

Facultad de Tecnología de la Construcción

**“DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA EL
REPARTO VILLA ESPERANZA,
ENTRE LOS SECTORES DE
ESQUIPULAS Y SABANA GRANDE,
DEL DISTRITO VII DEL MUNICIPIO
DE MANAGUA DEL
DEPARTAMENTO DE MANAGUA”**

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero civil

Elaborado por:

Tutor:

Br. Rómulo Eugenio
Trejos Meneses
Carnet: 2018-1250U

Br. Esteban Jesús
Cajina Rugama
Carnet: 2002-14172

Br. Alfredo Antonio
Aburto González
Carnet: 99-11322-4

Ing. José Ángel Ponce
Blanco



Universidad
Nacional de
Ingeniería

Agradecimiento

A Dios Nuestro Rey, que no ha ayudado en todo momento a cada uno de nosotros, a darnos la sabiduría, la inteligencia y la ayuda para culminar y alcanzar nuestra meta de graduarnos de Ingenieros Civiles.

A nuestros seres queridos, nuestros padres, hermanos, hermanas y demás seres que sentimos; por los diversos apoyos que nos han apoyado, por los consejos y cariños el cual han aportado a llegar a cumplir esta meta que tanto hemos deseado.

Agradecemos a nuestro tutor, **Ingeniero José Ángel Ponce Blanco**, por ser nuestro guía en este transcurso que hemos finalizado, por su tiempo y sus vastos conocimientos brindados que hicieron posible culminar este presente trabajo.

Al **Ingeniero Cesar Augusto Gómez**, por ayudarnos y apoyarnos en todo, por sus palabras de motivación en cada momento que las necesitábamos y su apoyo en este trabajo Monográfico Presente.

Y agradecemos también a todas aquellas personas que de una u otra manera aportaron e hicieron posible la culminación de nuestros estudios Profesionales.

RÓMULO EUGENIO TREJOS MENESES

ESTEBAN JESÚS CAJINA RUGAMA

Dedicatoria

Dedico primeramente este trabajo Monográfico a Dios ya que él ha sido mi gran ayuda en todos los momentos de mi vida universitaria el cual me ayudo a superar cada obstáculo de esta larga carrera, el llegar a mis metas a cumplirlas con ayuda de él, guiarme en los caminos de la educación desde Preescolar hasta la Universidad.

A mi Hermosa Madre Sonia del Carmen Meneses López, el cual ha sido mi fuente de inspiración en ser mejor cada día, esforzarme, luchar y cumplir mis metas deseadas, doy gracias a ella por ayudarme siempre en todos los momentos buenos y malos de mi vida y confiar en mí siempre.

A mis Abuelos José Eugenio Meneses Flores y Yolanda del Carmen López Gaitán, hombre y mujer de valor, fuente de inspiración en mi vida, le doy gracias a ellos por los grandes consejos que me han dado para seguir adelante, a mi abuelito por los consejos de estudiar siempre y seguir en pie a no desmayar nunca en esta vida, ver hacia adelante siempre y nunca hacia atrás, a mi abuelita que siempre estará para mí en las que sea, esos regaños que me enseñaron a forjarme en el joven que soy en este momento.

A mis hermanas, Tania de los Ángeles Saballos Meneses y Cynthia Carolina Saballos Meneses, dedico esta monografía a ellas el cual son ejemplos a seguir, mujeres de bien, mujeres luchadoras que no se detienen para nada en seguir adelante.

A mis sobrinos, Luis Carlos Carranza Saballos, Isabella Carolina Duarte Saballos y Oliver David Morales Saballos, que se así como yo estoy logrando esto, también ellos lo podrán hacer.

A mi Novia, que es y será siempre mi inspiración en seguir adelante, mi mano derecha, que así como yo estoy cumpliendo esta meta, ella igualmente lograra también esta meta.

RÓMULO EUGENIO TREJOS MENESES

Índice

I. Generalidades	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General:	4
1.4.2 Objetivos Específicos:	4
1.5 Alcance y Limitaciones	5
1.5.1 Alcance.....	5
1.5.2 Limitaciones	5
II. Descripción del Reparto.....	6
2.1 Macro localización.....	6
2.1.1 Micro localización	7
III. Marco Teórico y Criterios de diseño.....	8
3.1. Población de diseño	8
3.2 Demanda Y Consumo	9
3.2.1 Tipos de consumo	10
3.2.2 Clasificación de los barrios.....	11
3.2.3 Consumo comercial, industrial y público	12
3.2.4 Agua para incendios.....	13
3.3 Factores de máxima demanda	14
3.3.1 Demanda promedio diario	14
3.3.2 Pérdidas del sistema	14
3.4 Calidad del Agua	14
3.4.1 Generalidades	14
3.5. Periodos de Diseño	16
3.5.1 Velocidades Permisibles	17
3.5.2 Presiones máximas y mínimas.....	17

3.5.3	Diámetro mínimo	17
3.5.4	Cobertura de tuberías.....	18
3.6	Análisis Hidráulico	18
3.6.1	Coefficiente de Capacidad Hidráulica	19
3.6.2	Diámetro económico.....	19
3.6.3	Perdidas dentro del pozo.....	20
3.6.4	Velocidad de diseño	20
3.6.5	Golpe de ariete.....	21
3.7	Volumen del tanque de almacenamiento	23
3.7.1	Generalidades	23
3.7.2	Capacidad mínima	24
3.8	Agua Potable.....	24
3.8.1	Generalidades	24
3.8.2	Sistema para Agua Potable.....	25
3.8.3	Fuente de abastecimiento	25
3.8.4	Pozos	26
3.8.5	Tipos de pozos	28
3.8.6	Estación de bombeo.....	29
3.8.7	Capacidad y características de las estaciones.....	29
3.8.8	Elementos de la estación de bombeo	30
3.8.9	Ubicación de la estación.....	31
3.8.10	Caseta de control	31
3.8.11	Fundaciones del equipo de bombeo	31
3.8.12	Equipos de bombeo.....	31
3.9	Líneas de conducción.....	33
3.9.1	Clases de líneas de conducción.....	33
3.9.2	Líneas de conducción por gravedad	33
3.9.3	Líneas de conducción por bombeo	34
3.9.4	Materiales de tuberías en las líneas de conducción.....	34
3.9.5	Breve definición de normas	34
3.10	Accesorios.....	35
3.10.1	Válvulas de pase	35

3.10.2 Válvulas de limpieza.....	35
3.10.3 Válvulas reductoras de presión y cajas rompe presión	35
3.10.4 Válvulas de seccionamiento	36
3.10.5 Registros	36
3.10.6 Almacenamiento.....	36
3.11 Tipos de tanques.....	36
3.11.1 Tanques sobre el suelo	36
3.11.2 Tanques elevados	37
3.12 Red de distribución.....	38
3.12.1 Funciones de la red de distribución.....	38
3.12.2 Tipos de red	38
VI. Diseño Metodológico	39
4.1 Generalidades	39
4.1.2 Consumo Máximo Día	40
4.1.3 Consumo Promedio Diario	40
4.1.4 Perdidas por fricción en el sistema.....	41
4.1.5 Ecuación de Hazen Williams	41
4.2 Carga Total Dinámica.....	42
4.2.1 Potencia Hidráulica de la Bomba	42
4.2.2 Potencia eficiente del equipo de Bombeo	42
4.2.3 Periodo de propagación de onda de presión en la tubería.....	43
4.2.4 Celeridad	43
4.2.5 Tiempo de parada	44
4.2.6 Sobrepresión	44
4.2.7 Respaldo volumétrico (almacenamiento)	45
4.3 Procedimientos teórico prácticos.....	46
V. Análisis e Interpretación de Resultados.....	47
5.1 Infraestructura Socioeconómica	47
5.1.1 Vías de Acceso	47
5.1.2 Transporte	48
5.1.3 Energía Eléctrica.....	48
5.1.4 Telecomunicaciones.....	48

5.1.5 Agua Potable y Alcantarillado.....	48
5.2 Servicios Municipales	49
5.2.1 Recolección de Residuos Sólidos	49
5.2.2 Mercado	49
5.2.3 Cementerio.....	49
5.3 Criterios de Diseño.....	50
5.4 Estudio de Población y Consumo.....	50
5.4.1 Proyección de Población.....	50
5.4.2 Método de Cálculo para proyectar población	50
5.5 Dotaciones y Demanda de Agua para Consumo	51
5.5.1 Dotaciones	51
5.5.2 Consumo Domestico	51
5.5.3 Consumo Comercial Industrial y Público.....	52
5.6 DISEÑO DE LA RED.....	52
5.6.1 Velocidades permisibles.....	52
5.6.2 Presiones mínimas y máximas.....	52
5.6.3 Diámetro mínimo	52
5.6.4 Cobertura sobre tuberías.....	53
5.6.5 Resistencia de la tubería y su material.....	53
5.6.6 Dimensionamiento de las redes	53
5.6.7 Líneas de Conducción y sus velocidades.....	54
5.6.8 Red de Distribución	54
5.7 Memoria de Cálculos.....	55
5.7.1 Estudio de población y consumo.....	55
5.7.1.1 Proyección de la población.....	55
5.7.2 Dotaciones y Demanda de Agua para Consumo.	55
5.7.2.1 Dotación.	55
5.7.2.2 Caudales Especiales	56
5.7.3 Consumo Promedio Diario	56
5.7.4 Fuente de abastecimiento	58
5.7.5 Estación de Bombeo	58
5.8 Descripción del Sistema Propuesto.....	59

5.8.1 Longitudes de tuberías y costo del proyecto	59
5.8.2 Trazado de la Red	60
5.8.3 Resultado del modelamiento Hidráulico de la Red	61
5.8.4 Comportamiento de las tuberías y criterios de las velocidades en las redes	63
VI. Conclusiones y Recomendaciones	65
6.1 Conclusiones	65
6.2 Recomendaciones	66
BIBLIOGRAFIA	67
Anexos	1
Análisis Hidráulico	1
A.1 Análisis Hidráulico de las líneas de Red	1
A.2 Análisis Hidráulico de los nodos de la red de Distribución	5
A.3 Análisis Hidráulico sin consumo	11
B. Costos de Inversión	21
C. Planos	22
C.1 Lotificación por Manzanas	22
C.2 Lotificación con curvas de Nivel	23
C.3 Nodos de la lotificación	24

I. Generalidades

1.1 Introducción

Para el hombre la necesidad de utilizar el agua es tan antigua como su propia existencia y por consiguiente, desde sus inicios tuvo la preocupación por conocer sus características, sus orígenes, su dinámica y sus diferentes aplicaciones. En América, al igual que en las antiguas culturas europeas y asiáticas, las poblaciones también se desarrollaron a orillas de ríos y lagos.

En el departamento de Managua que es la capital de nuestro país Nicaragua actualmente se ha venido presentando un desarrollo muy grande y sustancial, en los últimos años ha sido a nivel económico, cultural, social, educativo y comercial, esto debido a los distintos proyectos desarrollados en las zonas o distritos de la capital, los cuales son de vital importancia para beneficio de toda la ciudad.

En esta monografía se va realizar la propuesta de Abastecimiento de agua potable para el Reparto Villa Esperanza actualmente es una asentamiento espontaneo y progresivo ubicado en la periferia Sur Este de Managua en una comunidad llamada Camino del Rio; con esta propuesta se pretende garantizar el 100 % de abastecimiento del agua potable a los lotes de este asentamiento y así cumplir con uno de los requerimientos de la Alcaldía de Managua el cual es garantizar el vital líquido a todos los habitantes de la ciudad capital.

Para este diseño se van a considerar todos los elementos que se necesitan para el abastecimiento del agua ya que no se utilizará punto de acople a la red existente, si no que se propondrá un sistema autónomo, fuente-red, pero que también tenga comunicación con la red en caso de que se llegara a necesitar por alguna eventualidad.

1.2 Antecedentes

En la comunidad Camino del Rio donde está ubicado el asentamiento del Reparto Villa Esperanza, se sitúa al lado Oeste al campo de Golf del Country Club ubicados entre los sectores de Esquipulas y Sabana Grande que históricamente estos terrenos han sido fincas en las cuales se dedicaban a la agricultura y están situadas aledañas al casco urbano de Managua, esta situación del tipo de uso de suelos se comportó de la misma manera hasta el año 2,000 y desde entonces estas fincas se han venido lotificando siendo hoy en día uno de los mayores sectores de crecimiento poblacional y popular de familias con escasos recursos de nuestra capital.

En el caso específico de la comunidad del Camino del Rio que históricamente se dedicaba a la agricultura y ganadería se lotifico de manera espontánea, de esta situación nace la necesidad en el asentamiento de conformar una comunidad con mejores condiciones en servicios básicos, y la iniciativa de las mejoras de los terrenos y sus respectivas propiedades es con visión del futuro de las familias nicaragüenses.

Los asentamientos iniciaron operaciones entre los años 2014 al 2016 y actualmente se ha decidido dar solución a las problemáticas existentes y así proveer las condiciones mínimas habitacionales que se deben de cumplir en las lotificaciones.

1.3 Justificación

La red de abastecimiento de agua potable es de vital importancia para cualquier asentamiento de personas, con esto se desarrolla y se sustenta a la población. En Managua en el Reparto Villa Esperanza, el conjunto de familias ubicadas en dichos asentamientos progresivos carecen del abastecimiento del vital líquido, por estas razones las condiciones de vida y la economía resultan con menos crecimiento por el alto costo que influye en conseguir el agua de uso diario. Actualmente el agua de consumo está siendo abastecida por pipas de carácter privado que tienen altos costos de traslado y entrega, dicho esto hay familias que no pueden pagar los costos en cuestión.

Por estas condiciones es importante que el proyecto de suministro de agua potable a la población del “Reparto Villa Esperanza” sea efectivo para poder suplir las necesidades de la población actual y futura. A la vez estas condiciones inciden en el mejoramiento de la calidad de vida y el nivel de salud de la población.

Con la realización de este proyecto se solucionarán los problemas que se han venido presentando en los asentamientos progresivos y es de vital importancia el apoyo sustancial a las familias de pocos recursos económicos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

- ✓ Diseñar el Sistema de abastecimiento de agua potable entre los sectores de Esquipulas y Sabana Grande para el “Reparto Villa Esperanza” en el distrito 7 del municipio de Managua del departamento de Managua.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Analizar los datos de los censos poblacionales realizados en el país y datos poblacionales de la alcaldía con el fin de calcular una tasa de crecimiento y determinar una población de diseño.
- ✓ Realizar el dimensionamiento de las obras hidráulicas necesarias para determinar la propuesta de abastecimiento de agua potable del asentamiento.
- ✓ Realizar el análisis hidráulico al dimensionamiento propuesto utilizando el software EPANET como herramienta.
- ✓ Elaborar planos constructivos de las redes propuestas.
- ✓ Realizar el presupuesto total de las obras.

1.5 Alcance y Limitaciones

1.5.1 Alcance

Como población meta es un total de 6120 en la urbanización con un total de 1224 lotes para cada familia, en la siguiente se muestra una mayor interpretación las cantidades de Lotes y distribución de la urbanización.

Tabla # 1 Proyección de lotes

LOTIFICACIÓN	N° DE LOTES	DENSIDAD POBLACIONAL	N° DE HABITANTES
VILLA ESPERANZA	1224	5	6120

Fuente: Información Enacal

1.5.2 Limitaciones

Como principal limitación para la realización del presente trabajo es la falta de análisis de resistencia de suelo en donde se pretende la ubicación del tanque de almacenamiento y la obra de captación.

II. Descripción del Reparto

2.1 Macro localización

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento de Managua en la zona Semi urbana de la parte Sur-Oeste de la capital, en una comunidad llamada camino del Río entre la carretera de Sabana Grande y la carretera de Las Jaguitas y la carretera que une las dos periferias de Managua antes mencionadas.

Imagen #1 Macro localización, Villa Esperanza



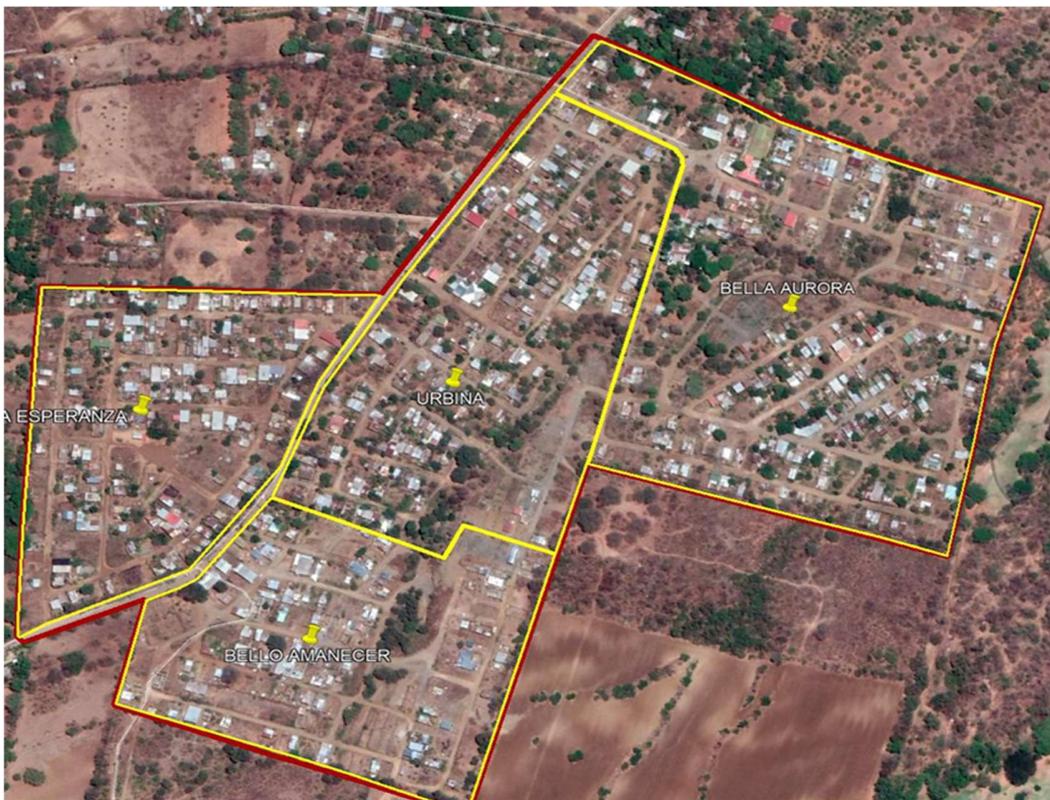
Fuente: Google Earth

1.1.1 Micro localización

La dirección exacta del proyecto, por el lado norte que corresponde al lado urbano de Managua es: Barrio Comandante Aureliano, de la terminal de la ruta 168 450 metros hacia el Sur en la comunidad Camino del Río.

Si entramos por el lado de Las Jaguitas en el lado Semi Urbano de Managua la dirección exacta sería: De las cuatro esquinas de Las Jaguitas 500 metros hacia el Sur, Villa Esperanza.

Imagen #2 Micro localización de Villa esperanza



Fuente: Civil 3D

Tabla #2 Latitud y Longitud Villa Esperanza

Reparto	Ubicación	
	Latitud Norte	Longitud Oeste
Villa Esperanza	13° 5' 20"	86° 20' 31

Fuente: Elaboración Propia

El conjunto de lotificaciones tiene los siguientes límites:

Tabla # 3 Ubicación Villa Esperanza

Reparto	Villa Esperanza
Norte	Barrio Comandante Aureliano y la terminal de la ruta 168.
Sur	Las Jaguitas y las cuatro esquinas.
Este	Propiedades privadas no lotificadas.
Oeste	Campo de Golf, Country club.

Fuente: Elaboración Propia

III. Marco Teórico y Criterios de diseño

3.1. Población de diseño

Las ciudades están en constante crecimiento poblacional, que conlleva mayores demandas a futuro, por eso es necesario poder interpretar el crecimiento de la población ya que esto permite calcular con mayor precisión las demandas de agua potables de un sector de la población tanto inmediata como futura, bajo estos parámetros es como funciona una red de abastecimiento de agua potable, ya que está diseñada para suplir las necesidades de la zona, trabajando de manera eficiente y con un adecuado funcionamiento de sus componentes.

Para hacer los cálculos de las proyecciones de la población se debe de ser consiente de los factores que producen cambios en la población como es el

crecimiento natural (natalidad) y la migración (movimiento poblacional de un lugar a otro).

Para proyectar la población de consumo se realizará por el método de saturación, ya que el sistema se calculará como un sistema de pozo y red cerrada que abastecerá únicamente a las cuatro lotificaciones, para esto se establecerá una densidad poblacional de 5 habitantes por cada lote que se conoce que es el promedio de Managua en las áreas habitacionales ya cuando están saturadas.

$P = N^{\circ} \text{ de viviendas} \times \text{hab} / \text{viviendas}$

P = Población de diseño

3.2 Demanda Y Consumo

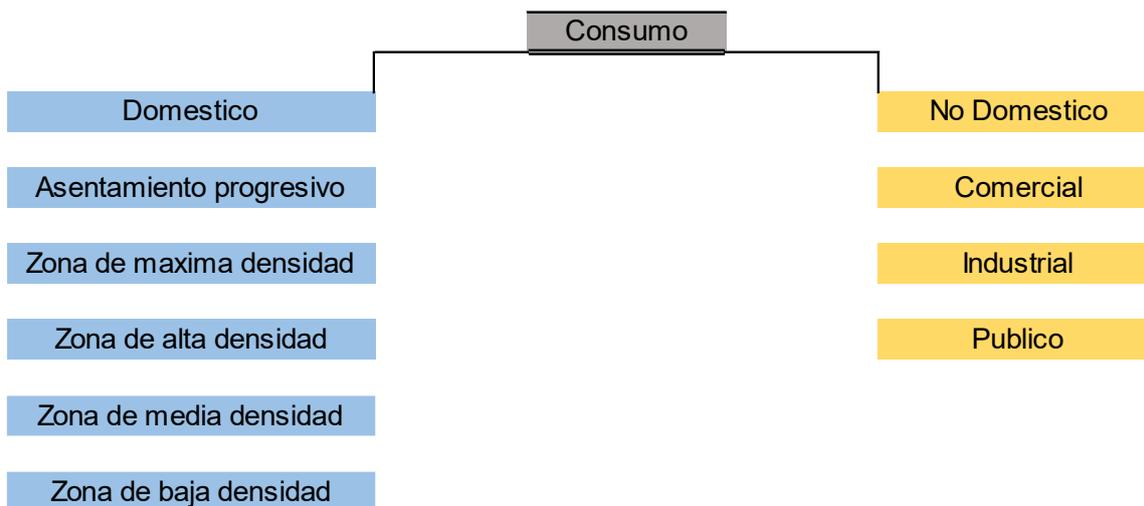
Uno de los parámetros más importantes para poder diseñar la red de abastecimiento de agua potable es el de determinar la cantidad de agua que demanda la población tanto en sus condiciones actuales como a futuro.

El consumo de agua potable es determinado por el tipo de usuario, en donde se dividen en dos grupos principales: consumo doméstico y consumo no doméstico.

Diagrama de consumo de agua potable según el tipo de usuario.

3.2.1 Tipos de consumo

Esquema #01, Fuente: NTON 09-003-99



Para la ciudad de Managua, se usarán las cifras contenidas en la tabla siguiente:

Tabla # 4 Dotaciones de Agua para la ciudad de Managua

DOTACIONES DE AGUA		
CLASIFICACION DE BARRIOS	DOTACION	
	G/hab/día	L/hab/día
Asentamientos progresivos	10	38
Zonas de máxima densidad y de actividades mixtas	45	170
Zonas de alta densidad	40	150
Zonas de media densidad	100	378
Zonas de baja densidad	150	568

Fuente: NTON 09-003-99

3.2.2 Clasificación de los barrios

- Asentamientos progresivos: Son unidades de viviendas construidas con madera y láminas, frecuentemente sobre un basamento de concreto. Estos barrios no tienen conexiones privadas en la red de agua potable, pero se abastecen mediante puestos públicos.

- Zonas de máxima densidad y actividades mixtas: Las viviendas avicinan talleres y pequeñas industrias en un tejido urbano heterogéneo. En términos de superficie, las viviendas ocupan un promedio del 65% del área total del terreno y todas están conectadas a la red de agua potable.

- Zonas de alta densidad: En los núcleos de viviendas de estas zonas se encuentran construcciones de todo tipo, desde la más sencilla hasta casas de alto costo pero en lotes con dimensiones y áreas homogéneas (150 m² a 250 m²). Casi todas las viviendas están conectadas a la red de agua potable.

- Zonas de media densidad: Se trata de viviendas de buen nivel de vida con áreas de lotes que varían entre los 500 m² y 700 m². Todas están conectadas a la red de agua potable.

- Zonas de baja densidad: Son áreas de desarrollo con viviendas de alto costo y de alto nivel de vida construidas en lotes con área mínimas de 1,000 m². Todos conectados a la red de agua potable.

3.2.3 Consumo comercial, industrial y público

Para la ciudad de Managua Se usarán las cifras contenidas en la siguiente tabla:

Tabla # 5 Dotación y Consumo de Villa Esperanza

CONSUMO	DOTACION	
	G/hab/día	L/hab/día
Comercial	25.000	94.625
Público o institucional	De acuerdo a desarrollo de	
Industrial	poblacion	

Fuente: NTON 09-003-99

- ✚ Consumo comercial: Cuando se está en el ámbito de una casa comercial se sabe que el agua principalmente se emplea en inodoros, duchas e instalaciones de higiene personal.
- ✚ Consumo Industrial: En el ámbito industrial el agua tiene múltiples usos, tales como sanitario, transmisión de calor o refrigeración, materia prima, limpieza de instalaciones y en la obras que se usa el vapor de agua para movimiento de turbinas.
- ✚ Consumo público: Este consumo se refiere al de edificios e instalaciones públicas tales como escuelas, hospitales, calles, parques, rotondas entre otros.

3.2.4 Agua para incendios

La cantidad de agua que todo acueducto debe tener disponible para combatir la eventualidad del incendio, estará adecuada a la capacidad del sistema y al rango de la población proyectada ver siguiente.

Tabla # 6 Caudales contra Incendios

CAUDALES CONTRA INCENDIOS							
Rango de Poblacion		CAUDALES				CAUDALES POR TOMA	
		GPM	GPM	LPS	LPS	GPM	LPS
0	5000		No se considera				
5000	10000	80	200	5	13	1 toma de 150	1 toma de 9
10000	15000	200	550	13	35	1 toma de 250	1 toma de 16
15000	20000	350	550	22	35	2 tomas de 250 c/u	2 tomas de 16 c/u
20000	30000	550	1000	35	63	3 tomas de 250c/u	3 tomas de 16 c/u
30000	50000	1000	1500	63	95	2 tomas de 500 c/u	2 tomas de 31 c/u
50000	100000 y mas	1500	y mas	95	y mas	3 tomas de 500 c/u	3 tomas de 31 c/u de acuerdo a la importancia del lugar

Fuente: NTON 09-003-99

Debido a que el agua contra incendios aumenta considerablemente la potencia del equipo de bombeo, los diámetros de conducciones y los costos operativos con los consumos energéticos y esto altera considerablemente los costos de inversión y por ende el costo de los lotes, no se calculará caudales de incendio, pero se dejará una toma pública en el pozo adecuada para que puedan llenar sus pipas los bomberos en caso de suceder algún siniestro de este tipo.

3.3 Factores de máxima demanda

Estas variaciones del consumo estarán expresadas en porcentajes de la demanda promedio diario de la manera siguiente:

- **Demanda del máximo día:** Será igual al 130% de la demanda promedio diaria para la ciudad de Managua. Para las otras localidades del resto del país, este parámetro estará entre el 130% a 150%.

3.3.1 Demanda promedio diario

Es la cantidad de agua que se necesita para satisfacer las necesidades de la población en un día de consumo promedio.

3.3.2 Pérdidas del sistema

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye lo que se conoce con el nombre de fugas y/o desperdicio en el sistema. Dentro del proceso de diseño, esta cantidad de agua se puede expresar como un porcentaje del consumo del día promedio. En el caso de Nicaragua, el porcentaje se fijará en un 20%.

3.4 Calidad del Agua

3.4.1 Generalidades

Como Ingenieros, proyectistas y profesionales responsables debemos preservar la calidad del agua, previniendo contaminantes del tipo doméstico e industrial, para esto es necesario presentar recomendaciones para preservar la calidad del agua en sus óptimas condiciones.

Tabla # 7 Parámetros Físico - Químicos

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración Iones hidrógeno	Valor Ph	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	us/cm	400	
Dureza	mg/L Ca CO ₃	400	
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/L CaCO ₃	100	
Cobre	mg/L	1	2
Magnesio	mg/L MgCO ₃	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sol. Tot. Dis.	mg/L		1000
Zinc	mg/L		3

Fuente: NTON 09-003-99

- a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en las tuberías.
- b) Cloro residual libre.
- c) 5 mg/L en casos especiales para proteger a la población de brotes epidémicos.

3.5. Periodos de Diseño

Cuando se trata de diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, es obligatorio fijar la vida útil de todos los componentes del sistema; debe definirse hasta qué punto estos componentes pueden satisfacer las necesidades futuras de la localidad; qué partes deben considerarse a construirse en forma inmediata, y cuáles serán las previsiones que deben de tomarse en cuenta para incorporar nuevas construcciones al sistema. Para lograr esto en forma económica, es necesario fijar los períodos de diseño para cada componente del sistema. El contenido de la tabla siguiente debe considerarse normativo para estos aspectos.

Tabla # 8 Periodo de Diseño Económico para la estructura de los sistemas

Presas, ductos grandes	Difíciles y costosos de agrandar	25 a 50
Pozos, tanques, equipos de bombeo, plantas de potabilización.	a) Fáciles de ampliar cuando el crecimiento y las tasas de interés son bajas. Menor de 3% anual.	20 a 25
	b) Cuando el crecimiento y las tasas de interés son altas. Mayor del 3% anual	10 a 15
Tuberías mayores de 12" de diámetro.	Reemplazar tuberías pequeñas es más costoso a largo plazo.	20 a 25
Laterales y tuberías secundarias menores de 12" de diámetro.	Los requerimientos pueden cambiar rápidamente en áreas limitadas.	Para el desarrollo completo.

Fuente: NTON 09-003-99

3.5.1 Velocidades Permisibles

Se permitirán velocidades de flujo de 0.6 m/s a 2.00 m/s. De acuerdo a la topografía del terreno al usar la tubería de conducción se puede hacer análisis hidráulico de la tubería en funcionamiento a superficie libre o a presión. La velocidad de un fluido a través de una tubería es algo que debe analizarse pues si esta es demasiado alta se presentan problemas de desgastes de las paredes por fricción y si esta fricción es muy alta puede presentar desgaste por abrasión. Por otra parte, si la velocidad es demasiado baja se pueden presentar problemas de deposición de sólidos y esto reduce el tamaño de la tubería. Por consiguiente se recomienda fijar las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación.

3.5.2 Presiones máximas y mínimas

La presión mínima residual en la red principal será de 14.00 m; la carga estática máxima será de 50.00 m. Se permitirán en puntos aislados, presiones estáticas hasta de 70.00 m, cuando el área de servicio sea de topografía muy irregular. Según las normas [NTON 09-003-99](#).

3.5.3 Diámetro mínimo

El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución será de 2 pulgadas (50mm) siempre y cuando se demuestre que su capacidad sea satisfactoria para atender la demanda máxima, aceptándose en ramales abiertos en extremos de la red, para servir a pocos usuarios de reducida capacidad económica; y en zonas donde razonablemente no se vaya a producir un aumento de densidad de población, podrá usarse el diámetro mínimo de una pulgada y media 1 ½" (37,5 mm) en longitudes no superiores a los 100.00 m. Según las normas [NTON 09-003-99](#).

3.5.4 Cobertura de tuberías

En el diseño de tuberías colocadas en calles de tránsito vehicular se mantendrá una cobertura mínima de 1.20 m, sobre la corona del conducto en toda su longitud, y en calles peatonales esta cobertura mínima será 0.70 m.

3.6 Análisis Hidráulico

El análisis hidráulico de la red y de las líneas de conducción, permitirá dimensionar los conductos de las nuevas redes de distribución, así como los conductos de los refuerzos de las futuras expansiones de las redes existentes. La selección del diámetro es también un problema de orden económico, ya que si los diámetros son grandes, elevará el costo de la red y las bajas velocidades provocarán frecuentes problemas de depósitos y sedimentación, pero si es reducido puede dar origen a pérdidas de cargas elevadas, y altas velocidades.

El análisis hidráulico presupone, también la familiaridad con los procesos de cálculos hidráulicos.

Los métodos utilizados de análisis son:

- 1) Seccionamiento.
- 2) Método de relajamiento o de pruebas y errores de Hardy Cross (balance de las cargas por correcciones de los flujos supuestos y el balanceo de los flujos por correcciones de las cargas supuestas).
- 3) Método de los tubos equivalentes.
- 4) Análisis mediante computadores. Para el análisis de una red deben considerarse los aspectos de red abierta y el de malla cerrada. En el caso de red abierta puede usarse el método de la gradiente piezométrica y caudal, usando la fórmula de Hazen-Williams u otras similares.

3.6.1 Coeficiente de Capacidad Hidráulica

En la siguiente tabla se muestran los valores de coeficiente de capacidad hidráulica (C) en la fórmula de Hazen-Williams:

Tabla # 9 Valores de coeficiente de capacidad Hidráulica

MATERIAL DE CONDUCTO	NUEVOS (C)	INCIERTOS (C)
Cloruro de Polivinilo (PVC)	150	130
Asbesto Cemento	140	130
Hierro fundido corriente (interior y exteriormente)	130	100
Hierro fundido revestido de cemento o esmalte o bituminoso	130	100
Hierro "dúctil"	130	100
Tubería de hormigón	130	120
Duelos de madera	120	120

Fuente: NTON 09-003-99

3.6.2 Diámetro económico

En el diseño de una línea de conducción por bombeo, se usara una fuente externa de energía para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las perdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el fluido.

3.6.3 Perdidas dentro del pozo

Son las pérdidas por fricción en la columna de bombeo y se consideran igual al 5% de su longitud.

Donde:

- P: Potencia de la Bomba (HP)
- e: Eficiencia
- Pe: Potencia analítica o eficiente del equipo de bombeo (HP)

3.6.4 Velocidad de diseño

- Para líneas por bombeo, se procurará que la velocidad no exceda de 1.50 m/s. Se determinara el diámetro más conveniente de la tubería mediante el análisis económico correspondiente.
- Cuando haya suficiente altura de carga o energía de posición, pueden utilizarse las siguientes velocidades máximas para evitar la erosión, ver tabla adjunta:

Fuente: NTON 09-003-99

Tabla # 10 Tipos de Tubería y Velocidades Máximas

Tipo de tubería	Velocidad máxima (m/s)
De concreto simple hasta 18" de diámetro	3
De concreto reforzado	3
De acero sin revestimiento	5
De acero con revestimiento	5
De polietileno de alta densidad	5
De P.V.C. (Cloruro de Polivinilo)	5
De asbesto cemento	4
Túneles sin revestimiento	2

Se recomienda que la velocidad mínima sea de 0.60 m/s. Para determinar el diámetro de la línea de conducción deben considerarse los factores económicos, la vida útil y los caudales de agua a conducir.

3.6.5 Golpe de ariete

El golpe de ariete es un aumento repentino de la presión causado por un cambio rápido en la velocidad del caudal de la tubería. Este fenómeno se denomina “**golpe de ariete**” porque los aumentos repentinos de presión suelen ir acompañados de un ruido semejante al que haría en la tubería si se golpease con un martillo.

Tabla # 11 Relación elasticidad del agua y del material

Relacion de elasticidad del agua y del material	
Material de tubería	K
Acero	0.50
Hierro Fundido	1.00
Concreto	5.00
Asbesto Cemento	4.40
P.V.C. (Cloruro de Polivinilo)	18.00

Fuente: ISBN 958-8060-36-2 Diseño de acueductos y alcantarillados

Tabla # 12 Coeficiente K en función de la longitud

Coeficiente K en función de la Longitud	
L (m)	K
< 500	2.00
500	1.75
500 < L < 1500	1.50
1500	1.25
> 1500	1.00

Tabla # 13 coeficiente C en función de la pendiente

Coeficiente C en función de la Pendiente	
Pendiente	C
< 20 %	1.00
30%	0.50
> 40 %	0.00

Fuente: ISBN 958-8060-36-2 Diseño de acueductos y alcantarillados

3.7 Volumen del tanque de almacenamiento

3.7.1 Generalidades

En el proyecto de cualquier sistema de abastecimiento de agua potable, deben de diseñarse los tanques que sean necesarios para el almacenamiento, de tal manera que éstos sean todo el tiempo capaces de suplir las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema, además que también mantengan las reservas suficientes para hacerles frente, tanto a los casos de interrupciones en el suministro de energía, como en los casos de daños que sufran las líneas de conducción o de cualquier otro elemento. En los sistemas en donde existan hidrantes para combatir incendios, también será necesario almacenar los volúmenes de agua para enfrentar estas circunstancias. Fuente: NTON 09-003-99.

3.7.2 Capacidad mínima

A. Volumen compensador:

Es el agua necesaria para compensar las variaciones horarias del consumo. En este caso se debe almacenar.

a) Para poblaciones menores de 20,000 habitantes, el 25% del consumo promedio diario.

b) Para poblaciones mayores de 20,000 habitantes, será necesario determinar este volumen en base al estudio y análisis de las curvas acumuladas (masas) de consumo y de producción, del sistema de agua de la localidad existente o de una similar.

B. Reservas para imprevistos o emergencias:

Este volumen será igual al 15% del consumo promedio diario.

C. Reserva contra incendios:

La reserva para incendio se hará con un almacenamiento de 2 horas de acuerdo a la demanda de agua para incendio.

3.8 Agua Potable

3.8.1 Generalidades

De la totalidad del agua estimada que existe en el planeta (1,384 E6 km³), 1,348 E6 km³ se encuentran en los océanos (97,4%); 27,8 E6 km³ están en los casquetes polares y nevados (2,0%), mientras que los ríos, los lagos y el agua subterránea están compuestos por solamente 8,3 E6 km³ (0,6%).

La mayor parte del agua evaporada hacia la atmósfera proviene de los océanos, y otra parte, no menos importante, de los lagos, ríos y de la capa superficial del suelo. La evapotranspiración de las plantas también constituye una importante fuente de contribución. Los científicos calculan que cada año se evaporan de los océanos y de las áreas continentales unos 300 km³ de agua.

La precipitación total que cae sobre la tierra es igual a la evaporación, de tal modo que anualmente retornan a la tierra unos 300 km³, de los cuales 7,5 km³ caen en la parte continental.

3.8.2 Sistema para Agua Potable

Se define como el conjunto de elementos como tuberías, instalaciones y accesorios destinados a conducir las aguas requeridas para una población determinada y así satisfacer las necesidades de abastecimiento, desde su lugar de origen natural o fuente hasta la ubicación de los usuarios.

El proceso del sistema de suministro para agua potable comprende de manera básica y en general desde la captación, conducción, tratamiento y almacenamiento hasta la distribución del recurso hídrico.

3.8.3 Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable constituye el elemento más importante de todo el sistema por tanto debe estar lo suficientemente protegido y debe cumplir con los propósitos correspondientes.

- Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población durante el periodo de diseño considerado.
- Mantener las condiciones de calidad, necesarias para garantizar la potabilidad y consumo de la misma.

La captación puede ser de un manantial, de aguas superficiales o de aguas subterráneas.

Para la fuente de abastecimiento en este caso se propone perforar un pozo, las características del pozo y ubicación del mismo fueron suministradas por ENACAL y se espera que la fuente de como mínimo unos 500 GPM (galones por minutos) debido a que este caudal fue el aprobado por ANA (Autoridad Nacional del Agua) para estas lotificaciones.

3.8.4 Pozos

Un pozo es un túnel vertical o perforación que se realiza en la tierra, estas perforaciones se hacen con el motivo por lo general de encontrar agua o petróleo. Suelen ser de forma cilíndrica y sus paredes aseguradas con cemento, piedra o madera para evitar derrumbes.

La selección de la clase de pozo que se necesita dependerá de los factores siguientes:

- Calidad y cantidad de agua requerida
- Profundidad del agua subterránea
- Condiciones geológicas
- Disponibilidad de equipo para la construcción de pozos
- Factores económicos

Las características de los pozos se establecerán de acuerdo con lo siguiente:

- Construcción de dos pozos por lo menos
- El rendimiento total debe ser mayor que el consumo diario máximo

- El diámetro del pozo se determinará en base del rendimiento requerido y de la profundidad, teniendo en cuenta que las dimensiones pueden estar controladas por la disponibilidad de facilidades de construcción.

En la siguiente tabla se dan los diámetros mínimos de ademe de tubería para instalación de bombas en pozos profundos.

Tabla # 14 Ademes Mínimos de pozos según su caudal

ADEMES MINIMO DE POZOS SEGÚN CAUDAL			
Capacidad del pozo		Diámetro de ademe	
gpm	(L/s)	pulg	(mm)
125.00	7.90	6	150
300.00	18.90	8	200
600.00	37.80	10	250
900.00	56.78	12	300
1300.00	82.00	14	350
1800.00	113.55	16	400

Fuente: NTON 09-003-99

La profundidad del pozo será tal que penetre suficientemente dentro del acuífero, con el objeto de disponer de una longitud adecuada de filtro.

La capacidad específica (galones/minuto por pie de depresiones) = (CE) se determinará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$CE = \frac{\text{Rendimiento}}{\text{Depresion}}$$

Donde:

CE: Capacidad Especifica

R: Rendimiento (gpm, lps) donde; Producción de agua

D: Depresión (ft, m) donde; Nivel Estático – Nivel de Bombeo

La capacidad específica se utilizará para determinar las características del equipo de bombeo.

3.8.5 Tipos de pozos

Tabla # 15 Tipos de Pozos

TIPO DE POZOS					
Clases de Pozos	Diámetro pulg (mm)	Prof. usual m	Rendimiento gpm (L/s)	Método constructivo	Ubicación
Pozos poco profundos:					
Excavados	40-100 (1000) (2500)	15	15-70 (1)(4.4)	Excavación	En las formaciones no consolidadas o roca blanda.
Incados	1.2-4 (30) (100)	15	8 5	Impelido por percusión	En las formaciones no consolidadas y sin gravas ni rocas
Pozos profundos:					
Por percusión	Hasta 20 500	Hasta 900	25-1500 (1.5)(94)	Equipo de percusión	En las formaciones de rocas consolidadas o de cantos
Por rotación	Hasta 20 500	Hasta 900	25-1500 (1.5)(94)	Rotatorio	En las formaciones no consolidadas
Por rotación	Hasta 20 500	Hasta 900	25-1500 (1.5)(94)	Rotatorio reversible	En las formaciones no consolidadas

Fuente: NTON 09-003-99

Hoy en día la mayor parte de pozos de agua se construyen usando taladros o barrenos. Los pozos hechos con equipos pueden llegar a profundidades de más de 300 m.

3.8.6 Estación de bombeo

En el diseño de toda estación de bombeo se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones básicas:

1. **Edificio:** La arquitectura y alrededores de la estación deben armonizar con las edificaciones vecinas. Su estructura debe ser construida con materiales a prueba de humedad e incendio. En el diseño del interior del edificio se deben considerar los requerimientos de espacio para cada pieza del equipo, su localización, iluminación, ventilación y desagüe.
2. **Localización:** En la estación de bombeo se debe considerar lo siguiente:
 - Protección de la calidad del agua
 - Eficiencia hidráulica del sistema de distribución o conducción.
 - Peligro de interrupción del servicio por incendio, inundación, etc.
 - Disponibilidad de energía eléctrica o de combustible
 - Topografía del terreno
 - Facilidad del acceso en todo el año
 - Área necesaria para la estación, transformadores, cloradores, futuras ampliaciones y áreas de retiros.

3.8.7 Capacidad y características de las estaciones

Cuando el sistema incluye almacenamiento posterior a la estación de bombeo, la capacidad de ésta se calculará sobre la base del consumo máximo diario.

Cuando el sistema no incluye almacenamiento, la capacidad de la estación se calculará en base al consumo máximo horario. Las estaciones de bombeo podrán ser de dos tipos:

- a) Estaciones de pozos húmedos
- b) Estaciones de pozos profundos

3.8.8 Elementos de la estación de bombeo

Se pueden definir tres elementos en toda la estación de bombeo:

A. La tubería de succión y accesorios: Nunca deberán usarse tuberías de diámetros menores a los diámetros de descarga de la bomba. La línea de succión debe ser lo más corta y recta posible, deben evitarse los cambios de dirección, especialmente cerca de la bomba. La línea de succión debe llegar hasta la succión de la bomba evitando codos o Tee horizontales.

B. Equipo de Bombeo: Las unidades de bombeo (incluyendo el equipo auxiliar) deben tener una capacidad lo suficientemente amplia, en cuanto al número de unidades que permitan la reparación al menos de una unidad sin serias reducciones en el servicio.

C. La tubería de descarga y accesorios: Debe elaborarse un estudio económico comparativo entre varios diámetros para escoger el más apropiado de la tubería de impulsión. En la descarga o sartas de la bomba debe proyectarse una válvula de compuerta y una válvula de retención, para el diseño del diámetro se recomienda los valores mostrados en la tabla siguiente.

Tabla # 16 Diámetros de Sartas de conexión de Bombas

DIAMETROS DE SARTAS DE CONEXIÓN DE BOMBAS			
DIAMETRO DE SARTA		RANGO DE CAUDALES	
PLG	mm	GPM	LPS
2	(50) menor de	80	5
3	75	80 - 200	(5.0 - 12.6)
4	100	200 - 400	(12.6 - 25.2)
6	150	400 - 900	(25.2 - 56.8)
8	200	900 - 1200	(56.8 - 75.7)
10	250	1200 - 1600	(75.7 - 101)

Fuente: NTON 09-003-99

El diámetro de la sarta está definido por el diámetro del medidor de agua. Según especificaciones AWWA C-704.

3.8.9 Ubicación de la estación

En el caso de agua por bombeo, la estación debe colocarse aguas arriba de cualquier descarga de aguas residuales. Se debe analizar la disponibilidad de energía eléctrica o combustible y el acceso a las instalaciones.

3.8.10 Caseta de control

La caseta de control se diseña de mampostería reforzada acorde a modelos típicos, incluyendo iluminación, ventilación y desagüe, tiene la función de proteger los equipos eléctricos y mecánicos. El área de la caseta debe ser adecuada al funcionamiento total de los equipos resguardados.

3.8.11 Fundaciones del equipo de bombeo

Las fundaciones se diseñan de acuerdo a las características del equipo de bombeo, generalmente es de concreto reforzado con resistencia a la compresión de 210 kg/cm² a los 28 días.

3.8.12 Equipos de bombeo

En la selección de las bombas se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Operación en serie o en paralelo
- Tipo de bombas

- Número de unidades
- Capacidad de las unidades
- Eje horizontal o vertical
- Succión única o doble
- Tipo de impulsores
- Características del arranque y puesta en marcha
- Posibles variaciones de la altura de succión
- Flexibilidad de operación
- Curvas características y modificadas de las bombas
- N.P.S.H disponible y requerido
- Golpe de ariete
- La carga total dinámica en todas las estaciones de bombeo, cuando éstas trabajen en serie se dividirá en partes iguales y de acuerdo a las presiones mínimas y máximas.
- Para facilidad de mantenimiento cuando se proyecten 3 o más unidades se recomienda que las bombas sean de igual capacidad.
- Velocidades recomendadas: la velocidad más adecuada es de 1760 revoluciones por minuto (rpm) sólo que no sea posible conseguir ésta se recomienda usar 2900 y 3450 rpm.

Los equipos que generalmente se emplean en pozos perforados son los de turbina de eje vertical y sumergible.

3.9 Líneas de conducción

Se definirá como “Línea de conducción” a la parte del sistema constituida por el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de la captación, hasta un punto que bien puede ser un tanque de regulación, una planta potabilizadora, o la red de distribución. Su capacidad se calculará con el caudal del gasto máximo diario o con el que se considere más conveniente tomar de la fuente de abastecimiento de acuerdo a la naturaleza del problema que se tenga en estudio.

3.9.1 Clases de líneas de conducción

De acuerdo a la naturaleza y características de la fuente de abastecimiento de agua, se distinguen dos tipos de línea de conducción:

- 1 Conducción por gravedad
- 2 Conducción por bombeo

3.9.2 Líneas de conducción por gravedad

Una línea de conducción por gravedad es la que dispone para transportar el caudal requerido aguas abajo, de una carga potencial entre sus extremos que puede utilizarse para vencer las pérdidas por fricción, originadas en el conducto al producirse el flujo.

Debe tenerse en cuenta las siguientes ventajas de este tipo de conducción:

1. No se usa equipo de bombeo para la descarga
2. El mantenimiento es menor por el tipo de partes en la línea
3. La presión del controla con mayor facilidad

3.9.3 Líneas de conducción por bombeo

En el cálculo hidráulico de estas líneas de conducción, las pérdidas por fricción serán determinadas mediante el uso de la fórmula de Hazen–Williams o similar.

La conducción por bombeo es requerida cuando se debe adicionar energía para obtener una carga dinámica asociado con el gasto de diseño. El equipo de bombeo proporciona la energía necesaria para lograr el transporte del fluido.

3.9.4 Materiales de tuberías en las líneas de conducción

En la selección de los materiales para tuberías, deben tenerse en cuenta lo factores siguientes:

- a) Resistencia contra la corrosión
- b) Resistencia contra las cargas, tanto externas como internas.
- c) Características hidráulicas.
- d) Condiciones de instalación y del terreno.
- e) Condiciones económicas.
- f) Resistencia contra la tuberculización y la incrustación.
- g) Protección contra el golpe de ariete.

3.9.5 Breve definición de normas

Se pueden definir como el conjunto o grupo de especificaciones técnicas establecidas para controlar la calidad de los materiales, regulando los parámetros y procedimientos de ensayos de sus propiedades y la función que han de realizar en la obra.

Los materiales no controlados o no estudiados pueden incidir en la pérdida de la calidad de la obra o un excesivo costo de la misma.

Las normas son necesarias para poder unificar criterios, ya que a través de ellas podemos tener elementos de comparación. En el diseño de las tuberías comprende la selección del material, diámetro, resistencia y longitud de la misma.

3.10 Accesorios

Es el conjunto de piezas mecanizadas que unidas a la tubería mediante procedimientos determinados formas líneas estructurales en la conducción de un determinado proceso. Los accesorios se especifican por el diámetro nominal de la tubería, el nombre y desarrollo del accesorio y el material específico.

3.10.1 Válvulas de pase

Deberán espaciarse de tal manera que permitan aislar tramos máximos de 400 metros de tuberías, cerrando no más de cuatro válvulas. Serán instaladas siempre en las tuberías de menor diámetro y estarán protegidas mediante cajas metálicas subterráneas u otras estructuras accesibles especiales.

3.10.2 Válvulas de limpieza

Estos dispositivos que permitirán las descargas de los sedimentos acumulados en las redes deberán instalarse en los puntos extremos y más bajos de ellas.

3.10.3 Válvulas reductoras de presión y cajas rompe presión

Deberán diseñarse siempre y cuando las condiciones topográficas de la localidad así lo exijan.

3.10.4 Válvulas de seccionamiento

En las líneas de conducción se deben instalar válvulas que permitan aislar tramos de tubería para operación y mantenimiento sin necesidad de vaciar toda la línea.

3.10.5 Registros

Son accesorios útiles durante la construcción y funcionan para las inspecciones y reparaciones. En líneas de conducción a grandes longitudes se instalan registros equidistantes entre si entre los 250 m y los 300 m.

3.10.6 Almacenamiento

En el proyecto de cualquier sistema de abastecimiento de agua potable, deben de diseñarse los tanques que sean necesarios para el almacenamiento, de tal manera que éstos sean todo el tiempo capaces de suplir las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema, además que también mantengan las reservas suficientes para hacerles frente, tanto a los casos de interrupciones en el suministro de energía, como en los casos de daños que sufran las líneas de conducción o de cualquier otro elemento.

3.11 Tipos de tanques

3.11.1 Tanques sobre el suelo

Se recomienda este tipo de tanques en los siguientes casos y tener en cuenta lo siguiente:

- a) Cuando lo permita la topografía del terreno.
- b) Cuando los requisitos de capacidad sean mayores de 250.000 galones.

- c) Cuando la entrada y salida de agua sean mediante tuberías separadas, se ubicarán en los lados opuestos a fin de permitir la circulación del agua.
- d) Debe proveerse un paso directo tipo puente (By-Pass) que permita mantener el servicio mientras se efectúe el lavado o la reparación del tanque.
- e) Se recomienda una altura mínima de 3.00 metros, incluyendo un borde libre de 0.50 metros.

3.11.2 Tanques elevados

En el diseño de tanques elevados, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- a) Que el nivel mínimo del agua en el tanque sea suficiente para conseguir las presiones adecuadas en la red de distribución.
- b) Debe utilizarse la misma tubería para entrada y salida del agua solo en el caso que el sistema sea fuente-red-tanque.
- c) La tubería de rebose descargará libremente previendo la erosión del suelo mediante obras de protección adecuadas.
- d) Se instalarán válvulas de compuerta en todas las tuberías a excepción de las tuberías de rebose. Todos los accesorios de las tuberías serán tipo brida
- e) La escalera exterior deberá tener protección adecuada y dispositivos de seguridad.
- f) Se diseñarán los dispositivos que permitan controlar el nivel máximo y mínimo del agua en el tanque.

3.12 Red de distribución

En el diseño de la red de distribución, se requiere del buen criterio del proyectista, sobre todo en aquellas localidades o ciudades en las que no se tienen planes reguladores del desarrollo de las mismas, que permitan visualizar el desarrollo de la ciudad al final del período de diseño.

La red de distribución es el sistema que permite distribuir el agua a los diversos puntos de consumo.

3.12.1 Funciones de la red de distribución

- a) Suministrar el agua potable suficiente a los diferentes consumidores en forma sanitariamente segura.
- b) Proveer suficiente agua para combatir incendios en cualquier punto del sistema.
- c) El diseño se hará para las condiciones más desfavorables en la red, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento para el período de diseño.
- d) Las redes de distribución deberán dotarse de los accesorios y obras de artes necesarias, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento, dentro de las normas establecidas y para facilitar su mantenimiento.

3.12.2 Tipos de red

El sistema principal de la red de distribución de agua puede ser red abierta o de malla cerrada, o una combinación de ambas y se distribuirán las tuberías en la planimetría de la localidad, tratando de abarcar el mayor número de viviendas mediante conexiones domiciliarias.

Red abierta: Son redes de distribución que están constituidas por un ramal matriz y una serie de ramificaciones. La desventaja de este sistema son los puntos muertos.

En el caso de red abierta puede usarse el método de la gradiente piezométrica y caudal, usando la fórmula de Hazen-Williams u otras similares.

Red Cerrada: Son redes de distribución que están constituidas por tuberías interconectadas y formando mallas. Este tipo de red elimina punto muertos, además de ser más económico, todos los tramos están alimentados por ambos extremos.

Para el caso de malla cerrada podrá aplicarse el método de Hardy Cross, considerando las diferentes condiciones de trabajo de operación crítica. En el análisis hidráulico de la red deberá también tomarse en cuenta el tipo de sistema de suministro de agua ya sea por gravedad o por impulsión del agua.

VI. Diseño Metodológico

4.1 Generalidades

La metodología se apegará a los criterios de diseños para el abastecimiento de agua potable de las normas **NTON 09-003 – 99** (NORMAS TECNICAS PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACION DEL AGUA), aunque si por alguna razón económica no se pudiese proponer algo, según norma se justificará su funcionamiento mínimo según criterios funcionales e hidráulicos, esto debido a que las lotificaciones son dirigidas a beneficiar familias de escasos recursos y no se pueden elevar mucho el costo constructivo del componente de abastecimiento de agua potable, pues los pobladores no podrían asumir el pago de sus respectivos lotes.

Calcular los caudales de Consumo Promedio Diario (CPD), Consumo Máximo Día (CMD) y Consumo Máxima Hora (CMH). Teniendo en cuenta las normas **NTON 09 - 003 - 99**.

4.1.2 Consumo Máximo Día

$$\mathbf{CMD = 1.3 CPD + hf}$$

Donde:

CMD: Consumo Máximo Día

CPD: Consumo Promedio Diario

hf: Perdidas del sistema por fugas

4.1.3 Consumo Promedio Diario

$$\mathbf{CPD = CD + CC + CI + CP}$$

$$\mathbf{CD = \frac{P \times D}{86400}} \quad ; \quad \mathbf{CC = 7 \% CD}$$

$$\mathbf{CI = 2 \% CD} \quad ; \quad \mathbf{CP = 7 \% CD}$$

Donde:

CPD: Consumo Promedio Diario

CD: Consumo Domestico

CC: Consumo Comercial

CI: Consumo Industrial

CP: Consumo Publico

P: Población

D: Dotación

4.1.4 Pérdidas por fricción en el sistema

$$h_f = 20 \% \text{ CPD}$$

Donde:

h_f : Pérdidas del sistema por fugas

4.1.5 Ecuación de Hazen Williams

$$H_f = \left\{ \frac{10.674 \cdot Q^{1.85} \cdot L}{C^{1.85} \cdot D^{4.87}} \right\} \quad \text{Hazen-Williams}$$

Donde;

Q= metros cúbicos por segundo o Q= GPM

D= diámetro de la tubería (m) D= pulgada

L= longitud de la tubería (m) L= metros

H= pérdida de carga m.c.a H= pérdidas de carga m/m

$$D = 0.9 \times Q^{0.45}$$

Donde;

D: Diámetro de la tubería de la línea de conducción (m)

Q: Consumo máximo diario CMD (m^3/s)

$$H_f \text{ columna} = 0.05 \cdot L_c$$

Donde;

H_f columna: Pérdidas de las columnas dentro del pozo (m)

L_c : Longitud de la columna en bomba sumergible

4.2 Carga Total Dinámica

$$\text{CTD} = \text{Hf.col.} + \text{Hf.tub.} + \text{Hf.acc.} + \Delta\text{H}$$

Donde:

CDT:	Carga Total Dinámica (m)
Hf columna:	Perdida en la columna del pozo (m)
Hf tuberías:	Perdidas en las tuberías (m)
Hf accesorios:	Perdidas en los accesorios (m)
ΔH :	Diferencias de alturas desde el bombeo hasta la descarga (m)

4.2.1 Potencia Hidráulica de la Bomba

$$P = \frac{Q \times \text{CTD}}{3960}$$

Donde;

Q:	Consumo máximo diario CMD (gpm)
CDT:	Carga Total Dinámica (ft)
P:	Potencia de la Bomba (HP)

4.2.2 Potencia eficiente del equipo de Bombeo

$$P_e = \frac{P}{e}$$

La velocidad en las líneas de conducción será calculada a partir de la fórmula de continuidad, que se expresa de la siguiente manera:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

Donde:

V: Velocidad en la línea de conducción (m/s)

Q: Caudal máximo diario CMD (m³/s)

D: Diámetro de tubería en línea de conducción (m)

4.2.3 Periodo de propagación de onda de presión en la tubería

$$T = \frac{2L}{C}$$

Donde:

T: Periodo de propagación de la onda de presión en la tubería (seg)

L: Longitud de la línea de conducción (m)

C: Velocidad de propagación de la onda o Celeridad (m/s)

4.2.4 Celeridad

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K d/e}}$$

El valor de la celeridad o velocidad de propagación de la onda puede calcularse mediante la fórmula de Altievi.

Donde:

C: Celeridad (m/s)

K: Relación entre el módulo de elasticidad del agua y del material de la tubería

E: Espesor de la pared de la tubería (m)

D: Diámetro de la tubería (m)

4.2.5 Tiempo de parada

Es el tiempo que dilata la variación de velocidad, es decir, el transcurso desde el corte de energía y la anulación del caudal o el tiempo de parada.

$$T_p = C + \frac{K \times L \times V}{g \times H_m}$$

Donde;

T_p : Tiempo de parada (s)

C: Coeficiente de pendiente de conducción

K: Valor que depende de la conducción

L: Longitud total de la línea de conducción (m)

G: Constante de la aceleración gravitacional (981 m/s²)

H_m : Altura manométrica de la instalación (m)

4. 2.6 Sobrepresión

En el caso 1 de $T_p < T$, la sobrepresión máxima será:

$$H_s = \frac{C \times V}{g}$$

Donde;

H_s : Sobrepresión (m)

C: Celeridad (m/s)

V: Velocidad en la línea de conducción (m/s)

G: Constante de aceleración gravitacional (9.81 m/s²)

En el caso 2 de **T_p > T**, la sobrepresión será:

$$H_s = \frac{2 \times L \times V}{g \times T_p}$$

Donde:

L: Longitud total de la línea de conducción (m)

T_p: Tiempo de parada (s)

Consideraciones:

1. Si la maniobra es rápida, la válvula quedara completamente cerrada antes de comenzar a actuar la onda de depresión.

T_p < T; Sobrepresión máxima

2. Si el tiempo de cierre es lento, la onda de depresión llegara a la válvula antes de se halle cerrado completamente.

T_p > T; maniobra lenta

4.2.7 Respaldo volumétrico (almacenamiento)

$$CT = VC + VR + VCI$$

$$CT = 25 \% CPD + 15 \% CPD = 40 \% CPD$$

Donde;

CT:	Capacidad total (m ³ , glns)
CPD:	Consumo promedio diario
VR:	Volumen de reserva
VC:	Volumen compensado

4.3 Procedimientos teórico prácticos

- Evaluar la información topográfica actual suministrada por comité de pobladores de la comunidad.
- Diseñar las curvas de nivel utilizando Civil 3D 2020.
- Calcular la población de diseño por saturación, mediante la ecuación, las dotaciones de agua según rango poblacional para conocer la demanda. Las dotaciones están en la tabla 5.1.2 referenciadas en las normas **NTON 09 - 003 - 99**, en el numeral 2.2.2.
- Evaluar en el sistema donde se requieren los accesorios de control de la línea de conducción.
- Determinar el tipo de red de distribución, para su diseño se debe considerar los siguientes factores:
 - a. Diseñar bajo la condición de consumo máxima hora (CMH).
 - b. Proveer en el sistema los accesorios, equipos y obras para su óptimo desempeño.
- Usar el programa EPANET para realizar modulación y análisis hidráulico de toda la red, verificando las condiciones del sistema.

- Realizar el presupuesto de la obra, calculando todos los costos, tanto los directos como los indirectos.

V. Análisis e Interpretación de Resultados

El presente capítulo describe los cálculos, el análisis y el Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el reparto “Villa Esperanza”, el cual se calculó por el método de saturación, luego se establece una densidad poblacional de cinco habitantes por cada lote, para determinar las demandas de agua entre nodos en la red de distribución, se continúa con el análisis con el software computarizado EPANET, se diseña un pozo con las características y ubicación previstas por ENACAL y se espera que la fuente como mínimo sea unos 500 GPM galones por minutos ya que este caudal fue el que aprobó ANA Autoridad nacional del Agua para estas lotificaciones, así como los resultados finales y presupuestos de la obra.

5.1 Infraestructura Socioeconómica

5.1.1 Vías de Acceso

Las vías de acceso son muy buenas pues hasta el barrio Comandante Aureleano por el lado norte se llega por carpeta de rodamiento de asfalto quedando solo un tramo de 450 metros en camino de tierra pero es transitable en todo tiempo.

Por el lado Sur Existe una carretera de concreto hidráulico que es la del camino las Jaguitas quedando de este lado también solo un tramo de 500 metros de camino de tierra de todo tiempo.

5.1.2 Transporte

El transporte es muy accesible ya que por el norte está la terminal de la ruta 168 desde la cual el acceso es fácil hasta el mercado Ivan Montenegro o Rotonda de Rubenia, y por el lado Sur se pueden tomar las Rutas semiurbanas que van desde las Jaguitas o Veracruz hasta el mercado Roberto Huembes o salir a carretera Masaya.

De las lotificaciones hasta cualquiera de los puntos al norte o al Sur adonde pasan las Rutas transitan caponeras a pasajes entre 5 a 10 córdobas según la cantidad de pasajeros que lleve.

5.1.3 Energía Eléctrica

En las lotificaciones ya existe energía eléctrica convencional de buena calidad y se cuenta con las 24 horas de servicio y estén disponible en 110v y 220v.

5.1.4 Telecomunicaciones

Las telecomunicaciones tienen excelente señal en cualquiera de las dos compañías celulares que operan en Nicaragua, aunque los servicios de televisión son únicamente los planes satelitales ya que no hay tendido de fibra óptica.

5.1.5 Agua Potable y Alcantarillado.

Hace unos 5 años cuando se mejoró el sistema de agua potable de las Jaguitas y se construyeron unos tanques de almacenamiento en las cuatro esquinas, se instaló una tubería de 2 pulgadas que va desde las jaguitas hacia el norte hasta la terminal de la ruta 168 recorriendo unos 1200 metros en todo el camino principal de acceso a la comunidad Villa Esperanza.

Aunque en la actualidad la gente que vive sobre este camino se abastece de esta tubería, la cantidad de agua que llega está limitada y es insuficiente para proyectar crecimiento de consumos de la comunidad, es por eso que se propone la perforación de un pozo para abastecer estas nuevas lotificaciones. El alcantarillado sanitario es inexistente puesto que en los barrios aledaños no cuentan con un sistema de aguas residuales como en la jaguitas y en el barrio Comandante Aureliano.

5.2 Servicios Municipales

5.2.1 Recolección de Residuos Sólidos

Por la calle principal de la comunidad Camino el Rio donde está ubicado el barrio Villa Esperanza pasa un camion recolector de basura una vez a la Semana y este mismo puede recolectar la basura de las lotificaciones, cabe destacar que estas lotificaciones ya están parcialmente vendidas y ya cuentan con este servicio, los pobladores que actualmente viven ahí.

5.2.2 Mercado

Es muy fácil el acceso al mercado Ivan Montenegro únicamente se tiene que abordar la ruta 168 en su terminal, para adquirir los servicios y productos alimenticios necesarios.

5.2.3 Cementerio

Existe un cementerio en Las jaguitas y otro cementerio en el Barrio Lomas de Guadalupe que son muy accesibles a conveniencia de los habitantes del Barrio Villa Esperanza.

5.3 Criterios de Diseño

Los criterios se apegarán a las normas NTON 09003 – 99 antes referidas aunque si por alguna razón económica no se pudiera proponer algo según norma se justificará su funcionamiento mínimo según criterios funcionales e hidráulicos, esto debido a que las lotificaciones son dirigidas a beneficiar familias de escasos recursos y no se pueden elevar mucho los costos constructivos del componente de abastecimiento de agua potable, pues los pobladores no podrían costear el monto del servicio en sus lotes.

5.4 Estudio de Población y Consumo

5.4.1 Proyección de Población

Es necesario determinar las demandas futuras de una población para prever en el diseño las exigencias, de las fuentes de abastecimiento, líneas de conducción, redes de distribución, equipos de bombeo, planta de potabilización y futuras extensiones del servicio. Por lo tanto, es necesario predecir la población futura para un número de años, que será fijada por los períodos económicos del diseño.

5.4.2 Método de Cálculo para proyectar población

Para proyectar la población de consumo se realizará por el método de saturación, ya que el sistema se calculará como un sistema de pozo y red cerrada que abastecerá a las lotificaciones, para esto se establecerá una densidad poblacional de 5 habitantes por cada lote que se conoce que es el promedio de Managua en las áreas habitacionales ya cuando están saturadas.

5.5 Dotaciones y Demanda de Agua para Consumo

5.5.1 Dotaciones

Para determinar las cantidades de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las ciudades o poblaciones proyectadas, se recomienda usar los valores de consumo medio diario contenido en los numerales 2.2 a 2.4 para el diseño del sistema de agua potable.

5.5.2 Consumo Domestico

Consumo doméstico para la ciudad de Managua.

Se Utilizarán las Cifras Contenidas en la tabla Siguiente:

Tabla # 17 Dotaciones de Agua

DOTACIONES DE AGUA		
CLASIFICACION DE BARRIOS	DOTACION	
	G/hab/dia	L/hab/dia
Asentamientos progresivos	10	38
Zonas de maxima densidad y de actividades mixtas	45	170
Zonas de alta densidad	40	150
Zonas de media densidad	100	378
Zonas de baja densidad	150	568

Fuente: NTON 09-003-99

5.5.3 Consumo Comercial Industrial y Público

Consumo comercial, Industrial y Público para la ciudad de Managua se muestra en la tabla siguiente;

Tabla # 18 Dotación y consumo para la ciudad de Managua

CONSUMO	DOTACION	
	G/hab/dia	L/hab/dia
Comercial	25	94.625
Público o institucional	De acuerdo a desarrollo de	
Industrial	poblacion	

Fuente: NTON-09-003-99

5.6 DISEÑO DE LA RED

5.6.1 Velocidades permisibles

Se permitirán velocidades de flujo de 0.6 m/s a 2.00 m/s.

5.6.2 Presiones mínimas y máximas

La presión mínima residual en la red principal será de 14.00 m; la carga estática máxima será de 50.00 m. Se permitirán en puntos aislados, presiones estáticas hasta de 70.00 m, cuando el área de servicio sea de topografía muy irregular.

5.6.3 Diámetro mínimo

El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución será de 2 pulgadas (50mm) siempre y cuando se demuestre que su capacidad sea satisfactoria para atender la demanda máxima, aceptándose en ramales abiertos en extremos de la red, para servir a pocos usuarios de reducida capacidad económica; y en zonas donde

razonablemente no se vaya a producir un aumento de densidad de población, podrá usarse el diámetro mínimo de una pulgada y media 1 ½" (37.5 mm) en longitudes no superiores a los 100.00 m.

5.6.4 Cobertura sobre tuberías

En el diseño de tuberías colocadas en calles de tránsito vehicular se mantendrá una cobertura mínima de 1.20 m, sobre la corona del conducto en toda su longitud, y en calles peatonales esta cobertura mínima será 0.70 m.

5.6.5 Resistencia de la tubería y su material

Las tuberías deberán resistir las presiones internas estáticas, dinámicas, de golpe de ariete, y las presiones externas de rellenos y cargas vivas debido al tráfico. La sobre presión por golpe de ariete se calculará con la teoría de JOUKOWSKI, u otra similar como también por fórmulas y monogramas recomendadas por los fabricantes.

5.6.6 Dimensionamiento de las redes

En toda red nueva para ciudades mayores de los 30000 habitantes, las tuberías mayores de 12 (300mm) pulgadas de diámetro deberán diseñarse a intervalos no menores de 1500 m ni mayores de 2000 m.

Los diámetros de las tuberías secundarias a diseñarse dentro de estos diámetros mayores, estarán determinados en función de la calificación del área, del tipo ocupacional del sector y del ancho de las calles.

En barrios y sectores con densidades altas y medias, las tuberías secundarias se diseñarán de manera que las tuberías de 8 (200mm) pulgadas aparezcan con

intervalos no menores de 500 m ni mayores de los 800 m. Las tuberías de 4 (100 mm) pulgadas aparecerán en intervalos no mayores de 300 m.

Las tuberías de relleno pueden diseñarse con 2 (50mm) y 1 ½ (37.5mm) pulgadas.

En los sectores en donde las calles son angostas, se instalará una sola tubería de distribución. En cambio las que tienen un ancho mayor de 20.00 m y con boulevard en medio, se instalarán dos tuberías, una a cada lado de la calle.

5.6.7 Líneas de Conducción y sus velocidades

De acuerdo a la naturaleza y características de la fuente de abastecimiento de agua, se distinguen dos tipos de línea de conducción:

- Conducción por gravedad
- Conducción por bombeo
- Velocidades de Diseño

Para líneas por bombeo, se procurará que la velocidad no exceda de 1.50 m/s. Se determinara el diámetro más conveniente de la tubería mediante el análisis económico correspondiente.

Cuando haya suficiente altura de carga o energía de posición, pueden utilizarse las siguientes velocidades máximas para evitar la erosión, ver tabla 5.2.4

Se recomienda que la velocidad mínima sea de 0.60 mt/s. Para determinar el diámetro de la línea de conducción deben considerarse los factores económicos, la vida útil y los caudales de agua a conducir.

5.6.8 Red de Distribución

La red de distribución se analizó y diseñó hidráulicamente a través del programa computarizado EPANET V2.0. Atendiendo a la información Topográfica que se levantó para este estudio.

En los sistemas con múltiples entradas, por lo menos un nivel estático y constante debe ser especificado.

Los datos requeridos por EPANET son: tuberías (longitud, diámetro y coeficiente de fricción), nodos (demanda y elevación) altura del tanque y dimensiones, también se puede simular una bomba incluyendo su curva característica.

El programa produce los caudales, velocidades, pérdidas y presiones a cada nodo; el programa EPANET se puede diseñar seleccionando la fórmula a utilizar ya que ofrece diferentes fórmulas de cálculo de pérdidas como Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning.

5.7 Memoria de Cálculos

5.7.1 Estudio de población y consumo.

5.7.1.1 Proyección de la población.

Para proyectar la población se aplicó el método de saturación, este consiste en asignar un número de habitantes promedio según la experiencia histórica de ENACAL y multiplicar por el número de lotes correspondiente, y de esta manera se obtenemos el número de habitantes para la cual se realiza el diseño.

5.7.2 Dotaciones y Demanda de Agua para Consumo.

5.7.2.1 Dotación.

La dotación se fijó según el cuadro en Zona de Alta Densidad = 40gpm/150lps debido a que los lotes tienen un promedio de 140 metros cuadrados, y son zonas de bajos recursos con construcciones básicas con lotes homogéneos y además de eso todos los lotes van a estar conectados a la red mediante acometidas.

5.7.2.2 Caudales Especiales

La norma dice que en Managua se considere el caudal comercial como 25g/hab/día y el público e industrial a consideración del desarrollo de la población, como estas comunidades son semi urbanas y cerradas o sea que no tendrá crecimiento, se va a considerar los caudales especiales a como se consideran en el resto de las localidades del país.

5.7.3 Consumo Promedio Diario

El consumo promedio diario se define con la siguiente fórmula:

- $CPD = \text{DOTACIÓN} * \text{POBLACIÓN}$

Factores de Máxima Demanda.

- $\text{FACTOR MÁXIMO DÍA} = 1.5 * CPD$

$\text{FACTOR MÁXIMA HORA} = 2.5 * CPD$

- Pérdidas del Sistema.

$\text{PÉRDIDAS} = 0.20 * CPD$

- Caudal de Diseño.

$[Q]$ (DISEÑO = $CPD + Q \text{ ESPECIALES} + Q \text{ PÉRDIDAS}$.)

En base a todo lo que se planteó anteriormente presentamos el siguiente cuadro de resultados referente a lo que es nuestro caudal de diseño para las diferentes obras hidráulicas que se van a diseñar en las próximas secciones.

Tabla # 18 Resumen de datos de criterios de Diseño

NÚMERO DE LOTES	1,224
POBLACION DE DISEÑO	6,610
DOTACIÓN L/HAB/DIA	150
DOTACIÓN GAL/HAB/DIA	40
CAUDAL COMERCIAL	7%
CAUDAL PUBLICO	7%
INDUSTRIAL	2%
PÉRDIDAS	20%
FACTOR MAX DIA	1.5
FACTOR MAX HORA	2.5

Tabla # 19 Demandas

LOTIFICACIÓN	POBLACION	CPD GPD	CPD LPD	Q ESPECIAL ES GPD	Q ESPECIAL ES LPD	Q PÉRDIDAS GPD	Q PÉRDIDAS LPD
VILLA ESPERANZA	6,120	244,800	918,000	38,806	146880	45,508	183,600

Fuente Elaboración Propia

Tabla # 20 Caudales de Diseño

LOTIFICACIÓN	Q DISEÑO GPD	Q DISEÑO LPD	Q DISEÑO GPM	Q DISEÑO LPS	Q. MAX DIA GPM	Q. MAX DIA LPS	Q. MAX HORA GPM	Q. MAX HORA LPS
VILLA ESPERANZA	436,059	1,680,480	311.20	19.45	466.80	29.18	778	48.625

Fuente: Elaboración Propia

Tabla # 21 Bombeo Directo a la Red

BOMBEO DIRECTO A LA RED	
DATOS	
NIVEL DE DESCARGA	159.97 msnm
NNIVEL DEL TERRENO EN EL POZO	159.97 msnm
NIVEL NEA	30.48 m
ABATIMIENTO A	24.00 m
SUMERGENCIA S	6.00 m
VARIACIÓN ESTACIONAL DEL NEA	2.00 m
LONGITUD DEL POZO AL TANQUE	0.00 m
CAUDAL DE BOMBEO Q	0.02345 m³/s
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	0.00 m
COEFICIENTE H-W COLUMNA C	110
TIEMPO DE BOMBEO	16

5.7.4 Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento es un pozo perforado a máquina cuyas dimensiones y características fueron proporcionadas por ENACAL a fin de conseguir unos 500 GPM que es el permiso de explotación que otorgó el ANA Autoridad Nacional del Agua.

A continuación se muestra un cuadro de resumen con las características generales más importantes del pozo y en los anexos se encuentran los detalles del diseño del pozo.

5.7.5 Estación de Bombeo

Todos los datos de la estación de bombeo se realizaron tomando en cuenta los datos del diseño del pozo y la prueba de bombeo, el diseño del pozo fue proporcionado por ENACAL y la estación de Bombeo fue calculada en base a las normas que establece el INAA en las normas NTON 09 003-99 para nuestro país, los resultados se muestra en la siguiente tabla.

5.8 Descripción del Sistema Propuesto

El sistema completo consta de los siguientes elementos:

- Pozo perforado con máquina.
- Conducciones de 4 y 3 pulgadas de diámetro
- Redes de tubería para cada lotificación de 2 y 1 pulgadas de diámetros.

En acápite anteriores se describen ampliamente las características de la fuente, por lo cual a continuación vamos a describir las características y resultados de las redes por cada uno de las lotificaciones y los resultados hidráulicos que arrojó la corrida en el programa EPANET.

Para este proyecto se propone que toda la tubería va a ser de PVC SDR 17 que tiene una presión de trabajo de 250 psi o 170 mca, estas presiones de trabajo de este tipo de tubería son superiores a las presiones que arrojan los resultados de la modelación hidráulica por lo cual son óptimas para su utilización.

5.8.1 Longitudes de tuberías y costo del proyecto

Tabla # 22 Longitudes de tuberías y costo del proyecto

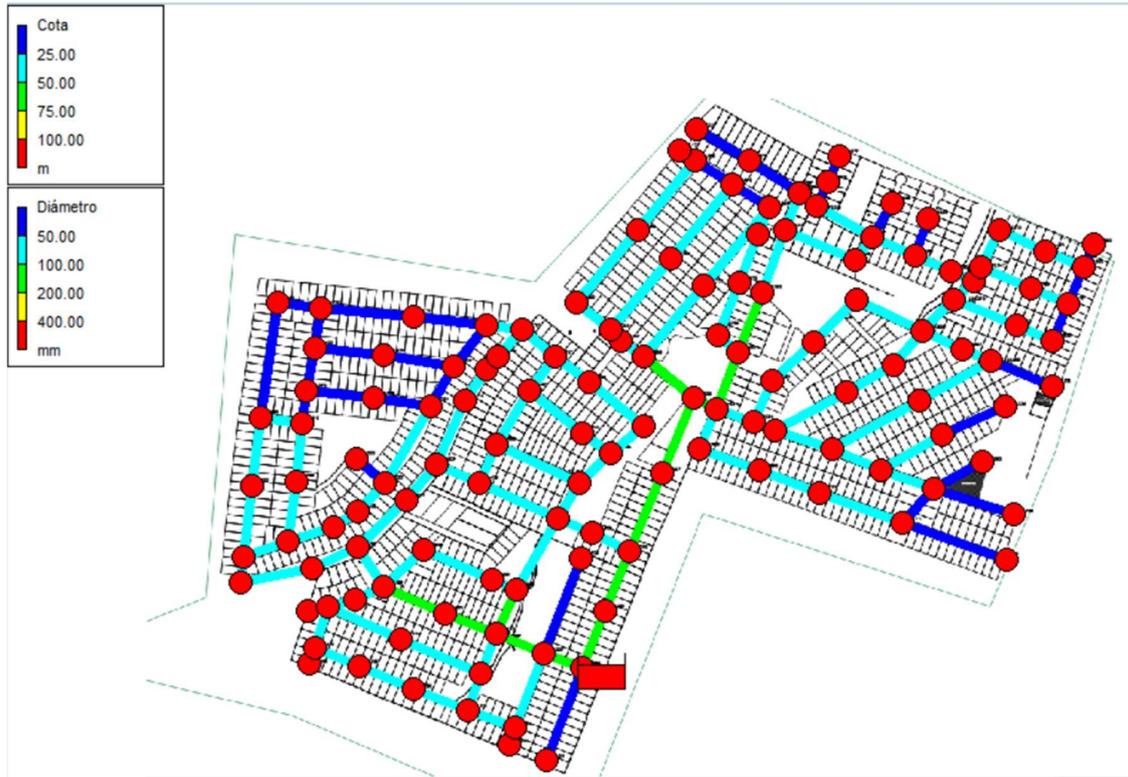
	LONGITUD
TUBERIAS DE 4 PLG SDR 26 160 PSI	730.00
TUBERIAS DE 3 PLG SDR 26 160 PSI	712.00
TUBERIAS DE 2 PLG SDR 26 160 PSI	4298.00
TUBERIAS DE 1 PLG SDR 17 250 PSI	2565.00
TOTAL DE LONGITUD TUBERIAS	8305.00
COSTO UNIT POR ML	\$ 21.11
TOTAL COSTO EN TUBERIAS	\$ 175,344.81

5.8.2 Trazado de la Red

A como se puede observar en el cuadro de la sección anterior se seleccionaron los diámetros de la red procurando utilizar los diámetros óptimos cumpliendo con los regímenes de velocidades y presiones permisibles, se utilizó la combinación de tuberías óptimas para lograr conducir caudales por a la tubería de 2 pulgadas y luego en los tramos terminales utilizando tubería de 1 pulgada formando pequeñas mallas alimentadas desde varios puntos para garantizar los caudales y presiones necesarias para el correcto abastecimiento de toda la red.

El Trazado de la red quedó como se muestra en el siguiente esquema sacado del programa de modelación hidráulica de EPANET, en el esquema se muestra las conducciones y las redes en los siguientes colores: el color verde es la tubería de 4 pulgadas, el color celeste es la tubería de 3 y 2 pulgadas y el color azul es la tubería de 1 pulgada.

Imagen # 3 Corrida de red en software EPANET de “Villa Esperanza”



Fuente: Elaboración Propia Programa EPANET

5.8.3 Resultado del modelamiento Hidráulico de la Red

El modelamiento de la red se realizó de dos maneras, primero se hizo una corrida simulando que los nodos no tienen consumo, esto con la finalidad de verificar que en los momentos en los períodos nocturnos principalmente, cuando la gente no está consumiendo agua, las presiones no excedan las presiones de trabajo de la tubería propuesta, en este análisis los nodos en amarillos aparecen con presiones entre 25 mca y 50 mca quedando dentro de la norma, y solo adonde una pequeña área adonde la topografía es muy baja en el sector norte este las presiones se exceden un poco pero quedan entre los 60 mca y 70 mca, que es un parámetro que la norma aún lo contempla como válido, estos nodos son los que aparecen en color verde.

Imagen # 5 Presiones y velocidades de la Red



Fuente: Elaboración Propia Programa EPANET

Luego se realizó una corrida con el caudal máximo día haciendo una distribución en los nodos acorde con el número de lotes que influyen a cada uno de los nodos, en esta corrida se aprecia que ninguno de los nodos queda por debajo de lo que especifica la norma para las presiones mínima la cual es de 14 mca, por lo cual decimos que nuestra propuesta es muy satisfactoria en cuanto a la selección del equipo y los diámetros con los cuales se realizó la propuesta completa.

A continuación dejamos un esquema en el cual se observan las presiones de los nodos por colores, en el cual podemos observar que los nodos con color celeste están en el rango entre los 25 mca y los 50 mca, con lo cual se satisfacen completamente lo que indica las normas de no exceder los 50 mca en las presiones

de los nodos y los azules son menores de 25 mca pero ninguno más bajo que 14 mca, en los anexos puede verse la tabla de las presiones completa de ambas corridas.

Imagen # 6 Altura y Caudal de la Red



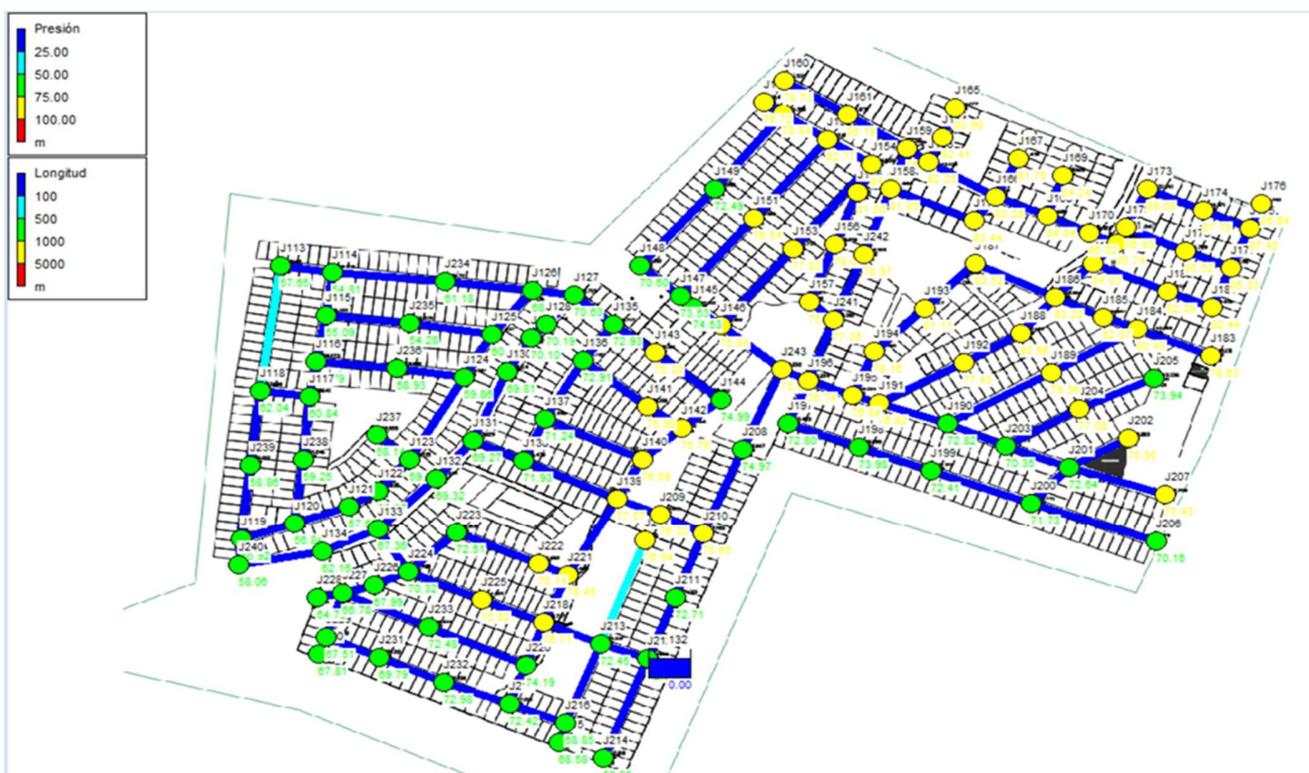
Fuente: Elaboración Propia Programa EPANET

5.8.4 Comportamiento de las tuberías y criterios de las velocidades en las redes

Al observar las velocidades que arroja la corrida hidráulica vemos clara mente que las velocidades no exceden los 3m/s que la toma en cuenta como máxima para las conducciones y tampoco son más bajas que 0.6 m/s, esto aún en los tramos cabeceros adonde se utiliza tubería de 1 pulgada.

Tenemos un promedio de velocidades de 0.9 m/s lo cual es excelente pues esto hace que se tengan pocas pérdidas por fricción en la red y no se eleven tanto las carga del equipo de bombeo, el resultado de este comportamiento será en una optimización y ahorro en el consumo de energía eléctrica ya que la red se encuentra muy bien balanceada, en el anexo número 2 se muestran las tablas de velocidades extraídas al programa.

Imagen # 7 Presión y longitud de la Red



VI. Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

1. El permiso de explotación que para explotación del pozo fue de 500 galones por minutos y el estudio de población y consumo dice que el caudal de diseño es de 375.13 galones por minutos, lo cual nos indica que con esta fuente es suficiente para abastecer a todo el reparto
2. Fuente es un pozo perforado a maquina cuya estratigrafía es bastante permeable lo cual favorece a la producción de agua del mismo, este se contruyó con un diámetro de perforación de 18 pulgadas y un ademe de 12 pulgadas, estos son diámetros sobredimensionados comparados al caudal aprobado para explotación lo cual tambien favorece a la producción del mismo.
3. Los calculos hidráulicos para el equipo de bombeo se realizaron en base a un caudal de 375.13 galones por minutos y una carga de 402.29 pies por lo cual se encontro que la potencia requerida del equipo es de 50 hp, pero pues se pueden utilizar un equipo más potente según lo que indique ENACAL.
4. En las corridas hidráulicas de la red se demuestra que a como esta configurada la red es suficiente para abastecer las 4 lotificaciones cumpliendo con los criterios de presiones y velocidades máximas y mínimas.

6.2 Recomendaciones

1. Al momento de construir el sistema se recomienda realizarlo todo de manera integral y de conjunto ya que los presupuestos se hicieron tomando en cuenta abaratar los costos unitarios en el manejo de volúmenes de compra y obras.
2. Se puede administrar el acueducto de manera privada pero se tienen que tomar en cuenta la adquisición de los medidores y la construcción de Unidades Operativas de control UOC en cada lotificación para llevar los controles de consumo de manera individual con cada lotificación.
3. Se recomienda no bajar el espesor de tuberías propuesto si se aumenta la potencia del motor pues esto aumentaría las presiones residuales en el sistema.

BIBLIOGRAFIA

1. Instituto Nicaragüense de acueductos y alcantarillado (INAA), “ Normas técnicas para el diseño y potabilización del agua” (NTON 09-003-99)
2. Organización Panamericana de la Salud (OPS-OMS) (2004) “Análisis sectorial de agua potable y saneamiento de Nicaragua”
3. López Cualla, Ricardo Alfredo 2da edición (2003) “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados” (ISBN 958-8060-36-2)
4. Análisis Sectorial de Agua Potable y Saneamiento en Nicaragua, OPS-OMS Nicaragua, Programa de desarrollo sostenible y Salud Ambiental. Noviembre-2004
5. Manual de Hidráulica. Acevedo Netto, Guillermo Acosta. Editorial Harla. 1976
6. Manual de usuario EPANET 2.0 (Enero, 2001)
7. Norma Regional CAPRE. Normas de Calidad del Agua para consumo Humano, Primera Edición: septiembre de 1993, Revisado en marzo de 1994.
8. Programa de desarrollo sostenible y Salud Ambiental. OMS Nicaragua, Noviembre 2004.
9. Teoría del golpe de ariete y sus aplicaciones en la Ingeniería Hidráulica, Uriel Mancebo del Castillo. Primera edición, editorial LIMUSA, S.A. México 1987.

Anexos

Análisis Hidráulico

A.1 Análisis Hidráulico de las líneas de Red

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 1	43.06	25	-0.15	0.30
Tubería 2	92.03	25	-0.63	1.29
Tubería 3	71.53	25	-0.63	1.29
Tubería 4	69.23	25	-0.14	0.28
Tubería 5	67.33	25	-0.57	1.17
Tubería 6	67.26	25	0.27	0.55
Tubería 7	55.31	25	-0.13	0.26
Tubería 8	40.38	50	1.01	0.52
Tubería 9	45.51	75	5.30	1.20
Tubería 10	46.46	50	2.57	1.31
Tubería 11	26.5	50	1.81	0.92
Tubería 12	36.12	50	1.81	0.92
Tubería 13	36.04	25	-0.40	0.81
Tubería 14	25.39	75	7.95	1.80
Tubería 15	68.92	50	1.90	0.97
Tubería 16	67.65	50	1.90	0.97
Tubería 17	112.49	25	0.57	1.15
Tubería 18	59.80	50	1.81	0.92
Tubería 19	56.20	50	1.81	0.92
Tubería 20	32.14	50	1.52	0.77
Tubería 21	42.47	25	0.85	1.73
Tubería 22	40.09	25	0.23	0.47
Tubería 23	89.14	50	1.06	0.54
Tubería 24	43.78	25	0.14	0.28

Tabla de Red - Líneas

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 25	52.71	25	-0.88	1.78
Tubería 26	70.50	75	-8.23	1.86
Tubería 27	49.24	75	-8.47	1.92
Tubería 28	67.60	75	1.31	0.30
Tubería 29	46.06	75	1.31	0.30
Tubería 30	67.86	75	2.36	0.53
Tubería 31	37.77	50	2.04	1.04
Tubería 32	16.56	50	1.73	0.88
Tubería 33	34.38	50	1.73	0.88
Tubería 34	34.25	50	-2.38	1.21
Tubería 35	17.52	25	-0.24	0.49
Tubería 36	48.08	50	0.96	0.49
Tubería 37	57.55	50	1.15	0.59
Tubería 38	57.17	50	0.48	0.24
Tubería 39	46.07	50	0.48	0.24
Tubería 40	17.92	25	0.00	0.00
Tubería 41	41.62	50	-0.12	0.06
Tubería 42	86.27	50	0.80	0.41
Tubería 43	75.96	50	0.80	0.41
Tubería 44	54.41	100	8.69	1.11
Tubería 45	64.25	100	8.69	1.11
Tubería 46	26.52	50	-0.47	0.24
Tubería 47	30.50	50	-0.47	0.24
Tubería 48	44.80	100	10.01	1.27

Tabla de Red - Líneas

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 49	20.45	25	0.52	1.05
Tubería 50	53.21	75	-2.39	0.54
Tubería 51	72.77	75	-3.11	0.70
Tubería 52	25.53	75	-3.34	0.76
Tubería 53	47.30	100	7.63	0.97
Tubería 54	38.04	50	-0.39	0.20
Tubería 55	42.43	50	-1.82	0.93
Tubería 56	78.91	50	-1.40	0.71
Tubería 57	96.30	25	-0.72	1.46
Tubería 58	39.45	150	20.61	1.17
Tubería 59	60.96	150	26.53	1.50
Tubería 60	101.05	25	0.00	0.00
Tubería 61	62.60	150	26.53	1.50
Tubería 62	39.67	75	2.98	0.68
Tubería 63	82.26	150	22.59	1.28
Tubería 64	37.41	75	2.51	0.57
Tubería 65	84.10	75	3.57	0.81
Tubería 66	45.12	75	1.73	0.39
Tubería 67	81.38	75	4.01	0.91
Tubería 68	79.65	150	21.91	1.24
Tubería 69	87.45	50	0.31	0.16
Tubería 70	35.54	50	0.13	0.07
Tubería 71	67.63	50	0.13	0.07
Tubería 72	60.01	50	0.60	0.31

Tabla de Red - Líneas

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 98	66.00	50	0.60	0.30
Tubería 100	96.37	50	0.30	0.15
Tubería 101	77.71	50	0.30	0.15
Tubería 102	73.43	50	1.78	0.90
Tubería 103	55.30	50	1.78	0.90
Tubería 104	44.69	50	1.50	0.76
Tubería 105	40.31	50	0.73	0.37
Tubería 106	26.01	50	0.38	0.19
Tubería 107	68.74	25	0.28	0.57
Tubería 108	42.98	50	1.94	0.99
Tubería 109	55.86	50	1.86	0.95
Tubería 110	55.87	50	1.50	0.76
Tubería 111	75.94	50	1.22	0.62
Tubería 112	58.83	100	5.84	0.74
Tubería 113	64.84	100	4.79	0.61
Tubería 114	64.21	75	4.71	1.07
Tubería 115	74.53	50	1.84	0.93
Tubería 117	24.60	50	0.15	0.07
Tubería 118	14.20	50	1.77	0.90
Tubería 119	63.39	50	0.73	0.37
Tubería 120	38.64	50	0.73	0.37
Tubería 121	51.69	50	0.55	0.28
Tubería 122	38.59	50	0.27	0.14
Tubería 123	39.61	25	0.05	0.11

Tubería 149	91.61	50	0.59	0.30
Tubería 150	89.50	50	0.59	0.30
Tubería 151	42.66	25	0.43	0.88
Tubería 152	43.17	25	0.21	0.43
Tubería 153	19.44	25	0.00	0.00
Tubería 154	61.28	25	0.00	0.00
Tubería 155	59.69	25	0.00	0.00
Tubería 156	51.99	150	18.70	1.06
Tubería 99	66.72	25	0.60	1.21
Tubería 116	44.05	50	1.31	0.67
Tubería 130	17.25	50	2.30	1.17
Tubería 84	25.81	150	-17.29	0.98
Tubería 157	15	50	48.37	24.64

A.2 Análisis Hidráulico de los nodos de la red de Distribución

Tabla de Red - Nodos					
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión J113	155.165	0.7150735	0.72	212.82	57.65
Conexión J114	158.232	0.7150735	0.72	213.04	54.81
Conexión J234	158.761	0	0.00	219.94	61.18
Conexión J126	156.826	0.8739788	0.87	225.30	68.48
Conexión J115	158.423	0.7547998	0.75	213.51	55.09
Conexión J235	159.539	0.4369894	0.44	213.82	54.28
Conexión J125	157.857	0.4369894	0.44	218.05	60.20
Conexión J116	158.273	0.3972631	0.40	219.06	60.79
Conexión J236	159.098	0.3972631	0.40	218.02	58.93
Conexión J124	158.384	0.7945261	0.79	218.24	59.86
Conexión J118	157.686	0.3178105	0.32	219.72	62.04
Conexión J117	158.640	1.3109681	1.31	219.48	60.84
Conexión J239	162.195	0	0.00	221.06	58.86
Conexión J238	161.246	0	0.00	220.50	59.25
Conexión J237	159.555	0.3972631	0.40	217.69	58.14
Conexión J123	159.535	0.3575368	0.36	218.84	59.31
Conexión J122	160.830	0	0.00	219.50	58.67
Conexión J121	162.313	0.7547998	0.75	219.98	57.66
Conexión J120	164.743	0.9137051	0.91	221.58	56.84
Conexión J119	165.497	0.7547998	0.75	222.41	56.92
Conexión J240	165.339	0.2780842	0.28	223.40	58.06
Conexión J214	162.000	0.7150735	0.72	221.99	59.99
Conexión J215	161.105	0.2383578	0.24	229.69	68.58
Conexión J230	161.219	0	0.00	229.03	67.81
Conexión J216	161.051	0.1986315	0.20	229.91	68.85

Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión J219	157.215	0.1986315	0.20	229.64	72.42
Conexión J232	156.206	0.6753472	0.68	229.19	72.98
Conexión J231	159.310	0	0.00	229.10	69.79
Conexión J229	161.520	0.5958946	0.60	229.03	67.51
Conexión J220	155.484	0.6356209	0.64	229.68	74.19
Conexión J233	156.854	0	0.00	229.33	72.48
Conexión J228	163.250	0.5164420	0.52	227.97	64.72
Conexión J227	162.253	0.6356209	0.64	229.03	66.78
Conexión J226	161.084	0	0.00	229.07	67.99
Conexión J212	159.060	0.5164420	0.52	231.10	72.04
Conexión J213	158.337	0.5164420	0.52	230.79	72.45
Conexión J218	153.747	0.5564683	0.56	230.45	76.71
Conexión J225	154.225	0	0.00	229.84	75.62
Conexión J224	158.798	0.5958946	0.60	229.12	70.32
Conexión J211	157.633	0	0.00	230.34	72.71
Conexión J221	151.588	0.2780842	0.28	230.04	78.45
Conexión J222	151.692	0.2383578	0.24	229.84	78.14
Conexión J223	156.834	0.7150735	0.72	229.34	72.51
Conexión J134	164.158	0.2383578	0.24	226.31	62.16
Conexión J133	161.098	0.2383578	0.24	228.46	67.36
Conexión J132	159.049	0	0.00	228.37	69.32
Conexión J217	153.852	0	0.00	230.79	76.94
Conexión J210	153.920	0.9534314	0.95	229.57	75.65
Conexión J209	153.023	0.4767157	0.48	229.32	76.30
Conexión J139	151.574	0.3972631	0.40	229.15	77.57

Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión J138	156.478	0.1986315	0.20	228.41	71.93
Conexión J131	159.029	0.6753472	0.68	228.30	69.27
Conexión J140	151.260	0.4369894	0.44	227.85	76.59
Conexión J137	156.552	0.4369894	0.44	227.79	71.24
Conexión J130	158.214	0.3178105	0.32	228.03	69.81
Conexión J208	153.847	0.6753472	0.68	228.81	74.97
Conexión J142	151.244	0.7150735	0.72	227.00	75.76
Conexión J141	151.000	0	0.00	226.99	75.99
Conexión J136	154.072	0.4369894	0.44	226.99	72.91
Conexión J129	157.073	0.3178105	0.32	227.17	70.10
Conexión J128	156.704	0	0.00	226.90	70.19
Conexión J144	151.812	0.35755368	0.36	226.80	74.99
Conexión J143	151.361	0.3178105	0.32	226.66	75.30
Conexión J135	153.707	0.35755368	0.36	226.64	72.93
Conexión J127	155.703	0.4767157	0.48	226.33	70.63
Conexión J146	152.060	0.8739788	0.87	227.90	75.84
Conexión J145	152.162	0.1589052	0.16	226.69	74.53
Conexión J147	152.528	0.8342525	0.83	226.06	73.53
Conexión J148	155.000	0.7945261	0.79	225.60	70.60
Conexión J157	151.590	0.2780842	0.28	227.51	75.92
Conexión J153	149.733	0	0.00	227.57	77.83
Conexión J151	149.300	0	0.00	225.84	76.54
Conexión J149	152.901	0	0.00	225.39	72.49
Conexión J156	149.290	0	0.00	227.36	78.07
Conexión J155	145.724	0.2780842	0.28	227.23	81.50

Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión J154	142.840	0.7150735	0.72	227.20	84.36
Conexión J152	142.840	0.8342525	0.83	225.61	82.77
Conexión J150	146.350	0.7945261	0.79	225.19	78.84
Conexión J162	148.473	0	0.00	225.19	76.72
Conexión J159	141.072	0.3575368	0.36	226.27	85.19
Conexión J161	141.072	0	0.00	226.27	85.19
Conexión J160	147.539	0	0.00	226.27	78.73
Conexión J243	152.232	0	0.00	228.12	75.89
Conexión J206	147.179	0.5164420	0.52	217.34	70.16
Conexión J200	150.771	0.7945261	0.79	222.50	71.73
Conexión J199	151.351	0	0.00	223.76	72.41
Conexión J198	150.695	0.5958946	0.60	224.67	73.98
Conexión J197	153.453	0.5958946	0.60	226.26	72.80
Conexión J207	145.258	0.23835787	0.24	220.69	75.43
Conexión J201	149.099	0.6356209	0.64	221.74	72.64
Conexión J203	151.576	0.5164420	0.52	221.93	70.35
Conexión J190	150.179	0.9931577	0.99	223.00	72.82
Conexión J191	149.064	0.6753472	0.68	225.86	76.80
Conexión J195	149.524	0.6753472	0.68	226.36	76.84
Conexión J196	151.244	0.3972631	0.40	227.98	76.74
Conexión J202	145.283	0.1986315	0.20	221.24	75.95
Conexión J204	144.692	0	0.00	221.77	77.08
Conexión J189	143.574	0	0.00	222.94	79.36
Conexión J192	147.154	0	0.00	224.58	77.43
Conexión J194	147.326	0.0794526	0.08	225.48	78.16

Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión J241	150.302	0.1191789	0.12	227.66	77.36
Conexión J205	143.336	0.5958946	0.60	217.27	73.94
Conexión J188	142.660	0.2780842	0.28	223.62	80.96
Conexión J193	143.317	0.3575368	0.36	224.42	81.11
Conexión J242	148.505	0.0794526	0.08	227.42	78.91
Conexión J183	143.131	0.2780842	0.28	221.76	78.63
Conexión J184	142.458	0.3972631	0.40	222.89	80.43
Conexión J185	140.847	0.3575368	0.36	222.91	82.07
Conexión J186	139.826	0.6753472	0.68	223.05	83.22
Conexión J187	140.188	0.2780842	0.28	223.71	83.52
Conexión J181	139.830	0.6753472	0.68	222.27	82.44
Conexión J182	140.110	0	0.00	222.40	82.29
Conexión J180	138.578	0.4369894	0.44	222.61	84.03
Conexión J177	135.907	0.1986315	0.20	222.24	86.33
Conexión J178	136.739	0.2780842	0.28	222.26	85.52
Conexión J171	136.862	0	0.00	222.61	85.74
Conexión J179	135.425	0.47678151	0.48	222.36	86.93
Conexión J175	134.662	0.2780842	0.28	222.09	87.42
Conexión J174	134.371	0	0.00	222.15	87.78
Conexión J173	133.143	0.2780842	0.28	222.22	89.08
Conexión J176	134.985	0.3178105	0.32	221.63	86.64
Conexión J172	141.648	0.2383578	0.24	225.09	83.44
Conexión J158	144.668	0.22383578	0.22	226.47	81.80
Conexión J168	138.688	0.3178105	0.32	223.52	84.84
Conexión J166	141.455	0.6753472	0.68	224.73	83.28

Conexión J163	143.530	0.3972631	0.40	225.78	82.25
Conexión J169	138.608	0.2780842	0.28	222.85	84.24
Conexión J167	141.439	0.4369894	0.44	223.19	81.75
Conexión J164	143.228	0	0.00	225.64	82.41
Conexión J165	144.577	0.1589052	0.16	225.48	80.90
Conexión J170	136.924	0	0.00	222.95	86.02
Embalse 132	350	No Disponible	-48.37	350.00	0.00

A.3 Análisis Hidráulico sin consumo

Tabla de Red - Nudos				
ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión J113	155.165	0.00	350.00	194.83
Conexión J114	158.232	0.00	350.00	191.77
Conexión J234	158.761	0.00	350.00	191.24
Conexión J126	156.826	0.00	350.00	193.17
Conexión J115	158.423	0.00	350.00	191.58
Conexión J235	159.539	0.00	350.00	190.46
Conexión J125	157.857	0.00	350.00	192.14
Conexión J116	158.273	0.00	350.00	191.73
Conexión J236	159.098	0.00	350.00	190.90
Conexión J124	158.384	0.00	350.00	191.62
Conexión J118	157.686	0.00	350.00	192.31
Conexión J117	158.640	0.00	350.00	191.36
Conexión J239	162.195	0.00	350.00	187.80
Conexión J238	161.246	0.00	350.00	188.75
Conexión J237	159.555	0.00	350.00	190.44
Conexión J123	159.535	0.00	350.00	190.46
Conexión J122	160.830	0.00	350.00	189.17
Conexión J121	162.313	0.00	350.00	187.69
Conexión J120	164.743	0.00	350.00	185.26
Conexión J119	165.497	0.00	350.00	184.50
Conexión J240	165.339	0.00	350.00	184.66
Conexión J214	162.000	0.00	350.00	188.00
Conexión J215	161.105	0.00	350.00	188.89
Conexión J230	161.219	0.00	350.00	188.78

Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión J216	161.051	0.00	350.00	188.95
Conexión J219	157.215	0.00	350.00	192.78
Conexión J232	156.206	0.00	350.00	193.79
Conexión J231	159.310	0.00	350.00	190.69
Conexión J229	161.520	0.00	350.00	188.48
Conexión J220	155.484	0.00	350.00	194.52
Conexión J233	156.854	0.00	350.00	193.15
Conexión J228	163.250	0.00	350.00	186.75
Conexión J227	162.253	0.00	350.00	187.75
Conexión J226	161.084	0.00	350.00	188.92
Conexión J212	159.060	0.00	350.00	190.94
Conexión J213	158.337	0.00	350.00	191.66
Conexión J218	153.747	0.00	350.00	196.25
Conexión J225	154.225	0.00	350.00	195.77
Conexión J224	158.798	0.00	350.00	191.20
Conexión J211	157.633	0.00	350.00	192.37
Conexión J221	151.588	0.00	350.00	198.41
Conexión J222	151.692	0.00	350.00	198.31
Conexión J223	156.834	0.00	350.00	193.17
Conexión J134	164.158	0.00	350.00	185.84
Conexión J133	161.098	0.00	350.00	188.90
Conexión J132	159.049	0.00	350.00	190.95
Conexión J217	153.852	0.00	350.00	196.15
Conexión J210	153.920	0.00	350.00	196.08

 Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión J209	153.023	0.00	350.00	196.98
Conexión J139	151.574	0.00	350.00	198.43
Conexión J138	156.478	0.00	350.00	193.52
Conexión J131	159.029	0.00	350.00	190.97
Conexión J140	151.260	0.00	350.00	198.74
Conexión J137	156.552	0.00	350.00	193.45
Conexión J130	158.214	0.00	350.00	191.79
Conexión J208	153.847	0.00	350.00	196.15
Conexión J142	151.244	0.00	350.00	198.76
Conexión J141	151.000	0.00	350.00	199.00
Conexión J136	154.072	0.00	350.00	195.93
Conexión J129	157.073	0.00	350.00	192.93
Conexión J128	156.704	0.00	350.00	193.30
Conexión J144	151.812	0.00	350.00	198.19
Conexión J143	151.361	0.00	350.00	198.64
Conexión J135	153.707	0.00	350.00	196.29
Conexión J127	155.703	0.00	350.00	194.30
Conexión J146	152.060	0.00	350.00	197.94
Conexión J145	152.162	0.00	350.00	197.84
Conexión J147	152.528	0.00	350.00	197.47
Conexión J148	155.000	0.00	350.00	195.00
Conexión J157	151.590	0.00	350.00	198.41
Conexión J153	149.733	0.00	350.00	200.27
Conexión J151	149.300	0.00	350.00	200.70

Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión J149	152.901	0.00	350.00	197.10
Conexión J156	149.290	0.00	350.00	200.71
Conexión J155	145.724	0.00	350.00	204.28
Conexión J154	142.840	0.00	350.00	207.16
Conexión J152	142.840	0.00	350.00	207.16
Conexión J150	146.350	0.00	350.00	203.65
Conexión J162	148.473	0.00	350.00	201.53
Conexión J159	141.072	0.00	350.00	208.93
Conexión J161	141.072	0.00	350.00	208.93
Conexión J160	147.539	0.00	350.00	202.46
Conexión J243	152.232	0.00	350.00	197.77
Conexión J206	147.179	0.00	350.00	202.82
Conexión J200	150.771	0.00	350.00	199.23
Conexión J199	151.351	0.00	350.00	198.65
Conexión J198	150.695	0.00	350.00	199.30
Conexión J197	153.453	0.00	350.00	196.55
Conexión J207	145.258	0.00	350.00	204.74
Conexión J201	149.099	0.00	350.00	200.90
Conexión J203	151.576	0.00	350.00	198.42
Conexión J190	150.179	0.00	350.00	199.82
Conexión J191	149.064	0.00	350.00	200.94
Conexión J195	149.524	0.00	350.00	200.48
Conexión J196	151.244	0.00	350.00	198.76
Conexión J202	145.283	0.00	350.00	204.72

Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión J204	144.692	0.00	350.00	205.31
Conexión J189	143.574	0.00	350.00	206.43
Conexión J192	147.154	0.00	350.00	202.85
Conexión J194	147.326	0.00	350.00	202.67
Conexión J241	150.302	0.00	350.00	199.70
Conexión J205	143.336	0.00	350.00	206.66
Conexión J188	142.660	0.00	350.00	207.34
Conexión J193	143.317	0.00	350.00	206.68
Conexión J242	148.505	0.00	350.00	201.49
Conexión J183	143.131	0.00	350.00	206.87
Conexión J184	142.458	0.00	350.00	207.54
Conexión J185	140.847	0.00	350.00	209.15
Conexión J186	139.826	0.00	350.00	210.17
Conexión J187	140.188	0.00	350.00	209.81
Conexión J181	139.830	0.00	350.00	210.17
Conexión J182	140.110	0.00	350.00	209.89
Conexión J180	138.578	0.00	350.00	211.42
Conexión J177	135.907	0.00	350.00	214.09
Conexión J178	136.739	0.00	350.00	213.26
Conexión J171	136.862	0.00	350.00	213.14
Conexión J179	135.425	0.00	350.00	214.57
Conexión J175	134.662	0.00	350.00	215.34
Conexión J174	134.371	0.00	350.00	215.63
Conexión J173	133.143	0.00	350.00	216.86

Conexión J173	133.143	0.00	350.00	216.86
Conexión J176	134.985	0.00	350.00	215.01
Conexión J172	141.648	0.00	350.00	208.35
Conexión J158	144.668	0.00	350.00	205.33
Conexión J168	138.688	0.00	350.00	211.31
Conexión J166	141.455	0.00	350.00	208.54
Conexión J163	143.530	0.00	350.00	206.47
Conexión J169	138.608	0.00	350.00	211.39
Conexión J167	141.439	0.00	350.00	208.56
Conexión J164	143.228	0.00	350.00	206.77
Conexión J165	144.577	0.00	350.00	205.42
Conexión J170	136.924	0.00	350.00	213.08
Embalse 132	350	0.00	350.00	0.00

A.4 Análisis Hidráulico condición con bomba

Tabla de Red - Líneas				
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 73	41.73	50	0.28	0.14
Tubería 74	41.31	50	1.13	0.58
Tubería 75	41.19	50	1.64	0.84
Tubería 76	61.83	50	1.51	0.77
Tubería 77	40.61	50	1.21	0.61
Tubería 78	62.50	100	21.89	2.79
Tubería 79	26.63	50	7.71	3.93
Tubería 80	15.26	50	7.55	3.85
Tubería 81	38.24	50	2.55	1.30
Tubería 82	47.39	50	1.80	0.92
Tubería 83	35.19	50	0.96	0.49
Tubería 85	61.28	50	2.18	1.11
Tubería 86	63.00	50	1.58	0.81
Tubería 87	87.61	50	1.58	0.81
Tubería 88	99.64	25	0.52	1.05
Tubería 89	42.67	50	-2.77	1.41
Tubería 90	38.91	75	8.02	1.82
Tubería 91	24.38	75	5.48	1.24
Tubería 92	55.65	50	3.11	1.58
Tubería 93	54.71	50	1.91	0.97
Tubería 94	49.87	50	0.80	0.41
Tubería 95	42.24	25	0.27	0.55
Tubería 96	85.02	25	0.24	0.49
Tubería 97	56.63	25	0.20	0.40
Tubería 98	66.00	50	0.60	0.30
Tubería 100	96.37	50	0.20	0.10

Tabla de Red - Líneas

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 101	77.71	50	0.20	0.10
Tubería 102	73.43	50	1.70	0.86
Tubería 103	55.30	50	1.70	0.86
Tubería 104	44.69	50	1.42	0.72
Tubería 105	40.31	50	0.83	0.42
Tubería 106	26.01	50	0.47	0.24
Tubería 107	68.74	25	0.28	0.57
Tubería 108	42.98	50	1.87	0.95
Tubería 109	55.86	50	1.79	0.91
Tubería 110	55.87	50	1.43	0.73
Tubería 111	75.94	50	1.15	0.59
Tubería 112	58.83	100	-11.19	1.43
Tubería 113	64.84	100	5.04	0.64
Tubería 114	64.21	75	4.96	1.12
Tubería 115	74.53	50	1.95	1.00
Tubería 117	24.60	50	-0.10	0.05
Tubería 118	14.20	50	1.78	0.90
Tubería 119	63.39	50	0.73	0.37
Tubería 120	38.64	50	0.73	0.37
Tubería 121	51.69	50	0.55	0.28
Tubería 122	38.59	50	0.27	0.14
Tubería 123	39.61	25	0.05	0.11
Tubería 124	39.89	25	0.13	0.26
Tubería 125	39.62	50	0.75	0.38
Tubería 126	49.58	50	0.47	0.24
Tubería 127	40.28	50	0.47	0.24

Tabla de Red - Líneas

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 128	21.83	25	0.32	0.65
Tubería 129	40.49	75	2.78	0.63
Tubería 131	62.73	50	1.87	0.95
Tubería 132	25.19	50	1.72	0.87
Tubería 133	45.71	50	2.47	1.26
Tubería 134	22.94	50	-1.88	0.96
Tubería 135	39.01	50	-1.88	0.96
Tubería 136	41.02	25	0.28	0.57
Tubería 137	40.55	25	0.44	0.89
Tubería 138	24.67	25	0.16	0.32
Tubería 139	27.64	25	0.16	0.32
Tubería 140	27.79	50	-16.35	8.33
Tubería 141	54.63	50	-16.63	8.47
Tubería 142	50.39	50	-16.63	8.47
Tubería 143	90.92	50	13.31	6.78
Tubería 144	99.61	50	13.31	6.78
Tubería 145	28.07	50	-16.91	8.61
Tubería 146	92.09	50	4.02	2.05
Tubería 147	94.39	50	4.02	2.05
Tubería 148	42.45	50	2.70	1.38
Tubería 149	91.61	50	1.91	0.97
Tubería 150	89.50	50	1.91	0.97
Tubería 151	42.66	25	-4.32	8.79
Tubería 152	43.17	25	-1.13	2.30
Tubería 153	19.44	25	0.00	0.00
Tubería 154	61.28	25	0.00	0.00

Tubería 155	59.69	25	0.00	0.00
Tubería 156	51.99	150	18.69	1.06
Tubería 99	66.72	25	0.60	1.21
Tubería 116	44.05	50	1.06	0.54
Tubería 130	17.25	50	2.43	1.24
Tubería 84	15.10	150	-48.34	2.74
Tubería 157	10.5	150	48.34	2.74
Bomba 158	No Disponible	No Disponible	48.34	0.00

B. Costos de Inversión

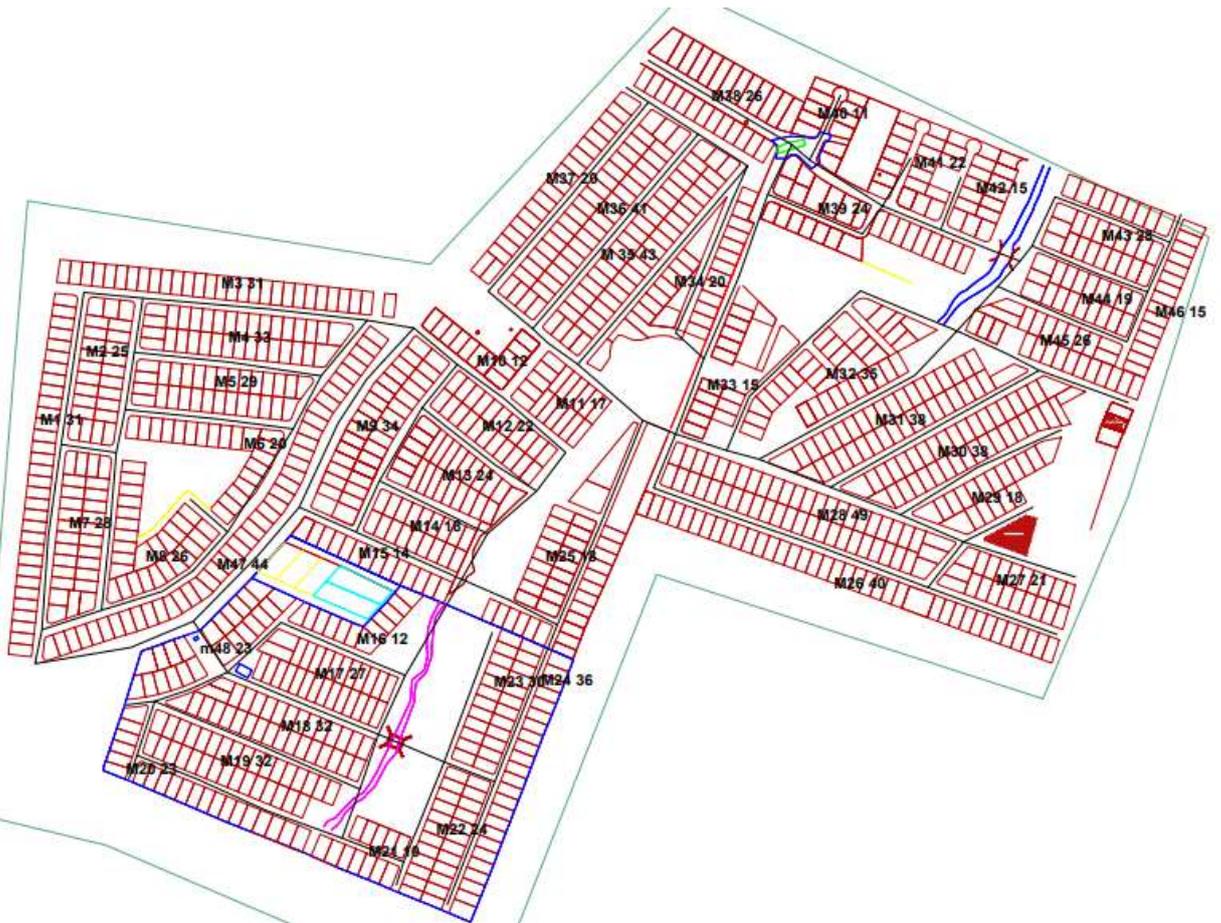
Presupuesto de obras para abastecimiento de agua potable en Villa Esperanza

ITEM	ACTIVIDADES	UND	CANT	MATERIALES		MANO DE OBRA		EQUIPOS		COSTO	
				UNIT MAT.	T MAT	UNIT M.O	T M.O	UNIT EQUIP.	T EQUIP	T UNIT	TOTAL
1	PRELIMINARES				\$ 3,820.30		\$ 1,328.80		\$ 581.35		\$ 9,430.45
1.1	Rotulaciones y señalización	gbl	1.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00
1.2	Construcciones temporales	gbl	1.00		\$ -		\$ -		\$ -	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
1.3	Trazo y Nivelación.	ml	8305.00	\$ 0.46	\$ 3,820.30	\$ 0.16	\$ 1,328.80	\$ 0.07	\$ 581.35	\$ 0.69	\$ 5,730.45
2	EXCAVACIONES.				\$ -		\$ 4,039.88		\$ 42,837.25		\$ 46,877.13
2.1	Excavacion con máquina en terreno natural 0 a 1.20 mtrs	m3	1282.50	\$ -	\$ -	\$ 3.15	\$ 4,039.88	\$ -	\$ -	\$ 3.15	\$ 4,039.88
2.2	Excavacion con máquina en terreno natural 1.20 a 2 mtrs	m3	1282.50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 6.10	\$ 7,823.25	\$ 6.10	\$ 7,823.25
2.3	Excavacion con máquina en terreno natural 2 a 3 mtrs	m3	4298.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 6.10	\$ 26,217.80	\$ 6.10	\$ 26,217.80
2.4	Excavacion con máquina en terreno natural 3 a 4 mtrs	m3	1442.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 6.10	\$ 8,796.20	\$ 6.10	\$ 8,796.20
3	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERÍAS				\$ 35,564.82		\$ 10,794.05		\$ 1,949.40		\$ 48,308.27
3.1	Sum e Inst de tubería pvc SDR 17 Diametro 25 mm	ml	2565.00	\$ 1.56	\$ 3,991.14	\$ 0.45	\$ 1,154.25	\$ 0.20	\$ 513.00	\$ 2.21	\$ 5,658.39
3.3	Sum e Inst de tubería pvc SDR 26 Diametro 50 mm	ml	4298.00	\$ 3.80	\$ 16,315.21	\$ 1.26	\$ 5,415.48	\$ 0.20	\$ 859.60	\$ 5.26	\$ 22,590.29
3.4	Sum e Inst de tubería pvc SDR 26 Diametro 75 mm	ml	712.00	\$ 8.52	\$ 6,063.39	\$ 2.16	\$ 1,537.92	\$ 0.40	\$ 284.80	\$ 11.08	\$ 7,886.11
3.5	Sum e Inst de tubería pvc SDR 26 Diametro 100 mm	ml	730.00	\$ 12.60	\$ 9,195.08	\$ 3.68	\$ 2,686.40	\$ 0.40	\$ 292.00	\$ 16.68	\$ 12,173.48
4	CONEXIONES A LA RED				\$ 13,340.00		\$ 6,780.00		\$ -		\$ 20,120.00
4.1	Suministro e inst de acometida larga	und	55.00	\$ 20.00	\$ 1,100.00	\$ 12.00	\$ 660.00	\$ -	\$ -	\$ 32.00	\$ 1,760.00
4.2	Suministro e Inst. de acometida corta	und	1224.00	\$ 10.00	\$ 12,240.00	\$ 5.00	\$ 6,120.00	\$ -	\$ -	\$ 15.00	\$ 18,360.00
5	RELLENOS Y COMPACTACIÓN.				\$ 4,185.72		\$ 5,994.72		\$ 26,251.69		\$ 36,432.12
5.1	Relleno cama de arena para tuberías 0.10 mtrs de espesor	m3	523.22	\$ 8.00	\$ 4,185.72	\$ 1.14	\$ 596.47	\$ 0.65	\$ 340.09	\$ 9.79	\$ 5,122.27
5.2	Relleno y compactación de zanja mat del sitio cada 0.20 m	ml	8305.00	\$ -	\$ -	\$ 0.65	\$ 5,398.25	\$ 3.12	\$ 25,911.60	\$ 3.77	\$ 31,309.85
6	LIMPIEZA Y DESALOJO				\$ -		\$ 606.93		\$ 4,981.01		\$ 5,587.94
5.1	Desalojo de material sobrante de las excavaciones	m3	418.57	\$ -	\$ -	\$ 1.16	\$ 485.54	\$ 9.52	\$ 3,984.81	\$ 10.68	\$ 4,470.35
5.2	Desalojo de material de escombros	m3	104.64	\$ -	\$ -	\$ 1.16	\$ 121.39	\$ 9.52	\$ 996.20	\$ 10.68	\$ 1,117.59
7	PRUEBAS Y ENTREGA FINAL				\$ 2,757.60		\$ 2,209.30		\$ 3,622.00		\$ 8,588.90
7.1	Pruebas de Fugas a presion constante (pruebas hidrostáticas)	ml	8305.00	\$ 0.32	\$ 2,657.60	\$ 0.26	\$ 2,159.30	\$ 0.40	\$ 3,322.00	\$ 0.98	\$ 8,138.90
7.2	Limpieza final y entrega	gbl	1.00	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 300.00	\$ 300.00	\$ 450.00	\$ 450.00
	COSTO TOTAL DIRECTO										\$ 175,344.81

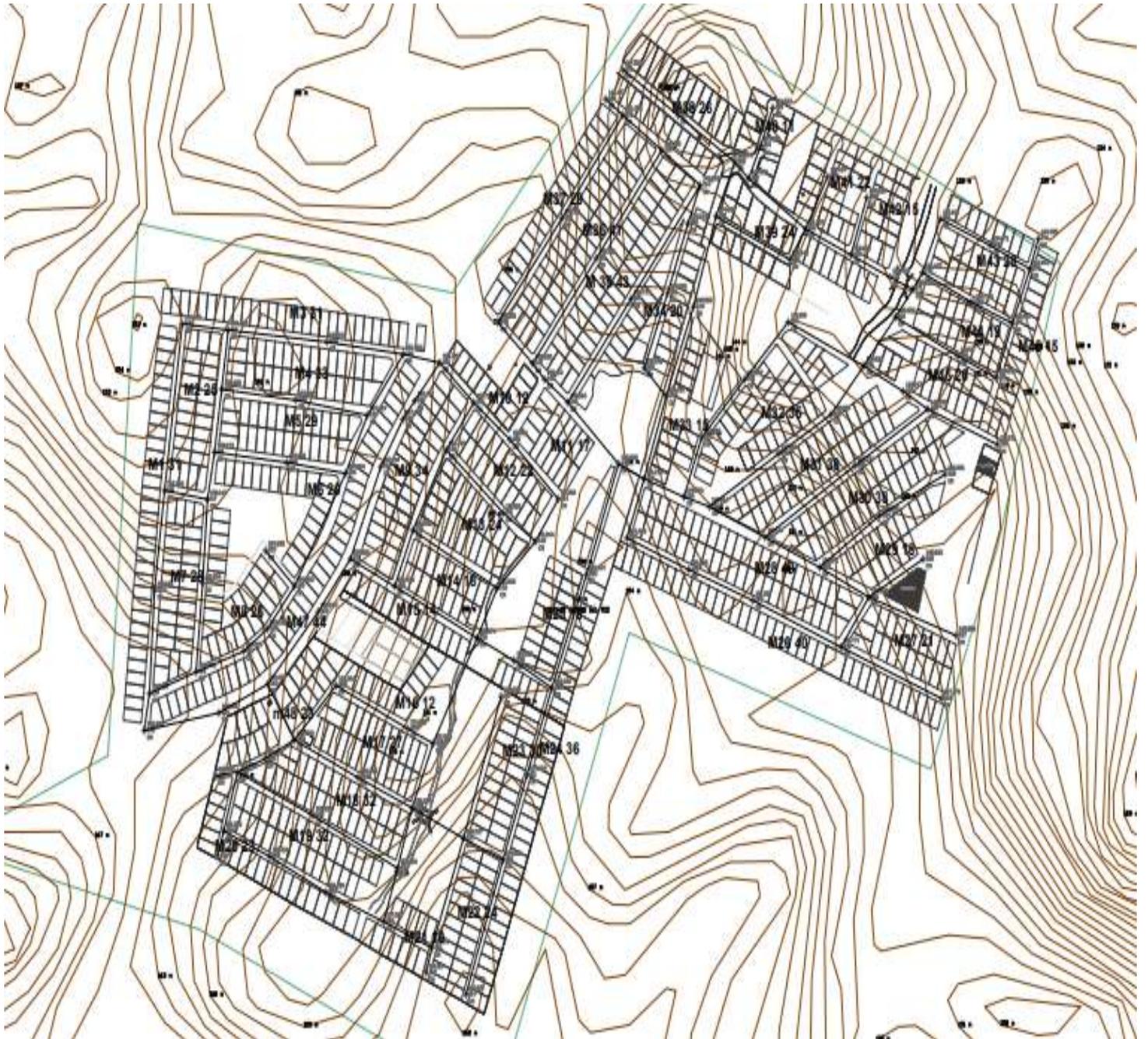
US/ML \$ 21.11

C. Planos

C.1 Lotificación por Manzanas



C.2 Lotificación con curvas de Nivel



C.3 Nodos de la lotificación

