



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL  
REPARTO MORIAH – LOS CACHORROS UBICADO EN EL MUNICIPIO DE  
JINOTEPE DEPARTAMENTO DE CARAZO**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Faryde Ivania García García

**Tutor**

M. Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González

**Asesor**

Ing. Julio Cesar Solís Corea

Managua, Octubre 2016

## Contenido

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN EJECUTIVO .....                                   | 5  |
| CAPITULO I. GENERALIDADES.....                            | 7  |
| 1.1INTRODUCCIÓN .....                                     | 7  |
| 1.2 ANTECEDENTES.....                                     | 8  |
| 1.3 JUSTIFICACION.....                                    | 9  |
| 1.4 OBJETIVOS .....                                       | 10 |
| 1.4.1 Objetivo general.....                               | 10 |
| 1.4.2 Objetivos específicos .....                         | 10 |
| CAPITUIO II. INFORMACION DEL PROYECTO.....                | 11 |
| 2.1 Ubicación del proyecto .....                          | 11 |
| 2.2 Situación geográfica y topográfica .....              | 12 |
| 2.3 Población y vivienda.....                             | 13 |
| 2.4 Servicios públicos existentes.....                    | 13 |
| 2.5 Vías de comunicación .....                            | 14 |
| 2.6 Clima, precipitaciones e hidrología superficial ..... | 15 |
| 2.7 Geología e hidrogeología.....                         | 16 |
| CAPITULO III. MARCO TEORICO.....                          | 19 |
| 3.1 Fundamentos de diseño.....                            | 19 |
| 3.2 Periodo de Diseño .....                               | 19 |
| 3.3 Población de diseño .....                             | 20 |
| 3.4 Consumo de agua.....                                  | 21 |
| 3.5 Consumo doméstico .....                               | 21 |
| 3.6 Dotación.....   | 22 |
| 3.7 Demanda actual .....                                  | 23 |
| 3.8 Dotación para incendio.....                           | 23 |
| 3.9 Factores de variaciones .....                         | 24 |
| 3.10 Pérdidas por fricción.....                           | 26 |
| 3.11 Velocidades permisibles .....                        | 27 |
| 3.12 Presiones Máximas y Mínimas.....                     | 27 |
| 3.13 Diámetro mínimo.....                                 | 27 |
| 3.14 Calculo Hidráulico.....                              | 28 |

|  |    |
|--|----|
| 3.15 Sistema de agua potable .....                                     | 29 |
| 3.16 Conexiones domiciliarias .....                                    | 37 |
| 3.17 Almacenamiento .....  | 37 |
| CAPITULO IV. DISEÑO METODOLOGICO .....                                 | 38 |
| 4.1 Fuente de abastecimiento.....                                      | 38 |
| 4.2 Levantamiento topográfico.....                                     | 38 |
| 4.9 Red de distribución .....  | 41 |
| 4.10 Línea de conducción propuesta .....                               | 42 |
| 4.11 Almacenamiento .....  | 42 |
| 4.12 Presiones máximas y mínimas.....                                  | 43 |
| 4.13 velocidades permisibles .....                                     | 43 |
| 4.14 Diámetro mínimo.....  | 43 |
| 4.15 Dispositivos hidráulicos.....                                     | 43 |
| 4.16 Coberturas sobre tuberías .....                                   | 43 |
| CAPITULO V. CALCULO HIDRAULICO Y RESULTADO DE ANALISIS .....           | 44 |
| 5.1 Resultados de levantamiento topográfico.....                       | 44 |
| 5.2 Registro de presiones.....   | 45 |
| 5.3 Registro de caudal .....   | 45 |
| 5.4 Calculo del sistema de agua potable .....                          | 45 |
| 5.5 Análisis hidráulico de red de distribución.....                    | 51 |
| 5.6 Especificaciones técnicas de materiales y construcción.....        | 68 |
| PRESUPUESTO ESTIMADO DEL PROYECTO .....                                | 88 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....                                    | 89 |
| 1. Conclusiones.....   | 89 |
| 2. Recomendaciones .....   | 90 |
| BIBLIOGRAFIA .....   | 91 |
| ANEXOS .....   | 92 |
| Anexo A.....   | 92 |
| Anexo B. Trabajo en campo.....   | 95 |
| Anexo C. Datos operativos de Pozos en Jinotepe (tiempo de bombeo)..... | 96 |
| Anexo D. Calidad del agua.....   | 97 |
| Anexo E. Planos de proyecto.....                                       | 98 |

## INDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 3.1</b> Dotaciones de Agua   | 23 |
| <b>Tabla 3.2</b> Caudales contra incendio   | 24 |
| <b>Tabla 3.3</b> Coeficientes de capacidad hidráulica “C” en la fórmula de Hazen-Williams | 29 |
| <b>Tabla 3.7</b> Profundidades y anchos de zanja recomendados                             | 35 |
| <b>Tabla 5.1</b> Elevaciones en los puntos de diseño de la red                            | 44 |
| <b>Tabla 5.2</b> Registro de presiones  | 45 |
| <b>Tabla 5.3</b> Demanda de agua por nodo   | 48 |

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio surge como una necesidad de resolver el problema de agua potable del reparto Moriah-los cachorros que siendo un asentamiento nuevo no posee ningún tipo de acueducto para el abastecimiento del vital líquido, ante esta situación planteada los lugareños compran el agua para consumo humano a los lugares aledaños, compran el barril de agua a razón de C\$35 por cada barril más el costo del acarreo a sus viviendas.

Por tanto el presente documento trata sobre el diseño de las nuevas obras que se incorporarán al sistema de agua potable, el diseño se orientó hacia el aprovechamiento de las obras existentes de la ciudad de Jinotepe.

Los trabajos de campo en los cuales se basó el diagnóstico y el diseño consistieron en:

- ✓ Se tomaron pruebas de presión en un punto de la red existente.
- ✓ Se realizaron dos sondeos en la red de distribución existente a acoplarse para determinar el estado actual de las tuberías.
- ✓ Se recopiló información de la calidad del agua de las fuentes existentes y la proyectada en ENACAL Jinotepe.
- ✓ Se recopiló toda la información disponible relacionada al proyecto.
- ✓ Se realizó medición de caudales de la fuente existente in situ.

La situación actual del sistema de abastecimiento presenta los siguientes inconvenientes:

- Sistemas de abastecimiento improvisados e independientes (ilegales) por los habitantes del sector
- Ningún tipo de micro medición por tanto el agua no contabilizada es alta.
- Las presiones en muchos puntos de la red de distribución no cumplen con las normas mínimas recomendadas por INAA.

Las obras propuestas en el nuevo sistema mejorado son las siguientes:

1. Incorporar el nuevo sistema al acueducto existente abastecido por el pozo "El calvario" construido por ENACAL en el año 1992, el cual presenta suficiente caudal para abastecer la demanda de agua de la localidad los cachorros para todo el periodo de diseño, además el agua es de buena calidad.
2. Construcción de una línea de conducción de 383 ml en diámetro de 6" PVC SDR -26 entre el punto de acople y la red propuesta del lugar de estudio y construcción de 1,088.07 m de tubería nueva la construcción de la red de distribución en diámetro de 2" PVC
3. Instalación de 119 medidores nuevas con sus cajas de registro para las conexiones nuevas.

Con estas obras propuestas se garantizará el buen funcionamiento del sistema de agua potable hasta el año 2036. El costo estimado de las obras propuestas asciende a un total de \$17,043.53 Dólares asumiendo que se construyen en el año 2016, lo que equivale a \$143.26 US/vivienda y \$23.88 U.S./habitante.

## **CAPITULO I. GENERALIDADES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El agua es el vital líquido para la supervivencia de la vida humana y la naturaleza es por esto que todo tipo de actividad de desarrollo está ligado a la utilización de este elemento.

Siendo de gran importancia el uso del agua, su acceso y disponibilidad a ella es aún de mayor prioridad.

Es por ello que la forma de extracción y transporte del agua hasta el lugar requerido ha sido mejorada a través del tiempo hasta los actuales sistemas de abastecimiento de agua potable.

Es ahí donde la ingeniería civil juega un papel importante en el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable, ya que el ingeniero debe tomar en consideración una serie de elementos que le permitan, mediante estudios y trabajos especializados, satisfacer de manera efectiva y sustentable la necesidad que se tiene del servicio del agua, proporcionándolo en forma ininterrumpida en cantidad y con la calidad apropiada.

En el municipio de Jinotepe, departamento de Carazo se encuentra en el casco urbano un nuevo Reparto llamado "MORIAH – Los cachorros" que actualmente se encuentra sin abastecimiento de agua lo cual afecta a la gente que se asienta en esta zona.

En el presente trabajo monográfico se presenta el diseño de un sistema de agua potable para el abastecimiento de esta localidad adecuándose a la situación actual que se presenta para responder de una manera satisfactoria a las necesidades de esta población.

## 1.2 ANTECEDENTES

Jinotepe cuenta con un acueducto por bombeo eléctrico para el casco urbano de la ciudad, el cual es abastecido por los 10 pozos ubicados en la misma ciudad, administrado por ENACAL, este acueducto es del tipo fuente–red–tanque, ya que los tanques de almacenamiento de la ciudad se encuentran en cola, en la parte N-O de la ciudad.

En los últimos años se han realizado estudios y construcciones de ampliaciones de red de proyectos de urbanización, los cuales se derivan del acueducto en mención entre los cuales tenemos:

- ✓ Diseño de sistema hidrosanitario residencial “BOSQUES DE BOURBON”, Jinotepe – Carazo, ubicado en el km. 47 ½ carretera sur. Diseñado por Ing. Roberto Bermúdez Vásquez en octubre 2007, con un total de 32 lotes.
  
- ✓ Diseño de sistema de agua potable residencial “PRADERAS DE XILOTEPETL”, ubicado en el barrio Evangelina del hospital regional Santiago 450 metros al sur, Jinotepe. Diseñado por Ing. Roberto Bermúdez en octubre 2012, con un total de 160 viviendas de interés social.
  
- ✓ Memoria técnica de diseño de sistema de agua potable residencial “QUINTAS EXCLUSIVAS EI CARMEN”, ubicado en el km. 49 carretera sur, Jinotepe. Diseñado por Ing. José A. Castillo en octubre 2014, con un total de 112 viviendas.
  
- ✓ Diseño de sistema de agua potable lotificación “MONTE HOREB”, ubicado en el costado este de urbanización “BOSQUES DE BOURBON”. Diseñado por Ing. Mario Cepas Tapia en mayo 2013, con un total de 19 lotes.

### 1.3 JUSTIFICACION

Al hablar que el agua es el “vital liquido” embarca también su uso, que de este se depende para el sustento y la salud. El mal uso y manejo del agua puede provocar el brote de sin número de enfermedades hídricas por no contar con un sistema de agua adecuado.

El reparto Moriah-los cachorros es un barrio nuevo el cual no posee un sistema propio de abastecimiento de agua lo cual esto ha llevado a los habitantes del lugar en mención en auto instalar tuberías de diámetros inadecuados y de manera ilegal, este problema no solo se presenta en el reparto sino también en todo el municipio ya que se presenta una expansión descontrolada y para ENACAL-CARAZO presenta un aumento en agua no facturada que es uno de los aspectos que la empresa desea resolver.

Por lo cual el propósito de diseñar la red de agua potable para el reparto “Moriah – Los cachorros” es presentar un propuesta de diseño de extensión y mejoramiento del acueducto del municipio de Jinotepe y dicho sea de paso se mejora la calidad de vida humana y se evita las enfermedades, que no solo se limitan a enfermedades por ingesta de agua cruda, sino también las adquiridas por contacto ya que se debe contar con agua para el aseo esto incluye baño, ropa, utensilios de cocina y preparación de alimentos y también se logra disminuir los vectores cuyo hábitat es el agua.

Teniendo en cuenta esto también se considera que por medio del diseño de este sistema de agua potable se puede prevenir y controlar las enfermedades transmitidas por el agua ya que se toman las siguientes medidas:

- Selección de fuentes no contaminadas
- Tratamiento de agua cruda (potabilización o desinfección)
- Protección de cuencas
- Control de calidad del agua
- Higiene personal y comunal

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo general

- ✚ Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para la población del reparto “MORIAH –Los cachorros” en el municipio de Jinotepe, Carazo.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- ✚ Realizar levantamiento topográfico de las calles en el área de estudio.
- ✚ Realizar estudios de población y consumo del proyecto.
- ✚ Evaluar fuente de abastecimiento de agua potable.
- ✚ Diseñar red de distribución de agua potable del proyecto.
- ✚ Elaborar presupuesto estimado del proyecto.
- ✚ Detallar especificaciones técnicas del proyecto.

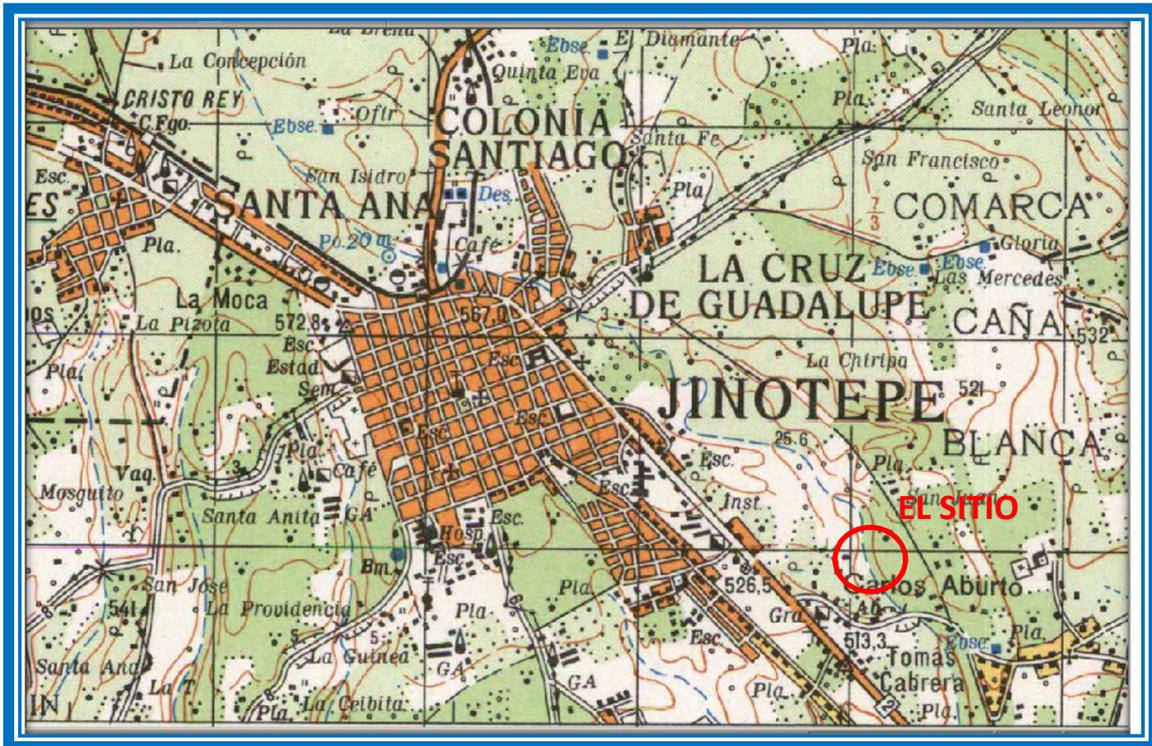
## CAPITULO II. INFORMACION DEL PROYECTO

### 2.1 Ubicación del proyecto



**Figura 1.** Mapa de macro-localización

La ubicación de la Ciudad de Jinotepe, departamento de Carazo se encuentra entre los 11° 50' latitud norte y 86° 11' longitud oeste en la parte suroeste del pacífico de Nicaragua. El municipio limita al norte con San Marcos, al sur con el Océano Pacífico, al este con El Rosario, Santa Teresa y La Conquista, al oeste con Diriamba y Dolores.



**Figura 2.** Mapa de micro-localización

El Reparto “MORIAH – LOS CACHORROS” se encuentra ubicado en la parte sureste del caso urbano del municipio de Jinotepe en la Finca el coyol, teniendo un área aproximada de 42,300.05 m<sup>2</sup>, sin área de crecimiento.

## 2.2 Situación geográfica y topográfica

El municipio de Jinotepe dista cerca de los 40 Km de la ciudad capital, en ella se encuentra el área en estudio que se localiza a 350 metros al este de la entrada al INTA, con coordenadas 11° 50' 41” latitud Norte y a los 86° 11' 01” longitud oeste.

El terreno presenta una topografía irregular (Ver planos topográficos, Anexos E), el reparto es atravesado en toda su longitud por un cauce llamado “El pastor” con una profundidad aproximada de 4.3 metros, el lugar de estudio posee elevaciones que varían de 520 y 530 msnm. Luego el reparto está formado por 1 calle principal con longitud de 255.85 metros y 8 calles secundarias de longitudes entre 41.10 metros y 173.74 metros.

## **2.3 Población y vivienda**

Actualmente el 35% de los lotes se encuentran en fase de construcción, de estos solo un 20 % de las viviendas se encuentran totalmente construidas y habitadas correspondiendo a 23 viviendas habiendo una población cercana a 103 habitantes actualmente.

La construcción de las viviendas es un proceso retardado por el déficit y el costo al acceso al agua deteniendo así el progreso del barrio.

## **2.4 Servicios públicos existentes**

### **2.4.1 Agua potable**

El 100% de los habitantes en el lugar de estudio no poseen servicio de agua potable de manera legal, la manera de abastecimiento anteriormente fue a través de 2 puestos de agua instalados por ENACAL, los cuales se encuentran deshabilitados.

Actualmente los habitantes se encuentran conectados de manera ilegal a la red de ENACAL por medio de una tubería de 1 ½ que está en el camino a cruz de Guadalupe creando un déficit de agua en el sector de la chiripa siendo la comunidad abastecida por la tubería actualmente en funcionamiento.

### **2.4.2 Alcantarillado sanitario y pluvial**

No poseen servicio de alcantarillado sanitario ni alcantarillado pluvial.

### **2.4.3 Energía eléctrica**

Las viviendas asentadas, en su totalidad, se encuentran conectados al suministro de energía eléctrica de manera ilegal ya que aseguran a ver asistido a las instalaciones de DISSUR para sus respectivas legalizaciones sin obtener respuesta.

### **2.4.4 Servicios médicos**

No existe este servicio en el sector, por lo cual la población debe asistir a puestos de salud ubicados en los barrios aledaños en los cuales encontramos el Puesto de Salud Villa Madre Proletaria, puesto de salud Pedro Narvárez Cisneros y hospital general de la ciudad (Hospital Regional) para recibir atención médica general.

## **2.5 Vías de comunicación**

Las calles internas del reparto son todas de tierra firme, pero presentan ubicación cercana a las avenidas, calles y pistas principales de la ciudad de Jinotepe, siendo su acceso principal la entrada al INTA 350 metros al este y un acceso secundario ubicado al noreste del barrio, camino conocido como camino a Cruz de Guadalupe 130 metros al oeste.

## 2.6 Clima, precipitaciones e hidrología superficial

### 2.6.1 Climatología:

Debido a que el barrio se encuentra en la ciudad de Jinotepe su climatología es semejante en todos los aspectos a ésta. El clima de la ciudad de Jinotepe es semi-húmedo, según la clasificación de Köppen, es de tipo tropical de sabana, lo cual es típico de toda la región del pacífico. Este clima abarca elevaciones que van desde el nivel del mar hasta los 1,000 msnm aproximadamente. Se caracteriza por tener una estación seca de 5 a 7 meses de duración, comprendida entre los meses de Noviembre a Mayo.

La temperatura media anual media varía de 26 a 27 °C, con una oscilación media de 1.0 °C. El período más caluroso ocurre desde marzo hasta Junio inclusive y el más fresco desde Diciembre hasta Enero.

Los vientos predominantes ocurren en dirección Este franco, Nordeste y Sudeste con velocidades máximas de hasta 3.2 m/s, Nordeste (4.1 m/s) y Este donde se reportan velocidades de hasta 4.2 m/s que son las máximas registradas.

La evaporación media anual asciende a 1800 mm, con valores máximos en Marzo – Abril. La humedad relativa media anual es de 82%, el brillo solar varía de 6 a 8.2 h/día.

La precipitación media anual asciende a 1370 mm, los meses lluviosos ocurren desde Mayo hasta Octubre, cayendo en dicho período un 90% de la lluvia media anual, el mes más lluvioso es Septiembre con un valor medio de 268 mm. A partir de Diciembre hasta Abril las precipitaciones son reducidas.

Las precipitaciones anuales con probabilidades del 95% y 75% son de 900 mm y 1160 mm respectivamente<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Estudio general del estado de acueducto, elaborado por empresa LOTILANZAS 1994, documento RJINFO página 1.

## **2.6.2 Hidrología Superficial:**

La región se encuentra en las caderas de Las Sierras, en proximidad del parte aguas de la vertiente del Atlántico y la vertiente del Pacífico y en una formación de origen volcánico y piroclásticos, muy permeable, que dispone de un sistema de drenaje compuesto únicamente por quebradas en las que el agua escurre solamente durante lluvias intensas. Por lo tanto no existen recursos hídricos idóneos para utilización como posible fuentes de aprovechamiento de sistemas de agua potable<sup>1</sup>.

## **2.7 Geología e hidrogeología**

### **2.7.1 Geología:**

La ciudad de Jinotepe está localizada en la región hidrogeológica de “La Cordillera Volcánica” y precisamente en la parte SE de la “meseta de Carazo y cuevas de Diriamba” a una elevación comprendida en los 560 msnm.

La zona está constituida principalmente por depósitos volcánicos del Grupo Las Sierras, de edad Pliocénico- Pleistocénico, sobre los cuales yacen depósitos volcánicos piroclásticos más recientes de edad Pleistocénico Superior.

Los depósitos volcánicos del Grupo Las Sierras están formados por tobas, aglomerados tobáceos, cenizas, escorias volcánicas y flujos piroclásticos, en capas sub – horizontales cuyo espesor medio se calcula cerca de 400 metros.

Los depósitos piroclásticos más recientes de edad Pleistocénico superior están formados principalmente por pómez dacítica del volcán de Apoyo y por los flujos y depósitos piroclásticos pertenecientes al Grupo Volcánico de Masaya. El espesor de estos depósitos más recientes en el área en cuestión no supera algunas docenas de metros<sup>1</sup>.

### 2.7.2 Hidrogeología:

Toda la serie de terrenos volcánicos constituye un acuífero de alta permeabilidad, que está ampliamente explotado por medio de pozos perforados en toda la región, con profundidad de los niveles de agua muy elevada, variable, en toda la meseta. El acuífero es continuo en toda la región y se extiende prácticamente bajo toda la meseta de Carazo, la cuesta de Diriamba y las zonas entre las lagunas de Masaya y de Apoyo<sup>1</sup>.

La recarga del acuífero ocurre por infiltración directa de las precipitaciones sobre el área de afloramiento de los terrenos volcánicos permeables, especialmente en las zonas más elevadas.

En la base de los registros de los pozos perforados en la zona, el espesor saturado del acuífero puede ser evaluado cerca de 150 metros. El acuífero se encuentra en condiciones generalmente freáticas o ligeramente semi-artesianas en correspondencia con zonas en donde estratos más arcillosos pueden actuar como estratos confinantes.

El nivel de agua en la zona de Jinotepe, según los registros de los pozos perforados, se localiza a profundidades comprendidas entre los 200 y 400 metros. En la zona de estudio los pozos que encuentran cercano son el Pozo Dulce Nombre con una profundidad de 1200 pies (365.85 metros) y el pozo El calvario con una profundidad de 1205 pies (367.37 metros). En general la dirección del flujo de las aguas subterráneas en la zona es de NO hacia SE.

Según los datos más recientes, la dirección del flujo de las aguas subterráneas ocurre de N a S- y de N hacia SE.

Según los datos de las pruebas de bombeo efectuadas en los pozos INAA, la transmisibilidad anda en un rango de, valores de 30 - 400 m<sup>2</sup>/d hasta valores de cerca de 2,000 m<sup>2</sup>/d. Así mismo la capacidad específica de los pozos es muy variada, desde valores de 1.3 hasta 315 l/s/m, para caudales de 33 y 31 l/s respectivamente.

La calidad del agua de los pozos perforados en la zona de estudio es buena para uso potable (Ver anexos D); el contenido de sólidos disueltos varía desde 260 a 460 ppm (INAA 1994). Actualmente el agua del pozo El calvario que es el que se propone abastecer la zona de estudio es clorada continuamente por medio de un clorador acuoso instalado en la estación de bombeo que es supervisado constantemente, y a la vez se le hacen pruebas periódicas de laboratorio a nivel regional<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Estudio general del estado de acueducto, elaborado por empresa LOTILANZAS 1994, documento RJINFO  
página 2.

## CAPITULO III. MARCO TEORICO

### 3.1 Fundamentos de diseño

Un sistema de abastecimiento de agua está constituido por una serie de estructuras presentando características diferentes y que se diseñaran de acuerdo a la función que cumplen dentro del sistema.

Para la elaboración de este trabajo se utilizó las normas vigentes de INAA (NORMAS TECNICAS PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACION DEL AGUA) **NTON 09 003-99**.

### 3.2 Periodo de Diseño

El periodo de diseño, es el tiempo o número de años en el cual se considera que el sistema funcionará en forma eficiente cumpliendo los parámetros, respecto a los cuales se ha diseñado determinado sistema.

Selección del periodo de diseño

Se selecciona considerando los siguientes factores

1. Vida útil de las estructuras y aquí tomando en cuenta la antigüedad y el desgaste y el daño (Duración física de los equipos y materiales).
2. Facilidad y dificultad para hacer ampliaciones futuras adicionales de las obras existentes o planeadas, incluyendo una consideración de su localidad.
3. Relación anticipada del crecimiento de la población incluyendo posibles cambios en el desarrollo de la comunidad industrial y comercial.
4. Posibilidad de financiamiento y tasas de interés.

### 3.2.1 Periodos de diseños recomendados en Nicaragua

En general y de acuerdo a las normas de diseño del INAA, el sistema de agua potable se diseña para un periodo de 20 a 25 años por lo que la población futura será para ese período.

### 3.3 Población de diseño

La concentración de la población en núcleos cada vez mayores alrededor del casco urbano es notable y esto trae consigo problemas, dentro de los cuales se considera como prioritarios el abastecimiento del agua potable.

En la elaboración del cualquier proyecto de abastecimiento de agua potable es necesario tener cuidado con la correcta utilización de los datos de población ya que de esta se encuentra sujeta la construcción de sistemas eficientes para el adecuado funcionamiento en periodos inmediatos y a largo plazo.

A la hora del cálculo de la proyección se debe tomar en cuenta los factores básicos del cambio en la población como son: el aumento natural (más nacimientos que muertes), y la migración neta (movimiento determinado de las familias hacia dentro y hacia fuera de un área determinada)<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Lineamientos técnicos para la elaboración de estudios y proyectos de agua potable y alcantarillado sanitario, comisión nacional del agua, octubre 1994, página 3.

### 3.3.1 Método de selección de población futura

#### ➤ Método de saturación

Trata de determinar la población de saturación para un lugar determinado, luego de conocer sus tasas de crecimientos para varios periodos de tiempos anteriores. Se supone que no existe expansión en área. Se puede determinar estableciendo una densidad (Hab/Ha) o dependiendo del número de lotes por el índice habitacional ( $N^{\circ}$  de lotes \* Hab/lote)<sup>3</sup>.

Se utiliza un índice no menor de 6 habitantes por vivienda, según las recomendaciones del INEC.

### 3.4 Consumo de agua

La parte del suministro de agua potable que se utiliza sin considerar las pérdidas, se conoce como consumo y este se expresa en **m<sup>3</sup>/d** o **lt/d**.

El consumo de agua se determina de acuerdo con el tipo de usuario, se divide según su uso en: doméstico y no-doméstico; el consumo doméstico se subdivide según la clase socioeconómica de la población, y el consumo no-doméstico se subdivide en: comercial, industrial y público.

### 3.5 Consumo doméstico

Es la cantidad de agua que se utiliza en las viviendas y depende básicamente del clima y de la clase socioeconómica de los usuarios y varían en algunos casos por presión del agua en la red, existencia de alcantarillado sanitario, costos del agua, roturación del sistema.

---

<sup>3</sup> Apuntes de ingeniería sanitaria I. Ing. María E. Baldizón Aguilar, estudio de población y consumo, página 16.

Esta cantidad de agua debe de satisfacer las necesidades para uso diario al conglomerado humano que lo requiere. Debe de tomarse en cuenta que en este caso debe de ser de uso racional, actividad obligatoria, por el organismo operador para garantizar una efectiva distribución en las partes que componen al sistema.

Se hace referencia a esto ya que en todo el municipio de Jinotepe se da el caso de sectorización del agua en el casco urbano o también el estrangulamiento de algunos puntos en el sistema para que el agua pueda cubrir a diversos lugares en la que es requerida.

### 3.6 Dotación

Este parámetro se conoce como la cantidad de agua que se asigna a cada habitante para su consumo, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema en un día medio anual y está representada por las unidades **G/hab/día** o **L/hab/día**.

La dotación también puede ser vista como la medida por medio de la cual se pueden calcular los gastos que servirán para el diseño de las distintas partes de un sistema de agua potable.

Esta medida esta considera la cantidad de habitantes de una población y del consumo per cápita diario. De acuerdo a la recomendación que ofrecen las normas del INAA en el numeral 2.2.2 la dotación está definida como se muestra en la tabla 3.1:

**Tabla 3.1** Dotaciones de Agua

### Dotaciones de agua

| Rango de población     | Dotación  |           |
|------------------------|-----------|-----------|
|                        | g/hab/día | L/hab/día |
| 0 – 5,000              | 20        | 75        |
| 5,000 – 10,000         | 25        | 95        |
| 10,000 – 15,000        | 30        | 113       |
| 15,000 – 20,000        | 35        | 132       |
| 20,000 – 30,000        | 40        | 151       |
| 30,000 – 50,000        | 45        | 170       |
| 50,000 – 100,000 y mas | 50        | 189       |

**Fuente:** Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99), pág. 11

### 3.7 Demanda actual

Se considera a la suma de los consumos para cada tipo de usuario más las pérdidas físicas<sup>4</sup>.

### 3.8 Dotación para incendio

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.

Los valores se presentan a continuación en la tabla 3.2:

---

<sup>4</sup> Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Ing. José Manuel Jiménez Terán, página 27.

**Tabla 3.2** Caudales contra incendio

| <i>Rango de población</i> |          | <i>Caudales</i>  |                  | <i>Caudales por toma</i>                                      |
|---------------------------|----------|------------------|------------------|---|
| <i>De</i>                 | <i>a</i> | <i>Gpm (l/s)</i> | <i>Gpm (l/s)</i> | <i>Gpm (l/s)</i>  |
| 0                         | 5,000    | No se considera  |                  | No se considera   |
| 5,000                     | 10,000   | 80 (15)          | 200 (13)         | 1 toma de 150 (9)   |
| 10,000                    | 15,000   | 200 (13)         | 550 (35)         | 1 toma de 250 (16)  |
| 15,000                    | 20,000   | 350 (22)         | 550 (35)         | 2 tomas de 250 c/u (16)                                       |
| 20,000                    | 30,000   | 550 (35)         | 1,000 (63)       | 3 tomas de 250 c/u (16)                                       |
| 30,000                    | 50,000   | 1,000 (63)       | 1500 (95)        | 2 tomas de 500 c/u (31)                                       |
| 50,000                    | 100,000  | 1,500 (95)       | Y más            | 3 tomas de 500 c/u (31) de acuerdo a la importancia del lugar |

**Fuente** Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99) pág.13

### 3.9 Factores de variaciones

Los requerimientos de agua para un sistema de distribución no son constantes durante el año, ni durante el día, sino que la demanda varía en forma diaria y horaria. Debido a la importancia de estas variaciones es necesario obtener los caudales Máximo Día y Máxima Hora

Estos valores son tomados de las normas NTON 09 003-99 que establecen que, para el resto del país el factor de variación de máximo día estará entre el 130% al 150%, y para el factor de variación de máxima hora será del 250%.

#### 3.9.1 Consumo promedio diario

Es el consumo promedio de los consumos diarios durante un año de registro, esperado en (lts/seg., en gpm) y es la base para la estimación del caudal máximo diario y horario y se obtiene con la fórmula siguiente<sup>3</sup>:

$$CPD = Población * Dotación$$

Al consumo total obtenido debe agregársele un porcentaje con objeto de prever las pérdidas y fugas de agua debido a las filtraciones que puedan presentar el grupo de obras que constituyen el sistema; por tanto el consumo promedio total se expresa<sup>3</sup>:

$$CPDT = CPD + Hf$$

### 3.9.2 Consumo Máximo Día (CMD)

Como el día de máximo consumo de una serie de registros durante los 365 días de un año. Representa el día de mayor consumo en el año y se calcula con la expresión siguiente<sup>3</sup>:

$$CMD = (K * CPD) + Hf \text{ (según normas INAA)}$$

Dónde:

CMD = Consumo Máximo Día (l/s o en gpm)

K = Factor de variación diaria (1.3 a 1.5).

### 3.9.3 Consumo Máxima Hora (CMH)

Como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo y se presenta en una hora durante un año completo y se expresa<sup>3</sup>:

$$CMH = (K * CPD) + Hf \text{ (según normas INAA)}$$

---

<sup>3</sup> Apuntes de ingeniería sanitaria I. Ing. María E. Baldizón Aguilar, estudio de población y consumo, páginas 22 y 23

Dónde:

CMH = Caudal Máximo Hora (l/s)

K = Factor de variación horaria (2.5).

Estos caudales se requieren para el cálculo de las partes integrantes del sistema de agua potable, entre estos esta:

**Para el CMD:**

- ✓ Obra de captación
- ✓ Equipo de bombeo
- ✓ Línea de conducción

**Para el CMH:**

- ✓ Red de distribución

### 3.10 Perdidas por fricción

Se establece con relación a las pérdidas de agua en la red lo siguiente: Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes.

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 por día promedio. En el caso de Nicaragua el porcentaje se fijará en un 20% del consumo promedio diario.

### **3.11 Velocidades permisibles**

Dependiendo de las características topográficas que se tengan, al emplear la tubería para la conducción, se está en posibilidad de realizar el análisis hidráulico de los conductos trabajando a superficie libre o a presión.

Las velocidades permisibles están gobernadas por las características del material del conducto y la magnitud de los fenómenos hidráulicos transitorios. Existen límites tanto inferiores como superiores.

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

### **3.12 Presiones Máximas y Mínimas**

Se establece que: La presión mínima residual en la red principal será de 14.0 mts; la carga estática máxima será de 50.0 mts, en la zona urbana.

### **3.13 Diámetro mínimo**

Se establece que: El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución será de 2" (50 mm) 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 y media pulgada 1 ½ " (37.5 mm) en longitudes no superiores a los 100 mts.

### 3.14 Calculo Hidráulico

A continuación se definirán las fórmulas que se utilizan para los cálculos hidráulicos que conforman las distintas partes del sistema de abastecimiento de agua. Entre estas tomaremos en consideración los aspectos de cada una de las ecuaciones y para fines de diseño se utilizará la que mejor se adecue al estudio en particular.

Existen una gran variedad de fórmulas para calcular la resistencia del flujo en las tuberías, destacándose entre ellos las de Hazen-Williams, la que se utilizó para este estudio.

#### 3.14.1 Fórmulas de diseño

##### 3.14.1.1 Ecuación de Hazen – Williams

La fórmula de Hazen-Williams, se utiliza particularmente para determinar la velocidad del agua en tuberías circulares llenas, o conductos cerrados es decir, que trabajan a presión, no puede utilizarse para líquidos distintos del agua, y fue desarrollada originalmente sólo para flujo turbulento.

El método de Hazen-Williams es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5 °C - 25 °C). La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero:

- Unidades sistema internacional (SI):

Pérdidas en m.c.a y caudal en  $m^3/s$

$$Hl = \frac{10.674 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}}$$

Dónde:

- HL = Pérdida de carga, en m.c.a
- Q = Caudal, en m<sup>3</sup>/s
- L = Longitud de la tubería, en metros
- d = Diámetro de la tubería, en metros
- C = Coeficiente de rugosidad (factor de Hazen-Williams)

En la tabla 3.3 se muestran los valores del coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para diferentes materiales:

**Tabla 3.3** Coeficientes de capacidad hidráulica “C” en la fórmula de Hazen-Williams

| Material del conducto                                      | Nuevos | Edad incierta |
|--|--------|---------------|
| 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 hormigón   | 130    | 120           |
| Duelos de madera   | 120    | 120           |

**Fuente** Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99) pág.

43.

### 3.15 Sistema de agua potable

El objetivo de un sistema de agua potable es proporcionar un servicio eficiente, considerando que el agua tenga calidad, cantidad y continuidad. El diseño

hidráulico del sistema, se ejecutará tomando en cuenta los datos básicos del proyecto y su dimensionamiento se debe estudiar para poder programar su construcción por etapas.

Es por esto que es de importancia conocer cada una de las partes que integran el sistema de agua para una correcta ejecución del mismo.

### **3.15.1 Captación**

Constituye el elemento primordial de carácter condicionante para el diseño de los sistemas de agua potable, de tal forma que para proceder a la secuencia de diseño de todos los elementos, se requiere haber establecido previamente su localización, tipo, capacidad y la caracterización cualitativa del agua a ser entregada. Esta debe estar protegida y debe cumplir dos propósitos fundamentales:

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

El proyecto es una ampliación del acueducto de la ciudad de Jinotepe, por consiguiente contempla acoplarse a la tubería existente de ENACAL ameritando un estudio de presiones en el punto de acople.

### **3.15.2 Línea de conducción**

Es la parte del sistema de agua potable, que transporta el agua desde la captación hasta el sitio de entrega. Las líneas de conducción deben de ser de fácil inspección, preferentemente paralelas a algún camino, en caso contrario se debe analizar la conveniencia de construir un camino de acceso, de acuerdo con el establecimiento del derecho de vía correspondiente a la línea de conducción.

Esta línea, la componen un conjunto de conductos, estructuras de operación, protección y se clasifican en conducción por gravedad, conducción por bombeo y mixta.

### **3.15.3 Accesorios**

Se instalan para aislar y drenar secciones de tubería con fines de pruebas, inspección, limpieza, reparación y seguridad.

#### **3.15.3.1 Válvulas de seccionamiento**

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

Generalmente se utilizan válvulas de mariposa para diámetros grandes y bajas presiones, en cambio, las válvulas de compuerta son más utilizadas para diámetros pequeños y altas presiones.

### 3.15.3.2 Válvulas de admisión y expulsión de aire

En todos los puntos altos de las líneas a presión, se instalan válvulas de admisión y expulsión, operan automáticamente para remover el aire desplazado cuando la línea se comienza a llenar o el que se acumula en dichos puntos.

### 3.15.3.3 Válvulas de retención

Cuando se suspende la energía eléctrica, debido a un paro programado o imprevisto, se presentan fenómenos transitorios, ocasionando que la masa de agua, en el caso de flujo descendente, actúe sobre el equipo de bombeo produciendo en algunos casos daños severos a este, para interrumpir el flujo inverso y proteger al equipo, se utiliza la válvula de retención.

Existen varios tipos:

-  Válvula check tradicional, comúnmente llamada de columpio.
-  Válvula dúo – check
-  Válvula Check silenciosa
-  Válvula roto – check

### 3.15.3.4 Válvulas de alivio de presión

Las válvulas aliviadoras de presión son empleadas para proteger el equipo de bombeo, tuberías y accesorios. Su función es permitir la salida del flujo a la atmosfera cuando la presión interior sobrepasa un límite previamente establecido.

### 3.15.4 Registros

Son accesorios útiles durante la construcción y para inspecciones y reparaciones. En los grandes conductos se instalan registros separados a una distancia que varía de 250 a 300 metros.

### 3.15.5 Desagües

Con el propósito de limpiar la línea durante su construcción y también desaguarla en caso de tener que realizar maniobras para una reparación, se deben instalar válvulas de seccionamiento de un diámetro adecuado, localizados en las partes bajas<sup>2</sup>.

### 3.15.6 Juntas

Para cada proyecto en particular se deben definir los tipos de juntas a utilizar, tomando en cuenta las condiciones de trabajo externas e internas a que estará sometida la tubería, el tipo de terreno, agresividad del suelo, entre otros.

Generalmente se utiliza en los siguientes casos:

- ✓ Para absorber movimientos diferenciales de la tubería (en la conexión con una estructura, en caso de sismo, etc.)
- ✓ Para absorber movimientos en la tubería por efectos de temperatura.
- ✓ Para unir tuberías del mismo o de diferente material.
- ✓ Para unir tuberías con piezas especiales y válvulas.

---

<sup>2</sup> Lineamientos técnicos para la elaboración de estudios y proyectos de agua potable y alcantarillado sanitario, comisión nacional del agua, octubre 1994, página 110.

### 3.15.7 Red de distribución

Es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el pozo hasta la entrada de los predios de los usuarios.

Esta se compone en red primaria o principal y de este se conecta la red secundaria o de relleno que son las tuberías restantes para cubrir la totalidad de las calles.

### 3.15.8 Tuberías

Las tuberías para la red de distribución deben de cumplir con los siguientes aspectos:

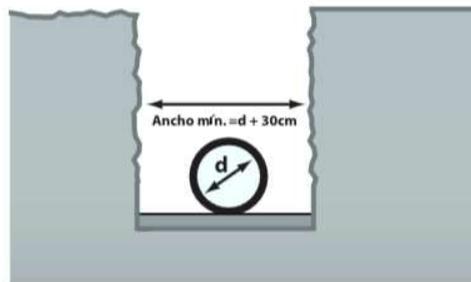
-  Resistencia a la corrosión
-  Resistencia contra cargas, tanto externas como internas
-  Características hidráulicas
-  Fácil instalación en el terreno
-  Condiciones económicas
-  Resistencia contra la incrustación
-  Protección contra el golpe de ariete.

Las tuberías se instalan sobre la superficie o enterradas dependiendo de la topografía del terreno, clase de tubería y tipo de terreno.

Para obtener la máxima protección de las tuberías se recomienda que se instalen en condición de zanja, debiendo ser esta de paredes verticales y con un ancho indicado.

Para las condiciones adecuadas de instalación de tuberías debe cumplir con los requisitos que se presentan a continuación.

1. El ancho mínimo de la zanja debe ser para proveer el espacio adecuado para acoplar las tuberías dentro de la zanja. El mínimo recomendable es por lo menos de 30 cm más el diámetro exterior del tubo para permitir una adecuada compactación del material del relleno, como se muestra en la figura 3.1.



**Figura 3.1** Ancho mínimo de la zanja.

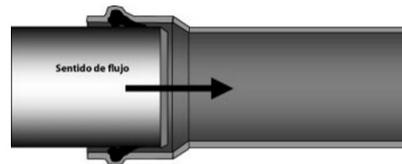
2. La profundidad mínima debe proteger a la tubería de los efectos de la carga viva, y del congelamiento en aquellos lugares en que se den temperaturas muy bajas (si fuese el caso), así mismo, la profundidad máxima se establece de tal manera que no se dificulten las labores de mantenimiento y reparación ni la conexión de nuevos servicios.

**Tabla 3.4** Profundidades y anchos de zanja recomendados

| Características | Condición     | Dimensión (m) |
|-----------------|---------------|---------------|
| Profundidad (m) | Máxima        | $d + 1.20$    |
|                 | Mínima urbano | $d + 0.60$    |
|                 | Mínimo rural  | $d + 0.45$    |
| Ancho (m)       | Máximo        | $d + 0.50$    |
|                 | Mínimo        | $d + 0.30$    |

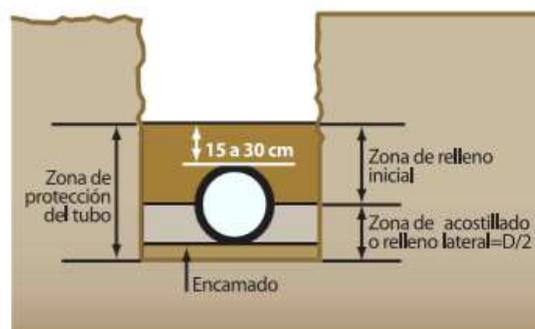
Fuente: Manual técnico de tubo sistemas – AMANCO

3. Para el tendido de los tubos se recomienda que las campanas de coloquen en sentido contrario al flujo del agua, como se indica en la figura 3.2, aun cuando el sentido del flujo no afecta el funcionamiento ni el hermetismo de la tubería.



**Figura 3.2** Tendido de los tubos

4. El relleno de la zanja se realiza luego de colocar la tubería, tan pronto como sea posible, de esta manera se disminuye el riesgo de que la tubería sufra algún daño.
5. Las tuberías deben instalarse con un encamado apropiado, que provea un apoyo longitudinal uniforme debajo de la tubería, El relleno inicial debe alcanzar por lo menos de 15 a 30 cm sobre la corona del tubo, para protegerlo del impacto y la vibración durante el relleno final si se utiliza equipo mecánico, según se observa en la figura 3.3.

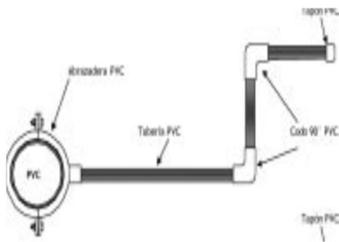


**Figura 3.3** Relleno de zanja.

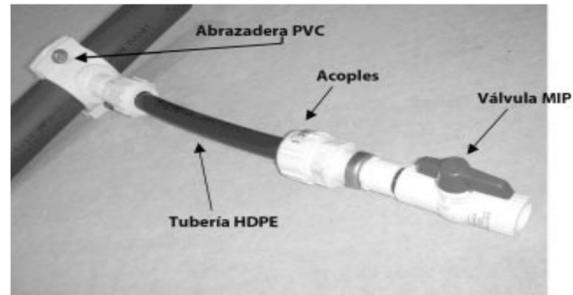
### 3.16 Conexiones domiciliarias

Para las conexiones domiciliarias se utilizarán tubos de diámetro de 1/2" con sus respectivas llaves de pases y medidores de agua para su instalación.

**Figura 3.4 (a) y 3.4 (b): Tomas domiciliarias en PVC**



**Figura 3.4 (a)**



**Figura 3.4 (b)**

### 3.17 Almacenamiento

En todo proyecto de agua potable, se dimensionan los dispositivos de almacenamiento con capacidad para suplir las demandas máximas que se presentan a través de toda la vida útil del sistema, mantener reserva para los casos de interrupciones en el servicio por falta de energía eléctrica y/o daños o reparaciones en los elementos del sistema de distribución.

## **CAPITULO IV. DISEÑO METODOLOGICO**

### **4.1 Fuente de abastecimiento**

El abastecimiento para el proyecto en mención se tomó del acople del sistema de abastecimiento de agua potable existente administrado por ENACAL, de una tubería de 6” de diámetro PVC, localizada en la entrada al INTA carretera sur, (ver detalle de acoplamiento de la red en Anexos E). En la zona el acueducto se abastece de agua potable del pozo “El calvario”.

### **4.2 Levantamiento topográfico**

El levantamiento se realizó con cuadrilla de 5 personas con apoyo de la alcaldía de Jinotepe, se llevó a cabo el levantamiento altimétrico de las calles para el análisis hidráulico de la red propuesta.

### **4.3 Periodo de diseño**

El periodo de diseño es de 20 años de acuerdo al tipo de estructura del sistema siendo adecuado para satisfacer las demandas futuras de la población.

### **4.4 Población de diseño**

Para el cálculo de la población futura se utilizó el método de saturación puesto que en el reparto MORIAH- Los cachorros no se presenta un área de crecimiento futuro, ya que es un número definido de lotes en el lugar.

Para efectos de determinar la población de diseño, se tomó la población de saturación de cada lote cuyo índice para este caso será de 6 habitantes por vivienda y servidos directamente por conexión domiciliar.

Por lo tanto la población de diseño está determinada por la ecuación siguiente:

$$P = \text{N}^\circ \text{ de } \textit{lotes} * \frac{\text{Hab}}{\textit{lotes}}$$

Dónde:

P = Población de diseño

N° de lotes= 119

Hab/lotes = 6

Al sustituir los valores en la formula se obtiene que:

$$P = 119 \textit{ lotes} * 6 \frac{\text{Hab}}{\textit{lotes}}$$

$$P = 714 \text{ habitantes}$$

#### **4.5 Estudio de presiones en el punto de acople**

Para conocer la presión máxima y mínima en el punto de acople considerado para abastecer al sistema como dato de diseño, se logró mediante un estudio de presiones para un periodo de 6 días consecutivos próximos al punto de acople, en la tubería de 150 mm (6") de PVC realizado por ENACAL.

#### 4.6 Nivel de servicio

La población a servir es el 100%, se evaluaron las obras de abastecimiento para dar cobertura de servicio mediante conexiones domiciliarias para finales del periodo de diseño.

#### 4.7 Dotación

La población urbana del municipio de Jinotepe es de 42,109 habitantes y 9,493 viviendas según el censo del 2005, Se determinó una dotación de 45 gpm (170 lppd), conforme lo establecen las normas vigentes del INAA, siendo el consumo del tipo doméstico.

La dotación contra incendios en el diseño es de 150 gpm (9.46 lps)

#### DOTACION DE AGUA

| Rango de Población     | Dotación  |            |
|------------------------|-----------|------------|
|                        | G/hab/día | Lt/hab/día |
| <b>30,000 – 50,000</b> | <b>45</b> | <b>170</b> |

Dotación de agua según rango de población (ver tabla 3.3)

A partir de la población la dotación de agua a emplear para los diferentes años del período de diseño, se calculó la demanda de agua para las siguientes condiciones: Consumo Promedio Diario (CPD), Consumo de Máximo Día (CMD) y Consumo de Máxima Hora (CMH).

## 4.8 Hidráulica

Para el análisis de la red de distribución, se usó el método del balanceamiento de flujos y carga apoyado por el software EPANET 2. El coeficiente de Hazen-Williams utilizado fue  $C=150$  para tuberías de cloruro de polivinilo (PVC).

Para representación en el punto de acople, en el programa de EPANET, se utilizó un deposito ya que simula las presiones en este punto para la determinación de las presiones en los nodos de la red propuesta.

Para el dimensionamiento de los diámetros proyectados se analizó la red de distribución bajo las condiciones de consumo descritos más adelante.

## 4.9 Red de distribución

La red de Distribución se analizó bajo las siguientes condiciones:

- Consumo máxima hora con presión mínima
- Consumo máximo día con presión mínima
- Consumo máximo día con presión promedio
- Consumo máximo día con presión máxima
- Consumo máximo día con presión promedio más incendio
- Sin consumo más presión máxima

En el diagrama de registro de presión realizado en el punto de acople presenta cierres totales con presiones mínimas cero (Ver Diagrama en Anexos A), esto no cumple con lo establecido en las normas de INAA y para el final de periodo la red no cumple con las condiciones para un buen abastecimiento, en solución se recomendó realizar las siguientes condiciones:

- ✓ Consumo máxima hora con presión promedio
- ✓ Consumo máximo día con presión promedio

- ✓ Consumo máximo día con presión máxima
- ✓ Consumo máximo día con presión promedio más incendio
- ✓ Sin consumo más presión máxima

Estas condiciones de análisis fueron aprobadas por ENACAL (Departamento Técnico), al momento de no cumplir la presión mínima se aceptó el análisis de la red con presión promedio para la entrega de diseño de acople.

#### 4.10 Línea de conducción propuesta

Con la fórmula de Bresse se calculó el diámetro de la línea que conduce el agua desde el punto de acople hasta el inicio de la red propuesta (nodo #3), habiendo una longitud de 384 mts.

$$D = 1.3 X^{1/4} (Q^{1/2}); X = \frac{N}{24}$$

N: Número de horas de bombeo

#### 4.11 Almacenamiento

La empresa prestadora de servicio de agua potable de la ciudad de Jinotepe, mantiene volúmenes de almacenamiento en los tanques existentes en la ciudad, con su volumen compensador, satisface la demanda de almacenamiento de la población de Jinotepe.

El lugar de estudio en mención, tendrá garantizado las necesidades de almacenamiento de agua desde los 2 tanques ubicados en predio de pozo Santa Ana (2,119.61 metros cúbicos), dado que el sistema de abastecimiento de agua potable se conectó al acueducto de la ciudad.

#### **4.12 Presiones máximas y mínimas**

La presión residual mínima es de 14 m.c.a y la presión máxima es de 50 m.c.a

#### **4.13 velocidades permisibles**

Se permitió velocidades de flujo en las tuberías con rango de 0.6 m/s a 2 m/s.

#### **4.14 Diámetro mínimo**

El diámetro mínimo a utilizar para la red fue de 50 mm (2").

#### **4.15 Dispositivos hidráulicos**

En los punto más bajo de la red de distribución se diseñó válvula de limpieza para asegurar el drenaje de sedimentos durante la operación y mantenimiento de la red. Se usó válvula de limpieza de 50 mm (2") H<sup>o</sup>F<sup>o</sup>.

También se diseñó válvulas de pase a lo interno de la red para formar circuitos, con el propósito de aislar tramos y efectuar reparaciones.

#### **4.16 Coberturas sobre tuberías**

Las tuberías deben ser colocadas a profundidades tales que el recubrimiento resultante distribuya los esfuerzos, de modo que no dañen las tuberías. Se mantendrá una cobertura mínima de 1.20 metros en toda la longitud del conducto.

## CAPITULO V. CALCULO HIDRAULICO Y RESULTADO DE ANALISIS

### 5.1 Resultados de levantamiento topográfico

Las elevaciones obtenidas como el resultado del levantamiento realizado en campo para el diseño del sistema de la red en el programa EPANET fueron los siguientes:

**Tabla 5.1.** Elevaciones en los puntos de diseño de la red

| Punto           | Cota (m) |
|-----------------|----------|
| Nudo 2          | 528.39   |
| Nudo 3          | 532.085  |
| Nudo 4          | 528.117  |
| Nudo 5          | 529.94   |
| Nudo 6          | 525.967  |
| Nudo 7          | 525.273  |
| Nudo 8          | 527.344  |
| Nudo 9          | 525.538  |
| Nudo 10         | 528.317  |
| Nudo 11         | 524.714  |
| Nudo 12         | 524.872  |
| Nudo 13         | 523.89   |
| Nudo 14         | 526.467  |
| Nudo 15         | 529.028  |
| Punto de acople | 526.25   |

El levantamiento altimétrico fue realizado con nivel, la topografía del lugar de estudio es irregular (ver plano altimétrico en Anexos E).

## 5.2 Registro de presiones

El estudio de presiones fue realizado por ENACAL por un periodo de 7 días consecutivos en la tubería de 6" PVC con DATA LOGGER (Ver hoja de variaciones de presión en anexo A, Inciso 1).

Para opciones de diseño se tomó la presión máxima y mínima de un día de registro continuo de 24 horas (Anexo A, Inciso 2), obteniendo los siguientes resultados en la tabla 5.2.

**Tabla 5.2.** Registro de presiones

| <b>Presión Máxima</b> | <b>Presión Media</b> | <b>Presión Mínima</b> |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 41.90 m.c.a           | 21.95 m.c.a          | 2.00 m.c.a            |

## 5.3 Registro de caudal

El registro de caudal tomado en el punto de acople con ayuda de un medidor ultrasónico (EUROSONIC 2000 HH) fue de **20.57 l/s** (326.08 gpm). (Ver fotos en anexos B).

## 5.4 Calculo del sistema de agua potable

### 5.4.1 Calculo de consumos

Para el cálculo del consumo promedio diario se utilizará la formula siguiente:

$$CPD = \frac{P * D}{86400}$$

$$CPD = \frac{714 \text{ hab} * 170 \text{ lppd}}{86400 \text{ seg/dia}}$$

$$CPD = 1.405 \text{ lps}$$

➤ CPD Total

Para el cálculo del CPDT se le agregara las pérdidas físicas estimadas en 20% y se expresa en la siguiente formula:

$$CPDT = CPD + Hf$$

$$Hf = 20\% CPD$$

$$Hf = 1.405 \text{ lps} * 0.2$$

$$Hf = 0.281$$

$$CPDT = 1.405 \text{ lps} + 0.281$$

$$CPDT = 1.686 \text{ lps}$$

➤ CMD

$$CMD = (1.5 * 1.405 \text{ lps}) + 0.281$$

$$CMD = 2.388 \text{ lps}$$

➤ CMH

$$CMH = (2.5 * 1.405 \text{ lps}) + 0.281$$

$$CMH = 3.793 \text{ lps}$$

#### 5.4.2 Calculo de diámetro de la línea de conducción

Para el dimensionamiento del diámetro de la línea de conducción por bombeo que va desde el punto de acople en la red existente de ENACAL hasta la entrada al reparto Moriah en dirección NE (como se muestra en la figura 5.1 y 5.2), se realizó el cálculo mediante la fórmula de Bresse tomando un tiempo de bombeo de 19 horas promedio (Ver hoja de datos operativos de pozo en Anexos C) y el consumo máximo día (CMD) como caudal de diseño, a como se muestra a continuación:

Q= CMD, Q= 2.388 lps (37.85 gpm)

$$D = 1.3 * \left(\frac{19}{24}\right)^{\frac{1}{4}} \left(0.002 \frac{m^3}{s}\right)^{1/2}$$

$$D = 2.16" \approx 2"$$

El diseño definitivo se tomó en base a la condición que presente la condición más desfavorable.

#### 5.4.3 Concentración de la demanda de agua por nodo

La concentración de la demanda se determina en base a la cantidad de viviendas y población que abastece cada nodo con consumo de agua como se muestra en tabla 5.3.

**Tabla 5.3.** Demanda de agua por nodo

| <b>ID NODO</b>    | <b>Vivienda tributaria N°</b> | <b>Población (HAB)</b> | <b>Dotación (LPPD)</b> | <b>CPD (LPS)</b> | <b>HF</b> | <b>CPDT (LPS)</b> | <b>CMD (LPS)</b> | <b>CMH (LPS)</b> |
|-------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|------------------|-----------|-------------------|------------------|------------------|
| <b>N1(acople)</b> | 0                             | 0                      | 170                    | 0.000            | 0.000     | 0.000             | 0.000            | 0.000            |
| <b>N 2</b>        | 41                            | 246                    | 170                    | 0.484            | 0.097     | 0.581             | 0.823            | 1.307            |
| <b>N 3</b>        | 1                             | 6                      | 170                    | 0.012            | 0.002     | 0.014             | 0.020            | 0.032            |
| <b>N 4</b>        | 12                            | 72                     | 170                    | 0.142            | 0.028     | 0.170             | 0.241            | 0.383            |
| <b>N 5</b>        | 4                             | 24                     | 170                    | 0.047            | 0.009     | 0.057             | 0.080            | 0.128            |
| <b>N 6</b>        | 24                            | 144                    | 170                    | 0.283            | 0.057     | 0.340             | 0.482            | 0.765            |
| <b>N 7</b>        | 2                             | 12                     | 170                    | 0.024            | 0.005     | 0.028             | 0.040            | 0.064            |
| <b>N 8</b>        | 8                             | 48                     | 170                    | 0.094            | 0.019     | 0.113             | 0.161            | 0.255            |
| <b>N 9</b>        | 0                             | 0                      | 170                    | 0.000            | 0.000     | 0.000             | 0.000            | 0.000            |
| <b>N 10</b>       | 10                            | 60                     | 170                    | 0.118            | 0.024     | 0.142             | 0.201            | 0.319            |
| <b>N 11</b>       | 0                             | 0                      | 170                    | 0.000            | 0.000     | 0.000             | 0.000            | 0.000            |
| <b>N 12</b>       | 8                             | 48                     | 170                    | 0.094            | 0.019     | 0.113             | 0.161            | 0.255            |
| <b>N 13</b>       | 0                             | 0                      | 170                    | 0.000            | 0.000     | 0.000             | 0.000            | 0.000            |
| <b>N 14</b>       | 7                             | 42                     | 170                    | 0.083            | 0.017     | 0.099             | 0.140            | 0.223            |
| <b>N 15</b>       | 2                             | 12                     | 170                    | 0.024            | 0.005     | 0.028             | 0.040            | 0.064            |
| <b>TOTAL</b>      | 119                           | 714                    |                        | 1.405            | 0.281     | 1.686             | 2.388            | 3.793            |

Fuente: Elaboración Propia.





## 5.5 Análisis hidráulico de red de distribución

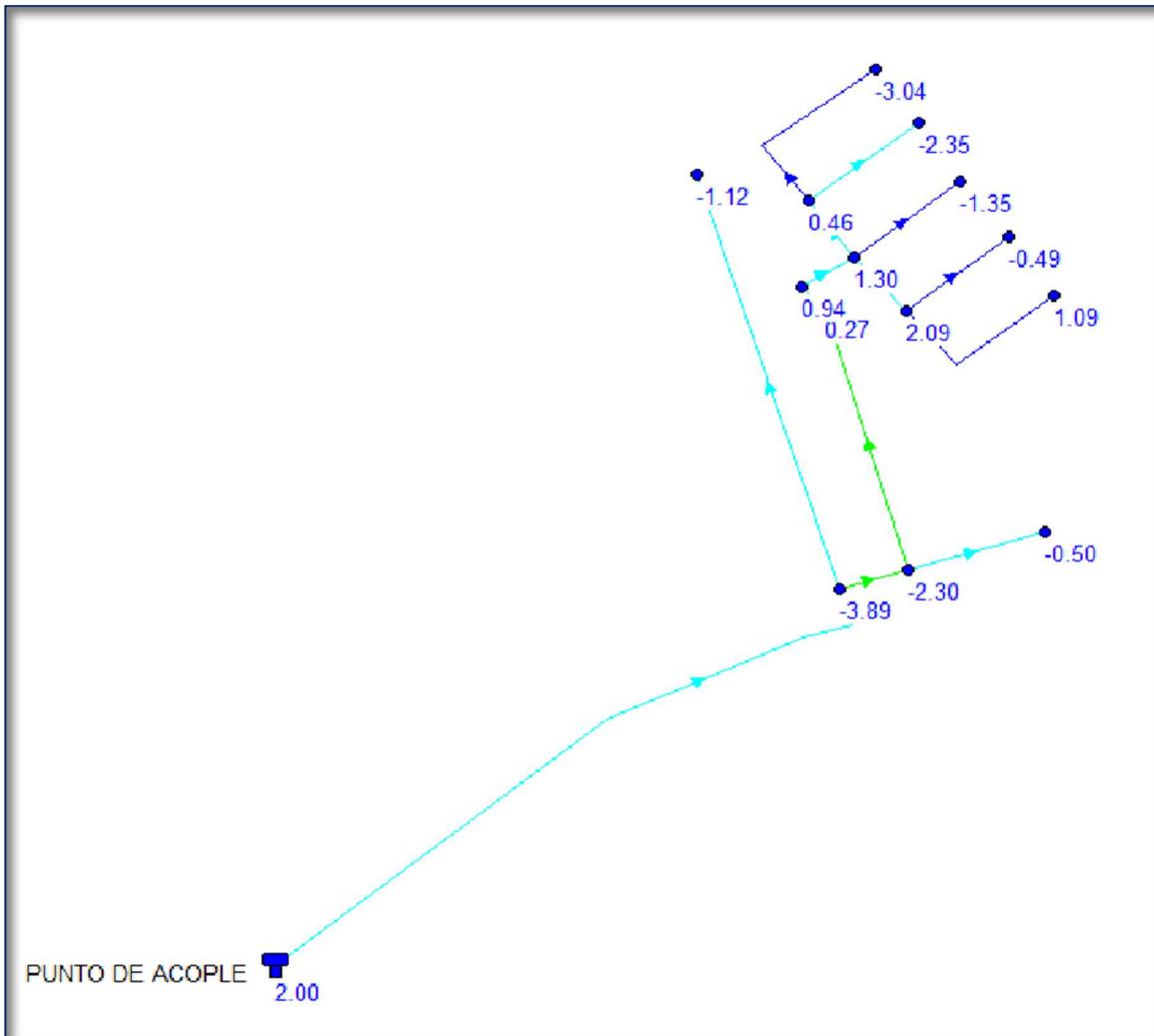
Para el análisis de la red de distribución se efectuó tomando en cuenta los criterios y estudios mencionados anteriormente.

En el estudio de presiones en un día continuo realizados por ENACAL, se encontró que la presión mínima en tubería de 150 mm (6") PVC es de 2.00 m.c.a y la presión máxima de 41.90 m.c.a por lo que se procedió a efectuarse los análisis correspondientes.

### 5.5.1 Condición de consumo de máximo día con presión mínima

Se propusieron tuberías de 50mm (2") y de 150 mm (6") en los anillos principales, en el punto de acople (P1) se asumió la presión encontrada y se propusieron las demandas estimadas para cada nodo.

El análisis hidráulico para esta condición con la presión mínima registrada 2.00 m.c.a, se presenta a continuación con tablas de resultados y esquema, donde se aprecia que las presiones de trabajo en cada uno de los nodo no es satisfactoria ya que no garantiza que el agua llegue a los domicilios con presión de trabajo requerida. De acuerdo a los resultados las presiones van de -3.89m la mínima en el nodo 3 a 2.09 m la máxima en el nodo 13, la presión mínima registrada en dicho análisis es menor de 14m según las normas de **INAA.**, esta presión no se considera aceptable.



**Figura 5.3.** Consumo máximo día con presión mínima

➤ Tabla de resultados

**Estado de los Nudos de la Red**

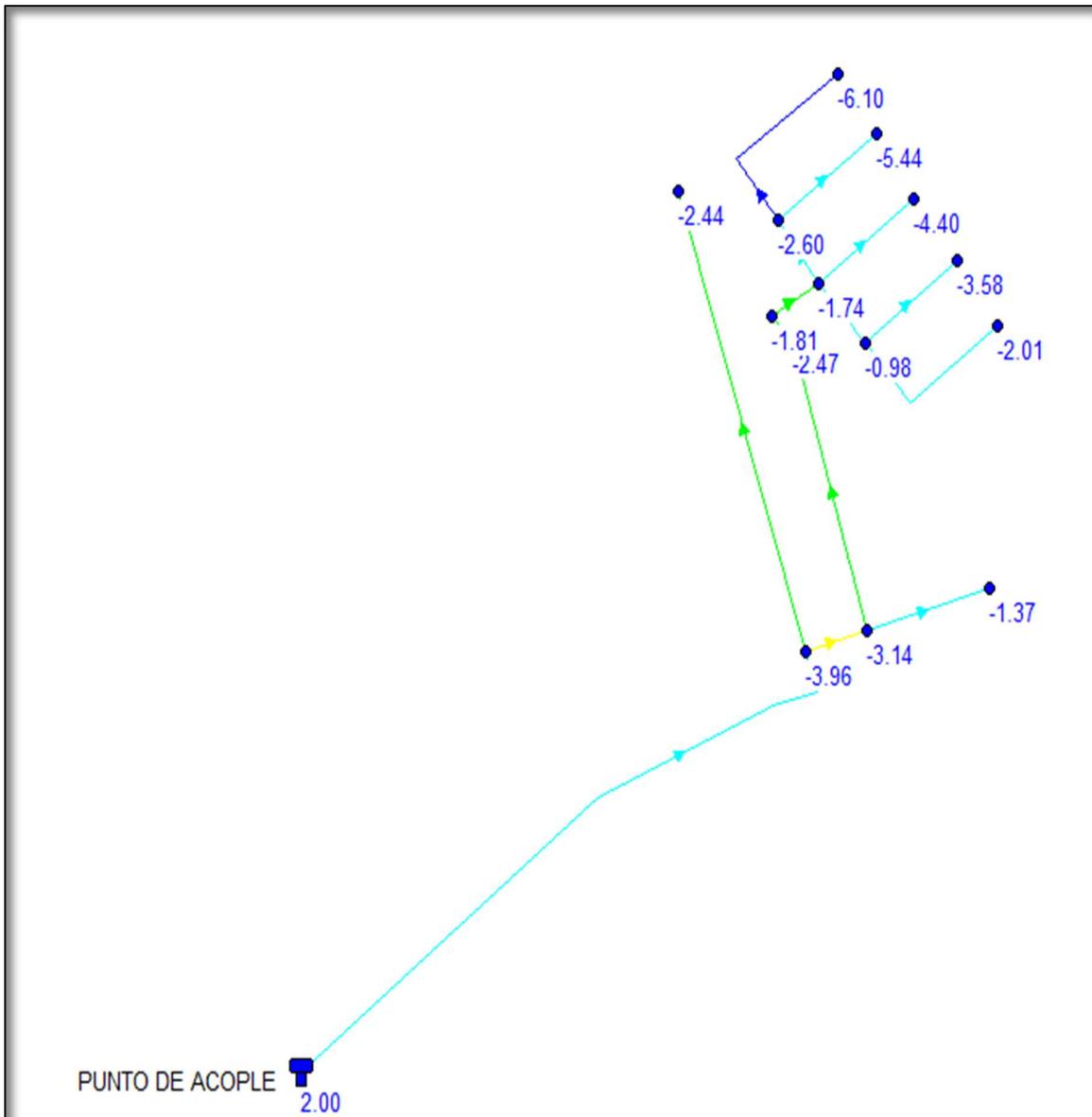
|          | Demanda | Altura | Presión |
|----------|---------|--------|---------|
| ID Nudo  | LPS     | m      | m       |
| Nudo 2   | 0.82    | 527.27 | -1.12   |
| Nudo 3   | 0.02    | 528.20 | -3.89   |
| Nudo 4   | 0.24    | 527.61 | -0.50   |
| Nudo 5   | 0.08    | 527.64 | -2.30   |
| Nudo 6   | 0.48    | 526.23 | 0.27    |
| Nudo 7   | 0.04    | 526.22 | 0.94    |
| Nudo 8   | 0.16    | 525.99 | -1.35   |
| Nudo 9   | 0.00    | 525.99 | 0.46    |
| Nudo 10  | 0.20    | 525.97 | -2.35   |
| Nudo 11  | 0.00    | 526.01 | 1.30    |
| Nudo 12  | 0.16    | 525.96 | 1.09    |
| Nudo 13  | 0.00    | 525.98 | 2.09    |
| Nudo 14  | 0.14    | 525.97 | -0.49   |
| Nudo 15  | 0.04    | 525.99 | -3.04   |
| Acople 1 | -2.39   | 528.25 | 2.00    |

**Estado de las Líneas de la Red**

|            | Longitud | Diámetro | Rugosidad | Caudal | Velocidad | Pérdida Unit. |
|------------|----------|----------|-----------|--------|-----------|---------------|
| ID Línea   | m        | mm       |           | LPS    | m/s       | m/km          |
| Tubería 1  | 382.55   | 150      | 150       | 2.39   | 0.14      | 0.14          |
| Tubería 2  | 220      | 50       | 150       | 0.82   | 0.42      | 4.19          |
| Tubería 3  | 41.55    | 50       | 150       | 1.55   | 0.79      | 13.48         |
| Tubería 4  | 48.45    | 50       | 150       | 0.24   | 0.12      | 0.43          |
| Tubería 5  | 160      | 50       | 150       | 1.23   | 0.62      | 8.76          |
| Tubería 6  | 5        | 50       | 150       | 0.74   | 0.38      | 3.47          |
| Tubería 7  | 65.5     | 50       | 150       | 0.70   | 0.36      | 3.13          |
| Tubería 8  | 80.08    | 50       | 150       | 0.16   | 0.08      | 0.20          |
| Tubería 9  | 41.6     | 50       | 150       | 0.24   | 0.12      | 0.43          |
| Tubería 10 | 124.96   | 50       | 150       | 0.04   | 0.02      | 0.02          |
| Tubería 11 | 41.8     | 50       | 150       | 0.30   | 0.15      | 0.65          |
| Tubería 12 | 114.4    | 50       | 150       | 0.16   | 0.08      | 0.20          |
| Tubería 13 | 74.46    | 50       | 150       | 0.20   | 0.10      | 0.31          |
| Tubería 14 | 70.27    | 50       | 150       | 0.14   | 0.07      | 0.16          |

### 5.5.2 Consumo máxima hora con presión mínima

De la misma manera con la condición anterior dado que la presión mínima no cumple con lo establecido en las normas de INAA, la condición no es satisfactoria ya que no abastece a los domicilios, obteniendo presiones que van desde -3.96 m.c.a la mínima en el nodo 3 y de -0.98 m.c.a la máxima en el nodo 13, siendo una condición no aceptable.



**Figura 5.4.** Consumo máxima hora con presión mínima

➤ Tabla de resultados

Estado de los Nudos de la Red

|          | Demanda | Altura | Presión |
|----------|---------|--------|---------|
| ID Nudo  | LPS     | m      | m       |
| Nudo 2   | 1.31    | 525.95 | -2.44   |
| Nudo 3   | 0.03    | 528.12 | -3.96   |
| Nudo 4   | 0.38    | 526.75 | -1.37   |
| Nudo 5   | 0.13    | 526.80 | -3.14   |
| Nudo 6   | 0.76    | 523.50 | -2.47   |
| Nudo 7   | 0.06    | 523.46 | -1.81   |
| Nudo 8   | 0.25    | 522.94 | -4.40   |
| Nudo 9   | 0.00    | 522.94 | -2.60   |
| Nudo 10  | 0.32    | 522.88 | -5.44   |
| Nudo 11  | 0.00    | 522.98 | -1.74   |
| Nudo 12  | 0.25    | 522.86 | -2.01   |
| Nudo 13  | 0.00    | 522.91 | -0.98   |
| Nudo 14  | 0.22    | 522.89 | -3.58   |
| Nudo 15  | 0.06    | 522.93 | -6.10   |
| Acople 1 | -3.80   | 528.25 | 2.00    |

Estado de las Líneas de la Red

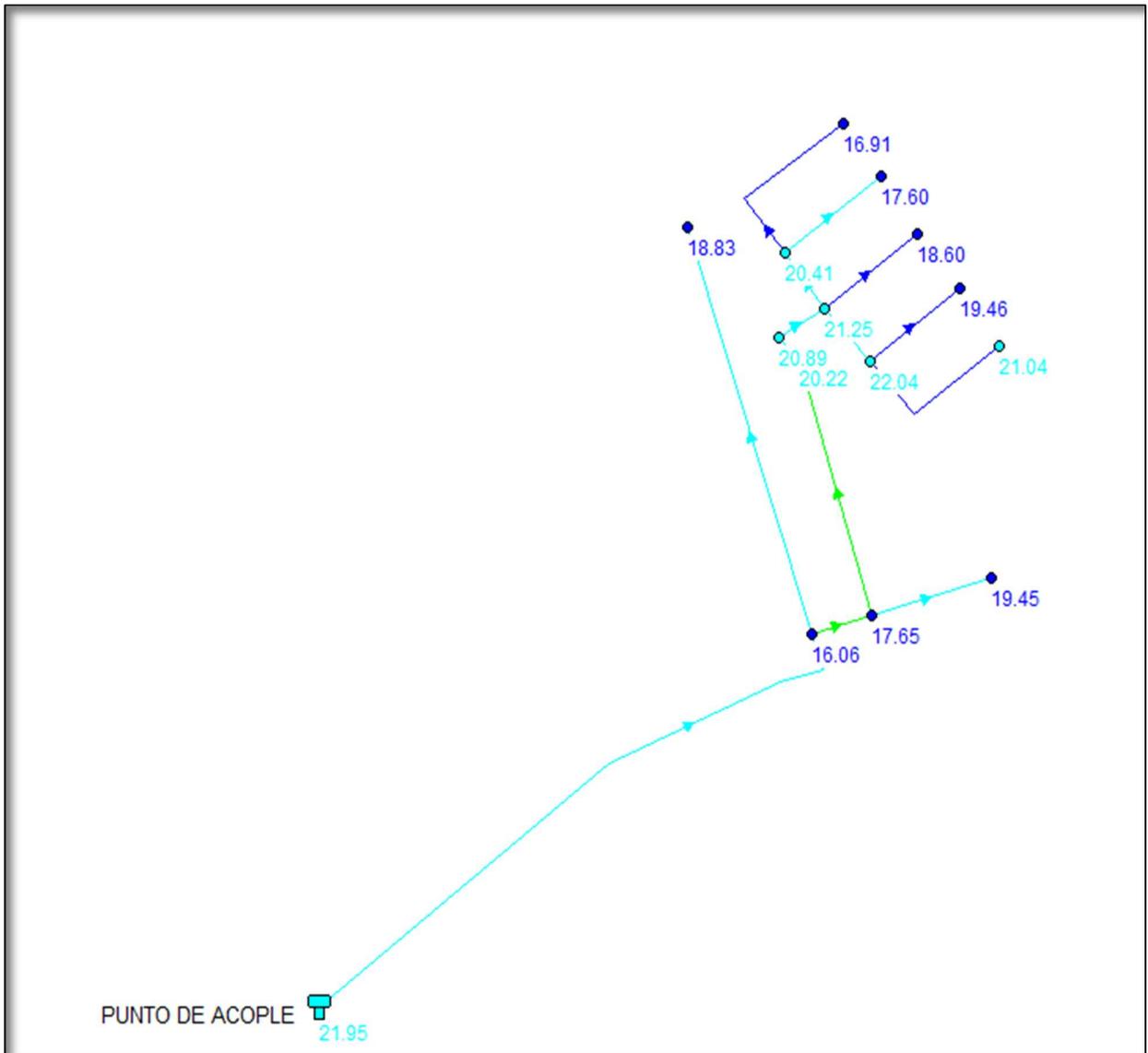
|            | Longitud | Diámetro | Rugosidad | Caudal | Velocidad | Pérdida Unit. |
|------------|----------|----------|-----------|--------|-----------|---------------|
| ID Línea   | m        | mm       |           | LPS    | m/s       | m/km          |
| Tubería 1  | 382.55   | 150      | 150       | 3.80   | 0.21      | 0.34          |
| Tubería 2  | 220      | 50       | 150       | 1.31   | 0.67      | 9.88          |
| Tubería 3  | 41.55    | 50       | 150       | 2.46   | 1.25      | 31.76         |
| Tubería 4  | 48.45    | 50       | 150       | 0.38   | 0.20      | 1.02          |
| Tubería 5  | 160      | 50       | 150       | 1.95   | 0.99      | 20.62         |
| Tubería 6  | 5        | 50       | 150       | 1.18   | 0.60      | 8.17          |
| Tubería 7  | 65.5     | 50       | 150       | 1.12   | 0.57      | 7.37          |
| Tubería 8  | 80.08    | 50       | 150       | 0.25   | 0.13      | 0.48          |
| Tubería 9  | 41.6     | 50       | 150       | 0.38   | 0.20      | 1.02          |
| Tubería 10 | 124.96   | 50       | 150       | 0.06   | 0.03      | 0.04          |
| Tubería 11 | 41.8     | 50       | 150       | 0.48   | 0.24      | 1.53          |
| Tubería 12 | 114.4    | 50       | 150       | 0.25   | 0.13      | 0.48          |
| Tubería 13 | 74.46    | 50       | 150       | 0.32   | 0.16      | 0.72          |
| Tubería 14 | 70.27    | 50       | 150       | 0.22   | 0.11      | 0.37          |

Expuesto lo anterior ya que las condiciones máximo día y máxima hora no cumplen los requisitos al analizarse con la presión mínima, para el diseño definitivo de la red se analizó estas condiciones con presión media obteniendo resultados satisfactorios como se muestra a continuación:

### 5.5.3 consumo máximo día con presión promedio

El análisis hidráulico para esta condición con la presión promedio 21.95 m.c.a, se aprecia que las presiones de trabajo en cada uno de los nodo es satisfactoria ya que garantiza que el agua llegue a los domicilios con buena presión de trabajo, ver tabla de resultados y esquema.

De acuerdo a los resultados las presiones van de 16.06 m la mínima en el nodo 3 a 22.04 m la máxima en el nodo 13, la presión mínima registrada en dicho análisis es mayor de 14m según las normas de **INAA**.



**Figura 5.5** Consumo máximo día con presión promedio

➤ Tabla de resultados

Estado de los Nudos de la Red

|          | Demanda | Altura | Presión |
|----------|---------|--------|---------|
| ID Nudo  | LPS     | m      | m       |
| Nudo 2   | 0.82    | 547.22 | 18.83   |
| Nudo 3   | 0.02    | 548.15 | 16.06   |
| Nudo 4   | 0.24    | 547.56 | 19.45   |
| Nudo 5   | 0.08    | 547.59 | 17.65   |
| Nudo 6   | 0.48    | 546.18 | 20.22   |
| Nudo 7   | 0.04    | 546.17 | 20.89   |
| Nudo 8   | 0.16    | 545.94 | 18.60   |
| Nudo 9   | 0       | 545.94 | 20.41   |
| Nudo 10  | 0.2     | 545.92 | 17.60   |
| Nudo 11  | 0       | 545.96 | 21.25   |
| Nudo 12  | 0.16    | 545.91 | 21.04   |
| Nudo 13  | 0       | 545.93 | 22.04   |
| Nudo 14  | 0.14    | 545.92 | 19.46   |
| Nudo 15  | 0.04    | 545.94 | 16.91   |
| Acople 1 | -2.39   | 548.2  | 21.95   |

Estado de las Líneas de la Red

|            | Longitud | Diámetro | Rugosidad | Caudal | Velocidad | Pérdida Unit. |
|------------|----------|----------|-----------|--------|-----------|---------------|
| ID Línea   | m        | mm       |           | LPS    | m/s       | m/km          |
| Tubería 1  | 382.55   | 150      | 150       | 2.39   | 0.14      | 0.14          |
| Tubería 2  | 220      | 50       | 150       | 0.82   | 0.42      | 4.19          |
| Tubería 3  | 41.55    | 50       | 150       | 1.55   | 0.79      | 13.48         |
| Tubería 4  | 48.45    | 50       | 150       | 0.24   | 0.12      | 0.43          |
| Tubería 5  | 160      | 50       | 150       | 1.23   | 0.62      | 8.76          |
| Tubería 6  | 5        | 50       | 150       | 0.74   | 0.38      | 3.47          |
| Tubería 7  | 65.5     | 50       | 150       | 0.70   | 0.36      | 3.13          |
| Tubería 8  | 80.08    | 50       | 150       | 0.16   | 0.08      | 0.20          |
| Tubería 9  | 41.6     | 50       | 150       | 0.24   | 0.12      | 0.43          |
| Tubería 10 | 124.96   | 50       | 150       | 0.04   | 0.02      | 0.02          |
| Tubería 11 | 41.8     | 50       | 150       | 0.30   | 0.15      | 0.65          |
| Tubería 12 | 114.4    | 50       | 150       | 0.16   | 0.08      | 0.20          |
| Tubería 13 | 74.46    | 50       | 150       | 0.20   | 0.10      | 0.31          |
| Tubería 14 | 70.27    | 50       | 150       | 0.14   | 0.07      | 0.16          |

#### 5.5.4 Consumo máxima hora con presión promedio

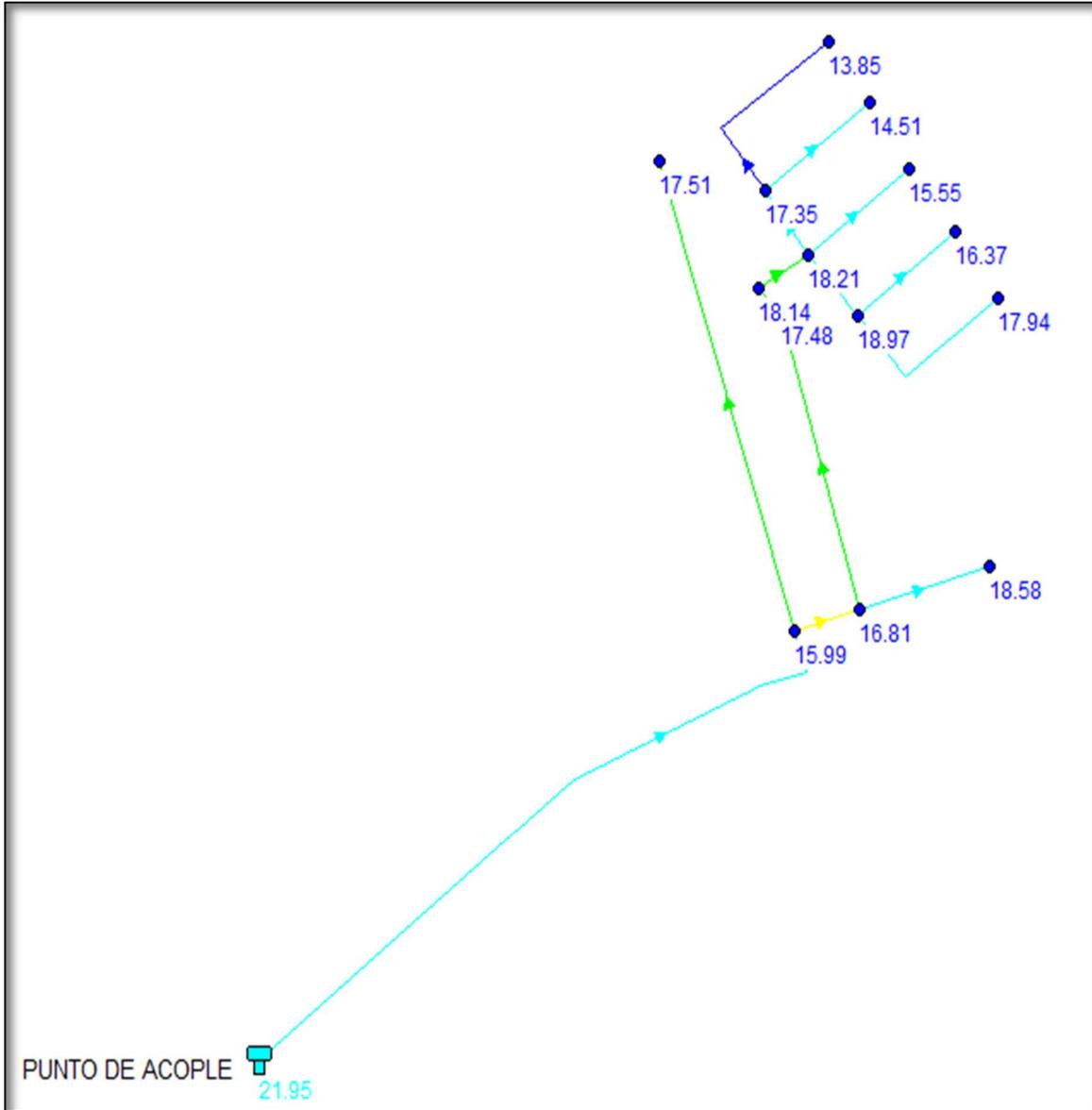
Esta condición analiza el comportamiento de la red cuando se presenta las horas del día en que el consumo es mayor, o sea cuando se presenta los consumos picos, por lo cual es decisiva en la determinación de los diámetros de las tuberías que conforman la red.

Se analizó esta condición proponiendo las mismas tuberías que en la condición de anterior.

El análisis hidráulico para esta condición con la presión promedio 21.95 m.c.a, se observa que las presiones de trabajo en cada uno de los nodo es satisfactoria ya que garantiza que el agua llegue a los domicilios con buena presión de trabajo. De acuerdo a los resultados las presiones van de 13.85 m la mínima en el nodo 15 a 18.97 m la máxima en el nodo 13, obteniendo en el nodo 3 que es el punto más desfavorable en la red una presión de 15.99 m.

Aunque la presión mínima registrada esta fuera la normas de **INAA**, pero esta presión se considera aceptable ya que la presión de análisis solo se da en determinados intervalos de tiempo, por lo tanto con este valor obtenido la red puede operar de manera satisfactoria.

A continuación se presenta el esquema y las tablas de resultado para esta condición de análisis.



**Figura 5.6** Consumo máxima hora con presión promedio

➤ Tabla de resultados

Estado de los Nudos de la Red

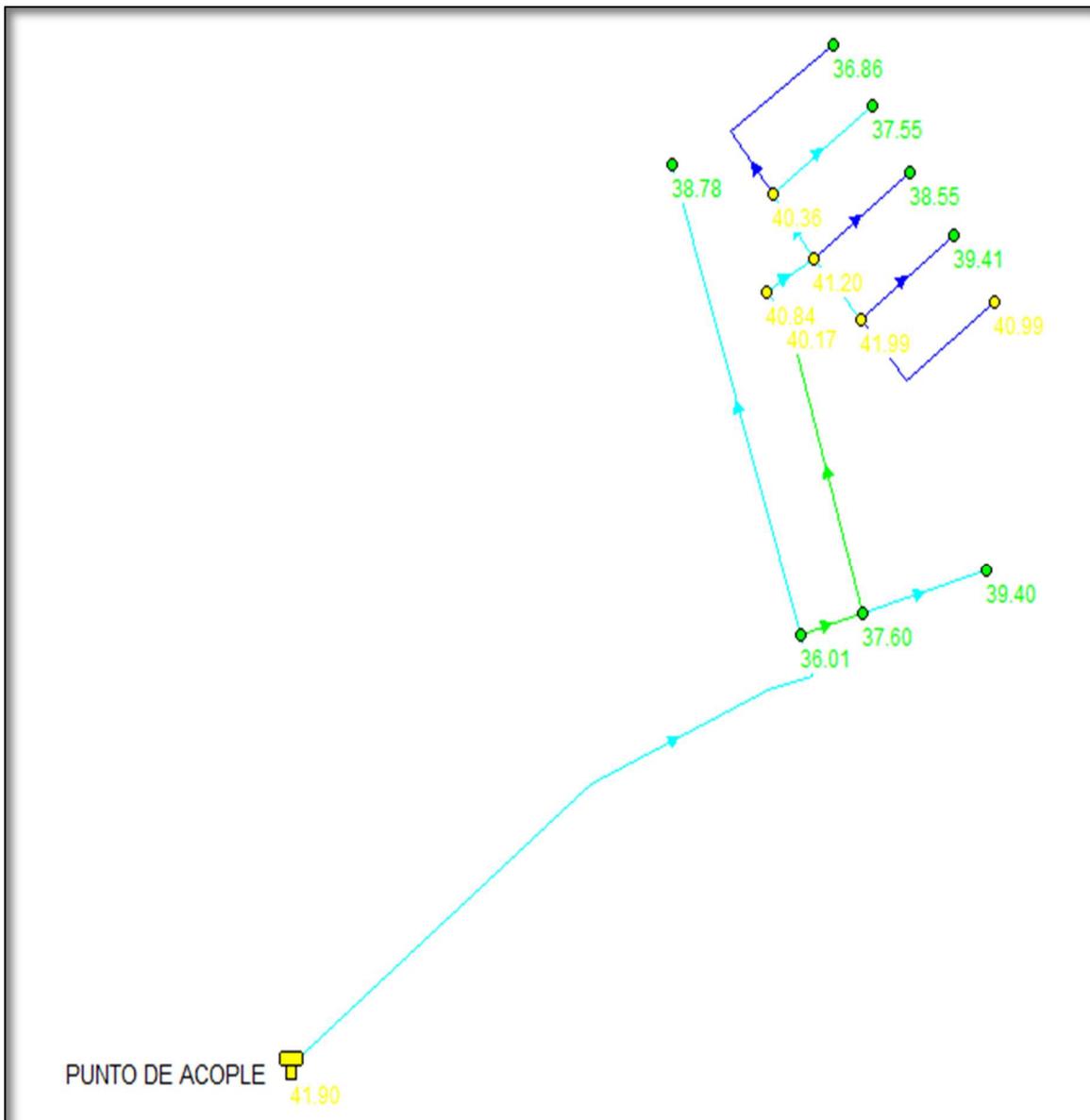
|         | Demanda | Altura | Presión |
|---------|---------|--------|---------|
| ID Nudo | LPS     | m      | m       |
| Nudo 2  | 1.31    | 545.90 | 17.51   |
| Nudo 3  | 0.03    | 548.07 | 15.99   |
| Nudo 4  | 0.38    | 546.70 | 18.58   |
| Nudo 5  | 0.13    | 546.75 | 16.81   |
| Nudo 6  | 0.76    | 543.45 | 17.48   |
| Nudo 7  | 0.06    | 543.41 | 18.14   |
| Nudo 8  | 0.25    | 542.89 | 15.55   |
| Nudo 9  | 0       | 542.89 | 17.35   |
| Nudo 10 | 0.32    | 542.83 | 14.51   |
| Nudo 11 | 0       | 542.93 | 18.21   |
| Nudo 12 | 0.25    | 542.81 | 17.94   |
| Nudo 13 | 0       | 542.86 | 18.97   |
| Nudo 14 | 0.22    | 542.84 | 16.37   |
| Nudo 15 | 0.06    | 542.88 | 13.85   |
| Acople  | -3.8    | 548.20 | 21.95   |

Estado de las Líneas de la Red

|            | Longitud | Diámetro | Rugosidad | Caudal | Velocidad | Pérdida Unit. |
|------------|----------|----------|-----------|--------|-----------|---------------|
| ID Línea   | m        | mm       |           | LPS    | m/s       | m/km          |
| Tubería 1  | 382.55   | 150      | 150       | 3.80   | 0.21      | 0.34          |
| Tubería 2  | 220      | 50       | 150       | 1.31   | 0.67      | 9.88          |
| Tubería 3  | 41.55    | 50       | 150       | 2.46   | 1.25      | 31.76         |
| Tubería 4  | 48.45    | 50       | 150       | 0.38   | 0.20      | 1.02          |
| Tubería 5  | 160      | 50       | 150       | 1.95   | 0.99      | 20.62         |
| Tubería 6  | 5        | 50       | 150       | 1.18   | 0.60      | 8.17          |
| Tubería 7  | 65.5     | 50       | 150       | 1.12   | 0.57      | 7.37          |
| Tubería 8  | 80.08    | 50       | 150       | 0.25   | 0.13      | 0.48          |
| Tubería 9  | 41.6     | 50       | 150       | 0.38   | 0.20      | 1.02          |
| Tubería 10 | 124.96   | 50       | 150       | 0.06   | 0.03      | 0.04          |
| Tubería 11 | 41.8     | 50       | 150       | 0.48   | 0.24      | 1.53          |
| Tubería 12 | 114.4    | 50       | 150       | 0.25   | 0.13      | 0.48          |
| Tubería 13 | 74.46    | 50       | 150       | 0.32   | 0.16      | 0.72          |
| Tubería 14 | 70.27    | 50       | 150       | 0.22   | 0.11      | 0.37          |

### 5.5.5 Consumo máximo día con presión máxima

El análisis hidráulico para esta condición con la presión máxima registrada de 41.90 m.c.a, se encuentra que el sistema opera muy bien, ya que la presión mínima obtenida es de 36.01 m en el nodo 3 y la máxima es de 41.99 m en el nodo 13, estando en el rango establecido por las normas de **INAA**.



**Figura 5.7** Consumo máximo día con presión máxima

➤ Tabla de resultados

Estado de los Nudos de la Red

|          | Demanda | Altura | Presión |
|----------|---------|--------|---------|
| ID Nudo  | LPS     | m      | m       |
| Nudo 2   | 0.82    | 567.17 | 38.78   |
| Nudo 3   | 0.02    | 568.10 | 36.01   |
| Nudo 4   | 0.24    | 567.51 | 39.40   |
| Nudo 5   | 0.08    | 567.54 | 37.60   |
| Nudo 6   | 0.48    | 566.13 | 40.17   |
| Nudo 7   | 0.04    | 566.12 | 40.84   |
| Nudo 8   | 0.16    | 565.89 | 38.55   |
| Nudo 9   | 0       | 565.89 | 40.36   |
| Nudo 10  | 0.2     | 565.87 | 37.55   |
| Nudo 11  | 0       | 565.91 | 41.20   |
| Nudo 12  | 0.16    | 565.86 | 40.99   |
| Nudo 13  | 0       | 565.88 | 41.99   |
| Nudo 14  | 0.14    | 565.87 | 39.41   |
| Nudo 15  | 0.04    | 565.89 | 36.86   |
| Acople 1 | -2.39   | 568.15 | 41.90   |

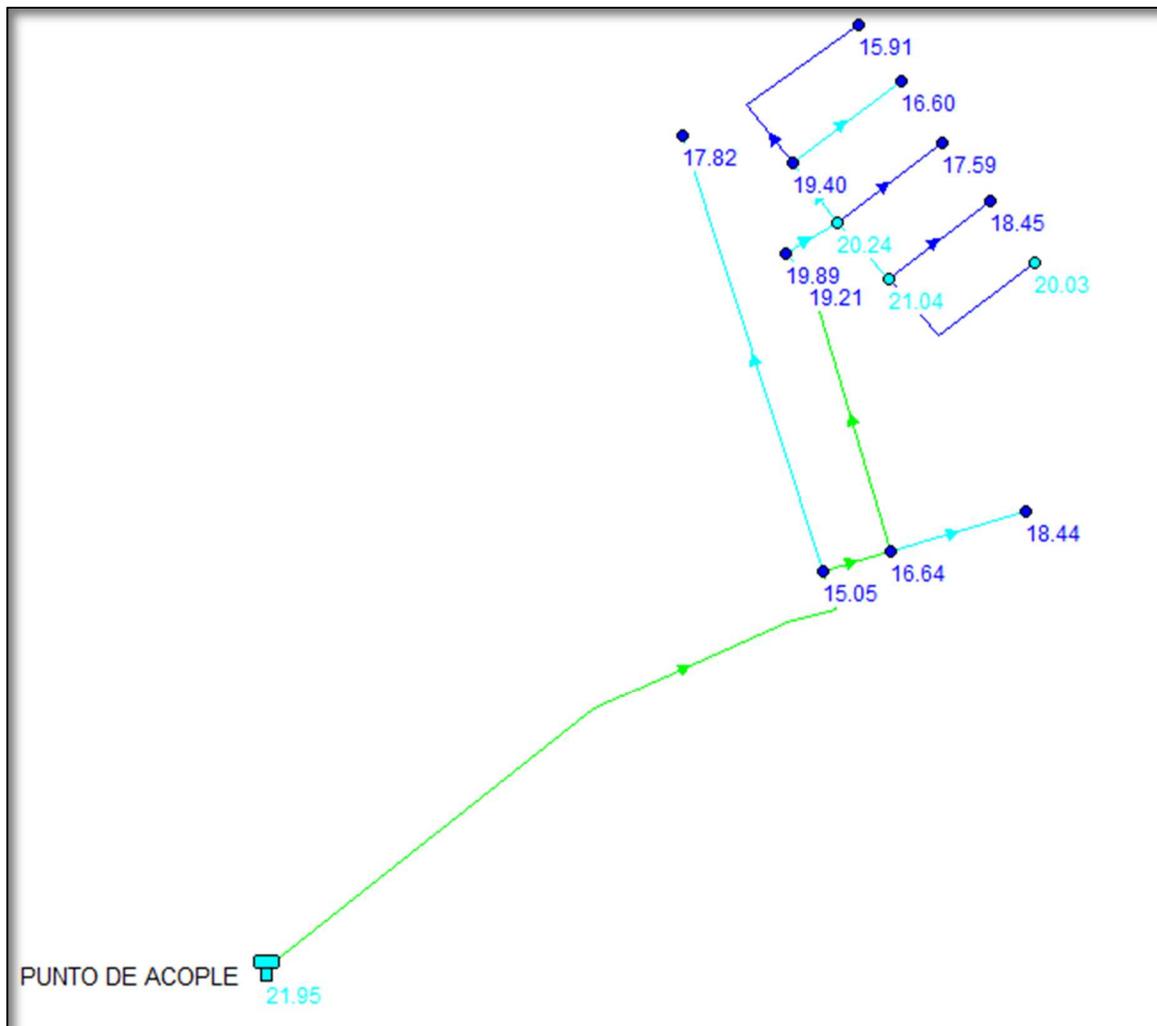
Estado de las Líneas de la Red

|            | Longitud | Diámetro | Rugosidad | Caudal | Velocidad | Pérdida Unit. |
|------------|----------|----------|-----------|--------|-----------|---------------|
| ID Línea   | m        | mm       |           | LPS    | m/s       | m/km          |
| Tubería 1  | 382.55   | 150      | 150       | 2.39   | 0.14      | 0.14          |
| Tubería 2  | 220      | 50       | 150       | 0.82   | 0.42      | 4.19          |
| Tubería 3  | 41.55    | 50       | 150       | 1.55   | 0.79      | 13.48         |
| Tubería 4  | 48.45    | 50       | 150       | 0.24   | 0.12      | 0.43          |
| Tubería 5  | 160      | 50       | 150       | 1.23   | 0.62      | 8.76          |
| Tubería 6  | 5        | 50       | 150       | 0.74   | 0.38      | 3.47          |
| Tubería 7  | 65.5     | 50       | 150       | 0.70   | 0.36      | 3.13          |
| Tubería 8  | 80.08    | 50       | 150       | 0.16   | 0.08      | 0.20          |
| Tubería 9  | 41.6     | 50       | 150       | 0.24   | 0.12      | 0.43          |
| Tubería 10 | 124.96   | 50       | 150       | 0.04   | 0.02      | 0.02          |
| Tubería 11 | 41.8     | 50       | 150       | 0.30   | 0.15      | 0.65          |
| Tubería 12 | 114.4    | 50       | 150       | 0.16   | 0.08      | 0.20          |
| Tubería 13 | 74.46    | 50       | 150       | 0.20   | 0.10      | 0.31          |
| Tubería 14 | 70.27    | 50       | 150       | 0.14   | 0.07      | 0.16          |

### 5.5.6 Condición máximo día con presión media más incendio

En el lugar de estudio se propone la instalación de un hidrante de 6", para el gasto se estableció un caudal de 150gpm (9.46 l/s). El hidrante se colocó en el nodo 3 ya que es el que posee mayor consumo y es el punto más desfavorable en la red.

Al efectuarse el análisis de consumo y con incendio se encontró que la red la presión mínima es de 15.05 m en el nodo 3 y la máxima es de 21.04 m en el nodo 13 para una presión residual de 21.95m. El análisis Hidráulico para esta condición se presenta a continuación.



**Figura 5.8** Consumo máximo día con presión promedio más incendio

➤ Tabla de resultados

Estado de los Nudos de la Red

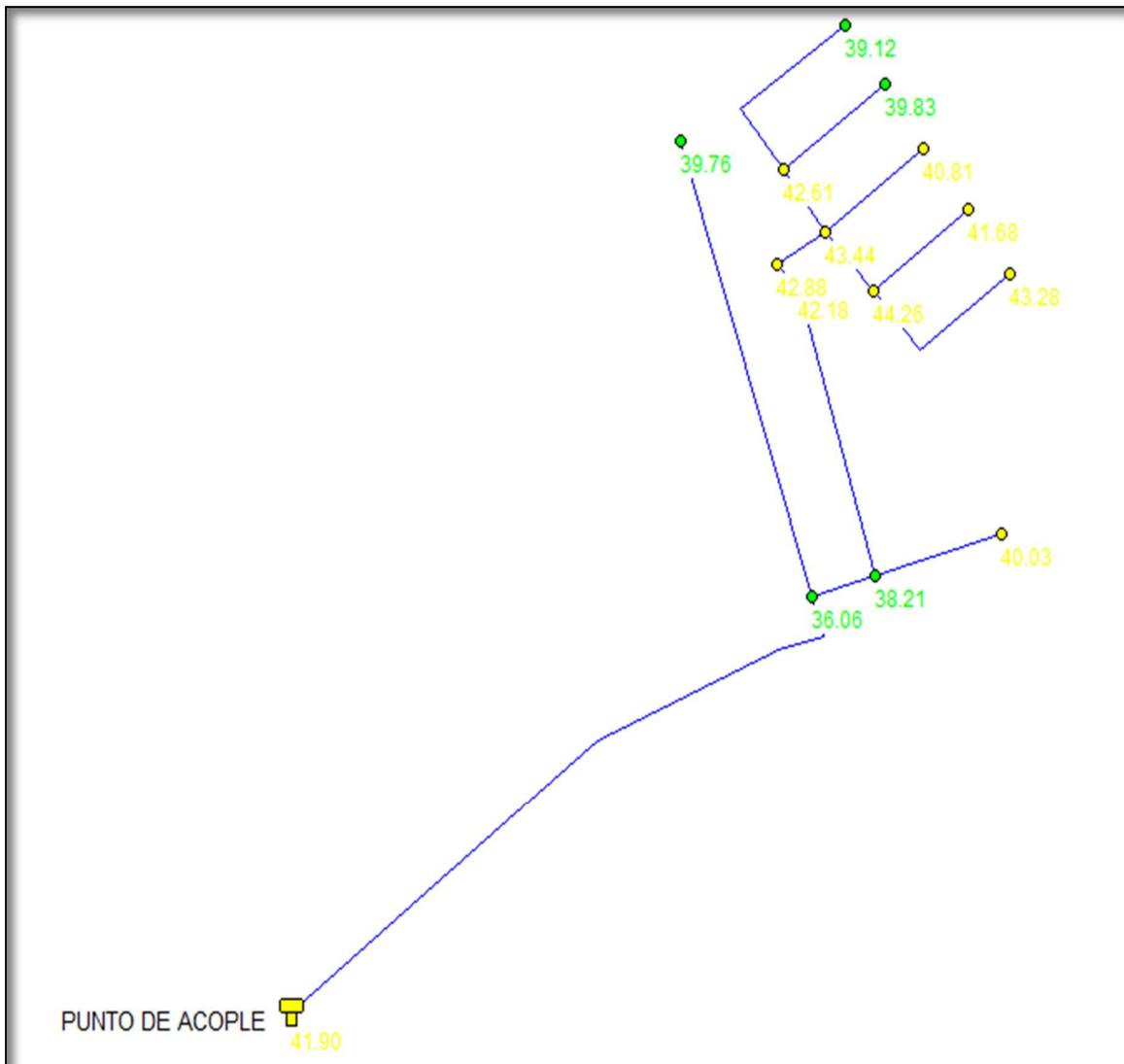
|          | Demanda | Altura | Presión |
|----------|---------|--------|---------|
| ID Nudo  | LPS     | m      | m       |
| Nudo 2   | 0.82    | 546.22 | 17.82   |
| Nudo 3   | 9.48    | 547.14 | 15.05   |
| Nudo 4   | 0.24    | 546.56 | 18.44   |
| Nudo 5   | 0.08    | 546.58 | 16.64   |
| Nudo 6   | 0.48    | 545.18 | 19.21   |
| Nudo 7   | 0.04    | 545.16 | 19.89   |
| Nudo 8   | 0.16    | 544.94 | 17.59   |
| Nudo 9   | 0       | 544.94 | 19.40   |
| Nudo 10  | 0.2     | 544.91 | 16.60   |
| Nudo 11  | 0       | 544.95 | 20.24   |
| Nudo 12  | 0.16    | 544.9  | 20.03   |
| Nudo 13  | 0       | 544.93 | 21.04   |
| Nudo 14  | 0.14    | 544.92 | 18.45   |
| Nudo 15  | 0.04    | 544.93 | 15.91   |
| Acople 1 | -11.85  | 548.2  | 21.95   |

Estado de las Líneas de la Red

|            | Longitud | Diámetro | Rugosidad | Caudal | Velocidad | Pérdida Unit. |
|------------|----------|----------|-----------|--------|-----------|---------------|
| ID Línea   | m        | mm       |           | LPS    | m/s       | m/km          |
| Tubería 1  | 382.55   | 150      | 150       | 11.85  | 0.67      | 2.78          |
| Tubería 2  | 220      | 50       | 150       | 0.82   | 0.42      | 4.19          |
| Tubería 3  | 41.55    | 50       | 150       | 1.55   | 0.79      | 13.48         |
| Tubería 4  | 48.45    | 50       | 150       | 0.24   | 0.12      | 0.43          |
| Tubería 5  | 160      | 50       | 150       | 1.23   | 0.62      | 8.76          |
| Tubería 6  | 5        | 50       | 150       | 0.74   | 0.38      | 3.48          |
| Tubería 7  | 65.5     | 50       | 150       | 0.7    | 0.36      | 3.13          |
| Tubería 8  | 80.08    | 50       | 150       | 0.16   | 0.08      | 0.2           |
| Tubería 9  | 41.6     | 50       | 150       | 0.24   | 0.12      | 0.43          |
| Tubería 10 | 124.96   | 50       | 150       | 0.04   | 0.02      | 0.02          |
| Tubería 11 | 41.8     | 50       | 150       | 0.3    | 0.15      | 0.65          |
| Tubería 12 | 114.4    | 50       | 150       | 0.16   | 0.08      | 0.2           |
| Tubería 13 | 74.46    | 50       | 150       | 0.2    | 0.1       | 0.31          |
| Tubería 14 | 70.27    | 50       | 150       | 0.14   | 0.07      | 0.16          |

### 5.5.7 Sin consumo con presión máxima

También se analizó la condición sin consumo en la red en donde se pudo observar que las presiones máximas no están fuera del rango de presiones que puedan perjudicar las tuberías, obteniendo como presión mínima 36.06 m en el nodo 3 y la máxima de 44.26m, estando dentro del rango de las normas establecidas.



**Figura 5.9** Sin consumo con presión máxima

➤ Tabla de resultados

Estado de los Nudos de la Red

|          | Demanda | Altura | Presión |
|----------|---------|--------|---------|
| ID Nudo  | LPS     | m      | m       |
| Nudo 2   | 0       | 568.15 | 39.76   |
| Nudo 3   | 0       | 568.15 | 36.06   |
| Nudo 4   | 0       | 568.15 | 40.03   |
| Nudo 5   | 0       | 568.15 | 38.21   |
| Nudo 6   | 0       | 568.15 | 42.18   |
| Nudo 7   | 0       | 568.15 | 42.88   |
| Nudo 8   | 0       | 568.15 | 40.81   |
| Nudo 9   | 0       | 568.15 | 42.61   |
| Nudo 10  | 0       | 568.15 | 39.83   |
| Nudo 11  | 0       | 568.15 | 43.44   |
| Nudo 12  | 0       | 568.15 | 43.28   |
| Nudo 13  | 0       | 568.15 | 44.26   |
| Nudo 14  | 0       | 568.15 | 41.68   |
| Nudo 15  | 0       | 568.15 | 39.12   |
| Acople 1 | 0       | 568.15 | 41.90   |

Estado de las Líneas de la Red

|            | Longitud | Diámetro | Rugosidad | Caudal | Velocidad | Pérdida Unit. |
|------------|----------|----------|-----------|--------|-----------|---------------|
| ID Línea   | m        | mm       |           | LPS    | m/s       | m/km          |
| Tubería 1  | 382.55   | 150      | 150       | 0      | 0         | 0             |
| Tubería 2  | 220      | 50       | 150       | 0      | 0         | 0             |
| Tubería 3  | 41.55    | 50       | 150       | 0      | 0         | 0             |
| Tubería 4  | 48.45    | 50       | 150       | 0      | 0         | 0             |
| Tubería 5  | 160      | 50       | 150       | 0      | 0         | 0             |
| Tubería 6  | 5        | 50       | 150       | 0      | 0         | 0             |
| Tubería 7  | 65.5     | 50       | 150       | 0      | 0         | 0             |
| Tubería 8  | 80.08    | 50       | 150       | 0      | 0         | 0             |
| Tubería 9  | 41.6     | 50       | 150       | 0      | 0         | 0             |
| Tubería 10 | 124.96   | 50       | 150       | 0      | 0         | 0             |
| Tubería 11 | 41.8     | 50       | 150       | 0      | 0         | 0             |
| Tubería 12 | 114.4    | 50       | 150       | 0      | 0         | 0             |
| Tubería 13 | 74.46    | 50       | 150       | 0      | 0         | 0             |
| Tubería 14 | 70.27    | 50       | 150       | 0      | 0         | 0             |

## **5.6 Especificaciones técnicas de materiales y construcción**

### **5.6.1 Instalación de tubería**

Este artículo cubre el suministro de todo material, herramientas, equipo y mano de obra necesarios para cargar, acarrear e instalar tuberías de PVC que fueron proyectadas y accesorios de acuerdo con lo aquí especificado y aparece indicado en los planos correspondientes, incluyendo topografía, limpieza y remoción de las obstrucciones, localización y descubrimiento de tuberías existentes, excavación y relleno compactado; remoción de agua; instalación, prueba, conexiones a pozos existentes, conexiones domiciliarias; la disposición satisfactoria de los materiales sobrantes, y lo necesario para dejar un trabajo completamente terminado.

### **5.6.2 Materiales**

En este artículo el suplidor deberá suministrar las Tuberías y accesorios de PVC (Cloruro de Polivinilo) materiales para las juntas y otros aditamentos, de acuerdo a lo aquí especificado.

### **5.6.3 Tubería de PVC**

Las tuberías podrán ser tuberías rígidas y flexibles de PVC siempre que:

- a) Cumplan con la norma ASTM D2241-89, para Cloruro de Polivinilo (PVC), designada SDR 26 para los tubos de 2" o más, y SDR 13.5 para las tuberías de 1/2", las que serán del tipo unión cementada.

Las uniones de la tubería de 2" o más, serán del tipo flexible "Push-on joint-end", Junta rápida o "Tyton", es decir, que en el interior de uno de los extremos del tubo,

traerá incorporado un empaque de caucho o neopreno que se insertará en el extremo libre del otro tubo formando un sello perfecto, cualquier cambio queda sujeta a la indicación de la supervisión.

**(Norma NIC A – 0001)**

Las uniones de la tubería de norma ASTM 3034 serán del tipo flexible “Junta rápida”, es decir, que en el interior de uno de los extremos del tubo, traerá incorporado un empaque de caucho o neopreno que se insertará en el extremo libre del otro tubo formando un sello perfecto.

La tubería PVC será fabricada de compuestos vírgenes de clase igual o superior a las clases 12454-B, 12454-C, según lo define la especificación ASTM 1784. Las tuberías se deberán diseñar para una presión hidrostática de 14 Mpa para agua a 23° C, designadas como PVC 1120, PVC 1220 y PVC 2120. Los compuestos usados en la fabricación de las tuberías y accesorios no deben contener ingredientes solubles en agua en una cantidad tal que su migración en determinadas cantidades en el agua sea tóxica y no permitida, según las normas de calidad OPS/OMS

Los anillos de empaque elastoméricos necesarios para las juntas, deberán ser suministrados en cantidades que excedan un 5% a las cantidades requeridas teóricamente.

Para el almacenamiento de la tubería y accesorios de PVC deberá de seguirse las recomendaciones del fabricante, debiéndose proteger el producto de la intemperie y especialmente de los rayos solares, por lo que se recomienda una bodega cubierta y oscura para su almacenaje.

**5.6.4 Accesorios de PVC**

Todos los accesorios con diámetros de 2” o más serán de plástico PVC Cédula 40

del tipo Junta Rápida (Push On), para el caso de tubos de ½” serán extremos lisos (Slip x Slip) para junta cementada.

Los adaptadores macho y hembra respectivamente de ½” tendrán un extremo liso y otro roscado S.T (Slip x THREAD)

Para el caso de las abrazaderas de 2” x ½”, rosca recta en la boca de servicio, deberá cumplir con la norma ASTM D – 2466 – 74, para una presión de trabajo de 250 PSI, los pernos y tuercas utilizados serán de bronce o acero con tratamiento especial anticorrosivo.

Los accesorios deberán cumplir con la norma ASTM D-2665.

Para la fabricación de accesorios o piezas especiales, se exigirán los mismos requisitos aplicados a las tuberías.

Los extremos de los accesorios se adaptarán a las uniones del tipo flexible “Junta rápida”.

Los empaques y lubricantes suministrados para usarse con tuberías y accesorios de PVC, deberán ser fabricados de material que sean compatibles el uno al otro con el material plástico, cuando son usados juntos. El material no deberá facilitar el crecimiento de bacteria ni afectar adversamente la calidad del agua que será transportada.

Deberá suministrarse el lubricante recomendado, para lograr la unión de las tuberías, en un 30% en exceso de la cantidad estimada requerida.

Los empaques de caucho de las tuberías y accesorios de PVC serán moldeados en una sola pieza, y serán conforme con los requerimientos de ASTM F477 para aplicación de alta carga hidráulica.

### **5.6.5 Pegamento de PVC**

El pegamento a suministrarse debe cumplir con la Norma ASTM D-2564, la cual rige las especificaciones para el cemento Solvente. Esta es una solución de PVC clase 12454-B. Las cantidades solicitadas deberán ser suministradas en recipientes de ¼” de galón o menor.

### **5.6.6 Transporte de materiales**

El Contratista deberá obtenerlos y transportarlos al sitio de la obra. Todo el material a incorporarse en la obra deberá examinarse cuidadosamente por el Contratista en el momento y lugar de entrega, rechazando cualquier material que se encuentre defectuoso. El contratista asume plena responsabilidad por el transporte de los materiales hasta que sean incorporados en la obra y será responsabilidad de él proveer todo el equipo y mano de obra necesaria para cargar los materiales.

Se tomará toda precaución en la carga, transporte y descarga de materiales a fin de prevenir daños a éstos.

Cualquier material que sea dañado después de ser aceptado por el Contratista será reemplazado por el Contratista, por su cuenta.

La tubería, accesorios y válvulas deben ser cargados y descargados con tabloncillos o con grúa, usando ganchos forrados de cuero o goma dura o de una madera aprobada por el Ingeniero.

De ninguna manera se permitirá que la tubería se deje caer o rodar contra otros tubos.

La tubería y accesorios de PVC se almacenarán resguardándola de los rayos del

sol. La tubería de PVC debe descansar sobre una superficie plana que soporte el tubo en toda la longitud, o entramados espaciados a 1.50 m. como máximo. Las estibas no deberán ser mayores de 8 tubos, el anillo de hule deberá colocarse en la tubería hasta el momento de su instalación.

### 5.6.7 Excavación

Las excavaciones de zanja se efectuarán de acuerdo con la alineación, niveles y dimensiones indicados en los planos o por el ingeniero inspector.

Antes de empezar la excavación de las zanjas, el Contratista deberá por su cuenta localizar y descubrir las conexiones domiciliarias, tuberías y otros servicios existentes en las intersecciones de las calles, ya sea que estén indicados o no en los planos, y que se encuentren dentro del alineamiento y niveles de la tubería e instalarse. El Contratista deberá comprobar si las tuberías o estructuras existentes no estén directamente dentro del área de las tuberías a instalarse como paso previo a la construcción de las obras. En general deberá quedar un espacio libre mínimo de 10 centímetros entre las paredes de los tubos a instalarse y cualquier otra estructura o tubería existente.

En el caso de que las obras existentes estén dentro del área de las obras proyectadas, el Contratista deberá avisar al Ingeniero Inspector y dar los datos necesarios para que éste pueda hacer los cambios necesarios.

Si el Contratista no descubre y verifica la localización y los niveles de la tuberías y otras estructuras existentes y falla en notificar por escrito al Ingeniero Inspector de las obstrucciones que se encuentran dentro de las obras a instalarse, entonces todo cambio necesario para dejar la tubería con la alineación y profundidad requeridas, correrá por cuenta y riesgo del Contratista.

Los costados de las zanjas deberán ser verticales. El fondo de la zanja será

excavado a mano usando un azadón de forma curva de tal manera que se obtenga un apoyo uniforme y continuo para el cuadrante inferior del tubo sobre el suelo firme y no interrumpido. Se deberá dejar depresiones excavadas para acomodar las campanas o juntas.

El ancho de zanjas no deberá exceder el diámetro nominal de la tubería más 0.45 m para tubos menores de 450 mm. Se requiere una cobertura general de 1.20 m sobre el tubo, salvo que sea necesario evitar obstáculo en cuyo caso se excavará a la profundidad indicada en los planos y ordenado por el Ingeniero Inspector.

En caso de que en el fondo de la zanja se encuentren materiales inestables, basura o materiales orgánicos que en la opinión del Ingeniero Supervisor deberán ser removidos, se excavarán y se removerán dichos materiales hasta la profundidad que ordene el Ingeniero Inspector.

Cuando sean removidos los materiales inaceptables como apoyo de la tubería y antes de colocar la tubería, se rellenará la zanja con material granular que será apisonado en capas que no excedan 15 centímetros hasta un nivel que corresponda a  $\frac{1}{4}$  del área del tubo. Al terminar el apisonamiento del fondo de la zanja, se usará un azadón de forma curva para proveer un apoyo uniforme y continuo para los tubos. Se deberán dejar hoyos para acomodar las campanas o juntas.

Cuando la excavación sea en roca o piedra cantera se removerá ésta a una profundidad de 15 centímetros bajo la rasante del tubo. Después se rellenará con material granular de la manera descrita en el párrafo anterior.

Si el fondo de la zanja se convierte en una fundación innecesaria para los tubos debido al descuido del Contratista de ademar o desaguar la zanja, o si la excavación se ha hecho más profunda de lo necesario, se requerirá al Contratista remover el material inestable y rellenar la zanja. El Contratista removerá toda el

agua que se colecte en las zanjas mientras los tubos estén siendo instalados.

En ningún caso se permitirá que el agua escurra sobre la fundación o a través de la tubería sin permiso del Ingeniero Inspector. El agua encontrada será eliminada por el Contratista de una manera que sea satisfactoria para el Ingeniero Inspector. La longitud de zanja que se permitirá excavar delante de la instalación de tubería estará sujeta a la aprobación del Ingeniero Inspector y generalmente no deberá exceder 100 metros. En ningún caso se permitirá al Contratista excavar delante de la instalación de tubería cuando haya más de 300 metros de pavimento que no haya sido restaurado y aceptado por el Ingeniero Inspector.

No se permitirán zanjas abiertas por períodos mayores de tres días antes de la colocación de los tubos y las zanjas serán rellenadas dentro de 24 horas después que la tubería haya sido probada y aceptada por el Ingeniero Inspector.

Excavaciones fuera de las líneas de trabajo sin autorización del ingeniero inspector, el contratista deberá hacer las reparaciones por su cuenta.

#### **5.6.8 Remoción y disposición de agua**

El Contratista removerá inmediatamente toda agua superficial o de infiltración que provenga de alcantarillas, drenajes, zanjas u otras fuentes, que puedan acumularse en las zanjas durante la excavación y la construcción, mediante la previsión de los drenajes necesarios o mediante bombeo o achicamiento. El Contratista deberá tener disponible todo el tiempo, equipo suficiente en buen orden para hacer el trabajo que aquí se requiere. Toda agua sacada de las excavaciones será dispuesta de una manera aprobada, tal que no crea condiciones in-sanitarias, ni cause perjuicio a personas o a propiedad, o cause daños al trabajo en proceso.

### **5.6.9 Almacenamiento y disposición de materiales excavados**

Los materiales excavados que sean necesarios y de carácter satisfactorio, serán amontonados a la orilla de la zanja para ser usados para relleno cuando sean requeridos. Los materiales excavados de material no satisfactorios para relleno o que estén en exceso del requerido para el relleno, serán dispuestos de una manera aprobada por el Ingeniero.

Los materiales excavados serán siempre manejados de tal manera que causen un mínimo de inconveniencia al tráfico del público y que permita acceso conveniente y seguro a la propiedad pública o privada, adyacente a la línea del trabajo.

### **5.6.10 Cambio en la localización de la zanja**

En el caso de que el Ingeniero Inspector ordene que se cambie la localización de una zanja con respecto a lo indicado en los planos, o en el caso de que el Ingeniero Inspector autorice un cambio de localización a petición del Contratista, éste no tendrá derecho a ninguna compensación adicional, ni a ningún reclamo por daños, siempre que el cambio sea hecho antes de haber comenzado la excavación.

Sin embargo si tal cambio efectuado por orden del Ingeniero Inspector involucra el abandono de excavación ya hecha, tal excavación abandonada junto con el relleno necesario será clasificada como excavación y relleno adicional a ser pagados como tal. En el caso de que la zanja sea abandonada por dar referencia a una nueva localización a petición del Contratista, la excavación abandonada y el relleno correrán por cuenta del Contratista.

### **5.6.11 Encofrado y arriostramiento**

Cuando se considere necesario, las zanjas y otras excavaciones deberán ser encofradas y arriostradas a fin de prevenir cualquier movimiento de tierra, evitar daño al pavimento, estructuras, tubos, etc., y proteger a los trabajadores en la zanja. El Contratista asumirá plena responsabilidad por todo encofrado o arriostramiento y por cualquier daño que pueda ocasionar por su falta, uso o remoción.

### **5.6.12 Instalación de tubos y accesorios**

La rasante de los tubos y accesorios deberá ser terminada cuidadosamente y se formará en ella una especie de “Media Caña” a fin de que una cuarta parte de la circunferencia de cada tubo y en toda su longitud quede en contacto con terrenos firmes, y además se proveerá de una excavación especial para alojar las campanas. Los tubos serán instalados de acuerdo con la alineación y pendientes indicadas en los planos o por el Ingeniero y con la campana pendiente arriba. Las secciones de los tubos serán instaladas y unidas de tal manera que la tubería tenga una pendiente uniforme.

No se permitirá la entrada a la zanja durante la instalación de los tubos, ni se permitirá que el agua suba alrededor de las uniones hasta que éstas se hayan solidificado. No se permitirá caminar o trabajar sobre los tubos después de colocarlos hasta que hayan sido cubiertos con 30 centímetros de relleno.

Los terminales de los tubos que hayan sido instalados serán protegidos con tapones de material aprobado por el Ingeniero, para evitar que tierra u otras suciedades penetren en los tubos.

El interior de los tubos deberá ser cuidadosamente mantenido libre de tierra y suciedad. Al finalizar la instalación de la tubería ésta se limpiará completamente

con agua, y se deberá extraer toda basura, tierra y suciedades que hayan quedado dentro de las tuberías.

En todo caso se seguirán estrictamente las recomendaciones del fabricante para profundidades de enterramiento más allá de los 3.00 m.

Especial cuidado se deberá tener con la tubería tipo flexible (perfilada o similar) en cuanto a la colocación del material de relleno y su compactación.

### **5.6.13 Uniones rígidas o de soldadura química**

Los tubos se unirán con pegamento recomendado por el fabricante para este fin.

Los tubos se deberán cortar a ángulo recto con el eje utilizando una sierra de mano de dientes finos y una caja de ingletes, o una sierra mecanizada de dientes finos con una guía apropiada. Se podrán utilizar cuchillas para cortar madera. Se deberá remover totalmente la rebaba por medio de un cuchillo, lima, escarificador o papel abrasivo.

Las superficies a unirse deberán dejarse limpias y libres de humedad antes de proceder a la aplicación del cemento. La superficie exterior del tubo (hasta la profundidad de penetración en el enchufe) y la superficie de contacto del enchufe de la camisa se deberán limpiar quitándoles el acabado lustroso por medio de un limpiador químico aprobado por el fabricante de los tubos, el cual deberá ser aplicado con un paño libre de humedad; como un sustituto aceptable para la remoción del lustre de las superficies de contacto, se podrá usar papel abrasivo o estopa de acero. Se deberán limpiar todas las partículas de material abrasivo y/o de PVC antes de aplicar el cemento.

El cemento se deberá guardar encerrado en un lugar sombreado cuando realmente no se esté utilizando. El cemento se deberá desechar cuando tenga lugar un cambio apreciable en la viscosidad, o a la primera señal de gelatinización.

El cemento no deberá ser diluido. (Nota: la condición gelatinosa se aprecia cuando el cemento no fluye libremente de la brocha o cuando el mismo presenta un aspecto apelotonado o fibroso. Cuando la brocha no esté en uso, se deberá mantener humedecida en un recipiente con diluyente, limpiador o cemento selecto.

El cemento solvente de PVC es de secado rápido y por consiguiente el mismo se deberá aplicar con la mayor rapidez posible, consistente con una buena hechura.

La temperatura superficial de las superficies de contacto al momento de ensamblar la unión no deberá ser mayor de 43 grados centígrados. Primeramente se deberá aplicar una capa uniforme de cemento a todo el contorno de la superficie exterior del tubo, hasta la profundidad de penetración en el enchufe. Seguidamente se deberá aplicar una capa delgada y uniforme de cemento al interior del enchufe de cualquier accesorio que fuera del caso, incluyendo el reborde situado al fondo del enchufe. A continuación se recubrirá el tubo con una segunda capa uniforme de cemento, incluyendo el extremo cortado del mismo.

Inmediatamente después de aplicar la última capa de cemento al tubo, se deberá insertar el tubo dentro del accesorio, hasta que el primero tope con el reborde interno del accesorio. Durante el ensamblaje, se deberá dar al tubo o al accesorio un giro de  $\frac{1}{4}$  de vuelta (pero no después que el tubo haya llegado al fondo del accesorio) para distribuir uniformemente el cemento. El ensamblaje deberá quedar completado dentro de un período de 20 segundos después de la última aplicación de cemento. El tubo se deberá insertar con un movimiento uniforme y parejo, no debiendo usarse golpes de martillo. Las uniones recién ensambladas deberán ser manejadas cuidadosamente hasta que el cemento haya pasado por un período de fraguado de 30 minutos (para temperaturas entre 15 y 38 grados centígrados).

#### **5.6.14 Instalación de válvulas e hidrantes**

Las válvulas de compuerta serán de Ho Fo y conforme las normas AWWA C 509-87, tendrán extremos PUSH-ON, se ubicaran según lo establezcan los planos o como lo determine el Supervisor, irán acompañados de un protector de válvula de HoFo. Los hidrantes deberán cumplir las normas AWWA C502 extremos bridados con su respectiva válvula de pase. La dotación contra incendio es de 9.46lps=150GPM

#### **5.6.15 Uniones Dresser (Unión Universal)**

Deberán cumplir con las especificaciones ASTM A536 y ASTM A536-80-65-45-12 y los empaques con la normativa ASTM D2000 80M 4AA809, las uniones se armaran en el sitio.

#### **5.6.16 Válvulas de aire y vacío**

Las válvulas de aire y vacío para instalarse en tuberías de conducción y distribución, deberán ser diseñadas para permitir el escape de grandes cantidades de aire, cuando las tuberías se están llenando y el cierre hermético cuando el líquido entre en la válvula. También deberán permitir la entrada de gran cantidad de aire cuando la tubería se esté vaciando para producir el rompimiento del vacío. El área del orificio de descarga deberá ser igual o mayor que el orificio de entrada en la válvula, La válvula deberá consistir de un cuerpo, cubierta, deflector (baffle), flotador, y asiento. El deflector deberá ser diseñado para proteger al flotador, del contacto directo con la embestida del aire y el agua, previendo que el flotador

produzca el cierre prematuro en la válvula. El asiento deberá ser sujetado con la cubierta de la válvula sin distorsión y deberá ser fácilmente removido cuando sea necesario.

El flotador deberá ser de acero inoxidable, diseñado para soportar una fatiga de 70bar ó más. Las válvulas deberán ser protegidas contra la corrosión, con una capa gruesa de minnioTTP86 tipo IV o similar.

Todos los materiales empleados en la fabricación de las válvulas deberán cumplir con las siguientes:

Cuerpo, cubierta y deflector: de hierro fundido, ASTM. A48 clase 30.

Flotador: de acero inoxidable ASTM. A240.

Asiento: Hule con nitrilo (rubber nitrile)

Deberán ser diseñados para una presión de trabajo de 175mca y tener los extremos roscados.

### **5.6.17 Pruebas de hidrostática y de estanqueidad**

La finalidad de las pruebas de presión a que debe someterse la instalación, es la de verificar que todas sus partes hayan quedado correctamente instaladas, y que los materiales empleados estén libres de defectos o roturas.

Los tubos se probarán en la medida que la obra progresa y en tramos no mayores de 500 metros, aunque a criterio de la supervisión podrá variar de longitud por razones prácticas, tales como facilidades de aislamiento por válvulas etc. La tubería se someterá a una prueba de presión hidrostática, equivalente a 1.5 veces la presión de trabajo, no siendo inferior en ningún caso a 150 PSI, estas presiones deberán mantenerse durante no menos de una hora. Cumplir a entera satisfacción con las normas y especificaciones contenidas en la norma NIC A – 0001.

Puesto que en algunos casos deberán probarse tramos de una línea, habrá que utilizar bloques de reacción temporales para este propósito. En este caso, no olvidar que el empuje en los extremos cerrados puede ser de varias toneladas, por tanto el material utilizado tiene que ser resistente para contrarrestar dicho empuje.

### **5.6.17 Limpieza y desinfección de tubería**

#### **5.6.17.1 Purga inicial**

Después de la prueba de presión, si ésta ha resultado satisfactoria, y antes de la desinfección, la tubería debe purgarse en una forma tan completa como sea posible, y a través de los drenajes previamente establecidos y adecuadamente localizados. Debe comprenderse, que esta purga únicamente arrastra los sólidos más ligeros y que no puede tenerse confianza en que elimine los materiales pesados que hayan tenido acceso a la tubería durante su tendido. Debe disponerse una purga suficientemente fuerte, para lograr que el agua arrastre libremente la mayor cantidad de material. Se recomienda que la velocidad de lavado no sea menor de 2.5 pies por segundo.

El procedimiento básico de la desinfección consiste de:

1. Prevenir la entrada de materiales contaminantes en las tuberías durante el almacenaje, construcción o reparación.
2. Remover, por la purga u otros medios, aquellos materiales que puedan haberse introducido en las tuberías.
3. Clorar toda contaminación residual que pueda permanecer, y purgar el agua clorada de la tubería.
4. Determinar la calidad bacteriológica por medidas de coliformes fecales o del cloro residual por pruebas de laboratorio después de la desinfección.

### **5.6.18 Métodos de cloración**

La desinfección puede hacerse mediante una solución de cloro líquido o de hipoclorito de calcio, siguiendo tres métodos básicos: la tableta, la alimentación continua y el de la dosis concentrada.

#### **5.6.18.1 Método de la dosis concentrada**

Este método consiste en colocar hipoclorito de calcio granulado en la tubería durante la construcción, llenar completamente la tubería para eliminar las bolsas de aire, purgar la tubería para eliminar residuos sólidos, y circular lentamente a través de la tubería un agua fuertemente dosificada con cloro a una concentración de 100 mg/L. El flujo lento del agua asegura que todas las partes de la tubería y sus accesorios, válvulas e hidrantes estarán expuestos a un agua altamente clorada por un período no menor de 3 horas.

La diferencia principal de este método respecto al método de la alimentación continua es la alta dosis de cloro que debe aplicarse al agua de llenado para garantizar que la misma contenga un cloro residual libre de 100 mg/L.

A medida que avanza el agua en la tubería (aguas arriba de una válvula, por ejemplo) se debe medir el cloro residual. Si éste ha descendido abajo de 50mg/L, el flujo debe pararse, el equipo de cloración debe relocalizarse a la cabeza del flujo, y, a medida que el flujo es restaurado, se debe aplicar cloro para recuperar la concentración inicial de 100mg/L.

Los hidrantes y las válvulas deben operarse cuando pasa el flujo para desinfectarlos tanto a ellos como a los ramales de derivación. En caso de reparaciones, donde sea práctico, se puede incrementar la dosis a 300 mg/L y el tiempo de contacto reducirlo a 15 minutos, tomando las precauciones debidas de aislamiento del tramo.

### **5.6.19 Purga final**

Después del período de retención aplicable, el agua fuertemente clorada no debe permanecer por más tiempo en la tubería. Para prevenir daños al revestimiento de las tuberías o daños de corrosión propiamente a la tubería, se debe purgar el agua hasta que las medidas de cloro residual indiquen que la concentración está dentro de los límites aceptables para el uso doméstico.

La determinación de la concentración de cloro residual después del período de contacto debe hacerse con aparatos clorométricos de tipo comparador. Terminada la desinfección, toda el agua tratada debe ser purgada por las extremidades de la tubería, hasta que se demuestre con determinación de prueba, que el agua en la línea sea de una calidad comprable a la que se proporciona al público en el sistema de distribución existente. (Fuente documentos del programa INAA/BID)

### **5.6.20 Relleno**

Las zanjas no se rellenarán hasta que la tubería sea sometida a las pruebas de presión hidrostática. En este concepto se comprende todo material aprobado y seleccionado, sacado de la excavación o de otra fuente, libre de basura, terrones grandes, hierbas u otros materiales descomponibles que contenga alrededor del 2% de agua natural con relación al peso seco del suelo original.

Todos los materiales usados para el relleno no deben contener materia orgánica, maleza, raíces y troncos o cualquier material inaceptable

Solamente materiales seleccionados deberán usarse para el relleno a los lados y hasta 30 centímetros sobre la parte superior de la tubería. El material

seleccionado podrá ser material de excavación de la zanja, arenoso y siempre que no contenga piedras, material orgánico, basura, lodo o cualquier material inestable. El relleno será colocado y apisonado en capas que no excedan 10 centímetros. Si los materiales de la excavación no se consideran en la opinión del Ingeniero, apropiados para el relleno, el Contratista obtendrá por su cuenta, en otro sitio, los materiales requeridos. El apisonado se hará cuidadosamente de tal manera que el tubo no se desplace de su posición original.

No se permitirán piedras en el relleno alrededor del tubo y piedras de 20 centímetros serán excluidas de todo relleno, lo mismo que madera, basura y materia orgánica. La compactación podrá ser con equipo portátil (vibro - compactador de rodillo o plancha etc.)

#### **5.6.21 Compactación**

Cada capa de relleno se compactará a un peso volumétrico seco no menor del 85% del peso máximo obtenido de la manera recomendada en las especificaciones ASTM D698-58T. En zanjas donde se requiera el reemplazo del pavimento o adoquinado, éstas se compactarán a un peso volumétrico seco no menor del 95% del peso volumétrico seco máximo, obtenido siguiendo la especificación anterior.

#### **5.6.22 Protección de obras parcialmente completadas**

Antes de dejar el trabajo al final del día, o por paros debido a lluvias u otras circunstancias, se tendrá cuidado de proteger y cerrar con seguridad las aberturas y terminales de las tuberías que no han sido terminadas.

### **5.6.23 El concreto**

Toda mención hecha en estas especificaciones o indicadas en los planos, obliga al Contratista a suplir e instalar cada artículo, material o equipo, con el proceso indicado y con la calidad requerida, o sujeta a calificación, y a suplir la mano de obras, equipo y otros bienes complementarios necesarios para la terminación de las obras.

### **5.6.24 Cemento**

El cemento a utilizar en la preparación de mezcla de hormigón, será de una marca conocida de cemento Portland Tipo I, y deberá cumplir en todo con las especificaciones ASTM-C150. Deberá llegar al sitio de la construcción en sus empaques originales y enteros, ser completamente fresco y no mostrar señales de endurecimiento. Todo cemento dañado o ya endurecido será rechazado por el Ingeniero. El cemento se almacenará en bodegas secas, sobre tarimas de madera, en estibas de no más de 10 (diez) sacos.

### **5.6.25 Agua**

El agua a emplear en la mezcla de concreto deberá ser potable y limpia, y estar libre de grasas y aceites, de material orgánica, álcalis o impurezas que puedan afectar la resistencia y propiedades del concreto.

### **5.6.26 Agregados**

Los agregados empleados en la mezcla del concreto deberán ser clasificados según su tamaño, y deben ser almacenados en forma ordenada para evitar que se revuelva, se ensucien o se mezclen con materiales extraños. La grava deberá de ser limpia, durable y sujeta a las especificaciones ASTM-33.61 T. El tamaño máximo permitido de agregado grueso será de  $1/5$  (un quinto) de la dimensión mínima de la formaleta de los elementos, o de  $3/4$  (tres cuartos) del espaciamiento de la Norma ACI-613-54.

La arena deberá ser limpia y estar libre de impurezas, materia orgánica, limo, etc., y sujeta a la especificación ASTM-C-33-59.

### **5.6.27 Resistencia del concreto**

Salvo que se indique otra cosa, el concreto empleado en la construcción de las estructuras deberá tener una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de  $210 \text{ Kg/cm}^2$  (3000 psi), con un revenimiento de entre 5.0 cm. (2") y 10.0 cm. (4").

La mezcla de concreto fresco debe ser de una consistencia conveniente, sin exceso de agua, plástica y trabajable, a fin de llenar los encofrados sin dejar cavidades interiores.

### **5.6.28 Construcción de la formaleta**

Las formaletas con sus soportes tendrán la resistencia y rigidez necesarias para soportar el hormigonado, sin movimientos locales superiores a una milésima (0.001 m). Los apoyos estarán dispuestos de modo que en ningún momento se

produzcan, sobre la parte ejecutada de la obra, esfuerzos superiores al tercio de su resistencia.

Antes de la colocación del concreto, se regarán las superficies interiores y se limpiarán especialmente los fondos de las columnas, vigas o muros de soporte, dejándose aberturas provisionales para facilitar la limpieza en los elementos que lo requieran.

#### **5.6.29 Acero de refuerzo**

Las varillas empleadas en el refuerzo del concreto en la construcción de toda la obra, serán barras deformadas según la especificación ASTM-A-305, con un límite de fluencia de 2,800 Kg/cm<sup>2</sup> (40,000 psi) mínimo, de acuerdo a las especificaciones ASTM-A-615, GRADO 40.

Todas las varillas deben estar limpias y libres de escama, trazas de oxidación avanzada, grasas y otras impurezas o imperfecciones que afecten sus propiedades físicas, su resistencia o a su adherencia al concreto.

## PRESUPUESTO ESTIMADO DEL PROYECTO

| DESCRIPCION                            | U/M   | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL          |
|--|-------|----------|----------------|----------------------|
| Tubo 2"* 6m J/R SDR 26                 | Unid. | 183      | 403,00         | 73.749,00            |
| Tubo 6" * 6m J/R SDR 26                | Unid. | 65       | 1557,80        | 101.257,00           |
| Tubo 1/2" * 6m SDR 13.5                | Unid. | 119      | 80,00          | 9.520,00             |
| Tee PVC 6"*6" liso                     | Unid. | 1        | 865,00         | 865,00               |
| Tee PVC 6"*2"                          | Unid. | 1        | 1245,00        | 1.245,00             |
| Tee PVC 2"*2"                          | Unid. | 5        | 150,00         | 750,00               |
| Codo PVC Ø 6"*90º liso                 | Unid. | 1        | 646,00         | 646,00               |
| Codo PVC Ø 2"*90º liso                 | Unid. | 2        | 170,00         | 340,00               |
| Codo PVC Ø 2" *45º                     | Unid. | 3        | 50,00          | 150,00               |
| Bushing reductor PVC de Ø 6"*2"        | Unid. | 2        | 420,00         | 840,00               |
| Tapón hembra PVC 2" liso               | Unid. | 7        | 60,00          | 420,00               |
| Abrazadera PVC Ø 2" *1/2"              | Unid. | 119      | 130,00         | 15.470,00            |
| Pegamento PVC 1/4 galón                | Unid. | 10       | 350,00         | 3.500,00             |
| Válvula de compuerta HF Ø6" push-on    | Unid. | 1        | 7200,00        | 7.200,00             |
| Válvula de compuerta HF Ø2" push-on    | Unid. | 7        | 6500,00        | 45.500,00            |
| Unión universal HF Ø6"                 | Unid. | 4        | 3000,00        | 12.000,00            |
| Unión universal HF Ø2"                 | Unid. | 12       | 1950,00        | 23.400,00            |
| Protector de válvula HF                | Unid. | 8        | 3500,00        | 28.000,00            |
| SUB - TOTAL MATERIALES                 |       |          |                | C\$324.852,00        |
| Limpieza y excavación                  | m     | 1490     | 45,00          | 67.050,00            |
| Relleno y compactación                 | m     | 1490     | 30,00          | 44.700,00            |
| Instalación de tubería de 6" y 2"      | m     | 1490     | 20,00          | 29.800,00            |
| Instalación de válvula de 6"           | Unid. | 1        | 900,00         | 900,00               |
| Instalación de válvula de 2"           | Unid. | 7        | 900,00         | 6.300,00             |
| Instalación de protector de válvula    | Unid. | 8        | 500,00         | 4.000,00             |
| Acople a red existente de 6"           | Unid. | 1        | 1500,00        | 1.500,00             |
| Instalación acometidas de agua potable | Unid. | 119      | 200,00         | 23.800,00            |
| SUB - TOTAL MANO DE OBRA               |       |          |                | C\$178.050,00        |
| <b>TOTAL DE PROYECTO</b>               |       |          |                | <b>C\$502.902,00</b> |
|  |       |          |                | <b>\$17.047,53</b>   |

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1. Conclusiones

- ❖ Para la población de diseño se utilizó el método de saturación de habitantes por viviendas, ya que está comprobado que en el barrio no existe espacio apropiado para futuras expansiones.
- ❖ La fuente de abastecimiento seleccionada para el sistema de distribución propuesto fue un acople al acueducto de la ciudad de Jinotepe, sector que se abastece de agua potable desde el pozo El calvario, que cumple con la normas de calidad de agua, y así se garantiza la calidad, cantidad y continuidad del agua para el sector.
- ❖ En el diseño hidráulico de la red de distribución del reparto Moriah – Los cachorros, se tomó para proceso de cálculo los trabajos topográficos, el conteo de viviendas, el estudio de presiones en el punto de acople y a las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del agua del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), usando el software EPANET 2.0, siendo el diseño definitivo de la red la de consumo máxima hora por que brinda las presiones mínimas en la red de distribución.
- ❖ La construcción de la red cuenta con la instalación de una válvula de limpieza de 50 mm (2”) en el punto más bajo, válvulas de pases de 50 mm (2”) en puntos estratégico de la red para cerrar circuitos en situaciones de percances o reparaciones de la misma y en el acople se una válvula de compuerta de pase de 150 mm (6”).

- ❖ El proyecto trata de mantener un precio accesible por vivienda para que cada propietario de vivienda pueda conectarse de manera legal a la red de distribución.

## **2. Recomendaciones**

- ❖ Que la población se organice de manera comunitaria para ayuda de mano de obra en la construcción de la red de abastecimiento de agua potable y en esta manera disminuir en el costo de construcción por habitante.
- ❖ Que ENACAL y la población vigile y acate la aplicación de las especificaciones técnicas consideradas para este proyecto en las etapas de construcción y operación.
- ❖ Que ENACAL preste el debido mantenimiento al sistema, para que posea la correcta funcionalidad en el periodo para el que ha sido diseñado.

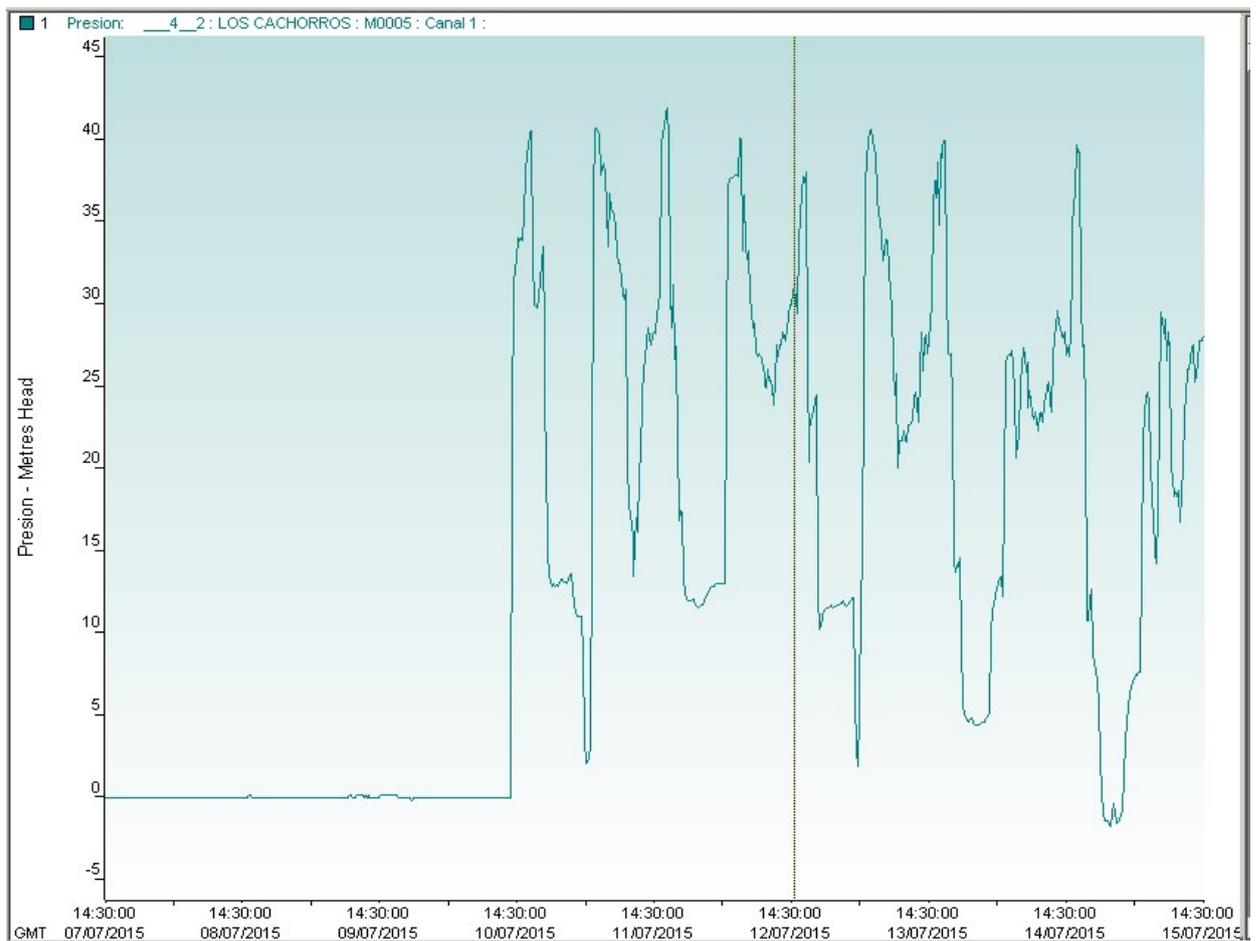
## **BIBLIOGRAFIA**

1. Normas Tecnicas Ppara el Diseño de Abastecimiento y Potabilización, INAA. Febrero 2001
2. Apuntes de ingeniería sanitaria I. Ing. María E. Baldizón Aguilar, estudio de población y consumo.
3. Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, facultad de Ingeniería Civil, Universidad veracruzana. Ing. José Manuel Jiménez Terán.
4. Lineamientos técnicos para la elaboración de estudios y proyectos de agua potable y alcantarillado sanitario, comisión nacional del agua, octubre 1994.
5. Ayuda en línea EPANET 2.0
6. Estudio elaborado por LOTILANZAS documento RJINFO.
7. Archivos registro de laboratorio de calidad de agua de ENACAL-Carazo
8. Censo Nacional de población del INEC 2005.

# ANEXOS

## Anexo A.

### 1. Hoja de variaciones de presión en el punto de acople





**2. Día de registro de presiones continuo (24 horas) seleccionado para el diseño.**

| Dia        | Hora     | Presion |            |          |        |
|------------|----------|---------|------------|----------|--------|
| 11/07/2015 | 00:00:00 | 13.600  | 11/07/2015 | 13:00:00 | 26.500 |
| 11/07/2015 | 00:15:00 | 12.700  | 11/07/2015 | 13:15:00 | 27.700 |
| 11/07/2015 | 00:30:00 | 11.600  | 11/07/2015 | 13:30:00 | 28.500 |
| 11/07/2015 | 00:45:00 | 11.300  | 11/07/2015 | 13:45:00 | 27.900 |
| 11/07/2015 | 01:00:00 | 11.000  | 11/07/2015 | 14:00:00 | 27.500 |
| 11/07/2015 | 01:15:00 | 11.000  | 11/07/2015 | 14:15:00 | 28.100 |
| 11/07/2015 | 01:30:00 | 11.000  | 11/07/2015 | 14:30:00 | 28.300 |
| 11/07/2015 | 01:45:00 | 11.000  | 11/07/2015 | 14:45:00 | 28.200 |
| 11/07/2015 | 02:00:00 | 8.600   | 11/07/2015 | 15:00:00 | 29.400 |
| 11/07/2015 | 02:15:00 | 3.600   | 11/07/2015 | 15:15:00 | 29.700 |
| 11/07/2015 | 02:30:00 | 2.000   | 11/07/2015 | 15:30:00 | 30.900 |
| 11/07/2015 | 02:45:00 | 2.100   | 11/07/2015 | 15:45:00 | 39.600 |
| 11/07/2015 | 03:00:00 | 2.300   | 11/07/2015 | 16:00:00 | 40.400 |
| 11/07/2015 | 03:15:00 | 2.600   | 11/07/2015 | 16:15:00 | 40.700 |
| 11/07/2015 | 03:30:00 | 3.000   | 11/07/2015 | 16:30:00 | 41.600 |
| 11/07/2015 | 03:45:00 | 16.400  | 11/07/2015 | 16:45:00 | 41.900 |
| 11/07/2015 | 04:00:00 | 36.300  | 11/07/2015 | 17:00:00 | 39.900 |
| 11/07/2015 | 04:15:00 | 40.500  | 11/07/2015 | 17:15:00 | 30.800 |
| 11/07/2015 | 04:30:00 | 40.700  | 11/07/2015 | 17:30:00 | 28.500 |
| 11/07/2015 | 04:45:00 | 40.500  | 11/07/2015 | 17:45:00 | 31.100 |
| 11/07/2015 | 05:00:00 | 40.300  | 11/07/2015 | 18:00:00 | 26.600 |
| 11/07/2015 | 05:15:00 | 37.800  | 11/07/2015 | 18:15:00 | 27.400 |
| 11/07/2015 | 05:30:00 | 38.200  | 11/07/2015 | 18:30:00 | 27.100 |
| 11/07/2015 | 05:45:00 | 38.500  | 11/07/2015 | 18:45:00 | 21.900 |
| 11/07/2015 | 06:00:00 | 38.000  | 11/07/2015 | 19:00:00 | 16.800 |
| 11/07/2015 | 06:15:00 | 35.700  | 11/07/2015 | 19:15:00 | 17.400 |
| 11/07/2015 | 06:30:00 | 33.500  | 11/07/2015 | 19:30:00 | 17.300 |
| 11/07/2015 | 06:45:00 | 36.700  | 11/07/2015 | 19:45:00 | 13.200 |
| 11/07/2015 | 07:00:00 | 35.800  | 11/07/2015 | 20:00:00 | 12.500 |
| 11/07/2015 | 07:15:00 | 35.600  | 11/07/2015 | 20:15:00 | 12.100 |
| 11/07/2015 | 07:30:00 | 35.400  | 11/07/2015 | 20:30:00 | 11.900 |
| 11/07/2015 | 07:45:00 | 34.700  | 11/07/2015 | 20:45:00 | 11.900 |
| 11/07/2015 | 08:00:00 | 33.100  | 11/07/2015 | 21:00:00 | 11.900 |
| 11/07/2015 | 08:15:00 | 32.400  | 11/07/2015 | 21:15:00 | 12.000 |
| 11/07/2015 | 08:30:00 | 32.400  | 11/07/2015 | 21:30:00 | 12.000 |
| 11/07/2015 | 08:45:00 | 31.400  | 11/07/2015 | 21:45:00 | 11.700 |
| 11/07/2015 | 09:00:00 | 30.600  | 11/07/2015 | 22:00:00 | 11.600 |
| 11/07/2015 | 09:15:00 | 30.300  | 11/07/2015 | 22:15:00 | 11.500 |
| 11/07/2015 | 09:30:00 | 30.900  | 11/07/2015 | 22:30:00 | 11.600 |
| 11/07/2015 | 09:45:00 | 20.200  | 11/07/2015 | 22:45:00 | 11.700 |
| 11/07/2015 | 10:00:00 | 17.900  | 11/07/2015 | 23:00:00 | 11.700 |
| 11/07/2015 | 10:15:00 | 17.000  | 11/07/2015 | 23:15:00 | 11.900 |
| 11/07/2015 | 10:30:00 | 16.800  | 11/07/2015 | 23:30:00 | 12.200 |
| 11/07/2015 | 10:45:00 | 15.500  | 11/07/2015 | 23:45:00 | 12.300 |
| 11/07/2015 | 11:00:00 | 13.400  |            |          |        |
| 11/07/2015 | 11:15:00 | 15.400  |            |          |        |
| 11/07/2015 | 11:30:00 | 17.000  |            |          |        |
| 11/07/2015 | 11:45:00 | 16.100  |            |          |        |
| 11/07/2015 | 12:00:00 | 19.800  |            |          |        |
| 11/07/2015 | 12:15:00 | 20.700  |            |          |        |
| 11/07/2015 | 12:30:00 | 24.200  |            |          |        |
| 11/07/2015 | 12:45:00 | 26.100  |            |          |        |

## Anexo B. Trabajo en campo

### 1. Levantamiento topográfico en el lugar de estudio.



### 2. Medición de caudal con medidor ultrasónico



## Anexo C. Datos operativos de Pozos en Jinotepe (tiempo de bombeo)

| GERENCIA DE OPERACIONES                 |                                  |                |              |                |                   |                   |                  |                |                 |             |
|---|----------------------------------|----------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------|
| INFORME DE PRODUCCIÓN, DATOS OPERATIVOS |                                  |                |              |                |                   |                   |                  |                |                 |             |
| CORRESPONDIENTE AL MES DE: ENERO 2016   |                                  |                |              |                |                   |                   |                  |                |                 |             |
| DEPARTAMENTO DE: CARAZO                 |                                  |                |              |                |                   |                   |                  |                |                 |             |
| Factor promedio de                      |                                  |                |              |                |                   |                   |                  |                |                 |             |
| LOCALIDAD                               | NOMBRE Y/O N° DE EQUIPO O FUENTE | PRODUCCIÓN M³  | CAUDAL GPM   | HORAS          | LEC. MED. AGUA    |                   | LEC. MED. ELECT. |                | CONSUMO KWH/MES | DIAS BOMBEO |
|   |                                  |                |              | POR MES        | ANTERIOR          | POSTERIOR         | ANTERIOR         | POSTERIOR      |                 |             |
|   | Sta. Ana                         | 57,105         | 342          | 734.75         | 697663            | 754768            | 37464            | 38791          | 79,620          | 31          |
|   | Dulce Nombre                     | 18,038         | 187          | 424.45         | 2078890           | 2096928           | 55233            | 56021          | 47,280          | 25          |
|   | Sn. Francisco                    | 32,166         | 207          | 684.25         | 194605            | 226771            | 18449            | 19434          | 59,160          | 31          |
|   | Calvario                         | 52,690         | 420          | 552.00         | 4534833           | 4587523           | 67336            | 68409          | 64,380          | 31          |
|   | Santa Rosa                       | 37,308         | 281.3        | 584.00         | 2796752           | 2834060           | 7595             | 8371           | 46,560          | 31          |
| Jinotepe                                | Regional                         | 34,222         | 324.1        | 464.97         | 4115870           | 4150092           | 66679            | 67500          | 65,680          | 31          |
|   | Panamá                           | 33,971         | 320.7        | 466.37         | 836132            | 870103            | 1510             | 1829           | 44,660          | 31          |
|   | A. Leiva                         | 28,625         | 218          | 577.25         | 269225            | 297850            | 23629            | 24124          | 39,600          | 31          |
|   | Aguacate                         | 4,063          | 26           | 700.00         | 550823            | 551636            | 62134            | 63106          | 58,320          | 31          |
|   | Ana Virgen Noble                 | 23,470         | 317          | 326.52         | 475080            | 498550            | 10636            | 10817          | 32,580          | 31          |
|   | <b>Sub Total</b>                 | <b>321,658</b> | <b>2,643</b> | <b>5514.55</b> | <b>16,549,873</b> | <b>16,868,281</b> | <b>350,665</b>   | <b>358,402</b> | <b>537,840</b>  | <b>304</b>  |

## **Anexo D. Calidad del agua**

## Anexo E. Planos de proyecto