

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
PARA LA CONSOLIDACIÓN URBANÍSTICA DEL SECTOR LA TUS-TUSH  
MUNICIPIO VALDEZ, ESTADO SUCRE, UTILIZANDO UN PROGRAMA DE  
SIMULACIÓN HIDRÁULICA”**

**Realizado por:**  
**ALCIDES RAFAEL GARCÍA GUERRA**

**Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como  
Requisito Parcial para optar al Título de Ingeniero Civil**

**PUERTO LA CRUZ, OCTUBRE DE 2009**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
PARA LA CONSOLIDACIÓN URBANÍSTICA DEL SECTOR LA TUS-TUSH  
MUNICIPIO VALDEZ, ESTADO SUCRE, UTILIZANDO UN PROGRAMA DE  
SIMULACIÓN HIDRÁULICA”**

**Realizado por:**

---

**ALCIDES RAFAEL GARCÍA GUERRA**

**Asesor:**

---

**PROF. MOUNIR BOU GHANNAM**

**PUERTO LA CRUZ, OCTUBRE DE 2009**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
PARA LA CONSOLIDACIÓN URBANÍSTICA DEL SECTOR LA TUS-TUSH  
MUNICIPIO VALDEZ, ESTADO SUCRE, UTILIZANDO UN PROGRAMA DE  
SIMULACIÓN HIDRÁULICA”**

**El Jurado hace constar que asignó a esta tesis la clasificación de:**

**Asesor:**

---

**PROF. MOUNIR BOU GHANNAM**

**Asesor Académico**

**Jurado:**

---

**PROF. BLAS PINTO**

**Jurado Principal**

---

**PROF. LUIS GONZÁLEZ**

**Jurado Principal**

**PUERTO LA CRUZ, OCTUBRE DE 2009**

## RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado: *“los trabajos son propiedad exclusiva de la universidad y solo podran ser utilizados a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al consejo universitario”*.



## DEDICATORIA

Después de sortear los obstáculos, los que yo mismo puse y los que aparecieron en el camino, le doy gracias a Dios por ayudarme a llegar al punto culminante de esta etapa de mi vida y dedicar este logro a quienes con amor y paciencia siempre me mostraron su apoyo.

A mis padres, Nancy y Alcides, por siempre brindarme ese apoyo incondicional que solo es capaz de dar el amor de padres. Nunca dejaron de alentarme y siempre mantuvieron su fe en mí.

A mis hermanas, las gemelas Nancy Cecilia y Nancy del Valle, las quiero muchísimo, mis logros también son de ustedes y los de ustedes serán también míos.

A mi novia Yennis, mi bella, por estar a mi lado pese a las dificultades, vendrán momentos mejores y quiero que seas parte de ellos. Te amo.

A mi abuela Petra Guerra, te quiero muchísimo.

A mis tíos Tomás y Rodir quienes siempre estuvieron pendientes y brindándome su ayuda, Dios no les permitió compartir conmigo este logro en vida, pero son parte importante en el.

A mis primas Alejandra y Andreína por ser mis hermanas y amigas.

A mis tías: Tella, Rosaura, Iraida y chucha, su ayuda fue invaluable y siempre me hicieron sentir como uno más de la casa.

Alcides Rafael García Guerra

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios Todopoderoso por no dejarme decaer, por darme aliento y fortaleza para salir adelante.

A la Ing. Yajaira Martínez por ayudarme a dar el primer paso para desarrollar este trabajo.

Al Ing. José Luces por entender lo importante y lo trascendental de esta etapa de mi vida, por su apoyo y comprensión.

A los ingenieros Edmundo Minguett y Ángel Andújar por toda la ayuda brindada.

Al Sr. Jesús Torres y la Sra. Migdalia Patiño por permitirme entrar en su casa y permitirme disfrutar parte de ese calor de familia.

A mi amiga Hilda Fajardo por toda la ayuda y apoyo brindado.

A los profesores, especialmente a mi asesor académico Mounir Bou Ghannam por su cooperación durante todo el proceso de elaboración de este proyecto.

Alcides Rafael García Guerra

## RESUMEN

En el presente proyecto se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable para el sector La Tus-Tush, el cual está ubicado en el Municipio Valdez del Estado Sucre. Este proyecto se basó en la propuesta de renovación urbana, realizada por FUNDAUDO para ser desarrollada en el sector con área de 22 hectáreas aproximadamente. La dotación fue calculada usando la gaceta oficial N° 4.044, resultando un consumo medio de 12.45 l/s y un consumo máximo horario de 33,86 l/s, para los distintos usos que tendrán las parcelas, de acuerdo a dicha renovación urbana. Previamente para llevar a cabo este proyecto fue necesario realizar un levantamiento topográfico, para conocer el terreno, una vez obtenida la información de primera mano y teniendo el trazado vial de la propuesta urbana, se procedió a trazar la red, para luego calcularla después de haber definido el punto de abastecimiento, todo esto con el apoyo del programa EPANET 2.0 ESPAÑOL, el cual permite simular el sistema, hasta obtener el que cumpla con lo establecido en las Normas Sanitarias Venezolanas. La red de distribución diseñada, está compuesta por tramos de 6, 4 y 3 pulgadas, con una presión máxima y mínima de 39,17 y 25,04 m.c.a. respectivamente, en la hora de máximo consumo horario del urbanismo. También se realizó una segunda simulación para un eventual incendio, asignado una dotación adicional de 16 l/s, arrojando presiones máximas y mínimas de 32,70 y 14,01 m.c.a. respectivamente. A su vez se usaron otros programas de computación como el Autocad 2006 para la elaboración de los planos y el LULOWIN CONTROL DE OBRAS 98, para la realización del presupuesto de la obra. Los resultados de este trabajo se pueden apreciar tanto en su contenido como en el conjunto de planos que se incluyen.

## ÍNDICE

<b>RESOLUCIÓN</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>viii</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Generalidades del Sector	1
1.1.1. Ubicación	1
1.1.2. Características de la Zona	3
1.1.3. Renovación Urbanística	4
1.2. Planteamiento del Problema	5
1.3. Objetivos	7
1.3.1. Objetivo General	7
1.3.2. Objetivos Específicos	7
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>8</b>
2.1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	8
2.2. CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA	9
2.2.1. Consumo de Agua	10
2.2.1.1. Tipos de Consumo	10
2.2.1.2. Variaciones Periódicas de los Consumos	12
2.2.2. Periodo de Diseño y Factores Determinantes	14
2.2.3. Cálculo Poblacional para el Diseño	17
2.2.4. Perdidas en un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable	21
2.4. RED DE DISTRIBUCIÓN	22
2.4.1. Tipos de Redes	23
2.4.2. Tuberías	24
2.4.2.1. Selección de la Tubería	25

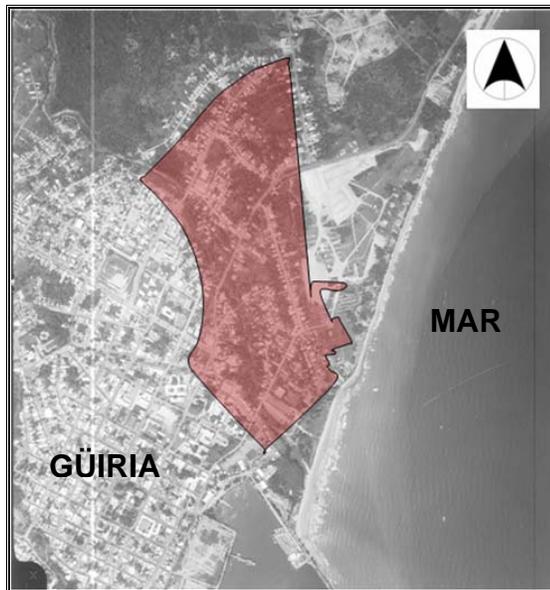
2.4.2.2. Selección de Diámetros	26
2.4.2.3. Colocación de Tuberías	27
2.4.3. Válvulas	29
2.4.4. Ventosa o Válvula de Expulsión de Aire	31
2.4.5. Hidrantes	32
2.4.6. Conexiones Domiciliarias	32
2.3. PROGRAMA EPANET VERSIÓN 2.0 (EN ESPAÑOL)	33
<b>CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>35</b>
3.1. Recaudación de la Información	35
3.1.1 Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de Güiria	35
3.1.2 Propuesta de Renovación Urbana	38
3.2. Levantamiento Topográfico	41
3.3. Calculo de la Red de Distribución	42
3.3.1. Trazado de la Red de Distribución	42
3.3.2. Cálculo de las Demandas de Agua	43
3.3.3. Asignación de Consumos Medios a los Nodos	46
3.3.4. Aplicación del Programa EPANET	48
3.3.4.1 Descripción del Entorno de Trabajo del Programa EPANET	48
3.3.4.2. Simulación Hidráulica	59
3.4. Elaboración de Planos	64
3.5. Cómputos Métricos y Presupuesto	64
3.5.1 Alcance, Medición y Forma de Pago de las Partidas.	65
<b>CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>81</b>
4.1. Conclusiones	81
4.2. Recomendaciones	82
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>84</b>
<b>ANEXOS</b>	¡Error! Marcador no definido.

# CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Generalidades del Sector

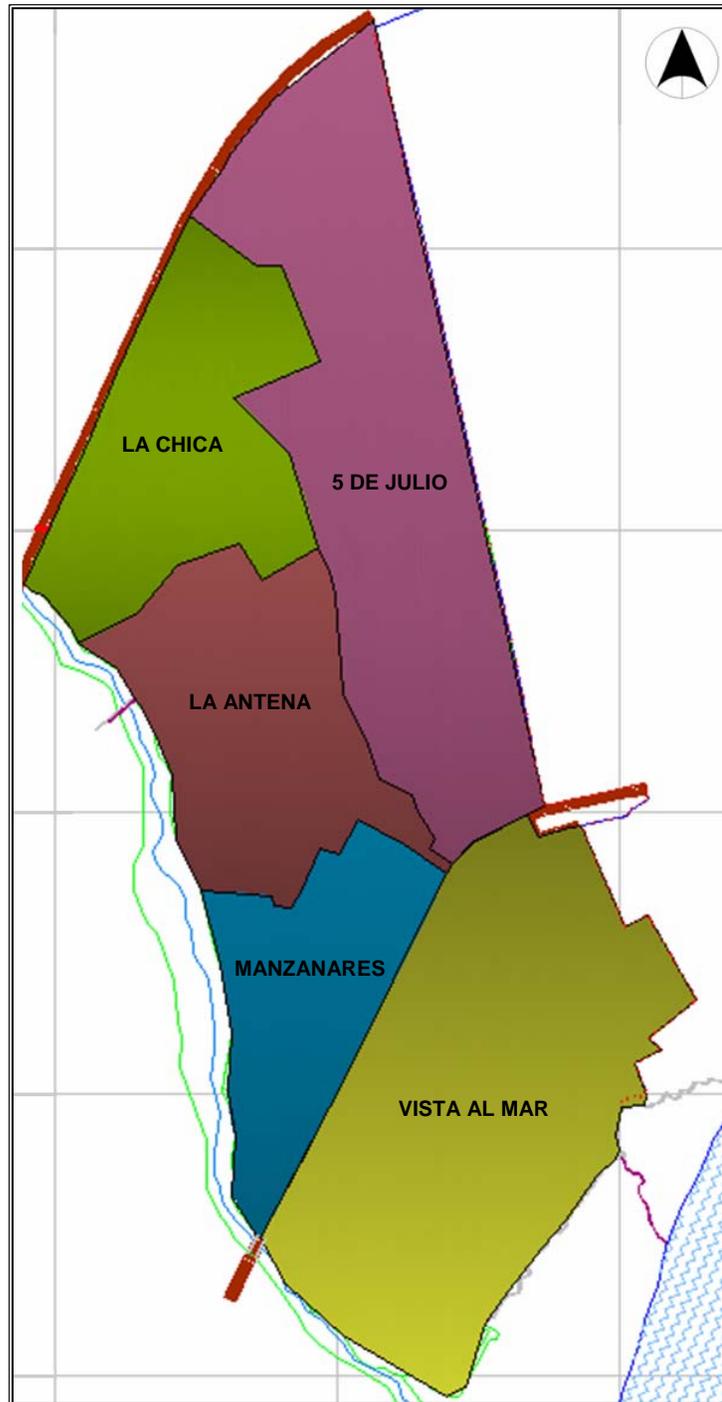
### 1.1.1. Ubicación

El Sector La Tus-Tush está ubicado al Noreste del Municipio Valdez en el Estado Sucre, se encuentra definido por el norte con la Troncal T-09 o calle Municipal, al sur con el mar (Playa Tus-Tush), hacia el este con la urbanización Paria y al oeste con la Quebrada Chacha. Está compuesto por cinco comunidades: La Chica, Manzanares, 5 de Julio, La Antena y Vista al Mar.



**Figura 1. 1** Ubicación del Sector La Tus-Tush

El acceso se realiza desde la calle municipal o troncal 09 y por el lado norte con el puente que atraviesa la quebrada Chacha a la cual desemboca el drenaje natural de dicho Sector pero por el lado suroeste.



**Figura 1. 2** Comunidades del sector La Tus-Tush



**Figura 1. 3** Vista entrada al sector por la Troncal 09 (Calle Municipal)

### **1.1.2. Características de la Zona**

La temperatura de la zona varía entre los 18° C y los 34° C, con una media anual de 27° C, el ambiente se considera marino y salino y es una zona sísmica de nivel 7. La región conserva una periodicidad en la pluviosidad, con registros máximos en los meses de julio y agosto, y mínimos durante febrero y marzo. La media de precipitación anual alcanza los 985,16 mm. Desde el punto de vista topográfico el Sector se extiende desde la cota 32 m.s.n.m., hasta la cota 9 msnm, en un terreno de pendiente moderada con dirección sureste.

La economía de la zona se comparte entre la pesca artesanal y la industria petrolera, ya que con la llegada del proyecto Complejo Industrial “Gran Mariscal de Ayacucho (CIGMA)”, parte de los habitantes de la zona han conseguido trabajo con la estatal PDVSA EyP Costa Afuera.

Actualmente el Sector La Tus-Tush se encuentra poblado parcialmente, en mayor grado de forma anárquica, algunos terrenos presentan instalaciones o galpones de uso industrial en mal estado físico y no operativo. Disponen de servicios de acueducto, cloacas y electricidad en algunos lugares; sin embargo estos servicios son deficientes y se encuentra en mal estado.

### **1.1.3. Renovación Urbanística**

El crecimiento poblacional no planificado ha generado que este sector se encuentre en una situación crítica, pero al encontrarse ubicado en una zona privilegiada a nivel turístico, surgió la necesidad de realizar una Propuesta de Renovación Urbanística, que permita adecuar este sector a uno autosuficiente en cuanto a los usos y servicios básicos necesarios para su habitabilidad y desenvolvimiento económico.

Dicha propuesta fue realizada por FUNDAUDO, para PDVSA-Desarrollo Social Distrito Sucre Este, que constituye una parcela de 223.135,54 m<sup>2</sup> aproximadamente, que conforman múltiples usos: viviendas unifamiliares, multifamiliares, área comercial, comercio industrial, área educacional, áreas deportivas, área de asistencia médica, área turística y zonas verdes perimetrales.

Existe un grupo de viviendas ya consolidadas dentro del área, que la propuesta de renovación contempla integrar al nuevo plan de desarrollo, sin embargo la otra parte poblada de forma anárquica que no se ajusta al modelo urbano planteado serán demolidas y reubicadas. La rehabilitación se basa en el mejoramiento de todas las instalaciones del sector La Tustush;

permitiendo con esto consolidar un desarrollo urbano digno de ser ocupado por sus habitantes actuales.

El proyecto de renovación urbana se enfoca fundamentalmente en los siguientes parámetros:

- ✓ Construcción y mejoramiento de los servicios públicos: alumbrado, sistemas de drenajes de aguas negras, de lluvia, y suministro de aguas blancas.
- ✓ Construcción y mejoramiento de aceras, vialidades y veredas
- ✓ Rehabilitación física de viviendas en condiciones sólidas estructuralmente
- ✓ Construcción de nuevas viviendas que sustituirán los ranchos existentes en cada comunidad
- ✓ Construcción de nuevas edificaciones en terrenos baldíos del sector
- ✓ Construcción de boulevard, plazas y elementos urbanos como bancos, jardineras, implantación de área verde, instalación de papeleras, entre otros.

## **1.2. Planteamiento del Problema**

El Municipio Valdez se encuentra ubicado al noreste del Estado Sucre, cuenta con una superficie de 508 km<sup>2</sup> y una población según censo del año 2001 de 33.621 habitantes. En esta jurisdicción la Hidrológica del Caribe HIDROCARIBE C.A. presta el servicio de agua potable a través del Acueducto Güiria, el sistema actualmente no es continuo, lo que genera incomodidades en los habitantes ya que no cuentan con un servicio eficiente.

El problema del sistema de abastecimiento de agua potable, radica en que la fuente que surte la planta de tratamiento del Municipio no satisface la demanda de consumo actual de la población, debido en parte a las tomas

ilegales que han hecho a lo largo de la aducción, la cual transporta un caudal de 180 l/s, de los cuales entran a la planta solo 80 l/s. Con objeto de mejorar el servicio, HIDROCARIBE, a través de su oficina Güiria aplica un sistema de Sectorización que consiste en restringir por medio de válvulas el suministro a unos Sectores y así poder abastecer a otros, los cuales disfrutan de mayor presión de agua, en los días que les corresponde dicha maniobra.

Aun así el sistema de abastecimiento de agua potable, sigue siendo deficiente y hay comunidades que sufren en mayor medida, como es el caso de las comunidades de 5 de Julio, Manzanares, La Chica, La Antena y Vista Al Mar. Dichas comunidades conforman el sector La Tus-Tush; en el cual considerando su alto potencial turístico, se está llevando a cabo actualmente un Plan de Renovación Urbana de la zona por parte de los entes gubernamentales, el cual beneficiará el desarrollo autosustentable del sector.

Colaborando con el Plan de Renovación Urbana La Tus-Tush, este proyecto contempla el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector, de esta manera los habitantes contarán con un sistema eficiente, lo cual solventará el problema grave de abastecimiento, mejorando a su vez la calidad de vida de los habitantes.

Para el desarrollo de este proyecto se procederá a recabar información de la zona a fin de conseguir datos de utilidad que ayuden en el diseño del sistema. También se realizará un levantamiento topográfico en el sector y mediante el estudio de los planos urbanos generados para la zona se procederá a trazar la red de distribución, todo esto respetando las normas sanitarias venezolanas. Con el programa EPANET 2.0 en español, se procederá a simular el comportamiento del sistema diseñado, permitiendo

hacer las correcciones que sean necesarias a fin de obtener una solución eficiente.

Una vez proyectado el sistema de abastecimiento, se realizarán los cálculos métricos de la obra y con la ayuda del programa LuloWin se obtendrán el análisis de precios de cada partida generada y a su vez el presupuesto para la ejecución del proyecto.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable para la consolidación urbanística del sector la Tus-Tush Municipio Valdez, Estado Sucre, utilizando un programa de simulación hidráulica.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Diagnosticar la problemática de la zona en estudio.
2. Analizar el plan de renovación urbana de la zona.
3. Estudiar las Normas Sanitarias Venezolanas para el cálculo de la red de distribución.
4. Proyectar el sistema de abastecimiento mediante los programas Epanet 2.0 y LuloWin.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Sistema de abastecimiento de agua

El abastecimiento de agua potable para las colectividades humanas, ha sido siempre una prioridad para la subsistencia del hombre. Un sistema de abastecimiento de agua potable se crea o se amplía para llevar el vital líquido, desde la fuente de suministro hasta los consumidores para uso doméstico, industrial, comercial, entre otros. En general un sistema de abastecimiento de agua está compuesto por:

- ✓ **Fuente:** Constituye la parte más importante del sistema. Debe ser básicamente permanente y suficiente, pudiendo ser subterránea o superficial. Lo adecuado del abastecimiento implica que la fuente sea lo suficientemente grande para satisfacer la demanda total de agua.
- ✓ **Obras de Captación:** Es el conjunto de estructuras que permiten extraer el agua de la fuente en condiciones satisfactorias de flujo y con un control adecuado. Será dependiente del tipo de fuente y de las condiciones y topografía del terreno.
- ✓ **Planta de Potabilización:** Es el conjunto de diversas estructuras, en la cual el agua es tratada, eliminando las bacterias patógenas, sabores y olores desagradables, partículas así como color y dureza; y hacerla apta para su consumo.
- ✓ **Línea de Conducción:** Es el conjunto de tuberías que conducen el agua desde la obra de captación hasta el sitio de potabilización o hasta el

estanque de almacenamiento. Para lograr una eficiencia del sistema debe satisfacer condiciones de servicio para el día de máximo consumo. La conducción puede hacerse a gravedad, a presión o mixta (gravedad y bombeo), representadas en el terreno mediante canales abiertos o conductos a presión, dependiendo de la topografía del terreno.

- ✓ **Estanque de Almacenamiento:** Es el elemento intermedio entre la fuente y la red de distribución. Las dos funciones principales de estos depósitos de agua son igualar el suministro y la demanda en periodos de consumo variable y suministrar el agua durante fallas del equipo o por demandas por incendio. <sup>[1]</sup>
  
- ✓ **Red de Distribución:** Consiste en llevar el agua a los diferentes Sectores de la comunidad, para lo cual se requiere de un sistema de conductos a presión que tengan la capacidad necesaria para suministrar cantidades suficientes y dentro de ciertas normas estipuladas para cada zona en particular. <sup>[2]</sup>

Existen otros tipos de estructuras de carácter complementario, que también forman parte del sistema de abastecimiento de agua como por ejemplo: tanquillas rompecarga, desarenadores, chimeneas de equilibrio, válvulas de suspensión de golpe de ariete, etc.

## **2.2. Criterios básicos para el diseño del sistema**

Un sistema de abastecimiento posee una serie de estructuras con características diferentes que tendrán criterios distintos según la función que cumplan. Por tanto, para su diseño es preciso conocer el comportamiento de

los materiales bajo el punto de vista de su resistencia física a los esfuerzos y los daños a que estarán expuestos, así como desde el punto de vista funcional su aprovechamiento y eficiencia, para ajustarlos a criterios económicos.<sup>[4]</sup>

### **2.2.1. Consumo de Agua**

El conocimiento cabal de esta información es de gran importancia en el diseño para el logro de estructuras funcionales, dentro de lapsos económicamente aconsejables. Mediante investigaciones realizadas, se ha llegado a aproximaciones que hacen cada vez más precisas las estimaciones sobre consumos de agua. Estas cifras nos conducen a la determinación de un gasto o consumo medio, lo cual ha de constituir la base de todo diseño, requiriéndose por tanto, un conocimiento cabal de estas estimaciones. Cuando se dispone de planos urbanísticos que presentan áreas zonificadas de acuerdo al uso, es fácil obtener y predecir los consumos con bastante aproximación.

#### **2.2.1.1. Tipos de Consumo**

Una comunidad o zona a desarrollar está constituida por Sectores residenciales, comerciales, industriales y recreacionales, cuya composición porcentual es variable para cada caso. Esto nos permite fijar el tipo de consumo de agua predominante y orientar en tal sentido las estimaciones; así se tiene:

- ✓ **Consumo Doméstico:** Constituido por el consumo familiar de agua de bebida, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina limpieza, riego de jardín, lavado de carro y adecuado funcionamiento de las instalaciones

sanitarias. Resulta generalmente el consumo predominante en el diseño en urbanismos.

- ✓ **Comercial o Industrial:** Puede ser un gasto significativo en caso donde las áreas a desarrollar tenga una vinculación industrial o comercial. En tal caso, las cifras de consumo deben basarse en el tipo de industria y comercio, más que en estimaciones referidas a áreas o consumos per cápita. Para comercio e industria en situación norma, esto puede ser incluido y estimado dentro de los consumos per cápita adoptados, y diseñar en base a esos parámetros.
- ✓ **Consumo Público:** Está constituido por el agua destinada a riego de zonas verdes, parques y jardines públicos, así como a la limpieza de calles.
- ✓ **Consumo por Perdida en la Red:** Es motivado por juntas en mal estado, válvulas y conexiones defectuosas y puede llegar a representar de un 10% a un 15% del consumo total.
- ✓ **Consumo por Incendio.** En términos generales, puede decirse que un sistema de abastecimiento de agua representa el más valioso medio para combatir incendios, y que en el diseño de algunos de sus componentes ese factor debe ser considerado de acuerdo a la importancia relativa en el conjunto y de lo que esto puede significar para el conglomerado que sirve.

Las Normas <sup>[4]</sup>, establece lo siguiente: “Cuando sea necesario proyectar un sistema de abastecimiento de agua para una ciudad y no se tengan datos

confiables sobre consumo, se sugieren como consumos mínimos permisibles para objeto del diseño, los indicados en la tabla 2.1.

**Tabla 2. 1** Consumos mínimos permisibles [4]

<b>Población</b>	<b>Servicios con medidores (L/persona/día)</b>	<b>Servicios sin medidores (L/persona/día)</b>
Hasta 20.000	200	400
20.000 a 50.000	250	500
Mayores de 50.000	300	600

### **2.2.1.2. Variaciones Periódicas de los Consumos**

En general, la finalidad de un sistema de abastecimiento de agua es la de suministrar agua a una comunidad en forma continua y con presión suficiente, a fin de satisfacer razones sanitarias, sociales, económicas y de confort, propiciando así su desarrollo. Para lograr tales objetivos, es necesario que cada una de las partes que constituyen el acueducto este satisfactoriamente diseñada y funcionalmente adaptada al conjunto. Esto implica el conocimiento cabal del funcionamiento del sistema de acueducto a las variaciones en los consumos de agua que ocurrirán para diferentes momentos durante el período de diseño previsto.

Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias. Estas variaciones pueden expresarse en función (%) del Consumo Medio ( $Q_m$ ), el problema consistirá, entonces, en poder satisfacer las necesidades reales de cada zona a desarrollar, diseñando cada estructura de forma tal que estas cifras de consumo y estas variaciones de los mismos, no desarticulen a todo el sistema, sino que permitan un servicio de agua eficiente y continuo.

El consumo medio diario ( $Q_m$ ) puede obtenerse:

- ✓ Como la sumatoria de las dotaciones asignadas a cada parcela en atención a su zonificación, de acuerdo al plano regulador de la ciudad.
- ✓ Como el resultado de una estimación de consumo per. cápita para la población futura del período de diseño.
- ✓ Como el promedio de los consumos diarios registrados en una localidad durante un año de mediciones consecutivas.

Ello nos permite hacer las siguientes definiciones:

- ✓ Consumo medio diario ( $Q_m$ ): Se define como el promedio de los consumos diarios durante un año de registros.

$$Q_m = \frac{P * D}{86400} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde:

$Q_m$  = Consumo medio diario (l/s).

$P$  = Población (en miles de habitantes).

$D$  = Dotación (l/s).

- ✓ Consumo máximo diario ( $Q_{md}$ ): Es el día de máximo consumo de una serie de registro observado durante los 365 días de un año.

$$Q_{md} = K_1 * Q_m \quad \text{Ec. 2.2}$$

- ✓ Consumo máximo horario ( $Q_{mh}$ ): Se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo.

$$Q_{mh} = K_2 * Q_m$$

Ec. 2.3

En la tabla 2.2 se presenta el cálculo de Qmd y Qmh Por diversos autores.

**Tabla 2. 2** Calculo de Qmd y Qmh por diversos autores [2]

<b>Autor</b> <b>Consumo</b>	<b>Arocha 1.997</b>	<b>Rivas 1.983</b>	<b>INOS 1.965</b>	<b>MSAS 1.989</b>
$Q_{MD} = K_1 \cdot Q_m$	$K_1 = (1,2 \text{ a } 1,6)$	$K_1 = 1,25$	$K_1 = 1,20$	$K_1 = 1,25$
$Q_{MH} = K_2 \cdot Q_m$	$K_2 = (2-3)$	$K_2 = 2,75 - 0,0075X$ (1.000hab < Pob < 10.0000 hab.) X = población en miles de hab. $K_2 = 2$ (Pob $\geq$ 100.000hab.) $K_2 = 2,75$ (Pob $\leq$ 1.000hab.)		$K_2 = 2,5$

### 2.2.2. Periodo de Diseño y Factores Determinantes

Un sistema de abastecimiento de agua se proyecta de modo de atender las necesidades de una comunidad durante un determinado período. En la fijación del tiempo para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente aconsejable.

Por lo tanto, el período de diseño puede definirse como el tiempo para el cual el sistema es eficiente 100 por 100, ya sea capacidad en la conducción del gasto deseado, o por la resistencia física de las instalaciones. A continuación se explican los factores determinantes para los periodos de de diseño.

- ✓ **Durabilidad o vida útil de las instalaciones:** Dependerá de la resistencia física del material a factores adversos por desgaste u obsolescencia. Todo material se deteriora con el uso y con el tiempo, pero su resistencia a los esfuerzos y los daños a los cuales estará sometido es variable, dependiendo de las características del material empleado. Así, al hablar de tuberías, como elemento de primer orden dentro de un acueducto, encontramos distintas resistencias al desgaste por corrosión, erosión y fragilidad; factores estos que serán determinantes en su durabilidad o en el establecimiento de períodos de diseño, puesto que sería ilógico seleccionarlos con capacidad superior al máximo que les fija su resistencia física. Siendo un sistema de abastecimiento de agua una obra muy compleja, constituida por obras de concreto, metálicas, tuberías, estaciones de bombeo, etc., cuya resistencia física es variable, no es posible pensar en períodos de diseño uniformes.
  
- ✓ **Facilidades de construcción, posibilidades de ampliaciones y/o sustituciones:** La fijación de un período de diseño está íntimamente ligado a factores económicos. Por ello, al analizar uno cualquiera de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua, la asignación de un período de diseño ajustado a criterios económicos estará regido por la dificultad o la facilidad de su construcción (costos) que inducirán a mayores o menores períodos de inversiones nuevas, para atender las demandas que el crecimiento poblacional obliga.
  
- ✓ **Tendencias de crecimiento de la población:** El crecimiento poblacional es función de factores económicos, sociales y de desarrollo industrial. Un sistema de abastecimiento de agua debe ser capaz de propiciar y

estimular ese desarrollo, no de frenarlo, pero el acueducto es un servicio cuyos costos deben ser retribuidos por los beneficiarios, pudiendo resultar en costos muy elevados si se toman períodos muy largos para ciudades con desarrollos muy violentos, con lo cual podría proporcionarse una quiebra administrativa. Esto nos induce a señalar que de acuerdo a las tendencias de crecimiento de la población es conveniente elegir períodos de diseño más largos para crecimientos lentos y viceversa

- ✓ **Posibilidades de financiamiento y tasa de interés:** Las razones de durabilidad y tendencia al desgaste físico es indudable que representa un factor importante para el mejor diseño, pero adicionalmente habrá que hacer esas estimaciones de interés y de costo capitalizado para que pueda aprovecharse más útilmente la inversión hecha. Esto implica el conocimiento del crecimiento poblacional y la fijación de una capacidad de servicio del acueducto para diversos años futuros, con lo cual se podrá obtener un período óptimo de obsolescencia, al final de la cual se requeriría una nueva inversión o una ampliación del sistema actual.

No parece lógica la utilización de períodos de diseño generalizados, cuando existen una serie de variables que hacen de cada caso una situación particular. Esta es una condición que conduce a hacer un análisis económico incluyendo las diversas variables que interviene en la fijación de un periodo de diseño adecuado. La determinación de la capacidad del sistema de abastecimiento de agua de una localidad debe ser dependiente de su costo total capitalizado. Generalmente los sistemas de abastecimiento de agua se diseñan y se construyen para satisfacer una población mayor que la actual (población futura).

Tomando en cuenta los factores señalados se debe establecer para cada caso el período de diseño aconsejable. En la tabla 2.3 se indican algunos rangos de valores asignados a los diversos componentes de los sistemas de abastecimiento de agua.

**Tabla 2. 3** Vida útil de diferentes elementos de un sistema de abastecimiento [2]

Elemento	Vida útil
Fuentes superficiales.	Sin regulación : 20 a 30 años Con regulación: 20 a 30 años
Fuentes subterráneas.	20 a 30 años
Obras de captación.	20 a 50 años
Estaciones de bombeo.	10 a 15 años
Líneas de aducción.	20 a 40 años
Plantas de tratamiento.	10 a 15 años
Estanques de almacenamientos.	De concreto : 30 a 40 años Metálicos: 20 a 30 años
Redes de distribución.	20 años

### 2.2.3. Cálculo Poblacional para el Diseño

Este paso es de gran importancia para obtener un diseño económico y perdurable durante la vida útil del sistema. Existen varios métodos para estimar estas poblaciones, pero es de aclarar que la selección de la metodología más adecuada requiere de diversos criterios y conocimientos del lugar, tales como: densidad de saturación, tendencias económicas, polos de desarrollo, etc; esto a fin de lograr una cifra lo más acertada y cercana a la realidad posible. Entre los métodos de estimación poblacional tenemos:

- ✓ **Método de Comparación Gráfica:** El método consiste en hacer una comparación gráfica de la población a estudiar y de otras tres poblaciones del país con características similares de crecimiento y desarrollo.
  
- ✓ **Método de Crecimiento Lineal:** Es un método completamente teórico y rara vez se da el caso de que una población presente este tipo de crecimiento. Consiste esencialmente en agregar a la población actual del último censo, un número fijo de habitantes para cada período en el futuro, resultando, al hacer una representación gráfica, una línea recta. Se utiliza en aquellos casos, en que el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de ésta, como lo es en pequeñas comunidades, en especial rurales y en ciudades grandes con crecimiento muy estabilizado y que posean áreas de extensión futura casi nulas. Este método se representa con la siguiente ecuación:

$$P_f = P_{uc} + K_a (T_f - T_{uc}) \quad \text{Ec. 2.4}$$

$$K_a = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \quad \text{Ec. 2.5}$$

Donde:

$K_a$  = Pendiente de la recta

$P_{uc}$  = Población de último censo

$T_{uc}$  = Año del último censo

$P_{ci}$  = Población del censo inicial

$T_{ci}$  = Año del censo inicial

$P_f$  = Población proyectada

$T_f$  = Año de la población

- ✓ **Método de Crecimiento Geométrico:** El crecimiento será geométrico si el aumento de población es proporcional al tamaño de esta. En este caso el patrón de crecimiento es el mismo que el de interés compuesto, el cual se expresa de la siguiente forma:

$$P_f = P_{uc} (1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad \text{Ec. 2.6}$$

Despejando:

$$r = \left( \frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1 \quad \text{Ec. 2.7}$$

Donde:

$r$  = tasa de crecimiento anual.

- ✓ **Método de Crecimiento Logarítmico:** Si el crecimiento de la población es de tipo exponencial, la población se proyecta a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Ln}P_f = \text{Ln}P_{ci} + \bar{K}_g (T_f - T_{ci}) \quad \text{Ec. 2.8}$$

$$K_g = \frac{\text{Ln}P_{cp} - \text{Ln}P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \quad \text{Ec. 2.9}$$

- ✓ **Método de las Densidades:** En este método generalmente se dibuja un plano en pequeña escala de la población y se señalan las diferentes zonas en colores distintos. Las áreas se obtienen por procedimiento geométrico o con el planímetro, las superficies deben expresarse en hectáreas. Las

densidades necesitan cierto criterio y experiencia del lugar, sin embargo MINDUR, en la dirección del Planeamiento Urbano presenta los diferentes planos rectores de las principales Áreas Metropolitanas del país con las diferentes densidades de saturación de la zona o en su defecto la Ordenanza de zonificación del municipio respectivo.

La población futura de cada zona es el producto de la cifra correspondiente a lo descrito anteriormente y se puede obtener mediante la siguiente ecuación.

$$P = d * A \quad \text{Ec. 2.10}$$

Donde:

$P$  = Población, (hab.)

$d$  = Densidad de población, (hab./Ha)

$A$  = Área, (Ha).

✓ **Métodos Estadísticos:** Además de los métodos de proyección anterior, pueden emplearse métodos estadísticos para ajustar los valores históricos a la ecuación de regresión para una curva lineal, exponencial, potencial o logarítmica que se indican a continuación:

- Línea recta (regresión lineal):

$$y = a + bx \quad \text{Ec. 2.11}$$

- Curva exponencial. ( $a > 0$ ):

$$y = ae^{bx} \quad \text{Ec. 2.12}$$

- Curva logarítmica:

$$y = a + b \ln(x) \quad \text{Ec. 2.13}$$

- Curva potencial. ( $a > 0$ ):

$$y = ax^b \quad \text{Ec. 2.14}$$

#### 2.2.4 Perdidas en un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

Si en un sistema de abastecimiento parte del volumen de agua no llega al consumidor final porque se “queda en el camino” estaríamos hablando de pérdidas en el sistema que restarían eficiencia al mismo. Estas pérdidas pueden producirse debido a varios factores, a saber:

- ✓ **Fugas:** Cuando el flujo de agua que transita por la tubería se escapa a través de fisuras, grietas, roturas, empalmes deficientes o piezas filtrantes.
- ✓ **Desbordamiento de Tanques:** En la etapa de almacenamiento de agua potable, se puede perder una gran cantidad de agua debido a derrames producto de una mala operación o falta de control en el sistema.
- ✓ **Empotramientos ilegales:** Hay dos tipos de irregularidades:
  - Cuando una persona o institución se beneficia del servicio de agua sin autorización.
  - Cuando la persona está legalmente empotrada al acueducto pero su aporte es incompleto.

- ✓ **Errores de Medición:** La imprecisión de macro medidores y micro medidores acarrea pérdidas. En primer lugar, porque los volúmenes medidos no son reales, hay ciertas cantidades de agua que aunque pase por el medidor no son contabilizadas, y aunque son consumidas no se facturan.
  
- ✓ **Uso no Medido:** En una comunidad existen ciertos usos necesarios que no se miden, entre ellos se encuentran:
  - Combate de incendios
  - Lavado de redes
  - Uso del Sector público
  - Lavado de calles.

#### **2.4. Red de distribución**

Una vez hecho el estudio de campo, y definidos tentativamente los elementos que han de formar el sistema de abastecimiento de agua, se procederá al diseño de las diferentes partes, entre estas la red de distribución.

Para el diseño de la red de distribución es imprescindible haber definido la fuente y el almacenamiento. Las cantidades de agua estarán definidas por los consumos, estimados en base a las dotaciones de agua. Sin embargo el análisis de la red debe contemplar las condiciones más desfavorables.

Las presiones en la red deben satisfacer ciertas condiciones mínimas y máximas para las diferentes situaciones de análisis que puedan ocurrir. En tal sentido, la red debe mantener presiones de servicio mínimas, que sean capaces de llevar agua al interior de la vivienda, las normas venezolanas

establecen en el medio rural un mínimo de 10 m y en medio urbano entre 20 m y 25 m dependiendo de la importancia de la ciudad. También en la red deben existir limitaciones de presiones máximas, tales que no provoquen daños en las conexiones y que permitan el servicio sin mayores inconvenientes de uso; las Normas INOS han fijado para áreas urbanas una presión máxima en la red de 75 m; en áreas rurales las Normas M.S.A.S limitan a 40 m estas máximas presiones.

#### **2.4.1. Tipos de Redes**

Dependiendo de la topografía, de la vialidad y de la ubicación de la fuente de abastecimiento y del estanque, se determina el tipo de red, estas pueden ser:

- ✓ **Tipo Ramificado:** Son redes de distribución compuestas por un ramal troncal ó una serie de ramificaciones o ramales que pueden constituir pequeñas mallas, formadas por ramales ciegos. Los gastos medios de consumo en cada tramo pueden determinarse conociendo la zonificación y asignando la dotación correspondiente de acuerdo a las normas sanitarias vigentes. En el caso de localidades donde no se disponga del plano regulador de la ciudad, los gastos de consumo por tramo pueden asignarse en base a un gasto unitario para zonas de densidad homogénea.
  
- ✓ **Tipo Mallado:** Este tipo de red es el más conveniente y tratará siempre de lograrse mediante la interconexión de las tuberías, a fin de crear un circuito cerrado que permita un servicio más eficiente y permanente. En ciudades donde no exista plano regulador, la estimación de los gastos medios de consumo se hará en función del crecimiento poblacional para el

periodo de diseño considerado. Cuando se tenga la zonificación y el plano regulador, asignando a cada parcela el uso de la tierra, la determinación de los consumos para cada tramo se hará en base a las cifras de dotaciones contenidas en gaceta.

- ✓ **Tipo Mixto:** En este caso la red está constituida por tramos ramificados y mallas.

#### 2.4.2. Tuberías

Son las encargadas de transportar el agua a presión hasta el sitio de consumo; se pueden clasificar según su función de la siguiente manera:

- ✓ **Tubería Matriz (mayores a 400mm):** Conducen el agua desde los tanques de almacenamiento o estaciones de bombeo o aducción a las tuberías arteriales. No se deberían hacer tomas sobre esta tubería sino sobre tuberías de distribución paralelas.
- ✓ **Tuberías Arteriales o Principales:** Suplen los gastos a los hidrantes y consumos en general.
- ✓ **Tuberías de Relleno:** Pueden hacer la misma función de las arteriales pero en general se utilizan para intercomunicar redes para formar mallas por lo cual generalmente son de diámetros menores que las arteriales. Deben tener diámetro suficiente para servir a los hidrantes y garantizar presiones mínimas.
- ✓ **Tuberías de Servicio:** Suplen el consumo desde las tuberías a los medidores comerciales instalados en la residencia o institución que reciba

el servicio. En medios urbanos el diámetro debe ser mayor o igual a  $\frac{3}{4}$  de pulgada, en medios rurales se pueden aceptar diámetros de hasta  $\frac{1}{2}$  pulgada.

#### **2.4.2.1. Selección de la Tubería**

Cuando se conduce agua a presión es necesario usar conductos cerrados que soporten las presiones internas que se producen. La sección más conveniente para resistir esas presiones, además de presentar las mejores características hidráulicas es la de forma circular; Estas tuberías pueden ser construidas de diversos materiales, dependiendo de las presiones internas y externas a que puedan estar sometidas; de los costos y de las características físicas y químicas del suelo con el que estarán en contacto.

- ✓ **En función de las presiones:** Las clases de tubería a seleccionar estarán definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea, lo cual estará representado por la línea de carga estática. La mejor solución consistirá en determinar las longitudes correspondientes a cada clase de forma de aprovechar al máximo la de menor costo hasta su límite de aceptación. La presión que resista cada tubería vendrá determinada por el fabricante.
  
- ✓ **En función del material:** Se elige el tipo de material requerido por la naturaleza del terreno, condiciones topográficas o de utilización.

**Tabla 2. 4** Características de las tuberías según material

Material	Condiciones	Coefficiente de Fricción (C)
Hierro Fundido (H.F.)	Posee poca resistencia a la oxidación y a la corrosión, es frágil por lo que se recomienda su colocación enterrada.	100
Hierro Fundido Dúctil (H.F.D.)	Menos frágil a la anterior, se puede utilizar tanto enterrada como superficialmente.	120
Hierro Galvanizado (H.G.)	Resistente a los impactos pero susceptible a la acción de los suelos. Ideal para colocar superficialmente más no enterrada.	100-110
Asbesto Cemento a Presión (A.C.P.)	Descontinuada del mercado, por causar enfermedades (Asbestosis).	130
Policloruro de Vinilo (P.V.C.)	Económica, inerte a la corrosión, pero muy frágil por lo que se usa enterrada en zanjas.	140

#### 2.4.2.2. Selección de Diámetros

Para el cálculo se utiliza la ecuación de Hazen-Williams:

$$h_f = \frac{10,675 \cdot Q^{1,852} \cdot L}{C^{1,852} \cdot \phi^{4,8704}} \quad \text{Ec. 2.15}$$

Donde:

$h_f$  = Pérdida de carga (m).

$Q$  = Caudal de Diseño ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$L$  = Longitud de la tubería (m).

$C$  = Coeficiente de Fricción (Tabla 2.5).

$\phi$  = Diámetro de la tubería (m).

La pérdida de carga es la suma de las pérdidas por fricción más las pérdidas por accesorios, aunque por lo general las pérdidas por accesorios se desprecian. También se recomienda chequear que la velocidad en la tubería este en el rango de la velocidad económica (1-2) m/s.

$$V_{tubería} = \frac{Q}{Área_{tubería}} \quad \text{Ec. 2.16}$$

Cabe destacar que el rango de la velocidad económica es aconsejable para un diseño bajo esa limitante, ya que el rango de las velocidades permitidas para evitar el desgaste en la tubería la determinara la resistencia de la misma.

#### 2.4.2.3. Colocación de Tuberías

Las tuberías de distribución deben proyectarse para todas las calles a las que den frente una ó más parcelas y procurando siempre formar mallas. Se proyectan para colocarse al lado de la calle que tenga mayor número de conexiones, dejando el centro de las calles para las cloacas.

Las Normas INOS <sup>[5]</sup> establecen que en calles con ancho de 17m ó más (medido entre límites de propiedad), debe preverse doble tubería de distribución, con el objeto de evitar que tomas de servicio largas, atraviesen la calzada.

Cuando se instalan tuberías para la conducción de agua potable, paralelamente a tramos de tuberías de recolección de aguas residuales, colector cloacal o ramal de empotramiento, se alejara una de otra la mayor distancia libre horizontal posible. La distancia libre mínima horizontal exterior entre las tuberías para la conducción de agua potable y los colectores cloacales será de dos 2 m y la cresta del colector cloacal o ramal de empotramiento deberá quedar a una distancia vertical exterior, no menor de 0,20 m por debajo de la parte inferior de la tubería de agua potable.

En ocasiones en las que circunstancias debidamente justificadas no se pueda mantener la distancia vertical mínima de 0,20 metros entre ambas tuberías, se tomarán las precauciones necesarias para proteger la tubería de agua potable, tales como la utilización de juntas herméticas, y el recubrimiento del colector cloacal con envoltura de concreto resistencia de 28 días , de 140kg/cm<sup>2</sup> , de 10 cm. de espesor como mínimo alrededor de toda la tubería y en una longitud igual a la del paralelismo entre ambos conductos, más un exceso de 1,50 metros en ambos extremos; o la utilización e instalación de cualquier otro material que garantice la ausencia de filtraciones en el colector cloacal, a juicio de la autoridad sanitaria competente, tal como lo señala el artículo 33 de la Gaceta Oficial Extraordinario N° 4.103 <sup>[5]</sup>

En general, las profundidades mínimas y anchos de zanjas recomendados, a que deben de instalarse las tuberías y llaves de paso, medidas desde la rasante definitiva del pavimento de la calle al eje de tubería serán las especificadas en la Tabla 2.5.

**Tabla 2. 5 Profundidades y anchos para zanjas mínimos [7]**

<b>Diámetro nominal tubería mm.(Pulgadas)</b>	<b>Profundidad de la zanja (cm).</b>	<b>Ancho de la zanja (cm).</b>
75 (3")	65	45
100 ( 4" )	70	45
150 ( 6" )	89	53
200 ( 8" )	90	60
250 ( 10" )	105	65
300 ( 12" )	120	75

Las tuberías de distribución se colocan en zanjas para protegerlas de agentes exteriores y para no obstaculizar el tránsito de las calzadas. Antes de ser colocado el tubo en la zanja debe limpiarse interiormente. Los cortes de tubos para colocar válvulas u otros accesorios se harán de manera

adecuada y sin dañar el tubo, obteniéndose un extremo normal al eje del tubo. Una vez colocada, debe mantenerse con el alineamiento y pendiente especificados para el tramo. Para evitar roturas a los tubos, deben manipularse con la ayuda de gomas y planchas de deslizamiento.

Si la colocación de tubería no está en progreso, es necesario cerrar los extremos de la misma con tapones de madera u otro medio adecuado. En general, en tuberías de espiga-campana se acostumbra colocar los extremos de ella hacia la dirección de colocación. En líneas con pendientes apreciables, las campanas deben colocarse hacia arriba.

### 2.4.3. Válvulas

Se usaran válvulas de compuerta de doble disco. Las válvulas colocadas en las calles o subterráneos tendrán extremos de campana y serán de tipo varilla no ascendente. Los diámetros correspondientes de las mismas respecto al de la tubería se aprecian en la siguiente tabla:

**Tabla 2. 6** Diámetro de válvula de acuerdo con los diámetros de la tubería [7]

Diámetro Nominal de la Tubería		Diámetro Nominal de la Válvula	
mm	pulgadas	mm	pulgadas
100	4	100	4
150	6	150	6
200	8	200	8
250	10	250	10
300	12	300	12
350	14	350	12
400	16	400	12
450	18	450	16
500	20	500	16
600	24	600	20
750	30	750	24

Y deben colocarse en:

- Los ramales de distribución en los puntos donde estos se interceptan las tuberías principales.
- Las tuberías principales en todas las intersecciones con otras tuberías principales y además las válvulas deben estar de manera que en caso de una ruptura no sean afectadas más de 400 m de tubería principal.
- Ramales pequeños deben proveerse con dos válvulas en cada esquina de manera que solo estén dos cuadras fuera de servicio al mismo tiempo.
- Válvulas de un tamaño de 12 pulgadas o mayor, deben colocarse en tanquillas cubiertas adecuadamente y protegidas contra el tráfico y aguas superficiales.

Existe una gran variedad de válvulas para facilitar la operación y el mantenimiento de los sistemas de tuberías de conducción de agua, entre las cuales se describen las siguientes:

- ✓ **Válvulas de retención:** Para permitir el flujo en la tubería sólo en un sentido.
- ✓ **Válvulas reductoras de presión:** En zonas de distribuciones de topografía abrupta generalmente es necesario controlar un rango de presiones admisible.
- ✓ **Válvula de paso:** Para obstruir en un momento dado el paso del agua de un punto a otro de la tubería. Entre las más usadas para distribuciones se tienen las de doble disco.

- ✓ **Válvulas de altitud:** Estas válvulas son utilizadas para evitar el rebose de tanques cuando existen otros en el sistema a mayor elevación.
- ✓ **Purgas o válvulas de limpieza:** En todos los puntos bajos de  $\phi \geq 2''$  se deben colocar llaves de purgas. Si  $\phi \geq 4''$  (zona rural) y  $6''$  (zona Urbana) las llaves de purga podrían ser sustituidas por hidrantes. Una llave de purga puede ser toma de servicio hasta 400 mm.

**Tabla 2. 7** Diámetro de la purga correspondiente al diámetro de la tubería [7]

Diámetro Nominal Tubería		Diámetro Nominal Purga	
mm	Pulgadas	mm	Pulgadas
300	12	150	6
350	14	150	6
400	16	150	6
450	18	150	6
500	20	200	8
600	24	200	8
750	30	250	10

#### 2.4.4. Ventosa o Válvula de Expulsión de Aire

En los puntos altos de  $\phi \geq 2''$  se deberán preverse ventosas. En tuberías de distribución (hasta  $\phi 14''$  o 350mm inclusive) se admiten tomas de servicio en el punto alto para servir de ventosa.

**Tabla 2. 8** Diámetros de la ventosa de acuerdo al diámetro de la tubería [7]

Diámetro Nominal de la Tubería		Diámetro Nominal Ventosa Manual		Diámetro Nominal Ventosa Automática	
mm	Pulgadas	mm	Pulgada	mm	Pulgadas
300	12	100	4	19-1	$\frac{3}{4}$
350	14	100	4	19-1	$\frac{3}{4}$
400	16	150	6	25	1
450	18	150	6	25	1
500	20	150	6	50	2
600	24	200	8	50	2
750	30	200	8	50	2

En tuberías de 12" o mayores y que no tengan tomas de servicio, así como en tuberías matrices deberán preverse ventosas automáticas o manuales en todo los puntos altos, así como próximo a las llaves maestras (del lado aguas abajo).

#### **2.4.5. Hidrantes**

Se espaciarán 200 m ( $\varphi \geq 6"$ ) para zonas residenciales o comerciales que posean un área de construcción menor al 120% del área vista en la planta, en caso contrario, inclusive zonas comerciales e industriales se espaciaran 100 m con  $\varphi \geq 8"$ .

El M.S.A.S. recomienda ubicarlos de forma que cubra toda el área con radio de 90 metros. En zonas residenciales para aceras con ancho  $\geq 2$  m. los hidrantes serán de tipo "de poste", en caso contrario, del tipo "a ras de tierra" con caja y tapa removible de hierro fundido. Se deben colocar un mínimo de dos hidrantes y espacio de 100 metros entre si en lugares de reuniones o aglomeraciones públicas, tales como cine, teatro, iglesia, tribuna para espectadores etc.

#### **2.4.6. Conexiones Domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias hechas en la red de distribución para servir a las edificaciones serán individuales; al respecto las normas sanitarias vigentes establecen: Para cada parcela se instalará una toma particular. Dicha toma se hará con tubería de cobre aprobado por la Autoridad Sanitaria Competente, y de 19 mm (3/4") de diámetro como mínimo. Estas tomas se instalarán en la tubería mediante las piezas de conexión correspondiente. El diámetro mínimo de 19mm será para viviendas unifamiliares, para otros tipos de edificaciones se instalaran tomas particulares de mayor diámetro, de

acuerdo con el consumo de agua según se indica en la tabla 2.9. El uso de tomas particulares de otros materiales, requieren la previa aprobación de la autoridad sanitaria competente. <sup>[4]</sup>

**Tabla 2. 9** Diámetros mínimos para tomas particulares de acuerdo a las dotaciones asignadas a las parcelas

Dotación asignada a la parcela o lote en litros por día	Diámetro mínimo de la toma particular	
	mm	pulgada
Hasta – 3.500	19.1	$\frac{3}{4}$
De 3.501 – 8.000	25.4	1
De 8.001 – 17.000	31.8	1 $\frac{1}{4}$
De 17.001 – 30.000	38.1	1 $\frac{1}{2}$
De 30.001 – 50.000	50.8	2
De 50.001 – 80.000	63.5	2 $\frac{1}{2}$
De 80.001 – 100.000	76.2	3
De 100.001 – 200.000	101.6	4

### 2.3. Programa epanet versión 2.0 (en español)

Es un programa de ordenador de libre descarga en la red que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. El programa fue creado y desarrollado en los Estados Unidos por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de ese país (EPA, por sus siglas en inglés) y el Laboratorio de Investigación Nacional para la Gestión de Riesgos en ese mismo país. La versión española del software fue realizada por el Grupo REDHISP de la Universidad Politécnica de Valencia en España. Dentro de las capacidades de análisis del programa se encuentran las siguientes: las simulaciones hidráulicas se pueden realizar en estado estable (análisis bajo condiciones de flujo uniforme permanente) o bajo la figura de periodos de tiempo

extendidos (EPS). Ofrece prestaciones para la confección de modelos de calidad del agua en la red. Simula el desplazamiento de trazadores no reactivos por toda la red, a lo largo del tiempo.

El programa permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención o reguladoras de presión o caudal. Además permite establecer diferentes tipos de demanda en los nodos, cada uno con su propia curva de modulación el tiempo, así como también considerar depósitos de agua de diferentes geometrías. Es posible además modelar varios escenarios a fin de evaluar el comportamiento del sistema de distribución que se esté diseñando frente a demandas diferentes a las escogidas inicialmente, a calidades de agua variables y a condiciones de emergencia, tales como incendios o racionamiento, los cuales implica unas condiciones de operación muy especiales.

Mediante estas prestaciones, EPANET permite estudiar fenómenos relacionados con la calidad de agua tales como: La mezcla de agua procedente de diversas fuentes, el envejecimiento del agua mientras discurre por la red, la pérdida del cloro residual, el crecimiento de los subproductos derivados de la cloración, el seguimiento del avance de un contaminante luego de su introducción a la red.

EPANET proporciona un entorno integrado bajo Windows, para la edición de los datos de entrada a la red, la realización de simulaciones hidráulicas y de la calidad del agua, y la visualización de resultados en una amplia variedad de formatos. Entre éstos se incluyen mapas de la red codificados por colores, tablas numéricas, gráficas de evolución y mapas de isolíneas.

## **CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Recaudación de la información**

En esta etapa se recabó información acerca de la situación actual de la zona, censos, estado del terreno, revisión de planos, además de consultar bibliografía y normas referentes al diseño de sistemas de abastecimiento.

Dos puntos que se estudiaron para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el sector la Tus-Tush, fueron el sistema de abastecimiento de agua potable de Güiria y la propuesta de renovación urbana planteada para dicho sector; ya que el primero nos permite conocer la raíz del problema del servicio para poder generar alternativas de solución; mientras que el segundo determina el trazado de la red y la asignación de demandas de agua en los nodos de acuerdo al uso de las parcelas.

#### **3.1.1 Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de Güiria**

El sistema de abastecimiento de agua potable de Güiria, tiene como fuente el río Guatapanare, donde se encuentra el Dique-Toma a una cota aproximada de 97 m.s.n.m. de ahí parte una tubería de acero de 16 pulgadas de diámetro hacia un desarenador de 25 m<sup>3</sup> de capacidad aproximadamente, donde se realiza una pre-desinfección con inyección de cloro por goteo.

Del desarenador parten dos aducciones hacia la planta de tratamiento Güiria, la primera aducción es una tubería de asbesto-cemento de 14 pulgadas de diámetro que pasa paralelamente a la troncal 09, pero dicha tubería es intervenida por los sectores Río de Güiria, La Campiña, Guayacan

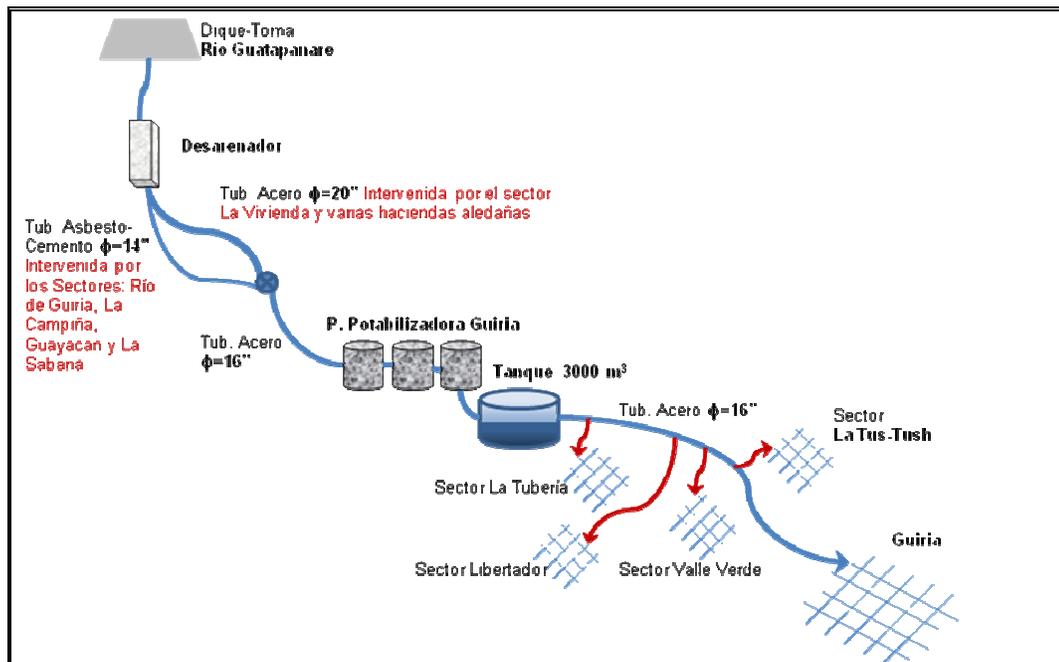
y La Sabana. La segunda aducción es una tubería de acero de 20 pulgadas de diámetros que pasa paralela al tendido eléctrico hacia Güiria, esta también es intervenida pero en menor proporción por el sector La Vivienda y diversas haciendas aledañas a la tubería.



**Figura 3. 1** Desarenador. (Obsérvese el sistema de pre-cloración por goteo)

A la planta potabilizadora Güiria, llegan 70 l/s de los 160 l/s para los cuales fue diseñada, esta planta es un sistema compacto que consta de tres unidades de filtros clarificadores compuestos por carbón activado y grava con granulometría que va de mayor a menor diámetro. Se finaliza la potabilización con inyección de gas cloro (post-cloración). De ahí se almacena el agua tratada en un tanque de almacenamiento de concreto superficial a una cota de 57 m.s.n.m. aproximadamente, para de ahí distribuir

por gravedad el vital líquido hacia Güiria, pero al igual que las tuberías de aducción esta también intervenida por tomas para surtir a los sectores: La Tubería, Libertador, Valle Verde y La Tus-Tush, entre otras comunidades. En la figura 3.2 se puede observar el esquema del sistema anteriormente descrito.



**Figura 3. 2** Esquema del sistema de abastecimiento de agua de Güiria

Considerando una población de 33.621 habitantes (Año 2.001) y una dotación de agua de 250 l/s, tenemos un consumo medio de 97,28 l/s, y comparando este valor con el caudal que llega a la planta de tratamiento (70 l/s), se puede notar que el sistema está colapsado, además de añadir que antes de llegar a suministrar el servicio a la población de Güiria, este es intervenido para abastecer a sectores aledaños, agravando de esta manera el problema.

Es por ello que para solventar la deficiencia del servicio, este se suministra racionalmente a los sectores asignando determinadas horas en días programados, para cada uno de ellos. Viendo el estado de emergencia en que se encuentra el servicio de agua en Güiria, este proyecto de abastecimiento de agua potable para el sector la Tus-Tush se limitara en cuanto a la fuente, donde se definirá las condiciones mínimas requeridas para que el sistema funcione eficientemente en el nuevo urbanismo.

### **3.1.2 Propuesta de Renovación Urbana**

Los parámetros de diseño de este proyecto estarán basados en la Propuesta de Renovación Urbana de La Tus-Tush, suministrada por FUNDAUDO, el cual plantea dividir al sector en las siguientes áreas:

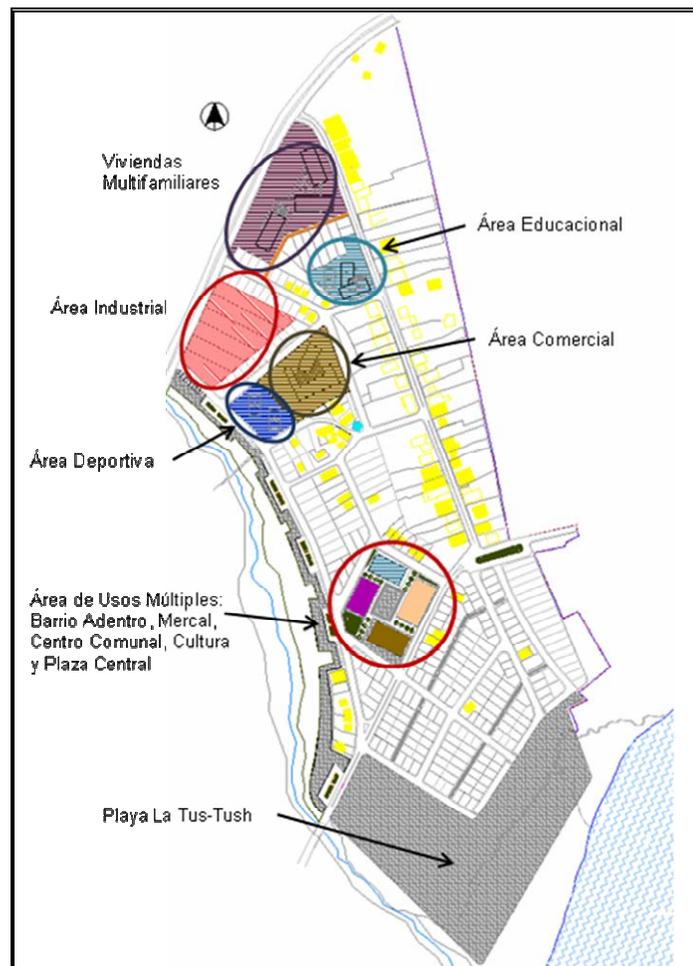
- ✓ **Área Deportiva:** El deporte de entrenamiento abarca un área de terreno 3,20 ha aproximadamente, contempla los usos de: campos de Beisbol, SoftBall y Atletismo, se desarrollan en tres parcelas y se ubican de la vía local existente (actual vía de penetración al sector).
- ✓ **Área Educacional:** El uso correspondiente al servicio educacional se desarrolla en dos parcelas, una destinada para la Educación Preescolar con un área de: 750 m<sup>2</sup>, y la otra parcela para una escuela de Educación Básica con un área 2.778,52 m<sup>2</sup>.
- ✓ **Área Asistencial:** Este servicio se centralizará en una parcela de 1.050 m<sup>2</sup> ubicada al Sur-oeste del Sector la Tustush, considerado un punto central de fácil llegada ya que la parcela colinda con la calle Paria específicamente en una manzana destinada al equipamiento urbano básico para sus habitantes. Este servicio tendrá una función comunal y

servirá tanto a la población de la Tustush como a la comunidad de Güiria. Las edificaciones de carácter asistencial podrán ser desarrolladas por organismos públicos Nacionales ó Municipales, ó bien reservada el área de terreno prevista y dada en venta, concesión ó convenio a un promotor que desarrolle y preste el servicio correspondiente.

- ✓ **Área Comercial:** El área reservada para uso comercial se desglosa en dos parcelas, una destinada para el servicio de Mercal con un área de; 1000 m<sup>2</sup> ubicado al suroeste del sector, específicamente en la manzana propuesta para el equipamiento urbano básica nombrada anteriormente, y la otra parcela con: 5.386,86 m<sup>2</sup> para el desarrollo de un Centro Comercial, ubicado específicamente al norte del sector.
  
- ✓ **Residencial:** Se propone un área destinada para el uso residencial multifamiliar en una parcela de 12.203,29 m<sup>2</sup> aproximadamente, y así contemplar el crecimiento poblacional en el sector. También se propone nuevas construcciones que sustituyan los ranchos por viviendas en las comunidades de cada sector, este caso en particular dentro de la propuesta de diseño urbano se considera uno de los prioritarios a desarrollar, ya que a través de este es posible cubrir una de las principales demandas de los habitantes que es la de vivir dignamente.
  
- ✓ **Espacios Urbanos y de Esparcimiento:** Debido a la ausencia de espacios públicos necesarios para el esparcimiento y recreación de los habitantes del sector, se propone un gran boulevard hacia el lindero oeste del sector donde se ubica la quebrada Chacha, una plaza pública donde convergen los usos sociales básicos del sector, y las islas viales; al cual se le incorporarían tratamiento de pisos, paisajismo y elementos urbanos

como: jardineras, bancos, papeleras, iluminación, entre otros. Las áreas de servicios recreacionales, está concebidos como usos comunales y está conformado por tres áreas específicas: áreas recreacionales generales y áreas recreacionales de playa

- ✓ **Área Seguridad:** Se prevé una parcela con área de: 166 m<sup>2</sup> para un módulo policial en el sector, y así generar un control y resguardo para los habitantes del sector.



**Figura 3. 3** Propuesta de Renovación Urbana para La Tus-Tush

### 3.2. Levantamiento topográfico

Por ser este proyecto, parte de la Propuesta de Renovación Urbana para el sector La Tus-Tush, se llevó a cabo un trabajo en conjunto con FUNDAUDO, en cuanto a la recolección de datos, sobre todo la de realizar el levantamiento topográfico del sector, donde se conto con la participación de un topógrafo para levantar el sitio.



**Figura 3. 4** Inicio de Levantamiento Topográfico desde la Playa La Tus-Tush

Antes de realizar el levantamiento topográfico, se visualizó que en sentido de la troncal 09 hacia la playa La Tus-Tush, el terreno va con pendiente descendente, lo que nos certifica que el sistema bien puede funcionar por gravedad, desde donde se realizaría la toma hacia el sector. El levantamiento topográfico planialtimétrico se realizó con equipos que

funcionan bajo el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), los cuales constan de una estación total y prismas reflectantes. Una vez tomados los datos en sitio, estos fueron procesados en el computador para obtener el mapa del terreno con los puntos y curvas de nivel. Los resultados del levantamiento se pueden observar en el plano AC-1.

Cabe destacar que luego de obtener la topografía original del sitio, se monto de acuerdo a la propuesta de renovación urbana, la topografía modificada, sobre la cual se trazara el sistema de agua potable.

### **3.3. Calculo de la red de distribución**

#### **3.3.1. Trazado de la Red de Distribución**

La red de distribución de agua potable para el sector la Tus-Tush se servirá de la tubería matriz de acero de 16 pulgadas de diámetro que pasa por la troncal 09, ubicada específicamente a la altura del inicio de la calle 5 de Julio, por ser precisamente este lugar el más elevado del sector, permitiendo de esta manera la distribución por gravedad. Los ramales que conforman la red, van paralelos a las calles definidas en la Propuesta de Renovación Urbana, generándose así una red mallada cerrada.

Una vez trazada la red se definen los nodos en intersecciones de tuberías, donde a cada uno se le asigna la dotación de agua de acuerdo al uso que tiene el área de influencia del nodo. El trazado de la red de distribución se puede apreciar en el plano AC-3.

### 3.3.2. Cálculo de las Demandas de Agua

Según la propuesta de Renovación Urbana, el sector esta dividido en 16 áreas, cada uno con uso particular y que se pueden apreciar en el plano AC-2. A continuación se explica el cálculo de las demandas de agua de acuerdo al uso de dichas áreas:

- ✓ **Área de Viviendas Unifamiliares:** El cálculo de demanda de agua para esta área se basó en la densidad de población del sector La Tus-Tush, de 150 habitantes por hectárea, esto multiplicado por el área dará la cantidad de habitantes, que a su vez multiplicado por la dotación asignada de acuerdo a la norma sanitaria venezolana, donde para cada habitante es de 250 l/s, dará la demanda total de agua (Ver tabla 3.1).

**Tabla 3. 1** Demanda de agua en área de viviendas unifamiliares

Lote	Área		Nº Habitantes	Demanda (l/s)
	(m <sup>2</sup> )	(ha)		
Lote 01	12.160	1,216	182,400	0,528
Lote 02	15.190	1,519	227,850	0,659
Lote 03	10.838	1,084	162,570	0,470
Lote 04	2.090	0,209	31,350	0,091
Lote 06	13.474	1,347	202,110	0,585
Lote 07	2.216	0,222	33,240	0,096
Lote 08	38.330	3,833	574,950	1,664
Lote 09	6.361	0,636	95,415	0,276
Lote 10	3.523	0,352	52,845	0,153
Lote 12	7.460	0,746	111,900	0,324
<b>Total</b>	<b>111.642</b>	<b>11,164</b>	<b>1674,630</b>	<b>4,846</b>

- ✓ **Área de Usos Múltiples:** El cálculo de demanda de agua para esta área se basó las dotaciones asignadas de acuerdo al uso, por la norma

sanitaria venezolana. En la tabla 3.2 se puede apreciar los diversos establecimientos que se encuentran en el área, con su respectiva demanda de agua.

**Tabla 3. 2** Demanda de agua en área de usos múltiples

Uso	Área (m <sup>2</sup> )	Dotación		Demanda (l/s)
		(l/día/m <sup>2</sup> )	(l/día/*)	
Mercal	874,63	15		0,152
Centro Comunal	1.037,03	20		0,240
Plaza y áreas verdes	4.698,18	2		0,109
Barrio Adentro:	744,13			
10 camas			800	0,093
15 consultorio			500	0,087
1 consultorio dental			1000	0,012
Guardería:	715,03			
420 Niños			40	0,194
21 Personal no residente			50	0,012
2 Personal residente			200	0,005
<b>Total</b>	<b>8.069,00</b>			<b>0,903</b>

- ✓ **Área Comercial:** El cálculo de demanda de agua para este lote se basó las dotaciones asignadas de acuerdo al uso, por la norma sanitaria venezolana (Ver tabla 3.3).
- ✓ **Área Educativa:** Esta área se desglosa de acuerdo a la norma, por los tipos de usuarios de la instalación: alumnos, personal residente y no residente (profesores y custodios); además de incluir la demanda de áreas verdes y viviendas unifamiliares que también se encuentran en el área (Ver tabla 3.4).

**Tabla 3. 3** Demanda de agua en área comercial

Uso	Área (m <sup>2</sup> )	Dotación		Demanda (l/s)
		(l/día/m <sup>2</sup> )	(l/día/*)	
Modulo Policial: 2 Vigilante	78,54		250	0,006
Viviendas Unifamiliares	698,91		250	0,030
Centro Comercial	1.759,51	10		0,204
Áreas Deportivas, Verdes y Estacionamiento	6.318,04	2		0,146
<b>Total</b>	<b>8.855,00</b>			<b>0,386</b>

**Tabla 3. 4** Demanda de agua en área educacional

Uso	Área (m <sup>2</sup> )	Dotación		Demanda (l/s)
		(l/día/m <sup>2</sup> )	(l/día/*)	
Educación 1.500 Alumnos	697,29		40	0,694
40 Personal no residente			50	0,023
2 Personal residente			200	0,005
Vivienda Unifamiliar	4.423,27		250	0,192
Áreas verdes	3.162,44	2		0,073
<b>Total</b>	<b>8.283,00</b>			<b>0,987</b>

- ✓ **Área de Viviendas Multifamiliares:** Para obtener la cantidad de habitantes de las viviendas multifamiliares, se resto a la cantidad total de 3.000 habitantes, la población equivalente obtenida para las viviendas unifamiliares. Adicional a demanda requerida por los habitantes de esta área, se sumo la demanda por áreas verdes y estacionamiento (Ver tabla 3.5).
- ✓ **Área Industrial:** Para el cálculo de la dotación esta área se usó un coeficiente específicamente para uso industrial; además de incluir la demanda de viviendas unifamiliares que también se encuentran en el área (Ver tabla 3.6).

**Tabla 3. 5** Demanda de agua para área de viviendas multifamiliares

Uso	Área (m <sup>2</sup> )	Dotación		Demanda (l/s)
		(l/día/m <sup>2</sup> )	(l/día/*)	
Viviendas Multifamiliares: 1.186,3 habitantes	3.123,53		250	3,433
Áreas verdes y Estacionamiento	6.096,47	2		0,141
<b>Total</b>	<b>9.220,00</b>			<b>3,574</b>

**Tabla 3. 6** Demanda de agua para área industrial

Uso	Área (m <sup>2</sup> )	Dotación		Demanda (l/s)
		(l/s/ha)	(l/día/*)	
Industrial	7.143,47	1		0,714
Viviendas Unifamiliares	4.149,53		250	0,180
<b>Total</b>	<b>11.293,00</b>			<b>0,894</b>

- ✓ **Área Turística:** En esta área se tiene la playa La Tus-Tush, para lo cual, se usó un coeficiente específicamente para balnearios (Ver tabla 3.7).

**Tabla 3. 7** Demanda de agua para área turística

Uso	Área (m <sup>2</sup> )	Dotación		Demanda (l/s)
		(l/s/ha)	(l/día/*)	
Balneario	34.388,00	0,25		0,860
<b>Total</b>	<b>34.388,00</b>			<b>0,860</b>

La sumatoria de las demandas totales por áreas, nos arroja el valor del consumo medio del sector La Tus-Tush de 12,45 l/s.

### 3.3.3. Asignación de Consumos Medios a los Nodos

Para la asignación de los consumos medios, a los nodos, se divide la dotación de cada área por el número de nodos a los cuales influye y se le asignan a dichos nodos, cabe destacar que en muchos casos la división no fue equitativa para los nodos de un área específica, por considerarse que

afectan más a unos nodos que a otros. En la tabla 3.8 se puede apreciar las demandas de agua de las 16 áreas, y los nodos en los cuales influye.

**Tabla 3. 8** Demanda total de agua por lote y nodo en l/s

Área	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Total
<b>Nodo</b>																	
N1								0,333						1,191			1,524
N2								0,333					0,418	1,191			1,942
N3								0,333				0,081	0,418				0,831
N4						0,117		0,333				0,081					0,531
N5						0,117		0,333									0,450
N6		0,051															0,051
N7		0,051			0,142	0,117											0,309
N8	0,053	0,051		0,030	0,218												0,351
N9	0,053			0,030			0,032										0,115
N10	0,053						0,032										0,085
N11	0,053																0,053
N12	0,053															0,287	0,339
N13	0,053															0,287	0,339
N14	0,053	0,051														0,287	0,390
N15	0,053	0,051															0,103
N16	0,053	0,051															0,103
N17	0,053	0,051															0,103
N18		0,051	0,047														0,098
N19		0,051	0,047														0,098
N20		0,051	0,047														0,098
N21		0,051	0,047														0,098
N22		0,051	0,047														0,098
N23			0,047														0,047
N24			0,047														0,047
N25			0,047														0,047
N26			0,047														0,047
N27		0,051	0,047														0,098
N28				0,030	0,098		0,032										0,160
N29					0,223				0,069								0,292
N30									0,069	0,038							0,107
N31										0,038	0,073						0,111
N32											0,068				0,036		0,104
N33															0,357		0,357
N34													0,038	1,191	0,393		1,623
N35					0,223	0,117			0,069								0,409
N36						0,117			0,069	0,038							0,224
N37										0,038	0,073						0,111
N38											0,086	0,081					0,167
N39											0,086	0,081			0,036		0,203
N40													0,057		0,036		0,093
N41													0,057		0,036		0,093
N0																	0,000
<b>Total</b>	<b>0,528</b>	<b>0,659</b>	<b>0,470</b>	<b>0,091</b>	<b>0,903</b>	<b>0,585</b>	<b>0,096</b>	<b>1,664</b>	<b>0,276</b>	<b>0,153</b>	<b>0,386</b>	<b>0,324</b>	<b>0,987</b>	<b>3,574</b>	<b>0,894</b>	<b>0,860</b>	<b>12,450</b>

### 3.3.4. Aplicación del Programa EPANET

#### 3.3.4.1 Descripción del Entorno de Trabajo del Programa EPANET

A continuación se describen las principales características del entorno de trabajo del programa, en particular se describen; la barra del menú principal, la barra de herramientas y la barra de estado, así como las ventanas usadas con mayor frecuencia: El esquema de la red y el visor.

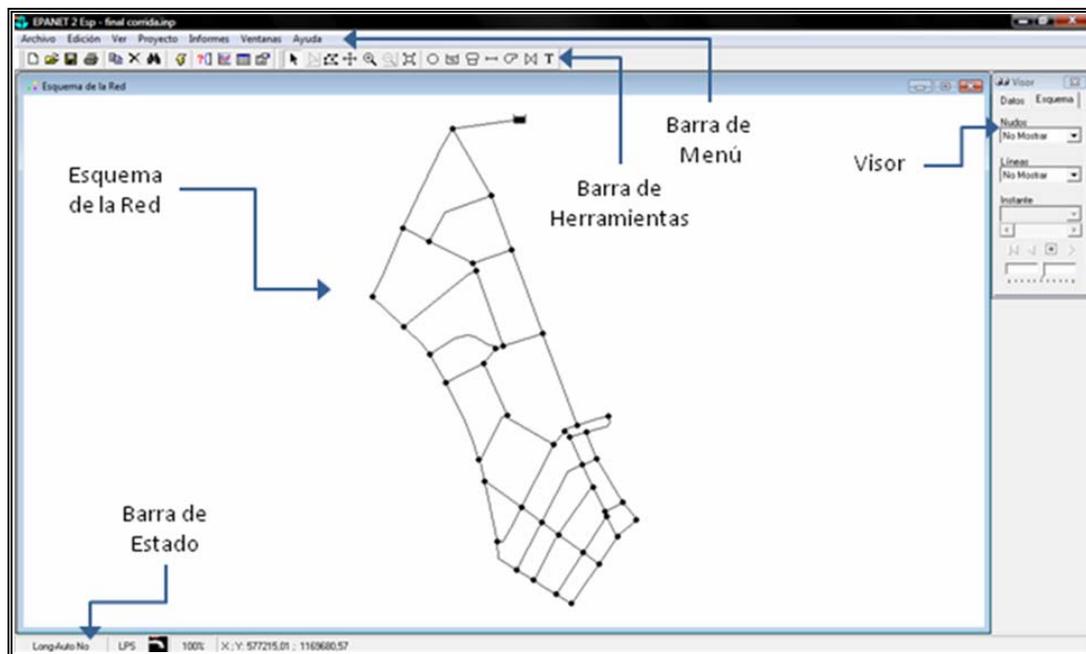
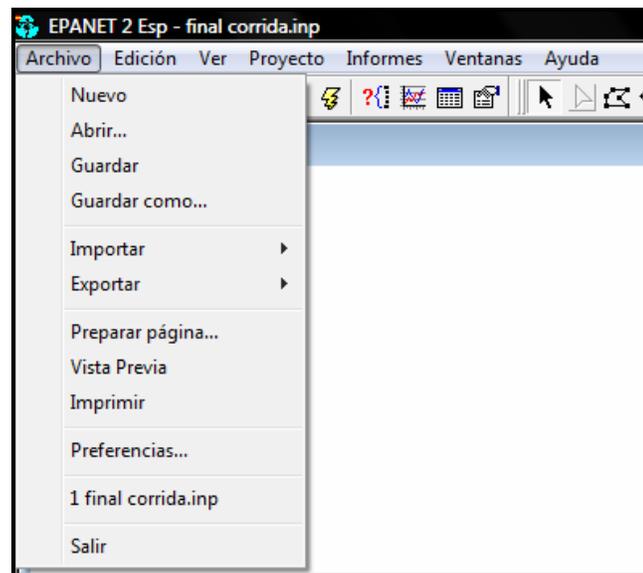


Figura 3. 5 Entorno del programa EPANET

- ✓ **Barra de Menú:** Se encuentra en la parte superior de la ventana principal y contiene un conjunto de sub-menús utilizados para controlar el funcionamiento del programa.

- **Menú Archivo:**

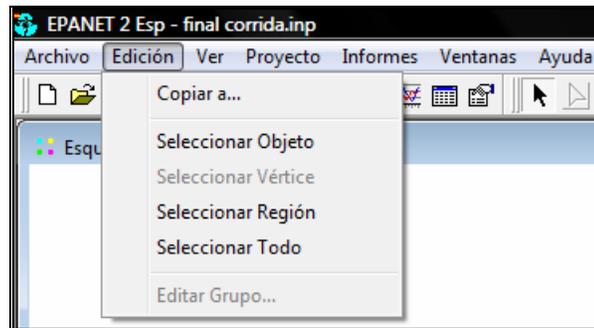


**Figura 3. 6** Menú Archivo

**Tabla 3. 9** Descripción de los comandos del menú archivo

Comando	Descripción
Nuevo	Crea un nuevo proyecto de EPANET
Abrir...	Abre un proyecto existente
Guardar	Guarda el proyecto actual
Guardar como...	Guarda el proyecto actual con otro nombre
Importar	Importa los datos de la red o de su esquema desde otro archivo
Exportar	Exporta los datos de la red o de su esquema a otro archivo
Preparar Página...	Fija los márgenes, encabezados y pies de página para imprimir
Vista Previa	Muestra una vista previa de la ventana actual
Imprimir	Imprime la ventana actual
Preferencias...	Establece las preferencias para el modo de trabajo del programa
Salir	Sale de EPANET

- **Menú Edición**

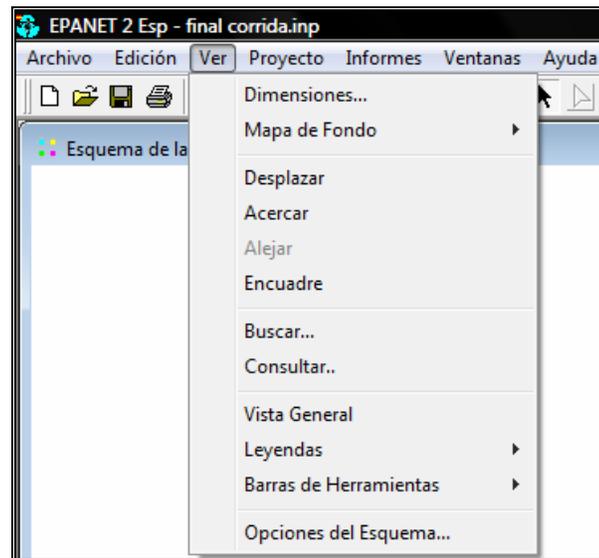


**Figura 3. 7** Menú edición

**Tabla 3. 10** Comandos del menú edición

Comando	Descripción
Copiar a...	Copia el contenido de la ventana activa actual (esquema, informe, gráfico o tabla) al portapapeles o a un archivo
Seleccionar Objeto	Permite seleccionar un objeto del esquema de la red
Seleccionar Vértice	Permite seleccionar los vértices del trazado de las tuberías sobre el esquema de la red
Seleccionar Región	Permite seleccionar una región sobre el esquema de la red
Seleccionar Todo	Selecciona toda el área ocupada por el esquema de la red
Editar Grupo...	Edita una propiedad elegida para el grupo de objetos que caen dentro de la región delimitada sobre el esquema

- **Menú Ver**

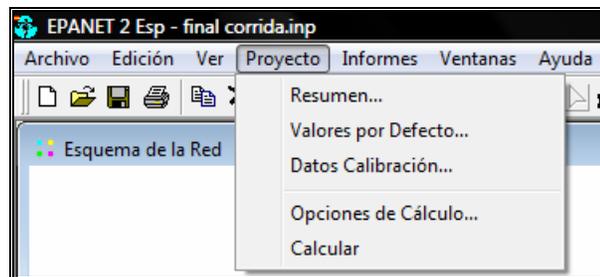


**Figura 3. 8** Menú ver

**Tabla 3. 11** Descripción de los comandos del menú ver

Comando	Descripción
Dimensiones...	Permite modificar las dimensiones del esquema y sus unidades
Mapa de Fondo	Permite visualizar un mapa de fondo
Desplazar	Permite desplazar el esquema de la red
Acercar	Permite acercar el esquema de la red
Alejar	Permite alejar el esquema de la red
Encuadre	Redibuja el esquema completo de la red
Buscar...	Localiza un elemento dado de la red y lo centra
Consultar...	Localiza los elementos de la red que cumplen un criterio dado
Vista General	Activa/desactiva la visualización de un mapa global de la red
Leyendas	Activa/desactiva la visualización de las leyendas y permite su edición
Barra Herramientas	Activa/desactiva la visualización de las barras de herramientas
Opciones del esquema...	Fija las opciones para la visualización del esquema

- **Menú Proyecto**

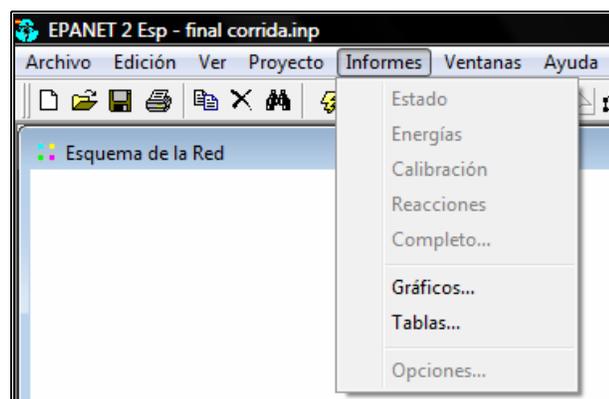


**Figura 3. 9** Menú proyecto

**Tabla 3. 12** Descripción de los comandos del menú proyecto

Comando	Descripción
Resumen...	Proporciona un resumen de las características del proyecto
Valores por Defecto...	Permite editar las propiedades por defecto del proyecto
Datos Calibración...	Maneja los ficheros de datos para la calibración de la red
Opciones de Cálculo...	Permite editar las diversas opciones de cálculo
Calcular	Realiza la simulación

- **Menú Informes**

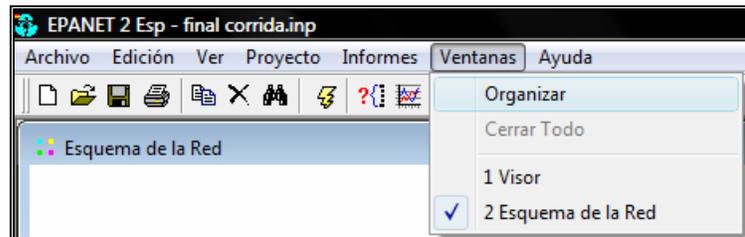


**Figura 3. 10** Menú informes

**Tabla 3. 13** Descripción de los comandos del menú informes

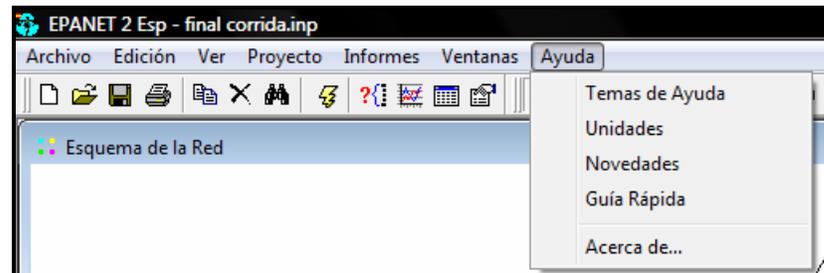
Comando	Descripción
Estado	Muestra los cambios habidos en el estado de los elementos de la red a la largo de la simulación
Energías	Proporciona la energía consumida por cada bomba
Calibración	Compara los valores medidos con los calculados mediante la simulación
Reacciones	Informa sobre las velocidades medias de reacción en los distintos elementos de la red
Completo...	Crea un informe completo de los resultados para todos los nudos y líneas, en cada uno de los instantes de la simulación, y los guarda en un fichero de texto
Gráficos...	Crea curvas de evolución, perfiles longitudinales, curvas de distribución y mapas de isolíneas para la magnitud seleccionada
Tablas...	Crea una tabla con los valores numéricos de las magnitudes elegidas, para los nudos y líneas seleccionados
Opciones...	Controla el estilo de presentación de informes, gráficas o tablas

- **Menú Ventanas**

**Figura 3. 11** Menú ventanas**Tabla 3. 14** Descripción de los comandos del menú ventanas

Comando	Descripción
Organizar	Reorganiza todas las ventanas hijas dentro de la ventana principal
Cerrar Todo	Cierra todas las ventanas abiertas (excepto la del Esquema y la del Visor)
Lista de Ventanas	Lista todas las ventanas abiertas, y señala la ventana activa actual

- **Menú Ayuda**



**Figura 3. 12** Menú ayuda

**Tabla 3. 15** Descripción de los comandos del menú ayuda

Comando	Descripción
Temas de Ayuda	Muestra una ventana con los temas de ayuda de la aplicación
Unidades	Lista las unidades de medida para todas las magnitudes utilizadas en EPANET
Novedades	Informa de las novedades introducidas en la versión 2.0
Guía Rápida	Ofrece una breve introducción para el uso de EPANET
A cerca de...	Muestra información sobre la versión de EPANET en uso, y la traducción al español

- ✓ **Barra de Herramientas.** Proporcionan un acceso rápido a los comandos utilizados con mayor frecuencia. Se dispone de la barra de herramientas estándar y la barra de herramientas del esquema.

Las barras de herramientas pueden ajustarse debajo de la barra del Menú Principal o bien ser arrastradas a cualquier lugar del espacio de trabajo de EPANET. Cuando se separan de la barra de Menús pueden también redimensionarse. Además, pueden hacerse visibles u ocultarse seleccionando la opción de (Menú Ver >> Barra Herramientas).

- **Barra de Herramientas Estándar:** Contiene los botones para el acceso rápido a los comandos más usados, a continuación se describen:

-  Crea un proyecto nuevo de EPANET (Archivo >> Nuevo)
-  Abre un proyecto existente (Archivo >> Abrir...)
-  Guarda el proyecto actual (Archivo >> Guardar)
-  Imprime la ventana activa actual (Archivo >> Imprimir)
-  Copia los elementos seleccionados de la ventana actual al portapapeles o a un fichero (Edición >> Copiar a...)
-  Borra el elemento actualmente seleccionado
-  Busca un determinado elemento sobre el esquema de la red (Ver >>Buscar...)
-  Ejecuta una simulación (Proyecto >> Calcular)
-  Realiza una consulta visual sobre los elementos de la red (Ver >>Consultar...)
-  Crea una nueva ventana gráfica de resultados (Informes >>Gráficos...)
-  Crea una nueva ventana de resultados numéricos (Informes >>Tablas...)
-  Modifica las opciones de la ventana activa actual (Ver >> Opciones del Esquema... ó Informes >> Opciones...)

- **Barra de herramientas del esquema:** contiene una serie de botones para facilitar la edición y manipulación del esquema de la red.

-  Selecciona un objeto del esquema de la red (Edición >> SeleccionarObjeto)
-  Selecciona los vértices de las líneas (Edición >> Seleccionar Vértice)
-  Delimita una región sobre el esquema de la red (Edición >> Seleccionar Región)
-  Permite desplazar el esquema de la red (Ver >> Desplazar)
-  Acerca el esquema de la red (Ver >> Acercar)
-  Aleja el esquema de la red (Ver >> Alejar)
-  Redibuja el esquema completo de la red (Ver >> Encuadre)
-  Añade un Nudo de Caudal sobre el esquema de la red
-  Añade un Embalse sobre el esquema de la red
-  Añade un Depósito sobre el esquema de la red
-  Añade una Tubería sobre el esquema de la red
-  Añade una Bomba sobre el esquema de la red
-  Añade una Válvula sobre el esquema de la red
-  Añade un Rótulo sobre el esquema de la red

✓ **Barra de Estado:** Está situada al pie del entorno de trabajo de EPANET y se divide en cinco secciones, las cuales ofrecen la siguiente información:

- **Long-Auto:** Indica si el cálculo automático de la longitud de las tuberías está activado o desactivado
- **Unidades de Caudal:** Muestra las unidades de caudal actuales

- **Nivel de Zoom:** Muestra el nivel de zoom actual del esquema (100 % corresponde a la vista completa)
  - **Estado de la Simulación:** Se representa mediante el icono de un grifo, con el siguiente significado:
    - Si no sale agua, los resultados no están disponibles
    - Si sale agua, los resultados son válidos y están disponibles
    - Si el grifo aparece roto, los resultados están disponibles pero pueden no ser válidos porque algún dato ha sido modificado.
  - **Posición XY:** Muestra la posición del puntero del ratón, en las coordenadas del esquema.
- ✓ **El Esquema de la Red:** Es una representación esquemática en dos dimensiones de los diferentes componentes de la red. La localización de los objetos y las distancias entre ellos no tienen por qué corresponderse con la escala real. Las propiedades seleccionadas de estos objetos, como por ejemplo la calidad del agua en los nudos o la velocidad de circulación por las tuberías, pueden mostrarse en una escala de colores. Los códigos de colores se describen en una leyenda, y pueden modificarse. El esquema puede ampliarse añadiendo nuevos objetos, mientras que los ya existentes pueden editarse, borrarse o restituirse.

A efectos de referencia, puede también incorporarse un dibujo de fondo detrás del esquema, conteniendo información sobre calles o curvas de nivel. El esquema puede ampliarse hasta cualquier escala y desplazarse de un extremo a otro. Los nudos y líneas pueden dibujarse en diferentes tamaños, se pueden añadir símbolos para representar los objetos, flechas para indicar el sentido del flujo, así como asociar etiquetas a los elementos de la red para mostrar su identificativo o el valor numérico de la magnitud elegida.

Finalmente, el esquema puede ser impreso, copiado al portapapeles de Windows o exportado como fichero DXF o bien como fichero metafile de Windows.

### ✓ Visor

- **Visor de Datos:** Es accesible desde la pestaña de Datos de la ventana del Visor. Permite acceder a los diferentes objetos pertenecientes a la red en estudio, clasificados por categorías (Nodos de Caudal, Tuberías, etc.). Los botones que figuran del pie de la ventana se utilizan para añadir, borrar o editar dichos objetos. Se tiene visor de datos y visor de esquema



Figura 3. 13 Visor de datos

- **Visor del Esquema:** Es accesible desde la pestaña del Esquema de la ventana del Visor. Permite seleccionar las magnitudes e instante de tiempo a visualizar mediante códigos de colores sobre el Esquema de la Red. También contiene los controles que permiten ver los resultados mediante animación.

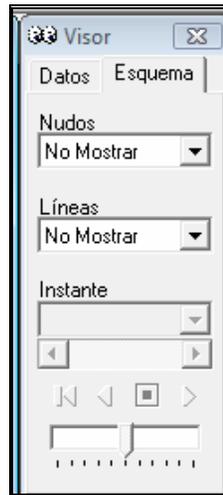


Figura 3. 14 Visor de esquema

#### 3.3.4.2. Simulación Hidráulica

- ✓ **Introducción de Datos:** La introducción de datos del proyecto fue a través de un fichero de texto con extensión (.inp) con el siguiente formato:

[TITLE]

<descripción opcional del fichero>

[JUNCTIONS]

<Identificativo ID de cada nudo>

[PIPES]

<Identificativo ID de cada tubería, seguido por los identificativos ID de sus nudos extremos>

[COORDINATES]

<Identificativo ID de un nudo y sus coordenadas X e Y>

[VERTICES]

<Identificativo ID de una tubería y coordenadas X e Y de cada vértice intermedio para trazados no rectilíneos>

```

[COORDINATES]
;ID Nudo          Coord X          Coord Y
N1                577223.29       1170212.44
N2                577283.77       1170105.59
N3                577315.88       1170019.69
N4                577364.68       1169886.49
N5                577419.23       1169740.15
N6                577399.44       1169730.79
N7                577381.83       1169709.17
N8                577331.49       1169609.83
N9                577292.94       1169555.26
N10               577324.18       1169511.15
N11               577350.51       1169494.35
N12               577385.87       1169471.8
N13               577410.57       1169457.34
N14               577453.74       1169520.36
N15               577428.35       1169538.65
N16               577389.88       1169566.93
N17               577363.22       1169586.51
N18               577482.78       1169564.07
N19               577466.69       1169595.75
N20               577463.22       1169603.27
N21               577444.42       1169642.69
N22               577427.97       1169677.44
N23               577512.72       1169590.41
N24               577491.68       1169618.1
N25               577449.91       1169687.46
N26               577433.53       1169729.64
N27               577407.62       1169721.58
N28               577273.1       1169651.02
N29               577264.51       1169685.25
N30               577211.86       1169808.63
N31               577187.74       1169853.29
N32               577145.98       1169896.49
N33               577096.62       1169945.06
N34               577144.95       1170054.39
N35               577308.94       1169756.92
N36               577271.78       1169838.28
N37               577291.38       1169862.18
N38               577302.84       1169865.89
N39               577259.61       1169985.56
N40               577255.21       1169997.77
N41               577186.41       1170033.16
N000              577468.99       1169754.48
fuente            577327.633151659 1170226.57575829

[VERTICES]
;ID Línea          Coord X          Coord Y
T2                577222.15       1170209.99
T2                577205.42       1170182.33
T2                577198.83       1170169.98

```

Figura 3. 15 Modelo de fichero de texto

Una vez creado el fichero de texto, se abre el programa y se importa, tal como se muestra en la figura 3.16:

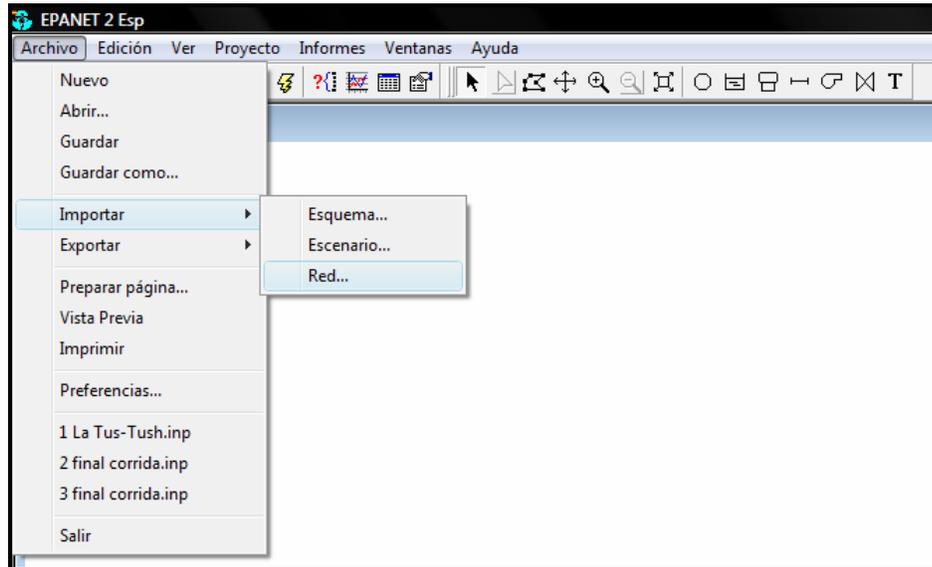
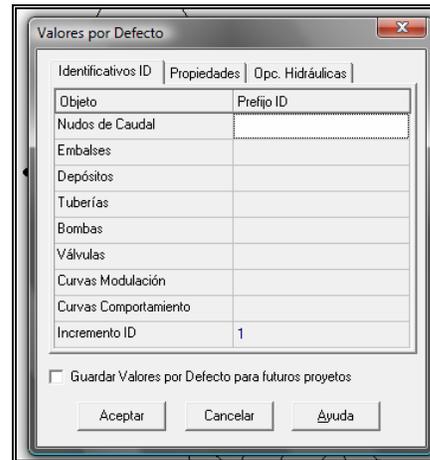


Figura 3. 16 Importación de datos

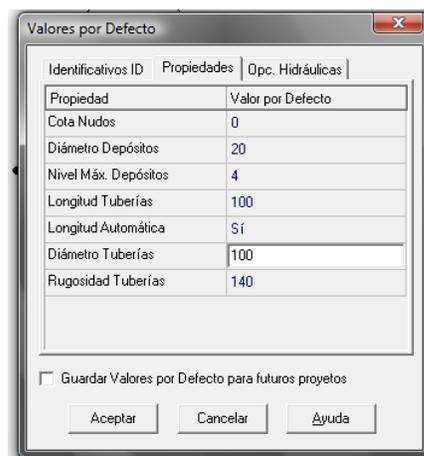
- ✓ Configuración del Proyecto Una vez cargados los datos en el programa se abre el menú proyecto del menú principal para establecer la configuración y los valores por defecto con que se trabajará en la simulación.

La figura 3.17 muestra la ventana emergente valores por defecto, en este caso como el proyecto fue exportado desde el fichero de texto en el cual ya vienen definidos los identificativos de los nudos y tuberías no se modifica nada en esta pestaña.



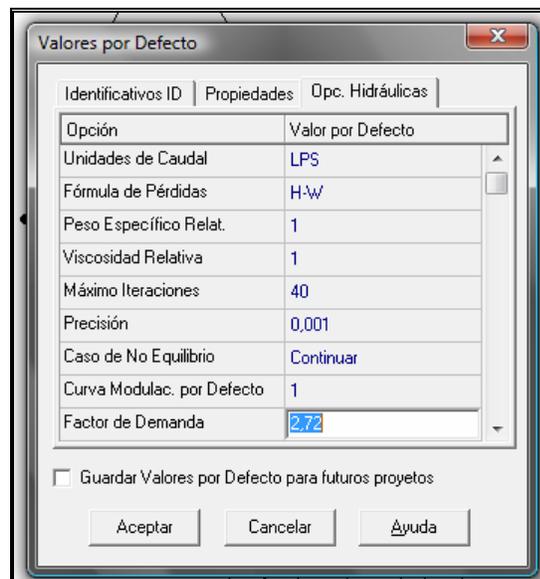
**Figura 3. 17** Asignación de valores por defecto

Haciendo click en la pestaña “propiedades”, la cual se muestra en la figura 3.18, se introduce la rugosidad de la tubería que para la formula de Hazen-Willians en tuberías de PVC, de acuerdo a la norma es de 140. Los demás valores vienen definidos por el fichero de texto. Se activa la longitud automática para que reconozca la longitud de cada tramo definido en el fichero. Estas propiedades pueden ser modificadas si se quiere más adelante desde el editor de propiedades.



**Figura 3. 18** Propiedades

En la pestaña de Opciones Hidráulicas (Figura 3.19), se establece las unidades de trabajo y la formula a usar para el cálculo de las pérdidas. Además se introduce el factor de demanda, que simulara el sistema con el valor del consumo máximo horario.



**Figura 3. 19** Opciones Hidráulicas

Una vez introducidos los datos se procede a hacer la corrida de la simulación. Cabe destacar que para esta evaluación se realizaron dos simulaciones, la primera considerando el consumo máximo horarios del sector y la segunda basada en los parámetros de la primera, pero con la consideración de un hidrante, asignando una demanda por incendio de 16 l/s. Los resultados de dichas simulaciones se pueden apreciar en los anexos A y B, respectivamente.

### **3.4. Elaboración de planos**

Este proyecto comprende cuatro planos los cuales fueron dibujados mediante el uso del programa Autocad versión 2006, cada uno tiene un código, que se inicia con las letras “AC” de acueductos, seguido de un número. En el plano AC-1 se detalla la topografía original del sector La Tus-Tush; en el plano AC-2 se observa la distribución del sector por áreas según usos, en el plano AC-3 se observa la topografía modificada del sector y el trazado en planta de la red de distribución, finalmente en los planos AC-4 y AC-5 se tienen los detalles para la construcción de la red.

### **3.5. Cómputos métricos y presupuesto**

Para estimar el costo del proyecto, se procede a computar las cantidades de obra del mismo, para ello se divide la obra en partidas las cuales son definidas por un código, descripción y unidad de medida. Por ser una obra en el área de sanitaria la codificación de las partidas se realiza bajo las especificaciones INOS [3]. Posteriormente a cada partida se le analiza el precio por unidad respectiva, los cuales serán multiplicados por sus cantidades correspondientes, obteniendo así el presupuesto de la obra.

Los cálculos para la estimación de costo del proyecto se realizaron a través del programa LuloWin, versión 9.5, en el análisis de este proyecto se considero 210% para las prestaciones sociales, 15% para Administración, 10% de Utilidades, y 12% para el impuesto al valor agregado. Una vez desarrolladas todas las partidas se obtiene el resumen de cada precio unitario multiplicado respectivamente por las cantidades calculadas en los cómputos métricos, obteniendo así el presupuesto total de la obra.

El costo de la obra para la ejecución de este proyecto dio un total de Bs. 1.665.152,96. El presupuesto de la obra y los análisis de precios unitarios se pueden observar en los Anexos C y D respectivamente; a continuación se describe el alcance medición y forma de pago de cada una de las partidas:

### **3.5.1 Alcance, Medición y Forma de Pago de las Partidas.**

1.- INOS-15412 Rotura de calzada de asfalto, espesor 10 cm. Incluye carga, transporte y bote.

Alcance: comprende los trabajos de rotura de asfalto para la futura excavación hasta un ancho máximo de 0.55m y espesor no mayor de 10cm a lo largo de las vías principales del urbanismo por donde pasara la red de distribución de agua y que cuente con carretera asfaltada. Esta partida incluye el equipo y mano de obra necesaria así como el bote de material hasta el sitio definido por la contratista para tal fin.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por metro cuadrado de carpeta asfáltica removida y se pagará por unidad a plena satisfacción del supervisor de la empresa contratante.

2.- INOS-21213 Excavación en tierra a mano para asiento de fundaciones, zanjas, u otros, hasta profundidades comprendidas entre 0.00 y 3.50 m.

Alcance: Comprende el movimiento de tierra menor incluyendo la conformación a mano del fondo de la zanja para obtener una superficie de apoyo que no dañe las tuberías y garantizar la rasante que indica el proyecto, la mano de obra necesaria, la carga y el acarreo del material proveniente de

la excavación hasta 200m, para el asentamiento de obras preliminares de la estructura principal de redes de acueductos hasta profundidades comprendidas entre 0.00 y 3.50m.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por metro cúbico de tierra y se pagará por unidad a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante

3.- INOS-21213 Excavación en tierra a máquina para asiento de fundaciones, zanjas, u otros, hasta profundidades comprendidas entre 0.00 y 3.50 m.

Alcance: Comprende el movimiento de tierra con equipo convencional, incluyendo la mano de obra necesaria, la carga y el acarreo del material proveniente de la excavación hasta 200m, para la colocación de tuberías correspondientes a la red de acueducto, hasta profundidades comprendidas entre 0.00 y 3.50m.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por metro cúbico de tierra y se pagará por unidad a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante

4.- INOS-22222 Relleno de zanjas con material granular de préstamo (arena).

Alcance: Comprende el suministro de equipos, herramientas, acarreo del material hasta 200 m y mano de obra necesaria para la colocación y compactación del relleno de zanjas de tuberías correspondientes a la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por metro cúbico de arena y se pagará por unidad a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante

5.- INOS-31603 Suministro, transporte y colocación en zanja de tuberías de agua potable, de pvc, diámetro nominal (75mm).

Alcance: Comprende el suministro de materiales, equipos, herramientas y mano de obra necesaria para la colocación y conexión de tuberías correspondientes a la red de acueducto de 75mm.

Medición y forma de pago: Se medirá por metro lineal de tubería y se pagará por unidad debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

6.- INOS-31604 Suministro, transporte y colocación en zanja de tuberías de aguas potable, de pvc, diámetro nominal (110mm).

Alcance: Comprende el suministro de materiales, equipos, herramientas y mano de obra necesaria para la colocación y conexión de tuberías correspondientes a la red de acueducto de 110mm.

Medición y forma de pago: Se medirá por metro lineal de tubería y se pagará por unidad debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

7.- INOS-31605 Suministro, transporte y colocación en zanja de tuberías de aguas potable, de pvc, diámetro nominal (160mm).

Alcance: Comprende el suministro de materiales, equipos, herramientas y mano de obra necesaria para la colocación y conexión de tuberías correspondientes a la red de acueducto de 160mm.

Medición y forma de pago: Se medirá por metro lineal de tubería y se pagará por unidad debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

8.- INOS-31604 Suministro, y colocación de hidrante de poste, diámetro 4" incluye válvula

Alcance: Comprende el suministro de materiales, equipos, herramientas y mano de obra necesaria para la correcta instalación del hidrante.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por unidad de hidrante debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

9.- INOS-42100 Concreto de fc 100 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, para la construcción de anclajes en tee y codos de 90° en la tubería de distribución de agua potable. Incluye transporte del cemento y agregados hasta 50 km. excluye el eventual encofrado.

Alcance: Comprende el transporte y suministro del cemento y agregados hasta 50 Km., equipos, herramientas y mano de obra necesaria para la ejecución de los trabajos requeridos para la construcción de los anclajes de concreto en Tee y Codos de 90° en la tubería de distribución de agua potable, según lo especificado en el proyecto. Excluye el encofrado.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por metro cúbico y se pagará por metro cúbico debidamente vaciado a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

10.- INOS-42150 Concreto de fc 150 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, para la construcción de bases para hidrantes. Incluye transporte del cemento y agregados hasta 50 kms. y excluye el eventual encofrado.

Alcance: Comprende el transporte y suministro del cemento y agregados hasta 50 Km., equipos, herramientas y mano de obra necesaria para la ejecución de los trabajos requeridos para la construcción de bases para hidrantes según lo especificado en el proyecto. Excluye el encofrado.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por metro cúbico y se pagará por metro cúbico debidamente vaciado a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

11.- INOS-42210 Concreto de fc 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, para la construcción de tanquillas en el acueducto. Incluye transporte del cemento y agregados hasta 50 kms. Excluye el acero de refuerzo y el encofrado.

Alcance: Comprende el transporte y suministro del cemento y agregados hasta 50 Km., equipos, herramientas y mano de obra necesaria para la ejecución de los trabajos requeridos para la construcción de tanquillas en la red de acueducto, según lo especificado en el proyecto. Excluye el refuerzo metálico y el encofrado.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por metro cúbico y se pagará por metro cúbico debidamente vaciado a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

12.- INOS-69100 Suministro, transporte, preparación y colocación de acero de refuerzo fy 4200 kgf/cm<sup>2</sup>, utilizando cabilla numero entre 4 y 7, para infraestructura de la red de acueducto.

Alcance: Comprende el suministro, transporte, preparación y colocación de materiales, equipos, herramientas y mano de obra necesaria en la ejecución de los trabajos requeridos para el refuerzo metálico en las diferentes estructuras.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por kilogramo de material y se pagará por kilogramo de material debidamente instalado a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

13.- INOS-31103 Suministro y transporte de válvulas de compuerta, diámetro 3" (75mm), PN10

Alcance: Comprende el suministro de materiales, equipos, herramientas y mano de obra necesaria para la ejecución de los trabajos requeridos para la colocación de llaves de paso tipo compuerta de diámetro 3" en la tubería de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por unidad debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

14.- INOS-31104 Suministro y transporte de válvulas de compuerta, diámetro 4" (110mm), PN10.

Alcance: Comprende el suministro de materiales, equipos, herramientas y mano de obra necesaria para la ejecución de los trabajos requeridos para la colocación de llaves de paso tipo compuerta de diámetro 4" en la tubería de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por unidad debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

15.- INOS-31106 Suministro y transporte de válvulas de compuerta, diámetro 6" (160mm), PN10.

Alcance: Comprende el suministro de materiales, equipos, herramientas y mano de obra necesaria para la ejecución de los trabajos requeridos para la colocación de llaves de paso tipo compuerta de diámetro 6" en la tubería de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por unidad debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

16.- INOS-31000 SUMINISTRO E INSTALACION DE BOCA LLAVE CON TAPA Y TUBO DE EXTENSIÓN DE LONGITUD 1m.

Alcance: Comprende el suministro de materiales, equipos, herramientas y mano de obra necesaria para la ejecución de los trabajos requeridos para la

instalación de Boca Llaves menores a 6 pulgadas en el sistema de Acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por unidad debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

17.- INOS-31006 Suministro e instalación de boca llave con tapa y tubo de extensión de longitud 1m 6 pulgadas.

Alcance: Comprende el suministro de materiales, equipos, herramientas y mano de obra necesaria para la ejecución de los trabajos requeridos para la instalación de Boca Llaves de 6 pulgadas en el sistema de Acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por unidad debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

18.- S/C Construcción de conexión domiciliaria de agua potable diámetro  $\frac{3}{4}$ " incluye: conexión corporation, meter yoke, tubería de pvc y accesorios, excluye medidor de agua.

Alcance: Comprende el suministro, transporte y colocación de materiales, equipos, herramientas y mano de obra necesaria para la ejecución de los trabajos requeridos para la construcción de la conexión domiciliaria de agua potable, desde la tubería de distribución matriz hasta la tanquilla de toma domiciliaria para cada parcela. Están incluidas en esta partida las tuberías de

PVC de 3/4" para conexión de viviendas Unifamiliares y comercios aislados.  
No se Incluye la válvula de bronce de tipo compuerta.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por unidad y se pagará por unidades de tomas domiciliarias debidamente instaladas a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

19.- S/C Suministro e instalación de medidores de flujo para uso domiciliario, de diámetro 3/4" (20mm).

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra necesaria para la correcta instalación de los medidores de 3/4" para toma domiciliaria.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por unidad y se pagará por unidades de medición de flujo debidamente instaladas a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

20.- INOS-32106 Suministro, transporte y colocación de tee pvc 160mm.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra, así como el transporte en el sitio de la obra para la correcta colocación de TEE pvc 160mm en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

21.- INOS-32100 Suministro, transporte y colocación de tee reducida 160\*110.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra, así como el transporte en el sitio de la obra para la correcta colocación de TEE reducida 160\*110 en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

22.- INOS-32103 Suministro, transporte y colocación de tee pvc 75mm.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra, así como el transporte en el sitio de la obra para la correcta colocación de TEE pvc 75mm en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

23.- INOS-32100 Suministro, transporte y colocación de tee reducida pvc 110\*75.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra, así como el transporte en el sitio de la obra para la correcta colocación de TEE pvc 110\*75 en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

24- INOS-32104 Suministro, transporte y colocación de tee pvc 110mm.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra, así como el transporte en el sitio de la obra para la correcta colocación de TEE pvc 110mm en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

25.- INOS-32100 Suministro, transporte y colocación de reducción pvc 160\*110.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra, así como el transporte en el sitio de la obra para la correcta colocación de reducción 160\*110 en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

26.- INOS-32100 Suministro, transporte y colocación de reducción pvc 110\*75.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra, así como el transporte en el sitio de la obra para la correcta colocación de reducción 110\*75 en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

27.- INOS-32103 Suministro, transporte y colocación de codo pvc 75mm 90°.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra, así como el transporte en el sitio de la obra para la correcta colocación de codo pvc 75mm 90° en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

28.- INOS-32103 Suministro, transporte y colocación de codo pvc 75mm 45°.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra, así como el transporte en el sitio de la obra para la correcta colocación de codo pvc 75mm 45° en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

29.- INOS-32104 Suministro, transporte y colocación de codo pvc 110mm 45°  
Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra, así como el transporte en el sitio de la obra para la correcta colocación de codo pvc 110mm 45° en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

30.- INOS-32103 Colocación de curva 11.25° pvc 75mm.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra necesaria para la colocación de la curva 11.25° PVC 75mm en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

31.- INOS-32104 Colocación de curva 11.25° pvc 110mm.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra necesaria para la colocación de la curva 11.25° PVC 110mm en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

32.- INOS-32106 Colocación de curva 11.25° pvc 160mm.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra necesaria para la colocación de la curva 11.25° PVC 160mm en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

33.- INOS-32106 Colocación de curva 22.50° pvc 160mm.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra necesaria para la colocación de la curva 22.50° PVC 160mm en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

34.- INOS-32104 Colocación de curva 22.50° pvc 110mm.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra necesaria para la colocación de la curva 22.50° PVC 110mm en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

35.- INOS-32103 Colocación de curva 22.50° pvc 75mm.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra necesaria para la colocación de la curva 22.50° PVC 75mm en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

36.- INOS-32104 Colocación de curve 33.75° pvc 110mm.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra necesaria para la colocación de la curva 33.75° PVC 110mm en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

37.- INOS-32103 Colocación de curva 33.75° pvc 75mm.

Alcance: Comprende el suministro de material, equipo y mano de obra necesaria para la colocación de la curva 33.75° PVC 75mm en la red de acueducto.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

38.- INOS-33016 Colocación de pieza especial para empotramiento de la red a la tubería principal acueducto Güiria 350mm.

Alcance: Comprende solamente el equipo y mano de obra necesaria para la colocación de pieza especial HF-PVC y empotramiento de la red de acueducto. No se incluye en esta partida la pieza.

Medición y Forma de Pago: Se medirá por pieza y se pagará por pieza debidamente instalada a plena satisfacción del Supervisor de la empresa contratante.

## CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- ✓ El sector la Tus-Tush, presenta un grave problema de desabastecimiento, debido en gran parte a las deficiencias que presenta el acueducto principal de Güiria, por lo que no tendrá un sistema de agua continuo, hasta tanto no se solvante el problema macro de abastecimiento en toda la ciudad.
- ✓ La propuesta de renovación urbana permite ser más exactos en cuanto al cálculo de dotaciones ya que no solo se calcula la dotación de la población futura, sino que también se toma en cuenta los usos específicos de las parcelas.
- ✓ El estudio de las normas venezolanas, permite calcular la red con criterios de diseño bien definidos, además de ser una guía útil en la confección del modelo, ya que dicta las pautas a seguir para obtener los mejores resultados.
- ✓ El sistema proyectado es un sistema a gravedad que se surtirá del acueducto de la ciudad de Güiria, en el punto de intersección entre la Troncal 09 y la Calle 5 de Julio. Dicho punto deberá proporcionar una presión de incorporación de 30 m.c.a. a fin de garantizar la eficiencia del servicio con presiones máximas y mínimas de 39,17 m.c.a y 25,04 m.c.a respectivamente.
- ✓ Los resultados de las simulaciones dieron dentro del rango de presiones recomendado por la norma sanitaria, sin embargo no sucedió lo mismo

con las velocidades, pues estas arrojaron valores bajos, pero considerando que el fluido es agua potable, no es de preocupar este parámetro.

- ✓ La red estará compuesta de tubería PVC, clase AB, de 3, 4 y 6 pulgadas de diámetro, arrojando un costo total de la obra de Bs. 1.665.152,96.

#### **4.2. Recomendaciones**

- ✓ Se debe realizar de manera inmediata, un proyecto de rehabilitación de todo el acueducto Güiria, que incluya la captación, la producción en planta y la distribución de manera de que el sistema de abastecimiento sea continuo.
- ✓ La salida de las unidades clarificadoras en la Planta Potabilizadora de Güiria, debe tener una ramificación a la red de distribución.
- ✓ Las casas de la renovación deberán tener tanques de almacenamiento con capacidad igual a su dotación diaria.
- ✓ Las viviendas multifamiliares deberán contar con un estanque subterráneo con capacidad igual a 2/3 de la dotación diaria con equipo de bombeo para suministrar agua a un tanque elevado de capacidad igual a 1/3 de la dotación para distribuir por gravedad.
- ✓ Se recomienda el uso del programa EPANET 2.0 en español, por ser un software libre, de fácil manejo y entendimiento, ya que está totalmente en

español, además de contar con un manual bien detallado en nuestro idioma.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] AROCHA, Simón (1.978). **“Abastecimiento de agua. Teoría y diseño”**. Primera Edición. Ediciones Vega s.r.l. Caracas, Venezuela.
- [2] GONZÁLEZ, Luís. (2.002) **“Metodología para Diseñar y Evaluar Redes de Distribución de Agua Potable (Acueductos)”**. Segunda Edición. Editorial UDO. Barcelona, Venezuela.
- [3] I.N.O.S. (1.976). **“Especificaciones de Construcción de Obras de Acueductos y Alcantarillados”**. Caracas, Venezuela.
- [4] I.N.O.S. (1.965). **“Normas para el Diseño de los Abastecimientos de Agua”**. Caracas, Venezuela.
- [5] M.S.A.S. (1.989). **“Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Ampliación, Reforma y Mantenimiento de las Instalaciones Sanitarias para Desarrollos Urbanísticos”**. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, N° 4.103 Extraordinario. Caracas, Venezuela.
- [6] M.S.A.S. (1.988). **“Normas Sanitarias para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones”**. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, N° 4.044 Extraordinario. Caracas, Venezuela

- [7] M.S.A.S. (1.983). **“Compendio de Normas y Modelos para Estudios de Campo y Diseño de Acueductos Rurales”**. Tercera Edición. Caracas, Venezuela.
- [8] RIVAS, Gustavo. (1.983). **“Abastecimientos de Aguas y Alcantarillados”**. Tercera Edición. Ediciones Vega s.r.l. Caracas, Venezuela.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	<b>"DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA CONSOLIDACIÓN URBANÍSTICA DEL SECTOR LA TUS-TUSH MUNICIPIO VALDEZ, ESTADO SUCRE, UTILIZANDO UN PROGRAMA DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA"</b>
<b>SUBTÍTULO</b>	

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CULAC / E MAIL</b>
García G; Alcides R.	CVLAC: 16.826.222 E MAIL: alcidesgarciaguerra@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:****Abastecimiento**\_\_\_\_\_**Agua potable**\_\_\_\_\_**Renovación urbana**\_\_\_\_\_**Epanet**\_\_\_\_\_**Diseño**\_\_\_\_\_**Presión**\_\_\_\_\_

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y ciencias aplicadas	Ingeniería Civil

**RESUMEN (ABSTRACT):**

En el presente proyecto se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable para el sector La Tus-Tush, el cual está ubicado en el Municipio Valdez del Estado Sucre. Este proyecto se basó en la propuesta de renovación urbana, realizada por fundado para ser desarrollada en el sector con área de 22 hectáreas aproximadamente. La dotación fue calculada usando la gaceta oficial N° 4.044, resultando un consumo medio de 12.45 l/s y un consumo máximo horario de 33,86 l/s, para los distintos usos que tendrán las parcelas, de acuerdo a dicha renovación urbana. Previamente para llevar a cabo este proyecto fue necesario realizar un levantamiento topográfico, para conocer el terreno, una vez obtenida la información de primera mano y teniendo el trazado vial de la propuesta urbana, se procedió a trazar la red, para luego calcularla después de haber definido el punto de abastecimiento, todo esto con el apoyo del programa EPANET 2.0 ESPAÑOL, el cual permite simular el sistema, hasta obtener el que cumpla con lo establecido en las Normas Sanitarias Venezolanas. A su vez se usaron otros programas de computación como el Autocad 2006 para la elaboración de los planos y el LULOWIN CONTROL DE OBRAS 98, para la realización del presupuesto de la obra.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:****CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS x	TU	JU
Mounir Bou Ghannam	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Luis Gonzales	ROL	CA	AS	TU	JU x
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Blas Pinto	ROL	CA	AS	TU	JU x
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

2009	10	23
AÑO	MES	DÍA

**LENGUAJE. SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Abastecimiento Tus-Tush.doc	Application/msword

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F G H  
 I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z . a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u  
 v w x y z . 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 .

ALCANCE

ESPACIAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

TEMPORAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero civil \_\_\_\_\_

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado \_\_\_\_\_

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de ingeniería civil \_\_\_\_\_

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente/Núcleo Anzoategui \_\_\_\_\_

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**DERECHOS**

**De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado "Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario"**

**Alcides García**

**AUTOR**

**AUTOR**

**AUTOR**

**Mounir Bou Ghannam**

**Luis Gonzales**

**Blas Pinto**

**TUTOR**

**JURADO**

**JURADO**

**Yasser Saab**

**POR LA SUBCOMISION DE TESIS**