

**ACTIVIDADES DE APOYO EN LA ELABORACIÓN DE LAS NORMAS
TÉCNICAS PARA DISEÑO Y PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE
ACUEDUCTO PARA BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA**

LADY JOHANNA SAUZA RODRÍGUEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MÉCICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2005**

**ACTIVIDADES DE APOYO EN LA ELABORACIÓN DE LAS NORMAS
TÉCNICAS PARA DISEÑO Y PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE
ACUEDUCTO PARA BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA**

LADY JOHANNA SAUZA RODRÍGUEZ

**Trabajo de Grado modalidad
Práctica Empresarial**

**Director de Práctica UIS
Ing. Mario García**

**Tutor de Práctica amb
Ing. Eliseo Osorio Suárez**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MÉCANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2005**

Dedicatoria

A mi Mamá Leonor Rodríguez de Sauza, a mi Papá Marcos A. Sauza, a mis hermanas Jenny y Natalia, a mi Tía Josefa y mi Tío Gilberto (mis segundos padres), a mis Abuelitas Rosalbina y Rosa Inés.

A mis mejores amigas Diana María Sierra y Andrea Juliana Rondón.

A todos mis familiares y amigos.

Agradecimientos

A Dios y a la Virgen por todo lo que me han brindado en la vida

A Talo Linares por su apoyo y colaboración
Gran amigo

Al Dr. Mauricio Mejía Abello por la oportunidad
Gerente General del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga **amb**

Al Dr. Eliseo Osorio Suárez por creer en mi
Gerente de Planeación y Proyectos del **amb**

Al Ing. Armando Gómez por sus enseñanzas
Ing. Civil de la División Nuevos Abastecimientos **amb**

A la Ing. Mónica Blanco por su amistad
Coordinadora Gestión Ambiental **amb**

A Ivan Araque Meneses por su colaboración en la digitalización de los planos
Técnico de Dibujo **amb**

Al Dr. William Ibañez por sus aportes
Gerente de Operaciones del **amb**

A todos mis compañeros y amigos de la Gerencia de Planeación y Proyectos del
amb.

A todos mis profesores de la Universidad Industrial de Santander, especialmente
al Ing. Álvaro Rey Soto y a mi Director de Práctica el Ing. Mario García.

*** TÍTULO: ACTIVIDADES DE APOYO EN LA ELABORACIÓN DE LAS NORMAS TÉCNICAS PARA DISEÑO Y PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE ACUEDUCTO PARA BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA.**

Autor

Lady Johanna Sauza Rodríguez **

Palabras claves

Normas Técnicas
Normas de Diseño Hidráulico
Acueductos
Acueducto Metropolitano de Bucaramanga
Proyectos Hidráulicos para Acueductos

Descripción

El presente trabajo de grado es una Recopilación de información que se encontraba dispersa dentro del patrimonio intelectual y archivos del **amb** y en libros y normas de Acueducto Colombianas. Si bien es cierto los Acueductos en general de nuestro país cuentan con el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS2000, este es un documento muy global que abarca Acueductos de todos los niveles de complejidad (bajo, medio, medio alto y alto).

Por ello Acueductos como la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB, Empresas Públicas de Cali EMCALI, Empresas Públicas de Medellín EPM, y ahora gracias a este trabajo de grado el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga contará también con sus propias normas que rijan e institucionalicen los parámetros de diseño y entrega de proyectos para los diferentes elementos que constituyen el Sistema de Acueducto como lo son las Captaciones de Agua Superficial, las Líneas de Aducción, las Líneas de Conducción, los Tanques de Almacenamiento, las Estaciones de Bombeo, además de normalizarse la Entrega y Elaboración de Estudios Topográficos, Estudios de Población, Dotación y Demanda, la Entrega de memorias y Digitalización de planos.

Así mismo, se presenta una Guía del procedimiento a seguir en la elaboración de los estudios hidráulicos para presentación y evaluación de proyectos de Acueducto en el **amb** como aporte técnico a la Universidad; además se muestra un informe sobre la Metodología para la determinación de la dotación en litros/habitante/día para el **amb**.

1

*Modalidad Práctica Empresarial

**Facultad de Ing.Físico Mecánica – Escuela de Ing.Civil – Director Ing.German García

*** TITLE: SUPPORT ACTIVITIES IN THE ELABORATION OF TECHNICAL NORMS FOR
AQUEDUCT DESIGNING AND PRESENTATIONS OF PROJECTS FOR BUCARAMANGA
AND METROPOLITAN AREA**

Author

Lady Johanna Sauza Rodríguez **

Key words

Technical norms
Hydraulic design norms
Aqueducts
Metropolitan Aqueduct of Bucaramanga
Hydraulic projects for Aqueducts

Abstract

The thesis is a Summary of information that was dispersed inside the intellectual patrimony and files of the **amb** and in books and Colombian norms of Aqueduct. Although it is certain the Aqueducts in general of our country they have the Technical Regulation of the Sector of Drinking water and Basic Reparation RAS2000, this is a very global document that embraces Aqueducts of all the levels of complexity (low, half, half high and high).

Hence, Aqueducts like the Company of Aqueduct and Sewer system of Bogotá EAAB, Public corporations of Cali EMCALI, Public corporations of Medellín EPM, and now thanks to this thesis the Metropolitan Aqueduct of Bucaramanga will also have its own norms that govern and institutionalize the design parameters and delivery of projects for the different elements that constitute the System of Aqueduct such as the Receptions of Superficial Water, the Lines of Adduction, the Lines of Conduction, the Tanks of Storage, the Stations of Pumping, besides being normalized the Delivery and Elaboration of Topographical Studies, Studies of Population, Endowment and Demands, the Delivery of memoirs and Digitization of planes.

Likewise, a Guide of the procedure is presented to continue in the elaboration of the hydraulic studies for presentation and evaluation of projects of Aqueduct in the **amb** like technical contribution to the University; a report is also shown on the Methodology for the determination of the endowment in litres/habitant/day for the **amb**.

2

†Modalidad Practica Empresarial

**Facultad de Ing.Físico Mecánica – Escuela de Ing.Civil – Director Ing.German García

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	- 16 -
1. GENERALIDADES Y DEFINICIONES	- 17 -
1.1 GENERALIDADES	- 17 -
1.2 DEFINICIONES	- 17 -
1.3 ABREVIATURAS	- 19 -
2. PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO-	20
:	
2.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO Y DEFINICIÓN DEL ALCANCE	- 20 -
2.2 CONOCIMIENTO DEL MARCO INSTITUCIONAL	- 20 -
2.3 ACCIONES LEGALES	- 21 -
2.4 ASPECTOS AMBIENTALES	- 21 -
2.5 UBICACIÓN DENTRO DE LOS PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO PREVISTOS	- 22 -
2.6 ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS PREVIOS	- 22 -
2.7 DISEÑO Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	- 22 -
2.8 CONSTRUCCIÓN E INTERVENTORÍA	- 23 -
2.9 PUESTA EN MARCHA, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	- 23 -
3. POBLACIÓN, DOTACIÓN Y DEMANDA	- 24 -
3.1 ALCANCE	- 24 -
3.2 DEFINICIONES	- 24 -
3.3 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	- 25 -
3.4 ACTIVIDADES BÁSICAS DEL ESTUDIO	- 26 -
3.5 ALCANCE DEL ESTUDIO	- 26 -
3.6 PÉRDIDAS EN EL SISTEMA	- 31 -
3.6.2 PÉRDIDAS TÉCNICAS	- 31 -
3.6.3 PÉRDIDAS COMERCIALES	- 32 -
3.7 DEMANDA	- 33 -
3.7.1 CAUDAL MEDIO DIARIO	- 33 -
3.7.2 CAUDAL MÁXIMO DIARIO	- 33 -
3.7.3 CAUDAL MÁXIMO HORARIO	- 33 -
4. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS	- 34 -

4.1	CONDICIONES GENERALES	- 34 -
4.2	OBJETIVO	- 34 -
4.3	LOCALIZACIÓN	- 34 -
4.4	GEOREFERENCIACIÓN	- 34 -
4.5	PLANIMETRÍA	- 35 -
4.6	ALTIMETRÍA	- 35 -
4.7	MÉTODO A UTILIZAR PARA EL LEVANTAMIENTO	- 36 -
4.8	LÍMITES DE TOLERANCIA	- 37 -
4.8.1	CIERRE LINEAL	- 37 -
4.8.2	CIERRE ANGULAR	- 37 -
4.8.3	CIERRE ALTIMÉTRICO (NIVELACIÓN DIRECTA O GEOMÉTRICA)	- 38 -
4.9	DOCUMENTOS A ENTREGAR	- 38 -
4.9.1	CARTERAS	- 38 -
4.9.2	MEMORIAS DE CÁLCULOS	- 38 -
4.9.3	PLANOS	- 38 -
<u>5. DISEÑO DE CAPTACIONES DE AGUA SUPERFICIAL</u>		- 41 -
5.1	ALCANCE	- 41 -
5.2	DEFINICIONES	- 41 -
5.3	ESTUDIOS PREVIOS	- 42 -
5.4	MARCO INSTITUCIONAL	- 42 -
5.5	CONDICIONES GENERALES	- 43 -
5.5.1	CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN PARA CAPTACIONES	- 43 -
5.5.2	SEGURIDAD Y ESTABILIDAD	- 44 -
5.5.3	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	- 45 -
5.6	BOCATOMA O CAPTACIÓN LATERAL	- 45 -
5.7	BOCATOMA DE FONDO O CAPTACIÓN SUMERGIDA	- 46 -
5.8	PARÁMETROS DE DISEÑO	- 47 -
5.8.1	PERÍODO DE DISEÑO	- 47 -
5.8.2	CAPACIDAD DE DISEÑO	- 47 -
5.8.3	CANALES DE ADUCCIÓN	- 48 -
5.8.4	REJILLAS	- 49 -
5.8.5	DESARENADORES	- 52 -
<u>6. DISEÑO DE ADUCCIONES Y CONDUCCIONES</u>		- 55 -
6.1	ALCANCES	- 55 -
6.2	DEFINICIONES	- 55 -
6.3	PROCESO GENERAL	- 56 -
6.4	ESTUDIOS Y ACTIVIDADES	- 57 -
6.4.1	DISEÑO CONCEPTUAL	- 57 -
6.4.2	PREDISEÑO	- 58 -
6.4.3	DISEÑO	- 59 -
6.5	CONDICIONES GENERALES	- 60 -

6.5.1	TIPOS DE ADUCCIONES	- 60 -
6.5.2	CONDUCCIONES	- 60 -
6.5.3	ANÁLISIS HIDRÁULICO	- 61 -
6.5.4	PROTECCIÓN CONTRA LA CONTAMINACIÓN	- 61 -
6.6	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	- 61 -
6.6.1	WATERCAD	- 61 -
6.6.2	EPANET	- 62 -
6.6.3	REDES	- 63 -
6.7	PARAMETROS DE DISEÑO	- 63 -
6.7.1	PERÍODO DE DISEÑO	- 64 -
6.7.2	CAUDAL DE DISEÑO	- 64 -
6.7.3	CONDUCTOS A PRESIÓN	- 64 -
6.7.4	CANALES A FLUJO LIBRE	- 82 -

7. DISEÑO HIDRÁULICO DE TANQUES DE DISTRIBUCIÓN Y/O COMPENSACIÓN - 86

-

7.1	ALCANCES	- 86 -
7.2	DEFINICIONES	- 86 -
7.3	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN	- 87 -
7.4	ACTIVIDADES BÁSICAS PARA EL PREDISEÑO	- 87 -
7.5	ACTIVIDADES DE DISEÑO	- 88 -
7.5.1	DIMENSIONAMIENTO DEFINITIVO DEL TANQUE	- 88 -
7.5.2	CRITERIOS PARA UBICACIÓN DEL TANQUE	- 90 -
7.5.3	TUBERÍAS Y ACCESORIOS	- 91 -
7.5.4	ENTRADA DE AGUA AL TANQUE – CÁMARA DE ENTRADA	- 91 -
7.5.5	PASO DIRECTO	- 93 -
7.5.6	SALIDAS DE AGUA DEL TANQUE – CÁMARA DE SALIDA	- 93 -
7.5.7	REBOSE	- 95 -
7.5.8	TUBERÍA DE DESAGÜE Y LIMPIEZA DEL TANQUE	- 95 -
7.5.9	VENTILACIÓN	- 98 -
7.5.10	SISTEMA DE DRENAJE	- 98 -
7.6	IMPERMEABILIZACIÓN Y RECUBRIMIENTO	- 99 -
7.7	CUBIERTA DEL TANQUE	- 99 -
7.8	DISPOSITIVOS DE CONTROL DE CAUDAL Y NIVEL	- 100 -
7.9	PRUEBA DE FUGAS Y DE ESTANQUEIDAD EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DEL AMB	- 100 -
7.10	REPARACIÓN DE LOS TANQUES DEBIDO A FUGAS REVELADAS POR LAS PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD	- 101 -
7.11	ACCESO A LAS CÁMARAS DEL TANQUE	- 101 -
7.12	DISPOSITIVOS DE ACCESO AL TANQUE	- 102 -

8. ESTACIONES DE BOMBEO - 103 -

8.1	ALCANCE	- 103 -
-----	---------	---------

8.2	CONSIDERACIONES GENERALES	- 103 -
8.3	DEFINICIONES	- 103 -
8.4	ESTUDIOS PREVIOS	- 104 -
8.4.1	RELACIÓN CON LAS DEMÁS PARTES DEL SISTEMA	- 104 -
8.4.2	ESTUDIO DE LA DEMANDA	- 104 -
8.4.3	ASPECTOS TOPOGRÁFICOS	- 104 -
8.4.4	ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS	- 104 -
8.4.5	DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA	- 105 -
8.4.6	JUSTIFICACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICA	- 105 -
8.5	PARÁMETROS DE DISEÑO	- 105 -
8.5.1	PERÍODO DE DISEÑO	- 105 -
8.5.2	CAUDALES DE DISEÑO	- 105 -
8.5.3	POZO DE SUCCIÓN	- 105 -
8.5.4	TUBERÍA DE SUCCIÓN	- 106 -
8.5.5	TUBERÍA DE IMPULSIÓN	- 107 -
8.5.6	BOMBAS	- 107 -
8.5.7	SALA DE BOMBAS	- 108 -
8.6	VÁLVULAS Y ACCESORIOS	- 108 -

9. NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE MEMORIAS SOBRE DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE PROYECTOS DE ACUEDUCTO - 109 -

9.1	ALCANCE	- 109 -
9.2	DEFINICIONES	- 109 -
9.3	ENTREGA DE MEMORIAS	- 109 -
9.3.1	INFORME PRELIMINAR	- 109 -
9.3.2	PROYECTO	- 110 -
9.4	ENTREGA DE PLANOS	- 111 -

10. NORMAS PARA ENTREGA DE ARCHIVOS DIGITALES Y COPIAS DURAS - 113 -

10.1	ALCANCE	- 113 -
10.2	PROCEDIMIENTO	- 113 -

11. GUÍA PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE DISEÑOS HIDRAULICOS PARA LOS DIFERENTES ELEMENTOS QUE COMPONEN EL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA. - 120 -

11.1	PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE CAPTACIONES SUPERFICIALES	- 120 -
11.1.1	ENTREGA DE MEMORIAS	- 120 -
11.1.2	ENTREGA DE PLANOS DEFINITIVOS	- 123 -
11.2	PRESENTACIÓN DE MEMORIAS PARA PROYECTOS DE CONDUCCIÓN Y/O ADUCCIÓN	- 124 -
11.2.1	INFORME PRELIMINAR	- 124 -

11.2.2	PROYECTO	- 125 -
11.2.3	ENTREGA DE PLANOS	- 127 -
11.3	ENTREGA DE MEMORIAS PARA PROYECTOS DE TANQUES DE DISTRIBUCIÓN Y/O COMPENSACIÓN	- 127 -
11.3.1	ENTREGA DE MEMORIAS	- 127 -
11.3.2	ENTREGA DE PLANOS	- 128 -
11.4	PRESENTACIÓN DE MEMORIAS PARA PROYECTOS DE ESTACIONES DE BOMBEO	- 128 -
11.4.1	ENTREGA DE MEMORIAS	- 128 -
11.4.2	ENTREGA DE PLANOS	- 130 -
12. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN		- 132 -
12.1	METODOLOGÍA 1	- 132 -
12.2	METODOLOGÍA 2	- 134 -
12.3	CONCLUSIONES	- 138 -
CONCLUSIONES		- 148 -
BIBLIOGRAFIA		- 150 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. % de Pérdidas Técnicas.....	32
Tabla 2. % Pérdidas Comerciales.....	32
Tabla 3. Abscisado del eje.....	35
Tabla 4. Intervalo máximo entre curvas de nivel.....	36
Tabla 5. Escala de Planos Planta-Perfil.....	39
Tabla 6. Velocidades máximas según terreno.....	48
Tabla 7. Pendiente del Talud según terreno.....	49
Tabla 8. Inclinación de rejilla.....	50
Tabla 9. Separación entre varillas Bocatoma de Fondo.....	50
Tabla 10. Separación entre varillas Bocatoma Lateral.....	50
Tabla 11. Factor de Forma.....	51
Tabla 12. Caudal de Diseño.....	64
Tabla 13. Coeficiente de rugosidad.....	65
Tabla 14. Rugosidad Absoluta.....	67
Tabla 15. Rugosidad modificada.....	68
Tabla 16. Diámetro mínimo Aducción.....	68
Tabla 17. Diámetro tubería de desagüe.....	71
Tabla 18. Diámetro ventosas.....	72
Tabla 19. Relación modulo de elasticidad y material tubería.....	77
Tabla 20. Rugosidad de Manning.....	83

Tabla 21. Velocidades máximas en canales revestidos.....	83
Tabla 22. Provisión contra incendios.....	89
Tabla 23. Volumen total del Almacenamiento.....	90
..	
Tabla 24. Diámetro Tubería de Succión.....	106
Tabla 25. Escala para planos de Perfil.....	112
Tabla 26. Nomenclatura de las redes existentes y proyectadas.....	113
Tabla 27. Convenciones para los accesorios.....	117
Tabla 28. Convenciones para los accesorios.....	118
Tabla 29. Características de la Captación.....	121
Tabla 30. Metodología 1.1. Dotación Global.....	139
Tabla 31. Metodología 1.2.1. Dotación Bruta por Usos.....	140
Tabla 32. Número de Suscriptores por Usos.....	140
Tabla 33. Metodología 1.2.2. Dotación Bruta Residencial por Estratos.....	141
Tabla 34. Metodología 2.1. Dotación Neta y Bruta.....	142

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Crecimiento de la Población servida por el amb	29
Gráfica 2. Agua Tratada 1994-2003.....	135
Grafica 3. Metodología 1.1. Dotación Global.....	143
Grafica 4. Metodología 1.2.1. Dotación Bruta por Usos.....	143
Grafica 5. Metodología 1.2.2. Dotación Bruta Residencial por Estrato...	144
Grafica 6. Metodología 2.1. Dotación Neta.....	146
Grafica 7. Metodología 2.1. Dotación Bruta.....	146

LISTA DE ESQUEMAS

ESQUEMA 1. Principales elementos que componen un Sistema de Acueducto.....	147
ESQUEMA 2. Principales componentes de la Bocatoma de fondo.....	46

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Rotulo estándar **amb**

Anexo 2. Perímetro Sanitario actual **amb**

Anexo 3. Planta y Corte típico de una Estación Reguladora de Pres. para el **amb**

Anexo 4.1. Plano Típico en Planta de una Captación

Anexo 4.2. Plano Típico Estructural de una Captación

Anexo 5.1. Plano Típico Planta-Perfil de una Conducción

Anexo 5.2. Plano Típico Detalles Hidráulicos de una Conducción

Anexo 6.1. Plano Típico Localización General de un Tanque

Anexo 6.2. Plano Típico Planta de Drenaje – Corte y Detalles de un Tanque

Anexo 6.3. Plano Típico Diseño Estructural – Ventilación de un Tanque

Anexo 7.1. Plano Típico Localización General de una Estación de Bombeo

Anexo 7.2. Plano Típico Planta - Perfil de una Impulsión

Anexo 7.3. Plano Típico Disposición de Equipos para una Estación de Bombeo

Anexo 7.4. Plano Típico Pozo de Succión – Planta y Cortes de una E. de B.

Anexo 7.5. Plano Típico Disposición de Equipos Eléctricos de una E. de B.

INTRODUCCIÓN

El Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, es una de las mejores Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios con mayor garantía de viabilidad en Colombia. Es por ello que uno de sus grandes objetivos es persistir en los esquemas de modernización, haciéndose necesaria la actualización y unificación de criterios utilizados dentro de ella.

Este trabajo de grado se lleva a cabo en la Modalidad Práctica Empresarial durante seis meses consecutivos (ocho horas diarias) y surge con el fin de cumplir uno de los requisitos exigidos por la Universidad para obtener el título profesional y el deber como estudiante de una de las mejores Universidades Públicas del País de aportar a la sociedad Santandereana conocimientos adquiridos en el Alma Mater.

El objetivo principal es la Actualización de las Normas Técnicas de Diseño Hidráulico del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, que más que actualizar es elaborar, ya que el **amb** no cuenta con normalización en varios de los campos que se tratan en este proyecto. En general, no existe un procedimiento sistemático para la elaboración de Diseños de los elementos que componen el Sistema de Acueducto, ni un documento oficial que rija la elaboración y presentación de este tipo de proyectos. Además, se quiere tener una norma que encamine a los nuevos ingenieros dentro de los parámetros institucionales, ya que el patrimonio intelectual se va con las personas al pasar de los años.

El alcance de esta norma abarca los Parámetros de Diseños de Captaciones de Agua Superficial, de Aducciones y Captaciones, de Tanques de Distribución y/o Compensación, de Estaciones de Bombeo y además una metodología para la Elaboración y presentación de Estudios Topográficos y de Dotación, Población y Demanda para el Acueducto de Bucaramanga y su Área Metropolitana.

También, como Aporte Técnico a la Universidad, contiene una Guía para la elaboración y presentación de los Diseños Hidráulicos de los elementos nombrados en el párrafo anterior.

Al final se muestra un informe sobre la metodología para la Determinación de la Dotación en lt/hab/día, como fundamento al valor implementado en la norma.

1. GENERALIDADES Y DEFINICIONES

1.1 GENERALIDADES

Las presentes normas técnicas tienen por objeto fijar los criterios básicos y requisitos mínimos que se deben seguir en la elaboración y presentación de diseños hidráulicos para proyectos de Captaciones de Agua Superficial, Líneas de Aducción, Conducción e Impulsión, Estaciones de Bombeo, y Tanques de Distribución y/o Compensación, que hacen parte de un sistema de Acueducto clasificado en el nivel alto de complejidad según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000. (A.3.1.), para ser desarrollados y aplicados en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P.

Al final de este documento en el **ESQUEMA 1** se observan los Principales elementos que componen un sistema de Acueducto.

1.2 DEFINICIONES

Este glosario consta de términos y conceptos que se utilizan a lo largo de la Norma, las definiciones específicas necesarias para cada capítulo son mostradas en cada uno de ellos.

- **Agua Cruda.** Agua superficial o subterránea en estado natural; es decir que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.
- **Agua Potable.** Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos es apta y aceptable para el consumo humano y cumple con las normas de calidad de agua.
- **Cabeza de Presión.** Presión manométrica en un punto, expresada en metros de columna de agua, obtenida como la razón entre la magnitud de la presión y el peso específico del agua.

- **Capacidad Hidráulica.** Caudal máximo que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación.
- **Flujo a Presión.** Aquel transporte en el cual el agua ocupa todo el interior del conducto, quedando sometida a una presión superior a la atmosférica.
- **Flujo Libre.** Aquel transporte en el cual el agua presenta una superficie libre donde la presión es igual a la presión atmosférica.
- **Línea de Energía.** Línea o elevación obtenida como la suma de la cabeza de presión, la cabeza de velocidad y la diferencia de altura topográfica respecto a un nivel de referencia.
- **Línea Piezométrica.** Línea o elevación obtenida de la suma de la cabeza de presión y la diferencia de altura topográfica respecto a un nivel de referencia.
- **Pérdidas menores.** Pérdida de energía causada por accesorios o válvulas en una conducción de agua.
- **Pérdidas por fricción.** Pérdidas de energía causada por los esfuerzos cortantes del flujo en las paredes de un conducto.
- **Período de Diseño.** Es el período de tiempo para el cual será cubierta la capacidad del sistema diseñado (tuberías, estructuras, bombeos, tanques y demás estructuras que lo componen).
- **Presión Dinámica.** Presión que se presenta en un conducto con el paso del agua a través de él.
- **Presión Estática.** Presión en un conducto cuando no hay flujo a través de él.

- **Presión Nominal.** Presión interna máxima a la cual puede estar sometida una tubería, considerando un factor de seguridad, y que es dada por el fabricante según las normas técnicas correspondientes.
- **Salidas para medición.** Salida practicada en una conducción, obturable con registro y válvula de incorporación, con el objeto de permitir la instalación de un aparato de medición o muestreo como pitómetro, medidores de la velocidad de flujo, etc.
- **Vida útil.** Tiempo estimado para la duración de un equipo o componente de un sistema sin que sea necesaria la sustitución del mismo; en este tiempo solo se requieren labores de mantenimiento para su adecuado funcionamiento.

1.3 ABREVIATURAS

- **amb** : Acueducto Metropolitano de Bucaramanga
- **AWWA** : American Water Works Association
- **CDMB** : Corporación Autónoma Regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga
- **CRA** : Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
- **DANE** : Departamento Administrativo Nacional de Estadística
- **DNP** : Departamento Nacional de Planeación
- **IGAC** : Instituto Geográfico Agustín Codazzi
- **NTC** : Norma Técnica Colombiana
- **POT** : Plan de Ordenamiento Territorial
- **SSPD** : Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
- **SCADA**: *Supervisory Control and Data Acquisition* (Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos.)

2. PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO

2.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO Y DEFINICIÓN DEL ALCANCE

Cualesquiera que sea el proyecto referente a alguno(s) de los componentes de un Sistema de Acueducto debe identificarse claramente el alcance de este. Definiendo sin lugar a confusión los límites del sector al cual se le prestará el servicio de Agua Potable.

A su vez, todo elemento que haga parte de un Sistema de Acueducto debe justificarse como la solución de un problema de salud pública, de control de pérdidas, del medio ambiente o de cobertura, ya sea para dar solución a un sector de la población que no tiene servicio o que cuenta con él pero carece de eficiencia y calidad.

2.2 CONOCIMIENTO DEL MARCO INSTITUCIONAL

El diseñador del sistema debe tener conocimiento de las responsabilidades y funciones de las entidades que se ven involucradas en la prestación del servicio público de agua potable, entre las que se destacan:

- Entidad responsable del proyecto
- Diseñador
- Constructor
- Empresa de Servicios Públicos y su carácter. (Oficial, mixto o privado)
- Entidades de Planeación Municipales (POT)
- Entidad reguladora (CRA u otra)
- Entidad de vigilancia y control (SSPD u otra)
- Gerencia de Planeación y Proyectos (**amb**)
- Gerencia de Operaciones (**amb**)
- Interventor
- Acciones proyectadas de la comunidad en el sistema
- Autoridad ambiental competente (Ministerio del Medio Ambiente, Corporación Autónoma Regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, etc.)
- Fuentes de financiación

2.3 ACCIONES LEGALES

El diseñador debe conocer todas las leyes, decretos, reglamentos y normas técnicas relacionadas con la conceptualización, diseño, operación, construcción, mantenimiento, supervisión técnica y operación de un Sistema de Acueducto o cada uno de sus componentes en particular. A continuación se enuncia la legislación pertinente vigente a la fecha:

- Ley 09 de 1979, por la cual se expide el Código Sanitario
- Ley 373 de 1997, sobre uso eficiente del agua
- Ley 388 de 1997, sobre Planes de Ordenamiento Territorial
- Acuerdo 034 de Septiembre 27 de 2000, sobre Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga
- Acuerdo 036 de Noviembre 09 de 2001, sobre Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Floridablanca
- Decreto 237 de Agosto 02 de 2001, sobre Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Girón
- Ley 142 de 1994, por la cual se establece la regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios
- Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente
- Resolución 173 de 2002, por la cual se fijan los lineamientos ambientales para los municipios del área de jurisdicción de la CDMB.

2.4 ASPECTOS AMBIENTALES

Respecto a este tema, se debe dar cumplimiento a lo establecido en la **RESOLUCION NÚMERO 173** (04 de Marzo de 2002), *en ejercicio de las facultades conferidas por la ley 99 de 1993*. La Resolución 173 fija los lineamientos ambientales para la localización y construcción de proyectos urbanísticos y arquitectónicos en suelo urbano de los municipios del área de jurisdicción de la CDMB y se establece el Documento de Seguimiento y Control Ambiental.

Dicha norma tiene por objeto, establecer los lineamientos para el control y seguimiento ambiental del desarrollo de proyectos urbanísticos o arquitectónicos que con la entrada en vigencia de los Planes de Ordenamiento Territorial, Planes Básicos de Ordenamiento Territorial o Esquemas de Ordenamiento Territorial y/o por la aplicación del decreto reglamentario 1892 de 1999 y del decreto 1753 de 1994 no requieren licencia ambiental y para aquellos proyectos, que sin

encontrarse dentro de las categorías anteriores puedan causar afectaciones ambientales durante su localización y construcción.

2.5 UBICACIÓN DENTRO DE LOS PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO PREVISTOS

Se debe consultar los Acuerdo 034 de Septiembre 27 de 2000, Acuerdo 036 de Noviembre 09 de 2001 y el decreto 237 de Agosto 02 de 200, que estipulan los Planes de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga, Floridablanca y Girón respectivamente, para conocer el comportamiento que presentará a corto, mediano y largo plazo tanto el desarrollo urbano como los planes viales, y zonas de conservación.

En el **ANEXO 2** se muestra un plano donde se observan los Límites de cobertura del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, de acuerdo al POT.

2.6 ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y ESTUDIOS PREVIOS

De acuerdo a la magnitud del proyecto a ejecutar y a los términos de referencia que se emiten para cada proyecto en particular se deben presentar o no, los estudios mencionados a continuación:

- Climatología
- Geología y suelos
- Topografía
- Recursos Hídricos
- Descripción de la infraestructura existente
- Características socio económicas
- Comunicaciones
- Vías de acceso
- Disponibilidad de mano de obra
- Disponibilidad de materiales de construcción
- Disponibilidad de energía eléctrica

2.7 DISEÑO Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

El diseño de cualquier elemento que constituye un Sistema de Acueducto debe cumplir los requisitos mínimos que establece esta norma.

En cuanto a los Estudios de Evaluación Socioeconómica deben analizarse diversas alternativas técnico-económicas y seleccionar la que presente el estudio de costo-eficiencia más factible.

2.8 CONSTRUCCIÓN E INTERVENTORÍA

Aunque el proceso de Construcción e Interventoría no es alcance de esta norma, se hace constar que este tema será referido en las especificaciones técnicas que divulgue el **amb** para cada proyecto en particular.

2.9 PUESTA EN MARCHA, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

De igual manera que el paso anterior este punto no es tema de la presente norma por tanto, no se profundiza al respecto, pero se aclara que para cada proyecto en especial se debe cumplir las especificaciones técnicas que se emitan y a su vez remitirse a las indicaciones que se dan en el RAS 2000 para sus diferentes componentes de un Sistema de Acueducto.

3. POBLACIÓN, DOTACIÓN Y DEMANDA

3.1 ALCANCE

Un parámetro fundamental en la ejecución de un proyecto de Acueducto es la determinación del caudal requerido, el cual depende directamente del número de habitantes a servir. Por esta razón en este capítulo se establecen los requisitos mínimos para la elaboración de un estudio de Población y Demanda y a su vez los parámetros necesarios para la determinación del Caudal Máximo Diario y el Caudal Máximo Horario.

Se aclara que, no siempre que para un Proyecto se requiera conocer la Población y/o la Dotación, se debe elaborar un Estudio tan detallado como el que en este capítulo se describe; este tipo de Informes se llevan a cabo cuando éste es el objetivo específico o cuando el proyecto es de tal dimensión que lo amerita.

3.2 DEFINICIONES

- **Población**
 - ✓ **Población histórica.** Es la población obtenida a partir de los censos demográficos realizados por el DANE o por estudios específicos desarrollados para tal fin.
 - ✓ **Población existente.** Es el número de habitantes considerados al inicio del período de diseño.
 - ✓ **Población de diseño.** Es la población proyectada estimada que se espera ser atendida por el proyecto, considerando un índice de cubrimiento previamente establecido.

- **Áreas de ocupación homogénea.** Son aquellas áreas donde la ocupación urbana es del mismo tipo de unidad e intensidad, pudiéndose establecer una densidad media de población sin grandes distorsiones.

- **Suscriptores y Tipos.** Es la unidad de consumo legalmente registrada ante el amb. Es la unidad de vivienda en el caso residencial o el establecimiento comercial e industrial en otros sectores. No se debe confundir este término con habitante, persona, instalación.

Los diferentes tipos de suscriptores que pueden existir a saber son: residenciales, industriales, comerciales, institucionales y otros.

- **Consumo Promedio Diario.** Consumo medio durante 24 horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un período de un año.
- **Coefficiente de Consumo Máximo Diario (K1).** Es la relación entre el consumo presentado en el día de mayor consumo del año y el consumo promedio diario del mismo año.
- **Coefficiente de Consumo Horario (K2).** Es la relación entre el mayor consumo horario registrado en determinado día del año y el consumo promedio diario del mismo año.
- **Gran Consumidor.** Se define para efecto de esta Norma, como gran consumidor, aquel cuya demanda media sea mayor o igual a $2592 \text{ m}^3/\text{mes}$, 1 l/s , o su equivalente $86,4 \text{ m}^3/\text{día}$.

3.3 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Cuando el **amb** desee realizar un estudio de proyección de la población, debe recopilar por lo menos la siguiente información:

- Planos actualizados del Área de Diseño en escala 1:2000 ó 1:5000
- Planos de zonificación ambiental
- Proyectos urbanísticos y de infraestructura existente y proyectada en el área de diseño.
- Fotografías aéreas recientes del área de diseño.
- Plano con la división de Barrios o Distritos del DANE y de Sistemas, Distritos y Rutas de facturación del **amb**.
- Acuerdos de zonificación vigentes – usos del suelo.
- Otros estudios de población realizados.

- Información suministrada por el **amb**.

3.4 ACTIVIDADES BÁSICAS DEL ESTUDIO

Dentro de las actividades que se deben ejecutar se resaltan las siguientes:

- Consolidación de la población total de los Barrios o Distritos en el área de diseño.
- Definición de las áreas homogéneas en el interior de los Barrios o Distritos.
- Localización en los planos del urbanismo e infraestructura existente.
- Evaluación de la densidad actual de las áreas homogéneas y su evolución en los últimos cinco años.
- Elaboración de los planos de distribución espacial de la población cada 5 años.
- Elaboración del informe del estudio de población.
- Consolidación del consumo per-cápita de los Barrios o Distritos.
- Identificación de los grandes consumidores en el área de diseño.
- Identificación de suscriptores especiales.
- Determinación del consumo actual y futuro de grandes consumidores.
- Determinación del consumo per-cápita por áreas homogéneas.
- Determinación de los parámetros de variación de la demanda.
- Cálculo de las demandas actuales y futuras en períodos de 5 años para los Barrios o Distritos y áreas homogéneas.
- Elaboración del informe del estudio de demanda.
- Elaboración de los planos de distribución espacial de la demanda.

3.5 ALCANCE DEL ESTUDIO

El alcance del estudio de población y demanda será para un período de 25 años.

- **Consolidación de la población total de los Barrios o Distritos en el área de diseño**

Con base en datos de los últimos censos del DANE o realizados a nivel Metropolitano, se deberán evaluar las poblaciones de las Barrios o Distritos y barrios.

- **Definición de las áreas homogéneas en el interior de los Barrios o Distritos**

Teniendo en cuenta que los barrios o Distritos pueden presentar características diferentes de tipo de usuario y densidad de ocupación en su interior, deberán ser identificadas las áreas homogéneas de ocupación.

Esta actividad debe realizarse utilizando fotografías aéreas recientes y/o levantamientos de campo en los cuales se identifiquen por muestreo los índices de vivienda/ha, vivienda/manzana; y eventualmente habitante/vivienda.

- **Localización Cartográfica del urbanismo e infraestructura existentes**

En los planos elaborados para presentación del estudio de población, deberán ser ubicadas las urbanizaciones proyectadas, con sus densidades y/o índices de ocupación. Si la urbanización está proyectada para desarrollar en etapas se deberán identificar las etapas de construcción planeadas, con convenciones diferentes. Esta información se extrae de los Planes de Ordenamiento Territorial pertinentes.

- **Densidad actual y futura de las áreas homogéneas**

Si el Proyecto para el cual se requiere conocer la Población y la dotación, no amerita ni exige realizar un estudio detallado, se podrá trabajar con las densidades establecidas en los POT correspondientes. Pero si por el contrario, en las especificaciones del Proyecto exigen realizar un Estudio Detallado de Población, Dotación y Demanda, se realizará con base en los índices obtenidos en el numeral anterior, definiendo las áreas homogéneas de ocupación y las tendencias de desarrollo urbanístico, los cuales deberán proyectarse por quinquenios.

- **Elaboración de los planos de distribución espacial de la población**

Se deberán elaborar planos digitales en escala 1:2000, 1:5000 ó 1:10000, dependiendo de la extensión del área en estudio, o la que indique el **amb**, presentando las áreas homogéneas de las densidades actuales por quinquenios hasta el año del período de diseño.

- **Elaboración del informe del estudio de población**

El diseñador deberá elaborar un informe presentando las actividades desarrolladas y la metodología utilizada. Así mismo deberá contener por lo menos, los planos con la identificación de los Barrios o Distritos y áreas homogéneas de ocupación con los valores de densidades actuales y para el año del período de diseño.

- **Identificación de los grandes consumidores en el área de diseño**

La identificación de los grandes consumidores deberá realizarse mediante visitas a campo y encuestas, señalando en cartografía los hospitales, batallones, colegios, lavaderos de carros e industrias existentes, y confrontando con la información disponible de facturación del **amb** de sectores y rutas, así como de los potenciales consumidores por atender.

- **Identificación de suscriptores especiales**

Deberán identificarse los consumidores que deben ser atendidos, independientemente de los aspectos económicos como colegios, edificios institucionales, iglesias y los que defina el **amb**. Para esos consumidores deberá ser evaluado el consumo actual y para el año del alcance de diseño.

- **Determinación del consumo actual y futuro de grandes consumidores**

Con base en los datos de facturación del **amb** y en encuestas que deben ser desarrolladas en todos los grandes consumidores, identificados en el área de estudio, ya abastecidos o no por el Sistema de Distribución, deberán ser definidos los consumos actuales y para el año del alcance del diseño.

- **Determinación del consumo per-cápita por áreas homogéneas**

El análisis de la dotación neta está definido en el RAS-2000, estableciendo los valores máximos y mínimos en la Tabla B.2.2. Sin embargo, y tal como consta en la misma tabla, no existen límites para los valores máximos a utilizar en los Sistemas de Nivel de Complejidad Alto. Por ello para la elaboración de estas normas, se realizó un estudio con los registros históricos el **amb**.

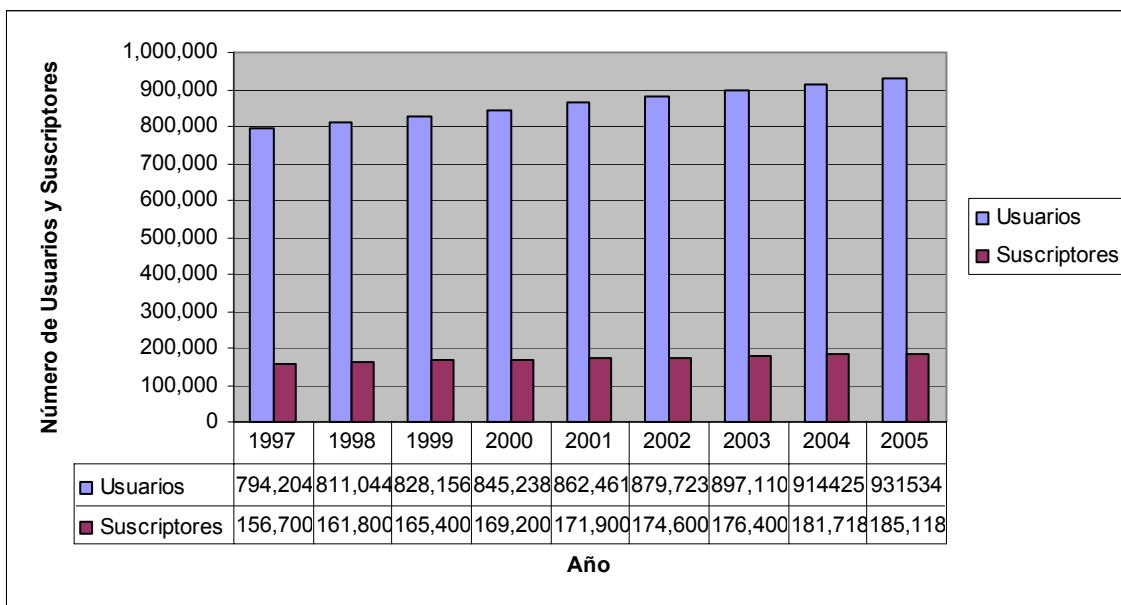
La Dotación Bruta es otro término que utiliza el RAS 2000, para referirse al consumo en litros por habitante y por día incluyendo las pérdidas que ocurren en el sistema, parámetro que la diferencia de la Dotación Neta. Esta Dotación en últimas, es la que se utiliza en el diseño.

✓ Suscriptores y usuarios

Se tiene como fuente principal los datos estadísticos de población emitidos por el DANE, y los censos registrados por la Gerencia de Comercial sobre los suscriptores y usuarios servidos por el **amb**, discriminados de acuerdo a su uso. Por ejemplo, para el año 2003 el **amb** contó con 176.400 suscriptores para un total de 897.110 usuarios atendidos.

A continuación se presenta una gráfica que muestra el crecimiento que ha presentado a lo largo de los últimos ocho años; los usuarios y suscriptores del **amb** y los que se esperan atender en el siguiente año.

Gráfica 1. Crecimiento de la Población servida por el amb



De la gráfica anterior se puede observar una relación promedio Suscriptor/Usuario de 1:5.

✓ Determinación de la Dotación Neta

- Consultar en los balances anuales del **amb** la información correspondiente a los volúmenes de agua facturados y al número de usuarios o habitantes atendidos.
- El anterior valor en m³ se debe ajustar con el índice de pérdidas por micromedidores en mal estado de funcionamiento, por conexiones

fraudulentas y por otros porcentajes, que para efectos de este documento serán denominadas Pérdidas Comerciales y son descritas en el ítem 3.6.3.

- Determinar la Dotación Neta:

$$DotaciónNeta = \frac{VolumenFacturadoAnual(m3) * Índice de Ajuste * 1000lt}{365(días) * Número de Habitantes}$$

✓ **Determinación de la Dotación Bruta**

- Consultar el estudio actualizado sobre "*Evaluación de Pérdidas en el sistema de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga*".
- Determinar la Dotación Bruta:

$$DotaciónBruta = \frac{DotaciónNeta}{(1 - \% Pérdidas Técnicas)}$$

Para el caso específico del Acueducto Metropolitana de Bucaramanga se ha determinado trabajar con una Dotación Neta de **157.5** lt/hab/día con unas pérdidas técnicas de 25%, estos valores surgen luego de realizar un estudio del consumo histórico por estrato, del cual se decide trabajar con un valor único de dotación por habitante para el Área Metropolitana de Bucaramanga.

- **Determinación de los coeficientes de variación de la demanda.**

- **Coeficiente de Consumo Máximo Diario (K1):**

Es la relación entre el consumo presentado en el día de mayor consumo del año y el consumo promedio diario del mismo año.

Este coeficiente se determina teniendo en cuenta el Consumo Promedio Diario obtenido de la Sumatoria de los Consumos Diarios Suministrados por las Plantas de Tratamiento del **amb** (La Flora, Morrorrico, Florida y Bosconia) para el último año y el Día de Máximo Consumo en ellas del mismo año.

De esta manera el Coeficiente de Consumo Máximo Diario para el **amb** es de **1.15**

- **Coeficiente de Consumo Máximo Horario (K2):**

El coeficiente K2 se obtiene teniendo en cuenta por un lado los registros de facturación del sector, y por otro lado con los resultados de investigaciones pitométricas que se realicen en dicho sector.

El Coeficiente Máximo Horario K2 para el **amb** es de **1.5**

- **Elaboración de los planos de distribución espacial de la demanda**

Se deben elaborar planos digitales en escala 1:2000, 1:5000 ó 1:10000, dependiendo de la extensión del área de estudio o la que indique el **amb**, presentando las demandas actuales y por quinquenios hasta el año del alcance del estudio.

3.6 PÉRDIDAS EN EL SISTEMA

En un Sistema de Acueducto el agua que se consume, no toda es por gasto directo de los diferentes tipos de suscriptores, sino que existen unos volúmenes de agua que se pierden en los diferentes elementos del sistema y por diversas razones, las cuales representan un porcentaje en mayor o menor magnitud de acuerdo al tipo de pérdida, que ha continuación se describen:

3.6.1 Pérdidas en la Aducción (agua cruda)

En el trayecto captación - planta de tratamiento se pierden volúmenes de agua, que para el **amb** representan en promedio el 2.7%. Este tipo de pérdidas se producen en general por daños en los canales y por caudales que se extraen a lo largo de este para atender fincas y pequeñas poblaciones aledañas.

3.6.2 Pérdidas Técnicas

Las Pérdidas Técnicas corresponden al agua producida y no consumida en ningún uso. Tanto este tipo de pérdidas como las comerciales representan un porcentaje

difícil de desagregar, por ello los porcentajes que se muestran a continuación son cifras aproximadas, basadas en registros y estudios realizados por el **amb** en el año 2004.

Tabla 1. % de Pérdidas Técnicas

PÉRDIDAS TÉCNICAS	%
CONSUMO EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO	
CONSUMO PROPIO	0,98%
FUGAS	0,52%
CONDUCCIONES	
FUGAS	4,60%
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	
REBOSES	0,08%
REDES DE DISTRIBUCIÓN	
FUGAS	17,00%
DAÑOS	
PÉRDIDAS TÉCNICAS CUANTIFICADAS	23,18%

3.6.3 Pérdidas Comerciales

Las Pérdidas Comerciales se refieren al agua producida, consumida y no pagada. Así mismo los valores que ha continuación se presentan son aproximados, ya que el **amb** no cuenta con registros exactos de algunos de los ítems enunciados en la tabla, pero esto no es problema porque realmente no representan un porcentaje considerable.

Tabla 2. % Pérdidas Comerciales

PÉRDIDAS COMERCIALES		2003
Conexiones	Suscriptores Suspendidos	1,96%
Fraudulentas	Pasos Directos	7,00%
Submedición		1,11%
Bomberos		0,36%
Reclamos		
Venta de Agua en Bloque		
Vactor CDMB		
TOTAL INDICE DE AJUSTE POR PÉRDIDAS COMERCIALES		10,43%

Índice de Ajuste = 1.1043

3.7 DEMANDA

3.7.1 Caudal Medio Diario

$$Q_{md} = \frac{P * d_{bruta}}{86400}$$

3.7.2 Caudal Máximo Diario

$$QMD = Q_{md} * K_1$$

3.7.3 Caudal Máximo Horario

$$QMH = QMD * K_2$$

4. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

4.1 CONDICIONES GENERALES

Generalmente este estudio es realizado por personal idóneo, externo a la empresa. El cual es contratado teniendo en cuenta las normas de contratación vigentes del **amb**.

En este capítulo se establecen los criterios básicos para realizar los trabajos de campo y de oficina requeridos en un levantamiento topográfico, y a continuación se determinan los parámetros mínimos que se deben tener en cuenta:

4.2 OBJETIVO

Todo estudio topográfico debe enmarcarse dentro de un objetivo específico, donde se determinan los alcances del trabajo a realizar.

4.3 LOCALIZACIÓN

Dentro de los términos de referencia emitidos por el **amb** se expondrá claramente la ubicación del proyecto.

La Interventoría del **amb**, entregará al Topógrafo los planos generales del proyecto y toda información que se considere necesaria, además se llevara a cabo una visita en forma conjunta al sitio donde se realizarán los trabajos topográficos.

4.4 GEOREFERENCIACIÓN

El levantamiento topográfico de cualquier proyecto para el **amb** debe estar georeferenciado a los puntos materializados más cercanos (mojones, BMs y/o referencias en general) del IGAC, de la CDMB o del **amb**, para los amarres altimétricos y planimétricos.

4.5 PLANIMETRÍA

Se localizarán los paramentos, andenes, sardineles y cunetas e infraestructura general de los sistemas de servicios públicos tales como:

- Alcantarillados Sanitarios y Pluviales
- Acueducto
- Gas
- Teléfono
- Eléctricas
- Otros.

Incluyendo la localización de postes, semaforización, parámetros urbanísticos de las diferentes manzanas, zonas verdes, separadores y gloriets, etc. Dentro de los detalles geográficos detallar quebradas, pontones, muros, canales, zonas húmedas, de deslizamiento, rocosas y árboles, que interfieran con la poligonal del levantamiento.

El levantamiento Planimétrico se debe realizar con equipos de precisión electrónicos como la estación topográfica (salvo en lugares que presenten altos riesgos de inseguridad se aceptarán equipos convencionales). Y el eje quedará abscisado de la siguiente manera:

Tabla 3. Abscisado del eje

Pendiente media del terreno	Intervalo máximo (m)
Menos del 20%	10
Más del 20%	5

4.6 ALTIMETRÍA

El levantamiento altimétrico se debe realizar con un nivel de precisión, partiendo de un punto y/o BM de cota conocida.

El topógrafo debe nivelar las estructuras y/o puntos de un terreno que se consideren importantes para el diseño del proyecto y los determinados en las especificaciones dadas por el **amb**.

De la siguiente tabla se obtiene el intervalo máximo entre curvas de nivel de acuerdo a la pendiente del terreno:

Tabla 4. Intervalo máximo entre curvas de nivel

Pendiente media del terreno	Intervalo (m)
Menos del 10%	1.0
Más del 10%	2.0, 2.5, 5.0 o más de acuerdo a los requerimientos.

Si el terreno en estudio presenta detalles topográficos relevantes, estos no pueden ser despreciados así no se cumpla con los intervalos de la tabla anterior, puesto que el objetivo final es obtener un perfil longitudinal que muestre la forma real del terreno.

4.7 MÉTODO A UTILIZAR PARA EL LEVANTAMIENTO

No se aceptarán los levantamientos taquimétricos, se aplicará el sistema de coordenadas cartesiana para el cálculo y dibujo de la poligonal. Partiendo de las coordenadas conocidas de los puntos georeferenciados.

Las deflexiones horizontales en la poligonal se deberán deflejar con los ángulos comerciales de las tuberías (11.25°, 22.5°, 45°, 90°), exceptuando casos especiales ya sea por las condiciones del terreno, algún obstáculo físico o conveniencia técnica. Dejando referencias en cada Delta.

El levantamiento de la poligonal se realizará con el método del ángulo leído, realizando radiación de todos los puntos que se requieran para detallar aquellas estructuras naturales o artificiales que tengan relación con el proyecto.

El trabajo de nivelación se inicia partiendo de los puntos de referencia mencionados anteriormente que tienen la cota conocida y se deberá cerrar con la contranivelación a puntos de referencia altimétricos que se encuentren en el sector o en el BM de inicio. A su vez el levantamiento topográfico debe presentar un cierre planimétrico. La precisión de los cierres se establece en los términos de referencias emitidos por el **amb** de acuerdo al aparato utilizado y a los requerimientos de cada proyecto en particular.

El topógrafo dejará en el lugar del proyecto como mínimo dos puntos de referencia en concreto y materializados con puntilla de acero o placa metálica con su respectiva identificación. El punto de arranque k0+00 siempre que sea posible se referenciará materializando mínimo tres puntos. También se deben colocar referencias a lo largo de la línea trazada cada 500 metros como máximo.

En la definición de la ruta, para el levantamiento de una poligonal en líneas de aducción, conducción y redes de distribución el topógrafo deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Exploración meticulosa del sitio de inicio al sitio de terminación.
- Utilizar la ruta de menor longitud entre los puntos a conectar. (dentro de lo funcional)
- Utilizar al máximo las áreas públicas, evitando adquisiciones o expropiaciones de terrenos particulares.
- Evitar vías públicas con tráfico intenso y con dificultad de manejo del tráfico durante la ejecución de las obras.
- Evitar interferencias, principalmente las de mayores dimensiones y las que su relocalización sea costosa o presente dificultades significativas, es decir elegir la ruta más económica.
- Evitar rutas junto a canales o cañadas, en donde normalmente existe concentración de servicios de aguas lluvias y de alcantarillado, así como de suelos aluviales y nivel freático elevado.
- Seleccionar ruta con topografía suave, evitando piezas especiales y accesorios.
- Tener en cuenta las servidumbres adquiridas por el amb.
- Siempre que existan instalaciones enterradas o accesorios enterrados en la aducción o conducción, será necesario emplear señalizaciones y referenciarlos en planos, esquemas o tarjetas con coordenadas.
- Presentar un registro fotográfico

4.8 LÍMITES DE TOLERANCIA

$E_{max_{adm}}$ = Error máximo admisible

4.8.1 Cierre Lineal

$E_{max_{adm}}$ (poligonal) = 1:2500

4.8.2 Cierre Angular

$E_{max_{adm}}$ (cierre angular) = $\pm a \sqrt{n}$ [segundos]

n = número de vértices o deltas (ángulos leídos)

a = Aproximación del tránsito en segundos. (máximo 20")

4.8.3 Cierre Altimétrico (Nivelación directa o geométrica)

$$E_{\max_{\text{adm}}} \text{ (cierre altimétrico)} = \pm 1.2 \sqrt{k} \text{ [centímetros]}$$

k = distancia nivelada en kilómetros.

Longitud máxima de la visual = 100 metros

Aproximación en la lectura de la mira = 0.001 metros

4.9 DOCUMENTOS A ENTREGAR

4.9.1 Carteras

Se debe entregar fotocopia empastada u original de las carteras de planimetría y altimetría las cuales deben estar numeradas y diligenciadas con letra y esquemas legibles, además deben contener como mínimo la siguiente información sobre el levantamiento topográfico:

- Fecha de inicio y terminación del levantamiento o trazado
- Nombre y número de la cartera
- Nombre de la entidad contratante
- Nombre, firma y cédula del responsable
- Equipos y elementos empleados
- Detalles especiales

4.9.2 Memorias de cálculos

Se podrá utilizar cualquier tipo de herramienta o software que facilite el trabajo de oficina, haciendo entrega de unas memorias en las que se dé a conocer la metodología usada en los cálculos realizados y todos los datos e información tenida en cuenta en el transcurso del levantamiento, así como la nomenclatura de identificación de los puntos de referencia con sus respectivas cotas y coordenadas cartesianas.

4.9.3 Planos

La entrega de los planos se llevará a cabo en dos etapas una preliminar en la que se presentarán en copia dura para ser sometidos a revisión por el funcionario encargado del **amb**, y una segunda etapa definitiva en la que se entregarán en archivo magnético y copia dura.

Los planos deberán cumplir con las dimensiones y formatos exigidos por el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.

- **PLANTA**

En fase de prediseño se admitirán planos a escalas 1:2.000, 1:5.000, 1:10.000 ó 1:25.000. En diseño se aceptarán escalas 1:500, 1:1.000 o 1:2.000.

La escala dependerá de la cartografía disponible en el IGAC, de los términos de referencia y magnitud de cada proyecto.

El plano deberá contener:

- Abscisas
- Deltas
- Norte
- Coordenadas
- Cuadro de coordenadas
- Cuadro de convenciones
- Cruces de las redes de servicios públicos
- Estructuras notables
- Accidentes geográficos

- **PERFIL**

La escala del plano de perfil obedecerá al plano en planta, de la siguiente manera:

Tabla 5. Escala de Planos Planta-Perfil

Plano Planta	Plano Perfil
1: 500	1: 500 H 1: 100 V
1: 1.000	1: 1.000 H 1: 100 V
1: 2.000	1: 2.000 H 1: 100 V

Cuando la diferencias de niveles sea tal que no alcance en el espacio vertical del plano, se podrá interrumpir el perfil y continuarlo en la misma plancha.

El plano deberá contener:

- Abscisas

- Deltas
- Cota terreno
- Cruces de las redes de servicios públicos
- Estructuras notables
- Accidentes geográficos

5. DISEÑO DE CAPTACIONES DE AGUA SUPERFICIAL

5.1 ALCANCE

En este literal se establecen los estudios previos y parámetros de diseño para la entrega de proyectos de obras de captación dispuestas en fuentes superficiales que cumplen con los requerimientos establecidos en el Capítulo B.3. *Fuentes de Abastecimiento de Agua* del RAS2000.

5.2 DEFINICIONES

- **Aducción:** Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.
- **Bocatoma:** Estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto.
- **Canal:** Conducto descubierto que transporta agua a flujo libre.
- **Captación:** Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento.
- **Coefficiente de rugosidad:** Medida de la rugosidad de una superficie, que depende del material y del estado de la superficie interna de una tubería.
- **Desarenador:** Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación mecánica.
- **Fuente de abastecimiento de agua:** Deposito o curso de agua superficial, utilizado en el sistema para el suministro de agua.
- **Rejilla:** Dispositivo instalado en una captación para impedir el paso de elementos flotantes o sólidos grandes.

5.3 ESTUDIOS PREVIOS

Se deben realizar todos los estudios previos que garanticen un conocimiento pleno de la geología, la geotécnica, la topografía, la hidrología y la calidad del agua en la zona de la captación.

De acuerdo a lo reglamentado en el RAS 2000, las aguas superficiales deben utilizarse en aquellos casos en que no se disponga de suficiente agua en las fuentes subterráneas o cuando éstas sean de una calidad inadecuada para el consumo humano. El Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. en los años 2002 y 2003 llevó a cabo los estudios pertinentes en aras de obtener los recursos hídricos del subsuelo del Área Metropolitana de Bucaramanga. Realizando la exploración de cuatro pozos, de los cuales no se obtuvieron los resultados esperados. Por tanto en esta norma, solo se exponen los parámetros mínimos que se deben seguir para el diseño de captaciones laterales y de fondo para fuentes superficiales, las cuales son las obras más utilizadas en el **amb**.

Los estudios que el diseñador debe tener en cuenta son los siguientes:

- Estudio de la Demanda (...Ver Capítulo 3...)
- Aspectos generales de la zona: estudio geomorfológico de las corrientes en donde se proyectó localizar la captación.
- Estudio Topográficos (...Ver Capítulo 4...)
- Condiciones Geológicas y Geotécnicas
- Estudios Hidrológicos

5.4 MARCO INSTITUCIONAL

Deben tenerse en cuenta todas las leyes, decretos y/o normas existentes en el Ministerio de Desarrollo, el Ministerio de Salud Pública, el Ministerio del Medio Ambiente y la Corporación Autónoma Regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB.

Además el **amb** en cumplimiento con lo establecido en la ley 09 de 1979 vela por la conservación y el control en la utilización de las fuentes de abastecimiento para evitar el crecimiento inadecuado de organismos, la presencia de animales y la posible contaminación por otras causas. En consecuencia el **amb** viene dando un tratamiento especial a la conservación de las cuencas de donde se abastece y es así como adelanta programas de reforestación, cerramiento de nacimientos de agua y programas de saneamiento básico en las partes altas de las mismas.

5.5 CONDICIONES GENERALES

5.5.1 Criterios de localización para captaciones

La captación debe ubicarse en los tramos rectos de los ríos con el fin de evitar erosiones y sedimentaciones, en el caso de que esto no sea posible debe situarse en la orilla externa de una curva en una zona donde no haya evidencias de erosión.

Si la fuente es un lago, una laguna o un embalse, la captación debe localizarse de tal manera que proporcione agua de la mejor calidad posible.

El agua captada puede provenir de diferentes tipos de fuentes, las cuales se agrupan de acuerdo a los criterios que se deben tener en cuenta al momento de elegir el sitio de captación:

5.5.1.1 Captaciones en Ríos y Manantiales

Las siguientes son las condiciones más importantes que deben cumplir los ríos y manantiales para tener un comportamiento adecuado como fuente abastecedora de agua para el **amb**:

- El Caudal de Diseño debe ser bastante menor que el Caudal del río o manantial.
- La profundidad del río debe ser tal que cumpla con cierto valor mínimo que permita la captación de sus aguas.
- Debe presentar un cauce estable y tener firmeza en sus orillas, con el fin de que no existan derrumbes, sedimentos o erosiones que puedan interferir en el comportamiento óptimo de la estructura de captación.
- Se debe prever una carga suficiente para mover el agua hasta el sitio de las bombas; o bien, que se produzca el flujo por gravedad y el gasto estimado en el diseño.
- Se debe tomar las medidas preventivas y sobre todo correctivas ya que es muy difícil impedir la entrada de sedimentos a la estructura.
- Cuando se trata de manantiales y quebradas se puede construir una pequeña presa denominada toma dique, provista de drenaje, rebose y bocatoma.
- Cuando se trata de una captación mediante una estación de bombeo, ésta debe ubicarse en lo posible en un tramo recto del cauce del río, o la quebrada y sobre suelo estable con muy pocos riesgos de inundación.

Como todo elemento que constituye el sistema de Acueducto, se debe escoger la solución más económica (dentro de las alternativas técnicamente viables), por tanto se debe realizar dos consideraciones en cuanto a la conducción y localización de la estructura de captación, la cual debe ser lo más cercana posible a la estructura de aprovechamiento, las dos soluciones posibles son por bombeo o por gravedad, siendo esta última la primera alternativa que se tendrá en todo caso, si se agota toda posibilidad de conducir el agua por gravedad se estudiará la opción del bombeo.

5.5.1.2 Captaciones en Embalses y Lagos

Las tomas se deben diseñar a diferentes profundidades ya que las características físico-químicas y bacteriológicas del agua en estas masas cambian con la profundidad. Cada toma debe ser capaz de captar el caudal máximo estipulado en los estudios previos.

Cada captación debe estar equipada con una compuerta o con una válvula de cierre para su selección e independencia. Todas las tomas (orificios) deben descargar en un receptor común.

La velocidad del agua a través de las tomas debe ser tal que las pérdidas de entrada por carga y velocidad sean adecuadas y que la velocidad evite el arrastre de materias sedimentables.

Se considerarán compuertas de alta presión, a las compuertas de los orificios que presenten una presión estática máxima superior a 25 metros.

Se deberá realizar un estudio de corrientes superficiales y subterráneas, para descartar la posibilidad de que otras aguas extrañas puedan alcanzar el sitio de captación y provocar la contaminación de aquellas.

Se debe determinar los niveles extremos de las aguas y la intensidad de las olas. Si existe navegación en el lago, la toma deberá ubicarse lejos de las rutas establecidas, o sumergiéndola a una profundidad no menor de 3 metros, pero siempre guardando que la profundidad de la bocatoma sea mayor que el calado de las embarcaciones.

5.5.2 Seguridad y Estabilidad

Las obras de captación garantizarán la seguridad de la operación de la toma de agua. Así mismo deben ser estables con respecto a la calidad del suelo de cimentación, ante fallas de origen geotécnico o geológico en sus inmediaciones y estables para el sismo de diseño correspondiente a la zona de amenaza sísmica

en que se encuentre ubicado el municipio, de acuerdo con la Norma Sismo Resistente Colombiana vigente. En caso de tener una alta vulnerabilidad, el sistema de toma debe ser redundante.

5.5.3 Operación y Mantenimiento

Las estructuras de captación deben ubicarse en lugares con accesos fáciles que permitan las operaciones de reparación, limpieza y mantenimiento. También se deben contemplar estructuras para el alivio, descarga y un desarenador a continuación de la obra de captación.

En cuanto a la zona que rodea la bocatoma debe colocarse los medios de protección y cercado para evitar la entrada de animales y personal no autorizado.

5.6 BOCATOMA O CAPTACIÓN LATERAL

Este tipo de captación es ideal cuando la fuente de aprovechamiento posee un *caudal grande, una pendiente suave, un nivel mínimo relativamente alto y las variaciones del nivel a lo largo del período hidrológico no son relevantes*. También es adecuada en ríos anchos. El sitio se elige donde la estructura quede a una altura suficiente del fondo y localizada al final de las curvas, en la orilla exterior, y en zonas no vulnerables a la erosión.

Con el fin de garantizar un nivel mínimo de las aguas se debe proyectar un muro normal o inclinado con respecto a la dirección de la corriente y muros laterales para proteger y adecuar la entrada del agua al conducto, para colocar los dispositivos que regulen el flujo e impidan la entrada de materiales indeseables.

Se debe poseer un estudio hidrológico completo confiable de la corriente, para poder determinar los Caudales máximos, mínimos, medios y la curva de duración.

Se colocará una compuerta en el inicio del canal de conducción o de la tubería según se halla dispuesto, para interrumpir el flujo en caso necesario, y que permita el aforo de caudales como función de la apertura de la misma.

Este tipo de captación es frecuente cuando la conducción se va a realizar por medio de una estación de bombeo, ya que se puede proyectar la salida a un nivel lo suficientemente bajo, es decir por debajo del nivel de aguas mínimas y por encima del probable nivel de sedimentación del fondo.

El período de diseño de las obras de captación para el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga es de *30 años*.

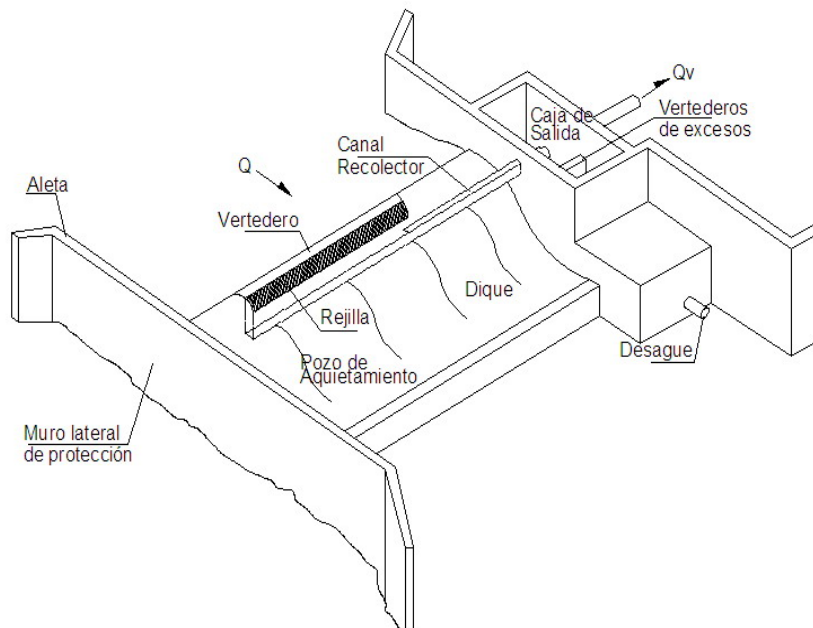
5.7 BOCATOMA DE FONDO O CAPTACIÓN SUMERGIDA

Este tipo de estructuras son muy comunes en las obras de captación del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, en especial cuando la fuente no posee grandes caudales y su cauce es angosto. Los elementos más comunes que la componen son los enunciados a continuación y se pueden identificar en el **ESQUEMA 2**:

- El Dique
- El Vertedero
- La rejilla
- El Pozo de Aquietamiento
- El Canal Recolector
- Caja de Salida

La captación se debe aprovisionar de un conducto que debe tener una capacidad hidráulica igual a *dos veces el Caudal máximo diario*.

Esquema 2. Principales componentes de la Bocatoma de fondo



El agua captada deberá fluir hasta una cámara de bombas, pozo de succión o cámara de inicio del flujo por gravedad, para después ser conducida al desarenador y posteriormente hacia la aducción y la planta de tratamiento.

El ducto de toma debe penetrar en el lecho del río de modo que queden localizados por debajo del nivel mínimo de socavación que adquiera el lecho durante el paso de una creciente cuyo período de retorno sea 50 años; terminando éstos generalmente en un tubo de filtro o cámara sumergida.

En la zona del río, el conducto debe estar protegido, en las partes superior y lateral mediante un pedraplén de aproximadamente 2 metros de ancho en su parte superior. Las pendientes laterales de este pedraplén deben seguir el talud natural del material empleado. El ducto también debe apoyarse sobre una base de concreto de 0.2 m de espesor como mínimo.

El material de la tubería de captación debe ser preferiblemente metálico, pero el diseñador puede proponer otro material, siempre y cuando presente fundamentos técnicos y económicos.

El diámetro mínimo de las tuberías de toma es de 8 pulgadas.

Los elementos que deben ser considerados en el diseño son:

- Dimensionamiento de la Reja
- Cálculo del Caudal
- Dimensionamiento del Canal Rectangular

5.8 PARÁMETROS DE DISEÑO

5.8.1 Período de diseño

Como todo componente del Sistema del **amb**, el período de diseño será de 30 años.

5.8.2 Capacidad de diseño

La capacidad de diseño para las obras de captación del **amb**, debe ser igual a **2** veces el Caudal Máximo Diario.

5.8.3 Canales de aducción

En obras de captación se le denomina canal de aducción al ducto q va desde la captación hasta la estación de bombeo o el desarenador.

5.8.3.1 Método de cálculo

Para los cálculos hidráulicos y los diseños de canales puede utilizarse la ecuación de Manning, la ecuación de Kutter modificada o la de Bazin. También puede utilizarse la ecuación de Chezy.

5.8.3.2 Velocidades máximas

En la tabla 6, se muestran las velocidades máximas correspondientes a los diferentes tipos de terreno:

Tabla 6. Velocidades máximas según terreno

Naturaleza de las paredes	Velocidad máxima (m/s)
Roca compacta (granito)	3.00
Roca estratificada (calcáreos)	2.00
Mampostería en mortero - Hormigón	2.50
Mampostería en seco - Concreto Asfáltico	1.50
Tierra Vegetal compacta	0.75
Terreno naturaleza arenosa	0.50
Terreno de arena fina (médano)	0.40

5.8.3.3 Velocidades mínimas en canales de aducción

Las velocidades están dadas en función de la profundidad del flujo y del tipo de limo en suspensión para evitar sedimentación.

5.8.3.4 Forma de la sección transversal

Para los canales de estructuras de captación, debe adoptarse una sección transversal rectangular o trapezoidal.

5.8.3.5 Pendientes laterales

Los taludes dependerán de la naturaleza del terreno (canales trapezoidales). La tabla 7 indica los valores recomendados para distintos tipos de terreno:

Tabla 7. Pendiente del Talud según terreno

Naturaleza del terreno	Pendiente del Talud (H:V)
Roca firme (pequeños canales)	talud vertical
Roca firme	1:4
Roca compacta - Revestimiento de hormigón	1:2
Rocas sedimentarias - Revestimiento en seco	3:4
Tierra vegetal consistente	1:1
Tierra vegetal y suelo arcilloso - arenoso	3:2
Suelos arenosos	2:1
Arena fina suelta	3:1

Sin embargo el Comité Técnico de la Gerencia de Planeación y proyectos del **amb**, definirá si es necesario realizar un estudio de Estabilidad de Taludes.

5.8.4 Rejillas

El elemento base del diseño es la rejilla de captación ya sea para Bocatoma Lateral o de Fondo.

5.8.4.1 Información requerida

Debe conseguirse la siguiente información:

- Caudal correspondiente al nivel de aguas mínimo en el río.
- Caudal requerido por la población.
- Nivel de aguas máximo alcanzado durante las crecientes (Período de retorno mínimo de 50 años)

5.8.4.2 Inclinação de las rejillas

Tabla 8. Inclinação de rejilla

Tipo de Captación	Inclinación
De Fondo	10%-20%
Lateral	70° a 80° con respecto a la horizontal

5.8.4.3 Separación entre barrotes

- **Bocatoma de fondo**

Tabla 9. Separación entre varillas Bocatoma de Fondo

Gravas en el río	Separación libre entre varillas
Gruesas	7.5cm - 15 cm
finas	2.0 cm - 4.0 cm

- **Bocatoma Lateral**

El conducto de entrada debe estar provisto de dos rejillas:

Tabla 10. Separación entre varillas Bocatoma Lateral

	PRIMERA REJA	SEGUNDA REJA
Separación entre barrotes o varillas	20 mm - 25mm	—
orificio de la malla	—	3 mm
Objetivo	Impedir el acceso de elementos más gruesos y flotantes.	Impedir el acceso de los elementos de arrastre y los peces.

5.8.4.4 Ancho de la rejilla

Esta dimensión depende del ancho total de la estructura de captación.

5.8.4.5 Velocidad del flujo en la rejilla

La velocidad del flujo a través de la rejilla debe ser inferior a 0.15 m/s, con el fin de evitar el arrastre de materiales flotantes.

5.8.4.6 Coeficiente de pérdidas menores de la rejilla

Se recomienda para este fin, utilizar la ecuación de Kihmmmer:

$$h = \beta * \left(\frac{S}{b}\right)^{4/3} * h_v * Sen\alpha \qquad h_v = \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde:

h = Pérdida de Carga (m)

S = Espesor de la barra (m)

b = Profundidad de la varilla

V = Velocidad de Aproximación (0.3-1.0) (m/s)

h_v = carga de velocidad (m/s)

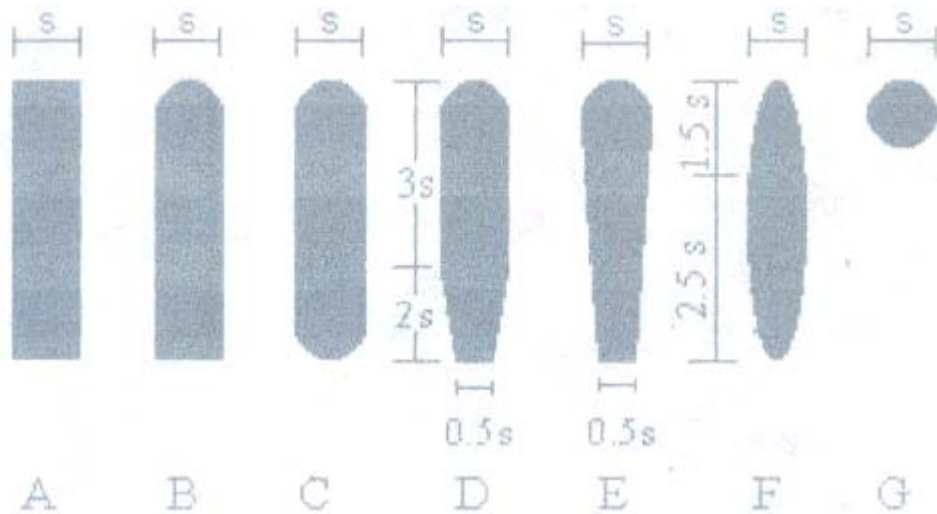
α = ángulo de la varilla con la horizontal

β = Factor de Forma o Coeficiente de Pérdidas para rejillas debe obtenerse de la tabla 11:

Tabla 11. Factor de Forma

Sección Transversal	A	B	C	D	E	F	G
β	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Diferentes formas de barrotos de rejillas



5.8.5 Desarenadores

Debe instalarse un desarenador en el primer tramo de la aducción, lo más cerca posible a la captación del agua.

Se deja a criterio del diseñador el definir si se requiere o no un desarenador con dos módulos que operen en forma independiente, ante la posibilidad de que uno de los dos quede fuera de servicio.

5.8.5.1 Localización

El sitio en el que se localice el desarenador debe contar con ciertos requisitos mínimos:

- El área debe ser suficientemente grande para permitir su ampliación.
- Debe fundarse sobre suelo firme que no corra riesgo de inundación.
- Debe garantizarse que el sistema de limpieza pueda hacerse por gravedad y la longitud desagüe no sea excesivo.
- El fondo de la estructura debe estar preferiblemente por encima del nivel freático.

5.8.5.2 Capacidad hidráulica

El desarenador debe estar dimensionado para el Caudal Máximo Diario.

5.8.5.3 Velocidad de sedimentación

La velocidad de asentamiento vertical debe calcularse en función de la temperatura del agua y el peso específico de la partícula.

En todo caso la relación entre la velocidad horizontal y la velocidad de asentamiento vertical debe ser inferior a 20.

5.8.5.4 Dimensionamiento

Se recomienda que la relación entre la longitud útil del desarenador y la profundidad efectiva para almacenamiento de arena sea 10 a 1.

El diseñador debe determinar y justificar la ubicación y las características de los desagües, teniendo en cuenta la profundidad efectiva de almacenamiento de arena del desarenador.

5.8.5.5 Velocidad máxima

La velocidad horizontal máxima en el desarenador será de 0.25 m/s. Deben removerse las partículas con diámetros iguales o superiores a 0.2 mm y la eficiencia del desarenador no puede ser menor del 75%.

5.8.5.6 Accesorios

Para el diseño de desarenadores deben tenerse en cuenta los siguientes requerimientos:

- Para garantizar una distribución homogénea del flujo deben proyectarse los dispositivos de entrada y salida.
- La tubería o canal de llegada debe colocarse en el eje longitudinal del desarenador.
- El dispositivo de salida debe tener un canal recolector provisto de un vertedero que asegure una distribución uniforme del flujo en toda la sección transversal del desarenador.
- La altura del canal recolector sobre la entrada de la tubería de conducción debe ser suficiente para garantizar la cabeza de velocidad necesaria para el caudal de diseño.

- El dispositivo de limpieza debe ubicarse en el área de almacenamiento y constará de una caja o canal de recolección de arenas con una pendiente mínima del 5% y una válvula.
- La pendiente de la placa de fondo estará comprendida entre el 5% y el 8%.
- Las tuberías o canales de rebose y/o limpieza se unirán a una tubería o canal de descarga, el cual debe tener una pendiente no menor del 2% y un ancho mínimo de 25 cm.

6. DISEÑO DE ADUCCIONES Y CONDUCCIONES

6.1 ALCANCES

Esta norma tiene por objeto fijar parámetros, establecer criterios y condiciones básicas que deben ser obedecidas en la elaboración y presentación de diseños de líneas de aducción y/o conducción del Sistema Integrado de Distribución del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.

6.2 DEFINICIONES

- **Líneas de Aducción de Acueducto.** Tubería destinada al transporte por gravedad o por bombeo de aguas crudas desde los sitios de captación hasta las plantas de tratamiento, prestando excepcionalmente servicio de suministro en ruta.
- **Líneas de Conducción de Acueducto.** Son los conductos destinados a transportar por gravedad o por bombeo las aguas tratadas desde las plantas de tratamiento a los tanques de almacenamiento y/o compensación, preferiblemente sin servicio de suministro en ruta.
- **Líneas Expresas.** Son los conductos destinados a transportar por gravedad o por bombeo las aguas que salen de los Tanques de Almacenamiento y/o compensación al sistema de distribución, sin servicio de suministro en ruta.
- **Período de Diseño.** Es el período de tiempo durante el cual será cubierta la capacidad del sistema diseñado y las tuberías, estructuras, bombeos, tanques y equipos que lo componen.
- **Válvula de Corte.** Es el dispositivo empleado para el aislamiento de tramos de tubería para su inspección, mantenimiento y reparación.
- **Válvula de Ventosa.** Es el elemento utilizado para permitir la evacuación del aire atrapado dentro de una conducción, y también para permitir el ingreso de aire durante la operación de drenaje de la misma, en cuyo caso se denominará válvula de doble efecto.

- **Válvula de Purga.** Es el dispositivo empleado con el objeto de descargar el agua de una conducción durante una operación de drenaje.
- **Anclaje.** Es el elemento o sistema que contribuye a compensar el empuje ocasionado por el cambio de dirección de una tubería con juntas elásticas sometidas a presión interna
- **Boca de Acceso.** Es la abertura con tapa localizada en la pared lateral de la tubería de una línea de conducción, con el objeto de permitir el acceso a su interior, para inspección y mantenimiento.
- **Elementos Reductores de Presión.** Es la válvula o cualquier elemento utilizado para reducir la presión de una conducción a un valor previamente especificado.
- **Salidas para Pitometría.** Consiste en una salida practicada en una conducción, obturada con válvula y tapón, con el objeto de permitir la instalación de un pitómetro, aparato medidor de velocidad de flujo.
- **Diseño Conceptual.** Es un conjunto ordenado de actividades que evalúa la factibilidad técnica de una línea expresa, y que genera los productos necesarios para perfecta comprensión de la concepción adoptada para la obra.
- **Prediseño.** Es un conjunto ordenado de actividades desarrolladas a continuación del diseño conceptual, que genera los productos necesarios para la licitación de suministro de tuberías, accesorios y equipos.
- **Diseño.** Es un conjunto ordenado de actividades desarrolladas a continuación del prediseño y que genera los productos necesarios para la licitación de instalación de la conducción, y para su operación funcional.
- **Quinquenios.** Periodos de cinco años.

6.3 PROCESO GENERAL

El desarrollo de un proyecto de una línea de aducción y/o conducción, involucra en general los siguientes pasos:

- Planteamiento del problema
- Reconocimiento en terreno
- Estudios preliminares
- Planteamiento de alternativas

- Evaluación hidráulica y económica
- Elección de la alternativa más viable
- Prediseño hidráulico
- Estudio Topográfico
- Proceso de adquisición y legalización de predios y establecimiento de servidumbres
- Conocimiento de la geología y geotécnica del terreno
- Diseño definitivo
- Cantidades de obra
- Presupuesto
- Revisión comité técnico, Gerencia de Planeación y Proyectos amb.

Algunos de estos pasos serán descritos en detalle en ítems posteriores.

6.4 ESTUDIOS Y ACTIVIDADES

El desarrollo del diseño de una línea de aducción y/o conducción conlleva tres etapas las cuales son denominadas:

- Etapa conceptual
- Etapa de Diseño preliminar
- Etapa de Diseño definitivo

Antes de escoger el trazado definitivo de una aducción y/o conducción se deben proponer varias alternativas y se deben realizar todos los estudios previos, tratados a lo largo de esta norma, recopilando diversos estudios y realizando una serie de actividades enunciadas a continuación:

6.4.1 Diseño Conceptual

- Definición del período de diseño.
- Estudio preliminar de población y demanda
- Estudio alternativo de rutas
- Estudio socioambiental de alternativas.
- Definición de las rutas factibles.
- Los planos cartográficos del convenio FAL, serán utilizados en caso de que la línea de conducción pase por zonas urbanas.

- Restituciones fotogramétricas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (IGAC), en la mejor escala disponible, serán usados en caso de que la línea de aducción y/o conducción pase por zonas rurales.
- Planos de catastro de instalaciones de sistemas de infraestructura como energía, teléfonos, aguas lluvias, aguas negras, acueducto, además de otras eventualmente existentes.
- Planos de zonificación ambiental.
- Deben identificarse claramente toda zona de falla, de deslizamiento, de inundación y en general cualquier localidad que presente problema.
- Debe conocerse el nivel de amenaza sísmica de la zona teniendo en cuenta lo establecido por la NSR-98.
- No se aceptarán alternativas de trazado que crucen zonas claramente identificadas como zonas de deslizamiento.
- Análisis hidráulico preliminar .
- Análisis y definición de los materiales de utilización técnicamente factible.
- Diseño geométrico de la línea, en planta y perfil en escala 1:5000, 1:2000, 1:10.000, ó 1:25.000 de acuerdo a los planos que se tengan para esa zona.
- Cantidades preliminares de tuberías, accesorios y servicios.
- Cada una de las alternativas propuestas debe estar respaldada por una evaluación técnico – económica factible.
- Presupuesto preliminar de la obra.

6.4.2 Prediseño

- Estudio de población y demanda (... Ver Capítulo 3...).
- Estudio alternativo detallado de las rutas definidas en el diseño conceptual.
- Levantamiento preliminar de interferencias.
- Análisis socio-ambiental del corredor.
- Definición de la ruta escogida.
- Puntos de inicio y final de la línea y cotas piezométricas en estos puntos, cuando estén determinados.
- Se debe conocer los niveles de aguas máximos observados en cuerpos superficiales adyacentes a la línea.
- El trazado se hará en lo posible paralelo a las vías públicas.
- Análisis hidráulico.
- Levantamiento topográfico de la ruta escogida, siguiendo los parámetros establecidos en el Capítulo 4 de esta norma.
- Definición de los materiales a ser utilizados en la tubería principal y accesorios.
- Posición y Dimensionamiento preliminar de los diferentes accesorios.
- Levantamientos geológicos detallados y sondeos preliminares.
- Indicación de pasos especiales y su tipo.

- Indicación del tipo de estructura en pasos aéreos y subterráneos, métodos constructivos a nivel preliminar y tipos de pavimentos de vías públicas.
- Indicación preliminar de los tipos de entibados, cimentación de las tuberías y tipos de rellenos.
- Elaboración de los planos de detalle típicos para cajas de válvulas, ventosas, purgas, válvulas de admisión de aire, bocas de acceso y otros.
- Definición de materiales de construcción de las cajas de válvulas y accesorios.
- Indicación preliminar de la necesidad de drenaje de zanjas por bombeo o abatimiento del nivel freático.
- Cantidades preliminares de tuberías, accesorios y servicios.
- Prediseño del sistema de protección catódica de la tubería en caso que la necesite.
- Lista de Cantidades y Presupuesto preliminar.
- Elaboración de las Especificaciones Técnicas y documentos de licitación de suministro.
- Registro fotográfico del corredor e interferencias.

6.4.3 Diseño

- Análisis y consolidación de la ruta definida a nivel de prediseño.
- Vida Útil del proyecto.
- El trazado debe ser suficientemente amplio para permitir las posibles ampliaciones futuras.
- En lo posible la línea de aducción debe ser cerrada y a presión, aunque en los casos que no sea posible, ya sea por motivos económicos o técnicos, la aducción puede contemplarse como un canal abierto, preferiblemente que siga las curvas de nivel.
- La línea de conducción debe ser cerrada y a presión.
- Los planos que se utilicen deben estar actualizados. y a las escalas correspondientes. (...Ver Capítulo 4).
- El trazado definitivo debe garantizar que la línea piezométrica sea positiva y que en ninguna zona se cruce con la tubería con el fin de evitar presiones manométricas negativas que representen un peligro de colapso de la tubería por aplastamiento o zonas con posibilidades altas de cavitación.
- Evitar trazados que impliquen presiones excesivas o con pendiente y contrapendiente que puedan causar bloqueos por aire en la línea de conducción.
- Levantamiento en campo, con la localización exacta de todas las interferencias ubicadas en la ruta.
- Ejecución de sondeos y elaboración del perfil geológico del suelo.

- Estudio de Impacto, Plan de Manejo y Contingencias Ambientales.
- Replanteo del eje de la línea.
- Diseño geométrico de la línea y perfil.
- Elaboración de los planos de detalle de las interconexiones.
- Revisión del análisis hidráulico elaborado en el prediseño.
- Dimensionamiento hidráulico y mecánico de la conducción y/o aducción y de sus accesorios, incluyendo los dispositivos de protección.
- Elaboración de los planos de detalle de instalación de cajas de válvulas, purgas, ventosas, válvulas, válvulas de admisión de aire, bocas de acceso y otros.
- Diseños estructurales de anclajes, entibados, pasos especiales y otros.
- Elaboración de planos de detalle de entrega de las purgas.
- Elaboración de los planos de relocalización de interferencias.
- Elaboración de las especificaciones técnicas, de instalación, lista de cantidades y presupuestos de equipos, materiales y servicios.
- Diseño y detalles del sistema de protección catódica de la tubería en caso que se necesite.
- Elaboración de los documentos para licitación de instalación.
- Registro fotográfico del corredor e interferencias.

6.5 CONDICIONES GENERALES

6.5.1 Tipos de Aducciones

- Canales Abiertos
- Conductos cerrados sin presión
- Conductos cerrados a presión en los cuales el agua se impulsa por la gravedad o mediante estaciones de bombeo
- Conducciones mixtas

Las aducciones a presión son las más recomendadas.

El tramo con menor capacidad debe tener la capacidad de diseño de la aducción. Puede presentarse en un conducto a presión, tramos sucesivos a superficie libre, siempre que se garantice un comportamiento hidráulico eficiente.

6.5.2 Conducciones

Las conducciones deben ser cerradas y a presión.

6.5.3 Análisis Hidráulico

Deberá ser desarrollado el análisis hidráulico de la línea simulando todas las condiciones operacionales normales y de emergencia, definiendo el régimen de presiones y caudales a lo largo de la línea.

En canales a cielo abierto se deben considerar las pérdidas por evaporación, y en aquellos que no estén previstos de revestimiento, las pérdidas por infiltración. Es por ello que la sección transversal del canal puede variar hacia aguas abajo.

Se debe incluir el cálculo de todas las secciones del canal y de las obras de arte requeridas.

El conducto en planta puede estar constituido por tramos rectos, segmentos rectos acompañados por una curva o tramos curvos, pero en perfil estarán preferiblemente constituidos por tramos rectos.

En ningún caso se permitirán presiones manométricas negativas.

6.5.4 Protección contra la contaminación

Para canales abiertos en aducciones, estos deben proveerse de una cubierta como medio aislante con posibles fuentes contaminantes.

6.6 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Básicamente el diseño es un perfeccionamiento del prediseño en el que se trabajan con información real, por tanto el análisis hidráulico realizado es fundamentalmente el mismo, y para ello se puede utilizar diversas herramientas informáticas que en la actualidad facilitan el trabajo de los ingenieros diseñadores, los software que el **amb** maneja son los siguientes:

6.6.1 WATERCAD

WATERCAD es un programa bastante poderoso y fácil de usar, que permite realizar diseños y análisis de sistemas complejos de tuberías presurizadas, tanques, sistemas de bombeos y más, se distingue por la alta calidad de la interfaz gráfica del usuario. El programa es propiedad de la casa **Haestad Methods** de los Estados Unidos.

El programa permite modelar varios de los componentes hidráulicos típicos de 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 esté diseñando frente a demandas diferentes a las escogidas inicialmente, a calidades de agua variables y a condiciones de emergencia, tales como incendios y racionamientos, los cuales implican unas condiciones de operaciones muy especiales.

La entrada de los datos al programa **WATERCAD** es sencilla, se introducen a través de ventanas como las de **WINDOWS**, las cuales presentan diferentes alternativas al usuario para describir la topología de la red que desea simular o diseñar.

Es posible calcular las pérdidas por fricción mediante las dos principales metodologías de hidráulica de tuberías: La de **Hazen - Williams** y la de **Darcy - Weisbach**, junto con la ecuación de **Colebrook - White**. Sin embargo, WATERCAD también permite utilizar la ecuación de **Manning**.

Los resultados arrojados por el programa pueden ser llevados fácilmente a múltiples bases de datos y hojas de cálculo, entre ellas dBase, Paradox, Excel, Lotus y ODBC.

Así mismo se puede interactuar con sistemas de información geográfica SIG para análisis más complejos.

6.6.2 EPANET

EPANET es un programa de distribución gratuita desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, **Environmental Protection Agency**), para el estudio y análisis del comportamiento de redes hidráulicas a presión.

El programa está compuesto por un módulo de análisis hidráulico que permite simular el comportamiento dinámico de una red de distribución de agua potable. Hace posible incorporar a la simulación tuberías, bombas de velocidad fija y velocidad variable, válvulas de estrangulación, válvulas reductoras y sostenedoras de presión, tanques de cabeza constante o variable y sistemas de control y operación temporales o según nivel y presión.

El análisis hidráulico de la red se puede realizar mediante las ecuaciones de **Hazen - Williams, Darcy - Weisbach o Chézy - Manning** a fin de calcular las pérdidas de cabeza por fricción.

El programa se encuentra escrito en lenguaje C y puede correr en entornos MS-DOS, UNIX o WINDOWS en sus diversas versiones. La entrada de datos se hace a través de un archivo *input* de tipo texto con toda la información de entrada.

Además el programa permite generar, con los resultados, algunas tablas y gráficas que pueden ser impresas directamente o utilizadas en otras aplicaciones, tales como EXCEL o WORD.

6.6.3 REDES

El programa REDES fue desarrollado en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes, en Santa fé de Bogotá, a diferencia de los dos programas anteriores, este permite el diseño optimizado de redes de distribución de agua, tanto de redes nuevas como ampliaciones de redes existentes.

Este software, aún no se utiliza en el **amb**, pero se prevé que en poco tiempo se hará, ya que actualmente se adelanta un convenio con esta Universidad.

El programa está dividido en cuatro módulos, el de Cálculo, el de diseño, el de detección de fugas y el de calidad.

REDES utiliza, en su módulo CÁLCULO, tanto la ecuación de **Hazen - Williams** como la ecuación de **Darcy - Weisbach** para el cálculo de las pérdidas de energía producidas por la fricción del flujo con las paredes de las tuberías. Sin embargo en el módulo de DISEÑO es necesario utilizar la ecuación de **Darcy - Wesbach** junto con la de **Colebrook - White**.

El programa permite incorporar al cálculo y al diseño tuberías de diferentes materiales, tanques de cabeza constante, estaciones de bombeo con sus curvas características, nodos con sus condiciones topográficas, nodos de medición de presiones para la localización de fugas y plantas de tratamiento o estaciones de adición de químicos para la calidad del agua. Todos los datos son introducidos y modificados en sencillas ventanas de diálogo, en donde se va actualizando la presentación gráfica.

Los resultados obtenidos por los diferentes módulos del programa pueden ser visualizados en pantalla o consignados en un archivo de tipo texto para su posterior manejo.

6.7 PARAMETROS DE DISEÑO

6.7.1 Período de Diseño

Como ya se dijo anteriormente el período de diseño para cualquier elemento constitutivo del sistema de acueducto del amb, debe ser de *30 años*.

6.7.2 Caudal de diseño

Tabla 12. Caudal de Diseño

POBLACIÓN	CAUDAL DE DISEÑO
<2500	Con almacenamiento: $Q_{diseño} = Q_{MD}$
2501 a 12500	Sin almacenamiento: $Q_{diseño} = Q_{MH}$
2500 a 60000	$Q_{diseño} = Q_{MD}$
>60000	

La aducción y/o conducción deben diseñarse con el Caudal de acuerdo a la tabla anterior, al final del período de diseño o año horizonte del proyecto.

6.7.3 Conductos a Presión

6.7.3.1 Dimensionamiento

Considerando que varios diámetros pueden cumplir las exigencias técnicas de presión, velocidad y otra, el diseñador deberá determinar el diámetro que cumpla las exigencias técnicas y que además genere el menor costo del sistema.

Si el diseño se realiza mediante el software **WATERCAD**, ó **EPANET**, el ingeniero diseñador debe proponer los diámetros, pero si utiliza el software **REDES**, el mismo programa optimiza el diseño y presenta los diámetros, el problema de este software es que en ocasiones presenta errores.

6.7.3.2 Pérdidas de Energía

Para el cálculo de las pérdidas de energía por fricción en tuberías a presión, se proponen dos metodologías a utilizar; la primera en la que se aplica la ecuación de Hazen-Williams y la segunda por medio de la formula de **Darcy-Weisbach**, siendo esta última la más recomendada para obtener resultados más aproximados.

- **Ecuación de Hazen - Williams**

$$J = \frac{H_f}{L} \quad H_f = \frac{10.64 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$

Donde:

V = velocidad media del agua dentro de la tubería (m/s)

Q = caudal transportado (m³/s)

C = coeficiente de fricción o de rugosidad de Hazen-Williams (adimensional), depende de la naturaleza de las paredes de los tubos (material y estado). ...**Ver Tabla 13...**

D = diámetro interno del tubo (m)

J = pérdida de carga unitaria (m/m)

H_f = pérdida de carga (m)

L = longitud real de cada tubo (m) + Longitud equivalente por pérdidas en accesorios (m)

Tabla 13. Coeficiente de rugosidad

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE HAZEN - WILLIAMS
PVC	130
Asbesto Cemento (AC)	120
American Pipe (AP)	100
Acero (A)	60
Hierro Fundido (HF)	60
Hierro Dúctil (HD)	110

Ya que el coeficiente de rugosidad depende de la clase de tubería a utilizar, así como del tiempo que lleven en servicio, el diseñador deberá justificar, para los cálculos hidráulicos, el coeficiente a utilizar para las tuberías existentes y proyectadas dependiendo del alcance del proyecto.

- **Longitud equivalente**

Para el cálculo de las pérdidas de energía en deflexiones, tees, válvulas y otros elementos, se deberá utilizar el método de longitudes equivalente:

$$Le_{acc} = \frac{K_a * V^2 * C^{1.85} * D^{4.87}}{21.33 * g * Q^{1.85}}$$

Donde:

L_{acc} : Longitud equivalente a pérdidas de carga por accesorios (m)
 K_a : coeficiente de pérdidas de carga del accesorio, (adimensional)
 V : velocidad en la sección (m/s)
 g : aceleración de la gravedad (m/s^2)
 Q : caudal transportado por cada tubo (m^3/s)
 C : coeficiente de fricción de Hazen - Williams
 D : diámetro interno del tubo (m)

El diseñador deberá justificar los valores de K_a adoptado para cada accesorio, con base en la bibliografía adoptada.

Otra manera de determinar las pérdidas totales en una tubería a presión es sumando las pérdidas por fricción determinadas mediante la fórmula de **Hazen - Williams** pero utilizando L como la longitud total de la tubería, más las pérdidas por accesorios determinadas así:

$$h_f = K_a * \frac{V^2}{2 * g}$$

- **Ecuación de Darcy - Weisbach & Ecuación de Colebrook - White**

$$h_f = \frac{f * L * V^2}{2 * g * D} \quad \text{Ecuación de Darcy - Weisbach}$$

Para flujo laminar ($Re < 2000$)

$$f = \frac{64}{Re}$$

Para flujo turbulento ($Re > 4000$)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \text{Log} \left[\frac{K_s}{3.71D} + \frac{2.51}{Re} * \frac{1}{\sqrt{f}} \right] \quad \text{Ecuación de Colebrook - White}$$

Deben evitarse diseños con flujos en la zona de transición ($2000 < Re < 4000$)

$$R_e = \frac{V * D}{\nu} \quad \text{ó} \quad R_e = \frac{\rho * V * D}{\mu}$$

Donde:

- h_f : Pérdida de Energía (m)
- f : coeficiente de la pérdida de carga
- L : Longitud de la tubería (m)
- K_s : coeficiente de rugosidad absoluta de la superficie
- ν : viscosidad cinemática del agua (m²/s)
- μ : viscosidad absoluta del agua (Pa*s)
- ρ : densidad del agua (Kg/m³)
- Re : Número de Reynolds (adimensional)
- D : Diámetro de la tubería
- g : Gravedad (m/s²)

Tabla 14. Rugosidad Absoluta

Material	Rugosidad absoluta ks (mm)
Acero comercial	0,45
Acero galvanizado	0,15
Concreto	0,3-3
Concreto bituminoso	0,25
CCP (American Pipe)	0,12
Hierro forjado	0,06
Hierro fundido	0,15
Hierro dúctil sin revestimiento interno	0,25
Hierro galvanizado	0,15
GRP (fibra de vidrio)	0,03
Polietileno	0,007
PVC	0,0015

La rugosidad absoluta indicada en la tabla anterior para tuberías nuevas debe modificarse de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 15. Rugosidad modificada

Longitud	Ks
< 1000 m	1,4 * Ks
> 1000 m	2,0 * Ks

6.7.3.3 Tuberías por bombeo

Los conductos a presión por bombeo no pueden interceptar en ningún momento ni para ningún caudal la línea piezométrica, en sus condiciones normales de funcionamiento.

Cuando las condiciones topográficas impliquen una inflexión en la línea piezométrica, el flujo debe hacerse por gravedad a partir de ese punto de inflexión, y debe preverse un tanque para el quiebre de la presión. Y cuando las condiciones topográficas del trazado de la tubería presente aproximación entre la tubería y la línea piezométrica, el flujo debe hacerse por gravedad a partir del punto de mínima presión.

6.7.3.4 Diámetros mínimos para las tuberías de la Aducción

Para la selección del diámetro de la tubería deben analizarse las presiones de trabajo, las velocidades del flujo y las longitudes de la línea de aducción, y su determinación final estará basada en un estudio comparativo técnico económico. Cumpliendo las siguientes condiciones:

Tabla 16. Diámetro mínimo Aducción

	Diámetro interior nominal mínimo
Tubería a superficie libre	4 pulgadas
Tubería a presión	2 pulgadas

6.7.3.5 Presión interna

La presión interna de diseño de las tuberías debe calcularse como el mayor valor que resulte entre la presión estática y la máxima sobrepresión ocurrida en el fenómeno de golpe de ariete.

$$P_{\text{maxima}} = \max(P_{\text{estatica}}, P_{\text{transiente}})$$

$$P_{\text{diseño}} = 1.3 * P_{\text{max}}$$

En todo caso la presión nominal de trabajo de las tuberías y de todos sus accesorios debe ser mayor que la presión de diseño, y será indicada por el fabricante considerando los factores de seguridad.

6.7.3.6 Línea Piezométrica

Debe asegurarse que la línea piezométrica queda ubicada por lo menos 2 metros por encima de la clave de la tubería y por lo menos 1 metro por encima de la superficie del terreno, para las condiciones más críticas de los caudales previstos. Esta condición no debe exigirse en los tramos inicial y final del conducto ligado a un embalse o a una cámara en contacto con la atmósfera.

6.7.3.7 Velocidad mínima

La velocidad mínima en las tuberías de aducción o conducción será de 0.60 m/s.

6.7.3.8 Velocidad máxima

El límite de velocidad estará dado por la presión máxima producida por el golpe de ariete. Aunque se habla de una velocidad máxima de 6 m/s se recomienda una velocidad una velocidad de 4 m/s.

6.7.3.9 Pendientes mínimas

- Cuando el aire circula en el sentido del flujo del agua, la pendiente mínima debe ser 0.04%
- Cuando el aire fluye en el sentido contrario al flujo del agua la pendiente mínima debe ser 0.10%, en este caso la pendiente no debe ser menor que la pendiente de la línea piezométrica de ese tramo de la tubería o conducción.

6.7.3.10 Profundidad de Instalación

- En líneas de aducción la profundidad mínima debe ser por lo menos 0.60 metros, medidos desde la superficie del terreno hasta el lomo de la tubería.

- En conductos a presión la profundidad mínima debe ser por lo menos 1 metro, con excepción de que por naturaleza del terreno o por otras razones no pueda ser posible, en este caso deben preverse todos los elementos de protección.
- En todos los casos la línea piezométrica o línea de gradiente hidráulico, para las condiciones más desfavorables de los caudales, debe ubicarse por lo menos 1 metro por encima de la superficie del terreno.
- Si la línea está sujeta a algún tipo de sumergencia temporal, debe colocarse las protecciones correspondientes.
- Siempre que sea posible deben hacerse coincidir las deflexiones verticales con las horizontales.
- Mantener el eje de la línea alejado de edificaciones con cimentaciones superficiales.
- Evitar en lo posible los pasos elevados.

6.7.3.11 Válvulas de Corte

Esta clase de válvula son elementos mecánicos que cumplen con la tarea de suspender por completo el flujo. Son empleados para el aislamiento de tramos de tubería para su inspección, mantenimiento y reparación. Se localizan al comienzo y al final de la línea.

Debe evaluarse la necesidad de instalar válvulas de corte a lo largo de la línea de conducción en sistemas por gravedad, en cuyo caso debe justificarse su instalación. El diámetro de la válvula se seleccionará de tal forma que la relación entre el diámetro de la tubería y el diámetro de la válvula sea aproximadamente 1.25, utilizando el diámetro comercial más cercano al valor obtenido. Debe hacerse un análisis de golpe de ariete para evitar problemas al operar las válvulas.

6.7.3.12 Válvulas de Mantenimiento

- **Válvula de Purga**

Es el dispositivo empleado con el objeto de descargar el agua de una línea de aducción y/o conducción durante una operación de drenaje. Se ubican en los puntos bajos de la tubería. El diámetro de la tubería de desagüe estará entre

1/3 y 1/4 del diámetro de la tubería principal, con un diámetro mínimo dispuesto de la siguiente manera:

Tabla 17. Diámetro tubería de desagüe

Diámetro de la tubería principal	Diámetro tubería de desagüe
>100 mm (4")	75mm (3")
<100 mm (4")	igual a la tubería principal

Si la velocidad de salida en la válvula de purga es muy alta, debe colocarse una estructura de disipación de energía.

Se puede encontrar diferentes tipos de válvulas de acuerdo al mecanismo que utilicen para la apertura del desagüe, entre ellas se destacan *la válvula de compuerta* y *la válvula de mariposa*.

6.7.3.13 Válvulas de control

Este tipo de válvulas son empleadas por lo general como reguladoras de caudal, para garantizar el óptimo comportamiento hidráulico de la línea. Las válvulas de control más utilizadas son:

- **Válvula Reguladora de Presión**

Las válvulas reguladoras de presión, por lo general se colocan cuando se desea bajar la línea piezométrica.

El **amb** tiene instaladas en ciertos puntos estratégicos, dentro de su área de influencia Estaciones Reguladoras de Presión, las cuales se maniobran independientemente (***stand alone***), solo una de ellas regula por medio de la operación de una válvula de control, la presión aguas abajo manteniéndola máximo en 60 p.s.i.

Ver **ANEXO 3** Planta y Corte típico de una Estación Reguladora de Presión para el amb.

- **Válvula Reguladora de Caudal**

Estos dispositivos se colocan cuando se debe obligar a la conducción y/o aducción ha que cumpla ciertos requerimientos de caudal, ya que por efectos de la mera presión no se alcanza a suplir esta demanda.

- **Válvula Sostenedora de Presión**

Estas válvulas son de utilidad cuando se quiere mantener una presión necesaria para suplir la demanda de determinado sector.

- **Válvula Sostenedora de Caudal**

Se puede decir que estas válvulas se colocan cuando se presentan problemas similares al descrito en el punto anterior, la diferencia se encuentra en el mecanismo que se utiliza para obtener la demanda requerida.

- **Válvula de Ventosa**

Este tipo de válvula tiene especial tratamiento, se ubican solo en los puntos altos de la línea de aducción o conducción, es utilizada para permitir la evacuación del aire atrapado dentro de una tubería, el mismo dispositivo también puede servir para permitir el ingreso de aire durante la operación de drenaje de la misma, en cuyo caso se denomina válvula de doble efecto, se recomienda trabajar con este último tipo de ventosa.

Las ventosas tendrán los siguientes diámetros mínimos:

Tabla 18. Diámetro ventosas

Diámetro nominal de la tubería	Diámetro mínimo
≤100 mm (4")	50 mm (2")
>100 mm (4")	75 mm (3")

Los dispositivos deben instalarse de tal modo que sus aperturas se sitúen por lo menos 1 metro por encima del nivel máximo de agua.

El amb maneja 4 tipos de ventosas:

- Ventosas Simples

- Ventosas de doble efecto
- Válvulas de retención
- Tubos verticales o chimeneas

Cualquiera que sea el tipo de válvula debe cumplir con la Norma Técnica Colombiana correspondiente, o en su defecto, con la norma **AWWA** C512.

- **Válvula de Cheque**

Estas válvulas se deben colocar en las líneas de impulsión, con el fin de evitar daños en las bombas o aplastamientos de la tubería por retroceso del agua en la tubería al apagarse el bombeo.

6.7.3.14 Criterios para la Selección de Válvulas y Dispositivos de Protección

El objeto de esta Norma es definir los parámetros y condiciones que deberán seguirse para la Selección de válvulas y dispositivos de protección para las líneas de aducción y/o conducciones, también abarca los criterios para Tanques de Almacenamiento y/o Compensación:

- **Recopilación de información**
 - ✓ El prediseño del sistema de acueducto
 - ✓ El inventario de las estructuras existentes
 - ✓ La relación de las características hidráulicas y físicas del sistema de acueducto en el cual la válvula será ubicada.
 - ✓ Las condiciones operacionales que relacionen caudales, niveles, alturas de presión y pérdidas de carga.
 - ✓ Las características físico-químicas del agua a ser transportada a través de las válvulas.
- **Criterios de Diseño**

La selección de una válvula para una determinada función deberá hacerse teniendo en cuenta los criterios de los diseñadores, la experiencia y la comparación técnica con instalaciones similares.

Se deberán considerar entre otros los siguientes aspectos:

- a. La función deseada para el equipo, según los siguientes objetivos:

- ✓ Admisión o expulsión de aire
- ✓ Regulación de presión o de caudal
- ✓ Prevención de reflujo
- ✓ Control
- ✓ Drenaje
- ✓ Purga
- ✓ By-pass
- ✓ Aislamiento
- ✓ Cierre
- ✓ Seleccionamiento
- ✓ Otros

- b.** Los caudales y las velocidades, máximos y mínimos fijados

- c.** El diferencial de presión a través de la válvula, la presión estática máxima a la cual el equipo será sometido y las presiones normales de operación.

- d.** El tipo de accionamiento de la válvula manual o electromecánico

- e.** La localización del equipo

- f.** La confiabilidad deseada para el sistema

- g.** Los materiales de construcción

- i.** Los costos iniciales, de operación y mantenimiento

6.7.3.15 Accesorios

Los accesorios que se encuentran con mayor frecuencia para las líneas de conducción y/o aducción son los codos, las tees y las reducciones.

Para las tuberías con juntas elásticas estos elementos deberán ser prefabricados por el suministrador de la tubería, o en su defecto en el mercado existen adaptadores.

6.7.3.16 Otros

- **Uniones de montaje**

Las uniones de montaje deberán ser previstas en todos los sitios donde haya necesidad de mantenimiento o reemplazo de algún equipo, es el caso de las válvulas de corte.

- **Juntas de expansión**

Las juntas de expansión deberán ser previstas en los pasos aéreos ejecutados con tuberías de acero con uniones soldadas, en las cuales el dimensionamiento indique su necesidad, con el fin de absorber las dilataciones y contracciones debidas a las variaciones térmicas.

- **Juntas sismorresistentes**

Siendo Bucaramanga una zona de amenaza sísmica alta, las juntas que se utilicen en las tuberías deben absorber las deformaciones que pueden producirse en la ocurrencia del mayor sismo (NSR-98).

- **Cámaras de Quiebre**

Estas cámaras se utilizan cuando se necesita reducir la presión aguas abajo de las mismas hasta el valor de la presión atmosférica, con el fin de limitar las presiones en las instalaciones localizadas aguas abajo. Deben instalarse como complemento de la línea cuando se haya seleccionado una tubería de baja presión.

- **Bocas de acceso**

Se recomienda su instalación en tuberías con diámetro igual o superior a 24", preferiblemente junto a válvulas de maniobra, purgas o cruces. El diámetro mínimo de las bocas de acceso será de 0.60 m.

Estarán localizadas preferiblemente junto a:

1. Válvulas de maniobra,
2. Purgas,
3. Cruces de interferencias en los cuales no es aconsejable instalar purgas.

El espaciamiento máximo de las bocas de acceso será de:

1. 500 m para tuberías de concreto con diámetro igual o mayor a 24”.
2. 500 m para tuberías de acero con diámetro igual o mayor a 60”.
3. 1000 m para tuberías de acero con diámetro entre 24” y 60”.
4. Para otro tipo de materiales deben colocarse bocas de acceso cada 500 metros, independientemente del diámetro de la aducción a presión.

- **Salidas para medición**

Se deben colocar salidas para pitometría y/o telemetría al comienzo y al final de la aducción a presión y en intervalos de 1500 m cuando la longitud de la tubería sea mayor que 2000 metros. Estas salidas también deben ubicarse después de cada derivación. El diámetro interno de la salida debe ser de 2” y debe colocarse con una válvula de compuerta y su correspondiente tapón roscado.

- **Estructuras especiales**

Si la línea de aducción y/o conducción cruza una vía, un río u otros obstáculos naturales deben proyectarse estructuras especiales que garanticen la seguridad de la misma.

6.7.3.17 Análisis de Golpe de Ariete

Se denomina “Golpe de Ariete” el efecto de choque violento o sobrepresión súbita producido sobre las paredes del conducto forzado, al modificarse de manera instantánea el movimiento del fluido como puede ocurrir en el caso del cierre repentino de una válvula. Estas oscilaciones recorren la conducción, de un extremo a otro, en un movimiento de vaivén periódico; la velocidad de propagación de la onda así formada viene dada por la ecuación:

$$a = \frac{9900}{\left(48.6 + k * \left(\frac{D}{e}\right)^{\frac{1}{2}}\right)}$$

Donde:

a = Celeridad de la onda (m/s)

D = Diámetro del tubo (m)

e = Espesor de la pared del tubo (m)

k = Relación entre el módulo de elasticidad del agua y el del material de la tubería

k = $10^{10}/E_{\text{tubería}}$ (Tabla 19)

Tabla 19. Relación modulo de elasticidad y material tubería

MATERIAL DE LA TUBERÍA	k
Acero	0,5
Hierro Fundido	1,0
Concreto	5,0
Asbesto cemento	4,4
Plástico	18,0

El tiempo en que la lámina de agua contigua a la válvula, ha permanecido en estado de sobrepresión se podrá estimar como:

$$T = \frac{2 * L}{a}$$

Donde:

T = Fase o período de la tubería (s)

L = Longitud hasta el depósito (m)

a = Velocidad de propagación de la onda o celeridad (m/s)

- **Cálculo de la Sobrepresión**

Se deberán calcular las variaciones de la sobrepresión o depresión, según sea el caso, ya sea mediante cálculos manuales o sistematizados.

En cualquier caso las tuberías deben resistir tanto la Presión Estática como la Sobrepresión.

6.7.3.18 Anclajes

- **Criterios Generales**

Para el rango de las presiones y diámetros que están siendo utilizados para las tuberías de CCP en el diseño de la Red Matriz de Bucaramanga, fueron establecidos los siguientes criterios:

- a. Los codos con ángulos inferiores a 5° no necesitan anclajes, el suelo deberá resistir el empuje
- b. Como las juntas de las tuberías de CCP permiten deflexiones de hasta 5°, es posible la instalación de tramos curvos con la utilización de deflexiones sucesivas hasta llegar al ángulo total deseado
- c. Los codos con ángulos superiores a 6° deben ser anclados de acuerdo con los criterios mencionados en los capítulos presentados a continuación.

- **Tipos de Anclajes**

Los anclajes a ser utilizados en las tuberías de CCP pueden ser de dos tipos:

- Bloques de concreto
- Fricción entre la tubería y el suelo en el cual esta enterrada

Para la selección del anclaje más conveniente, se deberá considerar el espacio disponible en la Calle, las interferencias próximas y las dificultades al ser instaladas las tuberías y accesorios necesarios para garantizar el anclaje

- **Calculo de Empujes en las Tuberías**

Teniendo en cuenta que en toda deflexión horizontal o vertical se genera esfuerzos, es conveniente diseñar estructuras que los absorban, para tal fin se recomienda la construcción de estructuras en concreto ciclópeo o reforzado llamados anclajes o muertos.

- ✓ **Empujes sobre la Tubería**

En general sobre los anclajes se presentan esfuerzos debidos a la presión estática y dinámica a que es sometido el flujo.

Los esfuerzos de presión estática se calculan con la siguiente ecuación:

$$E = 2 * \gamma * H * A * \text{sen}(\phi / 2)$$

Y los esfuerzos dinámicos con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{2 * \gamma * H}{g} * A * V^2 * \text{sen}(\phi / 2)$$

Donde:

E	=	Esfuerzo estático (Kg.)
C	=	Esfuerzo dinámico (Kg.)
Y	=	Peso del agua (1 ton/m)
H	=	Altura de la columna del agua (m)
A	=	Área de la sección del tubo

El esfuerzo total se calcula como la suma de ambos esfuerzos, y se expresa de la siguiente manera:

$$T = 2 * \gamma * A * (H + \frac{V^2}{2g}) * \text{sen}(\phi / 2)$$

Normalmente el empuje dinámico es despreciable en relación con el empuje estático.

✓ **Calculo del Anclaje**

El empuje se transmite al suelo de diferentes maneras según sea el anclaje; se el codo es horizontal este esfuerzo es transmitido a la pared de la excavación y si el codo es vertical el esfuerzo de transmite al suelo en la base del anclaje. A su vez, el esfuerzo debe ser resistido por la componente de esfuerzos admisibles del suelo y la fricción desarrollada entre el concreto y el suelo.

La resistencia del suelo se calcula de la siguiente manera:

$$A_r = \frac{E}{\sigma_{adm}}$$

Donde:

Ar	=	Área de la superficie resistente (m2)
E	=	Esfuerzo estático

σ_{adm} = Capacidad portante del suelo obtenida del estudio de suelos. La resistencia en la dirección horizontal puede tomarse como $\frac{1}{2}$ de vertical.

Adicionalmente se debe calcular la fuerza de fricción, para lo cual se utiliza la siguiente expresión:

$$f_w = E_h \pm E_v = W * \mu$$

Donde:

E_h = Componente horizontal del empuje.

E_v = Componente vertical del empuje

μ = Coeficiente de fricción del concreto sobre el suelo, se recomienda utilizar 0.6

W = Peso del anclaje

Si el empuje forma con la horizontal, este se calcula de la siguiente manera:

$$E_h = E \cos \alpha$$

$$E_v = E \sin \alpha$$

Y sino

$$E_h = E$$

$$E_v = 0$$

✓ Tipos de anclajes

- Para Accesorios en el Sentido Horizontal

El empuje se calcula con la siguiente ecuación:

$$E = W * \mu + c * d * \frac{\sigma_{max}}{2}$$

Donde:

W = Peso del anclaje

c = Altura del anclaje

d = Longitud del anclaje

El peso del anclaje se puede calcular con la expresión:

$$W = \frac{C * R}{\mu}$$

C = Coeficiente de seguridad (utilizar 1,5)
 R = Fuerza de reacción en la curva
 = Coeficiente de la fricción (utilizar 0,6)
 La fuerza de la reacción en el codo será dada por:

$$R = 2 * P * A * \text{sen}(\phi / 2)$$

Donde:

P = Presión en la línea (kg/m²)
 A = Área de la sección de la tubería (m²)
 Φ = Angulo de deflexión de la curva (grados)
 R = Reacción (kg)

- Para accesorios en el Sentido Vertical Inferior

En este caso el suelo debe resistir el peso del anclaje y el empuje del codo, por lo tanto la fricción es despreciable.

Se utiliza la siguiente expresión para el cálculo del anclaje:

$$W + E = c * b * \sigma_{\text{max}}$$

Y el dimensionamiento de la base del anclaje se puede calcular de la siguiente manera:

$$d * b = \frac{W}{c * \gamma_b}$$

Donde:

b = Ancho del bloque o anclaje.
 c = Altura del anclaje
 γ_b = Densidad del concreto (utilizar 2,2 t/m³)

• Chequeo de la Estabilidad en los Anclajes

Adicionalmente se realizara el chequeo de estabilidad de los bloques a deslizamiento y volcamiento

Empuje activo

$$E_a = \frac{1}{2} * \gamma_s * c^2 * b * K_a$$

Empuje pasivo

$$E_p = \frac{1}{2} * \gamma_s * c^2 * b * K_p$$

γ_s	=	Densidad del suelo (utilizar 1,80 t/m3)
K_a	=	Coefficiente activo de empuje (utilizar 0,33)
K_p	=	Coefficiente pasivo de empuje (utilizar 3,00)

Factor de seguridad al deslizamiento

$$F.S.D. = (f * \Sigma v + E_p) / \Sigma e h > 1.50$$

Factor de seguridad al volcamiento

$$F.S.V. = \Sigma M_a (+) / \Sigma M_a (-) > 2.00$$

$$X = \Sigma M_a / \Sigma F_v$$

La resultantes de las fuerzas deberá estar en el tercio medio.

$\Sigma M_a (+)$: Sumatoria de Momentos resistentes al vuelco

$\Sigma M_a (-)$: Sumatoria de Momentos producen el vuelco

ΣF_u : Sumatoria de Fuerza verticales

6.7.4 Canales a Flujo Libre

Los siguientes aspectos se deben tener en cuenta en el diseño de canales abiertos o tuberías parcialmente llenas.

6.7.4.1 Métodos de cálculo

Se recomienda el uso de las ecuaciones de **Manning, de Bassin, de Manning-Strickler y de Chezy**, en todo caso debe justificarse el método de cálculo y los factores de fricción o coeficientes de pérdidas por fricción utilizados.

Tabla 20. Rugosidad de Manning

Coefficiente de rugosidad de Manning	
Material del Canal	n de Manning
Asbesto cemento	0.010
Cemento mortero	0.013
Cemento pulido	0.011
Concreto áspero	0.016
Concreto liso	0.012
Mampostería	0.015
Piedra	0.025
Piedra sobre mortero	0.035

El perfil longitudinal debe calcularse por diferencias finitas o por elementos finitos utilizando programas de análisis considerando flujo gradualmente variado.

6.7.4.2 Velocidad mínima

La velocidad mínima estará determinada por el menor valor que evite la sedimentación.

6.7.4.3 Velocidad máxima

La velocidad máxima dependerá del caudal que transporte el canal, del radio hidráulico, del material de las paredes, del riesgo de erosión, en general las siguientes tablas presentan las velocidades máximas permitidas de algunos casos en particular:

Tabla 21. Velocidades máximas en canales revestidos

Tipo de revestimiento	Velocidad máxima (m/s)
Revestimiento de hormigón (agua libre de arenas y piedras)	12.50
Mampostería convencional o en piedra	3.70
Gaviones (0.5m y mayor)	4.70
Piedras grandes	3.00
Capas de piedra o arcilla (100mm - 150mm)	2.40
Suelo apisonado con piedra	2.60
Capa doble de piedra	3.00

En caso de que el diseño involucre otro material no contenido en las tablas o canales no revestidos, debe justificarse la velocidad adoptada.

6.7.4.4 Pendiente mínima

La pendiente mínima que se adopte debe ser tal que evite la sedimentación de las partículas más pequeñas considerables.

6.7.4.5 Pendiente máxima

La pendiente máxima que se admitirá será aquella para la cual la velocidad del agua no supere la velocidad máxima permitida. Además debe cumplir los siguientes requisitos:

- Si las condiciones topográficas exigen pendientes superiores, el canal debe estar diseñado en forma escalonada, por medio de estructuras que proporcionen caídas verticales o inclinadas.
- Al final de una caída vertical debe diseñarse una estructura de disipación de energía de forma que el flujo se entregue con una energía cinética igual a la que tenía antes de la caída.
- En una rápida (caída inclinada con una pendiente alta), el agua pasará de un flujo subcrítico a un flujo supercrítico a lo largo de un canal inclinado capaz de resistir en forma adecuada las velocidades que se presentarán para permitir la concordancia entre los tramos superior e inferior. Para poder entregar el flujo con la misma energía cinética que tenía antes del inicio de la rápida, se debe construir una estructura de disipación de energía.

6.7.4.6 Taludes laterales

La inclinación de los taludes de la sección transversal del canal sin revestimiento, no pueden ser superiores al ángulo del talud del talud natural del terreno y debe ser más suave en terraplenes que en cortes.

6.7.4.7 Pérdidas de Cabeza

El coeficiente de pérdidas menores se debe tener en cuenta cuando:

- El trazado en planta del canal esté constituido por tramos curvos con un radio de curvatura inferior a 20 veces el radio hidráulico.

- En los cambios de sección para calcular el perfil de flujo en el canal. En estos sitios deben evitarse los regímenes de flujo que se aproximen al estado crítico con el fin de evitar que se produzcan resaltos.

6.7.4.8 Transiciones

Cuando un canal de aducción presente tramos unidos por secciones presurizadas de sección circular, la concordancia entre los mismos se hará por medio de una transición.

6.7.4.9 Dispositivos de derivación

Las derivaciones en los canales de aducción deben cumplir los siguientes requisitos:

- Cuando en un conducto abierto se prevea una derivación también en canal abierto, en el punto de derivación deben existir elementos capaces de controlar el caudal en cualquiera de los dos canales a partir de dicho punto, pero no necesariamente en ambos simultáneamente.
- En puntos escogidos a lo largo de la aducción deben preverse dispositivos derivadores de agua o vertederos con las siguientes finalidades: Dar salida al exceso de agua, permitir el aislamiento y el vaciado de tramos de la aducción para fines de mantenimiento.
- El agua de los dispositivos de derivación debe ser captada y conducida a lugares apropiados a través de canales de descarga proyectados de tal forma que quede asegurada la estabilidad de la aducción.

7. DISEÑO HIDRÁULICO DE TANQUES DE DISTRIBUCIÓN Y/O COMPENSACIÓN

7.1 ALCANCES

Esta norma tiene por objeto establecer los parámetros, criterios y condiciones básicas que deben cumplirse para la elaboración de Diseños de Tanques de Almacenamiento del Sistema de Distribución del **amb**. Aunque casi en su totalidad los Tanques de Almacenamiento del **amb** son de distribución, en este capítulo se trata también los de compensación.

7.2 DEFINICIONES

- **Capacidad Total del Tanque.** Es el volumen de almacenamiento más los volúmenes adicionales para protección contra incendios y para la atención de fallas o emergencias en el sistema.
- **Rebose.** Es el dispositivo destinado a impedir que el nivel de agua dentro del tanque exceda el nivel máximo predeterminado.
- **Nivel mínimo útil.** Es el menor nivel de agua en el que el tanque al que se permitirá llegar en eventos de consumo máximo. Si se incluye capacidad para protección contra incendio, este volumen estará por debajo del nivel mínimo útil.
- **Nivel máximo útil.** Es el mayor nivel de agua en el tanque al que se permitirá llegar en eventos de consumo mínimo.
- **Sitios Remotos.** Tanque al cual se le ha colocado instrumentos de medición automática con el fin de llevar la señal vía radio al Centro de Control.
- **Tanque Enterrado.** Es el tanque que se sitúa totalmente en cota inferior a la del terreno en que se esta ubicando.
- **Tanque Semienterrado.** Es el tanque que presenta por lo menos un tercio de su altura total abajo del nivel del terreno en el cual se está ubicando.

- **Tanque Superficial.** Es el tanque que tiene su fondo ubicado a una profundidad correspondiente a menos de un tercio de la altura total, abajo del nivel del terreno en que está ubicado.
- **Tanque de Distribución.** Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es distribuir el agua que le llega ya sea directamente de la Planta de Tratamiento o de otro tanque; en el cual el líquido entra por su parte superior y sale por su parte inferior para ser distribuida.
- **Tanque de Compensación.** Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es compensar las variaciones en el consumo a lo largo del día mediante almacenamiento en horas de bajo consumo y descarga en horas de consumo elevado, de esta manera el dispositivo de entrada es el mismo que el de salida.

7.3 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

El diseñador deberá recopilar por lo menos la siguiente información:

- Planos topográficos del sitio donde se va a ubicar el tanque.
- Planos topográficos de vías de acceso al sitio.
- Planos de zonificación ambiental.
- Concepción básica de los esquemas físicos e hidráulicos del cual forma parte el tanque.
- Relación con otros elementos existentes.
- Características hidráulicas del tanque.
- Estudios de población y demanda del área o distrito que abastecerá el tanque.

7.4 ACTIVIDADES BÁSICAS PARA EL PREDISEÑO

La alternativa seleccionada para el suministro de agua a una zona o zonas de presión, mediante el uso de tanques deberá desarrollarse a nivel de prediseño, las actividades que se describen en este numeral conformarán el contenido para proyectos a este nivel:

- Definición del área (distrito) de servicio.
- Recopilación de información sobre población y demanda para el área de servicio, por quinquenios.

- Elaboración de la curva de consumo, teniendo en cuenta los factores horarios de demanda.
- Determinación del volumen de almacenamiento necesario para el tanque o tanques.
- Localización en planta de los sitios de los tanques.
- Levantamiento geológico detallado y estudio de suelos.
- Definición de los niveles máximo útil, mínimo útil y rebose.
- Prediseño de los sistemas de drenaje.
- Localización de las conducciones de entrada, de salida y de rebose (cámaras de válvulas, estructuras de control y otros).
- Definición preliminar del sistema de control del tanque.
- Determinación de la forma del tanque y predimensionamiento de sus componentes.
- Elaboración de planos de excavación y rellenos.
- Predimensionamiento estructural del tanque.
- Elaboración de memorias de cálculo y planos, que incluirá la justificación y descripción del proyecto y sus alternativas, si las hay.
- Elaboración de especificaciones técnicas para tuberías, válvulas y otros.
- Lista de cantidades y presupuesto preliminar.
- Elaboración de los documentos de licitación de suministro.

7.5 ACTIVIDADES DE DISEÑO

Terminada la etapa de prediseño se presentará el proyecto ante el comité técnico de la Gerencia de Planeación y Proyectos para su aprobación, una vez sea aceptado se procederá a desarrollar las siguientes actividades para complementar el diseño:

7.5.1 Dimensionamiento definitivo del Tanque

El período de diseño del Tanque deberá ser compatible con los demás elementos del Sistema de Distribución.

Con base en las proyecciones de población y en la dotación ponderada se estimará la demanda para el distrito por quinquenios, y por lo tanto la capacidad del Tanque.

- **Capacidad**

Para determinar la capacidad de almacenamiento total del tanque, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

✓ Capacidad de regulación

El porcentaje del volumen medio diario que se requiere para compensación horaria de la demanda es una función del caudal medio y se obtiene de acuerdo a lo dispuesto en el Capítulo 3. ESTUDIO DE POBLACIÓN Y DEMANDA. (Caudal Máximo Horario).

✓ Provisión contra incendio

Con el fin de atender las emergencias ocasionadas por incendios, se adopta los siguientes valores de acuerdo con la importancia y densidad de la zona a servir:

Tabla 22. Provisión contra incendio

POBLACIÓN A SERVIR	No DE HIDRANTES	Volumen (m³) *
5 000 - 10 000	-	-
10 000 - 20 000	2	144
20 000 - 50 000	4	288
50 000 - 100 000	5	360
> 100 ,000	6	432

El volumen será el suficiente para mantener en operación los hidrantes requeridos con un caudal de 10 l/s por cada hidrante durante 2 horas.

✓ Capacidad para atender emergencias

El tanque de almacenamiento deberá tener una capacidad adicional para atender una emergencia que normalmente se podría presentar en alguno de los componentes del sistema, entre otros: tubería de agua cruda, planta de tratamiento, conducciones de agua tratada o corte en el suministro del fluido eléctrico en el caso de un tanque alimentado por bombeo. Para tal fin el **amb** recomienda un volumen mínimo para emergencias igual a una (1) hora del caudal medio diario.

✓ Volumen Total de Almacenamiento

Tabla 23. Volumen total de Almacenamiento

CONCEPTO	VOLUMEN (m ³)
1. CAPACIDAD DE REGULACIÓN	A
2. CONTRA INCENDIO	B
3. EMERGENCIAS PARA UNA HORA	C
4. TOTAL	A+B+C

- ✓ Volumen mínimo del tanque

Esta Norma establece que el volumen mínimo de almacenamiento y/o compensación de cualquier tanque del **amb** debe ser de 500 m³.

- **Dimensiones y Forma**

La forma elegida para el tanque deberá permitir la máxima economía en términos de excavaciones, cimentaciones, estructuras, utilización del área disponible, equipos de operación y control, e integración con los demás componentes del Sistema de Distribución.

Se deberá especificar por lo menos los siguientes parámetros:

- ✓ Volumen nominal
- ✓ Volumen útil real de agua
- ✓ Altura útil de agua
- ✓ Área total descontadas columnas

7.5.2 Criterios para ubicación del Tanque

En el análisis de ubicación del Tanque se deben considerar los siguientes aspectos:

- Presiones máximas y mínimas disponibles en la entrada del tanque.
- Límites de presiones para la red de distribución.
- La distancia lateral mínima entre un tanque enterrado o semienterrado y una tubería de alcantarillado o de poliducto, ubicada en la cota superior al fondo del tanque será:

- ✓ Mayor de 30 metros cuando el terreno es impermeable hasta una profundidad de 1 metro por debajo del fondo del tanque.
- ✓ Mayor de 45 metros cuando el terreno es permeable.

Estas distancias pueden ser reducidas a la mitad, si se instala un sistema de drenaje que rodee externamente el perímetro del fondo del tanque.

- Por ningún motivo el tanque deberá localizarse en un área que tenga flujo permanente de aguas lluvias (cañada).
- Siempre deberá diseñarse un sistema de drenaje que permita evacuar las aguas lluvias superficiales, las aguas exfiltradas del tanque, y las aguas subterráneas ascendentes.

7.5.3 Tuberías Y Accesorios

Los materiales de las tuberías y accesorios de la entrada y salida del tanque podrán ser de una de los siguientes materiales, con revestimiento interno de mortero de cemento:

- Hierro fundido
- Hierro dúctil
- Acero

Los accesorios se regirán por las especificaciones de las normas AWWA aplicables.

Las uniones serán bridadas.

7.5.4 Entrada de agua al Tanque – Cámara de entrada

- **Tubería de Entrada**

El diámetro de la tubería de entrada está definido por el diámetro de la línea de la conducción que abastecerá el tanque, la cual estará dimensionada para el caudal máximo diario.

Igualmente debe considerarse que la velocidad de entrada sea máximo el doble de la velocidad de la conducción que entra al área del tanque y no introduzca una pérdida de carga superior a un 1 metro.

- **Válvula de Control**

La tubería de entrada al tanque contará con un dispositivo de cierre, esto es, una válvula desde afuera del tanque. El diámetro se establecerá teniendo en cuenta la cavitación y aspectos económicos.

El dispositivo de cierre debe contar con una válvula de control, ya sea de globo o de paso anular con control de nivel y caudal, y una válvula de guarda tipo compuerta o mariposa aguas arriba de la anterior; o cualquier otro tipo de válvula nueva en mercado que cumpla como mínimo con las mismas funciones.

El cierre puede ser local, automático, o remoto.

El término local quiere decir que un operario va directamente al sitio y abre la válvula. Si es automático, en el tanque se instala un equipo el cual de acuerdo al nivel del agua determina en que momento cerrar la válvula. Y si el Sistema es Remoto, un operador desde el Centro de Control toma la decisión de cerrar parcial o totalmente la válvula, para ello el **amb**, a partir del año 2002 cuenta con un Sistema de Control denominado **SCADA**.

- **Caja de Válvula de Entrada**

Debe proyectarse una caja de válvulas de entrada, cuyas dimensiones cumplan como mínimo con la siguiente separación entre tuberías:

D = Diámetro máximo de las tuberías antiguas

W = Ancho = 2.5 D

L = Longitud = 3D medido a partir del extremo de aguas arriba de la tubería

C = Distancia desde el piso hasta el punto más bajo de la tubería = 0,5 D

En caso de tener varias tuberías la separación entre cada uno de los ejes será:
W = 3 D

- **Estructura de Entrada al Tanque**

Cuando la entrada al tanque esté por encima del nivel de agua mínimo, se deben diseñar dispositivos de protección para que no ocurra erosión en el fondo por el impacto de la caída del agua.

Cuando la entrada al tanque esté por debajo del nivel máximo y el tanque no sea de Compensación final, la conducción de llegada debe tener un dispositivo de

control, que no permita la pérdida de agua del tanque en caso de que ocurra una rotura de la tubería de llegada al tanque.

El tanque se debe proyectar con una cámara húmeda de entrada, en forma de una caja vertedora cuya cresta se localice unos 0,20 metros por debajo del rebose del tanque y cuyas dimensiones estarán en función del número y diámetro de las tuberías de llegada. En estas condiciones se minimiza la turbulencia de entrada, y se impide que el tanque se desocupe en caso de una ruptura de la tubería de entrada. Igualmente permite que se quiebre presión en ésta, si el tanque está fuera de servicio, y utilizando el by pass o paso directo se da continuidad al servicio.

La cámara de entrada se debe ubicar alejada de la cámara de salida, analizando la posibilidad de “corto circuito” en el flujo de agua en el interior del tanque. En caso contrario deberán diseñarse pantallas.

- **Compartimientos**

Cualesquiera que sea el tamaño del tanque debe tener como mínimo dos compartimientos independientes entre sí pero comunicados por medio de compuertas, de tal manera que si se requiere cortar el servicio en uno, el otro pueda seguir funcionando.

7.5.5 Paso Directo

Se debe proyectar un paso directo que permita mantener el servicio durante las labores de limpieza del tanque. Dicho paso directo tendrá el mismo diámetro de la tubería de mayor diámetro que salga del tanque, ya sea de una conducción o de la tubería que abastecerá el distrito, y se alimentará desde la cámara vertedora de llegada al tanque; esto con el fin de asegurar una baja presión.

7.5.6 Salidas de agua del Tanque – Cámara de salida

- **Tubería de Salida**

La salida de agua del tanque debe ser independiente de la entrada y deben evitarse zonas sin flujo en el tanque.

De ser posible, la salida debe colocarse opuesta a la entrada. En caso de no ser posible, deben colocarse mamparas dentro del tanque para lograr un mayor tiempo de detención del agua en el mismo.

La velocidad máxima a través de la tubería de salida no será mayor de 1.5 veces la velocidad en la tubería aguas abajo y que no introduzca una pérdida de carga superior a 0.5 m, igualmente contará con dispositivos de cierre operables desde la parte externa del tanque o dispositivos automáticos.

Después de la válvula de cierre de la salida del tanque deberá haber un dispositivo que permita la entrada de aire en la tubería cuando se cierra la salida del tanque.

Para controlar la entrada de elementos indeseables en las tuberías de salida de los tanques, se recomienda una rejilla desmontable que cubra toda la cámara de salida.

- **Cálculo del Diámetro de la Tubería de Salida**

Para determinar el diámetro de las tuberías de salida debe tenerse en cuenta si la tubería trabajará como conducción o como tubería de la red de distribución.

- ✓ Como conducción: $Q = QMD = K1 * Q \text{ medio}$
- ✓ Como red de distribución : $Q = QMH = k2 * QMD$

- **Separación entre Tuberías de Salida**

Para garantizar la sumergencia mínima, definida en el numeral siguiente, y aprovechar todo el almacenamiento del tanque, es necesario colocar las tuberías de salida en una caja ubicada abajo del fondo del tanque. La caja deberá tener en planta un área mínima correspondiente a diez (10) veces el área de la apertura de salida, presentando una relación entre la mayor y menor dimensión inferior a 1.5 veces. Se tendrá en cuenta que en dicha caja se debe dejar una provisión para una tubería futura, y un desagüe. Adicionalmente, la separación entre las tuberías debe permitir el mantenimiento de las válvulas localizadas en la caja de válvulas externa al tanque.

Para asegurar unas condiciones de flujo tranquilo se diseñará la entrada a las tuberías de salida siguiendo los siguientes criterios:

$W = \text{Ancho} = 2.5 D$

$L = \text{Longitud} = 3D$ medido a partir del extremo de aguas arriba de la tubería

C = Distancia mínima desde el piso hasta el punto más bajo de la tubería = 0.5 D

En caso de tener varias tuberías la separación entre cada uno de los ejes será:
W = 3D

7.5.7 Rebose

El rebose se construye con el fin de evacuar los posibles caudales de exceso y deberá ser diseñado para posibilitar la descarga del caudal máximo que pueda entrar en el tanque, ya sea mediante un vertedero o una tubería.

Cuando el rebose sea en tubería, esta descargará libremente en una caja, ubicada tan cerca cuanto sea posible del tanque y presentará un tramo recto final vertical, con una longitud igual o mayor que 3.0 metros o tres veces su diámetro, medido a partir de su apertura al exterior.

La caja que reciba el rebose deberá ser dimensionada en función del diámetro de la tubería de descarga y tendrá una rejilla de 0.10 metros en su parte superior con el fin de evitar la entrada de animales y basura.

Las paredes del tanque tendrán una altura total por lo menos 20 cm mayor que la altura alcanzada por el agua cuando rebose y deberán ser dimensionadas considerando esta condición.

7.5.8 Tubería de Desagüe y limpieza del Tanque

La limpieza del tanque será hecha por medio de una descarga ubicada abajo de su nivel mínimo.

- **Tiempo de Vaciado**

Debe colocarse una tubería de desagüe sobre el fondo que permita el vaciado del tanque en un tiempo determinado con la siguiente expresión:

$$T_v = \frac{2 * S * H^{0.5}}{\mu * A * (2 * g)^{0.5}}$$

Donde:

T_v : Tiempo de vaciado (segundos)

S : Superficie del tanque (m²)

H : Altura inicial de la columna de agua en el tanque (m²)
μ : Coeficiente que depende de la relación L/D, siendo L la longitud de la tubería recta o la longitud equivalente, acorde con los accesorios y D el diámetro de la tubería.

$$\mu = \frac{1}{(0.043 * (L / D) + 1.62)^{0.5}}$$

A : Área de la sección transversal del tubo de desagüe (m²)
g : Aceleración de la gravedad (m/s²)

El desagüe de fondo estará provisto de una válvula de corte del tipo compuerta, del mismo diámetro de la tubería de desagüe.

Para desocupar el tanque se recomienda cerrar las válvulas de entrada e ir desocupando con el consumo del distrito.

- **Caudal Máximo durante el Vaciado**

El caudal máximo que se producirá durante el vaciado del tanque ocurrirá cuando éste se encuentre totalmente lleno, esto es, hasta el rebose. Su determinación resulta muy importante para establecer su incidencia sobre el alcantarillado receptor, y si fuere el caso disminuirlo mediante la operación de la válvula de compuerta. El caudal máximo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_{\text{máximo}} = \mu * A * (2 * g * H)^{0.5}$$

Donde:

Q_{max} = Caudal máximo (m³/s)
μ = Coeficiente de descarga, definido en el numeral anterior.
A = Área del tubo de desagüe (m²)
H = Altura máxima (m)

- **Sumergencia Mínima**

Para evitar la formación de vórtices que podrían arrastrar aire hacia las tuberías de salida, es necesario proveer una altura mínima de agua por encima de la clave de la tubería, a la cual se llama la “Sumergencia Crítica”.

La sumergencia se mide por debajo del fondo del tanque, para lo cual éste estará provisto de una cámara de salida localizada por debajo del fondo, y permitiendo que en esta forma se pueda aprovechar todo el volumen de almacenamiento del tanque.

Para calcular la sumergencia crítica se deben analizar los siguientes criterios y seleccionar el más desfavorable:

- Evitar presiones negativas en la clave de la tubería en la zona de entrada.

Este criterio considera que si no hay presiones negativas en la entrada a la tubería, no podrá existir arrastre de aire hacia ésta, y para tal fin la sumergencia mínima deberá ser igual a cinco veces la altura de velocidad que se presenta en la tubería.

$$HC = \frac{5 * V^2}{2 * g}$$

- Criterio de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB

La EAAB en sus normas sobre tanques de almacenamiento, recomienda la siguiente sumergencia:

Si la apertura está situada en un plano inclinado que forma un ángulo mayor a 45° con el plano horizontal tendrá una altura de agua medida en la parte más alta de la apertura igual a dos veces la dimensión vertical de la apertura en ese punto.

$$HC > 2 * D$$

- Criterio de la AIRH (**Hidraulic Structures Design Manual**)

$$H_c/D = 0.5 + 2.3 * F$$

Donde :

H_c = Sumergencia Crítica, (m)

D = Diámetro de la Tubería, (m)

F = Número de Froude:

$$F = \frac{V}{(g * D)^{0.5}}$$

V = Velocidad del agua dentro de la tubería, (m/s)

- **Criterio del RAS 2000**

Si la salida está situada en un plano horizontal, la altura de agua sobre la salida debe ser igual a 3 veces la mayor dimensión de la abertura.

Si la salida está situada en un plano inclinado formando un ángulo no mayor que 45° con respecto a la horizontal, la altura de agua medida al centro de la abertura, debe ser igual a 3 veces la mayor dimensión de la abertura.

Si la salida está situada en un plano inclinado formando un ángulo mayor que 45° con respecto a la horizontal, la altura de agua medida desde la parte más alta de la abertura debe ser igual a 2 veces la mayor dimensión de la abertura.

7.5.9 Ventilación

El tanque deberá disponer de dispositivos de ventilación de modo que permitan la salida y entrada de aire en su interior.

Las tuberías de ventilación se dimensionarán para un caudal de aire correspondiente al caudal máximo de entrada o salida de agua en el tanque, y una velocidad máxima del aire en los conductos de aire igual a 19.5 m/s.

Cálculo del área de los tubos de ventilación:

$$Q = V \cdot A$$

Donde:

Q : Caudal, (m³/s)

V : Velocidad del aire en el tubo, (m/s)

La ventilación del tanque se hará por medio de tubos horizontales localizados lateralmente en el espacio libre de la placa, 20 cm por debajo de la placa, que terminarán en codos de 90° hacia arriba, protegidos a la entrada con una malla metálicas de 5 mm para impedir la entrada al interior del tanque de insectos y de otros animales.

7.5.10 Sistema de Drenaje

Por la parte inferior del fondo del tanque deberá ser diseñado un sistema de drenaje destinado a indicar si existen fugas en el fondo o en partes no visibles del tanque.

En el diseño del sistema de drenaje se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ✓ El sistema de drenaje deberá ser subdividido de modo que cada subdivisión corresponda un área máxima de 50 m² del fondo del tanque, teniendo como mínimo un sistema de drenaje por cámara.
- ✓ El sistema descargará libremente en una o más cajas que se puedan inspeccionar, en donde se podrán medir las fugas en el tanque.
- ✓ Cuando el sistema de drenaje esté subdividido, cada parte deberá estar bien caracterizada y la descarga correspondiente a cada área se hará independientemente en las cajas correspondientes.
- ✓ El sistema de drenaje estará constituido por una tubería principal a la cual se podrán conectar tuberías de drenaje secundarias, haciendo en este caso las conexiones con tees, yees o cajas.
- ✓ Cuando las cimentaciones del tanque sean superficiales, deberán adoptarse precauciones para que no exista erosión o socavación.
- ✓ Se deberán tomar las medidas necesarias para que no ocurra refluo de aguas lluvias, o de cualquier otro tipo, para el interior del sistema de drenaje.
- ✓ El piso debe tener una ligera pendiente hacia la tubería de desagüe.

7.6 IMPERMEABILIZACIÓN Y RECUBRIMIENTO

Las paredes y el fondo del tanque deben ser impermeables, independiente de cualquier tratamiento adicional como pintura o epóxicos.

7.7 CUBIERTA DEL TANQUE

Todo tanque debe contar con una cubierta, la cual debe ser impermeable, continua y opaca y tener una capa reflectiva para evitar calentamiento interior.

A su vez deben cumplirse las siguientes disposiciones:

1. Sobre la cubierta debe colocarse una capa adicional de algún impermeabilizante que se adhiera a ella.

2. La cubierta debe estar inclinada a una o dos aguas, con una pendiente no inferior al 2%, con el fin de evitar encharcamiento en su superficie.

7.8 DISPOSITIVOS DE CONTROL DE CAUDAL Y NIVEL

Los niveles de los Tanques del **amb**, son controlados de dos maneras:

La primera mediante válvula flotador, dispositivo mecánico que se acciona cuando el agua llega a determinado nivel máximo, y la segunda se instala cuando por diseño hidráulico, el tanque no se puede controlar de esta forma, ya que debido al cierre repentino de la válvula se presenta el Golpe de Ariete (...Ver ítem 8.3 Definiciones), entonces en estos tanques el **amb** a partir del año 2002 ha implementado el **SCADA**; se realiza como un Sistema Válvula-Nivel, con el fin de que no rebosen los tanques, con este sistema el **amb** monitorea, visualiza y gráfica desde su centro de control ubicado en la Planta de Tratamiento de Morrорico las medidas de nivel, caudal y presión de los Sitios Remotos en tiempo real.

En cuanto al Control del Caudal más que un control, el **amb** utiliza estos registros para general la Curva de demanda.

7.9 PRUEBA DE FUGAS Y DE ESTANQUEIDAD EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DEL **amb**

El tanque de almacenamiento será sometido a prueba de filtración dos veces. La primera prueba tendrá lugar inmediatamente después que se haya terminado la construcción de la estructura y la segunda después de haber realizado las reparaciones y sello de las fugas encontradas en la prueba. Si la Interventoría lo considera necesario, se hará una tercera prueba, diez (10) meses después de la corrección de cualquier defecto encontrado en la primera prueba. Con anterioridad a la realización de la primera prueba se colocará el relleno de la estructura solamente hasta una altura igual a la parte superior de la losa de fondo.

El relleno de las paredes de la estructura se ejecutará una vez que se haya realizado satisfactoriamente la prueba de fugas y estanqueidad. La cantidad total de pérdidas de filtración a través de la estructura no será mayor que la del valor Q, en galones por minuto, calculado según la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{A * H}{400000}$$

A = Área del fondo y de las paredes exteriores mojadas en pies cuadrados.
H = Altura de agua en pies

La duración del ensayo no será menor de 24 horas. En el caso de que las pérdidas por filtración fueren mayores que el valor Q calculado, el Contratista determinará las causas de estas pérdidas y procederá a realizar las respectivas reparaciones a su costo y a plena satisfacción del **amb**. La estructura será probada nuevamente hasta que las pérdidas por filtración no superen a los valores permitidos.

7.10 REPARACIÓN DE LOS TANQUES DEBIDO A FUGAS REVELADAS POR LAS PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD

Si las pruebas de estanqueidad revelan fugas o humedades que a juicio del **amb** no cumplan con las exigencias de estanqueidad, el Constructor procederá a su reparación, así como de aquellas partes de la obra que hayan mostrado deterioro, siendo los gastos requeridos por tales reparaciones, de cargo exclusivo del mismo.

Dichas reparaciones serán ejecutadas bajo la dirección del Ingeniero encargado de las obras, designado por el Constructor, y deberán ser aceptadas, en cuanto a procedimiento, forma y calidad por el **amb**.

7.11 ACCESO A LAS CÁMARAS DEL TANQUE

Cada cámara del tanque deberá disponer por lo menos de una apertura para inspección en la cubierta con diámetro mínimo de 0.60 m, o las necesarias para retirar equipos o accesorios instalados en su interior.

Las aperturas de inspección deberán ser cerradas con tapa entera y dispositivos de cierre que no permitan el acceso de personas no autorizadas, así mismo no deberá permitir infiltraciones de agua superficiales al interior del tanque.

7.12 DISPOSITIVOS DE ACCESO AL TANQUE

Los tanques elevados deberán tener escaleras de acceso con barandas de protección con tramos parciales máximos de 5 m de altura. El acceso a la escalera deberá ser protegido de modo que impida la entrada de extraños.

Todo tanque deben tener en su interior escaleras permanentes de acceso protegidas contra la corrosión.

Para tanques con altura mayor a 3 metros se debe construir una escalera de acceso en la cual se pueda descender y ascender cómodamente.

8. ESTACIONES DE BOMBEO

8.1 ALCANCE

En este capítulo se establecen los criterios básicos y requisitos mínimos que deben cumplirse en la elaboración de los Diseños hidráulicos de una Estación de Bombeo.

8.2 CONSIDERACIONES GENERALES

Se considerará necesaria la ejecución de un proyecto de bombeo cuando se requiera elevar el nivel de la línea piezométrica para vencer una diferencia de altura topográfica, las pérdidas por fricción y las pérdidas menores siempre que las alternativas de ampliación de estaciones existentes y el aprovechamiento de la gravedad no resulten factibles.

8.3 DEFINICIONES

- **Estación de Bombeo.** Componente destinado a aumentar la presión del agua con el objeto de transportarla a estructuras más elevadas.
- **Golpe de Ariete.** Fenómeno Hidráulico de tipo dinámico oscilatorio, causado por la interrupción violenta del flujo en una tubería, bien por el cierre rápido de una válvula o apagado del sistema de bombeo, que da lugar a la transformación de la energía cinética en energía elástica, tanto en el flujo como en la tubería, produciendo sobreelevación de la presión, subpresiones y cambios en el sentido de la velocidad del flujo.
- **NPSH (Del inglés Net Positive Suction Head).** Presión necesaria para mover un fluido desde la cámara de succión hasta el impulsor de la bomba.
- **Tubería de impulsión.** Tubería de salida de un equipo de bombeo
- **Tubería de succión.** Tubería de salida de un equipo de bombeo

- **Altura o Cabeza dinámica total.** Energía suministrada por una bomba a un flujo de tubería, expresada en términos de cabeza, obtenida como la suma de la altura estática en la succión, de las pérdidas de energía por fricción y pérdidas menores en la succión y en la impulsión, y de la presión requerida al final de la línea de impulsión.
- **Cámara de Succión.** Deposito de almacenamiento de agua en el cual se encuentra la tubería de succión.

8.4 ESTUDIOS PREVIOS

Una estación de bombeo debe justificarse desde los puntos de vista técnico económico, por medio de un estudio de la energía requerida por el sistema de acueducto y las fuentes de energía disponibles. A continuación se enuncian que deben llevarse a cabo en la conceptualización de un proyecto de bombeo para el amb:

8.4.1 Relación con las demás partes del Sistema

Debe tenerse conocimiento de la manera como operan los otros componentes del Acueducto, y así lograr compatibilidad de la estación con el resto del sistema, especialmente en su capacidad y operación. Además se debe determinar si es posible el aprovechamiento de instalaciones antiguas y su factibilidad de ampliación.

8.4.2 Estudio de la Demanda

...Ver Capítulo 3. Estudio de Dotación, Población y Demanda....

8.4.3 Aspectos Topográficos

Una vez el Comité Técnico de la Gerencia de Planeación y Proyectos del amb, aprueba el sitio para la caseta de bombeo, se realiza los levantamientos planimétricos y altimétricos de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 4. Estudios Topográficos.

8.4.4 Estudios Geológicos Y Geotécnicos

Deben conocerse el tipo y las propiedades del suelo en el sitio de la estación y de la línea de impulsión. Como mínimo se debe contar con resultados de los ensayos de gradación, límites de consistencia y humedad natural que sirvan para clasificar los suelos en los Sistemas **AASHTO y SUCS**. En el ó los planos de geología se debe presentar la localización de los apiques.

El estudio debe complementarse con un registro fotográfico.

8.4.5 Disponibilidad de Energía

Debe conocerse la disponibilidad de Energía en el sitio de la estación de bombeo, se debe averiguar el voltaje, el ciclaje y el costo de kilowattio-hora.

Podrá estudiarse la alternativa de que la estación tenga generación propia de energía.

8.4.6 Justificación Técnico – Económica

Las alternativas existentes son sujetas a la evaluación técnico-económica, que se le realiza a todos los proyectos de cualquiera de los componentes del Sistema del amb; eligiendo la que represente el menor costo y la mejor solución técnica.

8.5 PARÁMETROS DE DISEÑO

8.5.1 Período de Diseño

El período de diseño del Sistema de Bombeo será de 30 años.

8.5.2 Caudales de Diseño

La capacidad de la estación debe ser el caudal máximo diario.

Siempre deberá bombearse a un tanque de almacenamiento y/o compensación, no se permitirá el bombeo directo hacia ni desde la red de distribución, exceptuando las bombas que se colocan para elevar la presión de la red en un determinado sector de servicio, como por ejemplo los edificios.

8.5.3 Pozo de Succión

El pozo de succión deberá proveer una carga de succión tal que asegure la sumergencia adecuada para evitar la formación de vórtices que podrían incorporar aire en las bombas; y adicionalmente permitir mantener el NPSH que requieren las bombas.

El pozo se debe diseñar con una capacidad igual o superior al caudal de diseño de las bombas. El diseñador puede utilizar la metodología que considere adecuada para dimensionar el pozo, siempre y cuando cumpla las siguientes condiciones:

- La entrada de agua al pozo se hará por medio de compuertas o conductos sumergidos.
- Evitarse la formación de vértices.
- El pozo no debe tener ni pendientes ni cambios geométricos pronunciados, tampoco cambios bruscos de dirección en el flujo.
- La forma y dimensiones debe garantizar posteriores labores de mantenimiento.
- La entrada de agua al pozo debe estar por debajo del nivel de agua en la tubería de succión.
- La sumergencia mínima debe ser mayor que 2 veces su diámetro, pero nunca inferior a 50 centímetros.
- La distancia entre el fondo y paredes de la cámara de succión y la boca de la tubería de succión debe estar entre 0.5 y 1.5 veces el diámetro de la tubería de succión, pero no puede ser menor que 25 centímetros.
- La velocidad de entrada al pozo de succión no debe superar los 0.7 m/s. Se recomienda obtener una velocidad de 0.5 m/s.
- Debe disponerse de un vertedero de exceso de agua en el pozo, además de sus respectivas tuberías y válvulas de desagüe.

8.5.4 Tubería de Succión

Las tuberías de succión se dimensionan para mantener unas pérdidas de energía bajas, para lo cual las velocidades de flujo estarán en el rango de 0.5 m/s a 1.8 m/s. Y depende del diámetro, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 24. Diámetro Tubería de Succión

Diámetro de la tubería de succión (mm)	Velocidad máxima (m/s)
50	0.75
75	1.00
100	1.30
150	1.45
200	1.60
250	1.60
300	1.70
Mayor que 400	1.80

Se debe tener en cuenta el efecto del golpe de ariete, para lo cual se calcularán la sobreelevación de presiones, las subpresiones y las velocidades de onda, a su vez se debe seleccionar y dimensionar los equipos que protejan los equipos de bombeo y tuberías, contra tales efectos.

8.5.5 Tubería de Impulsión

El diámetro de la tubería de impulsión de cada bomba se determinará de acuerdo con un estudio de “diámetro económico”, lo cual implica la determinación de una “velocidad económica”, la cual estará generalmente en el rango de 1.0 m/s a 3.0 m/s.

Para la determinación del diámetro económico de la impulsión se deben tener en cuenta los siguientes costos:

- ✓ *Inversión inicial:* Incluye los costos de adquisición y montaje de la tubería de impulsión y de los equipos de bombeo.
- ✓ *Costos de Operación:* Incluye los costos anuales de la energía eléctrica requerida para operación de los motores de las bombas. Estos costos anuales se deben traer a valor presente.
- ✓ *Costos de Mantenimiento anual.*
- ✓ *Costos de reposición de equipos de bombeo.*
- ✓ *Costos de capital durante la construcción.*

El diámetro de la tubería de succión debe ser mayor que el de impulsión por lo menos 5 cm.

Se aceptarán reducciones excéntricas en caso de ser necesarias.

De la misma manera que para la Tubería de Succión, se debe realizar el estudio de golpe de ariete en la Tubería de Impulsión.

8.5.6 Bombas

La selección de la bomba se hará de acuerdo a la capacidad y altura dinámica requeridas y debe ser compatible con la tubería de impulsión y con el tanque de almacenamiento, siempre en cumplimiento con las normas técnicas NTC Y AWWA correspondientes.

Se deben utilizar como mínimo dos bombas, donde la capacidad de cada una es igual al caudal de diseño de la estación. Y la Potencia debe ser la adecuada para garantizar dicha capacidad.

La Cabeza Neta de Succión Positiva (NPSH) se calculará de la siguiente manera:

$$NPSH_{disp} = \frac{P_{atm}}{\rho * g} + H_{es} - H_f - \frac{P_v}{\rho * g}$$

Donde:

H_{es} = Altura estática de succión (m) (incluyendo su signo)

ρ = densidad del agua (Kg/m³)

H_f = Pérdida de Cabeza debida a la fricción (m)

P_{atm} = Presión Atmosférica (Pa)

P_v = Presión de vapor de agua (Pa)

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

8.5.7 Sala de Bombas

Las dimensiones deben ser tales que albergue todos los equipos necesarios, y además tenga suficiente espacio para realizar las labores de mantenimiento, montaje y desmontaje si fuese el caso.

8.6 VÁLVULAS Y ACCESORIOS

Todo tipo de válvulas y accesorios deben estar instalados en sitios de fácil acceso para su adecuado mantenimiento, montaje y desmontaje.

9. NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE MEMORIAS SOBRE DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE PROYECTOS DE ACUEDUCTO

9.1 ALCANCE

Este capítulo establece los requerimientos mínimos que deben tener en cuenta los diseñadores hidráulicos en el momento de entregar un proyecto al Acueducto Metropolitano de Bucaramanga **amb**.

9.2 DEFINICIONES

- **Informe Preliminar.** Tendrá como objetivo hacer el diagnostico del Sistema y recomendar la alternativa más conveniente.
- **Proyecto.** Comprenderá básicamente los análisis y estudios económicos para dimensionamiento de los componentes de la solución recomendada en el informe preliminar, la identificación y justificación de las etapas de construcción, presupuesto y los planos detallados de construcción.

9.3 ENTREGA DE MEMORIAS

9.3.1 Informe Preliminar

a. Descripción del Proyecto

- ✓ Aspectos Generales del área del proyecto
- ✓ Ubicación
- ✓ Estrato socioeconómico
- ✓ Aspectos demográficos actuales, etc.
- ✓ Esquema tamaño carta de la localización del proyecto

b. Identificación de Zonas actuales y futuras

- ✓ Determinación del Perímetro Sanitario

- ✓ Identificación de las zonas actuales, según su uso y los factores que determinan la extensión del sistema de acuerdo con los planes de ordenamiento municipal.
- ✓ Esquema identificando zona actual y futura.

c. Estudio de Demanda

- ✓ Parámetros de diseño
- ✓ Proyección de la población y proyección de las viviendas; dotación por habitantes y consumo por vivienda.
- ✓ Densidades actuales y futuras

d. Diagnóstico del Sistema existente

- ✓ Capacidad de los componentes del Sistema en relación con la curva de demanda proyectada.

e. Estudio de Alternativas

- ✓ Identificación de alternativas viables
- ✓ Elección alternativa técnica-económica más factible, teniendo en cuenta la conveniencia de un diseño por etapas.
- ✓ Determinación de levantamientos topográficos, estudios de suelos, etc.

9.3.2 Proyecto

f. Dimensionamiento

Dimensionamiento de los componentes del Sistema: Captaciones, Líneas de Aducción, Líneas de Conducción, Tanques de almacenamiento, Estaciones de Bombeo, Redes de Distribución, etc.

El nivel de detalle para los diferentes componentes tendrá como mínimo lo siguiente:

- ✓ **Captación:** Criterios de localización, Caudal de diseño de la rejilla, dimensionamiento de rejilla, cota cresta vertedero, altura del agua sobre el vertedero, velocidad de flujo, dimensiones y pendiente del canal recolector, dimensionamiento canal de limpieza, Canaleta Parshall, etc.

- ✓ **Aducción y/o Conducción:** Caudal de diseño, diámetro económico por etapas de construcción, longitud, cotas de salida y llegada. Presiones, sobrepresiones y clases de tubería, obras de arte, etc. Anexar esquema en planta en tamaño carta.
- ✓ **Tanques de Almacenamiento:** Ubicación, tipo, capacidad económica por etapas de construcción, cotas de fondo y nivel máximo del agua, dimensiones, material de construcción, dispositivos de entrada, salida y diseño hidráulico completo del sistema de desagüe.
- ✓ **Estaciones de Bombeo:** Diámetro de la tubería de impulsión, caudal de bombeo, tiempo de bombeo, Caudal de diseño, Cabeza total, NPSH disponible, Potencia de la bomba, Potencia del motor, Altura de Succión, etc.
- ✓ **Distribución:** Disposición de las mallas principales de distribución, Caudales en rutas y en los nudos, dirección del flujo, diámetros económicos por etapas de construcción, verificación del comportamiento de la red existente y de las etapas proyectadas de construcción, bajo diferentes condiciones del consumo, presiones máximas y mínimas, velocidades, etc. Anexar esquema en tamaño carta.

g. Presupuesto

h. Anexos

- ✓ Cálculos Hidráulicos de la alternativa seleccionada.
- ✓ Cálculos Eléctricos
- ✓ Cálculos Estructurales
- ✓ Estudio de suelos
- ✓ Cálculos topográficos
- ✓ Anclajes, etc.

9.4 ENTREGA DE PLANOS

a. Tamaño

70X100

b. Escala

- ✓ Plano general reducido (Escala adecuada para un solo plano)
- ✓ Planos topográficos (...Ver Capítulo 4. Estudios Topográficos...)
- ✓ Planos Hidráulicos (...Ver tabla 25...)
- ✓ Planos de Detalles (Escala 1:5, 1:10, ó 1:20)
- ✓ Planos Estructurales (Escala 1:50 y 1:25)

Tabla 25. Escala para planos de Perfil

Plano Planta	Plano Perfil
1: 500	1: 500 H 1: 100 V
1: 1.000	1: 1.000 H 1: 100 V
1: 2.000	1: 2.000 H 1: 100 V

c. Planos Hidráulicos

Debe contener como mínimo la siguiente información de las mallas de diseño:

Diámetros, longitud, caudal en ruta, sentido del flujo, número del tramo, número del nudo, caudal en el nudo, cota piezométrica, cota terreno, caudales puntuales, nomenclatura.

d. Planos de Construcción

Debe contener como mínimo la siguiente información:

Diámetros, localización de válvulas, hidrantes de incendio, accesorios, límite sanitario, detalles, nudos, convenciones, especificaciones, nomenclatura. Coordenadas, planta-perfil para conducciones indicado línea piezométrica.

10. NORMAS PARA ENTREGA DE ARCHIVOS DIGITALES Y COPIAS DURAS

10.1 ALCANCE

Establecer las normas de digitalización para el SIG del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, que deben cumplir todos los diseñadores y constructores que entregan archivos digitales y copias duras al **amb**.

10.2 PROCEDIMIENTO

Se cumplirán con los estándares de rotulo, presentación y nombres de laminas que se encuentran adjuntas en el **ANEXO 1** cuyo formato es un archivo **DXF**, el cual puede ser abierto en versiones de CAD.

- El archivo digital se debe entregar georeferenciado en las coordenadas x,y, amarrando el archivo a un punto de la Red Geodesica Nacional, o en defecto a un Mojón conocido.
- Las redes existentes llevaran el nombre de acuerdo a la siguiente tabla añadiendo (- E), de existentes y las proyectadas deberán cumplir con el siguiente cuadro de laminas

Tabla 26. Nomenclatura de las redes existentes y proyectadas

LAYER	TIPO DE LINEA	COLOR
TU 3 C – PVC (3/4")	DIVIDE 2	115
TU 1/2-PVC	CONTINUOUS	25
TU 1 C – PVC (1 1/4")	DIVIDE 2	113
TU 1 M – HG (1 1/2")	DASHDOT	230
TU 1 M – PVC (1 1/2")	DIVIDE 2	230
TU 1 M - AC	CONTINUOUS	230








TU 1 M - HG	DASHDOT	230
TU 1 - PVC	DIVIDE 2	21
TU 1 - AC	CONTINUOUS	21
TU 1 - HG	DASHDOT	21
TU 1 - HF	DASHED	21
TU 2 M – AC (2 1/2")	DIVIDE 2	150
TU 2 M – PVC (2 1/2")	CONTINUOUS	150
TU 2 M – HG (2 1/2")	DASHDOT	150
TU 2 M – H F (2 1/2")	DASHED	150
TU 2 - PVC	DIVIDE 2	181
TU 2 - AC	CONTINUOUS	181
TU 2 - HG	DASHDOT	181
TU 2 - HF	DASHED	181
TU 3 - PVC	DIVIDE 2	121
TU 3 - AC	CONTINUOUS	121
TU 3 - HG	DASHDOT	121
TU 3 - HF	DASHED	121
TU 4 - PVC	DIVIDE 2	55
TU 4 - AC	CONTINUOUS	55
TU 4 - HG	DASHDOT	55
TU4 - HD	DASHED	55
TU 5 - HG	CONTINUOUS	60
TU 4 - HF	DASHED	55
TU 6 - PVC	DIVIDE 2	1
TU 6 - AC	CONTINUOUS	1
TU 6 - HG	DASHDOT	1
TU 6 -ACE	BORDER	1
TU 6 - HD	HIDDEN2	1



TU 6 - HF	DASHED	1
TU150-HD	CENTER	1
TU 8 - HD	BORDER	2
TU 8 - PVC	DIVIDE 2	2
TU 8 - HF	CENTER	2
TU 8 - AC	CONTINUOUS	2
TU 8 - HG	DASHDOT	2
TU 8 - AF	DASHED	2
TU200-HD	HIDDEN 2	2
TU 10 - HD	BORDER	3
TU 10 - AP	HIDDEN 2	3
TU 10 - PVC	DIVIDE 2	3
TU 10 - AC	CONTINUOUS	3
TU 10 - HG	DASHDOT	3
TU 10 - HF	DASHED	1
TU 12 - PVC	DIVIDE 2	5
TU 12 - AC	CONTINUOUS	5
TU 12 - HG	DASHDOT	5
TU 12 - HF	DASHED	5
TU 12 - AP	HIDDEN 2	5
TU 12 - HD	BORDER	5
TU 14 - HD	BORDER	6
TU 14 - AC	CONTINUOUS	6
TU 14 - HF	DASHED	6
TU 14 - HG	DASHDOT	6
TU 14 - AP	HIDDEN 2	6
TU350-HD	CENTERX2	6
TU 16 - PVC	BORDER	12
TU 16 - HD	DIVIDE2	12

TU 16 - AC	CONTINUOUS	12
TU 16 - HF	DASHED	12
TU 16 - HG	DASHDOT	12
TU 16 - ACE	CENTER	12
TU 16 - AP	HIDDEN 2	12
TU 18 - AC	DASHED	15
TU 18 - AP	DASHDOT	15
TU 18 - HD	CONTINUOUS	15
TU 20 - HD	DIVIDE2	8
TU 20 - AC	CONTINUOUS	8
TU 20 - GRP	BORDER	8
TU 20 - HF	DASHED	8
TU 20 - HG	DASHDOT	8
TU 20 - AP	HIDDEN 2	8
TU 24 - HD	DASHED	80
TU600-HD	BORDER	80
TU 24 - GRP	DASHDOT	80
TU 24 - AC	CONTINUOUS	80
TU 24 - AP	HIDDEN 2	80
TU 34 - AP	CONTINUOUS	18
TU 36 - AP	HIDDEN 2	11
TU 40 -ACE	CONTINUOUS	10
TU 42 - AP	DASHED	4
TU 42 - ACE	BORDER	4
TU 48 - AP	CONTINUOUS	28
ACCESORIOS Y UNIONES		
ACC	BYLAYER	220
UNIONES	BYLAYER	40

- Los accesorios serán **BLOQUES** creados en la capa **ACC** y el color es el **220** y de logical color será **BYBLOCK** como lo describe el siguiente cuadro:





Tabla 27. Convenciones para los accesorios

GRAFICO	NOMBRE DEL BLOQUE
 VALVULA	V
 REDUCCIÓN	R
 HIDRANTE	H
 TAPON	T
 MEDIDOR	MD
 VALVULA REGULADORA	VR
 PUNTO PITOMETRICO	PP

 PURGA	PURGA
 VENTOSA	VENTOSA

- Las uniones serán **BLOQUES** creados en la capa **UNIONES** y el color es el **40** y de logical color será **BYBLOCK** como lo describe el siguiente cuadro:

Tabla 28. Convenciones para las uniones

GRAFICO	NOMBRE	NOMBRE DEL BLOQUE
	CRUZ	U
	TEE	TR
	C90	C9
	C45	C45
	C22_1/2	C22
	C11_1/4	C11
	YEE	Y

Las medidas de los bloques corresponden a escala 1:2000, y se insertaran proporcionalmente a la escala del dibujo. Los bloques se insertaran en las siguientes láminas **ACC** o **UNIONES**.

El Rotulo se encuentra en tamaño pliego 1.00x0.70 m, se adjunta disquete con bloques de accesorios, uniones y rotulo en formato DXF.

11. GUÍA PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE DISEÑOS HIDRAULICOS PARA LOS DIFERENTES ELEMENTOS QUE COMPONEN EL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA.

11.1 PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE CAPTACIONES SUPERFICIALES

11.1.1 ENTREGA DE MEMORIAS

11.1.1.1 Características Hidrológicas

- **Caudales Máximos y Mínimos**

Para el diseño de la captación es necesario efectuar un estudio del comportamiento hidrológico de la fuente de abastecimiento, determinar los gastos máximos, mínimos y la curva de calibración de caudales. La información hidrológica de los caudales máximos permite asegurar una debida protección de la estructura contra las crecientes, la información de los caudales mínimos garantiza la captación de estos, y la curva de duración de caudales provee la información acerca de las limitaciones de la corriente para suministrar los caudales demandados.

Esta información será suministrada por la Sección de Hidrología de la Gerencia de Planeación y Proyectos del **amb**.

Se requiere obtener mínimo la siguiente información:

- Ancho del río (m)
- Pendiente del río
- Cota del fondo del río (m.s.n.m.)
- Nivel de aguas máximas (m o m.s.n.m.)
- Nivel de aguas mínimas (m o m.s.n.m.)
- Caudal máximo (m^3/s)
- Caudal mínimo (m^3/s)
- Caudal medio (m^3/s)
- Sección transversal del sitio de captación (Bocatoma de Fondo)

- **Descripción de la cuenca**

Área de Drenaje (Km²)
 Precipitación media anual (mm)
 Estaciones Pluviométricas e Hidrométricas o Limnimétrica
 Cota sobre el nivel del mar
 Pendiente promedio
 Parámetros morfométricos de la cuenca

11.1.1.2 Características Geotécnicas

Se describe claramente sobre qué tipo de suelo se fundará la estructura de captación, y qué tipo de sedimento se encuentra sobre el cauce.

11.1.1.3 Descripción de la Captación

En este ítem se habla sobre el tipo de captación, el margen del río en el que se construirá la estructura y su respectiva cota sobre el nivel del mar, así mismo se describirán las demás obras proyectadas para este proyecto. Y una información general sobre los principales componentes de la estructura de captación.

Además se debe determinar como mínimo las siguientes características de acuerdo a la obra de captación proyectada:

Tabla 29. Características de la Captación

ELEMENTO	CARÁCTERÍSTICAS
Tipo de Captación (Lateral o de Fondo)	
Caudal de diseño del vertedero (presa) (m ³ /seg)	
Período de retorno (años)	
Cota cresta vertedero (msnm)	
Cota solera de la conducción (msnm)	
Caudal de diseño de la reja (m ³ /seg)	
Altura del agua por encima de la cresta (m)	
Altura de Energía por encima de la cresta (m)	
Ancho de cresta del vertedero (m)	
Coefficiente de descarga vertedero	
Ecuación Parábola vertedero $y=F(x)$	
Dimensiones rejilla	
Espesor de barra de rejilla (pulgadas)	
Separación Libre (cm)	
Velocidad de flujo entrada rejas (m/s)	

Inclinación reja con la horizontal (grados)	
Pendiente media canal recolector (C.Fondo) (%)	
tipo de limpieza (mécánica o manual)	
Pendiente media canal de limpieza (si lo hay) (%)	
Altura presa vertedero	
Dimensiones compuerta de control	
Dimensiones compuerta de lavado	
Dimensiones vertedero de excesos	
Pendiente canal de aducción (%)	

11.1.1.4 Parámetros de Diseño

- **Diseño Hidráulico**

En este ítem se describen los criterios de diseño hidráulico utilizados para el diseño de la captación y sus obras complementarias.

- **Manejo de Sedimentos**

Se debe explicar cuál va ser el manejo que se le va dar a los sedimentos, y el grado de complejidad que representa la manipulación de estos.

- **Mantenimiento y Limpieza**

Se debe describir el procedimiento para llevar a cabo la limpieza de la rejilla y demás componentes que requieran un mantenimiento periódico.

- **Manejo del río durante la Construcción**

Se debe detallar las etapas necesarias en que se manejará el río para poder ejecutar las labores de construcción de las partes principales que componen la estructura de captación.

- **Caudal social y ecológico**

Se debe especificar la forma en que se garantizará la descarga del caudal social y ecológico a la fuente de abastecimiento.

11.1.1.5 Cálculos Hidráulicos de la Captación

- Cálculo de la geometría del vertedero
- Determinación del perfil del flujo
- Determinación de la curva de calibración de caudales de la fuente
- Estimación de la altura de la presa
- Cálculo de la rejilla de captación
- Cálculo del vertedero de excesos
- Cálculo de las pérdidas en la estructura (Tener en cuenta como mínimo las Pérdida por rejilla y las Pérdida por fricción)

En conclusión la memoria de cálculo hidráulico debe incluir las fórmulas, las tablas y el trazado de la línea piezométrica de todo el sistema hidráulico.

11.1.1.6 Sistema de Medición de Caudales

Con el objeto de establecer una medida de los caudales de la conducción y de vertimiento sobre la presa se debe explicar el sistema de medición de caudales que se implementará para conocer el caudal total por el río.

11.1.1.7 Características Operativas de la Captación

- Cálculo del sistema de limpieza
- Cálculo del tamaño de partículas sedimentarias en el canal de aducción
- Cálculo de pérdidas hidráulicas en la estructura de captación (Tener en cuenta como mínimo las Pérdidas en rejilla, Pérdidas por paso de compuertas, Pérdidas por fricción en la estructura)
- Cálculo de la capacidad hidráulica de la captación (se debe tener en cuenta las diferentes condiciones de flujo que puedan presentarse)

11.1.2 ENTREGA DE PLANOS DEFINITIVOS

Los planos deberán presentarse en el formato oficial del amb, en archivo duro y magnético (en CD, no se aceptarán disquete).

Se entregarán como mínimo un plano de la Planta General y otro de Detalles Estructurales. En los **ANEXO 4.1 y 4.2** se observan los planos típicos para la presentación de Proyectos de Captaciones.

11.2 PRESENTACIÓN DE MEMORIAS PARA PROYECTOS DE CONDUCCIÓN Y/O ADUCCIÓN

11.2.1 INFORME PRELIMINAR

Tendrá como objetivo hacer el diagnóstico del Sistema y recomendar la alternativa conveniente. En este caso se deben presentar como mínimo la siguiente información:

11.2.1.1 Descripción del Proyecto

Consta de los aspectos generales sobre el área del proyecto: ubicación, estrato socio – económico, aspectos demográficos actuales, etc.

Se debe anexar el esquema reducido de la localización del Proyecto.

11.2.1.2 Identificación de Zonas actuales y futuras

En este ítem se presenta:

- Determinación del Perímetro Sanitario
- Identificación de las zonas actuales, según su uso y los factores que determinan la extensión del sistema de acuerdo con el Plan de ordenamiento Territorial.

Se debe anexar los esquemas de identificación de la zona actual y futura.

11.2.1.3 Estudio de la Demanda

Este ítem consta:

- Parámetros de Diseño
- Proyección de la población y proyección de las viviendas; dotación por habitantes y consumo por vivienda.
- Densidades actuales y futuras.

Ver Capítulo 3. Estudios de Población y Demanda.

11.2.1.4 Diagnóstico del Sistema existente

Se debe hacer un diagnóstico entre la Capacidad de los componentes del Sistema en relación con la curva de demanda proyectada.

11.2.1.5 Estudio de Alternativas

Este ítem abarca:

- Identificación de alternativas viables
- Elección de la alternativa técnico-económica más factible, teniendo en cuenta la conveniencia de un diseño por etapas.
- Determinación de levantamientos topográficos, estudios de suelos, etc.

11.2.2 PROYECTO

Comprenderá básicamente los análisis y estudios económicos para el dimensionamiento de los componentes de la solución recomendada en el informe preliminar, también incluirá la identificación y justificación de las etapas de construcción, presupuesto y los planos detallados de construcción.

11.2.2.1 Descripción del Proyecto

Consta de los aspectos generales sobre el área del proyecto: ubicación, estrato socio – económico, aspectos demográficos actuales, etc.

También se dará una idea global del proyecto que abarque objetivos, justificación en una forma general, además se especificará el Software utilizado en el diseño.

Se debe anexar el esquema reducido de la localización del Proyecto.

11.2.2.2 Localización

Describir la ubicación y alcance en cuanto a la franja de terreno que abarca el proyecto.

11.2.2.3 Número de Viviendas

- Extensión (ha)
- Suscriptores Totales
- Suscriptores por usos
- Usuarios o Población a servir

11.2.2.4 Fuentes de Información

Se numera la bibliografía tenida en cuenta para la realización del informe.

11.2.2.5 Parámetros de Diseño

Como mínimo se presenta la siguiente información:

- Factores de Variación del Consumo (K1)
- Cálculos de Pérdidas de Presión

11.2.2.6 Determinación del los Caudales de Consumo

- Caudal Medio Diario
- Caudal Máximo Diario

11.2.2.7 Diseño

- **Alternativas**

Se debe hacer una breve descripción de cada una de las alternativas analizadas en el proceso de elección de la alternativa definitiva, explicando la razón principal por la cual no se eligió la misma. Además se presentará un cuadro resumen que contenga para cada una de las alternativas propuestas la siguiente información:

- ✓ Descripción General
- ✓ Caudal (Lps)
- ✓ Diámetro (pulg)
- ✓ Longitud (m)
- ✓ Presión Estática (m)
- ✓ Presión Dinámica a lo largo de la línea (m)
- ✓ Presupuesto Aproximado

- **Alternativa Definitiva**

Presentar como mínimo los siguientes datos:

- ✓ Diámetro de la o las tuberías con su respectivo Caudal de Diseño, Velocidad del flujo, y Presión en m.c.a.

11.2.2.8 Presupuesto

11.2.3 ENTREGA DE PLANOS

Los planos deberán presentarse en el formato oficial del **amb**, en archivo duro y magnético (en CD, no se aceptarán disquete).

Se entregarán como mínimo un plano de Planta Perfil y otro de Detalles Hidráulicos. En los **ANEXO 5.1 y 5.2** se observan los planos típicos para la presentación de Proyectos de Conducciones y/o Aducciones.

11.3 ENTREGA DE MEMORIAS PARA PROYECTOS DE TANQUES DE DISTRIBUCIÓN Y/O COMPENSACIÓN

11.3.1 ENTREGA DE MEMORIAS

Se debe presentar como mínimo la siguiente información:

11.3.1.1 Descripción del Proyecto

11.3.1.2 Localización General y Topografía

11.3.1.3 Aspectos Topográficos

11.3.1.4 Vías de Acceso

11.3.1.5 Estudios Geológicos y Diseños Geotécnicos

11.3.1.6 Memorias de Diseño Hidráulico

- Parámetros Básicos para el Diseño
- Capacidad
- Dimensiones
- Niveles importantes
- Tubería y Accesorios
- Tubería de Llegada
- Estructuras de entrada al Tanque
- Tubería de Salida
- Paso Directo
- Rebose
- Tubería de Desagüe
- Ventilación
- Sumergencia mínima
- Separación entre tuberías de salida
- Fuentes de Información

11.3.1.7 Diseño Estructural

11.3.1.8 Cantidades de Obra y Presupuesto

11.3.2 ENTREGA DE PLANOS

Los planos deberán presentarse en el formato oficial del **amb**, en archivo duro y magnético (en CD, no se aceptarán disquete).

Se entregarán como mínimo los siguientes planos:

- Planta Topográfica – Localización General
- Planta de Drenajes – Cortes y Detalles
- Diseño Estructural (Planta) – Cortes Ventilación

En los **ANEXOS 6.1 y 6.2** se observan los planos típicos para la presentación de Proyectos de Tanques de Almacenamiento y/o Compensación.

11.4 PRESENTACIÓN DE MEMORIAS PARA PROYECTOS DE ESTACIONES DE BOMBEO

11.4.1 ENTREGA DE MEMORIAS

11.4.1.1 Objetivo del Bombeo

Se debe presentar en forma clara el propósito por el cual se requirió el diseño de una estación de bombeo.

11.4.1.2 Localización General

Este ítem debe contemplar uno o los esquemas necesarios para representar en forma general la impulsión proyectada con sus respectivas longitudes en planta, distancias inclinadas, cotas de fondo y rebose de los tanques, diámetro de la tubería de impulsión, caudal de bombeo y altura de tanques. Este esquema no requiere escala.

11.4.1.3 Información Básica

- Número de Usuarios o habitantes a servir
- Dotación por habitante por día
- Q medio diario
- Qmáximo diario
- Características del Bombeo:
 - ✓ Cota de rebose del tanque terminal del bombeo
 - ✓ Cota de fondo del tanque terminal del bombeo
 - ✓ Cota tapa tanque de succión
 - ✓ Cota fondo tanque de succión
 - ✓ Longitud de la impulsión
 - ✓ Altura estática
 - ✓ Pérdidas en la succión
 - ✓ Pérdidas en la impulsión
- Características de la Bomba:
 - ✓ Caudal
 - ✓ Cabeza total
 - ✓ NPSH disponible
 - ✓ Potencia de la bomba
 - ✓ Potencia del motor
 - ✓ Altura de succión
- Tiempo de Bombeo (hr/año)

11.4.1.4 Justificación Técnico – Económica de los Bombeos

Se explica el proceso de elección de la alternativa con mejor comportamiento técnico – económico, y la razón por la cual se decidió eliminar las alternativas restantes.

Se debe realizar la siguiente evaluación de costos:

- ✓ Costos de Tubería (suministro e instalación según diámetro)
- ✓ Costos de Equipos de Bombeo

11.4.1.5 Estudio Topográficos

Se deberá entregar lo establecido en el Capítulo 4 de esta norma, para cualquier levantamiento topográfico que se realice para un proyecto del **amb**.

11.4.1.5 Estudios Geológicos, Geotécnicos y Diseños

De acuerdo a los resultados del estudio de suelos se debe dar las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

11.4.1.6 Parámetros Básicos para EL Diseño

Se presentan todas las consideraciones hechas para el diseño hidráulico tanto de la Estación como de la impulsión.

11.4.2 ENTREGA DE PLANOS

Los planos deberán presentarse en el formato oficial del **amb**, en archivo duro y magnético (en CD, no se aceptarán disquete).

Se entregarán como mínimo los siguientes planos:

- Localización Geográfica – Localización General – Perfil - Cámara de Entrada
- Planta Perfil de la Impulsión
- Planta General – Detalles y Cortes
- Disposición de Equipos Electrónicos (Planta)

- Disposición de Equipos de Bombeo (Planta) – Pozo de Succión – Planta y Cortes

En los **ANEXOS 7.1, 7.2, 7.3, 7.4 y 7.5** se observan los planos típicos para la presentación de Proyectos de Estaciones de Bombeo y su respectiva Impulsión.

12. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN

El análisis de la dotación neta está definido en el RAS-2000, estableciendo los valores máximos y mínimos en la Tabla B.2.2. Sin embargo, y tal como consta en la misma tabla, no existen límites para los valores máximos a utilizar en los Sistemas de Nivel de Complejidad Alto. Por ello es tarea del **amb** encontrar este valor producto del estudio de registros históricos de la empresa.

La Dotación Bruta es otro término que utiliza el RAS 2000, para referirse al consumo en litros por habitante y por día incluyendo las pérdidas que ocurren en el sistema, parámetro que la diferencia de la Dotación Neta.

Por ello, se quiso plasmar en este informe las diferentes versiones encontradas en la búsqueda de la mejor y más adecuada metodología para determinar tanto Dotaciones Globales como discriminadas por usos y por estratos para dejarlas consignadas en la Norma Técnica de Diseño del Acueducto.

Esta metodología fue establecida, producto de las consultas realizadas a funcionarios del **amb**, entre los que se destacan el Ingeniero Armando Gómez, el Ingeniero William Ibáñez y el Ingeniero Fabio Chávez, a su vez se manejan conceptos encontrados en las Bibliografías estudiadas en el transcurso de la Práctica Empresarial.

A continuación, *Metodología para la determinación de la Dotación Neta y Bruta del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.* **amb**

12.1 METODOLOGÍA 1

12.1.1 Dotación Global

El término dotación global, siempre se referirá a una dotación bruta, es decir que incluye pérdidas, ya que esta se utiliza en la determinación del Caudal máximo diario con el que se diseñan las líneas de aducción y conducción.

- **Caudal Medio Diario**

$$Q_{md} = \frac{\text{Población} * \text{Dotacionbruta}}{86400}$$

- **Caudal Máximo Diario**

$$QMD = Qmd * k1$$

METODOLOGÍA 1.1

- Consultar el volumen oficial de agua producida y el número de habitantes atendidos; Información registrada en el informe y balance anual del **amb**.

- $$DotaciónGlobal = \frac{VolumenProducidoAnual(lt)}{365(días) * NúmerodeUsuarios(hab)}$$

12.1.2 Dotación Bruta por Usos

La dotación bruta se puede determinar de acuerdo al uso, esta clasificación se requiere para el diseño de las redes internas de las edificaciones de acuerdo a cada proyecto de construcción.

METODOLOGÍA 1.2.1. Dotación Bruta por usos

- Solicitar a la División de Sistemas Integrales del **amb** la información correspondiente a los suscriptores y a los consumos producidos anuales totales y discriminados por usos de por lo menos los últimos 5 años, representados en volúmenes o en porcentajes, datos que también se encuentran consignados en los balances anuales del **amb**.
- Como ya se tiene la Dotación Global, y los porcentajes que representa cada uno de los usos en el consumo total, se puede determinar la dotación bruta en lt/hab/día de cada uso.

METODOLOGÍA 1.2.2. Dotación Bruta Residencial por Estrato

- Solicitar a la División de Sistemas Integrales del **amb** la información correspondiente a los suscriptores y a los consumos Residenciales

producidos anuales, totales y discriminados por estratos de por lo menos los últimos 5 años, representados en volúmenes o en porcentajes, datos que también se encuentran consignados en los balances anuales del **amb**.

- Teniendo el porcentaje que representa el consumo de cada estrato se puede determinar el volumen en m³ de cada uno.
- El número de habitantes por vivienda, se toma de datos estadísticos determinados por el DANE. En un estudio realizado recientemente por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico denominado: “Proyecto de Resolución por la cual se modifica la Resolución 150 de 2001” se muestran estos valores actualizados.
- Calculo de la dotación bruta por estrato:

$$\text{Dotación} = \frac{\text{Volumen Pr oducido Anual}(m3) * 1000lt}{365(\text{días}) * \text{Número de Suscriptores} * \# \text{Hab} / \text{vivienda}}$$

12.2 METODOLOGÍA 2

12.2.1 Dotación Neta y Bruta

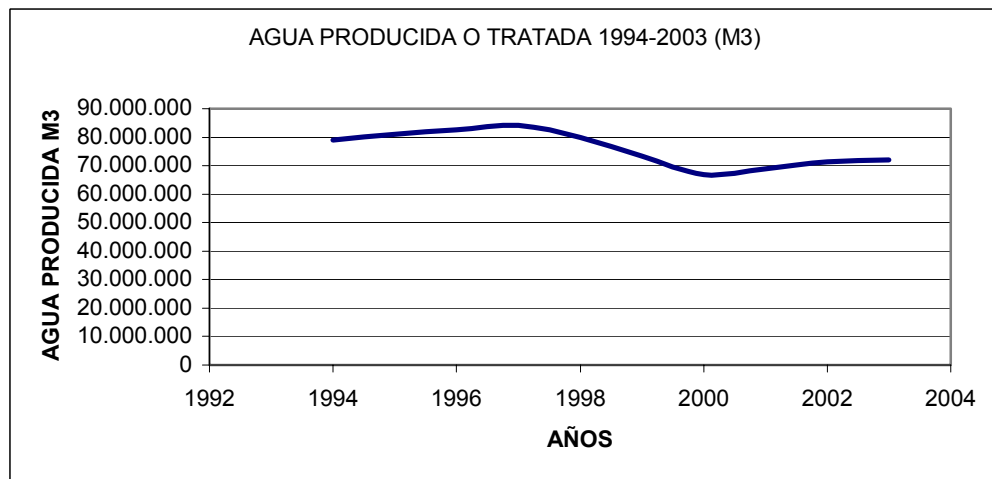
El RAS 2000 define la dotación neta como la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

Para un acueducto con nivel alto de complejidad como es nuestro caso, el RAS-2000 establece una dotación mínima en lt/hab/día de 150 y no define dotación máxima pues este valor varía de acuerdo a los requerimientos de cada acueducto en particular.

El RAS-2000 en su capítulo B.2.4., presenta dos alternativas para estimar la dotación neta, una que se utiliza siempre que existan datos históricos confiables y otra por comparación con poblaciones similares. Como el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga cuenta con datos históricos de muchos años atrás, se utilizará esta metodología, estudiando los registros de los últimos 5 años, puesto que no se considera útil el manejo de información más antigua ya que el comportamiento de los consumos presentados en la empresa en años anteriores a 1997 difieren considerablemente de los que se observan en años posteriores, este fenómeno se da debido a el alza en las tarifas y a las campañas de uso y ahorro del agua.

Por otra parte, si observamos la gráfica que muestra el comportamiento del agua producida en las plantas de tratamiento a través de los años (ver figura No.1), se pensaría que a partir del año 2000 se produce menos agua con una diferencia importante comparada con los años anteriores, si bien es cierto que la cantidad de agua consumida por persona a disminuido debido a los factores nombrados en el párrafo anterior, esta deflexión en la curva de agua producida se presenta es por los cambios en los medidores a las salidas de las plantas de tratamiento por unos nuevos, adquisición que se llevo a cabo en el año 2000, y mediciones que dejaron ver que los aparatos antiguos no estaban tomando lecturas correctas pues se encontraban descalibrados. El ascenso en la curva a partir del año 2000 se debe interpretar no como un aumento en el consumo por persona, ya que este se ha mantenido constante en los últimos años, sino que refleja el crecimiento de la población.

Gráfica 2. Agua Tratada 1994-2003



El RAS-2000 estima la dotación bruta de la siguiente manera:

$$DotaciónBruta = \frac{DotaciónNeta}{(1 - Pérdidas)}$$

En un sistema de acueducto el agua que se consume, no toda es por gasto directo de los diferentes tipos de suscriptores, sino que existen unos volúmenes de agua que se pierden en los diferentes elementos del sistema y por diversas razones, las cuales representan un porcentaje en mayor o menor magnitud de acuerdo al tipo de pérdida. Las pérdidas a las que hace referencia esta formula son las Pérdidas

Técnicas; y el RAS2000 las estima teniendo en cuenta los datos registrados disponibles sobre pérdidas de agua en el sistema de acueducto desde las plantas potabilizadoras, incluidos los consumos operacionales en la red.

METODOLOGÍA 2.1. DOTACIÓN NETA Y BRUTA

- Consultar en los balances anuales del **amb** la información correspondiente a los volúmenes de agua facturados y al número de usuarios o habitantes atendidos.
- El anterior valor en m³ se debe ajustar con el índice de pérdidas por micromedidores en mal estado de funcionamiento, por conexiones fraudulentas y por otros porcentajes nombrados a continuación, que para efectos de este documento serán denominadas Pérdidas Comerciales:

Tabla 2. % Pérdidas Comerciales

PÉRDIDAS COMERCIALES		2003
Conexiones	Usuarios Suspendidos	1,96%
Fraudulentas	Pasos Directos	7,00%
Submedición		1,11%
Bomberos		0,36%
Reclamos		
Venta de Agua en Bloque		
Vactor CDMB		
TOTAL INDICE DE AJUSTE POR PÉRDIDAS COMERCIALES		10,43%

Índice de Ajuste = 1.1043

- Determinar la Dotación Neta:

$$DotaciónNeta = \frac{VolumenFacturadoAnual(m3) * IndicedeAjuste * 1000lt}{365(días) * NúmerodeHabitantes}$$

- Del estudio denominado "*Evaluación de Pérdidas en el sistema de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga año 2003 (amb)*" se extrae la siguiente información:

Tabla 1. % de Pérdidas Técnicas

PÉRDIDAS TÉCNICAS	%
CONSUMO EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO	
CONSUMO PROPIO	0,98%
FUGAS	0,52%
CONDUCCIONES	
FUGAS	4,60%
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	
REBOSES	0,08%
REDES DE DISTRIBUCIÓN	
FUGAS	17,00%
DAÑOS	
PÉRDIDAS TÉCNICAS CUANTIFICADAS	23,18%

El anterior valor difiere un poco del presentado en el estudio enunciado ya que allí se habla de un IANC de 31.7%, y de acuerdo a los datos oficiales presentados en el informe anual del amb, el INAC es de 33.61%, la diferencia se encuentra en el valor del volumen facturado utilizado, ya que en el informe de IANC se trabaja con 50'010.591m³ y el valor oficial es de 48'600.000m³.

El porcentaje 23.18%, se obtiene de desagregar las pérdidas técnicas de las comerciales. Obsérvese que la suma de estas dos da como resultado el IANC.

En este informe se presenta un porcentaje supuesto y aproximado de lo que representan las pérdidas por consumos de los Bomberos, del Vactor de la CDMB, de la venta en Bloque y de los Reclamos, (0.36%), siendo este tan pequeño no es necesario discriminarlo. Este valor no es presentado en el informe de IANC, para efectos de este estudio se supone de esta manera.

- Determinar la Dotación Bruta:

$$DotaciónBruta = \frac{DotaciónNeta}{(1 - \% Pérdidas)}$$

- ✓ *Toda la información que se maneje en cada una de las metodologías debe ser la correspondiente al año en estudio.*

- ✓ *Para todos los casos, si la dotación se requiere para el diseño de un nuevo sistema de acueducto o la ampliación del ya existente, se debe manejar información de los últimos 5 años y hacer las proyecciones respectivas.*

En las Tablas 30, 31, 32, 33 y 34 se presenta la metodología aplicada a los años 1999-2003 y en las Gráficas 3, 4, 5, 6 y 7 se muestran los resultados representados en gráficos.

12.3 CONCLUSIONES

- La Dotación Bruta o global hallada por la metodología 1 arroja como resultado 224 lt/hab/día, valor que difiere un poco del determinado por la metodología 2, la cual presenta una dotación bruta de 214 lt/hab/día, para el año 2003. Para efectos de diseño de conducciones y aducciones se recomienda trabajar con el primer valor, porque el segundo se calcula con base en pérdidas técnicas, las cuales no se pueden estimar de una manera exacta, este último procedimiento es quizás de alguna manera teórico y sigue los parámetros y metodologías establecidas por el RAS-2000. Pero es interesante realizar estos dos procedimientos ya que es una manera de corroborar el valor de la dotación utilizada en el momento de diseñar.
- En la Gráfica No.3 se observa el comportamiento en los últimos años de la Dotación Bruta, en la cual el ligero ascenso de la curva se interpreta no como un aumento en la dotación por habitante sino en el crecimiento normal de la población, y se concluye que después de la disminución del consumo en los años 1996 y 1997, éste ha permanecido constante, producto de los nuevos hábitos de ahorro eficiente del agua y de las alzas en las tarifas.
- Las Gráficas No.5 de Dotación Bruta residencial por estrato sugieren un leve incremento en los estratos 1, 2 y 3, y una disminución en los últimos años en los estratos 4, 5 y 6. Se presume que este comportamiento se presenta debido a los subsidios para los estratos bajos y el aumento en las tarifas suntuarias. Para efectos de diseño se trabajará con **157.5 lt/hab/día** con pérdidas técnicas del 25%.
- En conclusión la dotación ha permanecido constante en los últimos 5 años, si nos detenemos a comparar dotaciones de 10 años atrás, encontraremos una gran diferencia y observaremos como el consumo por habitante y por día, ha disminuido considerablemente.

Tabla 30. Metodología 1.1. Dotación Global

DOTACIÓN GLOBAL	DATOS HISTÓRICOS				
	1999	2000	2001	2002	2003
Volumen Producido Anual(m3)	73,400,000	66,900,000	69,000,000	71,300,000	73,100,000
Volumen Producido Anual(It)	73,400,000,000	66,900,000,000	69,000,000,000	71,300,000,000	73,100,000,000
Número de Usuarios o Habitantes	828,156	845,238	862,461	879,723	897,11
Dotación Global (lt/hab/día)	242.82	216.85	219.19	222.05	223.24
Dotación Global Aproxim (lt/hab/día)	243	217	220	222	224

Tabla 31. Metodología 1.2.1. Dotación Bruta por Usos

AÑO	Dotación Global	% Residencial	Dotación Residencial	% Comercial	Dotación Comercial	% Industrial	Dotación Industrial	%Oficial	Dotación Oficial	%Otros Usos	Dotación Otros Usos
1999	242,82	80,10%	194,50	10,20%	24,77	1,80%	4,37	5,10%	12,38	2,80%	6,80
2000	216,85	80,10%	173,69	10,00%	21,68	1,70%	3,69	5,20%	11,28	3,00%	6,51
2001	219,19	79,90%	175,13	10,30%	22,58	1,70%	3,73	4,80%	10,52	3,30%	7,23
2002	222,05	79,40%	176,31	10,00%	22,20	1,80%	4,00	4,90%	10,88	3,90%	8,66
2003	223,24	79,00%	176,36	10,00%	22,32	2,00%	4,46	5,00%	11,16	4,00%	8,93

*Todas las dotaciones están en Lt/hab/día

*La Dotación por Otros Usos corresponde en su mayoría a usos especiales y temporales.

Tabla 32. Número de Suscriptores por Usos

TIPO DE SUScriptor	NÚMERO DE SUScriptORES				
	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003
Estrato 1	9550	12678	13.953	15.147	15514
Estrato 2	40800	40928	42.348	42.804	43364
Estrato 3	50200	52115	51.773	52.224	52081
Estrato 4	37100	36652	36.933	37.489	38458
Estrato 5	4250	4690	4.773	4.823	4911
Estrato 6	7020	6701	6.640	6.607	6599
Total Residencial	148920	153764	156.420	159.094	160927
Oficial	787	787	797	743	771
Comercial	13126	13330	13.740	13.778	14305
Industrial	426	414	408	399	395
Especial	220	238	250	284	147
Temporal	240	212	242	265	327
Pilas Públicas					139
TOTAL	163.719	168745	171.857	174.563	177011

Tabla 33. Metodología 1.2.2. Dotación Bruta Residencial por Estrato

AÑO	Estrato	Consumo m3	Suscriptores	* #Hab/Viv	Dotación (lt/hab/dia)
1999	E1	4.115.538	9550	5,08	232,42
	E2	16.462.152	40800	5,08	217,61
	E3	18.225.954	50200	5,08	195,81
	E4	14.698.350	37100	5,08	213,67
	E5	1.763.802	4250	5,08	223,82
	E6	3.527.604	7020	5,08	271,01
	TOTALES	58.793.400	148920		
2000	E1	3.751.083	12678	5,09	159,26
	E2	14.468.463	40928	5,09	190,28
	E3	17.147.808	52115	5,09	177,11
	E4	13.396.725	36652	5,09	196,74
	E5	1.607.607	4690	5,09	184,50
	E6	3.215.214	6701	5,09	258,26
	TOTALES	53.586.900	153764		
2001	E1	4.410.480	13953	4,95	174,95
	E2	14.334.060	42348	4,95	187,34
	E3	17.090.610	51773	4,95	182,71
	E4	13.782.750	36933	4,95	206,55
	E5	2.205.240	4773	4,95	255,72
	E6	3.307.860	6640	4,95	275,73
	TOTALES	55.131.000	156420		
2002	E1	5.095.098	15147	4,78	192,80
	E2	14.719.172	42804	4,78	197,10
	E3	16.983.660	52224	4,78	186,40
	E4	14.153.050	37489	4,78	216,38
	E5	2.264.488	4823	4,78	269,11
	E6	3.396.732	6607	4,78	294,67
	TOTALES	56.612.200	159094		
2003	E1	5.757.575	15514	4,78	212,71
	E2	15.834.776	43364	4,78	209,30
	E3	17.919.515	52081	4,78	197,21
	E4	13.166.772	38458	4,78	196,23
	E5	1.957.691	4911	4,78	228,48
	E6	3.112.671	6599	4,78	270,35
	TOTALES	57.749.000	160927		

* Proyecto de Resolución "por la cual se modifica la resolución 150 de 2001"

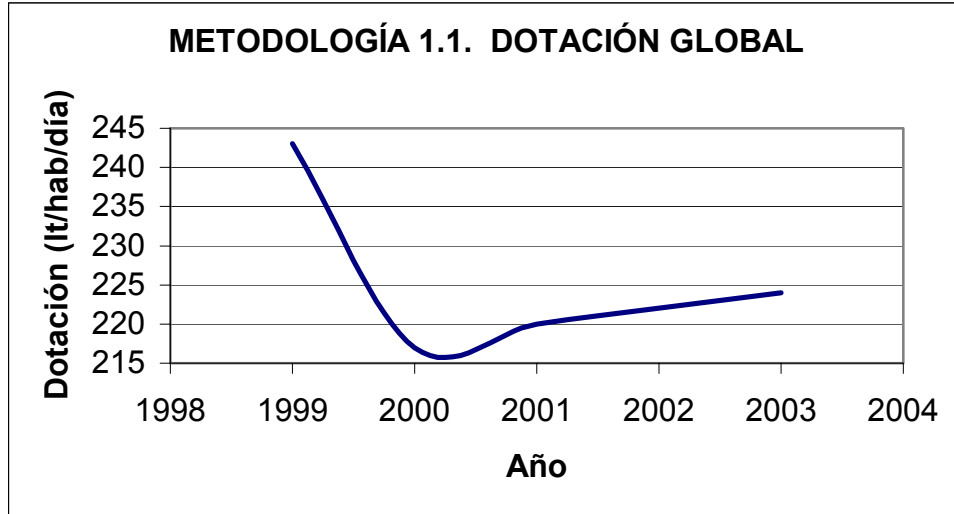
Tabla 34. Metodología 2.1. Dotación Neta y Bruta

DOTACIÓN NETA Y BRUTA	DATOS HISTORICOS					DATOS PROYECTADOS	
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Volumen Facturado Anual (m3)	51,300,000	49,400,000	48,100,000	48,300,000	48,600,000		
Volumen Facturado Anual(It)	51,300,000,000	49,400,000,000	48,100,000,000	48,300,000,000	48,600,000,000		
Índice de Ajuste	1.1043	1.1043	1.1043	1.1043	1.1043		
Volumen Facturado Anual Ajustado (It)	56,650,590,000	54,552,420,000	53,116,830,000	53,337,690,000	53,668,980,000		
Número de Usuarios o Habitantes	828,156	845,238	862,461	879,723	897,110	914,425	931,534
Dotación Neta (lt/hab/día)	187.41	176.82	168.73	166.11	163.90		
Pérdidas Técnicas	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.2318		
Dotación Bruta (lt/hab/día)	249.88	235.77	224.98	221.48	213.36		
Dotación Bruta Aprox(lt/hab/día)	250	236	225	222	214		

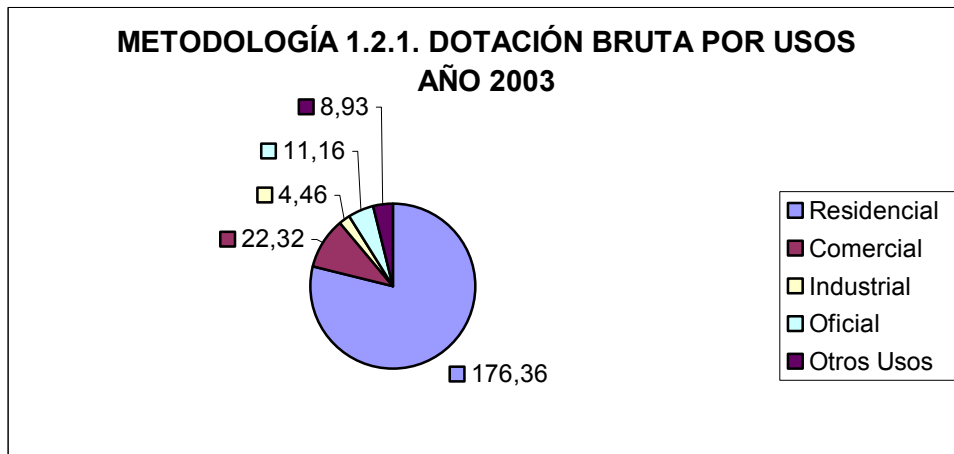
*El sistema SCADA que ha reducido considerablemente las pérdidas técnicas viene funcionando desde Marzo de 2003 por ello la diferencia con los anteriores años, los cuales se trabajan con el porcentaje proyectado en el estudio realizado por el consorcio INGETEC-ETA 1996

*El Índice de Ajuste se trabaja con el mismo número para todos los años, ya que es el único valor que se tiene extractado del estudio más reciente. Existe otra información pero data de 1996 y en él no se tienen en cuenta todos los factores que se estudian en el último informe.

GRAFICA 3. Metodología 1.1. Dotación Global

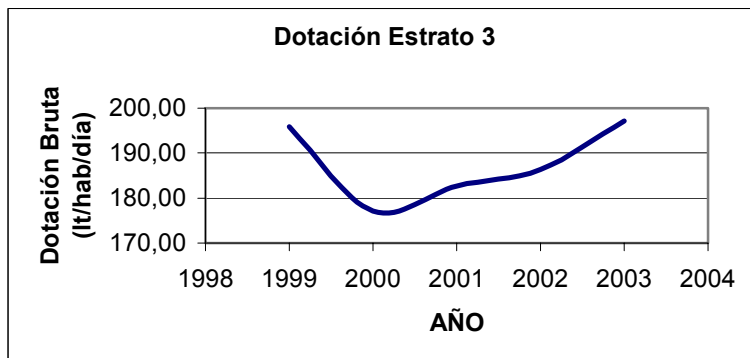
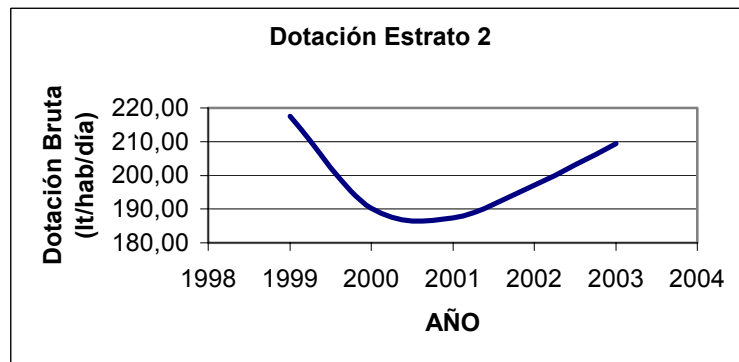
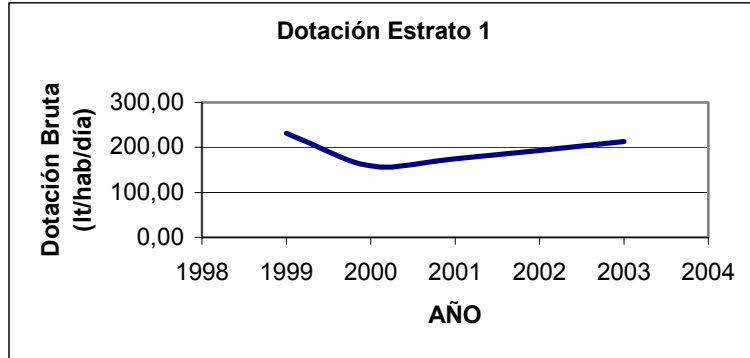


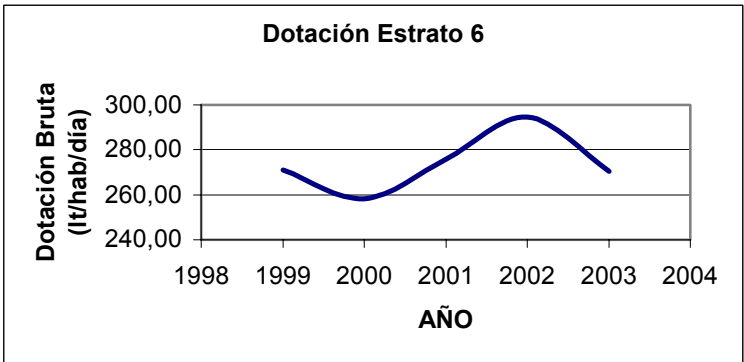
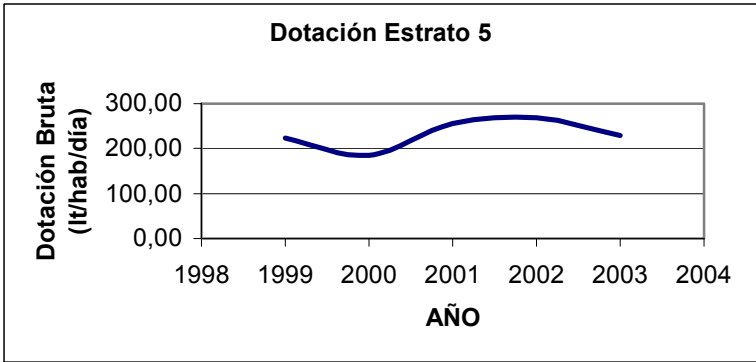
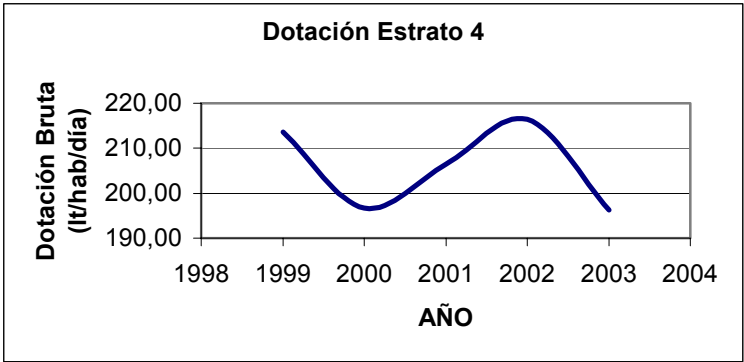
GRAFICA No.4. Metodología 1.2.1. Dotación Bruta por Usos



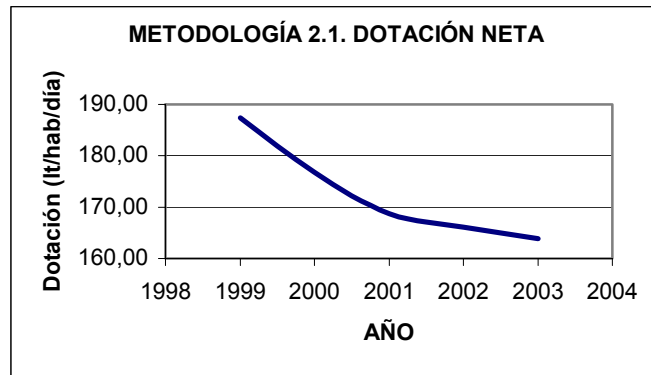
Los valores están dados en lt/hab/día.

GRAFICAS No.5 Metodología 1.2.2. Dotación Bruta Residencial Por Estrato

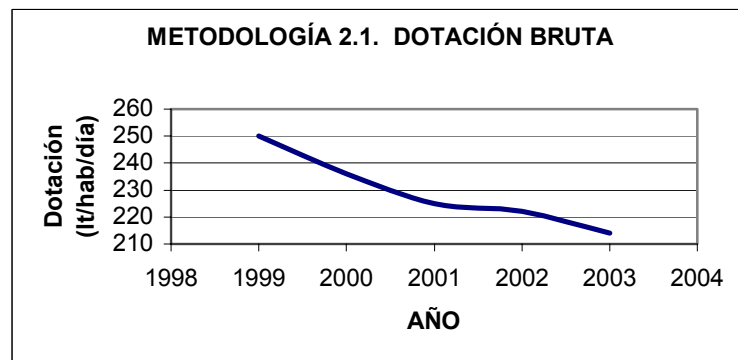




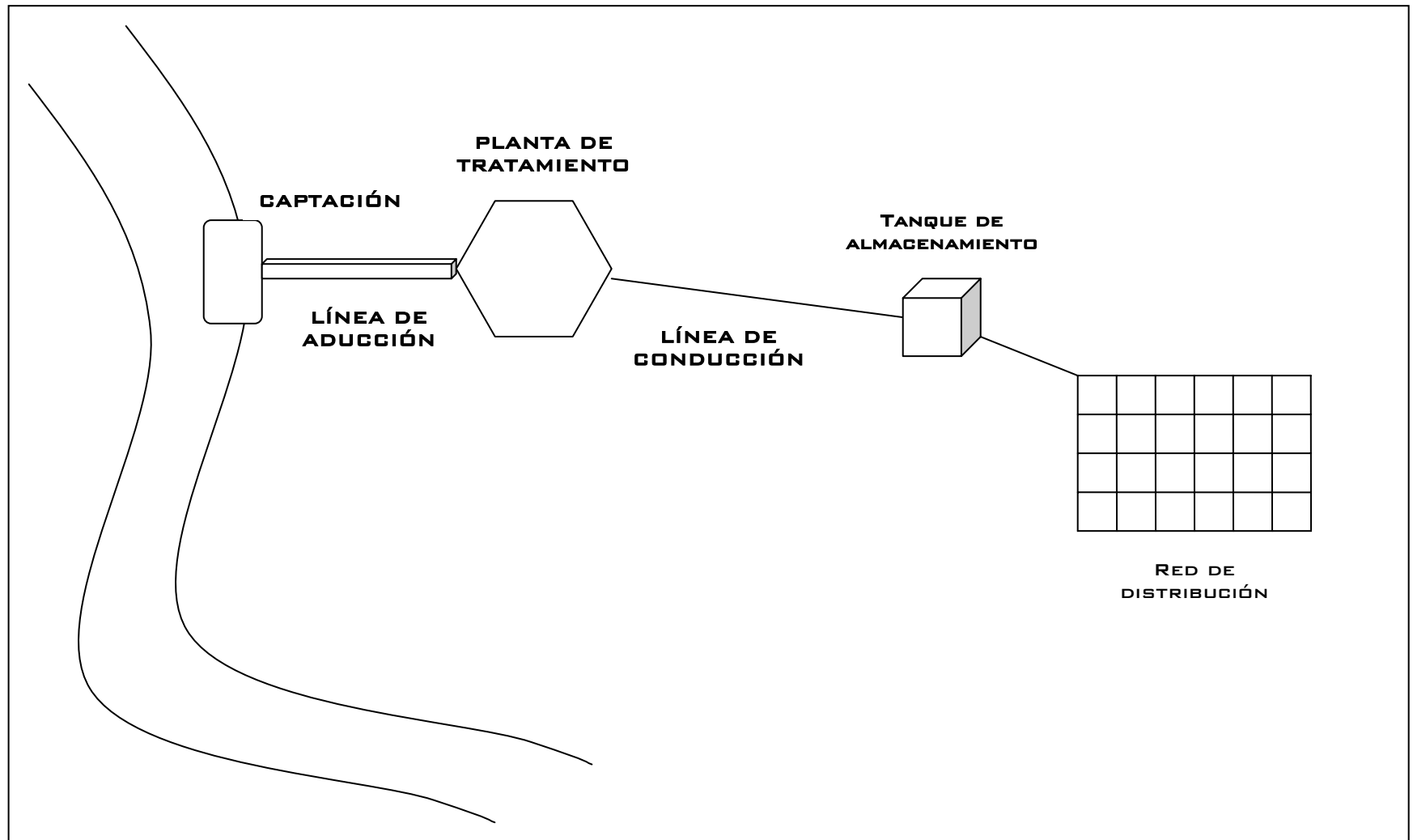
GRAFICA No. 6. Metodología 2.1. Dotación Neta



GRAFICA No. 7. Metodología 2.1. Dotación Bruta



ESQUEMA 1. Principales elementos que componen un sistema de Acueducto



CONCLUSIONES

- Para efectos de edición de la norma se incluirá la Guía para la elaboración y presentación de diseños hidráulicos, ya que de esta manera se amplía los requerimientos dispuestos en cada capítulo.
- La Norma es fundamentalmente Hidráulica y reúne los parámetros mínimos que los diseñadores tanto internos como externos a la empresa y los Consultores contratados deben cumplir. Además del contenido mínimo y forma de presentación tanto de las memorias como de los planos.
- Si en algún proyecto en particular por razones técnico-económicas, no se puede dar cumplimiento a parámetros establecidos en la norma, será competencia del interventor encargado del **amb**, tomar la decisión, pero si la situación lo amerita, se llevará a discusión en el Comité Técnico de la Gerencia de Planeación y Proyectos del **amb**.
- Aunque la norma es Hidráulica en ciertos casos fue difícil separar los aspectos estructurales, por ello en algunos ítems se tratan estos temas.
- Luego de observar varias de las memorias hidráulicas sobre diseños de Tanques de Almacenamiento existentes en el **amb**, se ha decidido trabajar con el criterio establecido por el RAS2000 para determinar la Sumergencia Crítica. (...Ver pág 98...)
- La normalización es una necesidad tanto en el ámbito interno de la empresa como para ingenieros y estudiantes que tengan esta rama de su interés.
- Uno de los aportes más importante de esta práctica empresarial es haber concluido que las dotaciones que se encontraban estipuladas en la norma existente eran muy elevadas (500, 312 y 210 lt/hab/día para los estratos alto, medio y bajo respectivamente) y aunque los diseñadores del **amb** ya vienen trabajando con un valor inferior, no existe un documento oficial que reglamente tal dotación. En conclusión la dotación actual para diseño es de 157.5 lt/hab/día con pérdidas técnicas del 25%.
- Otro aspecto interesante de la actualización de las normas es que en ellas se recomienda calcular las pérdidas de energía por fricción mediante la fórmula de **Darcy-Weisbach**, ya que se considera que arrojan valores más

confiables. En la norma antigua del **amb**, las pérdidas se calculaban por medio de la fórmula de **Hazen-Williams**.

- Dentro de los beneficios que traerá la normalización técnica al Acueducto Metropolitano de Bucaramanga se pueden enunciar los siguientes:
 - ✓ Unificación de los criterios técnicos al interior de la Empresa para beneficio de la sociedad.
 - ✓ Transferencia de tecnología a través de la información.
 - ✓ Racionalización de recursos y reducción costos.
 - ✓ Facilidad en el desarrollo de actividades de control, supervisión e Interventoría.
 - ✓ Simplificación en el trabajo del personal técnico.
 - ✓ Transferencia del patrimonio intelectual para los nuevos ingenieros.
 - ✓ Herramienta apropiada para la consulta de profesionales y estudiantes de ingeniería en su asignatura de Acueductos.
- Una práctica empresarial es la mejor manera de evaluar los conocimientos adquiridos en la Universidad, y la forma más real de medir la capacidad que se tiene para solucionar problemas y tomar decisiones tanto de ingeniería como de trabajo en equipo aplicados en el ámbito laboral.

BIBLIOGRAFIA

- ADOLFO LEON OJEDA. Hidráulica Conductos con Flujo a Presión. Universidad del Cauca. 1992.
- **amb**. Informes Y balances. (1994-2003).
- CLAUDIA LILIANA MEJIA. Evaluación de Agua no Contabilizada año 2003. Acueducto Metropolitano De Bucaramanga. 1998.
- CDMB. Normas Técnicas para Diseño y Presentación de Proyectos de Alcantarillado. Bucaramanga, 1997.
- CONSORCIO INGETEC S.A. y ETA S.A. Estudios de Factibilidad y Diseños Definitivos Para la Ampliación del Acueducto Metropolitano De Bucaramanga. (1996-1998).
- EAAB. Normas Técnicas de Acueducto. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
- EPM. Normas Técnicas de Construcción. Empresas Públicas de Medellín.
- EMCALI. Normas de Diseño para el Sistema de Acueducto. Empresas municipales de Cali.
- FREDDY CORCHO-JOSÉ DUQUE. Acueductos Teoría y Diseño. Universidad de Medellín. 1993.
- HERNAN MATERON. Obras Hidráulicas Rurales. Universidad del Valle. 1991.

- MARIO TORRES. Normas para diseño y construcción de redes de la Compañía de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. Bucaramanga, 1980.
- RAS 2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Título A. Marco Legal.
- RAS 2000. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Título B. Sistema de Acueducto.
- RICARDO ALFREDO LÓPEZ C. Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. 1995.
- ZULMA MARADEI. Evaluación de Agua no Contabilizada año 2003. Acueducto Metropolitano De Bucaramanga. Junio 2004.