta para elementos que están en contacto con el agua son:

- Tanques no mayores de 120 pies de diámetro:  $\frac{1}{4}$ "
- Tanques mayores de 120 pies y menores de 200:  $\frac{5}{16}$ "
- Tanques mayores de 200 pies de diámetro:  $\frac{3}{8}$ "

Se utilizarán los siguientes valores de diseño de soldaduras acanaladas:

- Tensión: 85%
- Compresión: 100%

- Corte: 75 %

En relación con las soldaduras de filete, los valores de diseño son:

- Corte transversal: 65 %
- Corte longitudinal: 50 %

Los esfuerzos en una soldadura de filete serán considerados como corte en la garganta para cualquier dirección de aplicación de la carga. La garganta de una soldadura de filete se asumirá que es 0.707 veces la longitud del lado más corto del filete de soldadura.

Para el diseño de columnas, se toman en cuenta las siguientes secciones:

- Secciones estructurales: el esfuerzo unitario máximo permisible para columnas estructurales o puntales será determinado de la siguiente ecuación:

$$P/A = (18000)/(1 + (L^2/18000r^2)) \text{ o } 15000 \text{ lb/plg}^2, \text{ la que resulte mejor}$$

P = carga total axial (lb)

A = sección de área transversal (plg<sup>2</sup>)

r = radio de giro mínimo (plg)

L = longitud efectiva de la columna (plg)

- Secciones tubulares: el esfuerzo de compresión máximo permisible para columnas y puntales tubulares, será determinado por la siguiente ecuación:

$$P/A = XY$$

En donde:

$X = (18000)/(1 + (L^2/18000r^2))$  o 15000 lb/plg<sup>2</sup>, la que resulte menor, y

$Y = (2/3)(100t/R)(2-(2/3)(100t/R))$

Para valores de t/R menores que 0.015 y Y= 1.00

Para valores de t/R igual o excediendo 0.015

P = carga total axial (lb)

A = sección de área transversal (plg<sup>2</sup>)

L = longitud efectiva de la columna (plg)

r = radio de giro mínimo (plg)

R = radio del mismo miembro tubular en la superficie exterior (plg)

t = espesor del miembro tubular (plg), mínimo ¼"

Todas las juntas circunferenciales en columnas y puntales tubulares serán soldadas para integrar las juntas completas de penetración. Las juntas longitudinales serán juntas a tope, soldadas como mínimo del lado exterior, pero no necesitan tener junta completa de penetración, previendo que la profundidad total de la soldadura, sin incluir la soldadura de refuerzo (1/16"), será como mínimo igual al espesor de la placa. Sí columnas tubulares se usan como tubos de admisión, también serán diseñados y soldados para resistir los esfuerzos de zuncho.

El eje de las columnas no se desviará de una línea recta por más de 0.10 % de la longitud lateral no soportada. En ninguna sección transversal, la diferencia entre el máximo y el mínimo diámetro exterior de una columna tubular, excederá 2 % del diámetro nominal exterior.

Abolladuras en las columnas tubulares no serán mayores que el espesor de la pared de las columnas. A continuación se presenta su diseño:

Peso del tanque lleno con el líquido:

$$W \text{ del agua} = 2,472 \text{pies}^3 \times 62.4 \text{lb/pie}^3 = 159,197.00 \text{ lb}$$

$$d = 13.78 \text{ pies} \rightarrow r = 6.89 \text{ pies}$$

$$h = 2 \text{ pies}; t = 1/8'' = 0.125'' \times 0.0833 = 0.0104$$

$$Vol\_cubierta = (\pi * r * \sqrt{(r^2 + h^2)} + \pi * r^2) * t = (\text{pie}^3)$$

$$Vol\_cubierta = (3.1416 * 6.89 * \sqrt{(6.89^2 + 2^2)} + 3.1416 * 6.89^2) * 0.0104 = 3.1666(\text{pie}^3)$$

$$W \text{ de la cubierta} = 3.1666 \text{pie}^3 \times (490 \text{lb/pie}^3) = 1,551. \text{ lb}$$

$$W \text{ del cuerpo} = 2 \times (3.1416) \times (6.89) \times (16.40) \times 0.02083 \times (490) = 7,246.50$$

$$\text{libras } t = 1/4'' = 0.25'' \times 0.0833 = 0.02083$$

$$Vol\_fondo = (3.1416 * 6.89 * \sqrt{(6.89^2 + 2^2)} + 3.1416 * 6.89^2) * 0.02083 = 6.3423(\text{pie}^3)$$

$$W \text{ del fondo} = 6.3423 \text{pie}^3 \times (490 \text{lb/pie}^3) = 3,107.74 \text{ lb}$$

$$W \text{ accesorios} = 500 \text{ lb}$$

$$W \text{ tanque lleno} = W \text{ del agua} + W \text{ de la cubierta} + W \text{ del cuerpo} + W \text{ del fondo} + W \text{ accesorios}$$

$$W \text{ tanque lleno} = 159,197 \text{lb} + 1,551 \text{lb} + 7,246.50 \text{lb} + 3,107.74 \text{lb}$$

$$W \text{ tanque lleno} = 171,602.25 \text{ lb}$$

Peso de la torre:

$$W \text{ columnas} \quad 4 \times 39.7 \text{pies} \times 21.75 \text{lb/pie} \quad = 3,453.90 \text{ lb}$$

W riostras horizontales 259.19 piesx8.05 lb/pie = 2,086.48 lb

W arriostres diagonales 467.52piesx5.125 lb/pie = 2,396.04 lb

W accesorios = 2,100.00 lb

W torre = W columnas + W riostras horizontales + W arriostres diagonales + W accesorios

W torre = 10,036.42 lb

Peso total W total = W tanque lleno + W torre

W total = 171,602.25 + 10,036.42 = 181,638.67 lb

Análisis de sismo:

V = ZIKCSW Corte basal

V = fuerza total de corte en la base de la estructura

Z = factor de zona, grado de sismicidad de la región

I = factor de importancia de la estructura

K = factor de tipo de estructura

C = aceleración espectral de la masa entre la gravedad

W = peso de la estructura

S = factor que toma en cuenta el caso de interacción suelo estructura

Z = 0.5

I = 1.25

K = 2.5

h = 14.45 m = 47.41 pies

n = 6.42 m = 21.063 pies

S = 1.30

$C = 1/15(T)^{1/2} \rightarrow T = 0.05hn/(dh)^{1/2} = 0.05x(47.58)/(21.063)^{1/2} = 0.5184$

$C = 1/15(0.5184)^{1/2} = 0.048$

$CS = 0.048x1.3 = 0.0624 \leq 0.14$

$KC = 2.50x0.048 = 0.12 \quad 0.12 \leq 0.12 \leq 0.25$

$$V = 0.5 \times 1.25 \times 2.5 \times 0.0624 \times W = 0.0975W$$

$$W \text{ total} = 181,638.67 \text{ lb}$$

$$W \text{ total/columna} = 181,638.67/4 = 45,409.67 \text{ lb}/1000 = 45.41 \text{ kips}$$

$$V' \text{ sismo} = 0.0975 \times 171,602.25/1000 = 16.74 \text{ kips} \times 1.25 = 20.95 \text{ kips}$$

$$V'' \text{ sismo} = 0.0975 \times 10,036.42/1000 = 0.98 \text{ kips} \times 1.25 = 1.22 \text{ kips}$$

$$\text{Total} = 20.95 \text{ kips} + 1.22 \text{ kips} = 22.17 \text{ kips}$$

$$M' \text{ sismo} = 20.95 \times 47.41 = 993.2395 \text{ kips} \cdot \text{pies}$$

$$M'' \text{ sismo} = 1.22 \times 19.69 = 24.0218 \text{ kips} \cdot \text{pies}$$

$$\text{Total} = 1,017.2613 \text{ kips} \cdot \text{pies}$$

$$\text{Separación a ejes columnas adyacentes} = 6.42 \text{ m} \times 3.281 \text{ pies} = 21.064 \text{ pies}$$

$$\text{Separación columnas en dirección diagonal} = 21.064 / \sin 45 = 29.79 \text{ pies}$$

Análisis en dirección XX y YY:

$$V_{\text{marco}} = 22.17/2 = 11.085 \text{ kips}$$

$$M_{\text{marco}} = 1,017.2613/2 = 508.631 \text{ kips} \cdot \text{pies}$$

$$\text{Reacción en la base} = R = 508.631/21.064 = 24.15 \text{ kips}$$

$$T \pm C \pm 24.15 \text{ kips (en columnas)}$$

$$T = 11.9375 \text{ kips (en diagonales)}$$

$$C = 11.085 \text{ kips (en horizontales)}$$

$$V_{\text{pernos}} = 11.085 \text{ kips}$$

Análisis en la dirección XY (diagonal):

$$V_{\text{marco}} = 0.707 \times 11.058 = 7.82$$

$$M_{\text{marco}} = (508.631) \times 0.707 = 355.36 \text{ kips} \cdot \text{pies}$$

$$\text{Reacción} = R = 355.36/21.064 = 16.87 \text{ kips}$$

$$T \pm C \pm 2 \times 16.87 = 33.74 \text{ kips (en columnas)}$$

$$T = 8.42 \text{ kips (en diagonales)}$$

$$C = 7.82 \text{ kips (en horizontales)}$$

Columnas

Es crítica la compresión

$$C = 33.74 + 45.41 = 79.15 \text{ kips}$$

$$L = 4 \times 3.281 \times 12 \text{ pulg/pie} = 157.488 \text{ plg.}$$

L = separación entre riostras horizontales

Ensayo con tubo de 8 plg de diámetro:

r giro = radio de giro

A = área del tubo

$$A = 8.40 \text{ plg}^2 \text{ y } r \text{ giro} = 2.94 \text{ plg}$$

$$K \leq 1.00 \quad KL/r = 1.00 \times 157.488 / 2.94 = 53.57 \approx 54$$

$$P = F_a \times A \times 1.33 = 18.95 \times 8.4 \times 1.33 = 211.7094 \text{ kips}$$

$$C = 79.15 \text{ kips}$$

$$79.15 \text{ kips} \leq 211.7094 \text{ kips} \rightarrow \text{sí cumple } P \geq C$$

Usar tubo de acero al carbono para uso estructural formado en frío, sin costura, de sección circular, ASTM A500 con un diámetro de 8 pulgadas.

Los esfuerzos en una soldadura de filete serán considerados como corte en la garganta, para cualquier dirección de aplicación de la carga.

La garganta de una soldadura de filete se asumirá que es 0.707 veces la longitud del lado más corto del filete de soldadura. Para su diseño, se utilizan los datos siguientes:

$$T = 11.9375 \text{ kips}$$

$$L = 6.38 \text{ m} \times 3.281 \text{ pies} \times 12 \text{ plg/pies} = 251.19 \text{ plg.}$$

L = Longitud de los miembros diagonales en el primer tramo y en los siguientes tramos es variable.

$$L/r \leq 240 \rightarrow r \geq 251.19/240 = 1.05$$

$$F_t = 0.60 \times 36 \text{ ksi} = 21.60 \times 1.33 = 28.73 \text{ kips}$$

$$A_t = 11.9375/28.73 = 0.4155 \text{ plg}^2$$

Ensayo con tubo de 2 pulg de diámetro:

r giro = radio de giro

A = área del tubo

$$A = 1.07 \text{ y } r_{\text{giro}} = 0.787 \text{ plg}$$

$$T = 11.9375 \text{ kips}$$

$$P = 1.07 \times 28.73 = 30.7411$$

$$11.9375 \text{ kips} \leq 30.7411 \text{ kips} \rightarrow \text{si cumple } P \geq T$$

$$L/r = 251.19/0.787 = 319.174 \rightarrow 240 < L/r < 300; \text{ no cumple}$$

Ensayo con tubo de 2½ plg de diámetro:

r giro = radio de giro

A = área del tubo

$$A = 1.65 \text{ y } r_{\text{giro}} = 0.934 \text{ plg}$$

$$T = 11.9375 \text{ kips}$$

$$P = 1.65 \times 28.73 = 47.4045$$

$$11.9375 \text{ kips} \leq 47.4045 \text{ kips} \rightarrow \text{si cumple } P \geq T$$

$$L/r = 251.19/0.934 = 268.94 \rightarrow 240 < L/r < 300 \text{ si cumple}$$

Usar tubo de acero al carbono para uso estructural formado en frío, sin costura, de sección circular, ASTM A500 con un diámetro de 2½ pulgadas.

Para el diseño de pieza horizontal se procederá al igual que las columnas de la torre.

Diseño:

$$C = 11.085$$

$$L = 6.42\text{mts} \times 3.281\text{pies} \times 12\text{pulg/pie} = 252.7682 \text{ pulg}$$

L = Longitud de las riostras horizontales en el primer tramo el más crítico.

$$KL/r \leq 200$$

$$K = 1.00 \rightarrow r \geq 1.00 \times 252.7682 / 200 = 1.2638$$

Ensayo con tubo de 3½ pulg de diámetro:

Según el manual AISC del acero, deben utilizarse los datos siguientes:

r giro = Radio de giro

A = Área del tubo

$$A = 2.68 \text{ y } r_{\text{giro}} = 1.34 \text{ pulg}$$

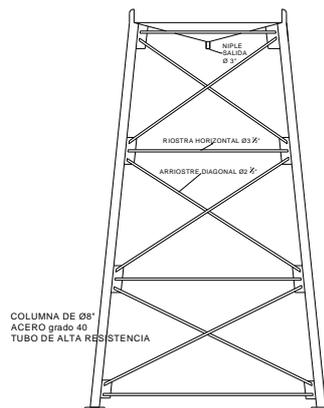
$$KL/r = 1.00 \times 252.7682 / 1.34 = 188.633 \approx 189 \text{ si cumple } KL/r \leq 200$$

$$P = 2.68 \times 4.1984 \times 1.33 = 14.9648 \text{ kips}$$

$$11.085 \leq 14.9648: \text{ sí cumple } P \geq C$$

Usar tubo de acero al carbono para uso estructural formado en frío, sin costura, de sección circular, ASTM A500 con un diámetro de 3½ pulgadas.

Figura 4. **Estructura de torre para tanque elevado**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCad.

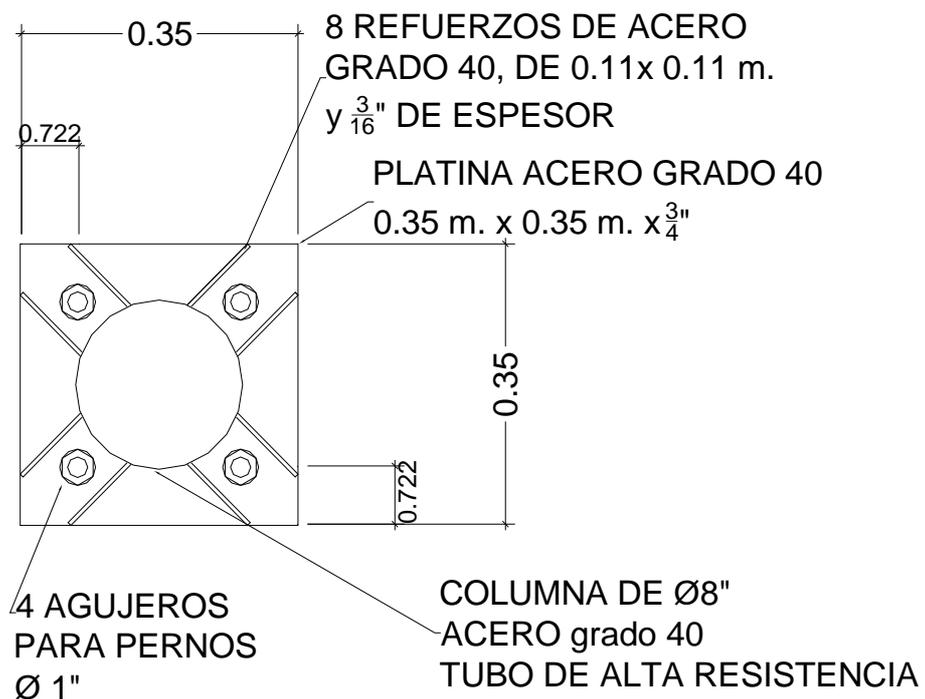
#### **2.1.11.4.5. Diseño de la cimentación del tanque**

Las cimentaciones para estructuras de tanques elevados podrán ser zapatas aisladas de sección constante o variable y losas continuas; la alternativa se escogerá con base en diversos factores, tomando en cuenta principalmente el valor soporte del suelo, magnitud de las cargas que actúan en la estructura, etc.

La sección del pedestal tendrá desde 2.54 cm (1 plg) hasta 3 cm (1¼ plg) de la columna a la placa base en todo su alrededor, y esta será la sección del pedestal.

El pedestal debe trabajar para el cimiento como columna corta; por lo tanto, la relación de esbeltez tiene que ser menor o igual a 22.

Figura 5. **Pedestal de apoyo de columna del tanque**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCad.

La capacidad nominal de la sección del pedestal a compresión será considerada como un área bruta de la sección transversal  $A_g$  de ancho  $b$  y un peralte total  $h$ , que está reforzada con un área total de acero  $A_{st}$ , repartida en todas las caras de la columnas.

El área neta de la sección transversal de concreto es  $A_g - A_{st}$ .

Por lo tanto, para obtener la capacidad máxima de carga axial para las columnas, sumando la contribución del concreto, siendo  $(A_g - A_{st}) 0.85f'_c$  y la contribución del acero, que es  $A_{st}f_y$ , en la que  $A_g$  es el área bruta total de la sección de concreto y  $A_{st}$  el área del acero =  $A_s + A'_s$  se obtiene:

$$P_o = 0.85f'_c(A_g - A_{st}) + A_{st}f_y$$

El esfuerzo lateral para columnas se requiere para prevenir el desplazamiento del concreto o el pandeo local de las varillas longitudinales. El refuerzo lateral se puede lograr con estribos distribuidos uniformemente en la altura de la columna a intervalos específicos, por lo tanto debe cumplir con que:

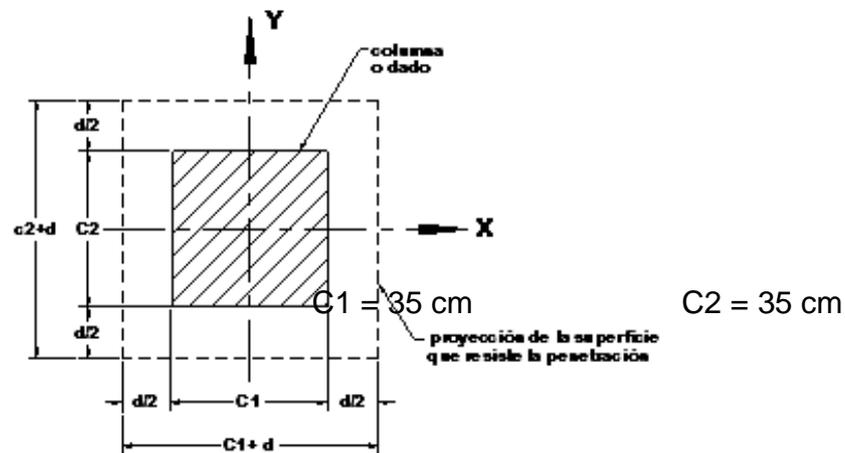
- El tamaño del estribo no debe de ser menor que una varilla de No. 3 (9.5 mm); si el tamaño de la varilla longitudinal es mayor al No. 10 (32 mm), entonces los estribos deberán ser por lo menos del No. 4 (12 mm).
- La separación vertical de los estribos no debe exceder a 48 veces el diámetro del estribo, 16 veces el diámetro de la varilla longitudinal y la menor dimensión lateral de la columna.
- La máxima relación de esbeltez  $L/r$

La relación de esbeltez debe darse de la manera siguiente:

- Miembros a compresión transportando peso o presión del contenido del tanque: 120

- Miembros a compresión transportando cargas laterales de viento o sismo, o ambas: 175
- Miembros trasportando cargas únicamente del techo: 175

Figura 6. **Columna de apoyo**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCad.

La carga axial es la carga última; es la suma de la resistencia de cadencia del acero más la resistencia del concreto. Se ha encontrado que la resistencia del concreto en una columna cargada axialmente es aproximadamente  $0.85f'_c$ ; donde  $f'_c$  es la resistencia a compresión de un cilindro.

En consecuencia, la carga axialmente se puede escribir como:

$$P_o = 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y A_{st}$$

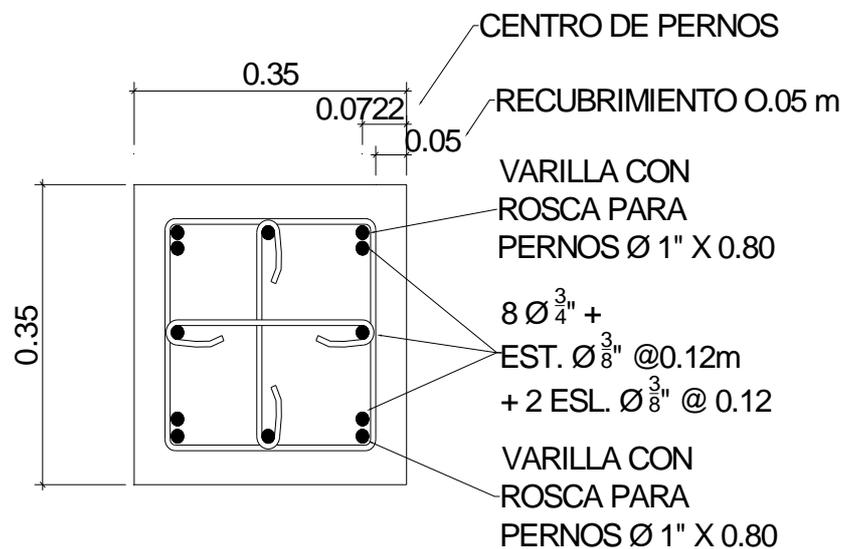
Donde:

$A_g$  es el área bruta de la sección transversal de la columna

$A_{st}$  es el área total de acero longitudinal en la sección de la columna

$f_y$  es la resistencia de cadencia del acero

Figura 7. Armado de columna de apoyo



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCad.

Para el diseño de zapatas debe realizarse lo siguiente:

- Determinar las cargas de servicio que actúan en la base de las columnas que soportan la estructura. Seleccionar la combinación de cargas de servicio y momentos más desfavorables, si existe una combinación de carga y momento flexionante.

- Calcular el área necesaria de la zapata, dividiendo la carga total de servicio entre la capacidad permisible de apoyo que se seleccionó para el suelo, si la carga es axial o también tomando en cuenta los esfuerzos de flexión más desfavorables, si existe una combinación de carga y momento flexionante.
- Calcular las cargas y momentos factorizados para las condiciones determinantes y encontrar los valores nominales de resistencia que se requieren, dividiendo las cargas y los momentos factorizados entre los factores de resistencia pertinentes.
- Determinar por prueba y ajuste, el peralte efectivo “d” que se requiere en la sección, para que cuente con una capacidad adecuada para resistir el cortante por penetración, a una distancia  $0.5d$  de la cara de apoyo; revisar la capacidad cortante como viga en cada dirección, en los planos situados a una distancia “d” de la cara de la columna de apoyo.
- Determinar el tamaño y la separación del refuerzo por flexión de las direcciones largas y corta; distribuir uniformemente el acero en todo el ancho de la zapata, en cualquier dirección.
- Verificar que el área de acero, en cada dirección principal de la zapata en planta, exceda el valor mínimo necesario por contracción y temperatura.
- Determinar la longitud disponible de desarrollo y anclaje para comprobar si se satisfacen los requerimientos de adherencia.

- Verificar los refuerzos de aplastamiento en la columna y en la zapata en sus áreas de contacto.

Cimiento:

Profundidad: 2.20 m

$$P = 181,638.67/1000 = 181.6387 \text{ kips} = 90.8194 \text{ ton}$$

$$M = 1017.2613/1.25 = 813.8090 \text{ kips-pies} = 124.8174 \text{ ton-m}$$

$$M_{ad} = (22.17/1.25) \times (1.40/2.2) = 11.2865 \text{ ton-m}$$

$$M_{total} = 124.8174 \text{ ton-m} + 11.2865 \text{ ton-m} = 136.1039 \text{ ton-m}$$

$$A_{zapatas} = 64 \text{ m}^2$$

$$Inercia = 675.50 \text{ m}^3$$

$$P_{stc} = (1.6 \times 0.80 \times 2.4 \times 0.60) \times (64) = 117.9648 \text{ ton}$$

$$M_e = (117.9648 + 260.60) \times (9.50/2) = 1,798.1828 \text{ ton-m}$$

$$F_{sv} = 1,798.1828/911.5486 = 1.9727 > 1.50$$

$$F_{sd} = (0.4) \times (117.9648 + 260.60)/19 = 7.96 > 1.50$$

Presión:

$$a = (1,798.1828 - 911.5486)/(117.9648 + 260.60) = 2.3421 \text{ m}$$

$$P \geq 2 (117.9648 + 260.60)/3 \times 2.3421 \times 9.50 = 11.3428 < 12.00$$

Esfuerzo de contacto con el suelo en cada zapata:

$$A_r = 4 \text{ m}^2 \quad I_x = 1.333 \text{ m}^4 \quad S_x = 1.333 \text{ m}^3$$

Para la cimentación de zapata individual de 2.00 m x 2.00 m x 0.65 m: colocar varilla No. 6 @ 0.27 m en ambos sentidos y una cama de acero por temperatura para cambio volumétrico, con varilla No. 5 @ 0.20 m, como cama superior.

Pernos de anclaje:

$$T = 24.15 - 45.41 = -21.36 \text{ kips}$$

$$T/\text{perno} = 21.36/4 = 5.34 \text{ kips}$$

$$V = 11.085 \text{ kips}$$

$$V/\text{perno} = 11.085/4 = 2.7713 \text{ kips}$$

Usar 4 pernos de 1 plg de diámetro ASTM (A307) y (A325), cumpliendo con los requisitos de los artículos relativos del Código de Soldadura Estructural, AWS (Sociedad Americana de Soldadura)

$$A_t = 0.606$$

$$A_v = 0.785$$

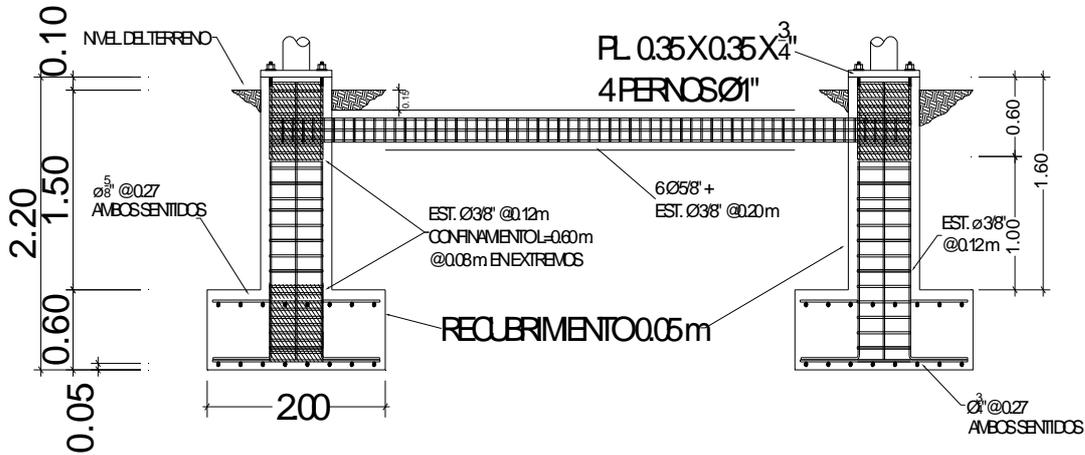
$$f_v = 2.7713/0.785 = 3.5634 \leq F_v = 10$$

$$f_t = 5.34/0.606 = 8.82 \leq F_t = 20$$

$$F_{tv} = 28 - 1.6(5.34) = 19.456 \leq F_t = 20$$

Usar 4 pernos de alta resistencia para conexiones de acero estructural, incluyendo tuercas y arandelas de 1 plg de diámetro, ASTM (A307) y (A325) en la base;  $t_W = 5/16''$ ; placa 35 cm x 35 cm x 1"

Figura 8. Detalles de armado de cimentación



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCad.

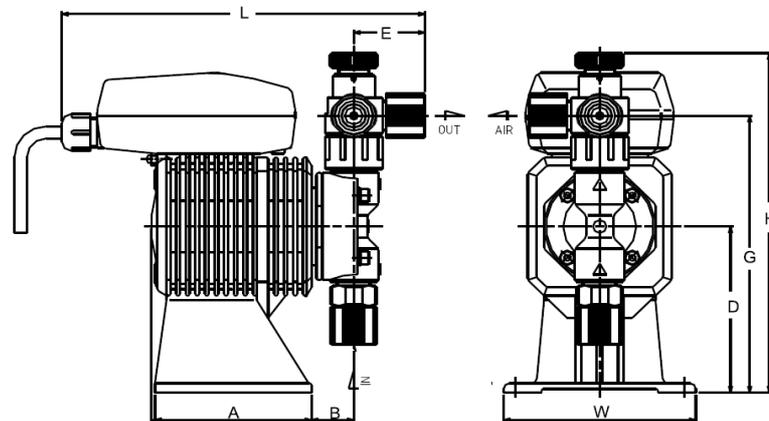
#### 2.1.11.5. Sistema de desinfección

Para asegurar la calidad del agua, esta debe someterse a tratamiento de desinfección preferiblemente a base de cloro o compuestos clorados.

La aplicación del compuesto de hipoclorito de sodio, deberá seleccionarse en forma tal, que se garantice una mezcla efectiva con el agua y que aseguren un período de contacto de 20 minutos como mínimo, antes de que llegue el agua al consumidor. La desinfección debe asegurar un residual de 0.2 a 0.5 mg/l en el punto más lejano de la red.

En este proyecto usar clorinador tipo bomba centrífuga, que inyecte una solución de hipoclorito de sodio, en el caudal del agua, que será graduado hasta dar los valores adecuados, según el Acuerdo Ministerial No. 1148-2009: normas y métodos de purificación de agua. Guatemala, 2009.

Figura 9. **Bomba inyectora de hipoclorito de sodio**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCad.

### 2.1.12. Programa de operación y mantenimiento

El programa de operación consiste en:

- Se empleará un día para surtir de agua a la colonia La Paz, con sus diferentes circuitos, llenando el tanque elevado de la colonia y luego distribuyendo, sin dejar de bombear.
- El siguiente día el agua será distribuida durante 5 horas para la colonia Prados de Linda Vista y 9 horas para la colonia Valle de Nazareth; procediendo en cada colonia de la siguiente manera: llenando el tanque elevado de la colonia y luego distribuyendo, sin dejar de bombear.
- Estos procedimientos se repiten en días alternos.

El programa de mantenimiento se basará en:

- Deberá hacerse periódicamente, extrayendo el equipo sumergible por lo menos una vez al año, con el fin de limpiar el pozo; revisando el funcionamiento del equipo y los niveles estático y dinámico del manto freático.
- Es necesario monitorear continuamente las líneas de tubería para evitar desperfecto o fallas, con el fin evitar la pérdida de caudales y optimizar el recurso hidráulico. Debe hacerse limpieza y remozamiento en general.
- Se estima que a los 5 años se deben sustituir al menos, el motor y la bomba.

### **2.1.13. Propuesta de tarifa**

El funcionamiento del sistema de agua potable tiene que ser autosostenible y se constituye en una política firme de ingresos seguros e independientes que exigen un alto nivel de eficiencia en todas las etapas del sistema, desde la planificación hasta la respuesta de la población, El proyecto debe ser autosostenible si tiene el financiamiento del total de los costos de mantenimiento y operación del sistema; los cuales deben ser 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 serie secuente de decisiones, siendo las más importantes:

- Financiera: se refiere fundamentalmente al análisis de los ingresos y egresos que se producen, cuando el proyecto inicia su operación,

traduciéndose como ingresos, aquellos provenientes del cobro de la tarifa, en lo que a gastos se refiere; el análisis se orienta a establecer los costos que se producen por la administración, la operación y el mantenimiento. Esto establece un costo mensual de la tarifa y el costo de los metros cúbicos por exceso de consumo de agua. Para cubrir todos los gastos que conlleva el sistema de agua potable, la tarifa establecida será analizada cada cinco años para determinar el valor real en ese momento.

- Comercial: se establece a quién y cómo se va a dotar el servicio, con objeto de tener un control adecuado de los usuarios, con el motivo de prestar un servicio eficiente y continuo.
- Proceso de cálculo: esto consiste en calcular la cantidad de agua que consume cada vivienda; para este proceso se deberá llevar un registro mensual a través de un contador. Hay que prever los ingresos de tal manera, que en el futuro se cubran adecuadamente los gastos.
- Fijos: en todo estudio sobre tarifa de agua, independientemente de que las obligaciones fijas sobre los gastos del capital estén o no a cargo de los consumidores de agua, hay que hacer un cálculo de la población que se habrá de servir de él, para que de esta manera, se facilite la determinación del volumen de agua que se venderá: esto repercutirá en los costos de operación y mantenimiento de las instalaciones. Las tarifas deben fijarse de manera que atiendan las necesidades inmediatas del presente, así como las que puedan presentarse en los próximos 5 o 10 años.

- Costos totales de las instalaciones: los constituyen los costos de inversión; aquí se toman en cuenta los gastos efectuados en la ejecución del proyecto.
- Costos de funcionamiento: aquí se toman en cuenta todos los gastos para su funcionamiento, como la energía eléctrica, la compra de la bomba, etc.
- Administración: estos costos son los que se vinculan a aquellas actividades que conllevan la correcta organización de los recursos y la gestión contable, destacando dentro de los principales: los salarios administrativos, papelería, servicios públicos, seguros, etc. que permiten que el servicio funcione en forma eficiente.
- Operación: estos costos se relacionan con la prestación del servicio donde se abarcan rubros como la mano de obra calificada y no calificada, insumos, materiales, energía eléctrica y otros, que permiten que el servicio sea en forma continua.
- Mantenimiento: permiten que el servicio no sea interrumpido, y que se le realicen trabajos de reparaciones, con la finalidad que las interrupciones sean mínimas.
- Reposición y rentabilidad: al iniciar el proyecto comienza también el proceso de desgaste de las instalaciones; los equipos empiezan a depreciarse y muchos accesorios se empiezan a desgastar como producto del uso, por eso se deben realizar o hacer las respectivas proyecciones para garantizar la vida útil, para que el servicio sea permanente.

Los costos de inversión son:

- De endeudamiento: son los generados por inversiones pasadas y constituyen los intereses, comisiones y amortizaciones de préstamos obtenidos, tanto nacionales como extranjeros (en este caso no existen, porque no se ha hecho ningún préstamo para la inversión en este sistema de agua potable).
- De aumento de activos: se refiere a futuras inversiones con la finalidad de actualizar la eficiencia del servicio y para extender sus beneficios. Entre estos costos se incluye el valor del equipo de bombeo sumergible que deberá sustituirse a los cinco años de funcionamiento del sistema, según lo refieren los reportes de los últimos años de la Dirección de Agua y Saneamiento, de la Municipalidad de Villa Nueva.

Tabla IX. **Evaluación de la tarifa**

<b>PROYECTO:</b>		<b>COSTO DE AGUA POTABLE POR USUARIO</b>				
<b>UBICACIÓN:</b>		<b>POZO LA PAZ (ASENTAMIENTO VALLES DE NAZARETH y PRADOS DE LINDA VISTA)</b>				
<b>No. DE BENEFICIARIOS</b>	<b>DE</b>	<b>600</b>	<b>VIVIENDAS</b>			
<b>CUADRO DE ESTIMACIÓN DE COSTOS</b>						
<b>SISTEMA DE AGUA POTABLE</b>						
<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CONSUMO KWH</b>	<b>CONSUMO 7:30 HORAS DIARIAS (KW)</b>	<b>CONSUMO 30 DÍAS (KW)</b>	<b>COSTO KWH</b>	<b>COSTO TOTAL DE KW POR 30 DÍAS</b>
1	MOTOR DE 60 H.P. (CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA)	58,35	437,63	13 128,75	Q2,40	Q31 509,00

Continuación de la tabla IX.

1.1	MANTENIMIENTO DE EQUIPO DE BOMBEO									Q920,00
	SUBTOTAL								Q32,429,00	
2	OTROS GASTOS FIJOS POR MES									
2.1	SUELDOS (DOS GUARDIANES FONTANEROS)									Q2 900,00
2.2	IMPREVISTOS (REPARACIONES RED DE DISTRIBUCIÓN)									Q350,00
2.3	CLORACIÓN									Q191,80
	SUBTOTAL								Q3,441.80	
	COSTO TOTAL PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL PROYECTO POR MES								Q35 870,80	
	COSTO POR BENEFICIARIO:	Q59,78								
	FECHA:	03/08/2013								

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se verifican los costos que la municipalidad traslada a los vecinos. Tomando en cuenta las 600 viviendas al final del periodo de diseño, se establece que la tarifa mensual por concepto de consumo de agua, es de sesenta quetzales (Q 60.00).

Los datos fueron obtenidos de la planilla de personal, consumos de energía eléctrica según facturas, los costos de mantenimiento de pozos y sistemas de agua potable y los consumos de suministro y mantenimiento de cloro en la Municipalidad de Villa Nueva.

#### **2.1.14. Elaboración de planos**

Los planos son los documentos más utilizados que contiene el proyecto y por ello han de ser completos, suficientes y concisos; es decir, incluir toda la información necesaria para poder ejecutar la obra objeto del proyecto, en la forma más concreta posible y sin dar información inútil o innecesaria.

En este proyecto se elaboraron los planos siguientes: planta topográfica, planta perfil líneas de conducción, planta perfiles de red ramales abiertos, planta perfil tuberías y domiciliarias, detalles de tanque típico y detalles de domiciliarias y obras de arte.

#### **2.1.15. Elaboración de presupuesto**

El presupuesto se hizo para reflejar los costos de construcción del proyecto, aplicándose el criterio de dividir la obra en renglones, los cuales son:

- Preliminares y topografía: consiste en la medición de obra o por replanteamiento topográfico, el movimiento de los obreros y maquinaria, etc.
- Guardianía y almacén de materiales: son los costos por la construcción de un almacén de materiales y guardianía o el alquiler de una sede para resguardar la maquinaria y materiales, etc.
- Los tanques de distribución: se evaluó la construcción de los tanques con los materiales, según el diseño y los trabajos para los cimientos.

- Excavación de zanja: se cuantificó el zanqueo de todas las líneas de tubería, según la profundidad a la que se debe colocar cada uno de los tubos; incluye transporte de material de desecho y ripio.
- Relleno y compactado de zanja: este renglón contempla el relleno de zanja, la compra de material selecto, el arrendamiento de compactadoras manuales y el gasto de combustible de estas compactadoras.
- Línea de conducción: este renglón incluye la tubería.
- Red de distribución: suministro e instalación de la tubería.
- Cajas rompedor presión: incluye las cajas de mampostería de block, con tapadera de concreto, así como el suministro de las válvulas rompedor presión, según el diámetro de la tubería donde serán colocadas, los accesorios y la mano de obra.
- Cajas para válvulas: incluye las cajas de mampostería de block, tapadera de concreto armado, suministro de las válvulas de compuerta según el diámetro de la tubería donde serán colocadas, los accesorios y la mano de obra.
- Conexiones domiciliarias: incluyen los accesorios y mano de obra; no se tomaron en cuenta las cajas de concreto prefabricadas ni el contador de agua, ya que la Municipalidad de Villa Nueva tiene como norma, que el vecino debe proporcionar estos, al momento de hacer el contrato del derecho de agua potable.

- Sistema de cloración: este renglón contempla el suministro y colocación de una bomba centrífuga para inyectar el hipoclorito de sodio; incluye mangueras para el sistema y un tanque plástico de 100 gal para el almacenamiento del cloro.

Todos los costos anteriores incluyen un 40 % por costos indirectos.

Tabla X. **Presupuesto**

<b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS COLONIAS PRADOS DE LINDA VISTA Y VALLE DE NAZARETH</b>					
<b>MUNICIPIO DE VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.</b>					
					<b>Agosto de 2013</b>
<b>COSTOS UNITARIOS Y TOTALES</b>					
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. U.</b>	<b>Total</b>
1	Preliminares y topografía	m	4220	Q4.81	Q20 298,20
2	Guardianía y almacén de materiales	m <sup>2</sup>	130	Q200.00	Q26 000,00
3	Tanque de distribución elevado de 70 m <sup>3</sup> metálico con torre	u	2	Q428,000.00	Q856 000,00
4	Excavación de zanja	m	3880	Q21.90	Q84 972,00
5	Línea de conducción, incluye tubería de diámetros de 4" de 160 psi	m	1060	Q166.62	Q176 617,20
6	Red de distribución				

Continuación de la tabla X.

6.1	Tubería de PVC con diámetros de 1", 1¼", 1½", 2", 2½" de 160 psi.	m	2540	Q55.10	Q139 954,00
6.2	Tubería de PVC con diámetros de ¾ " de 250 psi.	m	280	Q45.00	Q12 600,00
7	Relleno y compactado de zanja	m	3880	Q15.00	Q58 200.00
8	Caja rompepresión, de 1.52 m x 1.50 m. de block y concreto, incluye válvula rompepresión	U	2	Q22,240.00	Q44 480.00
9	Cajas para válvula de concreto armado con tapadera, según dimensiones especificadas en planos por tipo de válvula.	U	11	Q5,600.00	Q61 600.00
10	Conexiones domiciliars	U	600	Q315.00	Q189 000,00
11	Sistema de cloración	U	1	Q5,278.60	Q5 278,60
	TOTAL				Q1 675 000,00

Fuente: elaboración propia.

## **2.1.16. Análisis socioeconómico**

Para la determinación de los costos se tomó en cuenta lo siguiente:

### **2.1.16.1. Valor Presente Neto**

Por la naturaleza del proyecto, los criterios que se utilizan para su evaluación son de carácter social. Para el efecto se utilizarán indicadores como el Valor Actual Neto Económico (VANE), el cual considera el valor económico de la inversión, comparándolo con el flujo neto que resulte de beneficios que perciban los usuarios como consecuencia de la mejora de sus condiciones de vida, entre los que se considerarán el ahorro en gastos médicos y medicinas como consecuencia de la disminución de enfermedades, así como la no disminución del ingreso familiar.

La relación beneficio-costos es un indicador complementario al VANE, que se utilizará para evaluar la conveniencia de ejecutar este proyecto. En la medida que los beneficios sean proporcionalmente mayores a los costos y que este resultado sea mayor al que presentan otros proyectos, habrá motivos para inclinarse por la ejecución de esta propuesta.

Otro indicador que podrá tomarse como complemento, es el impacto que el proyecto produce en el Índice de Desarrollo Humano (IDH) del municipio. Dado que la longevidad de la persona es un elemento que determina el valor que asume este indicador, considerando que la misma de alguna manera tiene correlación con las condiciones en que vive la población, se puede esperar que el IDH del municipio mejore con un proyecto como el que aquí se está formulando.

#### **2.1.16.2. Tasa de interna de retorno**

Debido a que los criterios que se utilizan para la evaluación del proyecto son de carácter social, no existe una tasa de retorno.

Los ingresos por la tarifa de agua servirán para el mantenimiento del equipo electromecánico, así como para el pago del consumo de energía del mismo, el mantenimiento de la cloración del agua y los arreglos a la red de agua potable.

La obra física que resultará con la ejecución de este proyecto será municipal y por tanto será la municipalidad quien ejecute su administración. Por la naturaleza de la obra no se necesita una estructura administrativa específica, pues la labor fundamental se centrará en el mantenimiento y resguardo del equipo.

#### **2.1.17. Evaluación de impacto ambiental**

Todo tipo de infraestructura debe tomar en consideración el impacto que esta causa en la naturaleza.

Al evaluar el impacto ambiental de un sistema de abastecimiento de agua por bombeo desde un pozo mecánico, se determina que produce muy poca contaminación, tanto en su construcción como en la operación del sistema.

La contaminación producida durante su construcción, consiste en que en la perforación del pozo y el zanjeo se emiten algunos polvos del terreno hacia la atmósfera, además de un poco de ruido en las operaciones constructivas.

Durante esté operando el sistema, la emisión de pequeñas vibraciones en el terreno, se disipan en un pequeño radio a la redonda y ruido de bajos decibeles. El impacto ambiental en este tipo de proyectos tiende a ser nulo.



## CONCLUSIONES

1. Debido a la contaminación de las cuencas en el municipio de Villa Nueva, es difícil encontrar agua de buena calidad en la superficie, es por ello que se debe perforar pozos para la extracción de agua, para satisfacer la demanda del crecimiento poblacional de los últimos años; por lo que el proyecto de abastecimiento de agua potable para las colonias Prados de Linda Vista y Valle de Nazareth, se debe realizar.
2. La realización del proyecto de abastecimiento de agua potable, generará interés en los habitantes para su supervivencia y bienestar, ya que actualmente no cuentan con el abastecimiento de agua; este se sumará a los servicios que la Municipalidad presta a la población, para contribuir al mejoramiento del nivel de vida de las personas que habitan las colonias Prados de Linda Vista y Valle de Nazareth.
3. Es importante llevar un control estricto por medio de contadores, para evitar las conexiones ilícitas y el desperdicio de agua, manteniendo el autosostenimiento del servicio de abastecimiento de agua potable, por lo que se debe implementar la colocación de medidores de agua, propuestos en este trabajo.
4. Por la naturaleza de la obra no se necesita una estructura administrativa específica, pues la labor fundamental se centrará en el mantenimiento y resguardo del equipo.



## **RECOMENDACIONES**

1. La Municipalidad de Villa Nueva deberá garantizar la supervisar técnicamente durante la construcción del sistema, a fin de que la obra sea de calidad y se cumpla con las especificaciones contenidas en los planos.
2. Incorporar los contadores de agua para medir el consumo de cada una de las conexiones domiciliarias en servicio y evitar así con el uso irracional del agua.
3. Aplicar el sistema de cloración como un medio para la desinfección del agua propuesto en este trabajo, para garantizar la potabilidad de la misma.
4. Desarrollar un programa de educación sanitaria para los usuarios del sistema, a fin de que utilicen exclusivamente el agua para uso personal y no para otros fines.



## BIBLIOGRAFÍA

1. American Institute of Steel Construction, Inc. *Manual of steel construction*. 6a ed. USA, 1974. 333 p.
2. FAIR, Gordon M; GEYER, John Charles; OKUN, Daniel A., *Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales, tomo1*. México: Limusa, 1980. 588 p.
3. FUENTES VÁSQUEZ, Jorge Estuardo. *Situación actual del agua en el municipio de Villa Nueva y diseño de la red de distribución para la colonia Marianita*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 102 p.
4. MERRITT, Frederick S; LOFTIN, Jonathan Ricketts, T. *Manual del ingeniero civil*. 4a ed. México: McGraw Hill, 1995. 1061 p.
5. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Acuerdos gubernativos y ministeriales vinculados al agua potable*. Guatemala, 2010. 33 p.
6. MURALLES, Carmen. *Los proyectos de trabajo. Evaluación de proyectos*. 2a ed. México: Limusa, 1988. 231 p.
7. TUBOVINIL, S. A. *Consideraciones de diseño para instalaciones con tubería P.V.C*. Guatemala, 1998. 20 p.

8. UNEPAR. *Normas de abastecimiento de agua potable*. Guatemala, 1997.  
66 p.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Resumen del cálculo hidráulico

#### Apéndice 1a. Diseño hidráulico (conducción de agua potable)

#### Sistema de abastecimiento de agua potable para las colonias Prados de Linda Vista y Valle de Nazareth, municipio de Villa Nueva, departamento

#### Apéndice 1b. Diseño de conducción para Prados de Linda Vista

**L = 351 m**

**$\Delta h = 18.91$**

**CAUDAL = 12.97 L/s**

TRAMO	Est	Po	C	COTA o	COTA f	DISTANCIA m	$\varnothing$ plg	CAUDAL L/s	V m/s	hf	COTA piezo f	PRESIÓN DIN. (MCA)	PRESIÓN DIN. (PSI)
inicial	Pozo	E104	150	992.59	991.1	12	4	12.9700	1.65	0.22	1022.97	32.00	45.54
1	E104	E152	150	991.10	1011.50	351.00	4	12.9700	1.13	6.40	1016.58	37.08	52.76

Fuente: elaboración propia.

#### Apéndice 1c. Diseño hidráulico conducción Valle de Nazareth

**L = 707 m**

**$\Delta h = 82.12$**

**CAUDAL = 12.97 L/s**

TRAMO	Est	Po	C	COTA o	COTA f	DISTANCIA m	$\varnothing$ plg	CAUDAL L/s	V m/s	hf	COTA piezo f	PRESIÓN DIN. (MCA)	PRESIÓN DIN. (PSI)
inicial	pozo	E104	150	992.59	991.1	12	4	12.9700	1.65	0.22	1022.97	32.00	45.54
1	E104	E127	150	991.10	993.80	163.50	4	12.9700	0.24	2.98	1019.99	58.19	82.81
2	E127	E152	150	993.80	968.96	543.50	4	12.9700	2.68	9.90	1010.09	99.32	141.33

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Diseño hidráulico (Prados de Linda Vista)**

**Sistema de abastecimiento de agua potable para las colonias Prados de Linda Vista y Valle de Nazareth, municipio de Villa Nueva, departamento**

**(Diseño de red de distribución para Prados de Linda Vista)**

Est	Po	HABITANTES FUTURO	Q L/s	C	COTA o	COTA f	DISTANCIA m	V m/s	hf m	COTA piezo f	PRESION EST. (MCA)	PRESIÓN DIN. (MCA)	Ø plg.
TANQUE	B	1428	5.3550	150	107.50	98.80	15.62	0.5239	1.24	105.62	8.70	6.82	2
B	C	1428	5.3550	150	98.80	97.35	7.83	0.8129	0.62	105.00	10.15	7.65	2
C	D	300	1.1900	150	97.35	80.80	180.91	1.0104	0.89	104.11	26.70	23.31	2
C	E	1116	4.1850	150	97.35	96.35	39.52	0.9116	1.99	103.01	11.15	6.66	2
E	F	300	1.1900	150	96.35	70.55	182.28	1.1616	0.89	102.12	36.95	31.57	2
E	G	768	2.8800	150	96.35	94.40	39.07	1.0540	0.98	102.03	13.10	7.63	2
G	H	252	1.0885	150	94.40	78.88	95.13	1.3239	0.40	101.63	28.62	22.75	2
H	I	48	0.4498	150	78.88	67.69	68.20	1.4812	3.67	97.96	39.81	30.27	¾
H	J	36	0.3801	150	78.88	71.64	23.39	1.5455	0.92	100.71	35.86	29.07	¾
G	K	456	1.7100	150	94.40	95.25	37.10	0.9605	0.36	101.67	12.25	6.42	2
K	L	198	0.9617	150	95.25	75.60	107.95	1.2469	0.36	101.31	31.90	25.71	2
K	M	192	0.9465	150	95.25	88.21	36.73	1.2550	0.12	101.55	19.29	13.34	2
M	N	96	0.6584	150	88.21	81.64	51.80	1.4906	0.08	101.47	25.86	19.83	2
N	Ñ	30	0.3400	150	81.64	78.59	20.42	1.6401	0.66	100.81	28.91	22.22	¾
M	O	42	0.4164	150	88.12	83.80	13.03	1.6508	0.01	101.54	23.70	17.74	2

La dotación = 120 l/hab-día

Altura de torre de tanque = 8 m

Habitantes x casa = 6 habitantes

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Diseño hidráulico (red Valle de Nazareth)**

**Sistema de abastecimiento de agua potable para las colonias Prados de Linda Vista y Valle de Nazareth, municipio de Villa Nueva, departamento**

**(Diseño de red de distribución para Valle de Nazareth)**

RAMAL	Est	Po	HABITANTES FUTURO	Q L/s	C	COTA o	COTA f	DISTANCIA m	V m/s	hf m	COTA piezo f	PRESION EST. (MCA)	PRESIÓN DIN. (MCA)	Ø plg
49	TANQUE	E188A	2455	6.9047	150	965.00	951.80	17.00	0.7636	0.47	964.53	13.20	12.73	3
48	E188A	E176A	1875	5.2734	150	951.80	948.30	31.20	1.0031	1.27	963.26	16.70	14.96	2½
47	E176A	E176	175	0.9913	150	948.30	947.66	5.30	1.1837	0.12	963.14	17.34	15.48	1½
46	E176	E161A	45	0.4808	150	947.66	945.80	28.00	1.2851	1.17	961.97	19.20	16.17	1
45	E176	E188B	30	0.3801	150	947.66	950.90	30.00	1.0520	0.81	962.32	14.10	11.42	1
44	E176	E180	100	0.7410	150	947.66	930.51	133.00	1.3287	12.42	950.72	34.49	20.21	1
43	E176A	E161	1700	4.7813	150	948.30	945.24	44.00	1.1881	1.50	961.76	19.76	16.52	2½
42	E161	E163	240	1.1655	150	945.24	939.84	61.00	1.3243	4.45	957.31	25.16	17.47	1¼
41	E163	E167	150	0.9155	150	939.84	927.47	134.00	1.4453	18.51	938.80	37.53	11.33	1
40	E163	E164	20	0.2944	150	939.84	934.75	18.00	1.4674	8.90	948.42	30.25	13.67	½
39	E161	E158	140	0.8833	150	945.24	930.65	90.00	1.3521	11.64	950.12	34.35	19.47	1
38	E158	E159	40	0.4498	150	930.65	931.23	25.00	1.2860	0.31	949.81	33.77	18.58	1¼
38A	E159	E160	40	0.4498	150	931.65	932.23	26.00	1.2874	0.32	949.80	32.77	17.57	1¼
37	E161	E209	540	1.7585	150	944.80	913.08	220.20	0.2741	1.18	943.62	31.72	30.54	2
36	E209	E210	60	0.5638	150	913.08	911.38	48.00	0.3571	0.91	942.71	33.42	31.33	1¼
35	E209	E211	285	1.2722	150	913.08	912.65	12.50	0.3658	0.44	943.18	32.15	30.53	1½
34	E211	E212A	45	0.4808	150	912.65	908.80	47.00	0.4793	1.97	941.21	36.00	32.41	1
33	E211	E213	240	1.1655	150	912.65	910.31	15.00	0.5507	1.09	942.09	34.49	31.78	1¼
32	E213	E214	40	0.4498	150	910.31	906.45	38.30	0.6776	1.42	940.67	38.35	34.22	1
31	E213	E215	190	1.0341	150	910.31	908.46	15.00	0.7136	0.88	941.21	36.34	32.75	1¼
30	E215	E216	40	0.4498	150	908.46	903.86	36.00	0.8339	5.41	935.80	40.94	31.94	¾
29	E215	E217	150	0.9155	150	908.46	908.01	9.50	0.8107	0.44	940.77	36.79	32.76	1¼
28	E217	E219	30	0.3801	150	908.01	908.96	18.00	0.7212	0.49	940.28	35.84	31.32	1
27	E217	E218	55	0.5376	150	908.01	898.16	36.00	0.9923	7.53	933.24	46.64	35.08	¾
26	E217	E220	65	0.5889	150	908.01	909.04	39.00	0.7399	0.80	939.97	35.76	30.93	1¼
25	E161	E196	780	2.1938	150	945.24	941.54	36.00	1.3537	3.48	958.28	23.46	16.74	1½

Continuación del apéndice 3.

RAMAL	Est	P <sub>0</sub>	HABITANTES FUTURO	Q L/s	C	COTA <sub>o</sub>	COTA <sub>f</sub>	DISTANCIA m	V m/s	hf m	COTA piezo f	PRESION EST. (MCA)	PRESIÓN DIN. (MCA)	Ø pla
24	E196	E196A	295	1.2947	150	941.54	942.30	9.00	1.2048	0.33	957.95	22.70	15.65	1½
23	E196A	E194	235	1.1530	150	942.30	946.44	26.00	0.9950	0.76	957.18	18.56	10.74	1½
22	E194	E191A	180	1.0057	150	973.44	931.80	124.00	1.2748	6.88	950.31	33.20	18.51	1¼
21	E194	E195	25	0.3400	150	973.44	932.40	33.00	1.4062	2.96	954.23	32.60	21.83	¾
20	E196A	E203	55	0.5376	150	942.30	925.55	62.00	1.3851	12.97	944.98	39.45	19.43	¾
19	E196	E201	450	1.6038	150	941.54	932.48	39.00	0.2572	2.11	939.43	9.06	6.95	1½
18	E201	E197	85	0.6800	150	932.48	925.51	132.00	0.3602	3.55	935.88	16.03	10.37	1¼
17	E201	E203	365	1.4425	150	932.48	925.55	23.00	0.5210	2.49	936.94	15.99	11.39	1¼
16	E203	E202A	45	0.4808	150	925.55	919.30	43.00	0.6500	7.32	929.62	22.24	10.32	¾
15	E203	E220	305	1.3168	150	925.55	909.04	182.00	0.6590	16.63	920.31	32.50	11.27	1¼
14	E220	E222	30	0.3801	150	909.04	897.52	30.00	0.8770	3.30	917.01	44.02	19.49	¾
13	E220	E223A	125	0.8328	150	909.04	900.70	82.00	0.7865	9.51	910.80	40.84	10.10	1
12	E188A	E187A	575	1.8151	150	951.80	946.22	47.00	0.9426	3.20	961.33	18.78	15.11	1½
12A	E187A	E184A	45	0.4808	150	946.22	937.90	43.00	1.0932	7.32	954.01	27.10	16.11	¾
11A	E187A	E184	490	1.6743	150	946.22	932.88	48.00	0.2526	6.84	939.38	13.34	6.50	1¼
11	E184	E189	195	1.0480	150	932.88	927.90	27.00	0.4550	1.62	937.76	18.32	9.86	1¼
10	E189	E199	125	0.8328	150	927.90	902.80	178.00	0.6071	20.64	917.12	43.42	14.32	1
9	E189	E190	55	0.5376	150	927.90	918.48	45.00	0.6121	9.42	928.35	27.74	9.87	¾
8	E190	E198	15	0.2404	150	918.48	910.79	20.00	0.7811	6.79	921.55	35.43	10.76	½
7	E190	E190A	15	0.2404	150	918.48	917.80	12.00	0.6897	0.57	927.78	28.42	9.98	¾
6	E184	E186	60	0.5638	150	932.88	901.22	106.00	0.4429	24.22	915.15	45.00	13.93	¾
5	E184	E180	235	1.1530	150	932.88	925.51	49.00	0.4339	3.50	935.88	20.71	10.37	1¼
4	E180	E183	90	0.7009	150	925.51	899.36	105.00	0.6407	8.85	927.03	46.86	27.67	1
3	E180	E167	130	0.8500	150	925.51	922.47	23.50	0.5791	2.83	933.05	23.75	10.58	1
2	E167	E169	50	0.5100	150	922.47	907.94	73.00	0.7320	13.85	919.19	38.28	11.25	¾
1	E167	E175	65	0.5889	150	922.47	900.10	116.00	0.7592	7.08	925.97	46.12	25.87	1

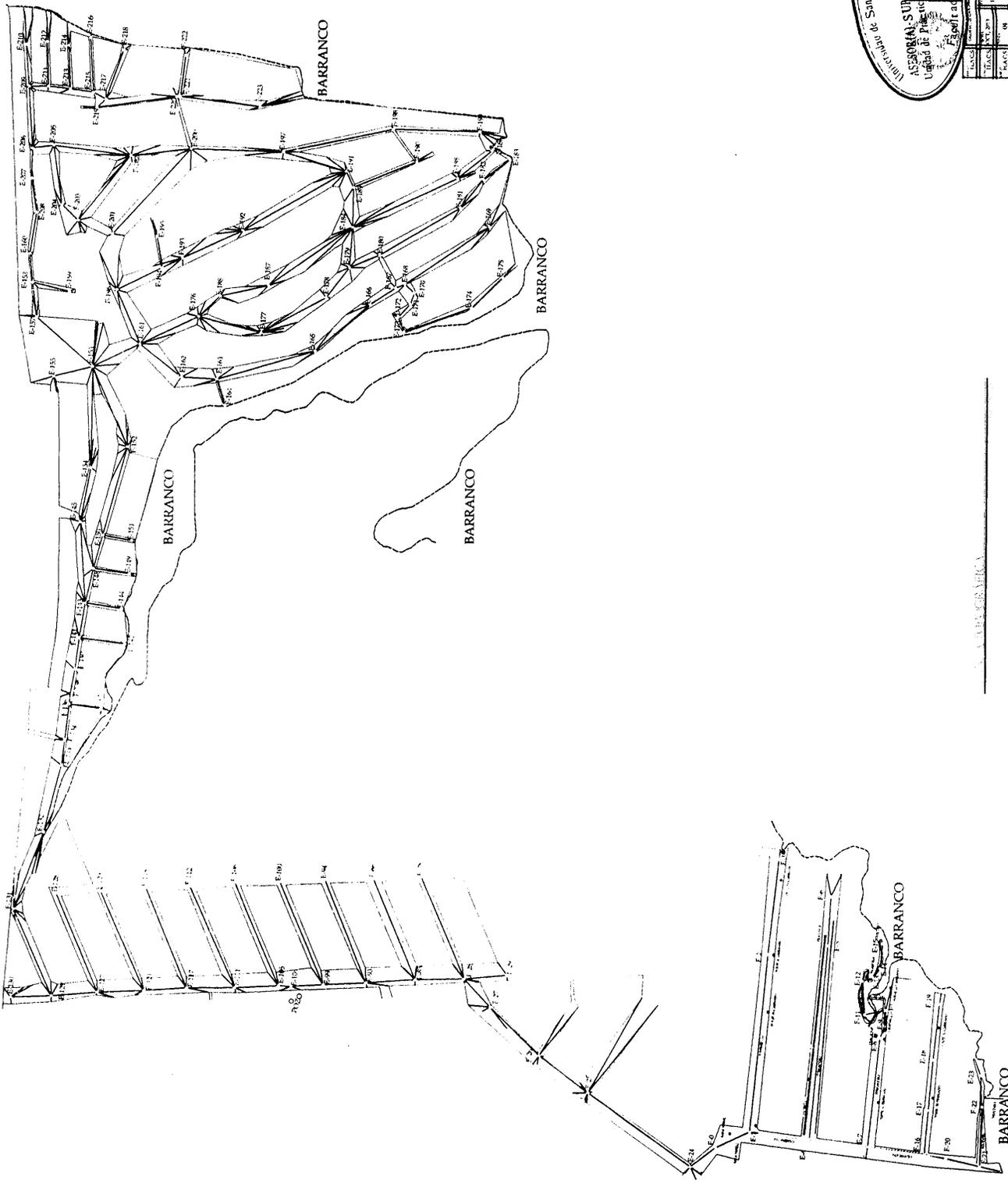
**La dotación = 120 l/hab-día      Altura de torre de tanque = 12 m**

Habitantes x casa = 5 habitantes

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Planos constructivos**

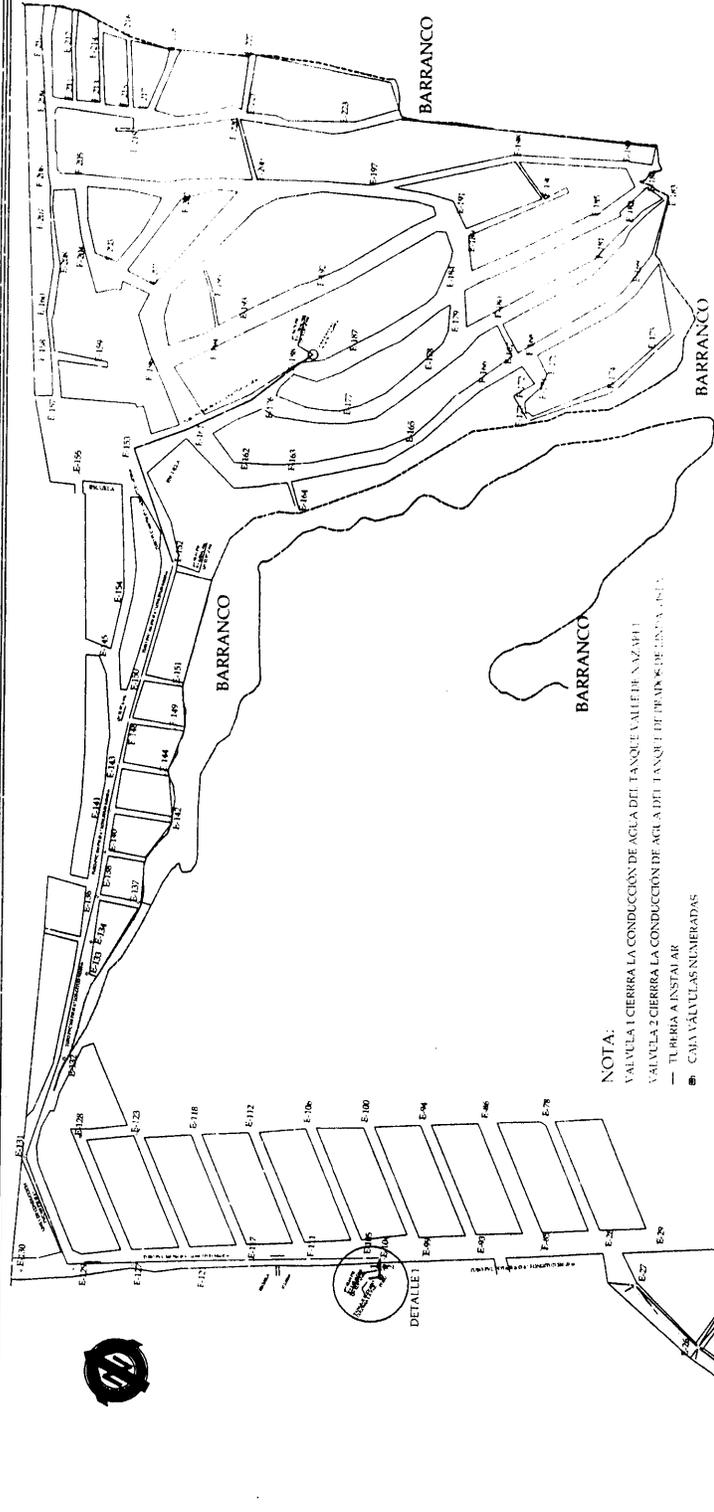




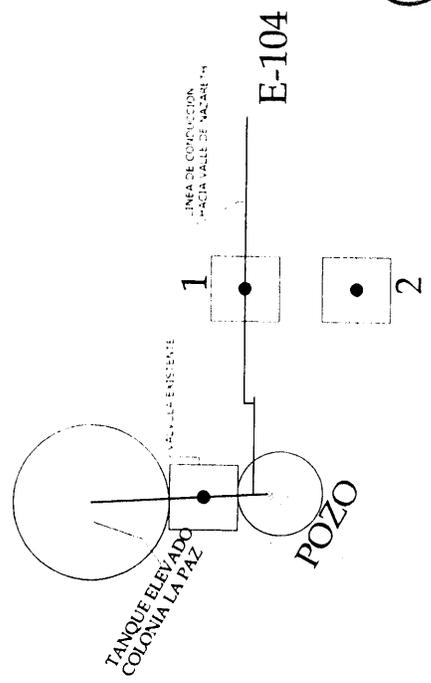
Instituto de San Carlos de Guatemala  
 ASOCIACIÓN SUPERVISORA DE EPS  
 Unidad de Planeación y Ejecución de EPS  
 Unidad de Planeación y Ejecución de EPS

PROYECTO	OPERA	FECHA	01/12
PLAZA	08		
ESCALA			
PROYECTADO POR			
REVISADO POR			
APROBADO POR			

LA APLICACIÓN

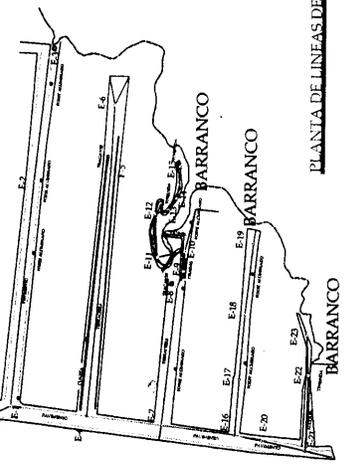


NOTA:  
 VALVULA 1 CIERRA LA CONDUCCION DE AGUA DEL TANQUE VALLE DE SAZAHU  
 VALVULA 2 CIERRA LA CONDUCCION DE AGUA DEL TANQUE DE PARRAS DE SAN ANTONIO  
 - TURBINA A INSTALAR  
 ■ CMA VALVULAS NUMERADAS



LINEA DE CONDUCCION  
 HACIA PARRAS DE SAN ANTONIO

DETALLE 1  
 ESCALA 1:60



Intendencia de San Carlos de Guabamba

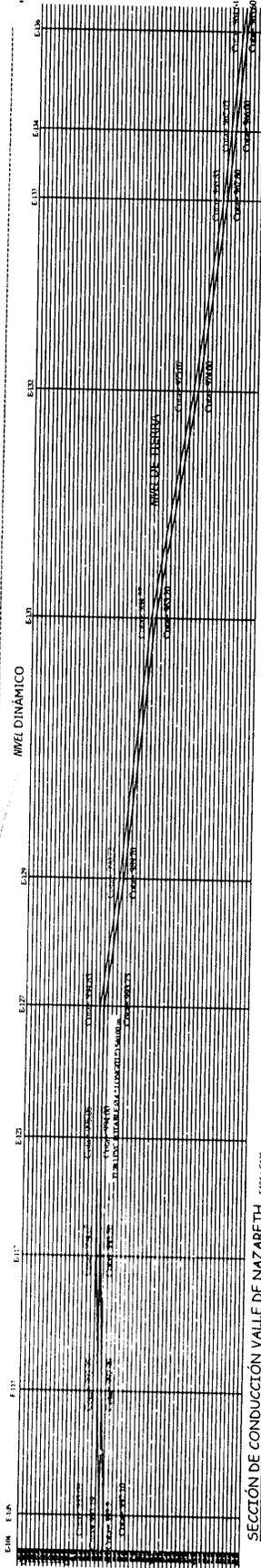
(1) SUPERINTENDENCIA DE AGUAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES Y EXPERIMENTOS EN AGUAS

TITULO	PROYECTO	FECHA	HOJA
LINEAS DE CONDUCCION	02	12	

Proyecto: E-11-11-11  
 C-11-11-11-11  
 V-11-11-11-11

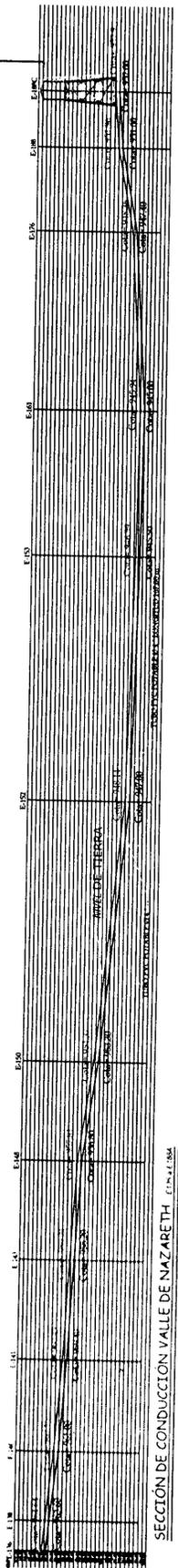
Proyecto: E-11-11-11  
 C-11-11-11-11  
 V-11-11-11-11



Proyecto: E-11-11-11  
 C-11-11-11-11  
 V-11-11-11-11

Proyecto: E-11-11-11  
 C-11-11-11-11  
 V-11-11-11-11

MUEL DINÁMICO

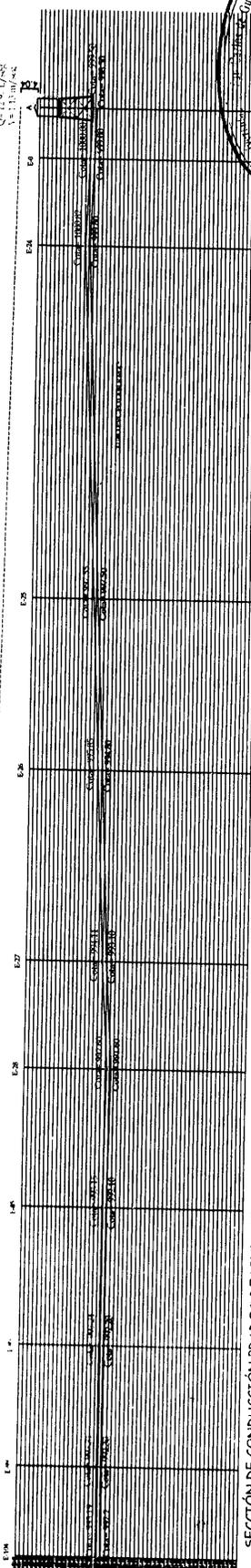


SECCIÓN DE CONDUCCIÓN VALLE DE NAZARETH E-11-11-11

Proyecto: E-11-11-11  
 C-11-11-11-11  
 V-11-11-11-11

Proyecto: E-11-11-11  
 C-11-11-11-11  
 V-11-11-11-11

MUEL DINÁMICO



SECCIÓN DE CONDUCCIÓN PRADOS DE LINDA VISTA

ASOCIACIÓN SUPERIOR DE INGENIEROS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

PROFESOR: [Name]

ALUMNO: [Name]

TÍTULO: [Title]

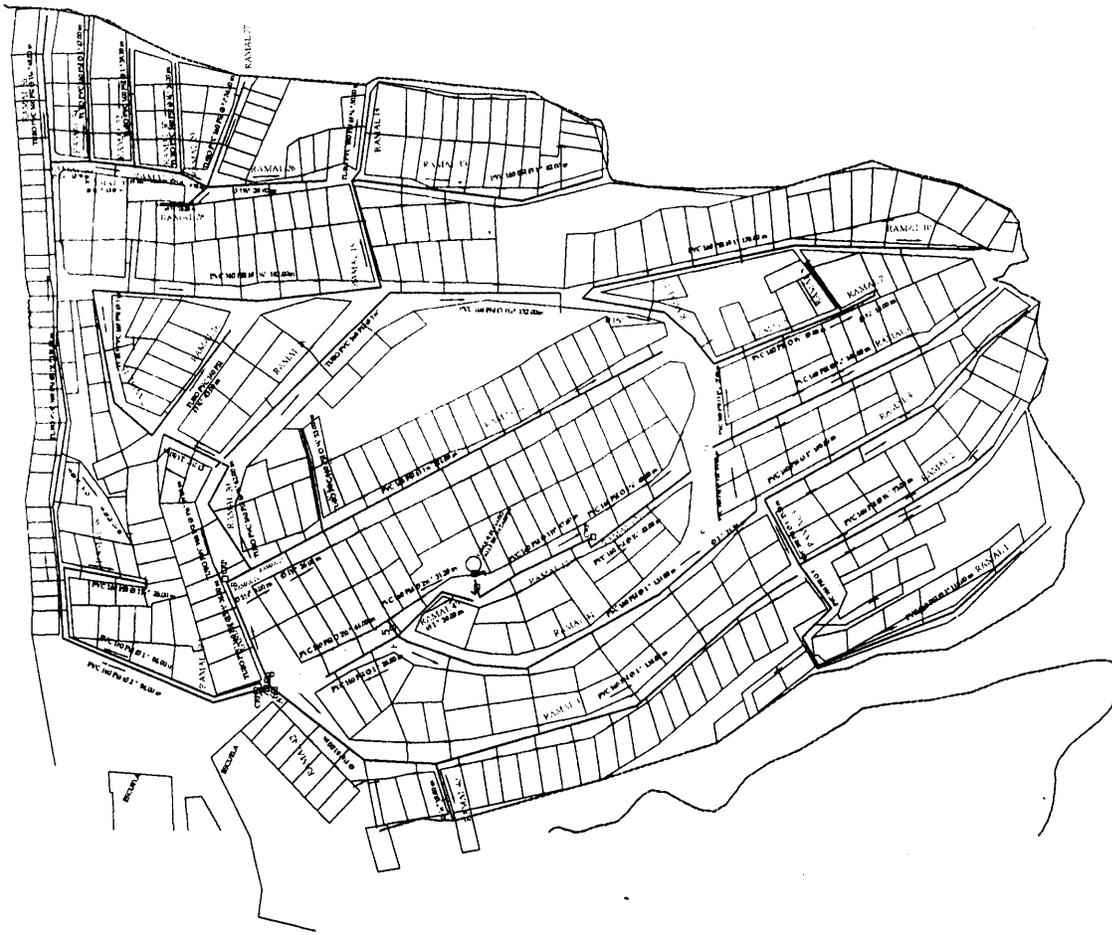
PLAZA: [Plaza]

FECHA DE ENTREGA: [Date]

FECHA DE CALIFICACIÓN: [Date]

03 17





**NOTA:**

- VALVULA 3 CIERRA LOS RAMALES 1 AL 12
- VALVULA 4 CIERRA LOS RAMALES 1 AL 12
- VALVULA 5 CIERRA LOS RAMALES 4 AL 7
- VALVULA 6 CIERRA LOS RAMALES 4 AL 12
- VALVULA 7 CIERRA LOS RAMALES 26 AL 30
- VALVULA 8 CIERRA LOS RAMALES 13 AL 25
- CAJA DE VALVULAS
- CCRP CAJA ROMPE-PRESION
- = DIRECCION Y SINTETICO DEL FLUJO

Universidad de San Carlos de Guatemala

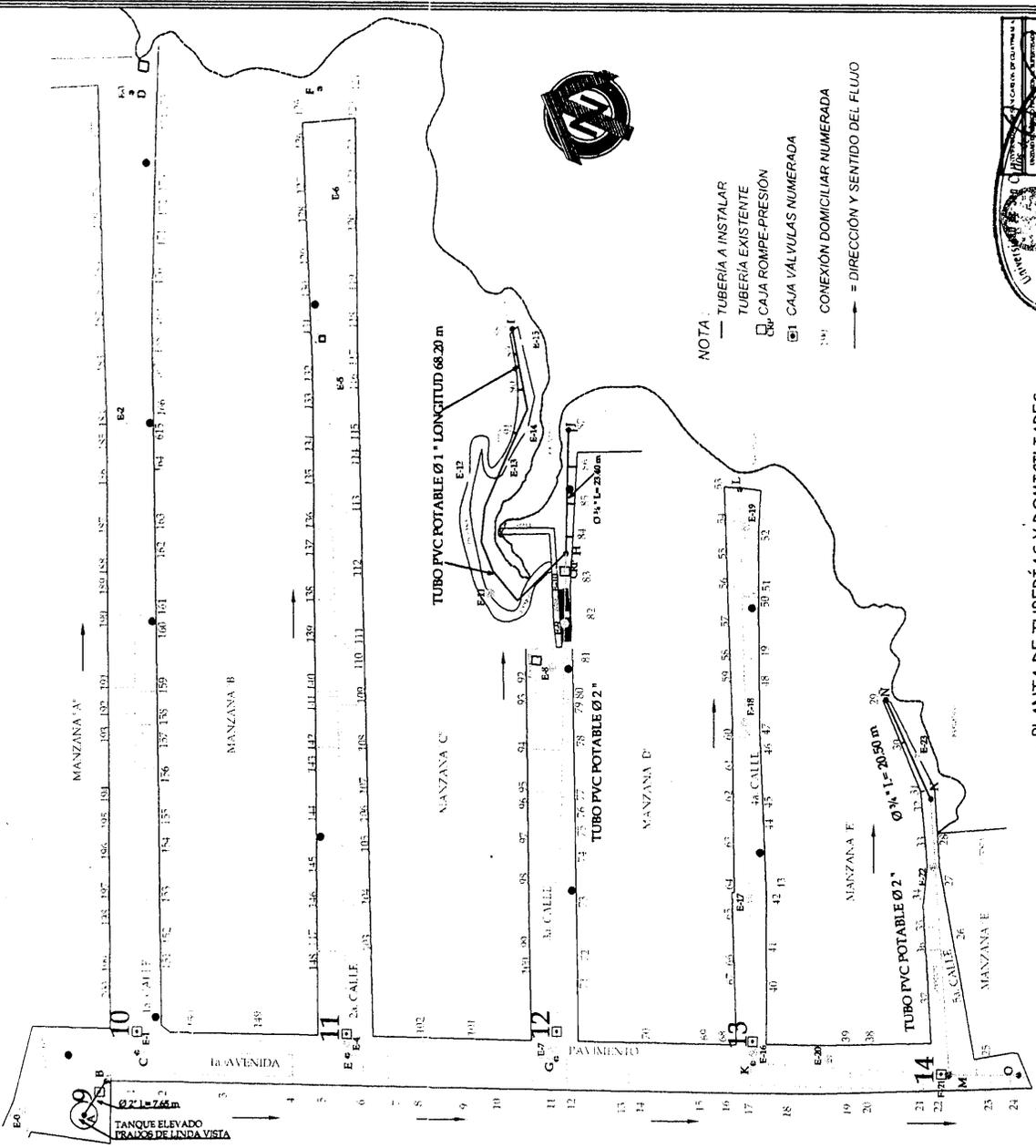
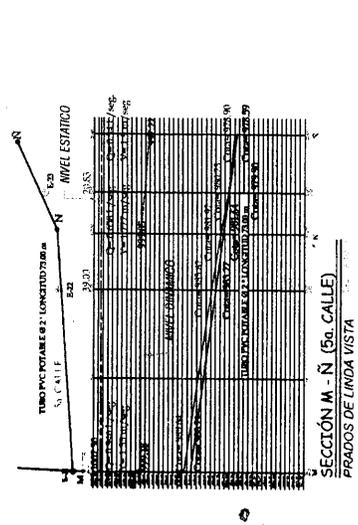
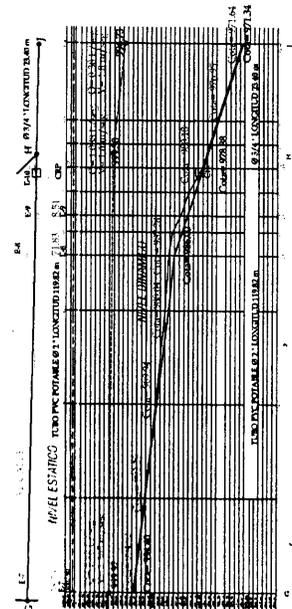
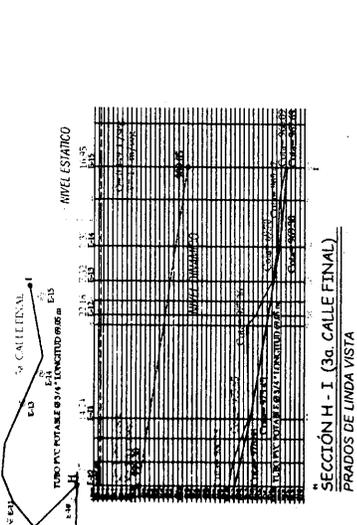
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y PROYECTOS DE INGENIERIA

Escuela de Ingeniería Civil

CLASIFICACION	05	12
TIPO DE PROYECTO	PROYECTO DE OBRAS DE CONSTRUCCION	
FECHA	08	
PROYECTO	05	
PROYECTANTE		
PROYECTADO		

UBICACION DE DORMITARIOS VALLE DE NAZARETH





**NOTA**

- TUBERIA A INSTALAR
- TUBERIA EXISTENTE
- ☐ CAJA ROMPE-PRESION
- ☐ CAJA VALVULAS NUMERADA
- = DIRECCIÓN Y SENTIDO DEL FLUJO

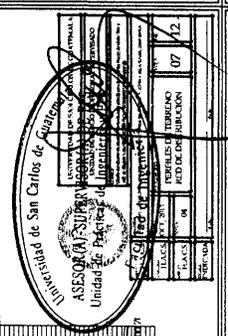
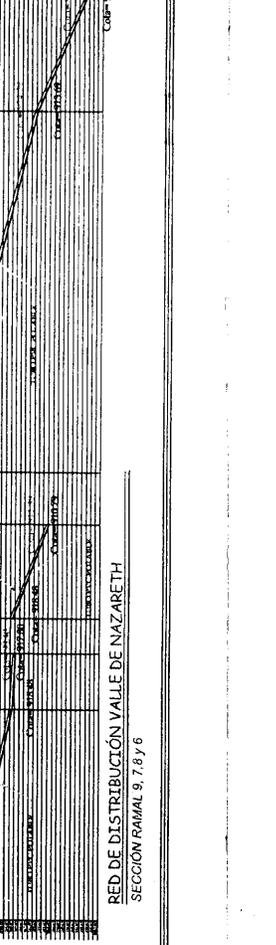
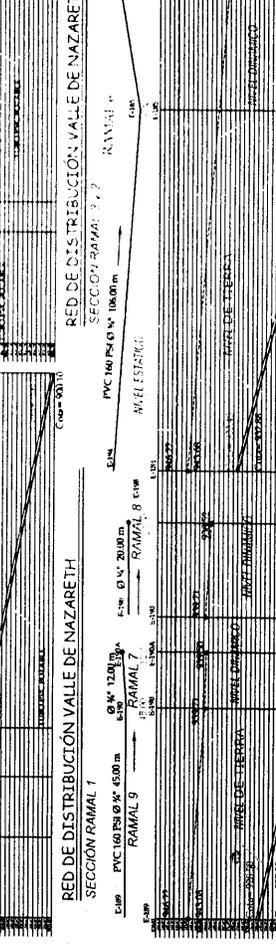
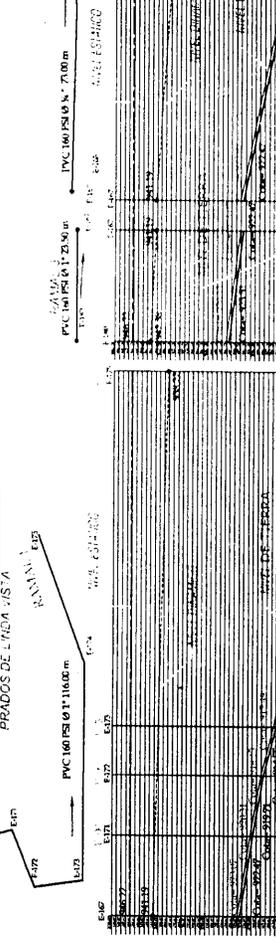
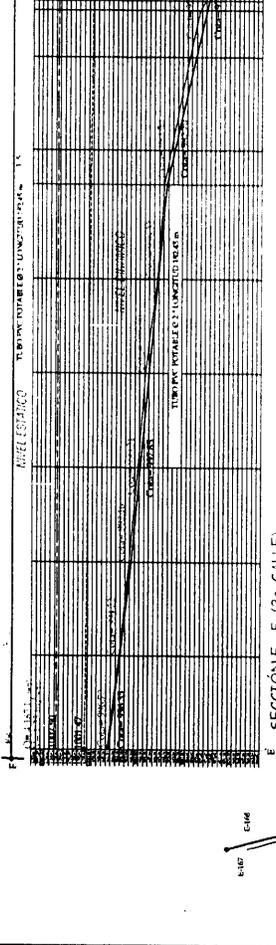
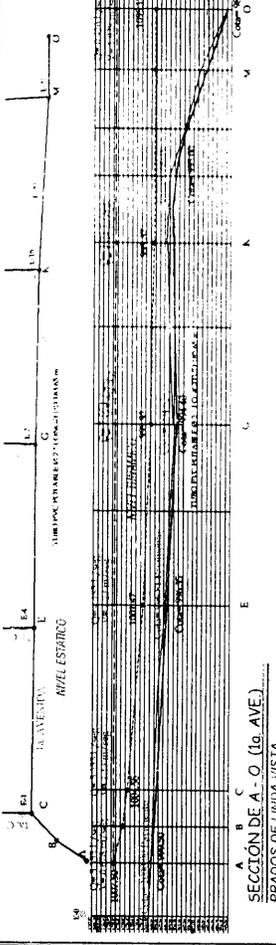
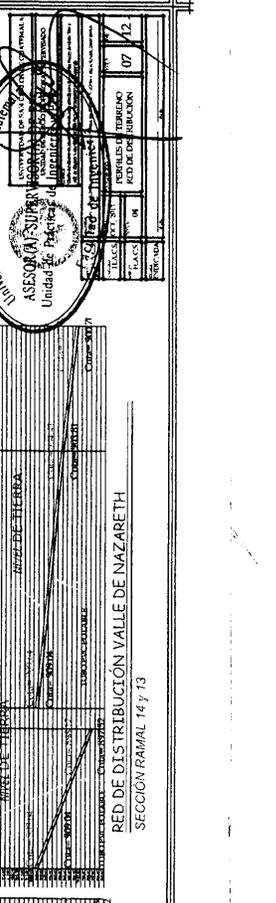
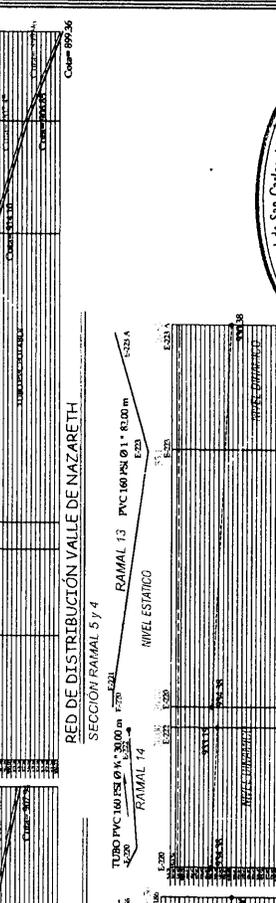
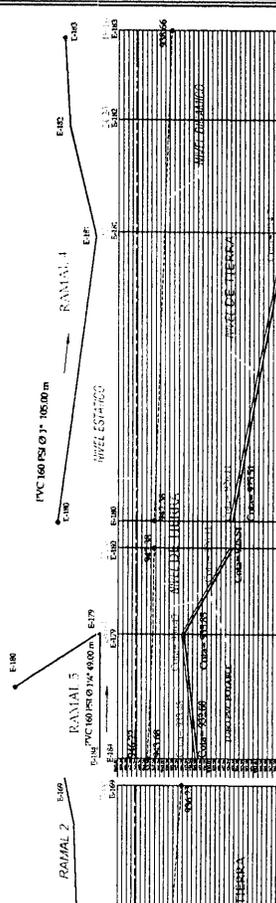
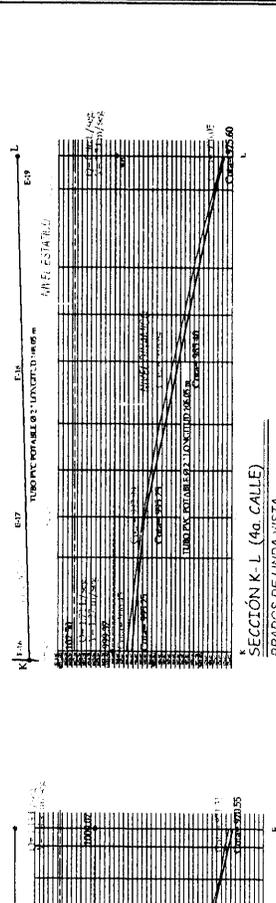
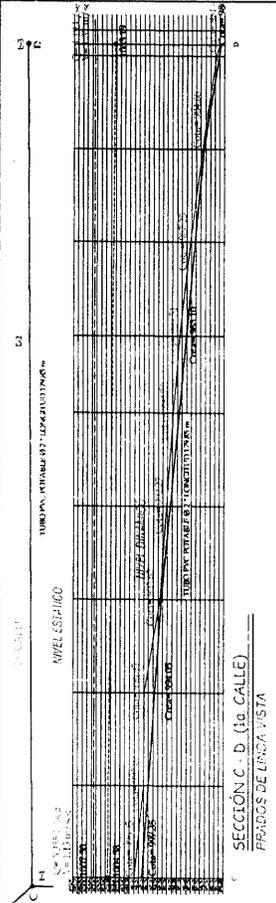
**ASESORIA**  
Unidad Ejecutiva de Ingeniería y Arquitectura

**PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA REDE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA DE PRADOS DE LINDA VISTA**

**ESTUDIO PRELIMINAR**

**06**

**PLANTA DE TUBERÍAS Y DOMICILIARES PRADOS DE LINDA VISTA**



RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 1  
RAMAL 1  
PVC 100 PSI Ø 110.00 m  
NIVEL ESTÁTICO  
Cota = 500.70

RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 2  
RAMAL 2  
PVC 100 PSI Ø 120.00 m  
NIVEL ESTÁTICO  
Cota = 500.70

RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 3  
RAMAL 3  
PVC 100 PSI Ø 120.00 m  
NIVEL ESTÁTICO  
Cota = 500.70

RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 4  
RAMAL 4  
PVC 100 PSI Ø 120.00 m  
NIVEL ESTÁTICO  
Cota = 500.70

RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 5  
RAMAL 5  
PVC 100 PSI Ø 120.00 m  
NIVEL ESTÁTICO  
Cota = 500.70

RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 6  
RAMAL 6  
PVC 100 PSI Ø 120.00 m  
NIVEL ESTÁTICO  
Cota = 500.70

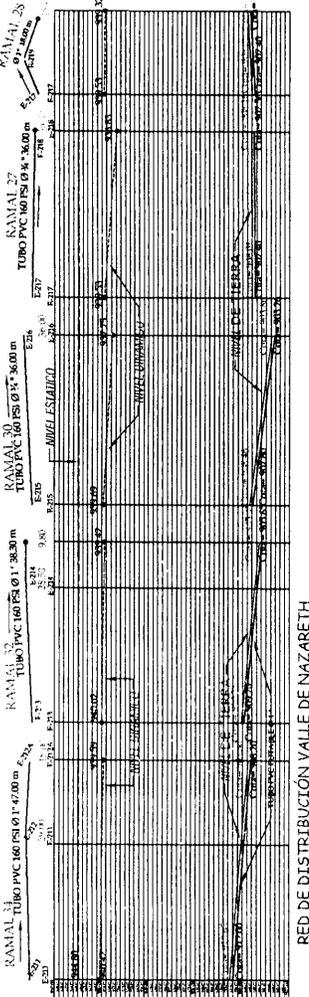
RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 7  
RAMAL 7  
PVC 100 PSI Ø 120.00 m  
NIVEL ESTÁTICO  
Cota = 500.70

RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 8  
RAMAL 8  
PVC 100 PSI Ø 120.00 m  
NIVEL ESTÁTICO  
Cota = 500.70

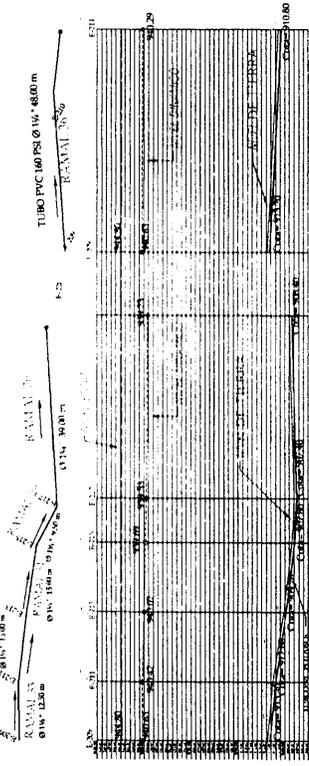
RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 9  
RAMAL 9  
PVC 100 PSI Ø 120.00 m  
NIVEL ESTÁTICO  
Cota = 500.70

RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 10  
RAMAL 10  
PVC 100 PSI Ø 120.00 m  
NIVEL ESTÁTICO  
Cota = 500.70

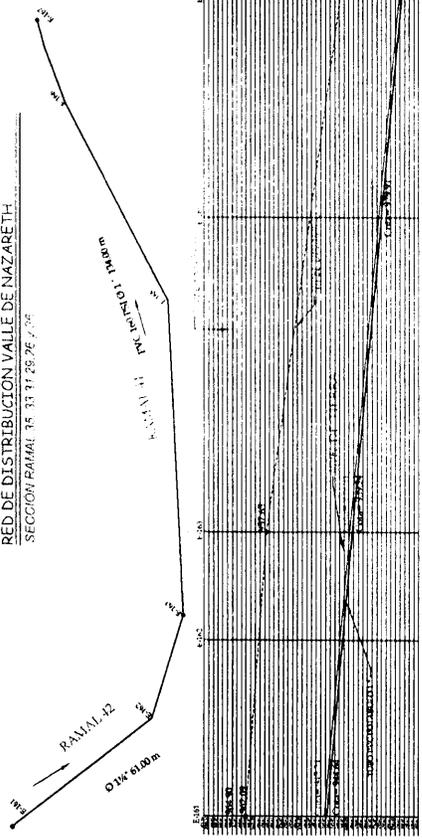




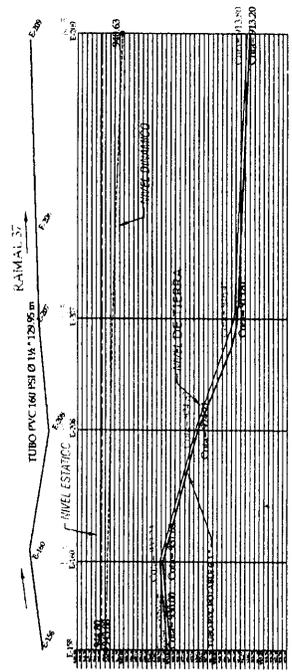
RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 27 Y 28



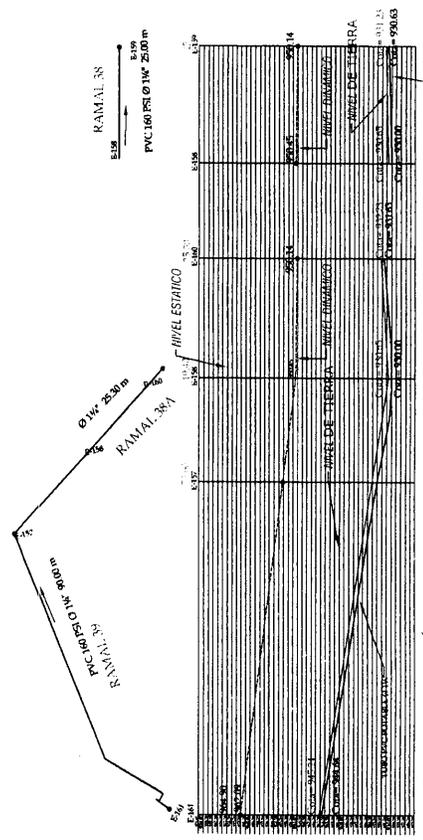
RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 29 Y 30



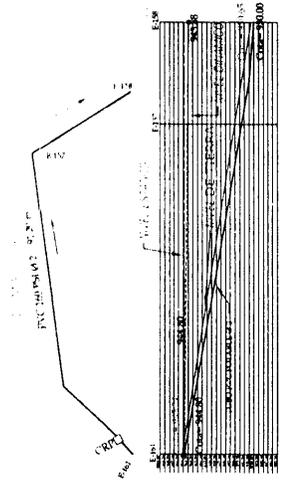
RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 31 Y 32



RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 33 Y 34



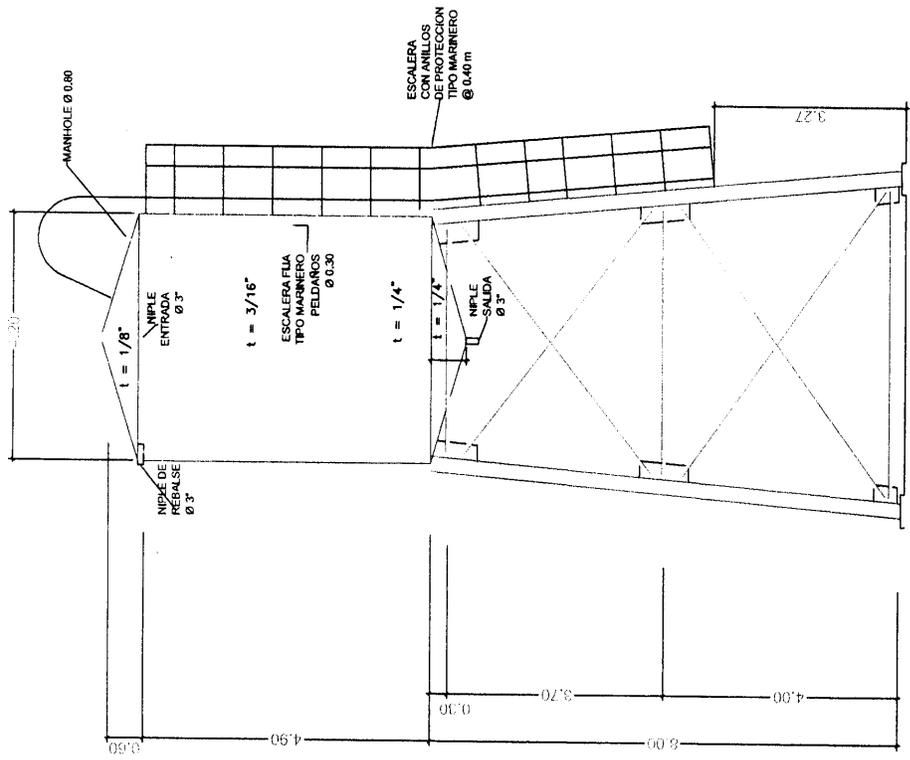
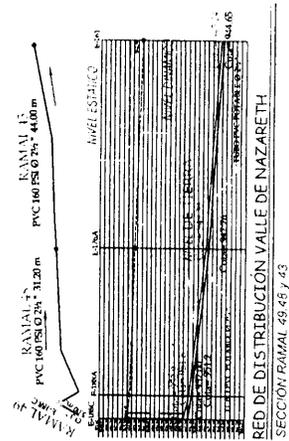
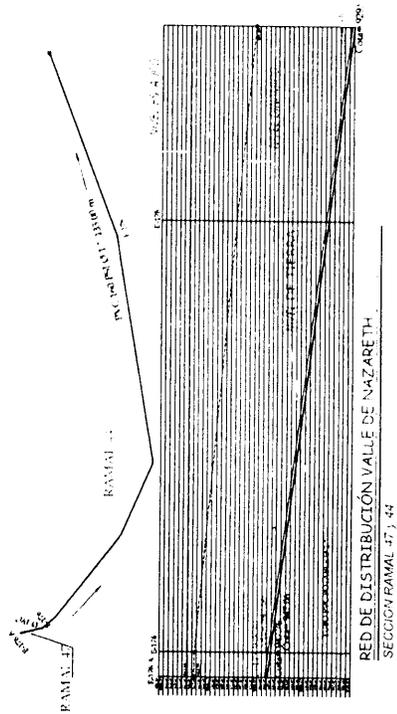
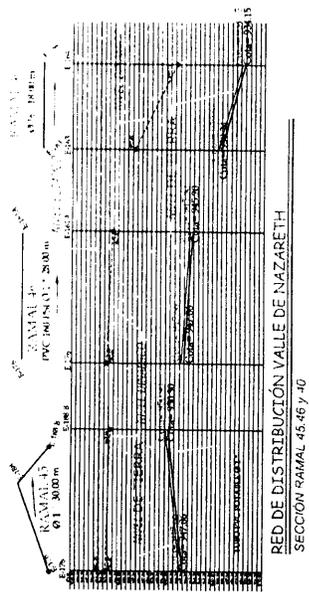
RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 35 Y 36



RED DE DISTRIBUCIÓN VALLE DE NAZARETH  
SECCIÓN RAMAL 37 Y 38

Municipalidad de San Carlos de Guacaja  
 Asesoría de Ingeniería y Arquitectura  
 Oficina de Ingeniería y Arquitectura

PROYECTO	REDES DE DISTRIBUCIÓN
FECHA	09/12
ELABORADO POR	
REVISADO POR	
APROBADO POR	



**ELEVACION TANQUE Y TORRE**

TANQUE II. PRADOS DE LINDA VISTA

Universidad de San Carlos de Guatemala

ASESORIA TÉCNICA Y CONSULTORÍA S.A.S. Unidad de Prácticas

PROYECTO: DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

FECHA: 10/12/2010

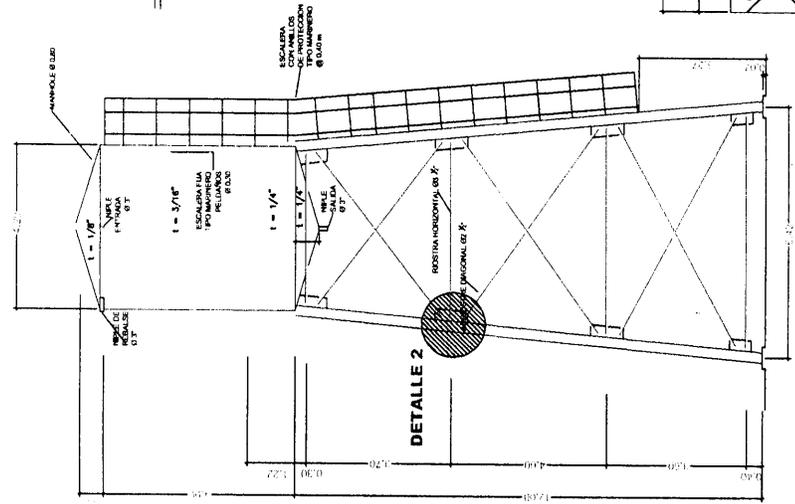
PROFESOR: YANIS FREYRE

ESTUDIANTE: YANIS FREYRE

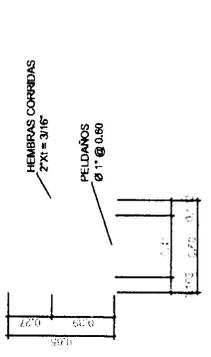
GRUPO: 1012

PROFESOR: YANIS FREYRE

ESTUDIANTE: YANIS FREYRE

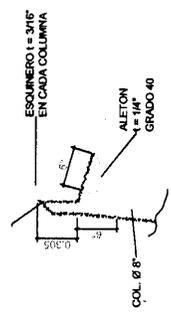


**ELEVACION TANQUE Y TORRE**  
TANQUE I, VALLE DE NAZARETH

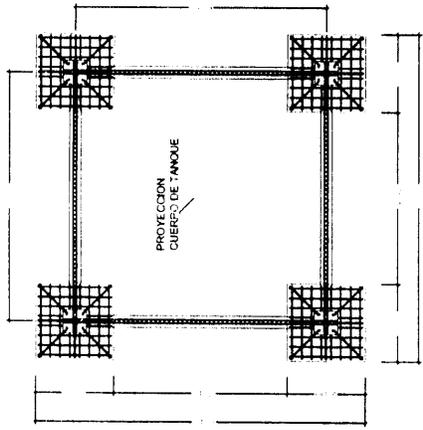


**DETALLE DE MANHOLE**

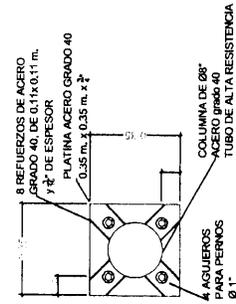
**DETALLE ESCALERA CON ANILLOS DE PROTECCION @ 24" PELDAÑOS @ 12"**



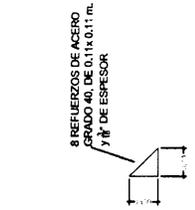
**DETALLE DE JUNTA CON TANQUE**



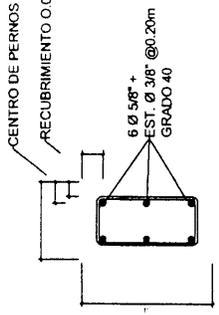
**PLANTA DE CIMENTACION**



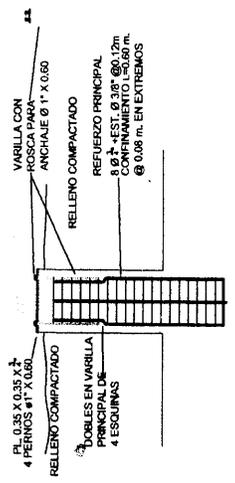
**DETALLE DE PLATINO DE APOYO**



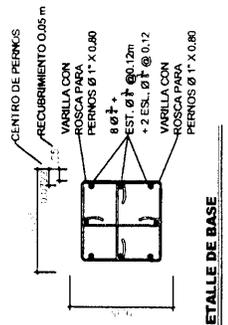
**DETALLE DE REFUERZO**



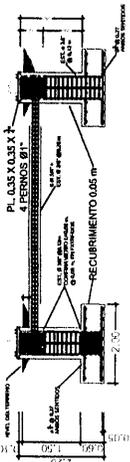
**DETALLE DE VIGA CONECTORA**



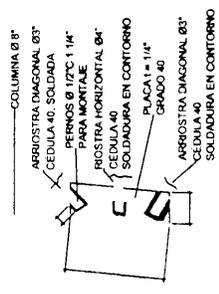
**ELEVACION DE BASE**



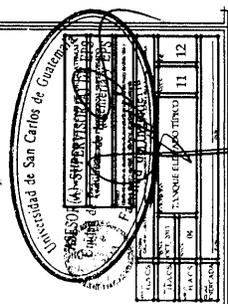
**DETALLE DE BASE**

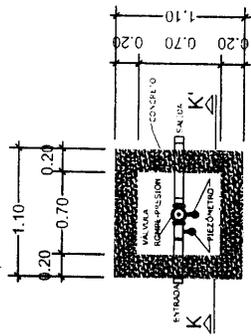


**DETALLE DE CIMENTACION**

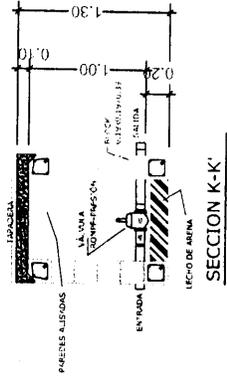


**DETALLE 2**

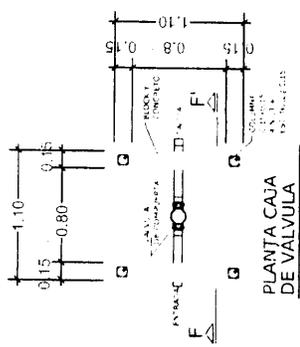




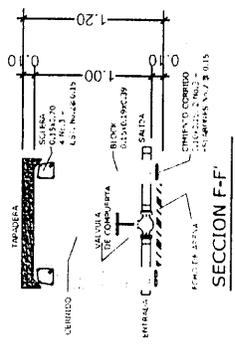
PLANTA CAJA ROMPE-PRESION  
ESCALA 1:20



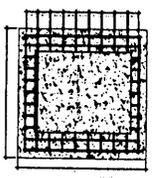
SECCION K-K'  
ESCALA 1:20



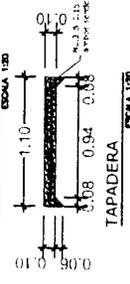
PLANTA CAJA DE VALVULA  
ESCALA 1:20



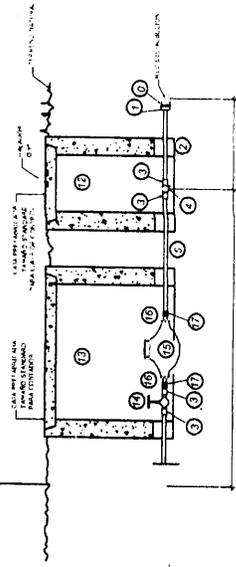
SECCION F-F'  
ESCALA 1:20



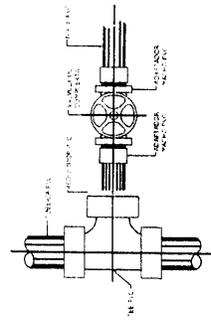
ARMADO/TAPADERA  
ESCALA 1:20



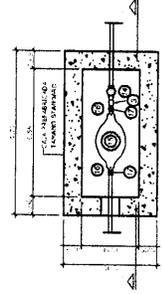
TAPADERA  
ESCALA 1:20



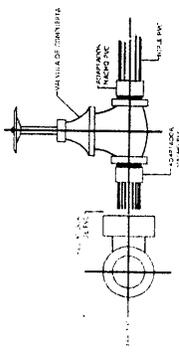
CONEXION DOMICILIAR TIPICA  
EN ESCALA



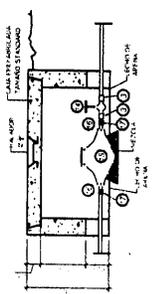
DETALLE CAJA PREFABRICADA TAMAÑO STANDARD (PLANTA)  
ESCALA 1:100



DETALLE CAJA PREFABRICADA TAMAÑO STANDARD (SECCION)  
ESCALA 1:100



ELEVACION VALVULA DE COMPUERTA (PARA TUBERIA PVC)  
EN ESCALA



ELEVACION VALVULA DE COMPUERTA (PARA TUBERIA PVC)  
EN ESCALA

- El concreto utilizado se deberá hacer de la siguiente manera:
- El cemento debe ser tipo I.
- El agregado debe ser tipo II.
- El concreto será en proporción 1:2:3.
- Se trabajará en el terreno con un nivel de compactación 1:2.
- El agregado debe ser de tipo II, con un máximo de 1.5 cm.
- El agregado debe ser de tipo II, con un máximo de 1.5 cm.
- El agregado debe ser de tipo II, con un máximo de 1.5 cm.
- El agregado debe ser de tipo II, con un máximo de 1.5 cm.
- El agregado debe ser de tipo II, con un máximo de 1.5 cm.
- El agregado debe ser de tipo II, con un máximo de 1.5 cm.

NOTA

Los accesorios y materiales siguientes, descritos en la referencia de materiales para los detalles, deben ser suministrados por los fabricantes para el detalle que figura:

1. VALVULA DE COMPUERTA PARA TUBERIA PVC 1/2"
2. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PVC 1/2"
3. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PVC 1/2"
4. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PVC 1/2"
5. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PVC 1/2"
6. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PVC 1/2"
7. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PVC 1/2"
8. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PVC 1/2"
9. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PVC 1/2"
10. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PVC 1/2"
11. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PVC 1/2"

REFERENCIA DE MATERIALES

1. ARMADURA PARA CONCRETO
2. VALVULA DE COMPUERTA PARA TUBERIA PRECASTADA A 1/2"
3. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PRECASTADA A 1/2"
4. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PRECASTADA A 1/2"
5. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PRECASTADA A 1/2"
6. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PRECASTADA A 1/2"
7. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PRECASTADA A 1/2"
8. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PRECASTADA A 1/2"
9. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PRECASTADA A 1/2"
10. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PRECASTADA A 1/2"
11. VALVULA ROMPE-PRESION PARA TUBERIA PRECASTADA A 1/2"

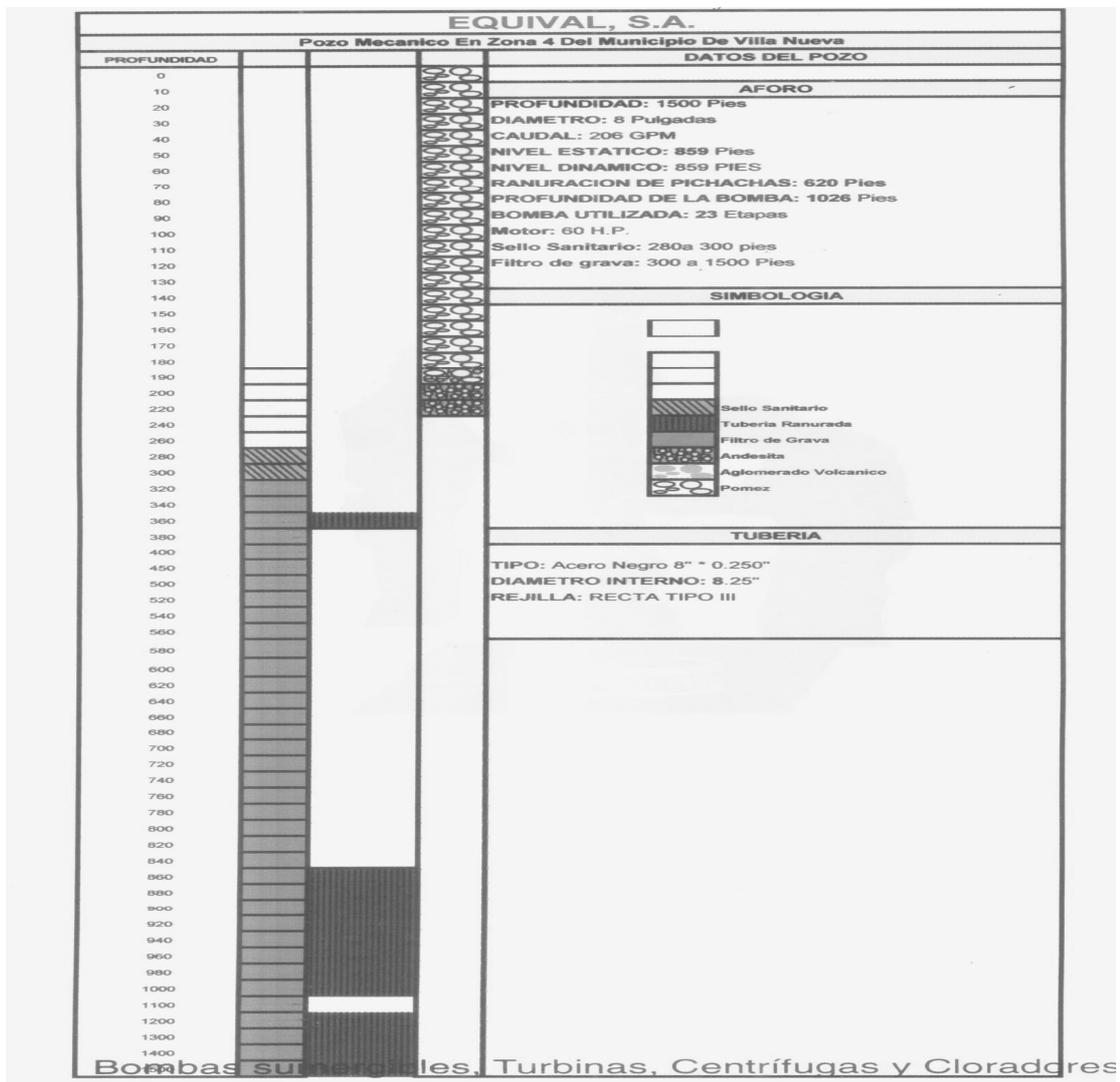
Universidad de San Carlos de Guatemala

ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

FECHA	12	12
TITULO	DETALLE DE CONEXIONES Y CUBIERTAS	
CLASE	08	
PROFESOR		

# ANEXOS

## Anexo 1. Perfil estratigráfico del pozo la paz



Fuente: EQUIVAL, SA..

## Anexo 2. Resultado de análisis de laboratorio

### Anexo 2a. Análisis fisicoquímico



# EQUIPOS Y VALVULAS, S.A.

Oficinas Centrales: 14 Avenida 26-05, Zona 12

Teléfonos: 2442-3534 •

Telefax: 2476-7128 • 2476-7129

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	MÉTODO DE ANÁLISIS
PH	UNIDADES DE PH	7.0	7.0-7.5	6.5-8.5	<sup>1</sup> BMEWW 4500-H
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	µSIEMENS/CM	342	-	<1,500	ELECTROQUÍMICO
BALINIDAD	g/L	0.016	-	-	<sup>2</sup> HWAH 10073
TEMPERATURA	°C	-	15-25°C	34°C	BMEWW 2550-B
COLOR	UNIDADES PT-CO	0	5.0	35.0	HWAH 8025
APARIENCIA	VISUAL	CRISTALINA	-	-	BMEWW 2010
TURBIDEZ	UNT	0.38	5.0	15.0	HWAH 8237
COLOR RESIDUAL	MG/L	-	0.5	1.0	HWAH 10069
HIERRO TOTAL	MG/L	0.09	0.1	1.0	BMEWW 3500 FE D
MANGANESO	MG/L	0.022	0.05	0.5	HWAH 8034
NITRITOS	MG/L	0.003	-	1.0	HWAH 8507
SULFATOS	MG/L	1	100.0	250.0	HWAH 8051
NITRATOS (COMO NITRÓGENO)	MG/L	0.9	-	10.0	HWAH 8039
FOSFATOS	MG/L	1.13	-	-	HWAH 8048
FLÚOR	MG/L	0.14	-	1.700	HWAH 8029
SODIO	MG/L	6.34	-	-	HWAH 8206-1
SÍLICE (SiO <sub>2</sub> )	MG/L	22	-	-	HWAH 8185
DUREZA TOTAL	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	246	100.0	500.0	BMEWW 2340 C
CALCIO	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	129	75.0	150.0	BMEWW 3500 CA D
MAGNESIO	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	117	50.0	100.0	BMEWW 3500 MG E
CLORURO	MG/L	10	100.0	250.0	HWAH 8205
DIÓXIDO DE CARBONO	MG/L	43	-	-	HWAH 8205
POTASIO	MG/L	3.5	-	-	HWAH 8049
ALCALINIDAD POR BICARBONATOS	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	133	-	-	HWAH 8204
ALCALINIDAD POR CARBONATOS	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	0	-	-	HWAH 8204
ALCALINIDAD POR HIDRÓXIDOS	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	0	-	-	HWAH 8204
ALCALINIDAD TOTAL	MG/L (CaCO <sub>3</sub> )	133	-	-	HWAH 8204
TOTAL SÓLIDOS DISUELTOS (TDS)	MG/L	170	500.0	1000.0	ELECTROQUÍMICO
TANINOS	MG/L	0	-	-	HWAH 8193

<sup>1</sup> = STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 19TH EDITION, 1997.  
<sup>2</sup> = HARD WATER ANALYSIS HANDBOOK  
 UNT = UNIDADES NEFELOMÉTRICAS DE TURBIDEZ  
 mg/L = MILIGRAMOS POR LITRO (PPM)  
 - = NO ESPECIFICADO EN LA NORMA  
 LÍMITES MÁXIMO ACEPTABLE Y MÁXIMO PERMISIBLE DE ACUERDO CON LA NORMA GUATEMALTECA OSGUANDR N80 29 001 99 PARA AGUA POTABLE

*Sarah Crespo Cardona*  
 IQ SARAH CRESPO CARDONA  
 COLEGIADO 1289

*Morlon de Cepol*  
 OF. INGENIERIA DE CONTROL  
 COLEGIADO 7021

Fuente: EQUIVAL, SA..

Anexo 2b. Análisis bacteriológico



EMPRESA **MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA**  
 MUESTRA DE: AGUA  
 ANALISIS SOLICITADO: Bacteriológico  
 FECHA DE MUESTREO: 18/09/2012  
 SERVICIO MENSUAL CORRESPONDIENTE  
 AL MES DE SEPTIEMBRE DEL 2012

**RESULTADO DE ANALISIS**

NOMBRE DEL POZO O SISTEMA	LA PAZ
DIRECCION DE TOMA DE MUESTRA	1ra. Calle lote 27 Manzana A1 Colonia la paz
COLOR RESIDUAL PPM	0.84
RECUENTO AEROBICO TOTAL	38 UFC/ml
COLIFORMES TOTALES	<2 NMP / 100 ml
ASLAMIENTO	NEGATIVO

Especificaciones para agua potable según COGUANOR

RECUENTO AEROBICO TOTAL	< 500 UFC/ml
COLIFORMES TOTALES	<2 NMP / 100 ml

NOTA:

1.- Muestra captada por Personal de PROCHEINSA.

Los resultados obtenidos en la muestra si cumplen con los parametros bacteriológicos establecidos en la norma Coguanor 29001 para agua potable.

MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  
 DEPARTAMENTO DE AGUAS  
  
 Lic. Anibal Ventura M.  
 QUÍMICO BIÓLOGO  
 Colegiado No. 1.701  
 HORA: 05 OCT 2012  
 FIRMA:

ANALISIS Y TRATAMIENTO DE AGUA \* HIPOCLORITO DE SODIO \*ASESORIA QUIMICA INDUSTRIAL

10 Calle 12-32 Zona 8 de Mixco Granjas de San Cristóbal \* PBX: 2382-0900\* Fax: 2382-0940  
 E-mail: información@procheinsa.com y www.procheinsa.com

Fuente: PROCHEINSA.