

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



**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO PENÍNSULA DE
MACANAO, ESTADO NUEVA ESPARTA”**

**Realizado por:
Fabio Frederick Niño Brito**

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

Barcelona, Marzo de 2010

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



**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO PENÍNSULA DE
MACANAO, ESTADO NUEVA ESPARTA”**

ASESOR

REALIZADO POR:

Prof. Hilda Morales

Br. Fabio F, Niño B.

Barcelona, Marzo de 2010

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



**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO PENÍNSULA DE
MACANAO, ESTADO NUEVA ESPARTA”**

JURADO CALIFICADOR:

El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:

Prof. Hilda Morales
Asesor Académico

Prof. Ana Ghanem
Jurado Principal

Prof. María Ramirez
Jurado Principal

Barcelona, Marzo de 2010

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

DEDICATORIA

*A **dios** por darme vida y siempre mantenerme en el buen camino.*

*A mis padres; **Liliana** y **Fabio**, por todos los sacrificios que han hecho por mí, por su cariño, comprensión, guía y educación que me han brindado durante todos los años de mi vida.*

*A mis hermanas; **Fabiana** y **Farianny**, que aun siendo menores que yo siempre he aprendido muchas cosas de ellas, las quiero con todo mi corazón.*

*A mis tíos **Boris**, **wohlman** y **Fressia**, por siempre estar ahí para mí, con su apoyo incondicional, desde mi nacimiento.*

*A mi gran amiga **Lucy**, por siempre apoyarme en todo momento que necesite una amiga, durante todo este tiempo en la universidad.*

Fabio Frederick Niño Brito

AGRADECIMIENTOS

*Agradezco **A Dios** por darme salud, fuerza e inteligencia y permitirme la oportunidad de darle esta alegría a mi familia.*

*A mis padres **Fabio** y **Liliana** por siempre han dado todo lo que podían y hasta lo que no, para que yo lograra este sueño.*

*A mis hermanas **Fabiana** y **Farianny**, por su cariño, amor y siempre estar pendiente de mi*

*A **Lucy** por siempre apoyarme, y siempre estar para mí tanto en las buenas como las malas.*

*A la profesora **hilda** por su amistad y por su gran apoyo al momento de la elaboración de esta tesis.*

*A mis amigos y compañeros de la universidad, **chelo**, **Juan Ramón**, **Josmy**, **Ramón**, **Ingmer**, **Gabriel**, **Josbel** y muchos otros con quienes he compartido y vivido los mejores años de mi vida.*

Fabio Frederick Niño Brito

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable del Municipio Península de Macanao, Estado Nueva Esparta. Se elaboró un estudio demográfico de la zona en estudio con el objeto de estipular, por medio de varios métodos de proyección, el número de habitantes y la tendencia en el crecimiento de la población para un período de diseño de 21 años a fin de determinar las dotaciones y consumos de la comunidad para los años 2009 y 2030. En la evaluación del sistema se aplicó el software Watercad V8i como herramienta para modelar el funcionamiento del sistema para diferentes escenarios con condiciones estáticas y dinámicas; mediante simulaciones lo que permite tener una idea clara de

las causas de las fallas en el sistema de distribución, facilitando el planteamiento de cambios y modificaciones que pueden ensayarse para verificar su eficiencia, mejorando así el rendimiento del mismo. La información recabada presenta un suministro con grandes carencias; el análisis de la situación actual muestra un déficit en la capacidad de almacenamiento, bajas presiones y velocidades en nodos y tramos, por lo que se establecen propuestas para atender las condiciones actuales (2009) y futuras (2030), como sustituir tuberías de edades elevadas, materiales nocivos para la salud y diámetros insuficientes, instalar tuberías nuevas para incrementar el transporte de agua y aprovechar presiones entre tramos. El proyecto se dividió en seis capítulos y se presentan en secuencia lógica; como se describe a continuación: El capítulo uno, muestra las características generales de la zona en estudio, así como el planteamiento del problema y los objetivos. El capítulo dos, el marco teórico referente al tema. En el capítulo tres, se presentan los datos. En el capítulo cuatro se analizan los datos del sistema. En el capítulo cinco, se señala el comportamiento actual del sistema, se discuten los resultados así como se proponen soluciones a la problemática existente y en el capítulo seis se muestran las conclusiones y recomendaciones.

INDICE

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
INDICE	viii
INTRODUCCION.....	15
EL PROBLEMA.....	15
1.1 Ubicación Geográfica	15
1.2. Situación Astronómica	16
1.3. División Política Territorial	16

1.4. Superficie Total	16
1.5. Relieve	16
1.6. Hidrografia.....	17
1.7. Clima	17
1.8. Precipitación	17
1.9. Servicios Básicos.....	17
1.9.1. Asfaltado.....	17
1.9.2. Cloacas.....	17
1.9.3. Acueducto.....	18
1.9.4. Electricidad.....	18
1.9.5. Servicio de Telefonía Pública.....	18
1.10. Perfil Socioeconómico.....	19
1.11. Plan de Ordenamiento Urbano	19
1.12. Planteamiento del Problema	20
1.13. Objetivos.....	22
1.13.1. Objetivo General.....	22
1.13.2. Objetivos Específicos	22
CAPÍTULO II:.....	23
MARCO TEORICO	23
2.1. Introducción.....	23
2.2. Criterios Básicos para el Diseño.....	23
2.2.1. Consumo de Agua y Dotaciones	23
2.2.1.1. Tipos de Consumo	24
2.2.1.2. Factores que pueden afectar los consumos.....	26
2.2.1.3. Variaciones de Consumo	26
2.2.2. Población Futura.....	28
2.2.2.1. Métodos de Estimación de la Población Futura	29
2.2.3. Periodos de Diseño	32
2.2.3.1. Factores Determinantes del Periodo de Diseño.....	32

2.2.3.2. Periodos de Diseño para Diferentes Instalaciones de Abastecimiento de Agua	32
2.2.4. Clases de Tuberías	33
2.2.4.1. Clasificación de las Tuberías	33
2.3. Sistema de Abastecimiento de Agua Potable	35
2.3.1. Fuentes	36
2.3.2. Obras de Captación	36
2.3.3. Planta de Tratamiento	36
2.3.4. Obras de Aducción o Conducción	36
2.3.4.1. Líneas de Aducción por Gravedad	37
2.3.4.2. Líneas de Aducción por Bombeo	40
2.3.5. Estanque de Almacenamiento	45
2.3.5.1. Capacidad de los Estanques de Almacenamiento	46
2.3.5.2. Ubicación de los Estanques de Almacenamiento	49
2.3.5.3. Tipos de Estanques	50
2.3.6. Estaciones de Bombeo	50
2.3.6.1. Consideraciones para el Diseño de la Estación de Bombeo	51
2.3.7. Redes de Distribución	54
2.3.7.1 Partes de una Red Distribución	55
2.3.7.2 Clasificación de los Sistemas de Distribución Atendiendo a la Energía Disponible para el Transporte	56
CAPÍTULO III:	59
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	59
3.1. Generalidades de la Zona.	59
3.3. Operatividad del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable	60
3.3.1. Funcionamiento del Sistema Matriz.	60
3.3.2. Funcionamiento del Sistema Municipio Península de Macanao	62
CAPÍTULO IV:	64
ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	64

4.1. Estimación de la Población.....	64
4.1.1. Crecimiento Lineal	64
4.1.2. Crecimiento Geométrico.....	65
4.1.3. Crecimiento Logarítmico.....	67
4.1.4. Discusión de las Proyecciones de Población.....	68
4.2. Demanda de Agua Potable	69
4.2.1. Estimación de Consumos.....	70
4.2.1.1. Consumo Medio Diario (Q_m).....	70
4.2.1.2. Consumos Máximos (Q_{MD} y Q_{MH})	71
4.3. Software WaterCAD V8i.....	73
4.3.1 Área de Dibujo.....	75
4.3.2. Barra de Estado.....	75
4.3.3. Barra de Herramientas	76
4.3.4. Menús Desplegables	76
4.4. Evaluación y Análisis de la Tubería Principal.....	77
4.5. Evaluación y Análisis de los Tanques de Almacenamiento	78
4.5.1. Capacidad para Compensar Variaciones del Consumo	78
4.6. Simulación del Funcionamiento de la Red Existente	79
CAPÍTULO V:	81
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN	
PROPUESTA.....	81
5.1. Sistema Principal	81
5.1.1. Subsistema Boca de Río	84
5.1.2. Subsistema Guayacancito	85
5.1.3. Subsistema El Horcón	86
5.1.4. Subsistema El Manglillo.....	87
5.1.5. Subsistema Boca Chica	88
5.1.6. Subsistema Boca de Pozo	89
5.1.6. Subsistema Robledal.....	90

CAPÍTULO VI	92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
6.1. Conclusiones.....	92
6.2. Recomendaciones	93
BIBLIOGRAFÍA.....	95

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Servicios Públicos Parroquia Capital, Península de Macanao.	18
Tabla 1.2. Servicios Públicos Parroquia San Francisco, Península de Macanao.	19
Tabla 2.1 Consumos Mínimos Permisibles	27
Tabla 2.2 Coeficientes de Caudal para los Consumos de Máximo Diario y Horario [4].....	28
Tabla 2.3. Clasificación de Tuberías Según el Material [4]	34
Tabla 2.4. Clases de Tuberías en Función de la Presión según las Normas AWWA [4].....	35

Tabla 2.5. Clases de Tuberías en Función de la Presión según las Normas ISO [4].	35
Tabla 2.6 Relación Diámetro-Velocidad Económica[5]	42
Tabla 2.7. Gasto de Agua Requerido para Incendio	46
Tabla 3.1. Censos del Municipio Península de Macanao.	59
Tabla 3.2. Censos del Municipio Península de Macanao, por Localidades.	60
Tabla 3.3 Características de los Tanques de Almacenamiento del Municipio Península de Macanao.	63
Tabla 4.1. Población Según Método de Crecimiento Lineal	65
Tabla 4.2. Población Según Método de Crecimiento Geométrico.	66
Tabla 4.3. Población Según Método de Crecimiento Logarítmico.	68
Tabla 4.5. Población a Utilizar para la Evaluación del Sistema.	69
Tabla 4.6. Resultados de los Consumos Medio, Máximo Diario y Máximo Horario Poblaciones del Municipio Península de Macanao para el año 2009.	72
Tabla 4.7. Resultados de los Consumos Medio, Máximo Diario y Máximo Horario Poblaciones del Municipio Península de Macanao para el año 2030.	72
Tabla 4.8 Volumen de Almacenamiento Requerido por las Poblaciones (2009)	78
Tabla 5.1 Tuberías a Cambiar.	81
Tabla 5.2. Resultado de Presiones en Nodos de Demanda para las 8:00 am	83
Tabla 5.3. Estudio de Alternativas Boca de Rio	84
Tabla 5.4. Estudio de Alternativas Guayacancito.	85
Tabla 5.5. Estudio de Alternativas El Horcón.	87
Tabla 5.6. Estudio de Alternativas El Manglillo.	88
Tabla 5.7. Estudio de Alternativas Boca de Pozo.	89
Tabla 5.8. Estudio de Alternativas Robledal.	90

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Ubicación Geográfica

La zona de estudio está situada al occidente de la isla de Margarita, limita por el norte, sur y oeste con el Mar Caribe, por el este con el Municipio Tubores.

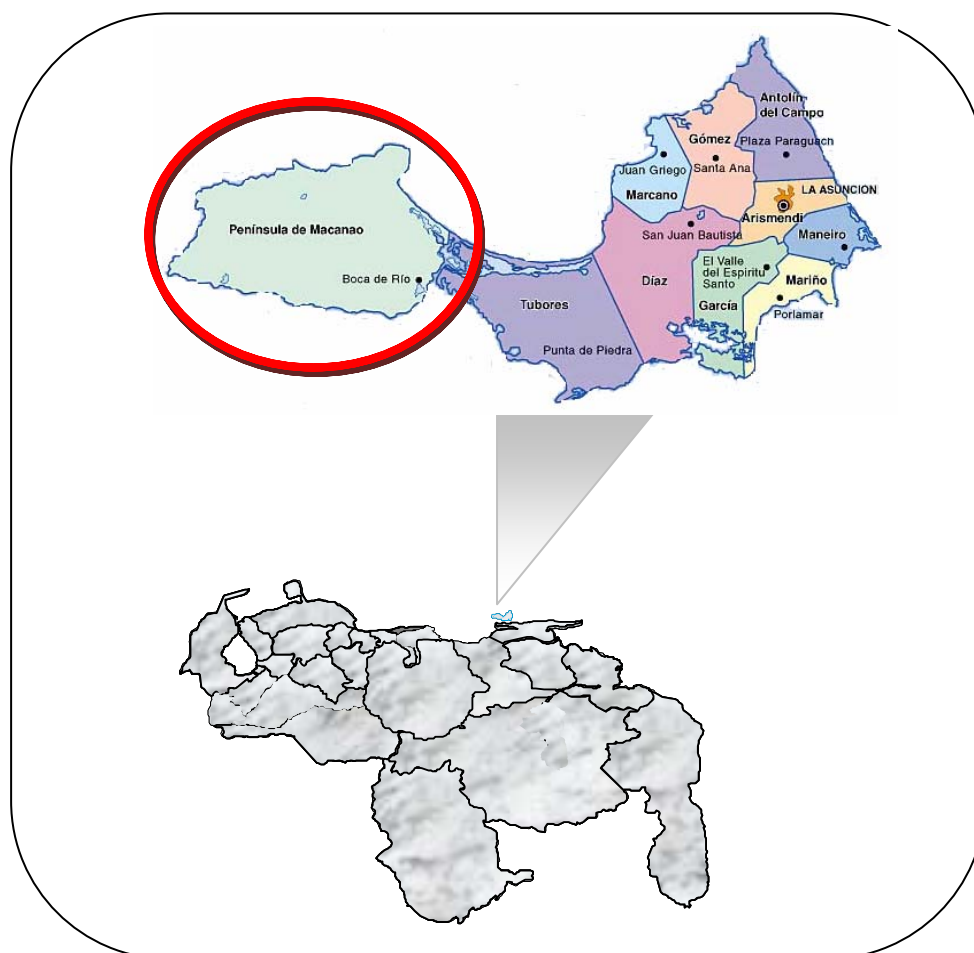


Figura 1.1 Ubicación Geográfica del Municipio Península de Macanao

1.2. Situación Astronómica

Esta situado entre los paralelos 10°56' y 11°05' de latitud norte y los meridianos 64°10' y 64°24'32" de longitud oeste.

1.3. División Política Territorial

En este municipio se presenta 2 parroquias, la primera capital del municipio, Parroquia Península de Macanao, y la Parroquia San Francisco.

1.4. Superficie Total

Oficialmente al Municipio Península de Macanao se le asigna 330,7 Km² de superficie el cual representa el 28,76% del total de superficie del estado, siendo el municipio con mayor área.

1.5. Relieve

La unida morfológica de Macanao está caracterizada por 2 condiciones dependiendo su ubicación una es a los extremos del territorio en la cual posee zonas en su totalidad llanas de poca altura y otra al centro del municipio constituida por una fila de cerros, las principales elevaciones de esta serranía de este a oeste, son el Castillo 330mts, Piedra Lisa 500mts, Los Cedros 745mts, Guarataro 660mts, Risco Blanco 680mts, Macanao 750mts y Soledad 540mts, presenta además e montañas, paisajes costeros medios colinosos y el valle San Francisco de Macanao .

1.6. Hidrografía

Sus ríos y quebradas nacen en la serranía central y vierte sus aguas al mar o en la laguna de la restinga, solo tienen vida en época de lluvia y desaguan muy rápidamente debido a la insolación, evaporación y transpiración.

1.7. Clima

En el municipio de Macanao se observa 3 tipos, clima árido, clima árido templado y clima semiárido con una temperatura media de 28°C.

1.8. Precipitación

El índice de precipitación del Municipio Península de Macanao es de 552 mm.

1.9. Servicios Básicos

Este se refiere a las condiciones y calidad de los servicios básicos que se prestan en el Municipio Península de Macanao.

1.9.1. Asfaltado

El municipio cuenta aproximadamente de un 70% de su superficie asfaltada, siendo las poblaciones más alejadas y de menor cantidad de población las desatendidas en este sentido.

1.9.2. Cloacas

Solo el 40% de la población cuenta con el servicio de recolección de aguas

negras.

1.9.3. Acueducto

Las población de mayor población como son Boca de Rio, Guayacancito, El Horcón, El Manglillo, Boca Chica, Boca de Pozo y Robledal son las únicas que poseen el servicio de aguas blancas por medio de acueductos, las demás poblaciones se encuentran desabastecidos de este servicio. Revisar Tabla 1.1 y Tabla 1.2

1.9.4. Electricidad

Todas las poblaciones que conforman el Municipio Península de Macanao cuentan con un 100% del funcionamiento del servicio eléctrico.

1.9.5. Servicio de Telefonía Pública

Solo las poblaciones de Boca de Rio, Boca de Pozo y Robledal cuentan con el servicio público de teléfono.

A continuación se presenta la tabla 1.1 y la tabla 1.2 donde se muestra el porcentaje de la población que cuenta con servicios básicos,

Tabla 1.1. Servicios Públicos Parroquia Capital, Península de Macanao.

Sector Poblado	Acueducto	Cloacas	Asfaltado	Teléfono
Boca De Rio	100%	90%	100%	100%
Guayacancito	100%	60%	100%	X

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

Tabla 1.2. Servicios Públicos Parroquia San Francisco, Península de Macanao.

Sector Poblado	Acueducto	Cloacas	Asfaltado	Teléfono
El Manglillo	100%	X	75%	X
Boca De Pozo	100%	90%	75%	100%
San Francisco	X	X	65%	X
Boca Chica	100%	X	solo vía principal	X
El Horcón	100%	60%	50%	X
Punta Arenas	X	X	X	X

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

1.10. Perfil Socioeconómico

La población de la península de Macanao en su mayoría se dedica a labores de pesca de altura y de media altura o costera, otra parte a la comercialización de artículos de primera necesidad, a actividades turísticas recreacionales, y una pequeña cantidad a labores industriales en el área de la minería.

1.11. Plan de Ordenamiento Urbano

El municipio península de Macanao carece de un plan de ordenamiento urbano, con lo que se cuenta en este momento es de un plan de ordenamiento del territorio, dictado el 25 de mayo de 1997, por el doctor Rafael Tovar, gobernador del Estado Nueva Esparta mediante decreto № 438, en el que se distribuye el espacio del estado Nueva Esparta en 8 usos: agrícola, aéreas bajo régimen de administración especial, industrial, minero, pesquero, rural, turístico recreacional y urbano.

En este plan de ordenamiento territorial todo el Municipio de la Península de Macanao aparece como uso rural por las limitaciones existentes para la dotación de infraestructura y servicios básicos, según los planificadores del desarrollo estatal, en el Municipio solo se permiten actividades pesqueras, mineras con la extracción de arenas silicias y arcilla, actividades turísticas de circuito, deportivas y educacionales, así como también actividades de investigación científica, servicios públicos y defensa nacional.

1.12. Planteamiento del Problema

El Municipio Península de Macanao recibe agua mediante un sistema de acueducto construidos con tuberías de asbesto-cemento, con una longitud aproximada de 47,842Km., con derivaciones de diámetros comprendidos entre (300-100) mm, suministrando agua a poblaciones como Boca de Rio, Guayacancito, El Horcón, El Manglillo, Boca Chica, Boca de Pozo y Robledal.

En la actualidad este sub-sistema presenta varios problemas, carece de la conducción mínima necesaria para la población a la que sirve, la tubería principal presenta rupturas debido a los constantes intentos de los operadores del acueducto por aumentar los envíos del vital liquido, ya que por estar construida de asbesto-cemento y haber cumplido con su periodo de vida útil, no soporta presiones mayores de 40m.c.a., y por ultimo al razonamiento de agua que los operadores del sistema han tenido que optar para permitir el servicio a las zonas más alegadas del municipio, todas esto ha ocasionado grandes problemas de salud y han reducido la calidad de vida de sus habitantes.

Para solventar la situación descrita anteriormente, se propone mediante este estudio evaluar el sistema existente y desarrollar la solución más acorde para normalizar el funcionamiento de este sistema, haciendo uso de un software de computación, que mediante datos de campo y estudios realizados en la zona, sobre la

operatividad, ubicación y cota de los estanques de almacenamiento, estaciones de bombeo, tuberías y demás accesorios, simulara capacidad hidráulica durante un tiempo de periodo extendido de 24 horas acercándose a un sistema de flujo continuo, arrojando que partes del sistema de abastecimiento están fallando, este proyecto se inscribe dentro de los lineamientos estratégicos de gestión de ejecutivo nacional y de la alcaldía Municipio Península de Macanao orientadas a mejorar el abastecimiento de agua potable y saneamiento ambiental para de esta forma disminuir las enfermedades hídricas, y aumentar la calidad de vida de sus habitantes.

1.13. Objetivos

1.13.1. Objetivo General

Evaluar el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del Municipio Península de Macanao, Estado Nueva Esparta.

1.13.2. Objetivos Específicos

- Recopilar la información existente sobre el sistema de abastecimiento de agua potable.
- Estimar la población actual y futura del municipio utilizando métodos estadísticos.
- Evaluar el comportamiento hidráulico de sistema aplicando un programa de computación.
- Identificar los componentes del sistema que no satisfagan la demanda futura de acuerdo con el periodo de diseño.
- Proponer una solución para el buen funcionamiento del sistema.
- Elaborar los planos y detalles de los nodos.
- Realizar los cálculos métricos, análisis de precios unitarios y presupuesto.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Introducción

El agua es el principal elemento para la vida de todos los seres de este planeta desde las pequeñas bacterias hasta los más grandes mamíferos, los sistemas de abastecimiento de agua ocupa prioridad en la formación de una población, motivado a esto las leyes de la mayoría de los paises tienen normas que se deben seguir a cabalidad, ya que este determinara la realización de las actividades económicas, el mantenimiento de la salud pública y hasta en la estética que presenta la población.

2.2. Criterios Básicos para el Diseño

Al momento de diseñar o evaluar cualquier sistema de abastecimiento de agua potable se debe tomar en consideración ciertos criterios que permitirán desarrollar un proyecto de la manera más eficaz, obteniendo como resultado la completa cobertura de las necesidades de la población, sin dejar de lado la parte económica del proyecto

2.2.1. Consumo de Agua y Dotaciones

El agua utilizada por un grupo cualquiera, radicado en un lugar, constituye el consumo de agua. Este consumo estará en proporción directa al número de habitantes, al mayor o menor desarrollo de sus actividades comerciales o industriales y a su menor o mayor modos vivendi. [1].

2.2.1.1. Tipos de Consumo

Los consumos varían dependiendo de la utilidad que la población le da al agua, y en las condiciones en que se encuentre el sistema, en un diseño de abastecimiento de agua hay que tener esto muy en cuenta para asignar la cantidad de agua necesaria a una determinada zona y de esa manera no tener pérdidas injustificadas; esto consumo se pueden agrupar de la manera siguiente:

A. Consumo Domestico

Constituido por el consumo familiar de agua de bebida, lavado de ropa, baño y aseo personal, lavado de ropa, cocina limpieza, riego de jardín, etc. [2]. Naturalmente que este consumo varia en relación al medio de vida de los habitantes, su grado de instrucción sanitaria y de las condiciones mínimas del suministro como presión y caudales. [1].

B. Consumo de Institución Pública o Particulares

Constituido por el consumo requerido por centros asistenciales, clínicas odontológicas, planteles educacionales (públicas o privadas), cuarteles, iglesias, oficinas públicas, para su correcto funcionamiento.

C. Consumo Comercial o Industrial

Puede ser un gasto significativo en caso donde las áreas a desarrollar tengan una vinculación industrial o comercial; cuando el comercio o industria constituye una situación normal, tales como pequeños comercios o industrias, hoteles, estaciones de gasolina, etc., pueden ser incluidos y estimado dentro de los consumos per cápita adoptados, y diseñar en base a esos parámetros.

D. Consumo Público

Está constituido por el agua destinada a riego de zonas verdes, parques y jardines públicos así como la limpieza de las calles [2].

E. Consumo por Perdida en la Red

Es motivado por juntas en mal estado, válvulas y conexiones defectuosas y pueden llegar a representar de 10 a un 15 % del consumo total.

F. Consumo Por Incendio

En los sistemas de abastecimiento de agua debe preverse una demanda para combatir incendios y que será por medio de agua proveniente del sistema y para su cálculo se supone una duración de 4 horas.

Las normas INOS “Normas para el proyecto y especificaciones de materiales para los sistemas de abastecimiento de agua de urbanizaciones” contemplan:

10 lts/seg para zonas residencial unifamiliar de viviendas aisladas.

16 lts/seg para zonas residencial, comercial o mixto con 120% de área de construcción aislada o construcciones unifamiliares continuas.

32 lts/seg para zona industrial, de comercio, vivienda con áreas de construcción mayores de 120% y áreas de reunión pública como iglesias, cines, teatros, etc.

No se exigirá dotación de incendios en parcelamiento con un promedio igual a 4 lotes por Ha, o menor, destinado a viviendas unifamiliares aisladas.

Debe señalarse que en el diseño de los sistemas de abastecimiento en el medio

rural no contempla, en general, esta situación, puesto que en muchos de los casos este gasto de incendio resulta igual o mayor al consumo medio de la población aumentando los costo de construcción y operación. [2].

2.2.1.2. Factores que pueden afectar los consumos

Los consumos presentan variaciones muy apreciables para diferentes localidades, y existen factores que influyen notoriamente en ellos, entre los cuales pueden citarse; tamaño de la ciudad, extensión y densidad de la población y construcción, condiciones de servicio, si el agua es o no medida, condiciones climatológicas [1].

2.2.1.3. Variaciones de Consumo

Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias.

A. Consumo medio (Q_m)

Que es el consumo promedio de los consumos diarios durante un año de registro, expresados en Lts/seg.

El cual puede ser obtenido;

Como la sumatoria de las dotaciones asignadas a cada parcela en atención su zonificación, de acuerdo al plano regulador de la ciudad.

Como resultado de una determinación del consumo per cápita para una población de diseño.

$$Q_m = (Dotación \times Población) / 86400 \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

Qmd: Consumo expresado en Lts/seg.

Dotación: Consumo de agua asignada por persona.

A continuación se presenta tabla 2.1 donde se muestran los consumos mínimos permisibles de acuerdo a la Norma INOS.

Tabla 2.1 Consumos Mínimos Permisibles

Población	Servicio con medidores Lts/pers/seg	Servicio sin medidores Lts/pers/seg
Hasta 20000 habitantes	200	400
De 20 a 50000 habitantes	250	500
50000 habitantes	300	600

Fuente: Normas INOS - 1.965. [5].

Como promedio de los consumos diarios registrados en una localidad durante un año de mediciones consecutivas.

B. Consumo Máximo Diario (Qmd)

Que es el consumo máximo de una serie de registros observados los 365 días de un año.

C. Consumo Máximo Horario (Qmh)

Que es el consumo máximo de una serie de registros observados las 24 horas del día de máximo consumo.

Si no se posee registros de los consumos en la zona de estudio se puede hacer uso de las siguientes formulas;

$$Q_{md} = (Qm \times k1) \quad (\text{Ec. 2.2})$$

$$Q_{mh} = (Qm \times k2) \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

K_1 : Coeficiente de caudal del consumo máximo horario.

K_2 : Coeficiente de caudal del consumo máximo diario.

Tabla 2.2 Coeficientes de Caudal para los Consumos de Máximo Diario y Horario [4].

Arocha(1997)	Rivas(1983)	INOS(1965)	MSAS(1989)
$K_1 = (1,2 - 1,6)$	$K_1 = 1,25$	$K_1 = 1,20$	$K_1 = 1,25$
$K_2 = (2 - 3)$	$K_2 = 2,75 - 0,0075 X$ (1000hab < Pob < 100.000hab) X= población en miles de hab. $K_2 = 2$ (Pob \geq 100.000hab) $K_2 = 2,75$ (Pob \leq 1000hab)		$K_2 = 2,5$

2.2.2. Población Futura

Es absolutamente necesario determinar la demanda futuras de una población para poder determinar en el diseño las exigencias futuras de las fuentes de abastecimiento, de las líneas de aducción, para prever la extensión del servicio, dando

capacidad a las líneas matrices de la distribución. [1].

2.2.2.1. Métodos de Estimación de la Población Futura

La determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñarse o evaluar el acueducto es un parámetro básico en el cálculo del caudal de diseño para la comunidad. [3].

A. Método de Comparación Grafica

Consiste en hacer una comparación de manera grafica de la población de estudio y de otras 3 poblaciones del país con características similares.

B. Método del Crecimiento Lineal

Esencialmente consiste en agregar a la población actual del último censo un número fijo de habitantes para cada periodo en el futuro [1], es decir se supone que la población es constante e independiente del tamaño de esta, de esta forma el crecimiento es lineal. [4].

$$P_f = P_{UC} + Ka \cdot (T_f - T_{UC}) \quad (\text{Ec. 2.4})$$

$$Ka = \frac{P_{UC} - P_{CI}}{T_{UC} - T_{CI}} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde:

Ka: Pendiente de la población.

Puc: Población del último censo.

Tuc: Año del último censo.

Pf: Población futura.

Tf: Año de estimación de la población futura.

C. Método de Crecimiento Logarítmico

En este método se considera que el crecimiento de la población es exponencial, expresándose de la siguiente

$$\boxed{\ln(P_f) = \ln(P_{Cl}) + Kg \cdot (T_f - T_{Cl})} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

$$\boxed{Kg = \frac{\ln(P_{UC}) - \ln(P_{Cl})}{T_{UC} - T_{Cl}}} \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Donde:

Kg: constante de crecimiento exponencial.

Puc: Población del último censo.

Tuc: Año del último censo.

Pf: Población futura.

Tf: Año de estimación de la población futura.

D. Método de Crecimiento Geométrico

En este método se considera que el aumento de la población es proporcional al tamaño de esta; en este caso el patrón de crecimiento es el mismo que el interés compuesto.

$$P_f = P_{UC} \cdot (1+r)^{(T_f - T_{UC})} \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Despejando,

$$r = \left(\frac{P_{UC}}{P_{Cl}} \right)^{\frac{1}{T_f - T_{UC}}} - 1 \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Donde:

r: Tasa de crecimiento anual.

Puc: Población del último censo.

Tuc: Año del último censo.

Pf: Población futura.

Tf: Año de estimación de la población futura.

D. 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.

Línea recta (regresión lineal)	$y = a + bx$
Curva exponencial ($a > 0$)	$y = a \cdot e^{bx}$
Curva logarítmica	$y = a + b \ln x$
Curva potencial ($a > 0$)	$y = ax^b$

Donde,

y: Corresponde a la población.

x: Corresponde al tiempo en años.

2.2.3. Periodos de Diseño

Un sistema de abastecimiento de agua se proyecta de modo de atender las necesidades de una comunidad durante un determinado periodo.

2.2.3.1. Factores Determinantes del Periodo de Diseño

- Durabilidad o vida útil de las instalaciones.
- Factibilidad de construcción y posibilidades de ampliación o sustitución.
- Tendencias de crecimiento de la población.
- Posibilidad de financiamiento y tasas de interés.

2.2.3.2. Periodos de Diseño para Diferentes Instalaciones de Abastecimiento de Agua

La norma para el diseño de abastecimiento de agua INOS [5], recomienda;

- Estaciones de bombeo para 10 o 15 años de vida y con capacidad para los posibles incrementos de la población futura.
- Pozos 15 años de vida útil.
- Plantas de tratamiento de 20 a 30 años (sin considerar sus posibles extensiones por duplicación).
- Diques, embalses de 40 a 50 años.
- Líneas de tuberías de $\Phi \leq 12''$ de 20 a 25 años si la magnitud de la obra lo justifica, estos periodos pueden ser mayores.
- Tubería de servicio local para captar su pleno desarrollo en densidad (generalmente 20 años).
- Líneas de aducción grandes vida útil mayor de 40 años.
- Estanque de concreto de 30 a 40 años.

- Estanques metálicos de 20 a 30 años.
- Redes de distribución estos deben diseñarse para el completo desarrollo del área, generalmente se estima periodos de diseño de 20 años, pero cuando la magnitud lo amerita puede ser de 30 a 40 años o más.

2.2.4. Clases de Tuberías

Los elementos principales en un sistema de abastecimiento son las tuberías, por ello la selección del material a emplear debe hacerse atendiendo diversos factores que permiten lograr el mejor diseño.

2.2.4.1. Clasificación de las Tuberías

En los proyectos de acueducto intervienen las tuberías como elementos principales del sistema, por lo que en la decisión, de cual tubería utilizar se debe considerar los 2 puntos siguiente:

A. De Acuerdo al Material Empleado en su Fabricación

Dependiendo del material con que fue construida una tubería se presenta ventajas y desventajas al momento de su colocación, utilización y durabilidad, además que los gastos en una tubería varían en función del coeficiente de rugosidad, que es la resistencia que las paredes de la tubería ejerce sobre el paso del agua, en la siguiente tabla se muestran diversas clases de tuberías, con sus ventajas desventajas y coeficiente de rugosidad correspondiente. A continuación se presenta la tabla 2.3 en la que se clasifica las tuberías según su material.

Tabla 2.3. Clasificación de Tuberías Según el Material [4]

MATERIAL DE LA TUBERIA	CARACTERISTICAS	DESVENTAJAS	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
HIERRO FUNDIDO H.F	Durabilidad cuando son enterradas, presentan cierta resistencia a la corrosión.	Su condición de durabilidad solo se logra cuando están enterradas, cuando no son muy frágiles.	100
HIERRO FUNDIDO DUCTIL H.F.D	Posee todas las características del h.f pero con mayor resistencia, pueden ser colocadas tanto superficiales como enterradas.	Hay que protegerla de los agentes corrosivos.	120
CONCRETO	Son muy resistentes a cargas internas y externas.	Son muy pesadas y frágiles, solo pueden ser utilizadas enterradas en zanjas.	90-130
HIERRO GALVANIZADO	Presenta una resistencia a los impactos mayor que cualquier otro material.	No es recomendable enterrarla ya que es muy débil a la agresión de suelos ácidos.	110
ASBESTO-CEMENTO	No es víctima de la corrosión o la oxidación ya que esta hecho de un material inerte.	Es una tubería más frágil que el h.f.	130
POLICLORURO DE VINILO P.V.C	Son de fácil transporte y colocación, es inerte a la corrosión.	Son las de mayor costo.	140
ACERO	Es más barato y fácil de transportar que el h.f y el h.f.d.	Debe ser protegido con anticorrosivos.	140

Según las normas venezolanas las tuberías de asbesto-cemento no pueden ser utilizadas en sistemas de abastecimiento de agua potable.

B. De Acuerdo a las Presiones Internas de Trabajo

Siendo la tubería un elemento sujeto a soportar presiones internas (presión hidrostática e hidrodinámicas), resulta conveniente conocer y clasificar las distintas clases de tuberías en función de esa presión de trabajo que tiene que soportar para su

correcto funcionamiento.

Las siguientes tablas presentan las diferentes clases de tubería en función de las presiones que estas pueden soportar de acuerdo a diferentes normas de construcción.

Tabla 2.4. Clases de Tuberías en Función de la Presión según las Normas AWWA [4].

Clase	Presión de trabajo en Lbs/pulg².	Equivalencia en metros de columna de agua
100	100	70
150	150	105
200	200	140
250	250	175
300	300	210
350	350	245

Tabla 2.5. Clases de Tuberías en Función de la Presión según las Normas ISO [4].

Clase Kg/cm	Metros de agua	Presión en Lbs/pulg²	Atmósfera
5	50	71.1	5
10	100	143.0	10
15	150	214.5	15
20	200	286.0	20
25	250	357.5	25

2.3. Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

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

2.3.1. Fuentes

Deben ser básicamente permanentes y suficientes, pudiendo ser superficiales como ríos, lagos, embalses o incluso agua de lluvia y/o subterráneas como pozos o galerías de infiltración, la elección del tipo de abastecimiento depende de factores tales como localización, calidad y cantidad [1]. La fuente deberá aportar al sistema de distribución de la población entre el 125 y 160 % del consumo diario durante la vida útil de la obra.

2.3.2. Obras de Captación

La clase de estructura utilizada para la captación de agua depende en primer lugar del tipo de fuente de abastecimiento utilizado, en general, en los casos de captación de agua superficial se habla de bocatomas, mientras que la captación de aguas subterráneas se hace por medio de pozos [3]. Estas tomas deben aportar entre el 125 y 160 del consumo medio diario de la población durante de su vida útil. [5].

2.3.3. Planta de Tratamiento

En la actualidad, ningún agua en su estado natural es apta para el consumo humano; además, siempre se requerirá de un tratamiento mínimo de cloración, con el fin de prevenir la contaminación con organismos patógenos durante la conducción de agua. [3].

2.3.4. Obras de Aducción o Conducción

Las líneas de aducción son canales, tuberías o túneles usados para transportar agua entre el sitio de la toma y el lugar de consumo satisfaciendo las condiciones de servicio para el día de máximo consumo. [1].

2.3.4.1. Líneas de Aducción por Gravedad

Partiendo de la base de que todo diseño debe estar sustentado sobre criterios técnicos y económicos, una línea de aducción por gravedad debe aprovechar al máximo la energía disponible para conducir el gasto deseado, lo cual en la mayoría de los casos nos llevara a un diámetro que satisfaciendo razones técnicas (capacidad) permita presiones iguales o menores que la resistencia física que los materiales soportaría.

A. Criterios para el Diseño

En el diseño de una línea de aducción por gravedad se debe considerar las siguientes pautas para de esta manera obtener los mejores resultados posibles;

Carga Disponible o Diferencia de Elevación

Generalmente la carga disponible viene representada por la diferencia de elevación entre la obra de captación y el estanque de almacenamiento (nivel máximo de aguas en el estanque), sin embargo en ocasiones puede presentarse puntos intermedios, que no satisfarían el flujo por gravedad para un diseño adoptado bajo esa consideración, por lo cual esta verificación debe hacerse.

Gasto de Diseño

Se estima el gasto medio futuro de la población para el diseño seleccionado, y se toma el factor K_1 del día de máximo consumo, siendo el gasto medio de diseño el correspondiente al Q_m .

Clase de Tubería Capaz de Soportar las Presiones Hidrostáticas

La tubería a seleccionar estará definida por las máximas presiones ocurridas en la línea, la cual está representada por la línea de carga estática, esto está muy relacionado con los diámetros, influyendo directamente en los costos, por lo cual se procurará utilizar la clase de tubería ajustada a los rangos de servicio que las condiciones hidrostáticas le impongan.

Clase de Tubería en Función del Sitio de Construcción

Como se menciona en el apartado 2.2.5.1.A existen una gran variedad de tuberías dependiendo de la naturaleza del terreno, la topografía del mismo, la fragilidad, grado de corrosividad, rugosidad de la tubería, las presiones internas o externas que deberá soportar, entre otras, todos estos aspectos son importantes al momento de la selección de la tubería.

Diámetros

Ya sea en la longitud total o parcial de la tubería, la selección de los diámetros más convenientes resultará para aquella combinación que aproveche al máximo la carga disponible, lo cual se logrará haciendo las pérdidas iguales a las diferencias de nivel.

B. Estructuras Complementarias

Algunas estructuras a considerar para permitir el correcto funcionamiento del sistema de aducción por gravedad son las siguientes

Ventosas o Válvulas de Expulsión de Aire

Las líneas de aducción por gravedad tienen la tendencia de acumular aire, cuando se tiene presiones altas, el aire tiende a disolverse y continúa en la tubería hasta que es expulsado, pero en los puntos altos, de relativa presión, el aire no se disuelve creando bolsas que reducen el área neta de la tubería, para evitar este fenómeno debe utilizarse válvulas automáticas, ubicadas en esos puntos altos permitiendo la expulsión de ese aire atrapado y la circulación del gasto deseado.

Purgas o Válvulas de Limpieza

Cuando la topografía es algo accidentada, existirá la tendencia a la acumulación de sedimentos en los puntos más bajo de la línea de aducción, por lo cual resulta conveniente colocar dispositivos que permitan periódicamente la limpieza de las tuberías.

Tanquilla Rompecarga

La carga estática originada por el desnivel entre el sitio de la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de aducción puede originar presiones mayores a la que soportaría una determinada clase de tubería, para evitar esto se colocan tranquillas rompecarga que disipan esta energía en altura de velocidad.

Válvulas Reductoras de Presión

Esta válvula automática de alivio produce en su interior una pérdida constante, cualquiera que sean las presiones de entrada y el gasto.

Válvula Reguladora de Presión

Estas válvulas se usan para mantener una presión constante en la descarga, aunque en la entrada varié el flujo o la presión, estas válvulas son más útiles, en redes de distribución que en líneas de aducción.

2.3.4.2. Líneas de Aducción por Bombeo

La existencia de fuentes de abastecimiento de agua a elevaciones inferiores a los sitios de consumo, obliga a estudiar alternativas de bombeo que mediante análisis económico permitirá obtener la mejor solución.

A. Criterios para el Diseño

Económicamente el mejor diseño para una aducción es la que se realiza por medio de la gravedad, pero en ciertas ocasiones se debe considerar la aducción por bombeo, siempre teniendo en cuenta los siguientes criterios:

Selección del Diámetro

De acuerdo al crecimiento poblacional y al desarrollo urbanístico de la zona, durante el periodo de diseño se producirán aumentos graduales en los consumos de agua. Esto significa que para un diámetro determinado, las pérdidas de carga aumentaran de acuerdo al aumento del gasto y consecuentemente se incrementaran los costos de operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo,

En primer lugar el autor recomienda el predimensionado del diámetro a utilizar mediante la fórmula de Bresse:

Para N = 24 horas

$$D = \left(k 4 \times Q^{1/2} \right)$$

(Ec. 2.10)

Para $N < 24$ horas
$$D = (1.3 \times \lambda^{1/2} \times Q^{1/2})$$
 (Ec. 2.11)

$$\lambda = (N / 24)$$
 (Ec. 2.12)

Donde:

N: Numero de horas de bombeo por día.

D: Diámetro en metros.

K_4 : 0.7 – 1.6.

Q: gasto en m^3/s .

Determinado un diámetro por la ecuación Bresse se escogen 3 o 4 diámetros en torno a ese valor, se hallan las pérdidas de altura de cada diámetro y se grafican esos resultados, escogiéndose la que mejor genere resultados.

Este tipo de formulas a no tomar en cuenta los costo de operación, dan valores de diámetros relativamente altos, que conducen el liquido bombeado a velocidades menores a 1 m/s.

En 1948, Vibert desarrollo una fórmula que toma en cuenta los factores que no tomo Bresse; la formula expresa lo siguiente:

$$D = 1.547 \times (n \times e / f)^{0.154} \times Q^{0.46}$$
 (Ec. 2.13)

Donde,

D: Diámetro.

n: Numero de horas de bombeo.

e: Precio del Kw-hora de energía utilizada.

f: Precio del kilogramo de tubería.

Q: Caudal en m³/s.

Esta fórmula admite velocidades entre 1 a 1.2 m/s

Una vez obtenido las pérdidas de carga se puede calcular la potencia requerida para cada caso mediante la expresión siguiente:

$$HP = \frac{Q \times H \times \zeta}{76 \times \varepsilon} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

Donde,

HP: potencia en HP.

Q: Gasto en Lts/seg.

H: Altura dinámica en m.

ε : Eficiencia.

ζ : Densidad del liquido.

Se estiman los costos iniciales para las tuberías y para los equipos de bombeo y el costo de operación y mantenimiento de los equipos y amortización de capital, para cada caso se construye las curvas, correspondientes

Estos análisis han llevado a establecer criterios de diseño, considerando una velocidad económica, por lo cual el INOS suministra la siguiente tabla;

Tabla 2.6 Relación Diámetro-Velocidad Económica[5]

Diámetro		Velocidad máxima m/seg	Qmax Lts/seg
mm	pulgadas		
250	10	1	49.09
300	12	1.1	77.75

Tabla 2.6 Relación Diámetro-Velocidad Económica[5].Continuación

Diámetro		Velocidad máxima m/seg	Qmax Lts/seg
mm	pulgadas		
400	16	1.25	157.1
450	18	1.3	206.78
500	20	1.4	274.9
600	24	1.6	452.39
750	30	1.6	729.6

Gasto de Diseño

El gasto de una línea de aducción por bombeo será el correspondiente al consumo máximo diario, para el periodo de diseño Q_{md} , tomando en cuenta que en este tipo de aducción esta la presencia de una bomba que aumenta la energía en la línea, se debe considerar el numero de hora de bombeo, el cual se introduce en la siguiente formula;

$$Q_b = \frac{Q_m \times K_1 \times 24}{N} \quad (\text{Ec. 2.15})$$

Donde,

Q_b : Gasto de bombeo;

N : Numero de horas de bombeo

Se puede prescindir del factor K_1 , absorbiendo el día de máximo consumo con un aumento en el tiempo de bombeo quedando de la siguiente forma;

$$Q_b = \frac{Q_m \times 24}{N} \quad (\text{Ec. 2.17})$$

Golpe de Ariete

Este fenómeno aparece en una línea de aducción por bombeo cuando se interrumpe súbitamente la energía que propulsa la columna de agua, este efecto genera una presión interna a lo largo de la tubería, la cual es recibida en su interior y en el de las demás instalaciones, como un golpe.

A fin de disminuir la presión del golpe de ariete, se emplean algunos dispositivos especiales como;

Válvulas de Alivio

Estas funcionan de manera mecánica, colocándose en el sitio de la estación de bombeo, con salida a descarga libre, al aumentar la presión y esta supera la fuerza del dispositivo, este se abre y permite la salida de cierta cantidad de agua y así de esa manera disminuye la presión.

Chimeneas de Equilibrio

Esta permite que cierta cantidad de agua tenga un espacio para desplazarse, al haberse interrumpido la energía, esta se encuentra sobre la línea de aducción a una altura mayor que la línea de energía de la tubería (línea piezométrica), esta no puede estar cerca de la estación de bombeo, porque hay la energía es muy alta.

Cámara de Aire

Las cámaras de aire constan de un compartimiento, que contiene agua a compresión con una columna de agua, al interrumpirse el bombeo, la presión a la tubería disminuye, presionando el aire contenido en la cámara a la columna de agua, la cual fluye hacia la tubería con lo que decrece gradualmente el ritmo de la caída de

presión.

B. Estructuras Complementarias

Algunas estructuras a considerar para permitir el correcto funcionamiento del sistema de aducción por bombeo son las siguientes;

Puentes

Tanto en las líneas de aducción por bombeo como por gravedad, es frecuente el tener que salvar depresiones o atravesar ríos y quebradas, para lo cual se recurre a la construcción de puentes.

Anclajes

En el diseño las líneas de aducción son colocadas sobre soportes o enterradas, se presentan con frecuencia cambio de dirección tanto horizontal como vertical, los cuales provocan un desequilibrio entre las distintas fuerzas actuantes que intentarían desplazar la tubería. A fin de evitar los posibles desplazamientos, se diseñan anclajes especiales, capaces de absorber las diferentes fuerzas que se producirán a lo largo de la línea.

2.3.5. Estanque de Almacenamiento

Los estanques de almacenamiento juegan un básico en el diseño del sistema de distribución de agua; su propósito es:

Compensar las fluctuaciones de consumo.

Para combatir incendios.

Para suplir agua en caso de interrupciones del sistema de abastecimiento matriz.

Para prever un diseño más económico. [2].

2.3.5.1. Capacidad de los Estanques de Almacenamiento

Para determinar la capacidad total del estanque de almacenamiento se debe considerar los siguientes puntos:

A. Capacidad de Reserva

Este se refiere a la cantidad de volumen de agua que el estanque debe almacenar en caso de un incendio, dependiendo del sitio y la estimación de duración del mismo.

En la tabla presentada a continuación se indica el gasto requerido para la extinción de un incendio dependiendo de las horas que este dure.

Tabla 2.7. Gasto de Agua Requerido para Incendio

Gasto requerido de incendio Lts/seg	Menor a 30	de 30 a 106	de 60 a 150	Mayor de 150
Duración horas	3	4	5	6

Fuente: Normas INOS - 1.965. [5]

Para acueductos rurales se estima conveniente el asignar duración máxima de 2 horas y con un gasto en la boca de incendio 5 Lts/seg. [1].

B. Compensar Variaciones Horarias

En caso de suministrar por gravedad, como se estudio en el apartado 2.2.1.3 variaciones de consumo, existen horas de máximo y mínimo consumo, existen 3

formas de obtener el volumen necesario para suplir estos requerimientos;

Según mijares (1983) representa entre el 25 – 28 % del consumo medio de la población para distribución por gravedad.

Una manera más precisa sería obteniendo el diagrama de consumo para un día promedio ver figura 2.1, y elaborando una curva de consumo acumuladas ver figura 2.2 , la pendiente entre el punto de comienzo y el punto de culminación del día representa el gasto medio representa el volumen a almacenar para compensar las fluctuaciones del consumo.

Otra manera sería utilizando la figura 2.3, Cuando se trata de un sistema por bombeo, el consumo medio dependerá de las horas de bombeo y se utilizarán los picos que en este se produzcan para calcular el volumen necesario para absorber las variaciones

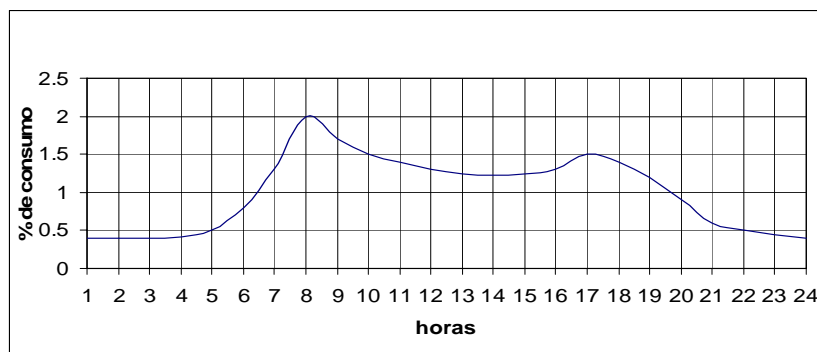


Figura 2.1 Curva Típica de Variaciones Horarias del Consumo (INOS) [5].

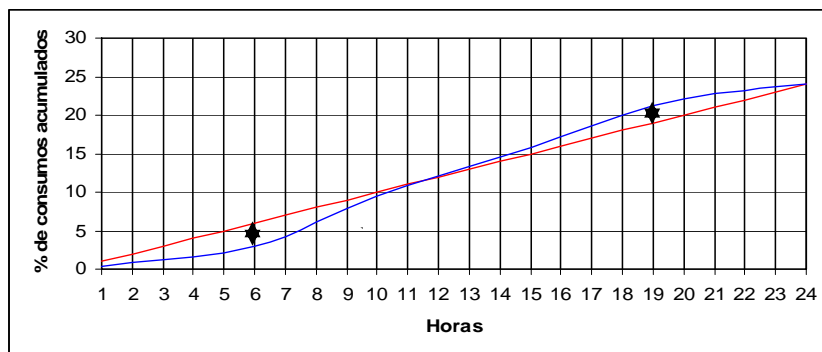


Figura 2.2 Consumo Promedios Acumulado [4].

$$V_t = V_1 + V_2$$

(Ec. 2.18)

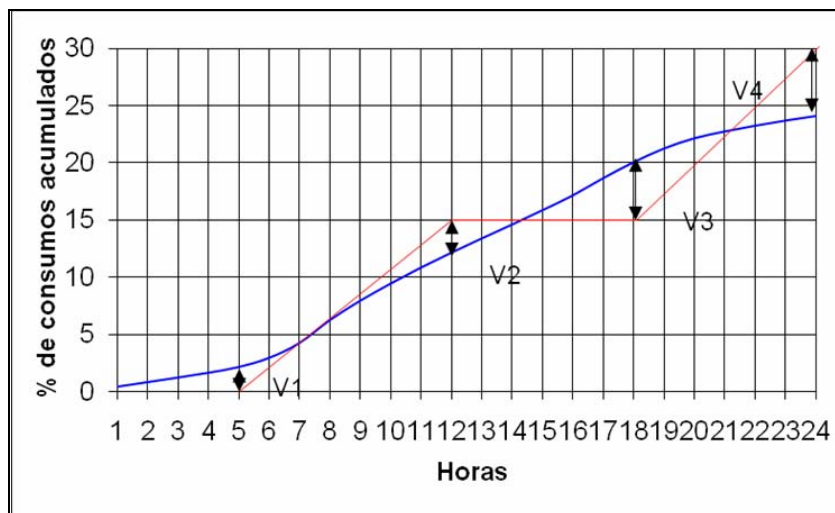


Figura 2.3 Consumo Promedios Acumulados con Sistema de Bombeo. [4].

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

(Ec. 2.19)

C. Prevención de Reserva para Cubrir Interrupciones por Daño en la Aducción o en las Bombas

En este caso se debe suponer interrupciones no mayores de 4 horas, tomando en cuenta la dotación que se le será asignada a la población de estudio.

4 horas. 3600 seg/hora . Dotación /86400 = V interrupción del suministro

Según INOS se debe considerar las siguientes reservas para la capacidad del estanque;

- Para compensación de consumo 40% del consumo medio anual.
- Para compensación de gasto de bombeo, si se bombea de un estanque de almacenamiento o de la red correspondiente, abastecido por una fuente

continúa a otra red o estanque 25% del gasto diario medio anual bombeado.

- Para compensación de gasto de rebombeo, si se rebombea de un estanque o de la red correspondiente 12.5% del gasto diario medio anual bombeado.

El volumen total viene representado por la sumatoria de todos los volúmenes mencionados anteriormente;

$$V_t = V_{incen} + V_{vcons} + V_{int e} \quad (\text{Ec. 2.19})$$

2.3.5.2. Ubicación de los Estanques de Almacenamiento

En la ubicación de un estanque se debe tener presente el criterio de que las pérdidas de carga sean más o menos las mismas en cualquier dirección y que una altura única del tanque fuese suficiente, por esto en sitios planos y de densidades de población uniforme el centro de este sería el adecuado. Para el caso de densidades de población no uniformes, el estanque podría estar hacia el lado de mayor densidad de población. Cuando la topografía es abrupta el problema se complica; puntos muy elevados con respecto a otros puede exigir elevaciones distintas para los tanques, obligando en muchos casos a emplearse más de un estanque de almacenamiento.

Las normas INOS normas para el diseño de abastecimiento de agua establecen las presiones mínimas en el sistema de distribución durante las demandas máximas horarias y sin gasto de incendio deben ser las siguientes;

- En barrios con rancho o casas pobres que se surtirán de fuentes públicas 5mts de presión de agua.
- En barrios de casas pobres de segunda categoría, es decir aquellas casas

de gente pobre, que se estima usaran más de una pluma de agua, 15mts de presión de agua.

- En áreas residenciales con edificios de primera categoría de 3 o más pisos, 25mts de presión de agua.
- En áreas residenciales con edificios de 4 a 6 pisos, 35mts de presión de agua.
- En áreas comerciales e industriales, cuando están situadas en zonas especiales separadas de la zona residencial y destinada exclusivamente a esos fines.
- Para ciudades hasta 15000 habitantes, 25mts de presión de agua.
- Para ciudades hasta 15000 a 50000 habitantes, 35mts de presión de agua.
- Para ciudades de más de 50000 habitantes, 50mts de presión de agua.
- La máxima presión estática permisible en los sitios de distribución es de 70mts de presión de agua

2.3.5.3. Tipos de Estanques

Los estanques de almacenamiento pueden ser construidos directamente sobre la tierra o sobre torres (elevados), para cumplir razones de servicio y mejorar las presiones, pueden ser de concreto como metálicos y de diferentes formas desde circulares, esféricos, cilíndricos, rectangulares, presentándose en ocasiones divididos en varias celdas, sin importar su forma todos estos presentan conexiones de entrada y salida, drenajes de limpieza y rebose.

2.3.6. Estaciones de Bombeo

En los sistemas de almacenamiento de agua puede requerirse del diseño de estaciones de bombeo o rebombeo cuando por razones económicas, topográficas y de

la ubicación no permite utilizar la fuerza de gravedad. [1].

Uso de las estaciones de bombeo en el sistema de abastecimiento;

Elevar el agua desde la fuente productora (lagos, ríos, pozos), cuando están situadas a elevaciones inferiores a la distribución.

Para elevar el agua parcialmente en el sistema cuando las presiones no alcanzan las normas correspondientes.

Para elevar el agua hasta los estanques de almacenamiento cuando las presiones no lo permitan. [1].

2.3.6.1. Consideraciones para el Diseño de la Estación de Bombeo

Al momento del diseño de una estación de bombeo, se debe considerar una gran variedad de factores, para que este pueda satisfacer las necesidades de caudal y las condiciones de trabajo a la que se verá expuesta durante su utilización.

A. Gasto de Bombeo

El gasto por bombeo será el correspondiente al consumo máximo diario, para el periodo de diseño Q_{md} , tomando en cuenta que se está la presencia de una bomba que aumenta la energía en la línea, se debe considerar el número de hora de bombeo, el cual se introduce en la siguiente fórmula;

$$Q_b = \frac{Q_m \times K_1 \times 24}{N} \quad (\text{Ec. 2. 21})$$

Donde,

Qb: Gasto de bombeo;

N: Numero de horas de bombeo

Se puede prescindir del factor K_1 , absorbiendo el día de máximo consumo con un aumento en el tiempo de bombeo quedando de la siguiente forma;

$$Qb = \frac{Qm \times 24}{N} \quad (\text{Ec. 2.16})$$

B. Número de Unidades

El número de unidades dependerá fundamentalmente del gasto de bombeo y sus variaciones, debiendo, preverse situaciones de fallo de energía, para mantener un margen de seguridad.

En la mayoría de los casos cuando se amerite de un solo equipo de bombeo debe preverse otro similar para atender situaciones de energía o falla del equipo.

C. Carga Dinámica Total o Altura de Bombeo

Este se refiere a la altura en metros, representada entre la cota del nivel de agua de la fuente, estanque o línea de aducción, hasta la cota de la zona de alimentación u otro tanque que se encarga de almacenar el líquido para su utilización.

Carga Estática de Succión (Hs)

Está representada por la distancia vertical entre el nivel del agua y el eje de la bomba y esta puede ser negativa o positiva dependiendo si este eje está por encima o por debajo del nivel de agua.

Perdida de Carga del Lado de la Succión (hs)

Está determinada por la pérdida de carga por fricción en la longitud de la tubería, y por las pérdidas por accesorios.

Carga Estática de Impulsión (Hd)

Esta se refiere a la diferencia de cota entre el eje de la tubería y el nivel de reboso del estanque o sitio de descarga.

Perdida de Carga del Lado de la Impulsión (hd)

Representa las pérdidas por fricción de la tubería al paso del agua en toda la línea de bombeo, incluyendo las pérdidas por accesorios.

La carga dinámica total viene dada por la sumatoria de todas estas pérdidas, como se muestra en la siguiente formula;

$$HT = (Hd \pm Hs) + hs + hd \quad (\text{Ec. 2.21})$$

El símbolo \pm se refiere a si el eje de la bomba está por encima o por debajo del nivel del agua.

Relación entre Altura (m.s.n.m) y la Presión Barométrica

Cuando la presión atmosférica es máxima (al nivel del mar), la carga de succión también es máxima (1 atmósfera), pero a medida que la presión de vapor se hace menor, la carga de succión también

Entre la Temperatura del Agua y la Presión de Vapor

La disminución de la presión del agua, a la presión de vapor del mismo provoca un aumento en los gases y condensación de vapor causando en los álabes del impulsor esfuerzos que pueden provocar su destrucción al igual que en las zonas de la línea donde eso ocurra.

Carga Neta de Succión Positiva N.P.S.H

Es la presión requerida para forzar un gasto determinado a pasar a través de la tubería de succión y de la bomba. Este es una característica de cada bomba depende del tamaño, forma y tipo de impulsores.

La energía disponible a la entrada de la bomba debe ser mayor que el N.P.S.H requerido, a fin de que no se produzca cavitación.

Curva Característica de la Bomba

Estas curvas establecen una relación entre caudal de bombeo y carga dinámica a vencer para una determinada velocidad de rotación, así mismo, permite conocer la eficiencia y la potencia absorbida para la condición dada, estas curvas son suministradas, por los fabricantes de cada bomba, el deber del proyectista es de analizar cada caso para así escoger la más conveniente desde el punto de vista económico como técnico. [1].

2.3.7. Redes de Distribución

Para el diseño de la red es imprescindible haber definido la fuente de abastecimiento y la ubicación tentativa de los estanques de almacenamiento. La

cantidad de agua estará definida por los consumos según lo indicado en la sección 2.2.1.3 y lo referente a demandas de incendios según la sección 2.2.1.1, satisfaciendo las condiciones mínimas y máximas de las presiones comentado en la sección 2.3.5.2

2.3.7.1 Partes de una Red Distribución

En una red de distribución de agua potable existe una variedad de tuberías que mediante su capacidad de trasportar agua se emplean en diversas partes de la red para lograr un funcionamiento.

A. Tuberías Matrices

Estas tuberías conducen el agua a tuberías de menor tamaño desde los estanques de almacenamiento, estas tuberías se espacian a unos 2000 a 3000 mts, poseen diámetros mayores de 400 mm.

B. Tuberías Arteriales

Son tuberías de menor tamaño que las arteriales, pero a su vez son capaces de suplir los gastos requeridos por las bocas de incendio (hidrantes) y los consumos industriales, domésticos y comerciales, se espacian cada 1000 mts.

C. Tuberías de Relleno

Son utilizadas más que todo para unir una red con otra, pero al igual que las arteriales puede suplir los gasto de la población, tienen diámetros inferiores a las tuberías arteriales, pero suficientes para servir hidrantes y garantizar presiones mínimas.

- Para la distribución en poblaciones con servicio para la extinción de incendios los diámetros no deben ser menores a 6`.
- Para acueductos rurales se usaran diámetros entre 2 y 4`.
- Para zonas urbanas con casas unifamiliares, aisladas se utilizaran diámetros de 4`.
- En áreas de alta densidad de edificaciones es conveniente no usar diámetros menores de 4`.

D. Tuberías de Servicio

Son las que conectan las tuberías de la calle con la red interior de las edificaciones; las normas INOS recomiendan que los diámetros de estas tuberías no deben ser menores de 3/4`, sin embargo, para zonas rurales puede usarse de 1/2` de diámetro.

2.3.7.2 Clasificación de los Sistemas de Distribución Atendiendo a la Energía Disponible para el Transporte

Según la energía de la que disponga una red de distribución se pueden clasificar de la siguiente manera:

A. Sistema por Gravedad

Cuando la fuente de abastecimiento esta a una elevación tal que suministre el agua bajo la acción de la gravedad, cumpliendo con todos lo requerimientos de velocidad y presión mínimas.

B. Sistema por Bombeo (Con Almacenamiento)

En este sistema, la presión necesaria que debe suministrarse al líquido para su transporte, se obtiene mediante el uso de bombas y motores, almacenándose los excesos durante la hora de menor consumo para suplir a las horas de máximo consumo, esto permite bombear a ratas más o menos uniformes, simplificando el diseño.

C. Sistema por Bombeo (Sin Almacenamiento)

En este sistema, las bombas fuerzan al agua directamente en la tubería de distribución, esto obliga a tener unidades de reserva en caso de desperfectos de las unidades de servicio. Es importante mencionar que las normas sanitarias del país no permite este tipo de sistema.

2.3.7.3. Tipos de redes

Dependiendo de la topografía, de la vialidad y de la ubicación de la fuente de abastecimiento y del estanque puede determinarse el tipo de red.

A. Tipo Ramificado

Son redes de distribución constituidos por un ramal troncal y una serie de ramificaciones o ramales que pueden constituir pequeñas mallas o constituido por ramales ciegos, este tipo de red es utilizado cuando la topografía es tal que dificulta o no permite la interconexión entre ramales.

B. Tipo Mallado

Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas, este tipo de red es el más conveniente y tratara siempre de lograrse a fin de lograrse un circuito cerrado.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

3.1. Generalidades de la Zona.

La zona en estudio comprende un área aproximada de 330.9 km. Y cuenta con una población de 23.483 habitantes aproximadamente, carece de plan de ordenamiento urbano y no tiene definida una división territorial, de cada una de las poblaciones que conforman el Municipio Península de Macanao.

3.2. Datos de Población.

Para estudiar el comportamiento demográfico del Municipio Península de Macanao, se realizó un estudio poblacional, para determinar las demandas del acueducto y así poder realizar la evaluación del sistema y proyectar las soluciones a futuro. La información del Municipio Península de Macanao fue suministrada por el Instituto Nacional de Estadística (INE), basada en los censos de población y vivienda. Con estos registros, se hicieron proyecciones para un período de diseño de 21 años, mediante la aplicación de diferentes métodos,

En la Tabla 3.1. Se presenta los registros de los Censos del Municipio Península de Macanao y en la Tabla 3.2 se muestran los registros de los censos por parroquias y localidades que conforman el Municipio Península de Macanao.

Tabla 3.1. Censos del Municipio Península de Macanao.

AÑO DEL CENSO	1950	1961	1971	1981	1990	2001
POBLACION	1353	5021	7017	11296	16844	20925

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

Tabla 3.2. Censos del Municipio Península de Macanao, por Localidades.

PARROQUIA	SECTOR O BARRIO	LOCALIDAD	1950	1961	1971	1981	1990	2001
CAPITAL PENINSULA DE MACANAO	Guayacancito	Guayacancito	-	-	-	-	1071	1509
	Boca de rio	Boca de rio	-	2645	3475	4749	6494	5562
		Caracas - Brisas de Cubagua	-	-	-	-	-	687
		Urb. Augusto Malave Villalba	-	-	-	-	-	1589
	Población Diseminada	Población Diseminada	-	-	-	-	51	100
PARROQUIA SAM FRANCISCO	El Manglillo	El Manglillo	-	-	-	-	706	820
	Boca de Pozo	Boca de Pozo	1353	1903	2605	5030	5373	7527
		El Robledal	-	473	937	1517	1645	1168
	San Francisco	San Francisco	-	-	-	-	1226	1422
	Párate Bueno (Boca Chica)	Párate Bueno (Boca Chica)	-	-	-	-	80	63
	Punta Arenas	Punta Arenas	-	-	-	-	61	129
	El Horcón	El Horcón	-	-	-	-	51	118
	Población Diseminada	Población Diseminada	-	-	-	-	147	332

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

3.3. Operatividad del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

La operatividad del sistema distribución de agua potable del Municipio Península de Macano, pertenece como todos los sectores de Nueva Esparta, a una compleja red de sistemas con una gran dependencia del sistema matriz; por lo que a continuación se describe de manera general las condiciones, en la que el sistema matriz opera;

3.3.1. Funcionamiento del Sistema Matriz.

El Municipio Península de Macanao al igual que todos los municipios que forman el Estado Nueva Esparta se abastecen de agua potable, a través de 2 sistemas matrices que funcionan como tuberías de aducción desde tierra firme, conocidos

como Sistema de Clavellinos y Sistema de Turimiquire los cuales a su vez se dividen, en subsistemas, entre ellos el subsistema Tubores y Península de Macanao del cual se abastece la zona en estudio.

El sistema Clavellinos fue inaugurado en el año 1968, teniendo como fuente el embalse Vega León a 257 m.s.n.m, con capacidad media regulada de 14 m³/s, alimentado por el Río Clavellinos, pasando por la planta potabilizadora Clavellinos, con capacidad nominal de 2,0 m³/seg. Terminando su recorrido por tierra firme en la Península de Araya, para continuar por un tramo submarino de 23 Km, entrando en la Isla de Margarita por el sector Punta de Mosquito. Desde su llegada a Margarita el sistema Clavellinos, continúa a lo largo de la costa con una tubería de 900 mm de diámetro, pasando por el sector el Silgero hasta llegar a la estación cloradora de Macho Muerto, sitio donde se bifurca en 2 diámetros, el primero de 900 mm que continua a lo largo de la vía del Piache hasta llegar al Embalse de Guatamare y el segundo de 600 mm que sigue a lo largo de la Avenida Juan Bautista Arismendi, en dirección Punta de Piedra.

El sistema de Turimiquire que se inauguro en el año 1988, capta agua del embalse del mismo nombre, ubicado en el Río Neveri con una cota de 280 m.s.n.m, con una capacidad media regulada de 20 m³/s, pasando por la planta potabilizadora de Turimiquire con capacidad nominal de 15,0 m³/seg, terminando su recorrido en la Península de Araya, para continuar con un tramo de tubería submarina hasta llegar a la Isla de Margarita, entrando por la localidad de los Algodones a través de un alimentador de 1800 mm de diámetro, llegando hasta el sector de Valle Verde donde se bifurca en 2 tuberías una de 1372 mm y otra de 900 mm de diámetro el primero se dirige a la estación cloradora de Macho Muerto y el segundo continua por la Avenida Juan Bautista Arismendi en dirección hacia de Punta de Piedra.

Estas 2 aducciones se conectan en el sector la Encrucijada, en la Avenida Juan

Bautista Arismendi, mediante un by-pass de 500 mm continuando hasta separarse en 2 alimentadores, el primero de 750 mm que abastece al Municipio Marcano y el segundo de 700 mm que abastece a los Municipios Tubores y Península de Macanao, manteniendo su diámetro (700 mm) durante una longitud de 11 km aproximadamente, a partir del cual se reduce a 300 mm, hasta la entrada del Puente de la Restinga, el cual representa el comienzo del sistema de estudio.

3.3.2. Funcionamiento del Sistema Municipio Península de Macanao

A la entrada del Municipio Península de Macanao se encuentra una derivación de A.C, de 300 mm con una longitud de 0.81 km, que abastece al sector de Boca del Río y al tanque de dicho sector, Ver Figura 3.1 y Tabla 3.3.

Luego de la anterior derivación, continua una tubería con 4 km de longitud de HF con un diámetro de 700 mm, posteriormente reduce su diámetro a 250 mm y cambiando de material a AC con una longitud de 2.65 Km., lugar donde hay una segunda derivación de la cual sale una tubería de 150 mm de Ø, de A.C, con una longitud de 1,86 km que abastece al sector de Guayacancito. Lugar en el cual existe un tanque ubicado a una cota de 2 m.s.n.m , ver Tabla 3.3

Continuando después de la segunda derivación del sistema, a una distancia de 11.59 Km. existe un By-pass de 200 mm, que abastece, a la población de El Manglillo, y al tanque ver Tabla 3.3 y Figura 3.3 y al sistema de rebombeo de El Manglillo, ver Figura 3.5, sistema que funciona en conjunto como compensadoras de caudal de las poblaciones posteriores;

Finalmente este alimentador se transforma en una tubería de impulsión de 200 mm, con una longitud de 9189,02 km, que abastece a los sectores de Boca del Pozo y Robledal, mediante derivaciones de 150 mm y 100 mm respectivamente. En cada uno de estos sectores hay tanques -a tan solo 2.0 m.s.n.m- actualmente fuera de

servicio. Ver Figuras 3.6 y 3.7 y Tabla 3.3.

Actualmente existen maniobras de llaves en el sistema para de esta forma tratar de obtener las mejores condiciones de servicio, estas maniobras se realizan de manera inter-diaria y consiste en cerrar o abrir las válvulas para la zona de boca de Río, ver Anexo H y que la mayoría de las tuberías son de asbesto cemento con más de 30 años de uso.

Tabla 3.3 Características de los Tanques de Almacenamiento del Municipio Península de Macanao.

NOMBRE		El Manglillo	Boca de Río	Robledal	Boca de Pozo	Guayacancito
CAPACIDAD (m ³)		600	800	600	600	600
DIMENSION (m)	DIÁMETRO (m)	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
	ALTURA H U ^o til (m)	6.25	8.10	5.80	6.00	6.00
DIAMETROS DE TUBERIAS (mm) (")	ENTRADA	100 (4")	100 (4")	100 (4")	No se visualizan	100 (4")
	SALIDA	150 (6")	200 (8")	100 (4")	No se visualizan	Se desconoce
	REBOSE	150 (6")	100 (4")	No se visualizan	No se visualizan	No se visualizan
	LIMPIEZA	100 (4")	100 (4")	No se visualizan	No se visualizan	150 (6")
COTA (msnm)	TERRENO	2.00	4.00	2.50	2.00	2.50
	FONDO	2.00	4.00	2.50	2.00	2.50
	REBOSE	8.25	12.10	8.30	8.00	8.50
	SUPERIOR	9.35	13.15	9.40	9.10	9.60
ESTADO	En servicio	En servicio	Fuera de servicio	Fuera de servicio	Fuera de servicio	Fuera de servicio

Fuente: hidrologica del caribe

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

4.1. Estimación de la Población

La información suministrada por el Instituto Nacional de Estadística (I.N.E) acerca de población permitió hacer estimaciones de población futura para un periodo de diseño de 21 años, de acuerdo a los diferentes métodos que podían ser aplicados con los datos existentes. A continuación se presentan las muestras de cálculo de los métodos utilizados (Crecimiento Lineal, Geométrico y Logarítmico).

4.1.1. Crecimiento Lineal

El cálculo de la población se realizó mediante datos de la Tabla 3.2 aportados por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Para la estimación de la población del año en estudio y la población que se desea proyectar, se obtuvo el valor de la pendiente de la recta Ka con la ecuación 2.5 cuyo valor fue promediado para cada uno de los censos, y fue sustituido en la ecuación 2.4 para obtener el valor de la población proyectada. Se emplea los censos de la población de Guayacancito.

$$Ka = \frac{1509 - 1071}{2001 - 1990} \Rightarrow Ka = 39,82 \text{ hab / año}$$

Proyección de población año actual (2009):

$$P_f = 1509 + 39.82 \times (2009 - 2001) \Rightarrow P_f = P_{2009} = 1.828 \text{ hab}$$

Proyección de población año de diseño (2030):

$$P_f = 1509 + 38.89 \times (2030 - 2001) \Rightarrow P_f = P = 2.664hab$$

La Tabla 4.1 muestra la estimación actual y futura de las poblaciones a través de este método.

Tabla 4.1. Población Según Método de Crecimiento Lineal

SECTOR	LOCALIDAD	2009	2020	2030
Guayacancito	Guayacancito	1828	2266	2664
Boca de rio	Boca de rio	6201	7080	7879
	Caracas - Brisas de Cubagua	687	687	687
	Urb. Augusto Malave Villalba	1589	1589	1589
El Manglillo	El Manglillo	903	1017	1121
Boca de Pozo	Boca de Pozo	8620	10123	11490
	El Robledal	1319	1525	1714
Párate Bueno (Boca Chica)	Párate Bueno (Boca Chica)	51	34	18
El Horcón	El Horcón	167	234	295

Fuente: Cálculos propios.

4.1.2. Crecimiento Geométrico

De igual manera que en el método de Crecimiento Lineal a través de los datos suministrados por los censos del Instituto Nacional de Estadística (INE), según los cuales se determinó una tasa de crecimiento geométrico r para el Municipio Península de Macanao. Para el cálculo del factor r , se utilizó la ecuación 2.9 promediándose los resultados que arroja la ecuación para cada uno de los datos de los censos del INE (Tabla 3.2), y para la proyección se utilizó la ecuación 2.8 obteniéndose los siguientes resultados:

Se utilizaron los datos de población de la localidad de Guayacancito.

$$r = \left(\frac{1509}{1071} \right)^{\frac{1}{2000-1991}} - 1 \Rightarrow r = 0,03$$

$$r = 0,03$$

Proyección de población año actual (2009):

$$P_f = 1509 \cdot (1 + 0,03)^{2009-2001} \Rightarrow P_f = P_{2009} = 1.936hab$$

Proyección de población año de diseño (2030):

$$P_f = 1509 \cdot (1 + 0,03)^{2030-2001} \Rightarrow P_f = P_{2030} = 3.726hab$$

La Tabla 4.2 muestra la estimación actual y futura de las poblaciones que conforman el Municipio Península de Macanao, a través de este método.

Tabla 4.2. Población Según Método de Crecimiento Geométrico.

SECTOR	LOCALIDAD	2009	2020	2030
Guayacancito	Guayacancito	1936	2728	3726
Boca de rio	Boca de rio	6527	8133	9933
	Caracas - Brisas de Cubagua	687	687	687
	Urb. Augusto Malave Villalba	1589	1589	1589
El Manglillo	El Manglillo	914	1062	1217

Tabla 4.2. Población Según Método de Crecimiento Geométrico. Continuación

SECTOR	LOCALIDAD	2009	2020	2030
Boca de Pozo	Boca de Pozo	9833	14201	19835
	El Robledal	1419	1854	2365
Morro Blanco	Párate Bueno (Boca Chica)	53	42	34
El Horcón	El Horcón	217	503	1077

Fuente: Cálculos propios.

4.1.3. Crecimiento Logarítmico

Para la estimación se calculó el K_g utilizando la ecuación 2.7 y los datos de población de la Tabla 3.2. Cuyos resultados fueron promediados, y sustituido en la ecuación 2.6.

$$K_{g1} = \frac{\ln 1.509 - \ln 1071}{2.001 - 1.990} = 0.03$$

Proyección de población año actual (2009):

$$\ln P_{2009} = \ln 1.509 + 0.03 * (2009 - 2.001) \Rightarrow P_{2009} = 1.936hab$$

Proyección de población año de diseño (2030):

$$\ln P_{2030} = \ln 1.509 + 0.03 * (2030 - 2.001) \Rightarrow P_{2030} = 1.936hab$$

La Tabla 4.3 muestra la estimación actual y futura de la de las poblaciones que conforman el Municipio Península de Macanao a través de este método.

Tabla 4.3. Población Según Método de Crecimiento Logarítmico.

SECTOR	LOCALIDAD	2009	2020	2030
Guayacancito	Guayacancito	1936	2728	3612
Boca de rio	Boca de rio	6517	8103	9684
	Caracas - Brisas de Cubagua	687	687	687
	Urb. Augusto Malave Villalba	1589	1589	1589
El Manglillo	El Manglillo	914	1062	1200
Boca de Pozo	Boca de Pozo	9820	14154	19089
	El Robledal	1411	1829	2262
Párate Bueno (Boca Chica)	Párate Bueno (Boca Chica)	53	42	34
El Horcón	El Horcón	217	503	998

Fuente: Cálculos propios.

4.1.4. Discusión de las Proyecciones de Población

Analizando los resultados obtenidos de las proyecciones de población por medio de los modelos matemáticos: Geométrico, Lineal y Logarítmico, y considerando las características ambientales, lo apartado que este municipio se encuentra de las principales fuentes de producción de la Isla de Margarita y a falta de inversión tanto pública como privada, se considero que el modelo matemático lineal de crecimiento de población es el que mas se ajusta a la realidad de esta zona

A continuación se muestra la Tabla 4.5 con la población actual y futura de las localidades que conforman el Municipio Península de Macanao que se utilizara para la evaluación del sistema.

Tabla 4.5. Población a Utilizar para la Evaluación del Sistema.

SECTOR	LOCALIDAD	2009	2020	2030
Guayacancito	Guayacancito	1828	2266	2664
Boca de Rio	Boca de rio	6201	7080	7879
	Caracas - Brisas de Cubagua	687	687	687
	Urb. Augusto Malave Villalba	1589	1589	1589
El Manglillo	El Manglillo	903	1017	1121
Boca de Pozo	Boca de Pozo	8620	10123	11490
	El Robledal	1319	1525	1714
Párate Bueno (Boca Chica)	Párate Bueno (Boca Chica)	51	34	18
El Horcón	El Horcón	167	234	295

Fuente: cálculos propios.

4.2. Demanda de Agua Potable

En un sistema de abastecimiento de agua el gasto medio constituye la base fundamental para el diseño de cada una de las partes de dicho sistema. Las Normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias, “**Normas para el diseño de los abastecimientos de agua**”, (INOS 1966, [5]), señalan los consumos mínimos permisibles establecidos para el diseño los cuales pueden ser apreciados en la Tabla 2.1.

No obstante el “**Compendio de Normas y modelo para estudios de campos y diseño de acueductos rurales**” establece para las dotaciones de acueductos lo siguiente:

“150 lts/día como mínimo para localidades pequeñas, en las cuales no se piensen construir cloacas en un futuro cercano, hasta 200 lts/día para localidades de cierta importancia; 250 lts/día para zonas muy calurosas que dispongan de fuente suficiente”.

Para estimar la demanda de agua potable por habitante por día, se utilizaron los consumos mínimos según el número de habitantes y a la existencia o no de medidores en el servicio, así como también la importancia que tiene la zona en estudio, por tal motivo se tomo una dotación de 250 lts/persona/día.

4.2.1. Estimación de Consumos

Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias. Estas variaciones dependen directamente de la magnitud de la población, en ciudades grandes las costumbres son muy heterogéneas, por lo que los períodos de máximo consumo son más largos.

4.2.1.1. Consumo Medio Diario (Q_m)

La determinación del Consumo Medio Diario que constituirá la base de la evaluación del sistema, que se hará para la población actual y futura, viene dado de acuerdo a la población a servir y a la dotación. Este consumo se obtiene por medio de la ecuación 2.1.

A continuación se muestra el cálculo de la demanda para la población actual y futura de la población de Guayacancito:

$$Qm_{2009} = \frac{1828 \text{ hab} \times 250 \text{ l/hab/dia}}{84600 \text{ s/dia}} = 5,288 \text{ l/s}$$

$$Qm_{2030} = \frac{2664 \text{ hab} \times 250 \text{ l/hab/dia}}{84600 \text{ s/dia}} = 7,708 \text{ l/s}$$

4.2.1.2. Consumos Máximos (Q_{MD} y Q_{MH})

En todo sistema de abastecimiento el gasto para diseño de estaciones de bombeo y estanques se basa fundamentalmente en las variaciones del consumo, ya que deben suplir a las poblaciones de agua aun cuando los consumos sean máximos, por ejemplo al estanque se le debe garantizar el consumo correspondiente al día de máximo consumo (Q_{MD}), en cambio para la red debe garantizarse su eficiencia aun en la hora de máximo consumo (Q_{MH}).

Para el cálculo del Consumo Máximo Diario (Q_{MD}) se establece incrementar el consumo medio por un factor K_1 basado en estudios previos de variaciones de consumo. En el capítulo II, en la Tabla 2.2 se menciona los coeficientes para el cálculo de estos consumos. En el caso del Consumo Máximo Diario (Q_{MD}) se asumió un $K_1=1,25$, como se muestra a continuación en los ejemplos de cálculo:

Consumo Máximo Diario año 2009:

$$Q_{MD} = 1,25 \times 5,288 \text{ l/s} = 5.288 \text{ l/s}$$

En el caso del Consumo Máximo Horario (Q_{MH}), el Consumo Medio es incrementado por un factor K_2 , según ecuación 2.3, en nuestro estudio se asumió un valor de $K_2=2,74$ según el número de su población como se muestra a continuación en el ejemplo de cálculo:

Consumo Máximo Horario año 2009:

$$Q_{MD} = 2,74 \times 5.288 \text{ l/s} = 14.470 \text{ l/s}$$

En la siguiente Tabla 4.6 y Tabla 4.7 se muestran los resultados obtenidos del cálculo de los Consumos Medio, Consumo Máximo Diario y consumo Máximo Horario para los años 2009 (actual) y 2030 (futuro) en litros por segundo para las poblaciones de del Municipio Península de Macanao.

Tabla 4.6. Resultados de los Consumos Medio, Máximo Diario y Máximo Horario Poblaciones del Municipio Península de Macanao para el año 2009.

SECTOR O BARRIO	LOCALIDAD	Qm LTS/SEG	K1	Qmd LTS/SEG	K2	Qmh LTS/SEG
Guayacancito	Guayacancito	5,288	1,25	6,610	2,74	14,470
Boca de rio	Boca de rio	17,943	1,25	22,429	2,70	48,509
	Caracas - Brisas de Cubagua	1,988	1,25	2,485	2,74	5,456
	Urb. Augusto Malave Villalba	4,598	1,25	5,747	2,74	12,589
El Manglillo	El Manglillo	2,613	1,25	3,266	2,74	7,167
Boca de Pozo	Boca de Pozo	24,943	1,25	31,179	2,69	66,980
	El Robledal	3,815	1,25	4,769	2,74	10,454
Párate Bueno (Boca Chica)	Párate Bueno (Boca Chica)	0,147	1,25	0,183	2,75	0,403
El Horcón	El Horcón	0,482	1,25	0,603	2,75	1,326

Fuente: Cálculos Propio.

Tabla 4.7. Resultados de los Consumos Medio, Máximo Diario y Máximo Horario Poblaciones del Municipio Península de Macanao para el año 2030

SECTOR O BARRIO	LOCALIDAD	Qm LTS/SEG	K1	Qmd LTS/SEG	K2	Qmh LTS/SEG
Guayacancito	Guayacancito	7,708	1,25	9,634	2,00	15,415
Boca de rio	Boca de Rio	22,798	1,25	28,497	2,69	61,346
	Caracas - Brisas de Cubagua	1,988	1,25	2,485	2,74	5,456
	Urb. Augusto Malave Villalba	4,598	1,25	5,747	2,74	12,589
El Manglillo	El Manglillo	3,242	1,25	4,053	2,74	8,889

Fuente: Cálculos Propio.

Tabla 4.7. Resultados de los Consumos Medio, Máximo Diario y Máximo Horario Poblaciones del Municipio Península de Macanao para el año 2030. Continuación

SECTOR O BARRIO	LOCALIDAD	Qm LTS/SEG	K1	Qmd LTS/SEG	K2	Qmh LTS/SEG
Boca de Pozo	Boca de Pozo	33,247	1,25	41,558	2,66	88,563
	Robledal	4,958	1,25	6,198	2,74	13,572
Párate Bueno (Boca Chica)	Párate Bueno (Boca Chica)	0,053	1,25	0,066	2,75	0,145
El Horcón	El Horcón	0,853	1,25	1,066	2,75	2,343

Fuente: Cálculos Propio.

4.3. Software WaterCAD V8i

WaterCAD constituye una herramienta innovadora para el planeamiento y análisis de sistemas de distribución de agua potable. Es un poderoso programa de simulación hidráulica muy eficiente y de fácil manejo, que sirve tanto para el análisis como en el diseño de complejos sistemas de tuberías.

Dentro de las capacidades de análisis del programa se encuentran: las simulaciones hidráulicas que se pueden utilizar en estado estable, es decir, bajo condiciones de flujo uniformes permanentes o bajo la figura de periodos de tiempo extendido (24 horas) para analizar la respuesta del sistema al suministro variante y horarios de la demanda.

El programa permite modelar varios de los componentes hidráulicos típicos de las redes de distribución, tales como: válvulas reguladoras, estaciones de bombeo, y controles automatizados sensibles a la presión o al caudal. Así mismo es posible manejar y simular diferentes escenarios a fin de evaluar el comportamiento del sistema de distribución que se este diseñando frente a demandas diferentes a las escogidas inicialmente, a calidades de agua y a condiciones de emergencia, tales como: incendios y racionamientos, los cuales implican condiciones de operación muy

variables. Permite calcular las pérdidas por fricción mediante las dos principales metodologías de hidráulica de tuberías: Hazen-Williams y Darcy-Weisbach en conjunto con la ecuación de Colebrook-White; además el WaterCAD permite la utilización de la ecuación de Manning.

La interfaz gráfica de WaterCAD puede usarse en dos modalidades: “Stand-Alone” (autosuficiente) y AutoCAD. Tanto el editor gráfico “Stand-Alone” como con la interfaz AutoCAD ejecutan acciones a través del servidor de modelos WaterCAD.

Una ventaja de utilizar el modo Stand-Alone es que su interacción es más rápida y dinámica, en virtud de que el ambiente de edición es un editor de redes exclusivo. También al no necesitarse AutoCAD, se usan menos recursos y memoria de la computadora. En el modo AutoCAD se puede crear y modelar la red directamente desde su ambiente primario de dibujo. Esto da acceso a todas las poderosas herramientas de dibujo y presentación que posee AutoCAD., mientras WaterCAD realiza las tareas modeladas como la corrección, resolución, y manejo de datos. Esta relación entre WaterCAD y AutoCAD hace posible una cartografía sumamente detallada y exacta del modelo, y proporciona la amplia gama de salida de presentaciones disponibles en AutoCAD.

WaterCAD se distingue por la alta calidad de la interfaz gráfica del usuario, la cual, siguiendo el estilo *Drag and Drop* de las aplicaciones CAD, permite realizar de manera sencilla e intuitiva la entrada de datos, cambios en la red y la visualización de los resultados. Una vez que se realiza la simulación del comportamiento de la red, el programa ofrece la posibilidad de visualizar por pantalla, con una alta calidad gráfica, los resultados obtenidos, pudiendo generarse códigos de colores para el análisis de los resultados y mapas de superficie y de contorno para todas las variables de interés.

El acceso al programa, luego de su instalación, es a través de la ejecución del

acceso directo ubicado en el escritorio de Windows o siguiendo la ruta: Menú inicio/programas/Haestad Methodes/WaterCAD Stand-Alone. Una vez ejecutado, aparecerá en pantalla la imagen de la figura 2.5, indicando el cargado del programa, para luego mostrar la interfaz de trabajo. Luego de esto, el programa mostrara la ventana principal del modo Stand-Alone, donde se encuentran las herramientas que se emplean creación de la red. Muchos de los componentes que comúnmente se encuentran en los programas basados en el sistema operativo de Windows se encuentran en esta ventana. La figura 2.6 muestra las áreas más importantes que constituyen la ventana principal del WaterCAD en modo Stand-Alone.

4.3.1 Área de Dibujo

Es el centro de actividades gráficas de WaterCAD, donde los elementos de la red son mostrados. Esta es el área interactiva donde se crean los elementos, se editan los datos e incluso se muestran los resultados. En modo Stand-Alone se puede desplegar una imagen de fondo en el área de dibujo, esta debe ser de tipo DXF. Este fondo puede ser útil para alinear y posicionar los elementos, así como agregando los elementos bosquejando adicionales por imprimir las vistas del plan.

4.3.2. Barra de Estado

Se localiza a lo largo del fondo de la ventana principal y proporciona la información útil sobre el estado actual del modelo de información sobre el Área de Dibujo. En la figura 4.3 se puede apreciar la barra de estado y la información que proporciona.

4.3.3. Barra de Herramientas

Los botones de la barra de herramienta, ofrecen acceso a las herramientas comúnmente usadas con un solo clic, ofreciéndole al usuario una manera más rápida de utilizar las operaciones más frecuentes. En la figura 4.3 se puede observar que la ventana principal posee tres barras de herramientas diferentes, agrupando diferentes botones y comandos.

4.3.4. Menús Desplegables

Como cualquier programa basado en el sistema operativo de Windows, la barra de menú provee al usuario un fácil acceso a muchas funciones, las mismas pueden ser accedidas haciendo clic en el menú deseado.

Los menús son una selección lógica para explorar todas las áreas de WaterCAD, existen algunos ítems que concuerdan con cualquier otro manejador de proyectos. A continuación se señalan los ítems de más importancia y utilización en cada uno de los menús.

Menú “File”: Contiene muchos ítems respecto a la configuración del proyecto. Provee de acciones para crear, leer, escribir e imprimir archivos de proyectos así como acciones para compartir datos con bases de datos y sistemas GIS.

Menú “Edit”: Provee el acceso a los comandos básicos de control de los elementos del WaterCAD, incluyendo elementos de navegación, selección, borrado, deshacer y rehacer.

Menú “Análisis”: este menú contiene ítems que son útiles para el manejo de los cálculos. Incluye el manejo de escenarios y alternativas y los comandos de

Menú “View”: provee acceso a las herramientas relacionadas con el área de dibujo, visibilidad de las barras de herramientas y la base del dibujo.

Menú “Tools”: provee al usuario las herramientas generales para la localización, modificación de los elementos gráficos, anotación, código de colores, contornos, modificación de las opciones del proyecto, etc.

Menú “Report”: provee acceso a la variedad de reportes con formatos textuales y gráficos preestablecidos. Este menú también permite al usuario crear sus propios reportes.

Menú “Help”: contiene items que referidos a la documentación en línea del WaterCAD (qué incluye la información contenida en la documentación impresa, así como actualizaciones y las guías didácticas incorporadas).

4.4. Evaluación y Análisis de la Tubería Principal

Como se menciona en el capítulo anterior el sistema funciona realizando unas maniobras de llave, regulando de esta manera el flujo de caudal a los diversos sectores del municipio, situación que no es la esperada de un sistema de distribución, el cual debe cumplir con una entrega de flujo continuo para toda la población a la que sirve.

Para la evaluación del funcionamiento de la tubería principal, es necesario considerar estas maniobras, con las cuales se genera 2 escenarios de estudio, Escenario 1-Boca de Río abierta y Escenario 2- Boca de Río cerrado.

En cada escenario se chequearan las velocidades y presiones del sistema mediante el uso del software Watercad V8i, que simulara el comportamiento del

sistema, para verificar que estos se encuentren entre los rangos establecidos.

4.5. Evaluación y Análisis de los Tanques de Almacenamiento

Los tanques de almacenamiento del sistema Península de Macanao, descritos en el capítulo III, tienen como función distribuir el agua necesaria para cada una de las poblaciones a las que sirve, por lo que para evaluar el funcionamiento, se debe estudiar la capacidad de estos para almacenar, para determinar si son capaces de suplir las demandas requeridas por la población actual.

El volumen que los tanques deben poseer, tiene que ser suficiente para compensar las fluctuaciones del consumo de la población, despreciándose el volumen para combatir incendios y el volumen para suplir agua en caso de interrupciones del abastecimiento.

4.5.1. Capacidad para Compensar Variaciones del Consumo

El volumen necesario para compensar la variación de consumos, puede ser establecido mediante una curva de variaciones horarias de consumo la localidad estudiada. En la tabla 4.8 se muestran el volumen de almacenamiento requerido por las poblaciones para la actualidad.

Tabla 4.8 Volumen de Almacenamiento Requerido por las Poblaciones (2009)

TANQUE	CAPACIDAD EXISTENTE (m ³)	CAPACIDAD REQUERIDA (m ³)	ESTADO
El Manglillo (rebombeo)	600	1,002,529	En servicio
Boca de Río	800	850,936	En servicio

Fuente: Cálculos Propio.

**Tabla 4.8 Volumen de Almacenamiento Requerido por las Poblaciones (2009).
Continuación.**

TANQUE	CAPACIDAD EXISTENTE (m³)	CAPACIDAD REQUERIDA (m³)	ESTADO
Robledal	600	132,341	Fuera de servicio
Boca de Pozo	600	865,263	Fuera de servicio
Guayacancito	600	138.508	Fuera de servicio
El Horcón	0	16.720	No existe
Boca Chica	0	5.099	No existe
El Manglillo	0	90.644	No existe

Fuente: Cálculos Propio.

Puede notarse que el volumen de almacenamiento total requerido según normas, solo es suplido en los tanques de Robledal y Guayacancito, los cuales se encuentran en este momento fuera de servicio, que los tanques de Boca de Rio, Boca de Pozo (fuera de servicio) y el tanque compensador del Manglillo no poseen la capacidad suficiente para compensar las variaciones horarias y que para las poblaciones de El Horcón y Boca Chica no existe ningún tipo de almacenamiento.

4.6. Simulación del Funcionamiento de la Red Existente

Según información recolectada en el municipio, y aun con las maniobras que los operadores de la hidrológica del Caribe, Nueva Esparta, realizan sobre el sistema, hay lugares donde el servicio de agua es deficiente, por carecer de presiones y otras en la que no existe circulación de agua por las tuberías. Para precisar algunas fallas en el sistema es necesario simular su funcionamiento y así determinar las posibles causas de estas.

Una vez obtenidos todos los datos requeridos por el programa para realizar la simulación, como son los consumos (medios, máximo horario y máximo diario), capacidad de los tanques, las cotas de los nodos, los diámetros, longitudes y materiales de las tuberías, se procede a evaluar el sistema mediante simulaciones según las condiciones. Ver Anexo H.

Efectuada la simulación, el programa reporta una serie de resultados, los cuales se presentan a continuación para los siguientes escenarios:

Escenario 1 – Boca de Rio válvula Abierta, presiones entre 29,4 m.c.a como la máxima y 28.1m.c.a como la mínima, resultados que se encuentran entre lo permitido por las normas. Y velocidades variables entre 0.95 m/seg a 0.42 m/seg, con 4 nodos con velocidades menores a 0.5 m/seg. Estos resultados indican que la población de Boca de Rio gracias a las maniobras de válvula presenta un servicio aceptable aun con sus bajas velocidades.

Escenario 2 – Boca de Rio Válvula Cerrada, se obtuvieron presiones entre 28.1 m.c.a a 6.1 m.c.a, con velocidades a lo largo de los tramos comprendidas entre 0,78 m/seg como la máxima y 0.02 m/seg como la mínima, en la que 7 tramos de tuberías presentan velocidades por debajo de las recomendadas por las normas de 0.50m/seg. Para los tramos posteriores al rebombeo que se realiza en El Manglillo se obtuvo como presión máxima 28.9 m.c.a y como mínima -40.0 m.c.a en la que solo 4 nodos poseen presiones mayores de 20 m.c.a, y 8 nodos resultan con presiones negativas, los cuales se encuentran en los nodos de demanda de las poblaciones de Boca de Pozo y Robledal, desde el rebombeo que se realiza en El Manglillo al final del sistema se presentan velocidades entre 1.98 m/seg como la máxima y 0.0045 m/seg como la mínima, en lo que 8 de los 16 tramos que conforma este sistema presentan velocidades menores de 0.5m/seg, algunos de los cuales se presentan en la pueblos de Boca Chica, Robledal y Boca de Pozo.

Todos estos resultados de baja presión en los nodos y sus bajas velocidades muestran un déficit en el flujo de agua en el sistema de distribución para la condición de válvula de Boca de Rio cerrada, demostrando que esta parte del municipio es la más perjudicada en el manejo que se tiene del sistema de abastecimiento.

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

5.1. Sistema Principal

Luego de conocer las deficiencias actuales del sistema, se plantean modificaciones para mejorar las condiciones de servicio. Seguidamente se simula el nuevo sistema para verificar la eficiencia de los cambios propuestos, buscando optimizar su funcionamiento.

Entre las modificaciones propuestas están:

Se propone cambiar todas las tuberías del sistema, por tuberías de PVC, donde en algunos tramos se asignaron nuevos diámetros, en la tabla 5.1 se muestran estas modificaciones.

Tabla 5.1 Tuberías a Cambiar

EXISTENTE			PROPUESTO		
TUBERIA	DIAMETRO PULG	MATERIAL	TUBERIA	DIAMETRO PULG	MATERIAL
T1	12	HF	T1	12	HF
T2	12	AC	T2	12	PVC
T3	30	ACERO	T3	12	PVC
T4	10	AC	T4	12	PVC
T5	10	AC	T5	12	PVC
T6	10	AC	T6	12	PVC
T7	10	AC	T7	12	PVC
T8	8	AC	T8	12	PVC
T8	12	AC	T8	10	PVC
T9	8	AC	T9	12	PVC

Fuente: Cálculos Propio

Tabla 5.1 Tuberías a Cambiar. Continuación.

EXISTENTE			PROPUESTO		
TUBERIA	DIAMETRO PULG	MATERIAL	TUBERIA	DIAMETRO PULG	MATERIAL
T10	8	AC	T10	12	PVC
T11	8	AC	T11	12	PVC
T12	8	AC	T12	10	PVC
T13	6	ACERO	T13	10	PVC
T14	6	ACERO	T14	10	PVC
T15	8	ACERO	T15	10	PVC
T16	8	AC	T16	6	PVC
T17	8	AC	T17	6	PVC
T18	8	AC	T18	10	PVC
T19	8	AC	T19	10	PVC
T20	6	AC	T20	4	PVC
T21	6	AC	T21	4	PVC
T22	6	AC	T22	4	PVC
T23	6	AC	T23	4	PVC
T24	12	AC	T24	12	PVC
T25	8	AC	T25	10	PVC
T26	6	AC	T26	4	PVC
T27	6	AC	T27	4	PVC
T28	6	AC	T28	4	PVC
T29	6	HF	T29	4	PVC
T30	6	PVC	T30	4	PVC
T31	8	AC	T31	4	PVC
T32	8	AC	T32	4	PVC
T33	6	HF	T33	8	PVC
T34	6	AC	T34	4	PVC

Fuente: Cálculos propios

En la estación de bombeo ubicado en El Manglillo, que funciona para las zonas de Boca Chica, Boca de Pozo, y Robledal, se recomienda la construcción de un tanque extra con una capacidad de 735,13 m³, que junto al tanque existente de 600

m³, completan el requerimiento de estas poblaciones para el año 2030 de

1.327,224 m³ y la utilización de una nueva bomba para un caudal de bombeo de 102.38 lps y funcionamiento continuo, ver figura 5.1

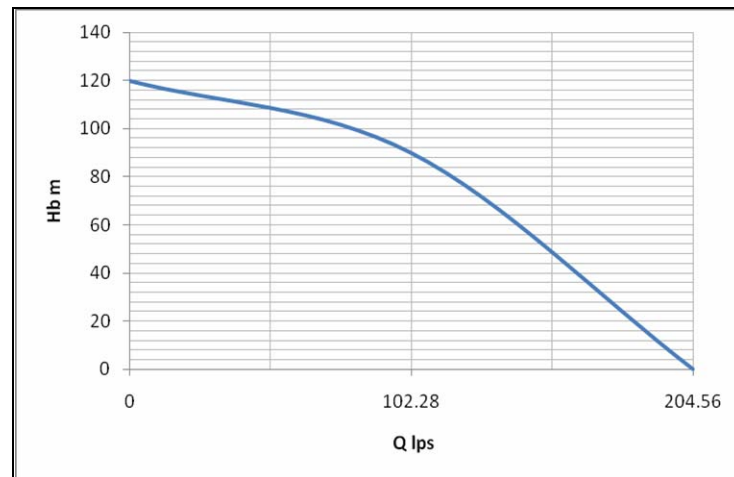


Figura 5.1 Curva Característica de la Bomba Propuesta

En la tabla 5.2 se muestran los resultados de las modificaciones propuestas para la tubería principal en la entrada a la distribución de las poblaciones

Tabla 5.2. Resultado de Presiones en Nodos de Demanda para las 8:00 am

NODO	ELEVACIÓN (m)	ZONA	PRESIÓN (m H ₂ O)
N26	4	Boca de Rio	69.9
N29	2.5	Guayacancito	19.1
N30	1	El Horcón	16.9
N31	2	El Manglillo	5.8
N33	3.5	Boca Chica	61.5
N34	2	Boca de Pozo	51.5
N35	2.5	Robledal	33

Fuente: Cálculos propios

Para los sectores de Boca de Rio, Guayacancito, El horcón, El Manglillo, Boca Chica, Boca de Pozo y Robledal, se realiza un estudio de alternativas, buscando la solución que se adapte a las condiciones naturales de las zonas (topografía y clima) y

que cumpla con los requerimientos establecidos por normas para las condiciones de servicio, para esto se generaran una series de tablas en la que se explica las características de funcionamiento y condiciones de servicio.

5.1.1. Subsistema Boca de Rio

La zona de Boca de Rio se propone la construcción de un tanque extra con un volumen de almacenamiento de 215,69 m³, que junto el tanque existe de 800 m³, completan el volumen para compensar las variaciones horarias de la población para el año 2030 que es de 1015.315 m³, en la tabla 5.3, se muestra el estudio realizado para la zona.

Tabla 5.3. Estudio de Alternativas Boca de Rio

Solución	Características de Funcionamiento	Condiciones de Servicio	Observaciones
1	2 Tanques superficiales uno existente y otro propuesto, que funcionan por gravedad.	V requerido= 1015.365 m ³ , V existente=800 m ³ , V propuesto=215.69 m ³ Ct=4m, Ø tanque= 6.5 m, H útil= 6.5 m Presión aportada por el tanque al sistema P ≤ 4 m.c.a	Esta alternativa genera muy poca presión para la población.
2	Tanque superficial existente, con bombeo a un tanque elevado propuesto, para que este funcione por gravedad.	V requerido= 1015.365 m ³ , V existente=800 m ³ V propuesto= 375.51 m ³ Ct=4m Ø tanque= 8.5 m, H útil= 7.5 m Altura desde el terreno a la base del tanque elevado 15.75m Presión generada por el tanque a la red P ≤ 19 m.c.a	El tanque elevado necesita una altura desde el terreno a la base de tanque, que por condiciones naturales (vientos), no puede ser construido.

Fuente: Cálculos propio

Tabla 5.3. Estudio de Alternativas Boca de Rio. Continuación

Solución	Características de Funcionamiento	Condiciones de Servicio	Observaciones
3	2 Tanques superficiales uno existente y otro propuesto, que mediante bombas obtendrán la presión de servicio.	V requerido= 1015.365 m ³ , V existente=800 m ³ , V propuesto=215.69 m ³ Ct=4m, Ø tanque= 6.5 m H útil= 6.5 m Qb=58.54 lps Presión otorgada al sistema por las bombas Pmax= 23.3 m.c.a Pmin= 18.4m.c.a	Las bombas tienen que funcionar de manera interrumpida contra la red.

Fuente: Cálculos propios

Considerando las condiciones de servicio y de construcción se tomo como solución la utilización del tanque superficial existente más la construcción de otro tanque con bombeo constante contra la red.

5.1.2. Subsistema Guayacancito

Para esta población se propone realizar labores de mantenimiento al tanque existente, cuya capacidad actual de 600 m³, siendo requerido para el año 2030 un volumen de 267,39 m³,

Tabla 5.4. Estudio de Alternativas Guayacancito.

Solución	Características de Funcionamiento	Condiciones de Servicio	Observaciones
1	Un tanque superficiales uno existente y otro propuesto, que funcionan por gravedad.	V requerido= 267.387 m ³ , V existente=600 m ³ , Ct=2.5 m, Ø tanque= 12.5 m, H útil= 6 m Presión aportada por el tanque al sistema P ≤ 5.5 m.c.a	Esta alternativa genera muy poca presión para la población.

Tabla 5.4. Estudio de Alternativas Guayacancito. Continuación.

Solución	Características de Funcionamiento	Condiciones de Servicio	Observaciones
2	Un tanque superficial existente, con bombeo a un tanque elevado propuesto, para que este funcione por gravedad.	V requerido= 267.387 m ³ , V existente=600 m ³ , V propuesto= 316.86 m ³ Ct=2.5 m Ø tanque= 8.2 m, H útil= 6.2 m Altura desde el terreno a la base del tanque elevado 10.00 m Presión generada por el tanque a la red P ≤ 13.2 m.c.a	El tanque elevado necesita una altura desde el terreno a la base de tanque, que por condiciones naturales (vientos), no puede ser construido.
3	2 Tanques superficiales uno existente y otro propuesto, que mediante bombas obtendrán la presión de servicio.	V requerido= 267.387 m ³ , V existente=600 m ³ , Ct=2.5 m, Ø tanque= 12.5 m, H útil= 6 m Qb=15.415 lps Presión otorgada al sistema por las bombas Pmax= 21.8 m.c.a Pmin= 18.0 m.c.a	Las bombas tienen que funcionar de manera interrumpida contra la red.

Fuente: Cálculos propios

Considerando las condiciones de servicio se tomo como solución, la utilización del tanque existente de 600 m³, mas bombeo contra la red.

5.1.3. Subsistema El Horcón

Para esta zona se propone la construcción de un tanque con un volumen de 42,41 m³, para satisfacer las variaciones de consumo de la población.

Tabla 5.5. Estudio de Alternativas El Horcón.

Solución	Características de Funcionamiento	Condiciones de Servicio	Observaciones
1	Un tanque superficial propuesto, que funciona por gravedad.	V requerido= 25.891 m ³ , V existente=0 m ³ , V propuesto= 42.15 m ³ Ct=7 m, Ø tanque= 3 m, H útil= 6 m Presión aportada por el tanque al sistema P ≤ 7 m.c.a	Esta alternativa genera muy poca presión para la población.
2	Un tanque elevado propuesto que funcione por gravedad.	V requerido= 25.891 m ³ , V existente= 0 m ³ , V propuesto= 39.24 m ³ Ct=7 m Ø tanque= 5 m, H útil= 2 m Altura desde el terreno a la base del tanque elevado 3.00 m Presión generada por el tanque a la red P ≤ 10 m.c.a	Esta alternativa genera las presiones mínimas para una zona rural.

Fuente: Cálculos propios

Considerando las condiciones de servicio y que se trata de una población pequeña se tomo como solución un tanque elevado de 42,47 m³ el cual genera una presión de 10 m.c.a

5.1.4. Subsistema El Manglillo

Para esta zona que carece de tanque almacenador, se propone la construcción de un tanque compensador con una capacidad de 127,81 m³.

Tabla 5.6. Estudio de Alternativas El Manglillo.

Solución	Características de Funcionamiento	Condiciones de Servicio	Observaciones
1	Un tanque superficial propuesto, que funciona por gravedad.	V requerido= 112.46 m ³ , V existente=0 m ³ , V propuesto= 127.81 m ³ Ct= 2 m, Ø tanque= 5 m, H útil= 6 m Presión aportada por el tanque al sistema P ≤ 3 m.c.a	Esta alternativa genera muy poca presión para la población.
2	Un tanque elevado propuesto que funcione por gravedad.	V requerido= 112.46 m ³ , V existente=0 m ³ , V propuesto= 127.81 m ³ Ct= 2 m, Ø tanque= 5 m, H útil= 6 m Altura desde el terreno a la base del tanque elevado 3.00 m Presión generada por el tanque a la red P ≤ 6 m.c.a	El tanque elevado presenta una altura total de 8 m, pero por condiciones de presión en el sistema este no lograría vencer la gravedad para así llenar el tanque
3	Un tanque superficial propuesto, que mediante bombas obtendrán la presión de servicio	V requerido= 112.46 m ³ , V existente=0 m ³ , V propuesto= 127.81 m ³ Ct= 2 m, Ø tanque= 5 m, H útil= 6 m Presión otorgada al sistema por las bombas Pmax= 20.80 m.c.a Pmin= 17.40m.c.a	Las bombas tienen que funcionar de manera interrumpida contra la red.

Fuente: Cálculos propios

Considerando las condiciones de servicio y de construcción se tomo como solución la utilización de un superficial de 127,81 m³, y bombeo contra la red.

5.1.5. Subsistema Boca Chica

Para esta zona se propone mantener la distribución de agua potable de manera

directa, en la que se lograrán presiones de servicio de entre 64.5 m.c.a como la máxima y la mínima, ya que se propone la colocación de válvulas reguladoras de presión.

5.1.6. Subsistema Boca de Pozo

Para esta zona se propone la construcción de un tanque almacenador, ya que el que se encuentra en la zona está muy deteriorado, el volumen que este debe poseer es de 1206,37 m³.

Tabla 5.7. Estudio de Alternativas Boca de Pozo.

Solución	Características de Funcionamiento	Condiciones de Servicio	Observaciones
1	Un tanque superficial propuesto, que funciona por gravedad.	V requerido= 1153.325 m ³ , V existente=0 m ³ , V propuesto= 1206.37 m ³ Ct= 2 m, Ø tanque= 16 m, H útil= 6 m Presión aportada por el tanque al sistema P ≤ 3 m.c.a	Esta alternativa genera muy poca presión para la población.
2	Un tanque elevado propuesto que funcione por gravedad.	V requerido= 1153.325 m ³ , V existente=0 m ³ , V propuesto= 1206.37 m ³ Ct= 2 m, Ø tanque= 16 m, H útil= 6 m Altura desde el terreno a la base del tanque elevado 3.00 m Presión generada por el tanque a la red P ≤ 5 m.c.a	El tanque elevado presenta una altura total de 9 m, pero por condiciones de presión en el sistema este no lograría vencer la gravedad para así llenar el tanque

Fuente: Cálculos propios

Tabla 5.7. Estudio de Alternativas Boca de Pozo. Continuación

Solución	Características de Funcionamiento	Condiciones de Servicio	Observaciones
3	Un tanque superficial propuesto, que mediante bombas obtendrán la presión de servicio	V requerido= 1153.325 m ³ , V existente=0 m ³ , V propuesto= 1206.37 m ³ Ct= 2 m, Ø tanque= 16 m, H útil= 6 m Presión otorgada al sistema por las bombas Pmax= 23.80 m.c.a Pmin= 20.30m.c.a	Las bombas tienen que funcionar de manera interrumpida contra la red.

Fuente: Cálculos propios

Considerando las condiciones de servicio y de construcción se tomo como solución la utilización de un superficial de 1153.325 m³, y bombeo contra la red.

5.1.6. Subsistema Robledal

Para esta población se propone realizar labores de mantenimiento al tanque existente, cuya capacidad actual de 600 m³, siendo requerido para el año 2030 un volumen de 182.51 m³.

Tabla 5.8. Estudio de Alternativas Robledal.

Solución	Características de Funcionamiento	Condiciones de Servicio	Observaciones
1	Un tanque superficial propuesto, que funciona por gravedad.	V requerido= 171.991 m ³ , V existente=0 m ³ , V propuesto= 182.51 m ³ Ct= 2.5 m, Ø tanque= 6.5 m, H útil= 6.5 m Presión aportada por el tanque al sistema P ≤ 3.25 m.c.a	Esta alternativa genera muy poca presión para la población.

Fuente: Cálculos propios

Tabla 5.8. Estudio de Alternativas Robledal. Continuación.

Solución	Características de Funcionamiento	Condiciones de Servicio	Observaciones
2	Un tanque elevado propuesto que funcione por gravedad.	V requerido= 171.991 m ³ , V existente=0 m ³ , V propuesto= 182.51 m ³ Ct= 2.5 m, Ø tanque= 6.5 m, H útil= 6.5 m Altura desde el terreno a la base del tanque elevado 4.00 m Presión generada por el tanque a la red P ≤ 7.25 m.c.a	El tanque elevado presenta una altura total de 10.5 m, pero por condiciones de presión en el sistema este no lograría vencer la gravedad para así llenar el tanque
3	Un tanque superficial propuesto, que mediante bombas obtendrán la presión de servicio	V requerido= 171.991 m ³ , V existente=0 m ³ , V propuesto= 182.51 m ³ Ct= 2.5 m, Ø tanque= 6.5 m, H útil= 6.5 m Presión otorgada al sistema por las bombas Pmax= 22.4 m.c.a Pmin= 19.40 m.c.a	Las bombas tienen que funcionar de manera interrumpida contra la red.

Fuente: Cálculos propios

Considerando las condiciones de servicio y de construcción se tomo como solución la utilización de un superficial de 182.51 m³, y bombeo contra la red.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- El Municipio Península de Macanao presenta deficiencias a lo largo de su sistema de Abastecimiento de agua potable debido al deterioro de las tuberías ya que han cumplido su vida útil.
- Debido al estilo de vida de los habitantes del Municipio Península de Macanao, y comparando los resultados de las estimaciones del crecimiento poblacional, se considera el modelo de crecimiento lineal como el más adecuado para la zona en estudio.
- En algunos sectores existe buenos rangos de presión, tal es el caso de la zona de Boca de Rio presión máxima 29.4 m.c.a, mientras que en otras zonas como en Boca de Pozo y Robledal carecen de presión suficiente obteniendo valores entre, -40,1 m.c.a y -26,2 m.c.a respectivamente.
- Los equipos de bombeo presentan deficiencias en presión de bombeo (carga dinámica) y caudal, respecto a los requerimiento actuales del sistema.
- La capacidad de almacenamiento del sistema actual de todo el municipio es de 1400 m³, siendo insuficiente en comparación al requerimiento actual de, cuyo valor es de 3.102,04 m³, existiendo un déficit de 1.702,04 m³, por lo que los estanques no alcanzan a suplir las demandas de almacenamiento.

- Las maniobras realizadas al sistema por parte de los operadores de Hidrocaribe, solo benefician al sector de Boca de Rio, siendo los sectores de Boca de Pozo y Robledal, con la presencia de presiones negativas los más perjudicados por las condiciones actuales del sistema abastecimiento.

- El gasto medio y máximo de diseño necesario, para abastecer el sector en estudio en el año 2030 es de 79,45 lps y 99,30 lps respectivamente.

- Sustituir las bombas que actualmente se encuentran en funcionamiento, en la estación de rebombeo, por nuevos equipos de bombeo que satisfagan las demandas de la población.

6.2. Recomendaciones

- Efectuar un mantenimiento periódico a los diferentes componentes del sistema, estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento y tubería de aducción.

- Implementar un sistema de medición de consumo, a fin de llevar un control de los consumos de agua que permita la elaboración de un registro exacto que servirán de base al momento de elaborar nuevos estudios y proyectos en la zona.

- Implementar el uso de medidores de caudal domestico, en aquellos lugares de la zona en estudio que aun no cuentan con el mismo, para así regular el consumo de agua.

- Elaborar campañas junto las mesas técnicas del agua, para promover el uso racional del agua y disminuir su malgasto, creando conciencia en la población respecto a su importancia y uso adecuado.

- Realizar un estudio demográfico de la población de Boca Chica para conocer su verdadero requerimiento de agua potable debido a su decrecimiento poblacional.

- Realizar un plan de ordenamiento urbano para el Municipio Península de Macanao, con la finalidad de determinar los posibles desarrollos futuros.

- Considerar la implementación de energías alternativas como la eólica y la solar, para reducir los costos de operación de las bombas que distribuyen el caudal en las poblaciones que conforman el estudio.

- Realizar estudios a las zonas más alejadas del sistema, para la utilización de plantas desalinizadoras, o de camiones cisternas para de esta manera brindarles el servicio de agua potable.

- El monto estimado del proyecto de acuerdo a el Análisis de Precio Unitario y al Presupuesto es de Bolívares Fuertes, Trece Millones Novecientos Seis mil Ochocientos Cuatro, con Cincuenta y Siete Céntimos (13.906.804,57 BsF). El cual es solo un valor referencial para dicho proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. RIVAS, G. **“Abastecimientos de Aguas y Alcantarillados”**, Tercera Edición, Ediciones Vega, Caracas (1983).
2. AROCHA, S. **“Abastecimiento de Agua. Teoría y Diseño”**. Primera Edición. Ediciones Vega s.r.l. Caracas, Venezuela (1978).
3. GONZALEZ, L. **“Metodología para Diseñar y Evaluar Redes de Distribución de Agua Potable (Acueductos)”**. Segunda Edición. Editorial UDO. Barcelona, Venezuela (2002).
4. I.N.O.S. **“Normas para el Diseño de los Abastecimientos de Agua”**. Instituto Nacional de Obras Sanitarias. Caracas, Venezuela. (1965).
5. MERRITT, F. **“Manual para el Ingeniero Civil”**. Tercera Edición. Editorial Mc Graw Hill. Distrito Federal, México. (1998).
6. LOPEZ, R. **“Diseño de Acueductos y Alcantarillados”**. Segunda Edición. Ediciones Alfaomega. Bogota, Colombia. (1999).
7. SALDARRIAGA, J., **“Hidráulica de Tuberías”**, Editorial McGraw-Hill, Santa Fé de Bogotá, D. C., Colombia (1998).
8. M.S.A.S, **“Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Ampliación, Reforma y Mantenimiento de las Instalaciones Sanitarias para Desarrollos Urbanísticos”**, Gaceta Oficial N° 4.103, Caracas (1989).

9. MÉNDEZ, M., **“Tuberías a Presión en los Sistemas de Abastecimiento de Agua”**, Editorial UCAB, Primera Edición, Caracas, (1995).

10. ESPINOSA, E. y MONATERIO, F. **“Evaluación del Sistema de Abastecimiento y Distribución de Agua Potable de la Zona Sur de Barcelona, Mediante la utilización de un Programa de Computación”**. Trabajo de Grado. Departamento de Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui. Barcelona-Venezuela (2005).

11. ROJAS, L. y YASELLI, R. **“Evaluación del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la Zona Sur del Municipio Juan Antonio Sotillo, Mediante la Aplicación de un Programa de Computación”**. Trabajo de Grado. Departamento de Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui. Barcelona-Venezuela (2005).

12. ACOSTA, G. y SALAZAR, J. **“Evaluación del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en el Municipio Guanta – Estado Anzoátegui Aplicando el Software WATERCAD”**. Trabajo de Grado. Departamento de Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui. Barcelona, Venezuela (2005).

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

<u>TÍTULO</u>	“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO PENÍNSULA DE MACANAO, ESTADO NUEVA ESPARTA”
<u>SUBTÍTULO</u>	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Niño B., Fabio F.	CVLAC: 18.114.305 E MAIL: frederickfn127@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Acueducto _____

Evaluacion _____

Sistema de _ distribución _____

Agua Potable _____

Tanque Compensador _____

Sistema Matriz _____

Rebombeo _____

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

<u>ÁREA</u>	<u>SUBÁREA</u>
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	
	Ingeniería Civil

RESUMEN (ABSTRACT):

En el presente trabajo se realizo la Evaluación del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del Municipio Península de Macanao, para esto se realizo un estudio demográfico de la zona de estudio, para de esta manera obtener la dotación y consumo de la población para un periodo de 21 años, obtenido esto se procedió a simular hidráulicamente el sistema mediante el uso del software watercad y de esta manera conocer que partes del sistema presentan fallas o no cumplen con las necesidades de la población.

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

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU
Morales C., Hilda J.	CVLAC:	5.189.811			
	E_MAIL	moraleshc@gmail.com			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Ghanem, Ana.	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Ramírez, María.	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:

2010	04	14
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS.Acueducto.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 DE ANZOÁTEGUI _____

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado

“Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la universidad de oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participara al consejo universitario”

Br. Niño B., Fabio F.

AUTOR

AUTOR

AUTOR

Morales, Hilda.

Ghanem, Ana.

Ramírez, María.

TUTOR

JURADO

JURADO

POR LA SUBCOMISION DE TESIS