



**IMPLICACIONES FINANCIERAS DE LOS PROGRAMAS DE REDUCCIÓN DEL
ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA**

PAULA ANGÉLICA GÓMEZ GIRALDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN

MEDELLÍN

2003



**IMPLICACIONES FINANCIERAS DE LOS PROGRAMAS DE REDUCCIÓN DEL
ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA**

PAULA ANGÉLICA GÓMEZ GIRALDO

MONOGRAFÍA

Directores

GLORIA PATRICIA JARAMILLO

Profesora Asociada

Ingeniera Civil

JUAN CAMILO MACHADO

Economista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN

MEDELLÍN

2003

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	14
1.1 ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN	14
<i>1.1.1 Componentes técnico</i>	<i>14</i>
<i>1.1.2 Componentes comerciales</i>	<i>15</i>
1.2 JUSTIFICACIÓN	15
1.3 OBJETIVOS	16
2. EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS	17
2.1 ¿QUÉ SON?	17
2.2. TIPOS	17
<i>2.2.1 Empresa de Servicios Públicos Oficial</i>	<i>17</i>
<i>2.2.2 Empresa de Servicios Públicos Mixta</i>	<i>17</i>
<i>2.2.3 Empresa de Servicios Públicos Privada</i>	<i>17</i>
3. EMPRESAS DE ACUEDUCTO	18
3.1. PUNTO DE VISTA EMPRESARIAL	18
<i>3.1.1 ¿Qué es una Empresa de Acueducto?</i>	<i>18</i>
<i>3.1.2 Procesos Básicos de una Empresa de Acueducto</i>	<i>18</i>
<i>3.1.2.1 Componente Operativo</i>	<i>18</i>
<i>3.1.2.2 Componente Comercial</i>	<i>19</i>
<i>3.1.2.3 Componente Administrativo y financiero</i>	<i>20</i>
3.2 PUNTO DE VISTA TÉCNICO	21

3.2.1	<i>Sistema de Suministro de Agua Potable o Acueducto</i>	21
3.2.2	<i>Componentes de Sistema de Acueducto</i>	21
3.2.2.1	<i>Subsistema de Producción</i>	22
3.2.2.2	<i>Subsistema de Distribución</i>	23
3.3	REGULACIÓN	24
3.3.1	<i>Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios</i>	24
3.3.2	<i>Comisión de Regulación para el Agua Potable y Saneamiento Básico</i>	24
3.3.3	<i>Normatividad</i>	25
4.	PERDIDAS	26
4.1.	QUE ES EL AGUA NO CONTABILIZADA	27
4.2.	IMPORTANCIA DEL IANC	28
4.3.	¿CUÁL ES EL VOLUMEN DE ANC EN UNA LOCALIDAD?	30
5.	DIAGNOSTICO	32
5.1.	DIAGNOSTICO TÉCNICO DEL SISTEMA	32
5.1.1	<i>Identificación de los Procesos y Componentes</i>	33
5.1.2	<i>Recopilación de la Información Existente</i>	33
5.1.3	<i>Trabajo de Campo y Análisis de Información</i>	34
5.1.3.1	<i>Subsistema de Producción</i>	35
5.1.3.2	<i>Subsistema de Distribución</i>	40
5.1.4	<i>Informe de Diagnóstico Técnico y Plan de Choque</i>	45
5.2.	DIAGNÓSTICO EMPRESARIAL	46
5.2.1	<i>Aspectos Institucionales y Legales</i>	47
5.2.2	<i>Aspectos Administrativos</i>	49
5.2.3	<i>Aspectos Financieros</i>	50
5.2.4	<i>Aspectos Comerciales</i>	53
5.2.4.1	<i>Volúmenes de consumo en usuarios sin medición</i>	56
5.2.4.2	<i>Volúmenes de consumo en usuarios con medidor parado</i>	56
5.2.4.3	<i>Prueba de exactitud promedio en la micromedición</i>	57
5.2.5	<i>Informe del Diagnóstico Empresarial y Plan de Choque</i>	58
6.	BALANCE DE AGUAS	59
6.1.	¿PARA QUÉ SIRVE?	59
6.2.	¿QUÉ INFORMACIÓN SE REQUIERE?	59

6.3.	¿CÓMO SE REALIZA EL BALANCE?	59
7.	PROGRAMA DE AGUA NO CONTABILIZADA	66
7.1.	¿QUÉ ES UN PROGRAMA DE CONTROL PÉRDIDAS?	66
7.2.	¿CUÁLES SON LOS OBJETIVOS DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE PÉRDIDAS?	67
7.3.	¿QUÉ SUBPROGRAMAS CONFORMAN UN PROGRAMA DE CONTROL DE PÉRDIDAS?	67
	7.3.1. <i>Subprograma Comercial</i>	68
	7.3.1.1 <i>Proyecto de instalación de micromedidores</i>	68
	7.3.1.2 <i>Proyecto de censo de usuarios</i>	68
	7.3.1.3 <i>Proyecto de detección y control de clandestinas</i>	68
	7.3.2. <i>Subprograma técnico</i>	69
	7.3.2.1 <i>Proyecto de control de fugas visibles y no visibles</i>	69
	7.3.2.2 <i>Proyecto de catastro de redes del sistema de acueducto</i>	70
	7.3.2.3 <i>Proyecto de instalación de macromedidores</i>	70
	7.3.2.4 <i>Proyecto de sectorización de las redes de distribución</i>	72
	7.3.2.5 <i>Proyecto de rehabilitación de redes</i>	72
	7.3.3. <i>Formulación del Programa de Control de Pérdidas</i>	73
8.	COSTOS Y TARIFAS	74
8.1.	REGULACIÓN SOBRE TARIFAS DE LOS SERVICIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	74
8.2.	CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO	75
	8.2.1. <i>Gastos de Administración</i>	76
	8.2.2 <i>Gastos de Operación y Mantenimiento</i>	76
	8.2.2.1 <i>Metros cúbicos producidos</i>	77
	8.2.3. <i>Costos de Inversión</i>	78
	8.2.3.1 <i>Cálculo del costo medio de inversión</i>	78
	8.2.4. <i>Costo Medio en el Largo Plazo (CMLP)</i>	80
8.3.	ESTRUCTURA BÁSICA DE UNA TARIFA	81
	8.3.1. <i>Clasificación de los Consumos y de los Cargos</i>	81
	8.3.2 <i>Subsidios</i>	82

8.2.3.2	<i>Fuentes de los subsidios</i>	83
8.3.3	<i>Transición tarifaria</i>	84
9.	EJEMPLO TRADICIONAL PROGRAMA DE AGUA NO CONTABILIZADA POPAYÁN	86
9.1	ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	86
9.2	DESARROLLO DE LOS TRABAJOS	87
9.2.1	<i>Recopilación de la información existente</i>	87
9.2.2	<i>Descripción general del sistema de distribución</i>	87
9.2.3	<i>Calibración del banco de medidores</i>	87
9.2.4	<i>Validación de topología de la red matriz</i>	87
9.2.5	<i>Campaña de Macromedición</i>	88
9.2.5.1	<i>Resultados</i>	88
9.2.6	<i>Plan Piezométrico</i>	88
9.2.7	<i>Evaluación general de daños en la red</i>	89
9.2.8	<i>Sectorización</i>	90
9.2.8.1	<i>Distritos de Investigación de Fugas</i>	90
9.2.9	<i>Evaluación y disgregación del IANC</i>	91
9.2.9.1	<i>Puntos totales</i>	91
9.2.9.2	<i>Puntos fijos</i>	91
9.2.9.3	<i>Puntos a disminuir</i>	91
9.2.9.4	<i>Evaluación de las variables comerciales</i>	92
9.2.9.5	<i>Resultados del software de aguas no contabilizada</i>	95
9.2.9.6	<i>Factor de investigación del sistema</i>	96
9.2.9.7	<i>Proyecciones de demanda en función de la reducción del IANC</i>	97
9.2.9.8	<i>Evaluación de capacidades nominales del sistema matriz</i>	97
9.2.10	<i>Modelación Hidráulica de la red matriz</i>	98
9.2.11	<i>Evaluación de resultados de la modelación hidráulica</i>	99
9.2.11.1	<i>Escenario actual</i>	99
9.2.11.2	<i>Escenario actual con reducción de IANC</i>	100
9.2.12	<i>Evaluación de costos y beneficios de la implementación del programa para la reducción del IANC</i>	101
9.2.12.1	<i>Beneficios directos en recuperación de perdidas</i>	101
9.2.12.2	<i>Calculo de la relación Costo Beneficio del PANC</i>	102
9.2.12.3	<i>Plan de acción</i>	102
9.2.12.4	<i>Resumen final de inversiones</i>	102
9.3	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
10.	EJEMPLO DEL CALCULO DEL IANC	105

11.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	113
11.1	GENERALIDADES SOBRE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	114
	<i>11.1.1 Método del Valor Presente Neto (VPN)</i>	<i>118</i>
	<i>11.1.2 Método de la Tasa Interna de Retorno (TIR)</i>	<i>118</i>
	<i>11.1.3 Método de la Relación Beneficio / Costo (B/C)</i>	<i>118</i>
11.2	CÁLCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO COSTO	120
	<i>11.2.1 Beneficios Reales</i>	<i>121</i>
	<i>11.2.2 Costos de Inversión de los Proyectos</i>	<i>122</i>
	<i>11.2.3 Evaluación de la Relación B/C</i>	<i>124</i>
	<i>11.2.4 Costos del Agua no Contabilizada</i>	<i>124</i>
	<i>11.2.5 Ejemplo del Calculo B/C con el Proyecto de Medidores</i>	<i>125</i>
11.3	INFORMACIÓN BÁSICA PARA EL CALCULO	127
12.	EJEMPLO DEL CALCULO DE LA RELACIÓN B/C	128
13.	CONCLUSIONES	130
14.	BIBLIOGRAFÍA	134

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Componentes del sistema de acueducto	22
Tabla 2. Normatividad del sector de acueducto y saneamiento básico	25
Tabla 3. INAC promedio. 1999	28
Tabla 4. Caso real de IANC Municipio Colombiano	29
Tabla 5. Reducción del IANC del 53% al 30%	30
Tabla 6. Identificación de componentes del sistema de acueducto	33
Tabla 7. Diagnóstico de la fuente	35
Tabla 8. Diagnóstico de la captación	36
Tabla 9. Diagnóstico de la captación	36
Tabla 10. Diagnóstico de la aducción y de la captación	37
Tabla 11. Diagnóstico de la planta de tratamiento	39
Tabla 12. Diagnóstico de la capacidad de la planta de tratamiento	40
Tabla 13. Diagnóstico de la eficiencia de la planta de tratamiento	40
Tabla 14. Diagnóstico de los tanques de almacenamiento	41
Tabla 15. Diagnóstico de los tanques de almacenamiento	42
Tabla 16. Causas generales de perdidas de agua	46
Tabla 17. Plan de choque	46
Tabla 18. Diagnóstico de aspectos institucionales	48
Tabla 19. Diagnóstico de aspectos administrativos	49
Tabla 20. Diagnóstico del personal	49
Tabla 21. Diagnóstico administrativo	50
Tabla 22. Análisis de la cartera	52
Tabla 23. Diagnóstico Comercial	53
Tabla 24. Conexiones y/o usuarios del servicio	54
Tabla 25. Consumos facturados	54
Tabla 26. Análisis de consumos en usuarios sin medidor	55
Tabla 27. Balance de aguas	60
Tabla 28. Composición de las pérdidas en distribución	64
Tabla 29. Pérdidas fijas en un sistema de acueducto	73
Tabla 30. Porcentajes máximos de subsidios legales	82

Tabla 31. Factores máximos de subsidios y sobrepuestos aplicables a las tarifas por estratos	84
Tabla 32. Información comercial	92
Tabla 33. Error en micromedición	93
Tabla 34. Error en micromedición II (Incluye micromedidores parados)	94
Tabla 35. Error en micromedición II (No incluye micromedidores parados)	94
Tabla 36. Error en micromedición III Rango de lectura actual	94
Tabla 37. Disgregación del IANC por sectores	96
Tabla 38. Factor de investigación	96
Tabla 39. Caudales iniciales para la modelación hidráulica	99
Tabla 40. Ejemplo. Conexiones y/o usuarios del servicio	105
Tabla 41. Ejemplo. Consumos facturados	106
Tabla 42. Ejemplo. Análisis de consumos en usuarios sin medición	107
Tabla 43. Ejemplo. Diagnóstico de la captación	107
Tabla 44. Ejemplo. Diagnóstico de la capacidad de la planta	108
Tabla 45. Ejemplo. Diagnóstico de los caudales y estanqueidad en tanques	108
Tabla 46. Ejemplo. Balance de aguas	108
Tabla 47. Ejemplo. Composición de las pérdidas en distribución.	112
Tabla 48. Costos del agua no contabilizada	125
Tabla 49. Datos básicos para el cálculo del B/C con un proyecto de medidores	125
Tabla 50. Cálculo del B/C con un proyecto de medidores	126
Tabla 51. Sensibilidad a la tarifa	127
Tabla 52. Ejemplo. Datos básicos. Cambio de medidores	128
Tabla 53. Ejemplo. Calculo de B/C. Cambio de medidores	128
Tabla 54. Ejemplo. Datos básicos. Reposición de redes	129
Tabla 55. Ejemplo. Calculo de B/C. Reposición de redes	129

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1. Esquema general de un sistema de acueducto	21
Esquema 2. Esquema fundamental	27
Esquema 3. Esquema del cambio en el IANC	120

LISTA DE FÓRMULAS

Formula 1. Índice de agua no contabilizada	27
Formula 2. Balance de aguas I	63
Formula 3. Balance de aguas II	63
Formula 4. Costo medio de administración	76
Formula 5. Costo medio de operación y mantenimiento	77
Formula 6. Costo medio de inversión	78
Formula 7. Costo medio en el largo plazo	81
Formula 8. Calculo de la tarifa	81
Formula 9. Dotación bruta	97

El Índice de Agua no Contabilizada, IANC, es un indicador de gestión empresarial muy importante para las empresas de acueducto. Es la diferencia entre el volumen que capta el sistema de acueducto y el volumen de agua que se entrega y factura a los usuarios.

La legislación vigente en Colombia establece para este indicador un valor de eficiencia del 30%, el cual debería ser alcanzado por las empresas a más tardar en el año 2001. A raíz de esto y además de la necesidad de cada empresa de mejorar su gestión, se establecen metas de acuerdo a orientaciones gerenciales, utilizando estrategias puntuales que implican mejoramiento en aspectos relevantes sobre el IANC. Esto se hace tradicionalmente desde un ambiente netamente técnico que analiza los dos componentes fundamentales del IANC: El técnico y el comercial y se dividen las actividades a ejecutarse en subprogramas, técnicos y comerciales, y se asignan recursos de acuerdo a esto.

Después de hacer un proceso ordenado de recolección de información y con unos resultados de diagnósticos técnico, empresarial y de costos se puede encontrar el nivel de inversiones necesarias para determinado problema que se identifica con un proceso técnico o comercial.

En términos financieros, cada frente que se ataque corresponde a un nivel de inversiones que produce un incremento en los recaudos por facturación o una disminución en la producción y/o en el consumo y por lo tanto un aumento en la eficiencia de la empresa. Entonces es esencial saber que frente es más acertado trabajar para que esa inversión y sus resultados sea tal que su relación beneficio / costo sea la más satisfactoria en la mayoría de escenarios posibles, y además que sus efectos sobre los estados de resultados sean igualmente satisfactorios.

Esta perspectiva de los programas de reducción del agua no contabilizada, representa una visión más integral que la tradicional, pero solo hasta ahora que están muy bien demarcados los aspectos técnicos y comerciales, se está posicionando en las empresas de acueducto. A través de este trabajo se propone una metodología genérica que deben ser ajustada a la información y a las condiciones de cada empresa y que agrega valor al análisis tradicional al incluir un aspecto tan importante como el económico.

SUMMARY

The Unaccounted for Water index, UAW, is a management index very important for the aqueduct enterprises. It is the difference between the volume that is captured for the aqueduct system and the volume of water that is given and factures for the users.

The current legislation in Colombia establishes for this index an efficient value of 30% which must be reached for the enterprises at the latest in the year 2001. For that and besides the necessity of each enterprise to improve its management, the goal is to set in agreement with the general orientations of the administration, using punctual strategies that produces improvement in relevant aspects of the UAW. This are made traditionally in a technical environment that analyzes the two essential components of the IAW: the technical and the commercial and the activities to be made are divided in subprograms, technical and commercial, and the resources are assigned in accordance to this.

After an ordered processes of recollecting of information and whit the results of the technical, commercial, management and costs diagnostics, the level of inversions to determined problems is founded, and this problem is related with a technical or commercial process.

In financial terms, each head attacked has an inversion level that produces an improvement in the collection for the bills or a reduction in the production and/or in the expense and consequently an improvement in the efficient enterprises level. So, it is essential to know which head is more right for working in, in order that the inversion get the results with the relation benefits / costs, more satisfactory in the greater part of the possible sceneries, and besides those effects on the state of results be equally satisfactory.

This perspective of the programs of reduction of the unaccounted for water, represents a more integral vision than the traditional, but only now the aspects: technical and commercial are very good marked out, is beginning to be used for the aqueduct enterprises. Through this work, a generic methodology is proposed, but this must be adjusted to the information and to the conditions of each enterprise and the methodology will add value to the traditional analysis because it includes an important aspect like the economical.

1.1 ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN

El Índice de Agua no Contabilizada, IANC, es un indicador de gestión empresarial muy importante para las empresas de acueducto. El agua no contabilizada es la diferencia entre el volumen de agua producido y puesto en red y el volumen de agua consumido, medido o no. Entonces, el Índice de Agua No contabilizada es la relación entre el Agua no Contabilizada (Producción menos Consumo y/o Facturación) y el total de Agua Producida.

La legislación vigente en Colombia establece para este indicador un valor de eficiencia del 30%, el cual debería ser alcanzado por las empresas a más tardar en el año 2001¹. A raíz de esto y además de la necesidad evidente cada empresa de mejorar su gestión, se establecen metas de acuerdo a orientaciones gerenciales y a la visión del sistema tanto desde el punto de vista operativo como desde el punto de vista comercial, utilizando estrategias puntuales que implican mejoramiento en aspectos relevantes sobre el IANC. Esto se hace tradicionalmente desde un ambiente netamente técnico que analiza los dos componentes fundamentales del IANC:

1.1.1 Componentes técnico

Fugas en la red de distribución de agua debido a su estado, a presiones altas o a otras circunstancias de carácter operativo.

Problemas en la medición, en uno o en ambos de sus dos niveles: macro y micro. La macromedición se refiere a la cuantificación de los caudales captados, conducidos y distribuidos. La micromedición tiene por objeto cuantificar periódicamente el consumo de agua de cada usuario con fines de facturación².

1 Departamento Nacional de Planeación

2 Uso eficiente del agua en ciudades. Felipe I. Arrenguín Cortes

1.1.2 Componentes comerciales

Dado que la micromedición tiene implicaciones tanto técnicas como comerciales, se pueden contar entre los componentes comerciales aspectos relacionados con esta, como fallas en las lecturas de los medidores instalados en cada usuario, fallas en los medidores. Otros aspectos relevantes son: Fraude por conexiones en puntos ilegales, no facturación.

La reducción de este índice, en la mayoría de casos de las ciudades colombianas tiene un problema esencial, y es que la red funciona como un todo, y por lo tanto el IANC es uno solo para toda la ciudad. Por esto, uno de los proyectos a ejecutar es una optimización operativa de las redes y/o sectorización, que consiste en dividir la ciudad en sectores representativos e hidráulicamente eficientes, a los que se les hace un seguimiento puntual de la entrada de agua al sector y de la facturación para así conseguir IANC sectoriales.

Esta metodología es la que se está implantando actualmente dentro de los programas de reducción de Índice de Agua no contabilizada, ya que conociendo un índice por sector es posible hacer un análisis del factor principal que lo afecta en áreas más pequeñas pero representativas de patrones de consumo, comportamiento de los usuarios o condiciones de red. También se incluyen programas de catastro de usuarios y catastro de redes, reposición de micromedidores, implementación de macromedición, entre otras un poco más específicas de acuerdo a la realidad de cada sistema.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Con la información necesaria, dividida estratégicamente y recolectada de manera ordenada y sistemática se puede encontrar el nivel de inversiones necesarias para determinado problema que se identifica con un proceso técnico o comercial específico.

En términos financieros, cada frente que se ataque corresponde a un nivel de inversiones que produce un incremento en los recaudos por facturación o una disminución en la producción y/o en el consumo y por lo tanto un aumento en la eficiencia de la empresa. Entonces es esencial saber que frente es más acertado trabajar para que esa inversión y sus resultados sea tal que su relación beneficio / costo sea la más satisfactoria en la mayoría de escenarios posibles, y además que sus efectos sobre los estados de resultados sean igualmente satisfactorios.

Esta perspectiva de los programas de reducción del agua no contabilizada, representa una visión más integral que la tradicional, pero solo hasta ahora que están muy bien demarcados los aspectos técnicos y comerciales, se está posicionando en las empresas de acueducto. A través de este trabajo se propone una metodología genérica que deben ser ajustada a la información y a las condiciones de cada empresa y que agrega valor al análisis tradicional al incluir un aspecto tan importante como el económico.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer un modelo financiero que determine las implicaciones en los planes de inversiones de las empresas de acueducto de los programas de reducción del IANC.

Objetivos específicos

1. Establecer las relaciones beneficio costo para cada uno de los ítems de un programa de reducción de IANC.
2. Establecer la relación beneficio costo del programa de reducción del IANC.
3. Organizar el proceso de recolección de información para que ésta sea relevante, sencilla y útil en el montaje del modelo financiero del programa de IANC.
4. Determinar la velocidad, el monto y la ubicación de las inversiones, para enmarcarlas dentro del modelo financiero de la empresa.
5. Dar a los programas de reducción del IANC una visión financiera, para que sean vistos como una opción técnica y como una opción de inversión rentable y necesaria a mediano y largo plazo.

2. EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS

2.1 ¿QUÉ SON?

Las empresas de servicios públicos domiciliarios son sociedades, generalmente por acciones. Según la composición accionaria pueden ser públicas, privadas o mixtas. Su objeto es la prestación de servicios públicos domiciliarios, con la responsabilidad social implícita de llevar hasta el hogar de sus clientes o usuarios servicios de primera necesidad para el desarrollo de la comunidad como agua potable, alcantarillado y saneamiento, aseo, gas, telefonía, Internet, etc.

2.2. TIPOS

2.2.1 Empresa de Servicios Públicos Oficial

Es aquella en cuyo capital la Nación, las entidades territoriales o las entidades descentralizadas tienen el 100% de los aportes.

2.2.2 Empresa de Servicios Públicos Mixta

Es aquella en cuyo capital la Nación, las entidades territoriales o entidades descentralizadas tienen aportes iguales o superiores al 50%.

2.2.3 Empresa de Servicios Públicos Privada

Es aquella en la cual el capital mayoritario corresponde a particulares o entidades surgidas de convenios nacionales y/o internacionales que deseen someterse íntegramente para estos efectos a las reglas a las que se someten los particulares.

3. EMPRESAS DE ACUEDUCTO

3.1. PUNTO DE VISTA EMPRESARIAL

3.1.1 ¿Qué es una Empresa de Acueducto?

Es una empresa de servicios públicos domiciliarios, pública, privada o mixta dedicada a la captación, tratamiento y distribución de agua de tal manera que esta sea apta para el consumo humano y con unas condiciones de servicios mínimas que sean satisfactorias para sus usuarios.

Dado que constitucionalmente, se consideran “Los servicios públicos inherentes a la finalidad social del estado”³, dichas condiciones de servicio son reglamentadas por el Estado a través la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarias, específicamente por la división denominada Comisión de Regulación para el Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), y cuya herramienta principal es un reglamento diseñado para reglamentar el sector y denominado Reglamento Técnico para el sector del Agua Potable y el Saneamiento Básico (RAS).

Entonces, el Estado está en la obligación de controlar la gestión de las empresas del sector para poder garantizar a la comunidad un servicio adecuado, pero además el gobierno como tal establece unas políticas de gestión empresarial integral acordes con las políticas públicas para el sector del agua potable. También las empresas del sector deben satisfacer las necesidades de sus accionistas.

3.1.2 Procesos Básicos de una Empresa de Acueducto

3.1.2.1 *Componente Operativo*

Recursos ambientales: Encargado del manejo ambiental de las fuentes de abastecimiento para garantizar el acceso y la continuidad del recurso agua a largo plazo.

³ Artículo 365 de la Constitución Política de Colombia

Captaciones: Encargado de mantener y operar los puntos donde se toma el agua de la fuente. Incluye también el manejo de las conducciones (o aducciones) de agua cruda que puede ser en canales abiertos o en tubería a presión y de los sedimentadores que se ubican generalmente a la salida de la captación para reducir costos de transporte de agua con arena y restos que dañan la tubería y/o reducen la capacidad del canal.

Plantas: Encargado de mantener y operar los puntos donde se trata el agua para que esta sea apta para el consumo humano

Distribución: Encargado del manejo, operación y mantenimiento de las redes que llevan el agua desde la salida de la planta hasta cada uno de los usuarios.

Ingeniería: Encargado de la planificación y el control de las obras de mantenimiento y/o ampliación necesarias en la empresa.

Planeación: Encargado de visualizar y establecer mecanismos para implementar procesos que cubran las necesidades a mediano y largo plazo de la empresa de acuerdo con los avances tecnológicos, con las medidas del gobierno y con las necesidades del sector y de los usuarios.

3.1.2.2 Componente Comercial

Servicio al cliente: Encargado atender las peticiones, quejas y reclamos de los usuarios y tramitarlos con el área operativa.

Lectura: Encargado de leer en campo los consumos de los usuarios, mes a mes.

Facturación: Encargado de producir la factura respectiva de cada usuario y entregarla.

Crítica: Encargado de revisar consumos atípicos

Recaudo: Encargado de recolectar el dinero producto de la prestación del servicio.

3.1.2.3 *Componente Administrativo y financiero*

Gerencia: Encargado del manejo integral de la empresa

Contabilidad y Tesorería: Encargado de controlar, clasificar y almacenar la información acerca de los recursos y sus movimientos, generados por la operación de la empresa.

Costos: Encargado de manejar la información relacionado a los costos de cada proceso en la empresa.

Control interno: Encargado de llevar un control de las actividades realizadas por cada área.

Recursos humanos: Encargados de dar soporte a los colaboradores de la empresa en cuanto a capacitación, salud ocupacional, prestaciones, entre otras.

Jurídica: Encargado de manejar y resolver todos los aspectos legales de la operación de una empresa de acueducto.

Compras: Encargado de adquirir los elementos necesarios para el funcionamiento de la empresa.

Planeación: Relacionado con la planeación que aparece en el componente técnico, pero con una visión global de la empresa

Servicio generales: Aseo y seguridad

Sistemas: Encargado de dar soporte a las demás áreas de la empresa.

Calidad: Componente relativamente nuevo o en formación cuya función es velar por el cumplimiento de unos cánones de calidad asociados a los procesos.

Cada empresa agrupa los elementos de los componentes o genera elementos nuevos de manera diferente de acuerdo a su organigrama interno y a las funciones específicas, pero en términos generales esta es una descripción genérica cercana a la realidad.

3.2 PUNTO DE VISTA TÉCNICO

3.2.1 Sistema de Suministro de Agua Potable o Acueducto

Sistema artificial que agrupa las obras, los materiales y los equipos utilizados, para la captación, aducción, conducción, tratamiento y distribución de agua potable para el consumo humano. Este tipo de sistema es fundamental para el desarrollo de una comunidad, pero también es una obra que implica altos costos tanto de construcción como de mantenimiento y operación. Estos costos se reintegran vía tarifas de cobro a los usuarios, que son reglamentadas por el Estado.

3.2.2 Componentes de Sistema de Acueducto

Esquema 1. Esquema general de un sistema de acueducto

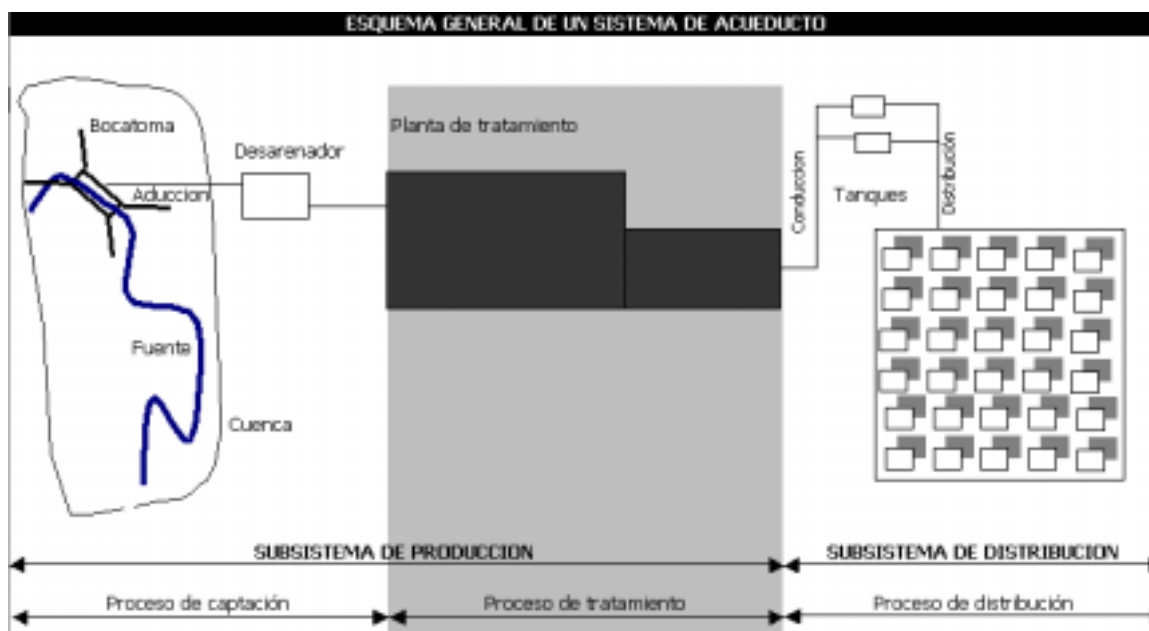


Tabla 1. Componentes del sistema de acueducto

COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO		
Subsistema	Proceso	Componente
Producción	Captación	Cuenca
		Fuente
		Captación
		Estación de bombeo
		Aducción
		Impulsión
	Tratamiento	Tratamiento
		Macromedición
Distribución	Distribución	Bombeo
		Almacenamiento
		Macromedición
		Distribución
		Redes principales
		Redes secundarias
		Conexiones domiciliarias
		Instalaciones internas

3.2.2.1 Subsistema de Producción

Cuenca hidrográfica: Es el área donde se encuentran las fuentes de agua superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor; a su vez éste puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

Fuente de abastecimiento: Las fuentes de agua pueden clasificarse como agua atmosférica, agua superficial y agua subterránea. El agua superficial y la subterránea provienen del agua atmosférica. Las fuentes superficiales pueden ser: ríos, quebradas, lagos, lagunas, embalses, aguas lluvias y agua de mar. Las fuentes subterráneas pueden ser: subsuperficiales (se explotan a través de aljibes o pozos excavados) y acuíferos (a través de pozos profundos). Su selección es importante porque determina el tipo de tratamiento que debe dársele al agua.

Captación: Es la estructura o conjunto de estructuras que se construyen para desviar o para extraer de una fuente los requerimientos actuales y futuros de caudal en un sistema de acueducto. Los tipos de captación más comunes son las tomas de fondo, lateral, sumergida y flotante, la presa de derivación y el pozo con bombeo, entre otros.

Tanques desarenadores: Son estructuras destinadas a la remoción de material suspendido, como arena y arcilla, que impiden el eficiente tratamiento del agua. Por lo general se localiza en el primer tramo de la aducción, lo más cerca posible de la captación de agua.

Aducción / conducción: Por aducción se conoce el tramo de conducción de agua cruda desde la captación hasta la planta de tratamiento⁴. En general, este transporte de agua cruda se realiza mediante tuberías, aunque en algunos casos se hace por canales. La conducción es el tramo de tubería que conduce el agua potabilizada desde la planta de tratamiento hasta los tanques de almacenamiento y/o a las redes de distribución.

Planta de tratamiento: Es el conjunto de estructuras, equipos y materiales necesarios para acondicionar el agua, produciendo en ella los cambios físicos, químicos, organolépticos y bacteriológicos necesarios para que sea potable. Las plantas de tratamiento, de acuerdo con su funcionamiento y los procesos que realizan reciben diferentes clasificaciones.

3.2.2.2 Subsistema de Distribución

El subsistema de distribución en un acueducto comienza a partir de la salida de la planta de tratamiento⁵ e incluye los siguientes componentes.

Almacenamiento: Comprende tanques de reserva y/o de compensación que permiten guardar volúmenes de agua para compensar los consumos máximos que hacen los usuarios a ciertas horas del día o para casos de emergencia que demanden cantidades adicionales de este recurso.

Redes de distribución: La red de distribución es el conjunto de tuberías destinadas al suministro de agua potable a las viviendas y demás establecimientos municipales, públicos y privados. Comprende todas las tuberías matrices y secundarias, con sus respectivos accesorios y conexiones domiciliarias a los usuarios. Se denominan redes primarias o matrices a aquellos conductos o tramos de tuberías que, por sus condiciones técnicas de diseño y construcción, presentan diámetros mayores a 12 pulgadas (300 mm). Las redes menores o secundarias son aquéllas que se derivan de las redes matrices, y presentan por lo general diámetros inferiores o iguales a 12 pulgadas.

⁴ Definido en el numeral B. 6.1 del Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico

⁵ Sistema de costos basados en actividades, adoptado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), mediante resolución No 1417 de 1997

Conexiones domiciliarias: Son aquellas tuberías que conectan la red de distribución con la instalación interna de las viviendas de los usuarios. En general son de ½ pulgada y están equipadas con un aparato de medida del consumo de cada vivienda. Para consumos mayores (policía, ejército, hospitales, bomberos, colegios, industrias, etc.), los diámetros también lo son: 1, 1½, 2 y 3 pulgadas.

3.3 REGULACIÓN

3.3.1 Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios

La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) es un organismo de carácter técnico, creado por la Constitución de 1.991 para que por delegación del Presidente de la República, ejerza técnica y planificadamente el control, la inspección y la vigilancia de las entidades prestadoras de servicios públicos domiciliarios con el fin de que actúen conforme a la Constitución y la Ley, enfatizando en el control de gestión y resultados y en el respeto a los derechos de los usuarios. Otras funciones fundamentales son apoyar la promoción de la participación ciudadana en la fiscalización de la prestación de los servicios públicos domiciliarios y orientar e informar a los usuarios sobre sus derechos y deberes con respecto a dichos servicios.

3.3.2 Comisión de Regulación para el Agua Potable y Saneamiento Básico

Las funciones de este organismo se resumen así:

- ◆ Crear las condiciones normativas para asegurar la prestación eficiente de los servicios de agua potable y saneamiento básico.
- ◆ Regular los monopolios e incentivar la competencia.
- ◆ Establecer los criterios, modelos e indicadores para evaluar la gestión y la eficiencia de las entidades prestadoras de los servicios.
- ◆ Definir la metodología tarifaria de los servicios.

3.3.3 Normatividad

Las principales normas que rigen el sector de acueducto y saneamiento básico se relacionan en el siguiente cuadro:

Tabla 2. Normatividad del sector de acueducto y saneamiento básico

NORMA	DISPOSICIÓN
Ley 60 de 1993	Establece el uso de la participación de los ingresos corrientes de la Nación por las Entidades Territoriales, y Ley 388 de 1997 de Desarrollo Territorial, que ordena elaborar planes Municipales de ordenamiento territorial.
Ley 99 de 1993	Establece el Sistema Nacional Ambiental y regula el agua como recurso natural, Ley 373 de 1998, que establece el Programa para el Uso Eficiente de Agua Potable, y Ley 430 de 1998, que dicta normas prohibitivas en materia ambiental (desechos peligrosos).
Ley 142 de 1994	Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios así como de las actividades que realicen las personas que los prestan, y Ley 286 de 1996, que reforma la anterior en cuanto al plazo de transformación de las entidades prestadoras de los servicios y de ajuste a las tarifas meta.
Decreto 0605 de 1996	Reglamenta la Ley 142 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo.
Decreto 475 de 1998, del Ministerio de Salud y del Ministerio de Desarrollo Económico.	Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.
Resolución 822 de 1998.	Por la cual se expide el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS – 98.
Decreto 602 de Feb. De 1999	Por el cual se reglamenta la Ley 142/94 en materia de la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado.
Decreto 219 de febrero de 2000	Por la cual se modifica la estructura del Ministerio de Desarrollo Económico.
Decreto 955 de junio de 2000	Plan Nacional de Desarrollo “Cambio para Construir la Paz”

4. PERDIDAS

Todas las empresas, ya sean manufactureras o de servicios tiene la necesidad implantada por el actual sistema de mercado de buscar sus fuentes de pérdidas. En las manufactureras pueden haber diversas fuentes: desperdicio de materia primas, productos de calidad deficiente que deben ser descartados, costos de control de calidad, capital o capacidad de producción ociosos, deficiente canales de distribución, pérdida de clientes por estrategias ineficientes de mercadeo, entre muchas otras.

En las empresas de servicios las perdidas se resumen fundamentalmente en la calidad de servicios prestados y por tanto en la cantidad de clientes cautivos y de clientes potenciales eficazmente reclutados. Pero, aunque esta sería una definición para una empresa de servicios públicos, se queda muy corta y más en el caso del servicio de tratamiento y distribución de agua potable.

En el sector por ejemplo, el mercadeo en sus términos más conservadores, no es tan determinante porque aunque el usuario debe estar satisfecho, el Estado regula la calidad del servicio lo que determina unas condiciones muy uniformes y además por tener inversiones y costos de operación muy altos se constituye en un mercado monopolístico.

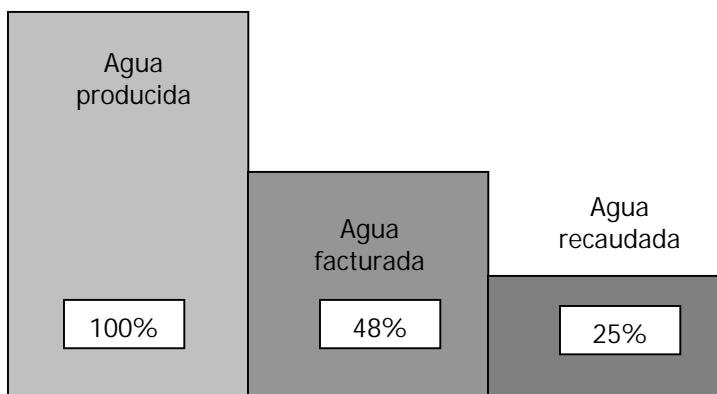
Pero a pesar de esta condición, las empresas de acueducto siguen enmarcándose en el contexto del énfasis sobre las pérdidas de las demás empresas de casi cualquier sector del mercado.

Por eso siempre ha existido un índice que agrupa las perdidas propias del sector denominado Índice de Agua No Contabilizada (IANC) y que se ataca dentro de un programa denominado genéricamente como Programa de Control de Pérdidas.

El control de pérdidas en un sistema de acueducto es un programa muy provechoso desde el punto de vista operativo y económico, con una rentabilidad que se expresa tanto en términos financieros, como en términos sociales, técnicos y ambientales.

4.1. QUE ES EL AGUA NO CONTABILIZADA

Esquema 2. Esquema fundamental



Es la diferencia entre el volumen que capta el sistema de acueducto y el volumen de agua que se entrega y factura a los usuarios del sistema.

En el nivel de la red de distribución, el agua no contabilizada se calcula mediante un indicador porcentual – o índice de agua no contabilizada -, que relaciona el volumen total de agua que se suministra a las redes con el volumen total de agua que se factura a los usuarios de éstas en un periodo determinado, a saber:

Formula 1. Índice de agua no contabilizada

$$\text{INAC (\%)} = \frac{\text{Volumen de agua producido} - \text{Volumen de agua facturado}}{\text{Volumen de agua producido}} * 100$$

El INAC representa no solo las pérdidas físicas de volumen de agua, sino también las pérdidas comerciales de la empresa. En este sentido, las pérdidas en un sistema de acueducto se clasifican en dos grandes grupos, como físicas y comerciales; estas últimas no se observan a simple vista y están relacionadas directamente con la gestión de la entidad prestadora del servicio.

4.1.1 Pérdidas físicas

Incluyen fugas en las tuberías y accesorios, y en estructuras, como reboses en tanques de almacenamiento, planta de tratamiento, etc. Se subdividen en visible y no visibles.

4.1.2 Pérdidas comerciales

Entre estas se consideran los volúmenes consumidos no facturados, los volúmenes no contabilizados por defectos de la micromedición, los consumos a través de conexiones clandestinas

En conjunto, las pérdidas físicas más las pérdidas comerciales se constituyen en la causa más frecuente de la mala gestión de las empresas en la prestación de este servicio.

En Colombia el INAC es excesivamente alto y se constituye en la mayor dificultad para que los sistemas puedan operar en condiciones técnicas y de equilibrio financiero suministrando agua a mayor cantidad de usuarios.

Tabla 3. INAC promedio. 1999

Rango	IANC
Grandes ciudades (Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla)	32%
Ciudades intermedias (100.000 habitantes o 20000 usuarios)	41%
Municipios entre 10000 y 20000 habitantes	42%
Municipios con menos de 2400 usuarios (12000 habitantes)	51%

Fuente: Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico. MinDesarrollo, 2000. IANC

4.2. **IMPORTANCIA DEL IANC**

Además de los aspectos señalados en el aparte inmediatamente anterior sobre la incidencia de las pérdidas en la gestión de una empresa prestadora del servicio de acueducto, es importante tener en cuenta que cada metro cúbico de agua potable que se produce lleva implícitos tres tipos de costos asociados:

- ◆ Costos de inversión en infraestructura: para captar el agua, conducirla, tratarla, almacenarla, distribuirla y suministrarla a los usuarios.
- ◆ Costos de operación y mantenimiento: para proteger y recuperar las cuencas abastecedoras; reponer y ampliar las redes; operar las válvulas, redes y accesorios; vigilar la infraestructura; operar estaciones de bombeo y potabilizar el agua para hacerla apta para el consumo humano.



Costos de administración y comercialización, para leer y/o facturar los consumos de los usuarios; llevar la contabilidad del servicio; administrar el personal de la empresa; planear las inversiones y obras que se requieren para atender en el futuro la demanda y la calidad del servicio, y suministrar información confiable a los usuarios, entre otros costos

A través de un ejemplo también se puede entender la importancia del IANC:

Tabla 4. Caso real de IANC Municipio Colombiano

CASO REAL MUNICIPIO COLOMBIANO		
PESOS DE 1999		
Datos de entrada		
Dato	Valor	Unidad
Población urbana	15.400	Habitantes
Cobertura de acueducto	65%	Porcentaje
Habitantes con servicio de acueducto	10.010	Habitantes
Habitantes sin servicio de acueducto	5.390	Habitantes
Numero de usuarios	3.019	Hab/ Vivienda
Continuidad del servicio	8	Horas/ día
Tarifa o costo promedio	\$ 760	\$/m3
Tarifa o costo promedio	\$ 0,40	US\$/m3
Volumen total agua producida	1.553.000	m3/ año
IANC	53%	Porcentaje
Datos de salida		
Dato	Valor	Unidad
Volumen total agua facturada	729.910	m3/ año
Volumen agua no contabilizada	823.090	m3/ año
Valor de agua no contabilizada	\$ 625.548.400	\$/ año
Valor de agua no contabilizada	\$ 329.236	US\$/año

Fuente: Cartilla Agua No contabilizada. MinDesarrollo.

En Colombia el nivel máximo de agua no contabilizada permitido por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) en el proceso de distribución es de 30%. Si bien todas las empresas deben buscar reducir al máximo este índice hay un valor por debajo del cual podrían generarse deseconomías, es decir grandes inversiones para reducir un solo punto de las pérdidas. Dicho valor aunque se considera del 15% no tiene un sustento

matemático o investigativo sino más bien práctico, al igual que el 30% mencionado inicialmente.

En el caso particular de la empresa del municipio utilizado como ejemplo, al emprender acciones de gestión y reducir el IANC del 53% al 30%, los resultados serían los siguientes:

Tabla 5. Reducción del IANC del 53% al 30%

IANC del 53% al 30%		
Dato	Valor	Unidad
IANC	30%	
Volumen total agua facturada	1.087.100	m3/ año
Volumen agua recuperada	357.190	m3/ año
Costo del agua recuperada	\$ 271.464.400	\$/año
Costo del agua recuperada	\$ 142.876	US\$/año

Fuente: Cartilla Agua No contabilizada.
MinDesarrollo.

Adicionalmente, al reducir el IANC a 30% se obtendrían otros efectos positivos:

- ◆ La continuidad del servicio se aumentaría a 24 horas todos los días de la semana.
- ◆ La capacidad actual instalada del sistema sería suficiente para atender a toda la población.
- ◆ Con la facturación del agua que se estaba dejando de contabilizar se obtendrían recursos necesarios para extender las redes a toda la población.
- ◆ Los niveles de presión se mejorarían en toda la red.

4.3. ¿CUÁL ES EL VOLUMEN DE ANC EN UNA LOCALIDAD?

El diagnóstico técnico del sistema de acueducto es el primer paso para conocer el IANC. Al saberse este valor, se puede poner en marcha un programa de control de pérdidas para disminuirlo.

Para determinar el volumen de agua no contabilizada es necesario llevar a cabo un diagnóstico empresarial y técnico de las condiciones en que se presta el servicio de acueducto. El diagnóstico empresarial permite determinar las pérdidas comerciales ocasionadas por: consumos no medidos a usuarios fraudulentos, medidores que registran volúmenes de agua menores a los consumidos por el usuario, altos consumos no facturados en conexiones sin medición y bajos recaudos, a causa de la ausencia de programas de cobro, suspensión y corte, entre otros. Mediante el diagnóstico técnico se establece el balance de aguas del sistema y los niveles de pérdidas técnicas en cada componente.

En los capítulos siguientes se presenta un resumen de los procedimientos de los diagnósticos técnico y empresarial.

5.1. DIAGNOSTICO TÉCNICO DEL SISTEMA

Antes de acometer cualquier acción en un sistema de acueducto para solucionar un problema de abastecimiento de agua potable, el responsable del servicio debe preguntarse cuáles son los procesos que se realizan, cuáles son los componentes básicos del sistema y cómo se encuentra cada uno de ellos. La descripción de los componentes técnicos y los procesos empresariales se hizo, de forma genérica, paginas atrás para servir de soporte a lo que se presenta a continuación. Así se puede establecer en donde radican los problemas que hay que solucionar.

Si el diagnostico inicial no se hace adecuadamente se puede caer en el error de no identificar las verdaderas causas del problema y, por lo tanto, utilizar recursos en una solución que tal vez no producirá los resultados esperados.

Un ejemplo claro se presenta cuando existe escasez de agua: la primera solución que se plantea en este caso es la formulación de un proyecto para ampliar o construir una nueva obra, sin tener aún identificado claramente el problema. Se ha comprobado que, en algunos casos, el problema es causado por condiciones deficientes de operación o mantenimiento de los componentes, tales como: obstrucción de las rejillas de la estructura de captación, bajas presiones en las tuberías de conducción, número inadecuado de ventosas para expulsar el aire de las tuberías, inexistencia de válvulas de purga para retirar sedimentos, conexiones clandestinas, etc., y su solución es mucho más económica y sencilla.

Así, un diagnóstico técnico del sistema, realizado con base a los parámetros que se presentan a continuación, es fundamental para la iniciación de un programa de control de pérdidas.

Los pasos para efectuar el diagnóstico son:

1. Identificar los procesos y componentes del sistema de acueducto
2. Recopilar información técnica y operativa existente.
3. Efectuar los trabajos de campo necesarios.
4. Producir un informe completo del diagnostico técnico y del plan de choque.

5.1.1 Identificación de los Procesos y Componentes

En esta actividad es importante tener en cuenta que no todos los sistemas realizan la totalidad de los procesos, ni poseen todos los componentes o estructuras que se enumeraron aquí. En aquellos sistemas que no tienen uno o varios componentes, se debe aclarar las razones de su inexistencia. Los siguientes esquemas muestran los sistemas de acueducto más comunes, al igual que los procesos, subsistemas y componentes que lo conforman.

Tabla 6. Identificación de componentes del sistema de acueducto

IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO					
Subsistema	Proceso	Subsistema / Componente	Existe (S/N)	Tipo de estructura	Observaciones
Producción	Captación	Cuenca			
		Fuente			
		Captación			
		Estación de bombeo			
		Aducción			
		Impulsión			
	Tratamiento	Tratamiento			
		Macromedición			
Distribución	Distribución	Bombeo			
		Almacenamiento			
		Macromedición			
		Distribución			
		Redes principales			
		Redes secundarias			
		Conexiones domiciliarias			
		Instalaciones internas			

5.1.2 Recopilación de la Información Existente

Para diagnosticar al sistema de acueducto se debe contar con la siguiente información:

- ◆ Un plano general del sistema, que muestre sus componentes y/o estructuras (fuente, captación, conducción, tanques de almacenamiento, estaciones

de bombeo, red de distribución, etc.). Este plano debe mostrar en forma general cómo funciona el sistema.

- ◆ Un plano de la captación y/o un esquema general con dimensiones y su conexión al pretratamiento, si este existe.
- ◆ Un plano planta-perfil de la línea de conducción con sus accesorios, tales como válvulas, ventosas, purgas, macromedidores, etc.
- ◆ Un plano de la llegada a la planta y el recorrido del agua por las unidades de tratamiento (floculación, sedimentación, filtración, desinfección), el perfil hidráulico y los detalles necesarios para conocer el funcionamiento de la planta.
- ◆ Tipo de macromedidores, capacidad, edad, curvas de calibración, etc.
- ◆ Planos de los tanques de almacenamiento y compensación y de sus conexiones con el sistema.
- ◆ Plano de la red de distribución, con indicación de las tuberías matrices y principales con sus accesorios más importantes (válvulas, hidrantes, codos, yees, tees, empates especiales, etc.), y cotas de terreno, en nudos.
- ◆ En lo posible, las memorias de cálculo de los diferentes componentes del sistema con sus criterios de diseño y capacidad.
- ◆ También son importantes los manuales de operación del sistema en lo referente a cada uno de los componentes y/o equipos, de tal manera que se conozca su funcionamiento (por ejemplo, la sectorización, los racionamientos), así como el conocimiento y apoyo del personal que labora tanto en la parte administrativa como en la de operación.

Toda la información anterior conforma el catastro del sistema, o sea, la identificación actualizada, ordenada y clasificada de cada uno de los elementos que hacen parte del sistema de acueducto. De no contarse total o parcialmente con esta información el diagnóstico estará basado en supuestos y elementos de confiabilidad reducida y así mismo será el resultado del diagnóstico.

5.1.3 Trabajo de Campo y Análisis de Información

Una vez obtenidos los documentos anteriores, se debe entrar a estudiar uno por uno los componentes del sistema realizando trabajos de campo:

5.1.3.1 Subsistema de Producción

El subsistema de producción se estudia partir de los siguientes componentes:

Cuenca hidrográfica: El diagnóstico técnico del sistema debe empezar por la cuenca abastecedora, de modo que se pueda evaluar las condiciones de impacto negativo que inciden de manera directa en la fuente abastecedora, como factores humanos (contaminación por vertimientos de aguas residuales), físicos (deforestación del bosque nativo, derrumbes, etc.) y químicos (utilización de productos tóxicos en cultivos ubicados en el área de la cuenca).

Fuente de abastecimiento: El diagnóstico de la fuente se efectúa recogiendo la siguiente información:

Tabla 7. Diagnóstico de la fuente

DIAGNÓSTICO DE LA FUENTE						
Tipo y nombre	Caudal		Calidad del agua de la fuente			
	Verano	Invierno	Turbiedad (Unidades)	Color (Unidades)	Coliformes (NMP)	DBO

Caudal: Para identificar el caudal se puede buscar en registros que posean entidades como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Medio Ambiente (IDEAM), el Instituto Nacional de Adecuación de Tierras (INAT), las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) o en las memorias de los estudios de diseño del acueducto municipal. En caso contrario, se puede hacer aforos de caudal en la fuente (una, en invierno y otra, en verano).

La obtención del caudal de la fuente permite conocer su capacidad real. Al comparar el caudal mínimo seguro de las fuentes con el caudal demandado en la actualidad para consumo humano, en un horizonte mínimo determinado por el RAS según el nivel de complejidad del municipio, se puede evaluar si existirán o no problemas de suministro. En caso de que exista este el problema, es necesario analizar las diferentes alternativas para nuevas fuentes de abastecimiento, en lugar de optar por invertir en más líneas de conducción o tanques de almacenamiento, por ejemplo.

Calidad de agua de la fuente: Es importante desde un inicio conocer la calidad física, bacteriológica, organoléptica y química del agua utilizada por el sistema de acueducto. Se puede determinar a partir de los parámetros de turbiedad, color, coliformes y DBO (demanda biológica de oxígeno), que se obtienen de análisis

hechos en laboratorio (en lo posible, sobre una muestra en verano y sobre otra en invierno).

Con estos análisis se determina la calidad de la fuente y su influencia en el tratamiento existente. Para determinar el tratamiento requerido, es necesario adelantar estudios de tratabilidad a las aguas de la fuente.

Captación: El diagnóstico de la captación se efectúa recogiendo la siguiente información:

Tabla 8. Diagnóstico de la captación

DIAGNÓSTICO DE LA CAPTACIÓN				
Tipo de captación	Nombre / Ubicación	Capacidad (l/s)	Estado y funcionamiento	Mantenimiento

Para conocer la capacidad de la captación, se pueden revisar las memorias de diseño del sistema de acueducto. Si no existen memorias de cálculo, se puede realizar un pequeño análisis hidráulico de la capacidad de captación de la estructura. Un método más preciso para conocer el volumen real captado por la estructura es la medición directa del caudal en la tubería de salida por medio de la instalación de aparatos mecánicos o electrónicos especiales. Al igual que en el diagnóstico de la fuente, esta información nos permite conocer si hay problemas de capacidad en la estructura y realizar el balance de aguas del sistema.

Es importante conocer el estado y funcionamiento de la estructura de captación. En muchos casos la obra civil de captación se encuentra deteriorada, o la rejilla está obstruida o no existe, permitiendo que palos, hojas, etc., entren al sistema, taponen las tuberías y reduzcan su capacidad de transporte.

Desarenador: El diagnóstico de los desarenadores se efectúa recogiendo la siguiente información:

Tabla 9. Diagnóstico de la captación

DIAGNÓSTICO DEL DESARENADOR				
Nombre / Ubicación	Capacidad (l/s)	Estado de acceso	Estado de la estructura	Mantenimiento y limpieza

Para determinar la capacidad del desarenador es necesario revisar las memorias de los diseños, hacer un pequeño cálculo con base en su dimensionamiento físico o realizar directamente un aforo en la estructura (por ejemplo, en los vertederos de entrada o salida). También se debe establecer el estado del acceso a la estructura y de colmatación, realizar la revisión de fisuras en las paredes de la estructura, reboses, conexión con la tubería de conducción y definir la periodicidad con que se realiza el mantenimiento y la limpieza.

Aducción / conducción: Estos tramos hacen parte de los componentes más importantes del sistema de acueducto, por lo tanto su diagnóstico debe ser técnico y cuidadoso. Para evaluar las conducciones del sistema se debe recoger la siguiente información:

Tabla 10. Diagnóstico de la aducción y de la captación

DIAGNÓSTICO DE ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN						
Tramo	Tipo y material	Sección / diámetro	Longitud (m)	Capacidad (l/s)	Accesorios	Observaciones
Aducción						
Conducción						

Una de los aspectos más importantes en el análisis de las tuberías de aducción y conducción es su capacidad y funcionamiento hidráulico. La mayoría de los sistemas plantean grandes dudas, y a menudo los responsables de los sistemas se hacen las siguientes preguntas:

- ◆ ¿La capacidad hidráulica de la línea de conducción es suficiente?
- ◆ ¿Por qué se pierde tanta presión en el trayecto?
- ◆ ¿Por qué se pierde tanto caudal en el trayecto?

Por lo general, al no haber una respuesta técnica a estas preguntas, se opta por cambiar parcialmente o construir en su totalidad una nueva línea para resolver el problema, invirtiéndose grandes sumas de dinero. Por lo tanto, antes de tomar alguna decisión es importante hacer un diagnóstico adecuado de la aducción y/o conducción a través de algunos de los siguientes análisis:

Análisis del caudal. La capacidad de las tuberías de aducción y/o conducción (en lps) se puede determinar por distintos métodos: uno de ellos es un análisis hidráulico y el conocimiento del sistema, para que, a través de la evaluación de la información contenida en las memorias de cálculo de diseño de dicha tubería y con ayuda de la información complementaria (levantamiento topográfico) y la medición

de la presión a lo largo de línea, determine con cierta precisión el caudal transportado por la tubería en cualquier punto.

Otro método, que brinda información con mayor rapidez y confiabilidad, consiste en la instalación de equipos de medición, tales como macromedidores mecánicos o equipos de ultrasonido. En el caso de la aducción, el equipo se debe instalar a la salida de la estructura de captación. En cuanto a la conducción, la medición debe hacerse en dos (2) puntos: a la salida de la planta de tratamiento y a la entrada del tanque de almacenamiento.

Estas medidas de caudal son importantes porque son la referencia para calcular las pérdidas de agua entre los puntos de salida de la planta y de entrada al tanque, y lo son aún más cuando la distancia entre estos dos puntos es apreciable. Igualmente, esta información es fundamental para realizar el balance de aguas del sistema de acueducto.

Análisis de presión. A través de la instalación de aparatos de medición, usualmente manómetros, colocados en distintos puntos de la tubería, se puede conocer el comportamiento de los caudales que transporta la tubería. Estos instrumentos permiten conocer las pérdidas de carga y sus variaciones en un periodo de tiempo, las cuales pueden ser indicativas de las pérdidas de caudal que se presentan en la conducción. Por ejemplo, una disminución nocturna de la presión máxima puede ser generada por un aumento de caudal (consumo o fuga) o por una pérdida de carga importante (cierre de una válvula).

En el diagnóstico de esta variable se debe incluir la verificación física del estado de funcionamiento de la tubería por medio de una inspección visual a lo largo de su recorrido, identificándose aspectos tales como:

- ◆ Conexiones o salidas fraudulentas
- ◆ Existencia de válvulas y ventosas y su estado (sí funcionan o no)
- ◆ Posibles fugas en accesorios o en la misma tubería

Esta verificación es muy importante pues da una idea de cómo está funcionando la línea. En algunos casos el solo mantenimiento o cambio o instalación de ventosas produce efectos importantes de aumento de capacidad y presión; sin embargo, la mayoría de las veces no se le presta atención a este tipo de accesorios, que pueden dar una solución rápida y económica al problema.

Planta de tratamiento:

Diagnóstico de la planta: Se debe hacer un reconocimiento de las estructuras físicas para evaluar: la condición de trabajo de los muros de los tanques y canales, detectando fugas visibles por fisuras, reboses; la operación de válvulas y

compuertas; el tipo de mantenimiento que se le da a los elementos electromecánicos que conforman la planta, y los posibles problemas de colmatación de la planta (o de capacidad), que impiden que pueda operar adecuadamente u obligan a botar agua. El resultado de esta inspección permite definir las obras prioritarias requeridas y cuantificar su costo. Para el diagnóstico global de la planta se debe recoger la siguiente información.

Tabla 11. Diagnóstico de la planta de tratamiento

DIAGNÓSTICO GLOBAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO			
Nombre/ Ubicación	Procesos de tratamiento	Estado de la estructura	Operación y mantenimiento

Diagnóstico de capacidad de la planta. Para determinar el balance hidráulico del sistema, es indispensable obtener los principales valores de los caudales utilizados en el proceso de tratamiento:

- ◆ Medición del caudal a la entrada y salida de la planta. Esta información se puede obtener directamente con los medidores de caudal instalados a la entrada y a la salida (vertederos) de la planta o mediante la instalación de macromedidores mecánicos y/o equipos de ultrasonido en las respectivas tuberías de llegada y salida. Una vez obtenido el caudal de funcionamiento actual, se puede comparar con los valores requeridos según la curva de demanda del periodo de análisis, para establecer entonces las necesidades de optimizar o de ampliar alguno de los módulos o unidades de la planta.
- ◆ Aforos volumétricos para determinar pérdidas por estanqueidad en la planta.
- ◆ Determinación del consumo interno de la planta, entendido como el volumen de agua que se utiliza en el lavado de filtros y otras unidades de tratamiento. Este es un dato que debe suministrar el operador de la planta, calculando el valor promedio de este consumo en los últimos seis (6) meses. En caso de no existir estos registros, el dato debe ser estimado. El agua utilizada en el lavado de filtros no se debe considerar como pérdida: su volumen debe medirse para incluirlo en el estudio de costos y tarifas; así mismo, en lo posible, este volumen de agua se debe facturar la planta de tratamiento, como cualquier otro insumo, por ejemplo, el cloro o el sulfato de aluminio.

Tabla 12. Diagnóstico de la capacidad de la planta de tratamiento

DIAGNÓSTICO DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA				
Nombre/ Ubicación	Caudal		Perdidas por estanqueidad (m ³ / mes)	Consumo interno de la planta (m ³ /mes)
	De entrada	De salida		

Diagnóstico de calidad del agua. Una evaluación rápida consiste en comparar los parámetros de calidad del agua a la entrada y a la salida de la planta y en evaluar la eficiencia de la misma. Para esto, basta con hacer ensayos fisicoquímicos y bacteriológicos y comparar los resultados obtenidos en las muestras tomadas en la salida del agua tratada con las normas vigentes para agua para consumo humano, según el Decreto 475 de 1998, expedido por el Ministerio de Salud.

Para hacer el diagnóstico de calidad de agua se emplea se debe recoger la siguiente información.

Tabla 13. Diagnóstico de la eficiencia de la planta de tratamiento

DIAGNÓSTICO DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA				
Fecha de los ensayos:	DD/MM/AA			
Parámetro	Deseable	Admisible	A la entrada	A la salida
PH	7.0 a 8.5	6.0 a 9.0		
Hierro	0.3 mg/L como Fe			
Color	5 unidades	15 unidades		
Turbiedad	1 unidad	5 unidades		
Coliformes	0 NMP/ 100ml	0 NMP/ 100ml		

NMP: Número mas probable

5.1.3.2 Subsistema de Distribución

Almacenamiento: Para hacer el diagnóstico sobre el almacenamiento se debe tener información básica respecto a: localización de la estructura con relación a las áreas de distribución; dimensiones de los tanques y volúmenes de almacenamiento; estado físico y de funcionamiento de válvulas y accesorios;

niveles de agua y reboses. Esta información debe ser recopilada en gráficos sencillos de cada tanque en los que se muestre cómo recibe y distribuye el agua y a que sectores de la red la suministra.

Esta es la información que se debe recolectar:

Tabla 14. Diagnóstico de los tanques de almacenamiento

DIAGNÓSTICO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO		
Ítem	Tanque 1	Tanque 2
Nombre del tanque		
Localización		
Tipo		
Dimensiones		
Alto (m)		
Ancho (m)		
Largo (m)		
Capacidad (m3)		
Nivel máximo		
Nivel mínimo		
Número de fisuras		
Número de fugas		
Barrios o zonas que abastecen		

En este componente es necesario evaluar los siguientes aspectos:

Caudal de entrada al tanque. Este valor tiene una gran significación porque es la referencia para el cálculo de pérdidas de agua entre los puntos de salida de la planta y de entrada al tanque; adquiere más importancia cuando hay distancias apreciables entre estos puntos y cuando los tanques no cuentan con elementos de control de nivel que eviten los reboses.

Caudal de salida del tanque. Es el volumen de agua que se está entregando a la red de distribución o usuarios del servicio. Su medición debe realizarse durante 24 horas continuas, con registros horarios de tal forma que se pueda conocer el caudal mínimo nocturno que se genera entre las 12 pm. y 4 am. (QMN) y el caudal promedio diario (QFD) en las 24 horas. Es necesario establecer si existen usuarios -especialmente industriales- que realicen consumos nocturnos (consumos mínimos nocturnos conocidos), los cuales deben ser medidos y restados del valor que se obtenga de los caudales nocturnos medidos a la salida de los tanques.

La evaluación de los caudales de entrada y salida de los tanques de almacenamiento debe realizarse en lo posible con macromedidores mecánicos y/o equipos de ultrasonido, ya que brindan una mayor precisión. Es importante tener en cuenta que, a pesar de existir en el mercado micromedidores modernos, éstos tienen un error de lectura por exceso o defecto que puede fluctuar alrededor del 5% sobre el volumen contabilizado.

Prueba de estanqueidad. Permite conocer las pérdidas de agua, en litros por segundo (lps) o en metros cúbicos por día ($m^3/día$), ocasionadas por fisuras y porosidades en las estructuras de concreto, así como también filtraciones en tuberías, accesorios, válvulas de lavado o desagüe, que hacen parte de la operación de estas estructuras. Se realiza a través de un método volumétrico que consiste en aforar el volumen de agua que sale en un determinado tiempo por el sistema general de desagüe de las instalaciones.

Elaboración de la curva de masas. Es el gráfico que representa las variaciones del nivel del agua en la estructura, en un periodo continuo de 24 horas. Esta información se obtiene a partir de una medición manual (por ejemplo, lecturas con mira o sobre reglilla) o con equipos de ultrasonido instalados en el interior del tanque. Con estos datos se puede establecer si el tanque tiene: almacenamiento suficiente, compensación adecuada para horas pico, pérdidas físicas por fugas o fisuras y si se está haciendo una operación adecuada de él. El nivel se mide como la altura entre el fondo del tanque y la superficie libre del agua que contiene.

La evaluación de cada uno de los anteriores aspectos permitirá posteriormente realizar el balance de aguas del sistema. Para hacer el diagnóstico sobre caudales de entrada y salida, así como sobre volúmenes de estanqueidad, se debe recoger la siguiente información.

Tabla 15. Diagnóstico de los tanques de almacenamiento

DIAGNÓSTICO DE CAUDALES Y ESTANQUEIDAD EN TANQUES			
Tanque No	Caudal (l/s)		Perdidas por estanqueidad (m ³ / mes)
	De entrada	De salida	

No sobra recalcar la necesidad de tener planos o esquemas de los tanques con sus cotas y niveles, ya que de otra manera será imposible efectuar un diagnóstico y planear las soluciones adecuadas. En muchos sistemas la ausencia de tanques de

almacenamiento y/o de compensación o su utilización incorrecta obliga a efectuar racionamientos parciales, descompensando la red, ya que ésta al desocuparse se llena de aire, produciendo cambios de presión que afectan el servicio, errores en la lectura de los medidores y daños en la misma tubería.

Redes de distribución: El diagnóstico detallado de la red de distribución se puede llevar a cabo a través de dos procedimientos básicos:

Un primer procedimiento consiste en la localización y clasificación de los daños en las redes ocasionados por fugas visibles y no visibles que afectan el correcto funcionamiento del sistema. Las fugas visibles normalmente fluyen a la superficie e inundan las vías, produciendo en algunos casos ruidos audibles. Las fugas no visibles se infiltran usualmente por la tierra y tienen como salida las redes de alcantarillado. Estas pueden producir un ruido leve o audible.

Una vez localizados y clasificados los daños, la entidad administradora del servicio deberá implementar las acciones correspondientes, tales como la selección de los elementos y las herramientas para su reparación.

Un segundo procedimiento se inicia con la ejecución de un catastro de redes que se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Obtener en la entidad prestadora del servicio de acueducto un plano general de las redes de distribución.
2. Localizar y dibujar sobre el plano maestro la información existente sobre los siguientes aspectos:
 - Tuberías (primarias y secundarias)
 - Diámetros, material y longitud
 - Válvulas (tipo y estado)
 - Hidrantes (número y estado)
3. Con el plano maestro en elaboración, efectuar un recorrido por la zona con cuadrillas dirigidas por el encargado del área de operación y mantenimiento de la empresa y asistidas por el fontanero, para verificar la localización, el estado de funcionamiento y las características de los accesorios en la red y determinar las longitudes de la red en cada diámetro.
4. Medir caudales en algunos puntos importantes para determinar cómo se está distribuyendo el agua a lo largo de la red. Dependiendo de las características técnicas de conformación y tamaño de la red, éstas mediciones pueden realizarse en el tramo de tubería principal de

alimentación de la red (antes de bifurcarse) y obtenerse una medida global de caudal. O por el contrario: si las redes existentes se encuentran subdivididas o sectorizadas, las mediciones podrían hacerse por sectores.

5. Medir presiones a diferentes horas del día en puntos estratégicos de la red, tales como puntos bajos, altos y en el centro de la localidad.
6. Establecer la operación actual del sistema en lo que se refiere a períodos de suspensión por zonas, válvulas de cierre, sectores definidos etc.

La información recolectada debe incluir todos aquellos datos que pueden ser necesarios y debe organizarse de forma sistemática de tal manera que su consulta sea fácil y que sea útil a futuro. Hay varias opciones: formatos adecuados (tarjetas de esquina) o un Sistema de Información Geográfica con mezcla de información alfanumérica e información geográfica.

Con el diagnóstico anterior y con información adicional —topografía de la zona, por ejemplo—, se podría adelantar a través de herramientas o programas computacionales la simulación del funcionamiento hidráulico de la red, establecer sus condiciones actuales de operación y recomendar las acciones inmediatas para su mejor funcionamiento.

Conexiones domiciliarias: El diagnóstico completo y detallado de la situación de las conexiones domiciliarias, los medidores y los usuarios reales y potenciales del sistema se realiza mediante un catastro de usuarios.

El catastro de usuarios se define como el conjunto de registros y procedimientos que permiten identificar, caracterizar, y localizar a los usuarios de los servicios y a sus acometidas. La principal fuente información del catastro de suscriptores en el censo de usuarios activos y potenciales del servicio, el cual debe ejecutarse técnicamente para alimentar o actualizar el catastro con la información confiable y real. Una vez definido en catastro con la información obtenida en el censo de usuarios es indispensable definir e implementar procedimientos adecuados para obtener su actualización y lograr su mantenimiento permanente.

En un catastro de usuarios se recorren cada uno de los predios de municipio y se clasifican de manera ordenado los usuarios, su tipo de contador, el tipo de conexión, el estado de funcionamiento, entre otros datos.

5.1.4 Informe de Diagnóstico Técnico y Plan de Choque

Con la información recopilada y los trabajos de campo e investigaciones explicadas anteriormente, se prepara un informe de diagnóstico técnico, que debe contener los siguientes puntos:

- ◆ Título y fecha de elaboración
- ◆ Identificación de los componentes del sistema de acueducto
- ◆ Diagnóstico de cada componente
- ◆ Resumen de pérdidas visibles identificadas en el subsistema de producción
- ◆ Pérdidas identificadas en el subsistema de distribución
- ◆ Criterios de priorización y atención de las pérdidas
- ◆ Priorización de actividades
- ◆ Plan de choque, lista de reparaciones con definición de tiempos y responsables

Mediante el diagnóstico técnico se establecen las actividades que al ser ejecutadas de inmediato, permitirán en especial controlar con una mínima inversión las pérdidas físicas visibles en el acueducto, tales como reboses en los tanques, fugas por filtración en las estructuras y escapes en tuberías y accesorios.

Las actividades para controlar estas pérdidas se denominan plan de choque y deben ser acometidas como máximo dentro del mes siguiente a la terminación del diagnóstico técnico. Al finalizar el plan de choque, se debe tomar nuevamente lecturas de caudal y presión en los diferentes puntos del subsistema de producción y del de distribución y elaborar un informe con los resultados obtenidos. Para definir y priorizar el plan de choque se ha optado por adoptar en su orden los siguientes criterios técnicos:

- ◆ Identificar las fugas visibles en el sistema de acueducto
- ◆ Establecer las medidas correctivas para las fugas más representativas
- ◆ Atender con prioridad las fugas en el subsistema de distribución, en especial cuando se suministra agua potable
- ◆ Establecer prioridades en la atención de fugas que afecten las presiones en las redes o la continuidad del servicio.

La Tabla 16 presenta una lista general de las causales de pérdida de agua en un acueducto, según los subsistemas y procesos realizados.

Tabla 16. Causas generales de perdidas de agua

CAUSAS GENERALES DE PERDIDAS DE AGUA EN UN SISTEMA DE ACUEDUCTO		
Proceso de captación	Proceso de tratamiento	Proceso de distribución
Fugas en accesorios	Error de la macromedición a la entrada y salida de planta y tanques.	Daños visibles y no visibles en redes principales y secundarias.
Fugas en uniones en mal estado.	Filtraciones por fisuras en las estructuras de concreto	Daños en válvulas e hidrantes de la red.
Fugas en ventosas en mal estado.	Filtraciones en válvulas de lavado desagüe.	Daños en conexiones domiciliarias.
Fugas por perforaciones en la conducción que se utiliza como desaireadores.	Filtraciones en accesorios de tubería	Conexiones sin medición.
Rebose en desarenadores o cámaras de quiebre de presión.	Reboses en tanques y unidades de proceso de la planta.	
Fugas en conducciones por material acartonado del asbesto cemento,		Errores de exactitud en la macro y micro medición.
Filtraciones en válvulas de purga.		Conexiones con medidor parado, dañados o violados.
Derivaciones fraudulentas.		Mal dimensionamiento de medidores industriales, comerciales y oficiales.
		Conexiones clandestinas.
		Consumos públicos no medidos: bomberos, lavados de calles y otros.

Tabla 17. Plan de choque

PLAN DE CHOQUE			
Acción a ejecutar	Fecha de inicio	Fecha de terminación	Responsable

5.2. DIAGNÓSTICO EMPRESARIAL

El conocimiento completo y preciso de las condiciones en que se gerencia y administra la prestación del servicio de acueducto es un factor esencial para adelantar cualquier actividad de mejoramiento de la gestión empresarial, siendo de especial importancia el control y la disminución de pérdidas de agua, que se inician desde el proceso de captación, pasando por el proceso de tratamiento y la

distribución, hasta llegar a la comercialización y administración del servicio, actividades éstas en las que usualmente se concentran los mayores volúmenes de pérdidas.

Es así como la realización del diagnóstico empresarial se constituye en un paso importante para evaluar las condiciones de prestación del servicio, y permite conocer los niveles y causales de los volúmenes de agua no contabilizada, además de los mecanismos más apropiados para su reducción.

El diagnóstico incluirá la evaluación del cumplimiento por parte de la entidad prestadora del servicio de las obligaciones contempladas en la Ley 142 de 1994, o ley de Servicios Públicos Domiciliarios, en lo que se refiere a los procesos de modernización de la gestión empresarial, según las distintas áreas de trabajo de la empresa: así mismo, considerará el análisis de información específica de la empresa que permitirá formular inicialmente un plan de choque y posteriormente conocer las pérdidas de agua y adelantar el balance del sistema.

Los aspectos que comprenden este diagnóstico son:

1. Diagnóstico institucional y legal
2. Diagnóstico administrativo
3. Diagnóstico financiero
4. Diagnóstico comercial

A continuación, se presentan las pautas para llevar a cabo el diagnóstico área por área.

5.2.1 Aspectos Institucionales y Legales

La Ley 142 de 1994, o ley de Servicios Públicos Domiciliarios, definió el marco legal que deben observar todas las entidades que prestan servicios públicos domiciliarios, incluyendo el de acueducto. En desarrollo de este marco normativo, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) y, en algunos casos, el Ministerio de Desarrollo Económico, así como la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), han expedido una serie de decretos y resoluciones que reglamentan con mayor detalle la prestación de estos servicios en todo el territorio nacional.

El diagnóstico legal e institucional deberá establecer inicialmente cuál es la situación de la entidad prestadora del servicio frente al cumplimiento de esta reglamentación y enseguida, la incidencia de la gestión de la entidad en los niveles

de pérdidas de la empresa. Para tal efecto, su administrador o gerente, junto con el equipo de colaboradores, puede empezar por dar respuesta a siguiente cuestionario:

Tabla 18. Diagnóstico de aspectos institucionales

DIAGNÓSTICO SOBRE ASPECTOS INSTITUCIONALES		
Preguntas	SI	NO
¿Se ha realizado el proceso de transformación empresarial de la entidad prestadora?	X	
¿Se realizó el estudio de viabilidad de la entidad prestadora?	X	
¿Se ha realizado al estudio de costos y tarifas según la metodología de la CRA?		X
¿Se ha informado a la CRA, la SSPD, las autoridades locales y los usuarios acerca de los estudios de costos y tarifas de los servicios?	X	
¿Se ha implementado el sistema de control interno?		X
¿Se lleva contabilidad separada de los servicios?		X
¿Se ha creado y puesto en funcionamiento la oficina de peticiones, quejas y recursos?	X	
¿Se ha implementado el plan de cuantas definido por la SSPD?		X
¿Se ha implementado la estratificación socioeconómica de los usuarios?	X	
¿Se ha creado al fondo de solidaridad y redistribución de ingresos para los subsidios?	X	
¿Se ha elaborado y/o implementado el programa de uso eficiente y ahorro del agua?		X
¿Se ha establecido un programa permanente de control de pérdidas y de agua no contabilizada?		X
¿Se ha conformado el comité de desarrollo y control social?	X	
¿Se ha conformado un archivo organizado de la información y los documentos legales de constitución de a empresa?	X	
¿Se ha contratado la auditoría externa de gestión y resultados?		X
¿Se ha elaborado y presentado a la Corporación Autónoma Regional el programa de gestión integral de residuos sólidos?		X

La mayoría de las preguntas que se presentan en este cuestionario se refieren a obligaciones de carácter legal que la entidad debe haber cumplido, ya que, de lo contrario, pueden producirse investigaciones y sanciones por parte de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). En cualquier caso, estas obligaciones tienen como finalidad mejorar la prestación del servicio a la población y, por lo tanto, su cumplimiento debe ser acometido de manera prioritaria, no como un imperativo legal sino como una oportunidad de mejoramiento.

Cada pregunta del cuestionario que tenga como respuesta la palabra no implica que la entidad prestadora del servicio deberá iniciar de inmediato las acciones necesarias para su cumplimiento.

5.2.2 Aspectos Administrativos

Para realizar el diagnóstico del área Administrativa, el administrador o gerente de la entidad prestadora, junto con su equipo de colaboradores, debe obtener información referente a los aspectos contenidos en los siguientes cuadros:

Tabla 19. Diagnóstico de aspectos administrativos

DIAGNÓSTICO SOBRE ASPECTOS ADMINISTRATIVOS		
Preguntas	SI	NO
¿Se ha creado la planta de personal en la entidad prestadora?	X	
¿Está determinada la estructura orgánica de la empresa?	X	
¿Existe reglamento interno de trabajo?		X
¿Se ha elaborado e implementado el manual de funciones?	X	
¿Se ha elaborado e implementado el manual de procedimientos?	X	
¿Se ha creado e implementado un procedimiento de selección de personal?		X
¿Se ha definido e implementado un registro de actualización de las hojas de vida del personal?		X
¿Se ha suscrito contrato de trabajo con todos los empleados?	X	
¿Se ha programado e implementado un curso de inducción para el personal nuevo?		X
¿Están afiliados los empleados al régimen de seguridad social?	X	
¿Se ha implementado un sistema de promoción, estabilidad y ascenso del personal?		X
¿Se ha implementado un sistema de evaluación periódica de desempeño del personal?		X
¿Se han establecido las necesidades y el presupuesto anual de capacitación?		X
¿Se ha establecido e implementado un procedimiento (kárdex, manual e sistematizado) para la administración de materiales?	X	
¿Se ha definido e implementado un plan anual de compras?	X	
¿Se tiene establecido el registro actualizado de precios y proveedores?		X
¿Se ha cuantificado el patrimonio actual por cada servicio y se ha establecido un procedimiento para su actualización?		X

Tabla 20. Diagnóstico del personal

DIAGNÓSTICO DEL PERSONAL		
Funcionarios	Administrativos	Operativos
De planta		
Por estudio		
Con estudios de primaria		

Continúa **Tabla 20.** Diagnostico del personal

Con estudios de secundaria		
Con estudios intermedios		
Con estudios profesionales		
Horas de capacitación en fontanería		
Horas de capacitación en plantas de potabilización		
Horas de capacitación en equipos electromecánicos		
Horas de capacitación en administración y gerencia		
Valor de la nómina mensual		
Antigüedad		

5.2.3 Aspectos Financieros

El diagnóstico financiero de la entidad prestadora se orientará básicamente hacia los siguientes aspectos:

- ◆ Análisis de la gestión financiera de la empresa.
- ◆ Análisis de los estados financieros
- ◆ Proyecciones financieras
- ◆ Análisis de cartera por edades

Para el análisis de la gestión financiera, el administrador o gerente de la entidad, junto con su equipo de colaboradores, debe recolectar la siguiente información.

Tabla 21. Diagnóstico administrativo

DIAGNÓSTICO SOBRE ASPECTOS ADMINISTRATIVOS		
Preguntas	SI	NO
¿Se ha creado la planta de personal en la entidad prestadora?	X	
¿Se ha elaborado y gestionado la aprobación del presupuesto anual de ingresos y egresos de la entidad prestadora de los servicios?	X	

Continua **Tabla 21.** Diagnóstico administrativo

¿Se elaboran y se llevan los libros de control de ejecución presupuestal mensual o manual?	X	
¿Se elaboran y se llevan los libros de contabilidad: mayor, diario y auxiliares?	X	
¿Se reportan los estados financieros a la CRA y a la SSPD, de acuerdo con los formatos definidos por la SSPD en el SIVICO?	X	
¿Se ha desarrollado e implementado el sistema unificado de costos y gastos definido por la SSPD?		X
¿Se han elaborado y actualizado los procedimientos de tesorería?	X	
¿Se ha implementado el plan de cuentas definido por la SSPD a nivel de documento fuente?		X
¿Se ha elaborado e implementado un procedimiento de reporte periódico del estado de caja y bancos, con el fin de conocer el estado de liquidez?	X	
¿Se ha incorporado en el presupuesto anual la apropiación del 1% del presupuesto de inversiones para mantenimiento de cuencas?	X	
¿Se ha incorporado en el presupuesto anual la apropiación de recursos para contribuciones a la SSPD y a la CRA?	X	
¿Se elaboran e implementan procedimientos de reporte periódico de compromisos de pago de la entidad prestadora?	X	

En lo que respecta al análisis de los estados y proyecciones financieras, éste se apoya en un especialista en el tema. El diagnóstico deberá realizarse con base en la información financiera que incluya:

- ◆ Estados financieros:
 - Balance General.
 - Estado de perdidas y Ganancias.
 - Indicadores financieros.

- ◆ Proyecciones financieras:
 - Proyecciones a 5 años de Balance General
 - Estado de Ganancias y Perdidas
 - Flujo de Caja.

El análisis de cartera por edades deberá apoyarse en una adecuada recolección de información como la siguiente:

Tabla 22. Análisis de la cartera

ANÁLISIS DE LA CARTERA POR EDADES							
Estrato / uso	< 3 meses		4 - 6 meses		> 7 meses		Total
	Valor (\$)	%	Valor (\$)	%	Valor (\$)	%	(\$)
Único							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
Industrial							
Comercial							
Oficial							
Total cartera							
No usuarios morosos							
Deuda promedio por usuario							

Con base en la información obtenida de los estados y proyecciones financiera y del análisis de cartera, se debe realizar un análisis crítico que permita identificar entre otras las siguientes acciones: mejoramiento del área contable, evaluación de la viabilidad de las inversiones, relaciones con las entidades financieras, disminución de la cartera morosa. El análisis debe contener una evaluación de los siguientes aspectos:

- ◆ Evaluación de las políticas y manejo contables
- ◆ Evaluación y comentarios sobre manejo de activos fijos
- ◆ Análisis de los ingresos financieros y los resultados de los flujos de caja, traídos a valor presente
- ◆ Evaluación y análisis del plan de inversiones
- ◆ Análisis de la cartera morosa por edades y cálculo de su costo de oportunidad.

Este análisis de los aspectos financieros es una análisis inicial que da parámetros y recoge información importante, pero el capítulo de Evaluación Económica del Programa de Reducción de Perdidas se enfoca hacia conceptos como relación Beneficio / Costo, TIR y VPN, que están enmarcados dentro de los objetivos de este estudio.

5.2.4 Aspectos Comerciales

Al igual que en las anteriores áreas, el análisis de los aspectos comerciales se inicia con la evaluación de los procesos de gestión llevados a cabo. Este deberá ser adelantado por el administrador o gerente de la entidad prestadora, quien, junto con su equipo de colaboradores, dará respuesta un cuestionario similar al siguiente.

Tabla 23. Diagnóstico Comercial

DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN COMERCIAL		
Preguntas	SI	NO
¿Se ha elaborado e implementado el contrato en condiciones uniformes?		
¿Se ha establecido un procedimiento para atender solicitudes nuevas de servicio?		
¿Se tiene establecido un procedimiento para la incorporación de usuarios?		
¿Se tiene definido e implementado un proceso permanente para la detección de usuarios clandestinos?		
¿Se ha realizado e implementado el catastro de suscriptores?		
¿Se ha realizado e implementado el catastro de medidores?		
¿Se han instalado medidores nuevos a usuarios ya existentes?		
¿Se ha ejecutado un programa de reposición de medidores que ya han cumplido su vida útil?		
¿Se tiene definidos los procedimientos para la lectura de medidores?		
¿Se adecua la factura a los requerimientos de la Ley 142/94?		
¿Se ha definido e implementado un procedimiento de facturación?		
¿Se ha implementado un formato para la actualización mensual de los niveles tarifarios?		
¿Se ha implementado un formato para crítica y revisión previa?		
¿Se tienen implementadas las listas de control de facturación?		
¿Se ha implementado un procedimiento individualizado de recaudo?		
¿Se ha implementado un programa de recaudo a domicilio?		
¿Se ha implementado un programa de recaudo a través de bancos y/o establecimientos comerciales?		
¿Se han elaborado listas de control de no pago?		
¿Se han implementado formatos de control de eficiencia en el recaudo?		
¿Se han definido e implementado un registro de actualización de la cartera morosa?		
¿Se han implementado listas para registro de consumo por estrato?		
¿Se ha establecido un procedimiento para obtener registros actualizados de agua producida y facturada?		
¿Se han formulado e implementado jornadas de capacitación a la comunidad en control social y gestión comercial del servicio?		
¿Se ha formulado e implementado un programa anual de capacitación sobre uso y ahorro eficiente de agua?		
¿Se ha formulado e implementado un programa anual de capacitación en saneamiento básico y de educación en higiene?		

En lo que corresponde al diagnóstico de los procedimientos y las actividades comerciales del servicio relacionados con las causales de pérdidas y/o de agua no contabilizada en el sistema de acueducto, la información mínima requerida se analiza en las siguientes tres (3) tablas:

Tabla 24. Conexiones y/o usuarios del servicio

CONEXIONES Y/O USUARIOS DEL SERVICIO													
Estrato / uso	Conexiones/ usuarios								Medidores en reparación		No estimado de usuarios clandestinos		
	Con medidor funcionando		Con medidor parado		Sin medición		Total conexiones/ usuario						
	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%	
Único													
1													
2													
3													
4													
5													
6													
Industrial													
Comercial													
Oficial													
Total													

Tabla 25. Consumos facturados

CONSUMOS FACTURADOS														
Estrato / uso	Consumos facturados en los últimos 6 meses con medidor funcionando						CPM	NUP	CPMU	CFUSM	VFUSM	CFUCMP	VFUCMP	
	1	2	3	4	5	6	7	8	7//8	9	10	11	12	
	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul								
Único														
Estrato 1														
Estrato 2														
Estrato 3														
Estrato 4														
Estrato 5														
Estrato 6														

Continua **Tabla 25.** Consumos facturados

Subtotal														
Industrial														
Comercial														
Oficial														
Total														

- NUP Numero de usuarios promedio
- CPM Consumo promedio mensual (m3/mes)
- CPMU Consumo promedio mensual por usuario (m3/usuario-mes)
- CFUSM Consumo facturado a usuarios sin medición
- VFUSM Volumen facturado a usuarios sin medición
- CFUCMP Consumo facturado a usuarios con medidor parado
- VFUCMP Volumen facturado a usuarios con medidor parado

Notas Los consumos en medidores parados y de usuarios sin medición se deben facturar, según la ley 142 de 1994, con base en el consumo promedio del usuario o con base en el consumo promedio del estrato, en los últimos seis meses

Los usuarios que no cuentan con medidor consumen en promedio entre un 30% y un 50%, en comparación con usuarios con medición

Tabla 26. Análisis de consumos en usuarios sin medidor

ANÁLISIS DE CONSUMOS EN USUARIOS SIN MEDICIÓN

Mes:

Año

Estrato/Uso	Consumo de usuarios con medidor funcionando	Numero de usuarios con medidor funcionando	Consumo por usuario con medidor funcionando	Factor de consumo en usuarios sin medición	Consumo en usuarios sin medición	Numero de usuarios sin medición	Volumen de consumo en usuarios sin medición
-------------	---	--	---	--	----------------------------------	---------------------------------	---

Único							
Estrato 1							
Estrato 2							
Estrato 3							
Estrato 4							
Estrato 5							
Estrato 6							
Subtotal							
Industrial							
Comercial							
Oficial							
Total							

5.2.4.1. Volúmenes de consumo en usuarios sin medición

Los usuarios sin medición y los usuarios clandestinos tienen una tendencia de consumo diferente a la de los usuarios medidos, dado que, independientemente de su nivel de consumo, el valor de su factura es igual todos los meses. No obstante, por tratarse de una omisión por parte de la empresa, ésta sólo puede facturar a estos usuarios el valor del consumo promedio del estrato, aunque en algunos casos no se facture ni siquiera éste.

Para efectos de determinar las pérdidas de agua por este concepto, la empresa puede hacer muestreo por medición del consumo a usuarios no medidos, sin que éstos la perciban, de tal manera que al compararlo con el consumo promedio del estrato se pueda determinar el factor de desperdicio, o el consumo en exceso, de estos usuarios.

Algunas mediciones sitúan este valor entre un 30% y 50% adicional al consumo promedio de los usuarios residenciales. Para determinar el consumo de los usuarios sin medición se realiza un análisis como el contenido en la Tabla 26.

Dicho análisis puede arrojar datos más precisos, en la medida en que se obtengan factores de consumo de usuarios sin medición, para cada estrato y multiplicando dicho factor por consumos reales, es decir, consumos que hayan sido ajustados con el factor de error en la micromedición. En general, no deben existir usuarios sin medición en sectores industriales, comerciales u oficiales; sin embargo, en caso de existir, se debe establecer factores de consumo para ellos.

El volumen de pérdidas de agua por usuarios sin medición es la diferencia entre el volumen de consumo de usuarios sin medición (Tabla 26) y el volumen facturado a usuarios sin medición (Tabla 25).

5.2.4.2. Volúmenes de consumo en usuarios con medidor parado

Los usuarios con medidor parado presentan una tendencia de consumo similar a la de usuarios con medidor en funcionamiento. El volumen de consumo para usuarios con medidor parado se calcula multiplicando el número de usuarios con medidor parado por el consumo real promedio de los usuarios con medidor en funcionamiento. Es una práctica inconveniente para la entidad prestadora del servicio de acueducto el facturar consumos mínimos o asumidos a los usuarios con medidor parado. En este caso, se debe facturar el consumo promedio de los usuarios medidos en el mismo estrato.

Adicional a los datos registrados en estas tablas, cuando la entidad preste el servicio de venta de agua en bloque, es necesario relacionar los niveles de consumo facturados por este concepto en los últimos seis meses.

La obtención de la información de: el diagnóstico de la gestión comercial, las conexiones a usuarios del servicio, consumos facturados, análisis de consumos en usuarios sin medición y facturación y recaudo permitirá, entre otros, evaluar las políticas de gestión comercial de la entidad prestadora del servicio; analizar los suscriptores y/o usuarios actuales y futuros del servicio; establecer las tasas de crecimiento de los suscriptores y la variación de los consumos promedios por usuario; establecer una relación entre los volúmenes producidos y facturados, y entre los volúmenes facturados y recaudados y revisar la estructura tarifaria con respecto a los costos reales del servicio y de conformidad con la normatividad expedida por la CRA.

Adicional a la anterior información, en el diagnóstico de esta área es importante conocer algunos aspectos de la gestión comercial relacionados con el estado físico y de funcionamiento de los micromedidores o contadores de consumo en el sistema de acueducto, ya que esta información es de vital importancia para conocer los niveles de subregistro o de agua no contabilizada que podrían estar ocasionando a la empresa un detrimento en sus ingresos por concepto de volúmenes consumidos no facturados. También, es importante implementar aquellas acciones que brinden solución a este problema. Toda esta información es fundamental para realizar el cálculo del balance de aguas del sistema y determinar de los índices de pérdidas por este concepto.

Los niveles de subregistro que presentan los instrumentos de medición de consumos (macromedidores y micromedidores) se determinan a partir de la curva de exactitud elaborada y suministrada por los fabricantes. Otro método consiste en realizar ensayos de calibración de aquellos, incluida la prueba de exactitud.

5.2.4.3. Prueba de exactitud promedio en la micromedición

Los instrumentos de medición tienden con el tiempo y el aumento de los volúmenes de agua registrados a desgastarse internamente ocasionando un subregistro en la facturación del consumo. Este error se constituye en una de las principales causales de pérdida de agua en el sistema o de desviación de los registros. Para el cálculo de estas pérdidas es necesario determinar el grado de

error o de exactitud con que están trabajando los medidores, lo que se hace generalmente en un banco de prueba por parte de personal especializado. Usualmente los pequeños municipios o empresas no cuentan con estas herramientas, siendo necesario acudir a la entidad prestadora del servicio más cercana que disponga de ellas. El grado de error o subregistro se expresa con relación al volumen real consumido.

5.2.5 Informe del Diagnóstico Empresarial y Plan de Choque

Con la información recopilada con los formatos antes propuestos y los trabajos de campo, se prepara un informe de diagnóstico empresarial, que debe contener los siguientes puntos principales:

- ◆ Título y fecha de elaboración
- ◆ Diagnóstico de cada área
- ◆ Recomendaciones
- ◆ Priorización de actividades a corto, mediano y largo plazo
- ◆ Plan de choque con tiempos, responsables y estimación de costos

Con el diagnóstico empresarial se establecen las actividades que, ejecutadas de inmediato, permitirán con una mínima inversión reducir las pérdidas comerciales de la entidad prestadora. Este es el caso del catastro de usuarios, la incorporación de usuarios clandestinos, la instalación de medidores a usuarios industriales y comerciales, el cobro por vía disciplinada a los usuarios oficiales, la instalación de medidores a usuarios nuevos, la reposición de medidores con índices altos de subregistro o con registro acumulado mayor a 3000 m³, la actualización tarifaria conforme a la normatividad vigente, la ejecución de cortes y suspensiones, etc.

Las actividades para controlar estas pérdidas conforman el plan de choque empresarial y deben ser acometidas, como máximo, dentro de los dos meses siguientes a la terminación del diagnóstico empresarial. Al finalizar el plan de choque, se debe calcular nuevamente los volúmenes de agua producida y facturada, así como los valores de facturación y recaudo, y elaborar un informe con los resultados obtenidos.

Igualmente se debe resumir la información en un plan de choque con las actividad, fechas y responsables de cada acción.

6. BALANCE DE AGUAS

Es el método para calcular los volúmenes de pérdida de agua en los diferentes procesos que se realizan en un sistema de acueducto.

6.1. ¿PARA QUÉ SIRVE?

Los resultados del balance de agua permiten conocer: las condiciones técnicas de funcionamiento del acueducto; determinar los niveles o índices de pérdidas en los subsistemas que lo constituyen; formular y priorizar un programa de disminución y control de pérdidas, que redunde en el mejoramiento de la gestión técnica y empresarial de la entidad prestadora del servicio y el cumplimiento de la normatividad legal existente.

6.2. ¿QUÉ INFORMACIÓN SE REQUIERE?

Para establecer el balance de agua en un sistema de acueducto es necesario contar con la información empresarial y técnica resultado de los diagnósticos respectivos; incluye lo referente al manejo propio de la entidad prestadora, así como información complementaria obtenida a través de mediciones en campo.

6.3. ¿CÓMO SE REALIZA EL BALANCE?

Un balance de aguas se realiza a partir de la evaluación de la información general relacionada con la prestación del servicio de acueducto y, en especial, de los resultados del diagnóstico empresarial y técnico del sistema.

El formato presentado a continuación se presenta de manera ordenada la información general, comercial y técnica requerida, la metodología de cálculo para determinar el balance de aguas del sistema de acueducto, así como también los resultados de los análisis sobre pérdidas en el sistema.

Tabla 27. Balance de aguas

BALANCE DE AGUAS

A) Información general

Variable	Nombre de la variable	Unidad	Valor	Obtención de la variable	
				Sitio	Procedimiento
V1	Población	Habitantes		Oficina de Planeación Municipal	Información DANE, Plan de Desarrollo Municipal o POT
V2	Número de domicilios (incluye viviendas, establecimientos, comerciales, industriales, oficiales e institucionales)	Unidades		DANE, Oficina de Planeación Municipal	DANE - Censo de hogares, Plan de Desarrollo Municipal o POT

A) Información comercial

Variable	Nombre de la variable	Unidad	Valor	Obtención de la variable	
				Sitio	Procedimiento
V3	Número de conexiones o usuarios registrados	Unidad		ESP	Tabla 24
V4	Numero de conexiones con medidor en funcionamiento	Unidad		ESP	Tabla 24
V5	Numero de conexiones con medidor parado	Unidad		ESP	Tabla 24
V6	Numero de conexiones sin medidor	Unidad		Fórmula	$V3 - (V4 + V5)$
V7	Numero estimado de conexiones clandestinas	Unidad		Fórmula o Censo de Usuarios	$V2 - V3$
V8	Volumen facturado a usuarios con medidor en funcionamiento	m3/mes		ESP	Tabla 25 (Total consumos mes)
V9	Volumen facturado a usuarios con medidor parado	m3/mes		ESP	Tabla 25
V10	Volumen facturado a usuarios sin medidor	m3/mes		ESP	Tabla 25
V11	Volumen facturado por venta de agua en bloque	m3/mes		ESP	
V12	Volumen total facturado	m3/mes		ESP	$V8 + V9 + V10 + V11$

Continua **Tabla 27.** Balance de aguas

V13	Error promedio en micromedidores	%		Banco de medidores	13 ensayos a diferentes caudales por medidor
V14	Volumen real de consumo en usuarios con medidor en funcionamiento	m3/mes		Formula	$V8 * (1 + V13/100)$
V15	Consumo real por usuario con medidor en funcionamiento	(m3/mes – Usuario)		Formula	$V14 / V4$
V15A	Factor de consumo adicional en usuarios sin medición	Factor		ESP	Información Comercial
V16	Consumo real por usuario sin medición	(m3/mes – Usuario)		ESP	Tabla 26
V17	Volumen de consumo en usuarios con medidor parado	m3/mes		Formula	$V15 * V5$
V18	Volumen de consumo en usuarios sin medición	m3/mes		ESP	Tabla 26
V19	Pérdidas por error en micromedición	m3/mes		ESP	$V14 - V8$
V20	Pérdidas por usuarios sin medición	m3/mes		ESP	$V18 - V10$
V21	Pérdidas por usuarios con medidor parado	m3/mes		ESP	$V17 - F41$
V22	Pérdidas por usuarios clandestinos	m3/mes		ESP	$V16 * V7$
V23	Total perdidas comerciales	m3/mes		ESP	$V19 + V20 + V21 + V22$

A) Información técnico operativa

Variable	Nombre de la variable	Unidad	Valor	Obtención de la variable	
				Sitio	Procedimiento
V24	Volumen de agua captado	m3/mes		Bocatoma	Tabla 8
V25	Volumen de agua cruda recibido de otra fuente	m3/mes		Punto de entrada a la aducción	Medición de caudal
V26	Volumen de agua cruda vendido	m3/mes		ESP	Información Comercial
V27	Volumen de entrada a la planta	m3/mes		Punto cercano a la llegada a la planta	Tabla 11
V28	Pérdidas en el proceso de captación	m3/mes		Fórmula	$V24 + V25 - V26 - V27$
V29	Volumen de consumo interno de la planta o gasto operacional de la planta	m3/mes		Registro de consumo de la planta	Tabla 12

Continua **Tabla 27.** Balance de aguas

V30	Pérdidas por estanqueidad, filtración en válvulas y accesorios en planta	m3/mes		Entrega del desagüe de la planta	Medida volumétrica. Tabla 12
V31	Volumen salida de planta	m3/mes		A menos de 200 mts de la salida	Tabla 12
V32	Pérdidas por otras fugas y reboses en la planta	m3/mes		Formula	V27 - V29 - V30 - V31
V33	Volumen de agua tratada comprada a otro sistema	m3/mes		ESP	Información Comercial
V34A	Volumen producido según ESP	m3/mes		Fórmula	Información Comercial
V34	Volumen producido (con medición)	m3/mes		Formula	V31 + V33
V34B	Pérdidas por error en macromedición	m3/mes		Formula	V34 - V34A
V35	Volumen de entrada a los tanques de almacenamiento	m3/mes		Medición a la entrada de tanques	Tabla 15
V36	Volumen de pérdidas por estanqueidad en los tanques de almacenamiento	m3/mes		Tanques de almacenamiento	Tabla 15
V37	Volumen a la salida de los tanques de almacenamiento	m3/mes		Salida tanques	Tabla 15
V38	Volumen de pérdidas por rebose en tanques	m3/mes		Formula	V35 - V36 - V37
V39	Volumen por venta de agua en bloque	m3/mes		ESP	Información Comercial
V40	Caudal mínimo nocturno medido	m3/mes		A la salida de los tanques especializado	Medición con equipo
V41	Caudal mínimo nocturno conocido	m3/mes		Usuarios industriales	Lecturas de consumo
V42	Caudal promedio diario	m3/mes		A la salida de los tanques especializado	Medición con equipo
V43	Volumen de consumo operacional (lavado de tanques + purga y lavado de tuberías)	m3/mes		ESP	Registros de información operativa
V44	Perdidas por consumos especiales sin medidor: Riego parques + bomberos + carrotanques + fuentes públicas	m3/mes		ESP	Registros de información operativa
V45	Perdidas en el proceso de distribución	m3/mes		ESP	Registros de información operativa

Continua **Tabla 27.** Balance de aguas

V46	Perdidas en tanques de almacenamiento	M3/mes		ESP	Registros de información operativa
V47	Perdidas en fugas visibles y no visibles	m3/mes		ESP	Registros de información
V48	Perdidas en operación inadecuada del sistema	m3/mes		ESP	V45-V47-V46-V44-V43-V23
V49	Factor de investigación	Factor		Formula	(V40 - V41)/ V42
V50	IANC en el proceso de CAPTACIÓN	%		Formula	V27 / V28 * 100
V51	IANC en el proceso de TRATAMIENTO	%		Formula	(V30 - V32)/ V27 * 100
V52	IANC en el proceso de DISTRIBUCIÓN	%		Formula	V45 / V34 * 100
V53	IANC TOTAL	%		Formula	V50+V51+V52

El balance de aguas en el proceso de distribución está determinado por una ecuación lineal, que puede tener una o varias incógnitas y cuya estructura general es la siguiente:

Formula 2. Balance de aguas I

$$\text{Pérdidas en distribución} = \text{pérdidas comerciales} + \text{pérdidas técnicas}$$

Empleando las mismas variables del formato anterior, la estructura de esta ecuación sería:

Formula 3. Balance de aguas II

$$V45 = (V19 + V20 + V21 + V22) + (V43 + V44 + V46 + V47 + V48)$$

En términos generales, las incógnitas más frecuentes son: las pérdidas por operación inadecuada del sistema, las cuales están representadas en fugas ocasionadas por excesos de presión en la red; las pérdidas por conexiones clandestinas, las cuales no se pueden determinar fácilmente (V22) y las pérdidas por usuarios sin medición, debido a que no se conocen los comportamientos reales de consumo de estos usuarios (V20).

Durante el procedimiento para calcular el balance de aguas en el sistema de distribución, es necesario establecer la confiabilidad de la información obtenida para calcular estas variables. Aquella variable que cuente con menor confiabilidad debe ser utilizada como incógnita para hacer el cierre o balance de la ecuación.

Las pérdidas en el proceso de distribución se deben descomponer para formular de manera adecuada el Programa de Control de Pérdidas. Para tal efecto se puede emplear el siguiente cuadro para recopilar información

Tabla 28. Composición de las pérdidas en distribución

COMPOSICIÓN DE LAS PERDIDAS EN DISTRIBUCIÓN				
Concepto	Volumen de pérdidas (m3/mes)	Puntos porcentuales de pérdidas *	Puntos porcentuales fijos por concepto **	Meta de reducción en puntos porcentuales
PERDIDAS COMERCIALES				
Pérdidas por error en micromedición				
Pérdidas por usuarios sin medición				
Pérdidas por usuarios con medidor parado				
Pérdidas por usuarios clandestinos				
PERDIDAS TÉCNICO – OPERATIVAS				
Volumen de consumos operacionales				
Pérdidas por consumos especiales sin medidor				
Pérdidas en tanques de almacenamiento				
Pérdidas en fugas visibles y no visibles				
Pérdidas en operación inadecuada del sistema				
TOTAL PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN				

* Los puntos porcentuales de pérdidas por cada concepto se calculan dividiendo la columna de volumen de pérdidas entre el volumen de producción (V34).

** Los puntos fijos en un sistema se ajustan teniendo en cuenta, para cada caso en particular, las metas propuestas, los costos de reducción del índice y los parámetros de comparación establecidos.

Suponiendo unas metas propuestas que busquen reducir el IANC al 25%, concentrando los esfuerzos en cuatro objetivos, que en orden de importancia podrían ser:

1. Reducir las pérdidas por usuarios con medidor parado.
2. Reducir las pérdidas por fugas visibles y no visibles.
3. Reducir las pérdidas por estanqueidad en los tanques.

Esta discriminación de actividades y su orden de importancia esta establecido por el peso de cada uno de estas variables dentro del balance de aguas del sistema, que puede ser analizado fácilmente, para sacar este tipo de conclusiones.

No se propone una mayor reducción de pérdidas en fugas visibles y no visibles, teniendo como criterio un valor del factor de investigación calculado en el cuadro para el balance de aguas (variable V49), con un resultado de 0.25 indicativo que no es prioritario reducir las pérdidas por este concepto. Este factor debe compararse contra los siguientes valores de referencia:

Si	$Fi < 0.3$	No hay necesidad de buscar fugas
Si	$0.3 < Fi < 0.8$	Se debe iniciar un programa de búsqueda de fugas
Si	$Fi > 0.8$	Es prioritario iniciar un programa de búsqueda de fugas

La información obtenida en este capítulo aporta los elementos que se requieren para establecer unos criterios precisos para formular el programa de control de pérdidas, desarrollado en el capítulo siguiente.

7. PROGRAMA DE AGUA NO CONTABILIZADA

7.1. ¿QUÉ ES UN PROGRAMA DE CONTROL PÉRDIDAS?

Un programa de control de pérdidas es un conjunto organizado y sistemático de actividades realizadas por una empresa destinadas a alcanzar y mantener un nivel en el que los componentes y las causas de las pérdidas sean los mínimos posibles, dentro de condiciones de viabilidad ambiental, financiera y social. Las actividades de control de pérdidas se extienden a todas las áreas de la entidad prestadora del servicio de acueducto, como ya se explicó anteriormente.

Los resultados alcanzados por la entidad prestadora del servicio a través del control de pérdidas contribuyen para una gestión empresarial y técnica eficiente, capaz de alcanzar en forma permanente sus objetivos con el menor costo posible. Esta gestión está enmarcada en el logro de cinco metas fundamentales que la caracterizan:

1. **Cantidad:** El sistema de abastecimiento de agua debe ser capaz de captar, bombear, conducir, tratar y distribuir volúmenes de agua suficientes para la atención de la demanda de la población.
2. **Calidad:** El agua entregada a la población debe cumplir con parámetros de calidad dentro de los estándares de potabilización reconocidos.
3. **Continuidad:** El sistema de abastecimiento de agua debe proveer a la población un servicio continuo, sin intermitencia.
4. **Confiabilidad:** Las variables capaces de influir en el abastecimiento de agua deben ser bien conocidas y dominadas por el personal encargado de las labores de operación y mantenimiento.
5. **Eficiencia en el costo:** El costo del agua entregada a la población debe ser el menor posible.

La prestación ineficiente del servicio mantiene a los gerentes y/o administradores del servicio en constante estado de tensión, presionados por los reclamos de los

usuarios a causa del mal servicio, por la insuficiencia de dineros para hacer frente a las necesidades de ampliación de la cobertura del servicio y, en especial, porque no saben cuáles son las verdaderas causas del problema.

Además, su desconocimiento sobre la magnitud de las pérdidas en el sistema de acueducto les impide adelantar acciones gerenciales eficaces destinadas a su reducción, trasladándoles a los usuarios los costos de una mala gestión

7.2. ¿CUÁLES SON LOS OBJETIVOS DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE PÉRDIDAS?

El objetivo general de un programa de control de pérdidas es establecer las acciones necesarias para hacer el diagnóstico de las pérdidas y la formulación y puesta en marcha de actividades priorizadas que las disminuyan hasta valores mínimos admisibles, de acuerdo con criterios de rentabilidad ambiental, financiera y social.

Estas acciones requieren la coordinación de las personas e instituciones que intervienen en el proceso, de manera que con una asignación y ejecución racional de tareas se logre un estado gerencial eficiente en la entidad prestadora del servicio.

7.3. ¿QUÉ SUBPROGRAMAS CONFORMAN UN PROGRAMA DE CONTROL DE PÉRDIDAS?

Un programa de control de pérdidas está compuesto por varios subprogramas que, al ser aplicados en conjunto, se constituyen en los instrumentos de acción para reducir las pérdidas en un sistema de acueducto.

De acuerdo con lo visto inicialmente, la reducción de los niveles de agua no contabilizada implica el desarrollo de acciones priorizadas en las distintas áreas de trabajo de la entidad prestadora del servicio, según la importancia de las pérdidas, para llevarlos a valores admisibles, a través del desarrollo de los siguientes subprogramas:

7.3.1. Subprograma Comercial

Contempla las acciones y actividades necesarias para reducir las pérdidas de agua relacionadas con las actividades de comercialización del servicio de acueducto. Comprende, entre otros, la ejecución de los siguientes proyectos: instalación de micromedidores, catastro de usuarios, detección y control de conexiones clandestinas. El alcance y las actividades de cada uno de estos proyectos se describen a continuación.

7.3.1.1 Proyecto de instalación de micromedidores

Tiene como objetivo controlar la utilización racional del servicio de acueducto, cobrándolo según su utilización y permitiendo distribuirlo equitativamente al mayor número de usuarios. Incluye el desarrollo de las siguientes actividades:

- ◆ Definición de políticas de micromedición: criterios técnicos, sociales, económico, financieros.
- ◆ Procedimientos administrativos: adquisición, instalación y control de micromedidores.
- ◆ Mantenimiento de los medidores: correctivo y preventivo.
- ◆ Determinación de consumos: lectura y crítica.
- ◆ Análisis del comportamiento de los consumos y de los medidores: tipo de consumidores.

7.3.1.2 Proyecto de censo de usuarios

Permite registrar los consumidores que constituyen el mercado de servicio de la empresa. Incluye a los consumidores reales y a los clandestinos para el cobro del servicio, así como también a los factibles y potenciales para la planificación y la comercialización necesarias para la expansión de los servicios. Prevé la actualización del sistema comercial de la empresa.

7.3.1.3 Proyecto de detección y control de clandestinas

Tiene como finalidad reducir el porcentaje del consumo de agua no facturada en aquellos predios ubicados en áreas de servicio de la empresa que hacen uso del

agua del sistema de acueducto mediante fraude en sus instalaciones. Este proyecto incluye el desarrollo de las siguientes actividades:

- ◆ Diagnóstico y legalización de conexiones clandestinas.
- ◆ Estudios para detección, clasificación y caracterización de conexiones clandestinas masivas.
- ◆ Estudios para detección, clasificación y caracterización de conexiones clandestinas dispersas.
- ◆ Medidas encaminadas a disminuir el porcentaje de conexiones clandestinas.

7.3.2. Subprograma técnico

Comprende las acciones y actividades necesarias para reducir las pérdidas de agua que se presentan en los componentes técnicos del sistema de acueducto. Contempla, entre otros, la ejecución de los siguientes proyectos:

- ◆ Instalación de equipos de macromedición
- ◆ Sectorización de las redes de distribución
- ◆ Control de fugas visibles y no visibles
- ◆ Rehabilitación de las redes

El alcance y las actividades que contempla cada uno de los anteriores proyectos se describen a continuación:

7.3.2.1 *Proyecto de control de fugas visibles y no visibles*

Su objetivo es reducir al mínimo el tiempo promedio que transcurre entre la aparición de una fuga y su eliminación, a través de la revisión y el ajuste de los procedimientos y la metodología.

El proyecto debe contemplar las siguientes etapas:

- ◆ Establecer un procedimiento para promover entre la población la comunicación de fugas visibles
- ◆ Establecer en la empresa procedimientos que garanticen una atención al público correcta y eficiente
- ◆ Diseñar procedimientos para la eliminación rápida de fugas

7.3.2.2 Proyecto de catastro de redes del sistema de acueducto

Tiene por objeto realizar o actualizar el catastro de tuberías y accesorios indispensable para su operación y mantenimiento y para el control de la operación del sistema de abastecimiento. También sirve de apoyo a las tareas de detección, localización y reparación de fugas.

Este proyecto incluye el desarrollo de las siguientes actividades:

- ◆ Definición de las características de los planos catastrales
- ◆ Definición de las características de los croquis de cruces de vías públicas (esquineros)
- ◆ Definición de los procesos para archivo y recuperación de información catastral
- ◆ Definición de los procedimientos para el levantamiento de la información catastral en el campo
- ◆ Instrucciones para la actualización de los planos catastrales y los croquis de cruces de vías.

7.3.2.3 Proyecto de instalación de macromedidores

Se desarrolla con el fin de instalar medidores permanentes para la obtención, procesamiento, análisis y divulgación de datos operacionales de rutina relativos a caudales, presiones y niveles de agua en el sistema de abastecimiento. Si bien con la ejecución de este proyecto no se reducen las pérdidas en el sistema, es un programa indispensable para tomar acciones razonables y desde el punto de vista económico, para reducir las pérdidas.

Para poner en marcha este proyecto, la entidad prestadora del servicio de acueducto debe identificar y seleccionar puntos estratégicos de medición que le permitan: establecer el balance de aguas del sistema, tal como se indicó anteriormente; adecuar los sitios de medición; instalar los elementos y/o equipos de medición; analizar y evaluar los resultados obtenidos y acometer las acciones para controlar las pérdidas.

El número y tipo de macromedidores que se deben instalar depende de la complejidad y las características técnicas del sistema y de los volúmenes que se miden. La macromedición es un instrumento imprescindible para orientar la operación del sistema de abastecimiento de agua y para obtener estadísticas de producción y distribución de agua, tales como:

- ◆ Evaluación permanente de las condiciones hidráulicas reales del funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua
- ◆ Determinación de los volúmenes y caudales de agua en varios puntos del sistema y su análisis, teniendo en cuenta los comportamientos esperados
- ◆ Determinación y análisis de las presiones en las tuberías y de los niveles de agua en tanques o pozos, para orientar tanto la operación de rutina del sistema como la planificación de cambios en ella
- ◆ Evaluación del tiempo de saturación de los sistemas, en función de la evolución demográfica, socioeconómica y cultural de las comunidades
- ◆ Determinación periódica de las pérdidas en el sistema de distribución, a través de la diferencia entre los volúmenes de agua producidos y suministrados al sistema de distribución y los volúmenes de agua facturados
- ◆ Determinación periódica de los componentes de las pérdidas, tales como errores de macro y micromedición, pérdida de agua por fugas y rebosamientos, conexiones clandestinas, consumos especiales y consumos operacionales
- ◆ Determinación de coeficientes de consumo, incluidos los consumos per cápita, los relativos a hora y día de mayor consumo, los consumos por extensión de la red, por conexión domiciliaria, los consumo mínimos nocturnos
- ◆ Determinación de los volúmenes de agua potable producidos e inyectados al sistema de distribución
- ◆ Determinación de los volúmenes de agua utilizados en el proceso de tratamiento del agua
- ◆ Evaluación de los sistemas de micromedición existentes, incluyendo: grado de adecuación de los medidores domiciliarios al régimen de demanda de los domicilios, grado de precisión y sensibilidad de los medidores y equipos, eficiencia del mantenimiento, planificación de la sustitución de los medidores y grado de eficiencia de la lectura y el procesamiento de datos.

7.3.2.4 Proyecto de sectorización de las redes de distribución

Tiene por objeto mejorar las condiciones de funcionamiento, operación y mantenimiento de las redes de distribución del sistema de acueducto. También, procesar y analizar la información que caracteriza el estado de funcionamiento hidráulico de las redes en cuanto a caudales, presiones, niveles de agua y procesos de manipulación de elementos de control, como válvulas de control y estaciones de bombeo.

Para desarrollar este proyecto, es necesario que la entidad prestadora del servicio conozca las características físicas de la red, es decir, cuente con el catastro técnico y esté al tanto de su funcionamiento hidráulico. Es importante que al definirse los límites de los sectores y subsectores, se haga de manera que corten el menor número de tuberías y se minimice el número de puntos de medición de caudal, sin afectar la calidad del servicio.

Este proyecto incluye el desarrollo de las siguientes actividades:

- ◆ Planificación de la operación del sistema de distribución
- ◆ Definición de criterios y opciones de operación destinados a establecer la configuración más adecuada del sistema de abastecimiento de agua
- ◆ Diseñar los sectores de la red
- ◆ Desarrollar y utilizar modelos computacionales de simulación de las condiciones hidráulicas de las redes
- ◆ Materializar los sectores en el terreno
- ◆ Implantar métodos de medición de caudales por sectores
- ◆ Regular las presiones de servicio en las redes de distribución.

7.3.2.5 Proyecto de rehabilitación de redes

Se desarrolla con el fin de rehabilitar o reponer oportunamente las redes de transporte y distribución de agua del sistema de acueducto, garantizando así la atención de la demanda, la continuidad y calidad del servicio en el corto, mediano y largo plazo. Igualmente, permite reducir al mínimo las pérdidas de agua por causa del deterioro físico de las redes.

Para realizar este proyecto, se requiere que la entidad prestadora identifique las causas que motivan la rehabilitación de las redes, como: ocurrencia de daños, edad de las tuberías, materiales de las redes y adecuación de las redes a proyectos de ampliación.

Este proyecto incluye el desarrollo de las siguientes actividades:

- ◆ Registro y control del estado de funcionamiento de las redes, en cuanto a número de roturas, fugas, etc.
- ◆ Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo y correctivo
- ◆ Elaboración de planes y programas de renovación de redes, con criterios de factibilidad técnica, económica y financiera.

7.3.3. Formulación del Programa de Control de Pérdidas

Para reducir las pérdidas en el sistema de acueducto, la entidad prestadora del servicio identificará los proyectos y las actividades que requiere realizar en el corto, mediano y largo plazo y que le permitan adelantar una gestión eficiente en la prestación del servicio. Para este fin, una vez adelantado el diagnóstico técnico y empresarial y evaluados sus resultados, la entidad deberá programar las metas anuales para alcanzar.

Todo sistema de acueducto presenta pérdidas fijas o mínimas en sus diferentes componentes, por debajo de las cuales puede resultar antieconómico e inconveniente adelantar programas de reducción de pérdidas. A manera de guía, el siguiente formato presenta los puntos o porcentajes de pérdidas para cada subprograma y proyecto que conforma un programa de control de pérdidas. Estos puntos permiten orientar las prioridades para que la empresa prestadora del servicio de acueducto reduzca el índice de agua no contabilizada hasta niveles admisibles.

Tabla 29. Pérdidas fijas en un sistema de acueducto

PERDIDAS FIJAS EN UN SISTEMA DE ACUEDUCTO			
Programa	Puntos totales	Puntos fijos en un sistema	Meta de puntos a reducir
Subprograma Comercial			
Micromedición		3	
Catastro de usuarios, facturación, clandestinos		2	
SUBTOTAL		5	
Subprograma Técnico			
Fugas no visibles, visibles, sectorización		13	
Catastro de redes		0	
Macromedición		1	
SUBTOTAL		14	
TOTAL IANC		19	

8.1. REGULACIÓN SOBRE TARIFAS DE LOS SERVICIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

La Ley 142 de 1994, conocida como Ley de Servicios Públicos Domiciliarios estableció que las entidades prestadoras de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado deben calcular los costos y definir las tarifas aplicando los siguientes criterios:

- ◆ Eficiencia económica: Las tarifas no pueden trasladar al usuario los sobre costos de una mala gestión; se parte del principio de que los usuarios no son los responsables de la ineficiente prestación del servicio por parte de la entidad de servicios públicos.
- ◆ Neutralidad: Cada suscriptor tendrá el derecho tener un tratamiento tarifario justo.
- ◆ Solidaridad y redistribución: Los suscriptores de los estratos altos y de los sectores comerciales e industriales con el pago de una tarifa mayor ayudarán a los suscriptores de estratos bajas a cubrir con subsidios los costos de sus consumos básicos.
- ◆ Suficiencia financiera: Las tarifas deberán garantizar la recuperación de los costos y los gastos de operación, expansión, reposición y mantenimiento.
- ◆ Simplicidad: Las fórmulas tarifarias se elaborarán de tal manera que se facilite su comprensión, aplicación y control.
- ◆ Transparencia: Las tarifas serán explícitas y de conocimiento público.

En términos generales se busca que el cobro sea justo servicio para el usuario y que la entidad reciba los recursos necesarios para garantizar la prestación de un buen servicio en el corto, mediano y largo plazo. Para esto se debe saber cuánto cuesta prestar dicho servicio, es decir, calcular los costos económicos o costos reales de prestación de servicios, también llamados costos de referencia del servicio en los que incurre la empresa.

En desarrollo de la Ley 142 de 1994, la Comisión de Regulación de Agua y Saneamiento Básico (CRA) definió el régimen tarifario y de subsidios aplicable a entidades prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado en pequeños municipios y zonas urbanas del país a partir de la Resolución 15 de mayo 29 de 1996; que estableció una metodología simplificada para el cálculo de las tarifas en empresas u organizaciones prestadoras con menos de 8.000 suscriptores. La misma resolución presenta alternativas aún más simples para el cálculo de tarifas en empresas u organizaciones prestadoras con menos de 2.400 suscriptores. El esquema mencionado inicialmente es el que se usará como referencia para el desarrollo del presente estudio.

La metodología definida permite a los pequeños municipios y a las organizaciones comunitarias prestadoras calcular de manera rápida y sencilla una estructura tarifaria que refleje la costeabilidad del servicio, a partir de una información mínima, tal como: número de suscriptores, capacidad instalada del sistema, continuidad del servicio, volumen de agua producida, número de personas que trabajan en la empresa, gastos de administración, operación y mantenimiento. Finalmente, es importante tener en cuenta las inversiones en instalaciones que se estén realizando en la actualidad y las inversiones que se hayan programado para el futuro.

La metodología, en general, se basa en el cálculo de los costos medios asociados con la prestación del servicio, es decir, con los costos medios de inversión, operación y administración que garanticen la sostenibilidad del sistema. Se caracteriza por su flexibilidad, lo cual quiere decir que permite determinar los costos y las tarifas en función del nivel y la calidad del servicio existente o deseado. Por ejemplo, si existe o no un plan de inversiones que permita ampliar o mejorar la calidad del servicio en un corto o mediano plazo; si existen o no micromedidores de consumos.

8.2. CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO

El principal objetivo de un estudio de costos y tarifas es conocer, por un lado, cuánto le cuesta a la empresa de acueducto administrar, operar y mantener el sistema y realizar las inversiones necesarias para poder prestar un servicio digno y equitativo a toda la población: y por el otro, cuánto le cuesta al suscriptor recibir agua de buena calidad, en la cantidad y con la continuidad suficientes para satisfacer las necesidades básicas, no solamente de los actuales usuarios, sino también de los futuros.

Para brindar un servicio eficiente a la comunidad, la entidad prestadora del servicio de acueducto (administración municipal, asociación de usuarios, junta administradora, cooperativa u otra) debe realizar una sede de gastos, que se pueden clasificar así:

1. Gastos de administración
2. Gastos de operación y mantenimiento
3. Costos de inversión

8.2.1. Gastos de Administración

Son los gastos que se hacen para administrar la entidad (gastos de funcionamiento y gastos generales), de manera que se pueda garantizar un servicio permanente a todos los usuarios. Dentro de estos gastos se puede identificar los siguientes: el sueldo del administrador y todas sus prestaciones sociales, la papelería, los útiles de oficina, los gastos de facturación, etc.

Si se suman todos los gastos de administración en el año base y este resultado se divide entre el número total de usuarios del mismo año, se obtiene el costo medio de administración (CMA). También se le conoce con el nombre de costo medio de clientela, o cargo fijo.

La siguiente fórmula resume lo expuesto:

Formula 4. Costo medio de administración

$$\text{CMA (\$/suscriptor-mes)} = \frac{\text{Gastos de administración en el año base}}{\text{Número total de usuarios en el año base}} / 12 \text{ meses}$$

Por 'año base' se entiende el año inmediatamente anterior a aquél en el que se hace el estudio tarifario. De los gastos administrativos no hacen parte los salarios y las prestaciones sociales del personal dedicado a las labores de operación y mantenimiento del sistema, ni los contratos de prestación de servicios con terceros para la realización de trabajos de reparación o mantenimiento. Estos se consideran como gastos de operación y mantenimiento.

8.2.2 Gastos de Operación y Mantenimiento

Son los gastos necesarios para realizar el mantenimiento y para operar los sistemas de acueducto y alcantarillado, de manera que se pueda garantizar la prestación permanente del servicio a todos los usuarios. Dentro de estos gastos se puede incluir los siguientes: los sueldos y las prestaciones sociales del personal de

la planta, los productos químicos, la energía eléctrica para el bombeo, las herramientas que se utilizan para las labores de reparación y mantenimiento y, en general, las reparaciones y el mantenimiento de la infraestructura.

Si se suman todos los gastos de operación y mantenimiento en el año base y este resultado se divide entre el número de metros cúbicos de agua que se producen, corregido por el nivel de agua no contabilizada definido por la CRA, se obtiene el costo medio de operación y mantenimiento (CMO), es decir, se sabe cuánto cuesta producir un metro cúbico de agua.

8.2.2.1 Metros cúbicos producidos

Son la cantidad de agua que suministra o entrega el sistema de acueducto en condiciones normales de operación; esta capacidad se determina a partir de la información de diseño del acueducto existente o a través de mediciones directas en las estructuras. Para efectos de la definición de la tarifa, se debe tener en cuenta la producción de agua en metros cúbicos durante el año base.

Cuando se habla del volumen de agua producida para el cálculo del CMO, debe tenerse en cuenta las pérdidas técnicas y las pérdidas comerciales. La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento estableció un índice de pérdidas (P) aceptable de 0,30, que se obtiene de dividir por 100 al porcentaje aceptable de pérdidas (P %), en este caso, 30%. De esta manera, la fórmula del CMO se expresa así:

Formula 5. Costo medio de operación y mantenimiento

$$\text{CMO}(\$Inv) = \frac{\text{Gastos de operación y mantenimiento}}{\text{Metros cúbicos de agua producidos al año } x (1 - P)}$$

No hacen parte de los gastos de operación y mantenimiento aquellos que son cobrados por separado del servicio: costos de los medidores, acometidas domiciliadas, reconexiones, reinstalación, reparación de medidores y gastos en el personal de conexión.

8.2.3. Costos de Inversión

Son los costos en que incurre una entidad prestadora del servicio para ampliar la capacidad de producción del sistema de acueducto con el fin de atender el crecimiento de la demanda, maximizar la utilización de las instalaciones actuales y reparar los componentes que hayan cumplido con su período de vida útil. Los costos de inversión de una entidad prestadora de servicios públicos incluyen los siguientes conceptos:

Reemplazo o reposición, cuando sea necesario, de todas las instalaciones y equipos existentes (por ejemplo: motobombas, tubería de las redes de distribución, estructuras en general, que tienen una vida útil estimada entre 5 y 30 años).

Obras de expansión o ampliación de cualquiera de los componentes del sistema de acueducto, para poder satisfacer los consumos futuros de la población.

Rentabilidad de los dineros invertidos en todas las obras del acueducto, ya que se considera a la entidad prestadora del servicio como una empresa que debe actuar con criterios de eficacia y eficiencia. La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento estableció una tasa de descuento o tasa de remuneración del capital, como rentabilidad de las inversiones realizadas, entre 9% y 14%.

8.2.3.1 *Cálculo del costo medio de inversión*

Para estimar el costo medio de inversión (CMI), o sea el costo de inversión por metro cúbico de agua en que incurre una entidad prestadora del servicio, se presentan dos alternativas:

1. Primera alternativa

En ella se requiere:

- ◆ Determinar el costo de los activos y componentes del sistema a precios de hoy;
- ◆ Establecer cuánto costarán las ampliaciones futuras de capacidad de producción, y
- ◆ Definir la tasa de rentabilidad o de remuneración del capital.

Formula 6. Costo medio de inversión

$$\text{CMI (\$/m}^3\text{)} = \frac{\text{VRA} + \text{VPI}}{\text{VPD}}$$

Donde:

- ◆ **VRA:** Es el valor de la totalidad de los componentes del sistema de acueducto existente y de todos los activos utilizados en la prestación del servicio a precios de hoy (por ejemplo, bocatoma, aducción, desarenador, planta de tratamiento, tanque de almacenamiento, redes de distribución, equipos, otros componentes).
- ◆ **VPI:** Corresponde al valor presente del plan de inversiones de mínimo costo debidamente justificado con estudios de factibilidad. Debe incluir los proyectos requeridos para aumentar la capacidad de producción del sistema, con el fin de atender el incremento de la demanda y maximizar la utilización de la capacidad actual.
- ◆ **VPD:** Se trata del valor presente de la demanda expresada en metros cúbicos, calculado con base en la proyección de producción de agua (VPP) en un horizonte de largo plazo, corregida por el nivel máximo aceptable de agua no contabilizada o de pérdidas (P%), definido en la actualidad por la CRA en 30%. Aquí se considera $VPD = VPP (1 - P)$.

El artículo 6 de la Resolución 15 de 1996 establece que el horizonte de planeación y recuperación de los costos de inversión en el largo plazo se realizará considerando un período mínimo de planeamiento de 5 años y un período máximo de recuperación de 30 años.

2. Segunda alternativa

La Resolución 15 presenta una segunda alternativa para calcular el costo medio de inversión, al reconocer que una de las principales características de las empresas existentes en los municipios menores y en las zonas rurales es la dificultad para conocer la información sobre valoración de activos o para elaborar un plan de inversiones.

Esta alternativa consiste en calcular, por aproximación, el costo de inversión, utilizando la tabla contenida en el artículo 9 de la Resolución 15 de 1996, que se basa en la tasa de crecimiento de la demanda y del consumo mensual por suscriptor, expresado en metros cúbicos. Esto quiere decir que, para el caso de empresas o sistemas con menos de 2.400 suscriptores, se permite incluir dentro de los costos de operación y mantenimiento un valor que, a criterio de la administración (la junta directiva de la organización o la asamblea de usuarios, dependiendo de cómo esté establecido en los estatutos), cubra las necesidades anuales de inversión, sin necesidad de calcular el costo medio de inversión.

A continuación se explica más detenidamente en qué consisten los datos de la tabla mencionada:

- ◆ **Tasa de crecimiento de la demanda:** Es el porcentaje anual de crecimiento de la necesidad de abastecimiento de agua para los usuarios.

La tasa de crecimiento de la demanda se puede estimar de dos maneras: una, analizando los valores históricos anuales o mensuales de consumos con medición que registran los usuarios; la otra, suponiendo que el crecimiento de la demanda es igual a la tasa de crecimiento de la población de esa localidad en los últimos años. Por lo general estos últimos datos se obtienen a partir de los censos del DANE, de los planes de Ordenamiento Territorial de desarrollo municipal, o de la información de la administración del servicio.

- ◆ **Demanda mensual de agua:** Es el promedio mensual del volumen de agua, expresado en metros cúbicos, que consume un suscriptor del servicio. Este valor se puede calcular de dos maneras:

La primera, dividiendo el volumen total de agua que consumen y se facturó a los suscriptores con micromedición en el último año ($m^3/año$) entre el número total de suscriptores a los cuales se le realizó la medición. A su vez, este valor se divide por 12 (número de meses del año).

La segunda forma de estimar la demanda, especialmente en aquellos sistemas de acueducto en los que no existe medición de estos consumos, consiste en proyectar sus consumos de acuerdo con los parámetros técnicos contenidos en el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS), adoptado por el Ministerio de Desarrollo Económico mediante Resolución 0822 del 6 de agosto de 1998.

Al conocerse los valores de demanda en metros cúbicos por usuario por mes y la tasa de crecimiento de dicha demanda, se utiliza la tabla antes mencionada y se encuentra fácilmente en ella el valor del costo medio de inversión (CMI), que servirá para calcular posteriormente la tarifa.

8.2.4. Costo Medio en el Largo Plazo (CMLP)

Es el costo integral en que incurre una entidad prestadora del servicio de acueducto para suministrar a un usuario un metro cúbico de agua. Tiene en cuenta la capacidad y el funcionamiento del sistema actual, el crecimiento esperado de la población, la necesidad de inversiones para reponer el sistema actual y para

ampliar su capacidad. El costo medio en el largo plazo (CMLP) se obtiene al sumar el costo medio de operación (CMO) con el costo medio de inversión (CMI):

Formula 7. Costo medio en el largo plazo

$$\text{CMLP} = \text{CMO} + \text{CMI}$$

8.3. ESTRUCTURA BÁSICA DE UNA TARIFA

La estructura básica de una tarifa se conforma de la siguiente manera:

Un cargo fijo determinado por el costo medio de administración (CMA), también llamado costo medio de clientela o cargo fijo, más el resultado de multiplicar un costo medio en el largo plazo (CMLP), que es un costo de referencia para los consumos, por el consumo mensual del suscriptor.

Formula 8. Calculo de la tarifa

$$\text{Tarifa} = \text{CMA} + [(\text{CMLP}) \times \text{Consumo mensual}]$$

8.3.1. Clasificación de los Consumos y de los Cargos

El consumo es la cantidad de metros cúbicos de agua que utiliza un suscriptor durante un periodo de tiempo determinado para satisfacer sus necesidades. Se clasifica en los siguientes rangos, según la Resolución 08 de 1995 expedida por la Comisión de Regulación de Agua Potable:

- ◆ Consumo básico: Es aquél que satisface las necesidades esenciales o básicas de una familia, el que se ha fijado en 20 m³ mensuales por suscriptor facturado.
- ◆ Consumo complementario: Es el consumo ubicado en la franja entre 20 y 40 m³ mensuales de agua por cada suscriptor.
- ◆ Consumo suntuario: Es el consumo mayor a 40 m³ mensuales de agua por suscriptor.

Para determinar, bien sea, el cargo por consumo básico o el cargo por consumo complementado o suntuario, se necesita saber cuál es su costo de referencia; o sea, se debe conocer el costo medio en el largo plazo. El cargo por consumo refleja los costos relacionados con la producción de agua y con las inversiones necesarias para prestar el servicio. El cargo por consumo es un valor que cambia dependiendo del volumen de agua consumida por el suscriptor y de la tarifa asignada a cada rango de consumo.

A diferencia del cargo por consumo que, como se acaba de decir, es un valor variable, existe un cargo fijo, que refleja los costos necesarios para garantizar la disponibilidad permanente del servicio; este cargo se refiere a los costos administrativos y su costo de referencia es el costo medio de administración. Lo anterior significa que si un suscriptor está registrado en la empresa de acueducto pero durante un período determinado no ha consumido agua, se le cobrará de todos modos el cargo fijo, que representa los gastos necesarios para garantizarle la disponibilidad del servicio cuando quiera volver a utilizarlo.

8.3.2 Subsidios

Los subsidios están ordenados en el artículo 368 de la Constitución de 1991 y reglamentados en el artículo 99 de la Ley 142 de 1994, de Servicios Públicos Domiciliarios. Estas disposiciones ordenan ayudar o subsidiar en parte la tarifa para personas de bajos recursos (estratos 1, 2 y 3) que no pueden pagar el costo total de los servicios. El subsidio es el valor que se destina para cubrir únicamente los costos del servicio de las personas con menores ingresos. La Ley establece que al Alcalde Municipal le corresponde definir los criterios para la distribución de los subsidios.

La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) ha establecido que únicamente son subsidiables el cargo fijo y el costo por consumo básico — entre 0 y 20 mt³ - para los estratos 1, 2 y 3. Los porcentajes máximos de subsidios permitidos por la Ley son los indicados en la Tabla 30.

Tabla 30. Porcentajes máximos de subsidios legales

PORCENTAJES MÁXIMOS		
Estrato socioeconómico	S%	S
Estrato 1	50%	0,5
Estrato 2	40%	0,4
Estrato 3	15%	0,15

8.2.3.2 Fuentes de los subsidios

- ◆ **Aportes solidarios:** Son los resultantes de aplicar sobrepuestos al cargo fijo y a los consumos básico, complementario y suntuario para los usuarios de estratos socioeconómicos altos (estratos 5 y 6) y del sector industrial y comercial. El factor máximo de sobrepuesto para aplicar es de 20%, o sea, un factor de 1,20.

Para estimular el ahorro del recurso hídrico, la Ley faculta a la empresas prestadoras a aplicar sobrepuesto a las tarifas del consumo suntuario de todos los estratos, es decir, de aquellos que tengan un consumo mayor a 40 metros cúbicos por mes.

Los usuarios del estrato 4 y de los usos oficial y especial no son objeto de subsidio ni de sobrepuesto en el cargo fijo, consumo básico y complementario, pero si de sobrepuesto en el consumo suntuario.

- ◆ **Rendimientos de los aportes oficiales:** La Ley 142 de 1994 establece en el artículo 87 que los aportes de los bienes y derechos de las entidades públicas a las entidades de los servicios públicos podrán condicionarse a que su valor no se incluya en el cálculo de las tarifas de los estratos subsidiables, es decir, los estratos 1, 2 y 3.

- ◆ **Recursos presupuestales de la Nación:** En el caso de los municipios, el 20^o de las transferencias provenientes de los ingresos corrientes de la Nación debe destinarse al sector de agua potable y saneamiento básico, de conformidad a lo estipulado en el artículo 22 de la Ley 60 de 1993, modificado por el artículo 93 de la Ley 508 de 1999.

- ◆ **Recursos provenientes del impuesto predial:** La Ley 142 de 1994 en su artículo 100 establece que los municipios podrán destinar el 10% de los recursos del impuesto predial para cubrir las necesidades de subsidio.

- ◆ **Otra fuentes:** Se refiere a los recursos que puedan canalizar las autoridades municipales para atender las necesidades de subsidio de los estratos pobres. En ningún caso se podrá utilizar recursos de crédito para subsidios. La tabla 31 muestra la composición tarifaria por estratos y los factores máximos de subsidio y sobrepuesto aplicables.

Tabla 31. Factores máximos de subsidios y sobreprecios aplicables a las tarifas por estratos

FACTORES MÁXIMOS DE SUBSIDIOS Y SOBREPREGIOS				
Estrato socioeconómico	Cargo fijo \$	Costo consumo básico \$	Costo consumo complementario \$	Costo consumo suntuuario \$
Estrato 1	CMA * 0,50	CMLP * 0,50	CMLP	CMLP * 1,20
Estrato 2	CMA * 0,60	CMLP * 0,60	CMLP	CMLP * 1,20
Estrato 3	CMA * 0,85	CMLP * 0,85	CMLP	CMLP * 1,20
Estrato 4	CMA	CMLP	CMLP	CMLP * 1,20
Estrato 5	CMA * 1,20	CMLP * 1,20	CMLP * 1,20	CMLP * 1,20
Estrato 6	CMA * 1,20	CMLP * 1,20	CMLP * 1,20	CMLP * 1,20
Comercial e industrial	CMA * 1,20	CMLP * 1,20	CMLP * 1,20	CMLP * 1,20
Oficial y especial	CMA	CMLP	CMLP	CMLP * 1,20

CMA : Costo medio de administración

CMLP : Costo medio en el largo plazo

0,5, 0,6 y 0,85 : Factores máximos de subsidio para estratos 1, 2, 3 de la formula $(1-S_n)$ es el índice de subsidios para estrato n:

$0,50 = (1 - 0,5) =$ Factor de subsidio para estratos 1

$060 = (1 - 0,40) =$ Factor de subsidio para estratos 2

$0,85 = (1 - 0,15) =$ Factor de subsidio para estratos 3

1,2: Factor máximo de sobreprecio a los suscriptores (20%), el cual se obtiene de $(1+20)$

SI1, SI2, SI3 : Descuentos por aportes de Inversión Social para los estratos 1,2 y 3 en el consumo básico definidos en la Resolución 78 de 1999 de la CRA

8.3.3 Transición tarifaria

La transición tarifaria es el ajuste mensual, bimestral, trimestral o semestral que programa la entidad prestadora de los servicios para alcanzar en los plazos establecidos por la Ley las tarifas meta o costos reales del servicio: dicha transición se proyecta normalmente con base en las tarifas vigentes.

De acuerdo con el artículo 94 de la Ley 508 de 1999 y la Resolución 118 de 1999 expedida por la CRA, a todas las entidades prestadoras de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado se les amplió el plazo para alcanzar sus tarifas meta o costos reales del servicio, sin que ello implique que no lo puedan lograr antes de dichos plazos. Este plazo o transición tarifada vence en diciembre de 2004.

A través de la transición tarifaria se busca que el impacto sobre los usuarios sea el menor posible, de manera que no genere conflictos; pero también es importante que las empresas de servicios puedan recaudar los recursos necesarios para financiar todos los gastos básicos requeridos para poder prestar el servicio y garantizar su sostenibilidad.

9. EJEMPLO TRADICIONAL PROGRAMA DE AGUA NO CONTABILIZADA POPAYÁN

Dentro de esta sección se presenta apartes del informe de la consultoría contratado para hacer la formulación del programa de agua no contabilizada en la empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán. Dicho programa se planteó dentro del marco conceptual que se recoge en los capítulos anteriores.

Por eso a continuación se presentan los resultados y las conclusiones más no los procedimientos, dado que se entiende que estos son similares al procedimiento genérico ya descrito, pero ajustados a la realidad de la ciudad. Esta información dará ideas de cómo se hace en la practica los P.A.N.C y dará pautas para formular teóricamente un modelo financiero que describa las incidencias de estos programas en los Estados de Resultados de las empresa del sector, y calcule la relación Beneficio/Costo de un proyecto de este tipo ajustándonos a la tendencia tradicional usada hasta ahora.

9.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Los objetivos del proyecto se pueden agrupar en dos alcances principales cuyas actividades propias guardan una estrecha relación entre sí. Estos son:

1. Formulación del Programa de Agua No Contabilizada
2. Optimización operacional del sistema de distribución

La implementación de las observaciones y recomendaciones finales, permitirá a la empresa establecer directrices orientadas a la optimización en la prestación del servicio a través del control de pérdidas tanto físicas como comerciales en el sistema, como también el mejoramiento de las condiciones hidráulicas en el sistema de distribución.

9.2 DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

9.2.1 Recopilación de la información existente

- ◆ Plano de redes del municipio suministrado por la empresa.
- ◆ Información comercial suministrada por la empresa.
- ◆ Información de daños suministrada por la empresa.
- ◆ Datos de producción de plantas de tratamiento.

9.2.2 Descripción general del sistema de distribución

El acueducto de Popayán esta conformado por dos (2) sistemas, Tulcán y Tablazo, que funcionan de manera independiente respecto a los procesos de producción y tratamiento, y cuyas redes de distribución no se encuentran interconectadas.

Desde el punto de vista de la distribución, la ciudad se encuentra dividida en dos grandes grupos: una zona de bombeo y una zona de gravedad.

9.2.3 Calibración del banco de medidores

El principal objetivo de la calibración es encontrar el error promedio en la macromedición dando uso al banco de pruebas, a través de parámetros fáciles de medir (Presión y Caudal) y que se puedan relacionar entre sí, para corroborar los resultado. Para esto se llevó a cabo una revisión que establece las principales falencias del banco de pruebas y los parámetros necesarios para el desarrollo de la calibración.

La calibración determina el error de 120 micromedidores escogidos aleatoriamente del sistema de acueducto, según criterios de estratificación.

9.2.4 Validación de topología de la red matriz

Se detectó que el plano existente tenía gran cantidad de inconsistencias tanto en diámetros como en conectividades de las redes. Se corrigieron algunas y las esquinas con dudas se recorrieron con georadar y con funcionarios de la empresa para su verificación en campo.

Como resultado de esta actividad se realizaron las correcciones pertinentes a nivel de redes matrices en el plano base (existente en el acueducto), plano que servirá de base para el modelo hidráulico y para las decisiones en el área de acueducto. Debido a que la actualización se llevó a cabo únicamente a nivel de redes matrices del sistema de distribución, es importante la ejecución de un catastro de redes que incluya las tuberías de diámetros menores.

9.2.5 Campaña de Macromedición

Primero se recolecto la información suministrada por la A.A.P.S.A E.S.P. relacionada con los valores de caudal producido por cada una de las plantas del Acueducto de Popayán como referencia de comparación a la información obtenida durante la Campaña de Macromedición.

Además, para conocer los caudales reales que están siendo entregados a la red desde las plantas de tratamiento se realiza la macromedición. Dichos caudales se constituyen en variables de entrada tanto para el modelo de simulación hidráulica del sistema matriz de distribución como para la evaluación y disgregación del Índice de Agua No Contabilizada. Para ello se adecuaron varios puntos estratégicos para la medición de dichos caudales.

9.2.5.1 Resultados

La macromedición realizada al realizar el presente estudio se comparó con la macromedición instalada por A.A.P.S.A, con el objeto de verificar los datos arrojados y calcular el error de los mismos. Además, con el dato de producción que se reporta, poder realizar el balance y así calcular el IANC.

Las tablas tienen un promedio de 609 l/s y un mínimo de 408 l/s para tablazo y para el sistema general un promedio de 782.3 l/s con un mínimo de 498 l/s.

Entonces, el caudal promedio general de producción del sistema es de 782.3 l/s el cual es superior frente al registrado promedio de los meses de Enero a Marzo el cual es de 747 l/s, lo cual representa un error aproximado del 4.5 %.

9.2.6 Plan Piezométrico

Con el objeto de conocer el comportamiento de las presiones en la red, establecer las condiciones en las áreas críticas de servicio y realizar la calibración del modelo de simulación hidráulica del sistema, se realizó un plan piezométrico que consistió en la toma de presiones sobre hidrantes y acometidas domiciliarias en un total de 25 puntos distribuidos por la ciudad.

El resumen de la información levantada se presenta a continuación:

En horas de alto consumo (6:00 a.m – 3:00 p.m.):

- ◆ Las presiones se encontraron críticas (bajas) en el sur occidente de la ciudad, donde los valores varían extremadamente de acuerdo con la hora de consumo.
- ◆ La zona atendida por la planta de Tulcán posee áreas con alturas cercanas a la cota de la planta, pero con pocos usuarios; en general las condiciones del sector en horas de máximo consumo superan los 15 m.c.a.
- ◆ La zonas atendidas por los tanques Sena y San Isidro cuentan con presiones superiores a los 15 m.c.a.

En horas de consumo medio (4:00 p.m. a 9:00 p.m):

- ◆ Tan solo en el sector de la Loma de la Virgen las presiones no superaron lo 15 m.c.a, y en el resto de la ciudad las presiones se encontraron superiores a los 30 m.c.a.

En horas de consumo mínimo (10:00 p.m a 6 a.m):

- ◆ Las presiones en el sector de la Loma de la Virgen superan los 21 m.c.a y para el resto de la ciudad se encuentran entre los 30 y 90 m.c.a.

9.2.7 Evaluación general de daños en la red

A partir del archivo plano del programa de daños del año 2001, se analizaron las reparaciones realizadas en este periodo y se clasificaron según diámetro y según malla.

Con referencia a la clasificación según diámetro, se puede concluir que los daños más recurrentes se localizan en las tuberías de 3" y 4". Sin embargo se observa alguna participación en líneas de 2", 6" y 8", en general en tuberías de AC.

Respecto a la clasificación de daños de acuerdo a su localización, se observa que en las mallas 12, 17 y 21 se encuentran concentrados la mayoría de daños que

fueron reparados durante el año 2001, seguidos en menor escala por las reparaciones realizadas en las mallas 22 y 1.

9.2.8 Sectorización

En la actualidad, la red de distribución del acueducto de la ciudad de Popayán se encuentra sectorizada hidráulicamente en cuatro zonas de servicio definidas entre otros por los siguientes factores:

- ◆ Divisorias naturales como ríos, vías importantes, etc.
- ◆ Terrazas de presión de servicio definidas a partir de las cotas disponibles de alimentación desde plantas, tanques, etc.
- ◆ Capacidad hidráulica de tuberías de alimentación.

La sectorización existente presenta las siguientes características físico-operativas:

- ◆ Aislamientos materializados (No supuestos) mediante tapones o válvulas de aislamiento tipo cortina las cuales se encuentran permanentemente cerradas.
- ◆ Alimentaciones de servicio independientes hacia cada sector, las cuales poseen cada una, un gradiente hidráulico disponible y capacidad de transporte suficiente para atender las demandas de servicio actuales.
- ◆ Aforos independientes de cada alimentación mediante caudalímetros fijos (tipo Venturi) con reportes de caudal a través de telemetría hacia las plantas con excepción de las alimentaciones a los sectores de Sena y San Isidro.

Debido a que la sectorización actual obedece a factores como la capacidad de tratamiento de cada una de las plantas, las capacidades de bombeo hacia los tanques de Sena y San Isidro y a la configuración topográfica de la ciudad, y dada la gran incertidumbre existente en la información catastral de las redes del sistema en especial de las redes menores, se sugiere mantener esta configuración en la sectorización hidráulica permanente.

9.2.8.1 *Distritos de Investigación de Fugas*

Como complemento a la sectorización hidráulica permanente descrita anteriormente, se ha planteado una subsectorización por distritos de investigación de fugas, la cual permitirá al Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. ESP realizar campañas de detección de fugas a partir de criterios hidráulicos y operativos coherentes. Los factores referidos para el trazado de dichos distritos de investigación son los siguientes:

- ◆ Densidades homogéneas de redes secundarias en cada distrito de investigación.
- ◆ Características topográficas similares.
- ◆ Distritos localizados dentro de un único sector hidráulico permanente.

9.2.9 Evaluación y disgregación del IANC

El hecho de que se pierda agua en la red de distribución puede deberse a diversos motivos. Mediante la desagregación del Índice de Agua No Contabilizada se intenta calcular de forma aproximada que parte del IANC en puntos corresponde a cada una de los subprogramas señalados. Los subprogramas que tienen una mayor cantidad de puntos posibles de disminuir son los que tienen un mayor potencial de recuperación de Agua No Contabilizada. Uniendo ésta desagregación con un análisis beneficio costo de la implementación de los subprogramas se puede decidir cuales son las inversiones más rentables y que más pronto disminuirán el IANC.

9.2.9.1 Puntos totales

Los son todos los que son originados por cada subprograma al que pertenecen. Por ejemplo, un valor de 10 puntos para "Catastro de usuarios e incorporación de clandestinos" dentro de un IANC de 40% indicaría que si no hubiera fugas el IANC sería de 30%. La suma de los puntos totales de todos los subprogramas debe ser igual al IANC. Para cada subprograma, los puntos totales son iguales a la suma de los puntos a disminuir y los puntos fijos.

9.2.9.2 Puntos fijos

Los puntos fijos son aquella parte del IANC que por lo general no se puede disminuir de forma económicamente viable. Si se intentará reducir éstos puntos, es muy probable que el costo fuera superior a la ganancia. Por ejemplo, por más que se intente reducir el volumen perdido por fugas físicas mediante inversión en el programa "Catastro y renovación de redes, detección y reparación de fugas", sería imposible llegar a que este valor fuera igual a cero.

9.2.9.3 Puntos a disminuir

Los puntos a disminuir son aquella parte del IANC que puede ser recuperada de forma económicamente viable. Si se realizan inversiones razonables en el

subprograma correspondiente, es factible disminuir el IANC en una cantidad equivalente a los puntos a disminuir.

9.2.9.4 Evaluación de las variables comerciales

◆ Evaluación de facturación

A continuación se presenta el resumen de la información comercial suministrada por el acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. ESP, referente a facturación de los meses de Marzo, Abril y Mayo de 2002, para los diferentes sectores hidráulicos en los que se divide la ciudad.

Tabla 32. Información comercial

	Mes	Tablazo	Tulcán	Sena	San Isidro	Total
N° Usu. Con Med.	Marzo	34473	3531	5784	1852	45640
	Abril	34479	3517	5736	1877	45609
	Mayo	34576	3536	5714	1914	45740
N° Usu. Med. Dañada	Marzo	1951	199	222	41	2413
	Abril	1989	202	198	53	2442
	Mayo	1906	184	241	35	2366
N° Usu. Sin Med.	Marzo	1204	138	222	66	1630
	Abril	1205	157	265	79	1706
	Mayo	1294	155	323	74	1846
Vol. Fact. Usu. Con Med	Marzo	692979	70862	83800	31366	879007
	Abril	753074	71870	90917	37441	953302
	Mayo	697195	76697	84615	24364	882871
Vol. Fact. Med dañado	Marzo	31633	3572	2986	8178	46369
	Abril	34448	4302	3085	552	42387
	Mayo	33085	4085	3439	11919	52528
Vol. Fact. Usu. Sin Med.	Marzo	23953	2754	3208	1379	31294
	Abril	26022	3216	4198	1556	34992
	Mayo	25903	3366	5214	1378	35861

La facturación del sector San Isidro varía de mes a mes en el reporte de volumen facturado a usuarios con medidor dañado, debido a que no se está cobrando correctamente por medio de lectura a los penales, ya que se presenta imposibilidad de realizar la lectura del macromedidor que se encuentra instalado

para la red de alimentación de estos usuarios. Debido a esto no se posee un cobro coherente.

◆ Evaluación de micromedidores instalados

Con el propósito de conocer la tendencia del desperdicio esperado por ausencia de micromedidor en un usuario cualquiera, se instalaron 57 micromedidores aleatoriamente en diferentes sitios de la ciudad. En los resultados de las lecturas posteriores realizadas sobre cada micromedidor se observó una alta dispersión en los datos arrojados por esta prueba al encontrarse valores entre -17% y 287% con una media de 78% excluyendo los consumos de los usuarios calificados con códigos 2 y 3 cuyos usos son del tipo oficial o institucional, con respecto al volumen mensual facturado.

Dado esta dispersión de los datos, que la muestra es muy pequeña y el periodo de lectura fue inferior al mes se optó por referir los valores estadísticos nacionales (50% de sobreconsumo) como variable requerida para la disgregación del I.A.N.C.

◆ Evaluación de banco de pruebas de micromedidores

Con el fin de establecer el error en la micromedición, se seleccionaron el 1 por mil de los micromedidores distribuidos por rangos de lectura y diferentes estratos.

Como se observa en las tablas anteriormente mencionadas, se retiraron 120 micromedidores en el casco urbano, de los cuales se encontró luego de las pruebas que un total de 11 se encontraban dañados, lo que indica que aproximadamente un 9% de los micromedidores que la empresa tenía registrados funcionando, en realidad se encuentran dañados. Es decir, aproximadamente 4105 micromedidores, se encuentran dañados, además de los 2442 que se tenían reportados para el mes de abril, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 33. Error en micromedición

	Dato existente en Empresa(mes de abril)	Calculado según error Banco de Pruebas
N° MICROMEDIDORES Funcionando	45609	41504
N° Micromedidores Parados	2442	6547

Los errores analizados se resumen en los siguientes cuadros donde se evalúa el error con y sin medidores dañados o parados, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 34. Error en micromedición II (Incluye micromedidores parados)

N° MEDIDORES	RANGO	C. MIN (%)	C. MED (%)	C. MAX (%)	ERROR TOTAL
31	0 – 1999	-10.71	-8.77	-13.24	
45	2000 - 4999	-11.49	-11.44	-17.11	
44	5000 - >	-16.86	-20.16	-19.6	
Error Promedio		-13.23	-13.9	-16.16	-14.43

Tabla 35. Error en micromedición II (No incluye micromedidores parados)

N° MEDIDORES	RANGO	C. MIN (%)	C. MED (%)	C. MAX (%)	ERROR TOTAL
31	0 – 1999	-1.64	0.28	0.82	
45	2000 - 4999	-5.26	-5.19	-13.04	
44	5000 - >	-5.92	-9.65	-9.02	
Error Promedio		-4.55	-5.34	-8.46	-6.11

El signo menos indica que el micromedidor está leyendo por debajo del caudal que en realidad pasa, es decir, que son volúmenes dejados de facturar por la Empresa.

Para efectos del cálculo del IANC se tomó el error promedio de los resultados obtenidos con los diferentes caudales incluyendo los medidores parados (14.43% de error).

Tabla 36. Error en micromedición III Rango de lectura actual

RANGO DE LECTURA	NUMERO DE MICROMEDIDORES MUESTREADOS	NUMERO DE MICROMEDIDORES DAÑADOS	NUMERO DE MICROMEDIDORES FUNCIONANDO
0-1999	31	3	28
2000 - 4999	45	3	42
5000 -	44	5	39

Como se observa en el cuadro el rango de lectura actual que presenta mayor numero de medidores dañados esta concentrado entre los 2000 y los 4999 m³, por lo cual cualquier plan de renovación de micromedidores se debe atacar primero en los medidores que se encuentren en este rango.

9.2.9.5 *Resultados del software de aguas no contabilizada*

A partir de la información suministrada por departamento comercial de la empresa se obtuvieron los valores de las variables comerciales incidentes en el I.A.N.C. como son:

- ◆ No. usuarios con micromedidor funcionando
- ◆ No. de usuarios con micromedidor dañado o parado
- ◆ No. de usuarios sin micromedidor
- ◆ Volumen facturado a usuarios con micromedidor funcionando
- ◆ Volumen facturado a usuarios con micromedidor dañado o parado
- ◆ Volumen facturado a usuarios sin micromedidor

La información correspondiente a volúmenes facturados por venta en bloque y venta a carrotaques fue igualmente suministrada por la empresa así como el número estimado de clandestinos. La información correspondiente a errores promedio de micromedidores fue obtenida del banco de pruebas y ajustada a los estándares estadísticos.

A partir de los datos arrojados por la campaña de Macromedición realizada en el sistema, la cual fue descrita en numerales anteriores, se obtuvieron los datos correspondientes al caudal promedio diario y al caudal mínimo nocturno medido. Los caudales nocturnos conocidos se estimaron a partir del balance hidráulico en el sistema.

Conocidas y evaluadas todas las variables de entrada, se corrió el software de A.N.C. para cada sector hidráulico en que esta dividido la ciudad de Popayán (Tablazo, Tulcán, Sena, San Isidro y el Total de la ciudad) obteniéndose los valores de disgregación del índice que se presentan en las reportes del software de A.N.C que se presentan a continuación.

Los datos arrojados por el software muestran que de un I.A.N.C. total de 53.7 puntos, las pérdidas técnicas corresponden a un 83.61% con 44.9 puntos, mientras que las pérdidas comerciales apenas corresponden al 16.39% con 8.8 puntos. Lo anterior sugiere que la implementación de los programas dirigidos a la recuperación de pérdidas físicas, será mas relevante que las acciones que se implementen en el área comercial sin dejar de ser estas últimas de suma importancia para la recuperación financiera de la empresa.

De los puntos debidos a pérdidas técnicas se disgregan tres subprogramas que se refiere a:

- ◆ La implementación de la macromedición.

- ◆ Castro y renovación de redes detección de fugas y.
- ◆ Sectorización y optimización operativa.

Los puntos susceptibles a reducir en la parte técnica se localizan en el subprograma de catastro y renovación de redes con un total de 20.1 puntos de un total de 20.5.

En la parte comercial del total de puntos a reducir (8.2), el principal subprograma a realizar es el de reemplazo de los micromedidores viejos ya que posee un total de 5.7 puntos a disminuir.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de la disgregación de los diferentes sectores, hidráulicos en que se divide la ciudad, para el mes de mayo.

Tabla 37. Disgregación del IANC por sectores

SECTOR	I.A.N.C TOTAL	PERDIDAS TÉCNICAS	PERDIDAS COMERCIALES	PUNTOS SUSCEPTIBLES A DISMINUIR
Tablazo	53.6	45.4	8.2	28.6
Tulcán	52.6	42.5	10.1	33.9
Sena	59.4	50.7	8.7	34.4
San Isidro	38	23.6	14.4	14.9
Total	53.7	44.9	8.8	28.7

9.2.9.6 *Factor de investigación del sistema*

Así mismo como una guía para orientar las acciones a desarrollar en el área del control y reducción de fugas, se obtuvo el valor del factor de investigación:

Tabla 38. Factor de investigación

SECTOR	FACTOR DE INVESTIGACIÓN
Tablazo	0.42
Tulcán	0.41
Sena	0.44
San Isidro	0.16
Total	0.38

Un factor de investigación ubicado en el rango 0.3 – 0.6 sugiere la realización de una exhaustiva campaña de detección de fugas y no descarta la eventual

necesidad de una renovación de redes en áreas con alta concentración de daños y zonas con redes en Asbesto Cemento de mas de 15 años de servicio.

9.2.9.7 Proyecciones de demanda en función de la reducción del IANC

Período de estudio: No siendo este un proyecto de consultoría del carácter y alcances de un Plan Maestro de Acueducto, se considera prudente establecer un período de evaluación del sistema hasta el Año 2020 y no mayor, debido a la incertidumbre existente en el comportamiento futuro de la población.

Proyecciones de población: El análisis de cualquier sistema de abastecimiento de agua requiere de la evaluación del comportamiento de la población tanto histórico como a futuro. Indudablemente cualquier metodología que se implemente para proyectar una población adolece de cierto grado de imprecisión, pero lo que si es de gran importancia, es que exista coherencia en los criterios utilizados para hacer dichas proyecciones, por parte de las entidades involucradas en el desarrollo de los proyectos. En este caso las proyecciones de población se tomaron a partir de información de la dirección de planeación de la empresa.

Proyecciones de demanda: Las proyecciones de demanda de agua del sistema, no solo hacen referencia a las proyecciones de población estimada para la ciudad en el futuro, sino también involucran el comportamiento de las pérdidas físicas de agua en el sistema. Por lo tanto es necesario conocer no solo el valor de las pérdidas físicas reales que se presentan en la actualidad sino también establecer las metas de reducción de las mismas.

A partir de lo anterior es posible conocer las dotaciones brutas entendidas a través de la siguiente ecuación:

Formula 9. Dotación bruta

$$D_{bruta} = \frac{D_{neta}}{(1 - Pérdidas)}$$

Con base en esta ecuación, las proyecciones de población y las metas de pérdidas físicas establecidas es posible determinar la proyección de demandas de agua del sistema.

9.2.9.8 Evaluación de capacidades nominales del sistema matriz

A partir de la información suministrada por la empresa es posible estimar las capacidades nominales de los componentes principales del sistema de acueducto

de la ciudad de Popayán, con el propósito de proyectar al futuro las ampliaciones requeridas en función del crecimiento de la demanda y el comportamiento de las pérdidas en el sistema.

La proyección de demanda bruta de la ciudad no solo depende del crecimiento de la población sino también del comportamiento de las pérdidas físicas de agua en el sistema y de las acciones que tome la empresa para su control y reducción.

Es por lo anterior que deben plantearse por lo menos dos escenarios de proyección de caudales en el sistema, el primero asumiendo que no hubiera gestión en el control de pérdidas y el segundo implementando el Programa de Agua No Contabilizada.

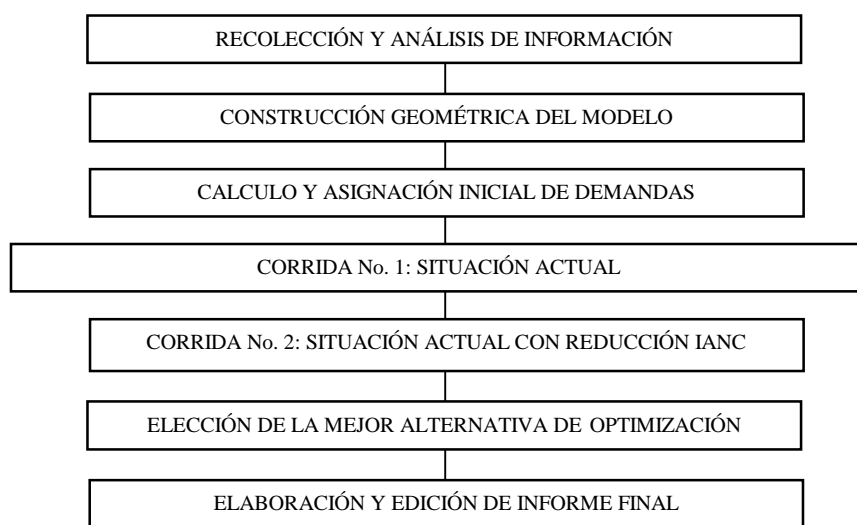
De lo anterior es posible establecer el año en el cual se saturará la capacidad de cada componente tanto si no se realiza ningún control a las pérdidas físicas del sistema, como si se implementa el Programa de Agua No contabilizada.

9.2.10 Modelación Hidráulica de la red matriz

La utilización de herramientas de software especializado para analizar sistemas mallados de distribución de agua, ha permitido evaluar las condiciones operativas de acueductos combinando varios escenarios de análisis.

A continuación se relacionan las actividades que se desarrollaron para la elaboración del modelo hidráulico de la red de acueducto del Municipio:

Esquema 3. Elaboración del modelo hidráulico



El modelo analiza los siguientes escenarios de modelación en los cuales cambian los caudales demandados por el sistema de acuerdo con la reducción del IANC y el incremento de la población. A continuación, se relacionan los tres escenarios que se crearon para el análisis del sistema.

- ◆ Situación Actual
- ◆ Situación actual con reducción de IANC

La siguiente tabla, muestra los caudales por sector, para cada uno de los escenarios trabajados:

Tabla 39. Caudales iniciales para la modelación hidráulica

SECTOR	IANC TOTAL (%)	IANC FÍSICO (%)	Q ACT. (l/s)	Q ACT. RED. IANC (l/s)
TABLAZO	53.6	45.4	610	475
TULCÁN	52.6	42.5	84.7	62
SENA	59.4	50.7	85.7	75
S. ISIDRO	38	23.6	22	22

9.2.11 Evaluación de resultados de la modelación hidráulica

Para la evaluación hidráulica del sistema de acueducto de Popayán, se trabajaron dos escenarios con el fin de realizar un análisis completo de los problemas de servicio (presiones) de tal forma que la solución sea la más económica posible y la más viable en términos técnicos.

9.2.11.1 Escenario actual

Antes de hacer un análisis más detallado del escenario, hay que mencionar que las condiciones de entrada para este caso son las que se presentan en la actualidad, es decir, que la topología (conectividad de redes), las demandas y las tendencias de consumo de los usuarios son las presentadas hoy en día. Por lo cual, los resultados obtenidos del modelo en el presente escenario (Actual), muestra claramente el comportamiento hidráulico del sistema en la actualidad.

Para la zona de servicio de Tablazo, las presiones a caudal mínimo (momento en el cual se presentan las presiones más altas, para este sector a las 02:00 horas), la presión más baja es de alrededor de 14 m.c.a, lo cual se explica precisamente por la cercanía a la salida de planta, que por topografía implica una baja diferencia en cota. La zona de Loma de la Virgen, por cota y lejanía a la planta, se convierte en la más crítica del sistema, presenta presiones alrededor de los 20 m.c.a, que

aunque no son muy altas, muestra que las horas de la noche son las únicas en las cuales esta área tiene servicio. El 69% de las presiones del sistema son mayores a 50 m.c.a, siendo la zona centro la más afectada por las presiones altas, lo cual puede llegar a suponer que junto con la vejez de la tubería, las presiones altas son los factores más importantes para el nivel de fugas que presenta el sector.

Los sectores restantes (Tulcán, San Isidro y Sena), no presentan problemas causados por presiones altas.

Las presiones cambian radicalmente en horas de máximo consumo, donde se hacen críticas en la zona de Loma de la Virgen, que no tiene servicio en horas del día (06:00 a 18:00), explicado por las cotas y por los caudales altos de salida que hacen que la zona se encuentre fuera del área de servicio de Tablazo.

9.2.11.2 Escenario actual con reducción de IANC

Para la creación de este escenario se analizaron varias alternativas de acuerdo con la zona que tiene problemas de suministro (Loma de la Virgen), encontrando que la cota de esta zona es superior a la cota de servicio de los tanques de Tablazo y por lo tanto los cambios que se realicen al nivel de topología (diámetros, material, empates, desempates, etc.) no serán relevantes para la solución del problema.

De acuerdo a lo anterior, se pensó en una solución que excluyera cambios físicos, optando por la reducción del IANC, en otras palabras, si se logra una reducción en el IANC implícitamente se reduce el caudal total consumido por el sistema, de tal forma que las presiones en la zona mejorarían radicalmente y las horas de servicio aumentarían notoriamente, como se dijo anteriormente, la cota de la zona mencionada está por encima de la cota de servicio de los tanques de El Tablazo y aunque se mejore la presión mediante la disminución de pérdidas, éstas no serán lo suficientemente altas para garantizar un servicio óptimo de 24 horas en el área (únicamente entre las 10:00 y las 12:00 la presión está por debajo de los 10 m.c.a), lo cual se mitiga con el uso de los tanques de almacenamiento instalados por la empresa a los usuarios de esta zona.

En las horas de mínimo consumo, las presiones en la zona centro y occidental son elevadas (entre 70 y 100 m.c.a), lo cual indica que se podría llegar a pensar en una disminución de presiones mediante la instalación de válvulas reductoras de presión, que resulta equivocado si se tiene en cuenta la incidencia de bajar presiones aguas abajo de las válvulas en la zona suroccidental, debido a que las presiones en esta área varían ostensiblemente entre 25 y 100 m.c.a de acuerdo con la variación del consumo, indicando esto, que la graduación de las válvulas reductoras de presión no debería exceder los 10 m.c.a si no queremos perjudicar en servicio en gran zona de Popayán.

Por lo explicado anteriormente, no se justifica la instalación de válvulas reductoras de presión, que además de resultar costosas no inciden de manera importante en la reducción de presión.

Es evidente, que aunque se reduzcan las pérdidas en el sistema para el aumento de presiones en algunas críticas, no es recomendable aprobar viabilidades en cotas por encima de los 1755 metros para la zona surtida por El Tablazo.

Algunas recomendaciones para la optimización hidráulica del sistema de distribución del acueducto se pueden resumir en los siguientes alcances:

- ◆ Implementación total de la sectorización fija o permanente
- ◆ Implementación de los distritos de investigación de fugas
- ◆ Renovación de la red matriz y secundaria
- ◆ Macromedición Permanente

9.2.12 Evaluación de costos y beneficios de la implementación del programa para la reducción del IANC

Se calculan los valores tanto de suministro de equipos (micromedidores, macromedidores, etc.) como de ejecución de algunas actividades específicas (Sectorización, Detección de fugas, Catastro de Redes, Catastro de Usuarios, Renovación de Redes etc.). Es importante destacar que los costos de micromedición son finalmente cargados a los usuarios y no a la empresa.

9.2.12.1 Beneficios directos en recuperación de perdidas

A partir de la disgregación del I.A.N.C., es posible conocer los volúmenes por pérdidas de agua susceptibles de ser recuperados mensualmente. A partir de los costos promedio de producción y facturación por m³, es posible establecer los beneficios económicos de la implementación de cada uno de los subprogramas que constituyen el PROGRAMA DE AGUA NO CONTABILIZADA.

Se realiza un análisis detallado de los volúmenes de pérdida mensual, los volúmenes susceptibles de recuperarse por cada subprograma y los beneficios económicos esperados anualmente por cada subprograma.

Así mismo se presenta un análisis de Valor Presente Neto que permite comparar el flujo de fondos correspondiente a los costos de implementación del P.A.N.C. y el flujo de fondos de los beneficios económicos generados por su implementación.

9.2.12.2 *Calculo de la relación Costo Beneficio del PANC*

Unificando los resultados obtenidos de los beneficios propios por recuperación de pérdidas y los beneficios financieros por postergación de inversiones y comparándolos con los costos de formulación e implementación del P.A.N.C. es posible obtener la relación final de costo/beneficio.

9.2.12.3 *Plan de acción*

Dada la importancia observada de los beneficios obtenibles del P.A.N.C., se recomienda que la implementación del programa se desarrolle lo antes posible. Aunque el desarrollo de los subprogramas está sujeto a la disponibilidad de recursos de la empresa, se sugiere un plazo no mayor a cinco (5) años para su implementación completa.

9.2.12.4 *Resumen final de inversiones*

A partir de las evaluaciones de costos realizadas tanto para la implementación de cada uno de los subprogramas que constituyen el P.A.N.C. como también para la realización de las obras sugeridas para la optimización de la red de distribución y adecuación de la red matriz para los requerimientos en el Año 2020, se realiza un resumen final de dichas inversiones en \$ de 2002.

9.3 *CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES*

Es esencial la implementación de los subprogramas de: **Actualización del Catastro de Redes, Detección de fugas, Renovación de tuberías.**

El catastro de redes se debe enfocar a la realización de las redes menores y en el se debe revisar el estado de operación tanto de las válvulas como de los hidrantes, de estos últimos adicionalmente luego de localizarlos se debe recomendar la ubicación de nuevos para tener cobertura de la totalidad del casco de acuerdo con los requerimientos consignados en el RAS 2000.

Debe reestructurarse el departamento de Control y Medición para realizar control y Macromedición por medio de un caudalímetro portátil, siendo este encargado de realizar toda la gestión de aforos de caudal y planes piezométricos, la cual es información relevante para el seguimiento y control de I.A.N.C. como también la evaluación del estado de las válvulas que puedan estar comprometidas en límites de sectorización hidráulica permanente u operativa temporal.

El control y seguimiento del I.A.N.C. es responsabilidad tanto del departamento técnico de la empresa como del departamento comercial, sin embargo la coordinación del programa debe estar en cabeza del departamento de planeación el cual debe propender por el control y seguimiento del Índice de Agua No Contabilizada, de tal manera que se mantengan las metas de reducción logradas con anterioridad.

Se debe realizar un cambio de Micromedición total ya que esta cumplió su periodo de servicio y como se aprecia en los resultados de banco de pruebas el error es muy alto (orden de 14%), por tanto se debe iniciar una renovación de estos de elementos teniendo en cuenta el rango de lectura con mayor error que corresponde 2000 – 4999 m³ , siendo aproximadamente 12000 micromedidores.

Se debe continuar con la implementación de micromedidores a los usuarios que no los poseen, que aunque no es relevante dentro del indicador de agua no contabilizada es muy rentable para la empresa.

Se debe realizar seguimiento de los grandes consumidores especialmente los penales ya que la facturación de estos se realiza de manera incoherente y no se utiliza el macromedidor que poseen estos a la entrada.

La realización de un catastro de usuarios es vital dentro de la disminución del índice de agua no contabilizada, ya que el porcentaje estimado de usuarios clandestinos es muy alto (del orden de 5%).

Dada la conformación del sistema de acueducto de Popayán, para poder mejorar el servicio sin la concepción de una línea expresa desde tablazo hasta el sector de la loma de la virgen se debe reducir el IANC aun valor del 30%, siendo esto suficiente para garantizar servicio a esta zona, sin dejar que se densifique.

La cota de servicio para la zona suroccidental atendida desde la planta de tablazo debe ser como máximo 1755 m.s.n.m

De acuerdo con el balance de almacenamiento el sistema actualmente se encuentra con un déficit de 6000 y para el año de 2020 de 10000 m³, por lo cual se proyecta la construcción de un modulo de almacenamiento con capacidad de 5000 m³ el cual conjuntamente con la reducción de perdidas satisface la necesidad hasta el año 2013

Así mismo deberán realizarse los presupuestos definitivos de obra ajustados a los precios de suministros e instalación del momento previsto para la construcción.

Las obras de optimización hidráulica sugeridas en este estudio se refieren únicamente a la optimización de las redes del sistema matriz de distribución y por lo tanto las adecuaciones y ampliaciones que se requieran en los componentes de captación, conducción, tratamiento y serán objeto de estudios y evaluaciones independientes.

10. EJEMPLO DEL CALCULO DEL IANC

A continuación se presentan los cálculos correspondientes al balance de aguas del sistema y el Índice de agua no Contabilizada. Para llegar a este punto el proceso crucial es la recolección y la organización de la información de manera sistemática, tal que esta sea útil. A pesar que durante el capítulo de Diagnostico técnico y empresarial del sistema se presentaron mas tablas para recoger mas información aquí solo se presenta las fundamentales para el calculo. Los otros cálculos, esenciales para hacer un diagnostico integral del sistema no son relevante en este punto.

El ejemplo presentado se acoge a las condiciones de un municipio menor pero su filosofía de calculo sirve para calcular el IANC de cualquier municipio.

Tabla 40. Ejemplo. Conexiones y/o usuarios del servicio

CONEXIONES Y/O USUARIOS DEL SERVICIO												
Mes:		Año:										
Estrato / uso	Conexiones/ usuarios						Total conexiones/ usuario		Medidores en reparación		No estimado de usuarios clandestinos	
	Con medidor funcionando		Con medidor parado		Sin medición							
	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
Único												
1	886	39,5%	118	41,0%	10	100%	1014	39,9%	7	63,6%	11	100,0%
2	798	35,6%	98	34,0%	0	0%	896	35,3%	4	36,4%		0,0%
3	450	20,1%	72	25,0%	0	0%	522	20,6%	0	0,0%		0,0%
4	0	0,0%	0	0,0%	0	0%	0	0,0%	0	0,0%		0,0%
5	0	0,0%	0	0,0%	0	0%	0	0,0%	0	0,0%		0,0%
6	0	0,0%	0	0,0%	0	0%	0	0,0%	0	0,0%		0,0%
Industrial	0	0,0%	0	0,0%	0	0%	0	0,0%	0	0,0%		0,0%
Comercial	47	2,1%	0	0,0%	0	0%	47	1,9%	0	0,0%		0,0%
Oficial	60	2,7%	0	0,0%	0	0%	60	2,4%	0	0,0%		0,0%
Total	2241	100%	288	100%	10	100%	2539	100%	11	100,0%	11	100,0%

Tabla 41. Ejemplo. Consumos facturados

CONSUMOS FACTURADOS													
Mes:													
Estrato / uso	Consumos facturados en los últimos 6 meses con medidor funcionando						CPM	NUP	CPMU	CFUSM	VFUSM	CFUCMP	VFUCMP
	1	2	3	4	5	6	7	8	7//8	9	10	11	12
	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul							
Único													
Estrato 1	19133	18216	17543	18059	19721	20109	18797	1019	18	18	184	1	118
Estrato 2	18008	17145	16511	16997	18520	19331	17752	903	20	20	0	1	98
Estrato 3	12380	11787	11351	11685	12456	13031	12115	517	23	23	0	1	72
Estrato 4							0	0			0		
Estrato 5							0	0			0		
Estrato 6							0	0			0		
Subtotal	49521	47148	45405	46741	50697	52471	48664	2439	62	62	184	3	288
Industrial							0				0		
Comercial	1126	1072	1033	1062	1160	1464	1153	48	24	24	0		
Oficial	5628	5358	5160	5312	5578	4772	5301	61	87	87	0		
Total	56275	53578	51598	53115	57435	58707	55118	2548	172,46	172	184	3	288

- NUP Numero de usuarios promedio
- CPM Consumo promedio mensual (m3/mes)
- CPMU Consumo promedio mensual por usuario (m3/usuario-mes)
- CFUSM Consumo facturado a usuarios sin medición
- VFUSM Volumen facturado a usuarios sin medición
- CFUCMP Consumo facturado a usuarios con medidor parado
- VFUCMP Volumen facturado a usuarios con medidor parado

Notas

Los consumos en medidores parados y de usuarios sin medición se deben facturar, según la ley 142 de 1994, con base en el consumo promedio del usuario o con base en el consumo promedio del estrato, en los últimos seis meses

Los usuarios que no cuentan con medidor consumen en promedio entre un 30% y un 50%, en comparación con usuarios con medición

Tabla 42. Ejemplo. Análisis de consumos en usuarios sin medición

ANÁLISIS DE CONSUMOS EN USUARIOS SIN MEDICIÓN							
Mes:		Año					
Estrato/Usos	Consumo de usuarios con medidor funcionando	Numero de usuarios con medidor funcionando	Consumo por usuario con medidor funcionando	Factor de consumo en usuarios sin medición	Consumo en usuarios sin medición	Numero de usuarios sin medición	Volumen de consumo en usuarios sin medición
Único							
Estrato 1	20109	886	22,7	1,5	34,0	10	340
Estrato 2	19331	798	24,2	1,5	36,3	0	0
Estrato 3	13031	450	29,0	1,5	43,4	0	0
Estrato 4		0					0
Estrato 5							0
Estrato 6							0
Subtotal	52471	2134	75,9	4,5	114	10	340
Industrial							0
Comercial	1464	47	31,1	1,5	46,7	0	0
Oficial	4772	60	79,5	1,5	119,3	0	0
Total	58707	2241	37,3	7,5	280	10	340

- CPM Numero de usuarios promedio
- CPMU Consumo promedio mensual (m3/mes)
- CFUSM Consumo promedio mensual por usuario (m3/usuario-mes)
- VFUSM Consumo facturado a usuarios sin medición
- CFUCMP Volumen facturado a usuarios sin medición
- VFUCMP Consumo facturado a usuarios con medidor parado
- VFUCMP Volumen facturado a usuarios con medidor parado

Notas

Los consumos en medidores parados y de usuarios sin medición se deben facturar, según la ley 142 de 1994, con base en el consumo promedio del usuario o con base en el consumo promedio del estrato, en los últimos seis meses

Los usuarios que no cuentan con medidor consumen en promedio entre un 30% y un 50%, en comparación con usuarios con medición

Tabla 43. Ejemplo. Diagnóstico de la captación

DIAGNÓSTICO DE LA CAPTACIÓN					
Tipo de captación	Nombre / Ubicación	Capacidad (l/s)	Capacidad (m3/m)	Estado y funcionamiento	Mantenimiento
		44	114048		

Tabla 44. Ejemplo. Diagnóstico de la capacidad de la planta

DIAGNÓSTICO DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA				
Nombre/ ubicación	Caudal		Perdidas por estanqueidad (m3/mes)	Consumo interno de la planta (m3/mes)
	De entrada (l/s)	De salida (l/s)		
	40,79l/s	40,27l/s	128	1200
	105728m3/mes	104380M3/mes		

Tabla 45. Ejemplo. Diagnóstico de los caudales y estanqueidad en tanques

DIAGNÓSTICO DE CAUDALES Y ESTANQUEIDAD EN TANQUE			
Tanque No	Caudal (l/s)		Perdidas por estanqueidad (m3 / mes)
	De entrada	De salida	
1	20,39	19,19	3110,4
2	19,88	19,88	0

Tabla 46. Ejemplo. Balance de aguas

BALANCE DE AGUAS					
A) Información general					
Variable	Nombre de la variable	Unidad	Valor	Obtención de la variable	
				Sitio	Procedimiento
V1	Población	Habitantes	12750	Oficina de Planeación Municipal	Información DANE, Plan de Desarrollo Municipal o POT
V2	Número de domicilios (incluye viviendas, establecimientos, comerciales, industriales, oficiales e institucionales)	Unidades	2550	DANE, Oficina de Planeación Municipal	DANE - Censo de hogares, Plan de Desarrollo Municipal o POT

Continua **Tabla 46.** Ejemplo Balance de aguas

A) Información comercial

Variable	Nombre de la variable	Unidad	Valor	Obtención de la variable	
				Sitio	Procedimiento
V3	Número de conexiones o usuarios registrados	Unidad	2539	ESP	Tabla 38
V4	Numero de conexiones con medidor en funcionamiento	Unidad	2241	ESP	Tabla 38
V5	Numero de conexiones con medidor parado	Unidad	288	ESP	Tabla 38
V6	Numero de conexiones sin medidor	Unidad	10	Fórmula	$V3 - (V4 + V5)$
V7	Numero estimado de conexiones clandestinas	Unidad	11	Fórmula o Censo de Usuarios	$V2 - V3$
V8	Volumen facturado a usuarios con medidor en funcionamiento	m3/mes	58707	ESP	Tabla 39
V9	Volumen facturado a usuarios con medidor parado	m3/mes	288	ESP	Tabla 39
V10	Volumen facturado a usuarios sin medidor	m3/mes	184	ESP	Tabla 39
V11	Volumen facturado por venta de agua en bloque	m3/mes	0	ESP	Información comercial
V12	Volumen total facturado	m3/mes	59179	ESP	$V8 + V9 + V10 + V11$
V13	Error promedio en micromedidores	%	12,7%	Banco de medidores	13 ensayos a diferentes caudales por medidor
V14	Volumen real de consumo en usuarios con medidor en funcionamiento	m3/mes	66695	Formula	$V8 * (1 + V13/100)$
V15	Consumo real por usuario con medidor en funcionamiento	(m3/mes - Usuario)	29,8	Formula	$V14 / V4$
V15A	Factor de consumo adicional en usuarios sin medición	Factor	1,5	ESP	Información Comercial
V16	Consumo real por usuario sin medición	(m3/mes - Usuario)	34,0	ESP	Tabla 39
V17	Volumen de consumo en usuarios con medidor parado	m3/mes	8571	Formula	$V15 * V5$
V18	Volumen de consumo en usuarios sin medición	m3/mes	340	ESP	Tabla 39
V19	Pérdidas por error en micromedición	m3/mes	7988	ESP	$V14 - V8$

Continúa **Tabla 46.** Ejemplo Balance de aguas

V20	Pérdidas por usuarios sin medición	m3/mes	156	ESP	V 18 – V 10
V21	Pérdidas por usuarios con medidor parado	m3/mes	8283	ESP	V 17 – F41
V22	Pérdidas por usuarios clandestinos	m3/mes	374	ESP	V16 * V7
V23	Total perdidas comerciales	m3/mes	16802	ESP	V19 + V20 + V21 + V22

A) Información técnico operativa

Variable	Nombre de la variable	Unidad	Valor	Obtención de la variable	
				Sitio	Procedimiento
V24	Volumen de agua captado	m3/mes	114048	Bocatoma	Tabla 40
V25	Volumen de agua cruda recibido de otra fuente	m3/mes	0	Punto de entrada a la aducción	Medición de caudal
V26	Volumen de agua cruda vendido	m3/mes	0	ESP	Información Comercial
V27	Volumen de entrada a la planta	m3/mes	105728	Punto cercano a la llegada a la planta	Tabla 41
V28	Pérdidas en el proceso de captación	m3/mes	8320	Fórmula	V24 + V25 - V26 - V27
V29	Volumen de consumo interno de la planta o gasto operacional de la planta	m3/mes	1200	Registro de consumo de la planta	Tabla 41
V30	Pérdidas por estanqueidad, filtración en válvulas y accesorios en planta	m3/mes	128	Entrega del desagüe de la planta	Medida volumétrica. Tabla 41
V31	Volumen salida de planta	m3/mes	104380	A menos de 200 mts de la salida	Tabla 41
V32	Pérdidas por otras fugas y reboses en la planta	m3/mes	20	Formula	V27 - V29 - V30 - V31
V33	Volumen de agua tratada comprada a otro sistema	m3/mes	0	ESP	Información Comercial
V34A	Volumen producido (según ESP)	m3/mes	104380	Fórmula	Informacion Comercial
V34	Volumen producido (con medición)	m3/mes	104380	Formula	V31 + V33
V34B	Pérdidas por error en macromedición	m3/mes	0	Formula	V34 – V34A
V35	Volumen de entrada a los tanques de almacenamiento	m3/mes	105902	Medición a la entrada de tanques	Tabla 42

Continua **Tabla 46.** Ejemplo Balance de aguas

V36	Volumen de pérdidas por estanqueidad en los tanques de almacenamiento	m3/mes	3110	Tanques de almacenamiento	Tabla 42
V37	Volumen a la salida de los tanques de almacenamiento	m3/mes	102792	Salida tanques	Tabla 42
V38	Volumen de pérdidas por rebose en tanques	m3/mes	0	Formula	V35 – V36 - V37
V39	Volumen por venta de agua en bloque	m3/mes	0	ESP	Información Comercial
V40	Caudal mínimo nocturno medido	m3/mes	55676	A la salida de los tanques especializado	Medición con equipo
V41	Caudal mínimo nocturno conocido	m3/mes	32885	Usuarios industriales	Lecturas de consumo
V42	Caudal promedio diario	m3/mes	101269	A la salida de los tanques especializado	Medición con equipo
V43	Volumen de consumo operacional (lavado de tanques + purga y lavado de tuberías)	m3/mes	0	ESP	Registros de información operativa
V44	Perdidas por consumos especiales sin medidor (Riego parques + bomberos + carrotanques + fuentes públicas)	m3/mes	2400	ESP	Registros de información operativa
V45	Perdidas en el proceso de distribución	m3/mes	45200	ESP	Registros de información operativa
V46	Perdidas en tanques de almacenamiento	m3/mes	3110	ESP	Registros de información operativa
V47	Perdidas en fugas visibles y no visibles	m3/mes	22791	ESP	Registros de información operativa
V48	Perdidas en operación inadecuada del sistema	m3/mes	97	ESP	V45-V47-V46-V44-V43-V23
V49	Factor de investigación	Factor	0,23	Formula	(V40 - V41)/ V42
V50	IANC en el proceso de CAPTACIÓN	%	7,87	Formula	V27 / V28 * 100
V51	IANC en el proceso de TRATAMIENTO	%	0,14	Formula	(V30 - V32)/ V27 * 100
V52	IANC en el proceso de DISTRIBUCIÓN	%	43,3	Formula	V45 / V34 * 100
V53	IANC TOTAL	%	51,54	Formula	V50+V51+V52

Tabla 47. Ejemplo. Composición de las pérdidas en distribución.

COMPOSICIÓN DE LAS PERDIDAS EN DISTRIBUCIÓN						
Concepto	Volumen de pérdidas (m3/mes)	Puntos porcentuales de pérdidas *	Puntos porcentuales fijos por concepto **	Máxima reducción posible en puntos porcentuales	Meta de reducción de puntos porcentuales	IANC resultante
PERDIDAS COMERCIALES	16802	16%	5%	11%	8%	9%
Pérdidas por error en micromedición	7988	8%	3%	5%	0%	8%
Pérdidas por usuarios sin medición	156	0%	0%	0%	0%	0%
Pérdidas por usuarios con medidor parado	8283	8%	0%	8%	8%	0%
Pérdidas por usuarios clandestinos	374	0%	2%	0%	0%	0%
PERDIDAS TÉCNICO - OPERATIVAS	28398	27%	14%	13%	11%	16%
Volumen de consumos operacionales	0	0%	2%	0%	0%	0%
Pérdidas por consumos especiales sin medidor	2400	2%	0%	2%	0%	2%
Pérdidas en tanques de almacenamiento	3110	3%	0%	3%	0%	3%
Pérdidas en fugas visibles y no visibles	22791	22%	10%	12%	11%	11%
Pérdidas en operación inadecuada del sistema	97	0%	2%	0%	0%	0%
TOTAL PÉRDIDAS EN DISTRIBUCIÓN	45200	43%	19%	27%	19%	25%

* Los puntos porcentuales de pérdidas por cada concepto se calculan dividiendo la columna de volumen de pérdidas entre el volumen de producción (V34).

** Los puntos fijos en un sistema se ajustan teniendo en cuenta, para cada caso en particular, las metas propuestas, los costos de reducción del índice y los parámetros de comparación establecidos.

11. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Lo primero que hay que aclarar es que cuando se habla de la evaluación económica del proyecto se refiere al desarrollo de los trabajos concernientes a evaluación de proyectos, análisis de priorización de obras de inversión, establecimiento de indicadores financieros y en general al desarrollo de metodologías que soporten la viabilidad técnica y económica de las decisiones de inversión de proyectos que propendan a disminuir el agua no contabilizada y a mejorar la eficiencia operacional de la red de acueducto.

Dentro de los principales los objetivos principales a desarrollar por esta actividad podemos destacar los siguientes:

- ◆ Establecer una metodología que permita definir los niveles de priorización de proyectos de inversión en las sectores de tal manera que se obtenga la mejor racionalización de los servicios.
- ◆ Implementar indicadores que reflejen de alguna forma los aspectos financieros, económicos y sociales que soporten el establecimiento de prioridades de proyectos de inversión para recuperar el agua no contabilizada.
- ◆ Desarrollar el análisis técnico - económico que sustente las recomendaciones de renovación de tuberías o reparación de dalías.

Estos objetivos, relativos específicamente a la evaluación económica del proyecto, se enmarcan con facilidad dentro de los objetivos del informe presentados como Generales y específicos, pero dan una definición mejor del concepto económico y financiero del estudio.

Existen dos insumos principales para realizar la evaluación económica del proyecto, el primero son los resultados de la determinación de los Índices técnicos de agua no contabilizada y el segundo son las recomendaciones de las obras que optimicen la operación de la red de acueducto (Plan de choque).

Para realizar el análisis de beneficio / costo es necesario obtener cada uno de los volúmenes que se estén perdiendo por cada concepto y así traducir esta cantidad en términos financieros y económicos.

Para realizar el análisis, la priorización y la evaluación de los proyectos de inversión es necesario conocer en detalle cada una de las obras que se recomienden en la fase de optimización, para así determinar sus costos, el periodo del proyecto, sus ingresos, beneficios y rentabilidad.

Como resultado de la actividad, la evaluación económica generará indicadores (Relaciones Beneficio Costo) que permitirán tomar decisiones de inversión que maximicen los beneficios para la Empresa, así como generar suficientes beneficios intangibles para la comunidad.

11.1 GENERALIDADES SOBRE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Antes que nada es preciso definir un patrón o norma que permita clasificar las diferentes opciones de utilización de los recursos, en usos más eficientes. La evaluación de proyectos es precisamente el medio escogido para determinar las ventajas y desventajas que se pueden esperar de asignar o no recursos hacia objetivos determinados; y toma como punto de partida la organización, estudio y análisis de los diferentes factores de orden económico, técnico, financiero, administrativo e institucional considerados en la formulación de proyectos.

En efecto, la tarea de evaluar consiste en medir objetivamente ciertas magnitudes resultantes de la preparación del proyecto y convenidas en cifras financieras con el fin de obtener coeficientes útiles para medir su bondad.

La evaluación económica de un proyecto consiste en determinar mediante la aplicación de técnicas cuantitativas y/o cualitativas la conveniencia o no de asignar unos recursos hacia un uso determinado. Se trata, en general de un proceso encaminado sistemática y objetivamente, a determinar la pertinencia, eficiencia, eficacia e impacto de una serie de actividades en búsqueda de ciertos objetivos.

Para nuestro caso "conveniencia" debe significar racionalidad, por lo tanto la evaluación se hace para garantizar una asignación óptima de los recursos disponibles, y para lograr los objetivos propuestos de disminución de pérdidas y

mejoramiento operacional de la red de distribución; teniendo en cuenta el costo de la inversión y la magnitud del ingreso que producen.

La tesis de la racionalidad se basa en que los recursos son limitados, por lo tanto se precisa elegir entre un portafolio de inversiones; la evaluación de proyectos se presenta como un método adecuado para analizar las opciones en forma conveniente y objetiva; en efecto, se trata de valorar los costos y beneficios de un proyecto y reducirlas a un patrón de medidas común. Se plantea, la comparación simple entre unos y otros; si los beneficios son mayores que los costos, el proyecto resulta conveniente, si la relación es contraria la decisión es inconveniente; desde luego que los costos y beneficios deben valorarse y ponderarse en la medida en que contribuyan o no al logro de los objetivos sociales.

Queda claro entonces que la tarea de la evaluación económica es decidir cómo deben utilizarse los recursos con el fin de satisfacer el mayor número de necesidades.

Los distintos criterios de evaluación toman como referente obligatorio para sus cálculos los flujos de caja, que son la resultante cuantificable de estudios de mercadeo, técnicos, económicos y financieros, que han sido recogidos en lo capítulos anteriores, por lo tanto para la evaluación económica la calidad de los datos sobre consumos, ingresos, costos, índices de aguas no contabilizada, etc, determina la confiabilidad de los flujos y por ende las recomendaciones derivadas de los mismos.

Dado que la inversión supone un sacrificio, es bien importante determinar con la mayor claridad posible si el proyecto de inversión generará o no los recursos suficientes que permitan justificar dicha privación. De ahí la importancia de la etapa de "formulación" en donde a través del estudio de los diferentes aspectos económicos y técnicos se determina el monto de las inversiones, los costos de operación y, obviamente, los ingresos esperados, permitiendo así aplicar criterios conducentes a establecer la calidad del proyecto.

En consecuencia, el proceso de evaluación del proyecto consiste en determinar hasta que punto se justifica la inversión, por efecto de los resultados que se esperan obtener al confrontar las erogaciones con los ingresos, esto significa finalmente que la evaluación se orienta a determinar la rentabilidad de la inversión.

En aras de comprender mejor el concepto, hagamos un seguimiento por las distintas etapas del proceso: en primer lugar los recursos monetarios invertidos se convierten en activos (se compran terrenos, equipos, edificaciones, vehículos, se contratan estudios, se hacen previsiones para capital de trabajo, etc); estos activos

a través del proceso de producción y combinados con ciertos insumos (mano de obra, materiales, etc) producen ciertos bienes o servicios que al ser vendidos generan un flujo de ingresos. Al comparar este flujo de ingresos con la inversión en activos y la compra de insumos se podrá determinar la rentabilidad del proyecto.

Tal como se ha indicado la inversión deberá ser compensada con los resultados que se logren al operar el proyecto. En la medida en que el flujo de ingresos supere a los egresos (medidos en valor presente) se logrará una utilidad neta, que representará la rentabilidad del proyecto, que dependiendo de su monto justificará o no la inversión. En efecto, el estudio de la rentabilidad se encamina a presentar en forma sistemática la información de costos y egresos, con el fin de establecer las ventajas y desventajas del proyecto, y compararlas con otras opciones de inversión.

En consecuencia la evaluación supone dos grandes pasos:

- ◆ La identificación del “flujo de fondos” con base en la magnitud y cronología de los ingresos y egresos, basados en los aspectos económicos, técnicos, administrativos e institucionales. Inclusive pueden incluirse aspectos políticos, ambientales y sociales que se identifican en la prefactibilidad y factibilidad de los proyectos.
- ◆ La aplicación de criterios de evaluación conducentes a establecer la bondad del proyecto y la posibilidad de compara su rentabilidad con otras alternativas.

EL primer paso es identificar los ingresos y egresos financieros, para presentar un “flujo de caja” que es un esquema que presenta en forma orgánica y sistemática cada una de las erogaciones e ingresos líquidos registrados periodo tras período.

Los elementos involucrados en el flujo de caja son:

- ◆ Las erogaciones corresponden a las inversiones que se realizan principalmente en el periodo de instalación del proyecto. Es frecuente también considerar inversiones adicionales durante distintos períodos de la operación, encaminadas a reponer activos desgastados o aumentar la capacidad de producción.
- ◆ Los costos que se causan y se pagan en el periodo de funcionamiento del proyecto.

- ◆ Los ingresos recibidos por la venta de la producción o la prestación del servicio.
- ◆ Otros ingresos generados por la colocación de excesos de liquidez en inversiones alternas.

Es bien importante establecer no solamente la magnitud de cada factor, sino también el momento en que se realiza efectivamente la operación.

Con el fin de simplificar los círculos se ha aceptado la convención de ubicar los flujos de dinero al final de cada período, a pesar de que las transacciones se realicen durante todo el tiempo; esto sin menoscabo significativo en la precisión y confiabilidad de las cifras resultantes.

Existen diferentes condiciones en los flujos de fondos, los principales son:

- ◆ Horizonte del Proyecto: Es importante definir el horizonte del proyecto, esto es, el periodo de tiempo que va desde que se decide realizar la inversión hasta que el proyecto se liquida.
- ◆ Presupuesto de Inversiones: Con base en el cronograma de actividades de realización del proyecto y los estudios de viabilidad técnica se pueden identificar y discriminar la magnitud de cada una de las inversiones necesarias a la vez que definir el momento en que se adelantará cada transacción de compra y pago correspondiente, ya que la inversión debe ser estimada en reembolsos líquidos de dinero.
- ◆ Presupuesto de costos e Ingreso de la operación: Es bien importante establecer un calendario de operación, el cual incluya los elementos necesarios para determinar el periodo durante el cual operará el proyecto (producción y ventas). Este presupuesto indica el momento en que se logrará el equilibrio entre costos e ingresos, además de determinar el perfil de los ingresos netos con relación al desarrollo temporal del proyecto. Este calendario de operaciones deberá ubicar en el tiempo el comportamiento de los ingresos y egresos, así como ciertas características y momentos tales como: reposición de equipos con unas nuevas inversiones, el valor económico de los activos al liquidar el proyecto, etc.

Teniendo identificado claramente cada uno de los aspectos anteriores podemos continuar con el segundo paso el cual consiste en determinar indicadores que permitan comparar las cifras resultantes de cada una de las alternativas de inversión evaluadas. Una forma de hacerlo es utilizar el concepto de equivalencia para llevar los flujos de caja libre a un periodo determinado y allí si comparar sus

cifras. Los métodos más conocidos son el valor presente neto (VPN), la tasa interna de rentabilidad (TIR) y la relación beneficio/costo (B/C).

11.1.1 Método del Valor Presente Neto (VPN)

El VPN es el remanente neto que obtiene el inversionista, en pesos de hoy, después de descontar los ingresos a la tasa de descuento y restarle la inversión inicial. Se puede considerar que el inversionista le presta al proyecto un dinero que debe ser devuelto con intereses a la tasa de descuento, y algo adicional, que es el beneficio que recibe por haber realizado la inversión. El VPN, por lo tanto permite establecer mecanismos que aumenten o maximicen el valor de la Empresa.

11.1.2 Método de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es una medida porcentual de la magnitud de los beneficios que le reporta un proyecto a un inversionista. Para entender este concepto conviene regresar al concepto de VPN. Se dijo arriba que el VPN representa el valor que recibía en exceso un inversionista sobre su inversión, después de que se ha descontado el interés de la tasa de descuento. Este cálculo se realiza fijando una tasa de interés, de modo que un VPN positivo a una determinada tasa de interés, indica que el inversionista recibe del proyecto su inversión, un interés sobre su dinero y una cantidad adicional. Ese interés y cantidad adicional que recibe el inversionista es la totalidad de los beneficios que le reporta el proyecto. De modo que cuando el VPN es igual a cero la tasa de interés a la cual esto ocurre es una medida de la totalidad de los beneficios que produce la inversión mientras se encuentran invertidos en ese proyecto. A esta tasa de interés se le denomina Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).

11.1.3 Método de la Relación Beneficio / Costo (B/C)

La relación beneficio costo también cuenta el cambio del valor del dinero a través del tiempo. Este índice se define como la relación entre los beneficios y los costos o egresos de un proyecto.

El concepto de relación beneficio costo (B/C) tiene mayores implicaciones que deben ser aclaradas. La actividad económica de un país está orientada a combinar los recursos eficientemente y convertirlos en bienes y servicios que satisfagan la necesidad de la comunidad; pero dado que los recursos son limitados con relación a la magnitud de las necesidades se deberá a través de los planes y programas de

desarrollo establecer tablas de priorización atendiendo criterios de crecimiento, de equidad y bienestar, por lo tanto la tarea de los planificadores a todos los niveles es establecer la forma en que los recursos se deben utilizar con el fin de satisfacer el mayor nivel de necesidad.

Dado lo anterior, podemos afirmar entonces que los “costos” del proyecto constituyen el valor de los recursos utilizados en la producción del bien o en la prestación del servicio. Los “beneficios” son entonces el valor de los bienes y servicios generados por el proyecto.

El análisis económico del “costo-beneficio” (B/C) es una técnica de evaluación genérica que se emplea para determinar la conveniencia y oportunidad de un proyecto.

La técnica de evaluación en cuestión, se desarrolla en varias etapas:

- ◆ Identificación y cuantificación de los costos que afectan al proyecto, tanto directos como indirectos.
- ◆ Determinación plena de los beneficios directos e indirectos que se pueden asignar al proyecto.
- ◆ Diseño de las metodologías conducentes a cuantificar correctamente tanto los costos como los beneficios.

Con base en lo anterior se obtiene un registro de los valores de todos los recursos que utilizará el proyecto tanto en la etapa de instalación como en la etapa de operación, lo mismo que el valor de los bienes o servicios que producirá durante la producción.

Luego se comparan los costos y beneficios y se establece la diferencia. Se suelen aceptar entonces aquellos proyectos cuyos ingresos superen a los respectivos costos; sin embargo en muchos proyectos de interés social este criterio es bien discutible, pues algunos beneficios intangibles propios del proyecto no son susceptibles de valoración.

Los métodos anteriores de evaluación de alternativas de inversión permiten diferenciar cuales son prioritarias si se evalúan independientemente, pero a la hora de analizar el problema teniendo en cuenta el factor racionamiento de capital que se hablaba anteriormente deben tenerse en cuenta otros métodos de solución al problema.

Es así como para analizar el portafolio de inversiones que mas convengan podría pensar en usar algoritmos de programación lineal entera, los cuales tratan de

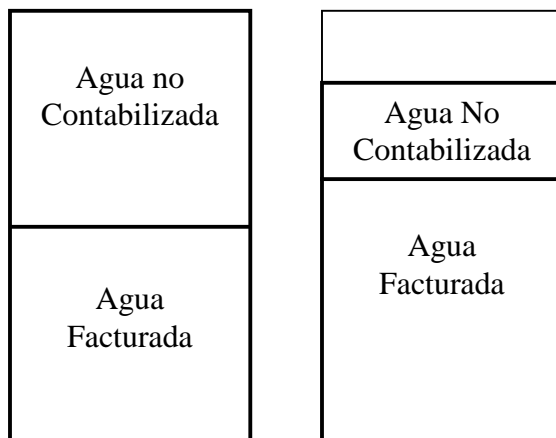
resolver el problema de optimización (maximización, minimización, o lograr un determinado valor), sujeto a ciertas restricciones, que para este caso en particular corresponde a restricciones principalmente presupuestales.

Debe anotarse que en todos los proyectos se ha supuesto un costo de inversión cuando en la realidad, en algunos de ellos la empresa recupera los costos por medio del cobro de los mismos a los suscriptores; este es el caso del reemplazo de micromedidores y construcción de redes en barrios subnormales. De omitirse estos costos la relación B/C sería infinito (Costos = 0), lo cual indica que estos proyectos deberían hacerse inmediatamente.

11.2 CÁLCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO COSTO

El siguiente esquema muestra la esencia del cálculo de la relación beneficios costos (B/C).

Esquema 3. Esquema del cambio en el IANC



Actualmente existe un porcentaje de agua no contabilizada, una vez se realicen los proyectos, se disminuye el porcentaje de agua no contabilizada y se incrementa la facturación, es decir se reduce el suministro de agua.

Los beneficios se logran con los proyectos que se definen para cada uno de los componentes de agua no contabilizada.

“Un cálculo de costo beneficio debe determinar los ahorros netos que logra un proyecto de reducción de agua no contabilizada si se adopta el proyecto. El beneficio neto y la reducción en la cantidad de agua utilizada para varias alternativas, debe compararse para identificar los proyectos con mayor costo

efectividad. Otros beneficios no cuantificables no pueden incluirse en estos cálculos; sin embargo, siempre deben tenerse en cuenta al momento de seleccionar la mejor alternativa para una empresa. Estos beneficios incluyen los relacionados con el medio ambiente, el bienestar de los suscriptores, la imagen política, la obtención de metas, etc.”⁶

Para cada proyecto se deben calcular los beneficios y los costos que se encuentran asociados al proyecto en un horizonte de tiempo. Este horizonte de tiempo se ha definido en diez (10) años.

El valor presente de los beneficios y los costos se calcula utilizando una tasa de descuento del 9 % anual, cifra que utiliza el Departamento Nacional de Planeación, DNP, en sus proyecciones macro económicas para los próximos años. El DNP supone tasas más bajas en el mediano y largo plazo, pero para propósitos de este análisis la tasa del 9 % se mantiene constante.

La relación Beneficio – Costo (B/C), se obtiene al dividir el valor presente de los beneficios por el valor presente de los costos. La relación B/C proporciona un índice de prioridad. En resumen, la relación B/C evaluada a Valor Presente en el horizonte de tiempo seleccionado de 10 años, debe ser mayor que 1.0 para que el proyecto sea factible.

Desde el punto de vista económico, entre mayor sea la relación (B/C) mejor será el proyecto, lo que proporciona un índice para establecer las prioridades de inversión.

11.2.1 Beneficios Reales

Los proyectos que se pueden definir en una zona de estudio pueden presentar entre otros, los beneficios que se indican a continuación:

Cambio de micromedidores: El beneficio se logra por el mayor recaudo por concepto de facturación, pues los costos permanecen iguales antes y después de instalar los medidores nuevos.

Reparación de acometidas fraudulentas: El beneficio se logra con la mayor facturación al reparar las acometidas.

Clandestinos masivos: Estas pérdidas se corrigen incorporando los clandestinos masivos al sistema de facturación. El beneficio se logra por el mayor recaudo de los suscriptores nuevos.

⁶ CH2M Hill Engineering Ltd. “Guidelines for conducting a water audit and developing a water efficiency program at Canadian federal facilities”, Ontario. Sep 1990

Conjuntos habitacionales: El beneficio debe lograrse con la diferencia de facturación entre el totalizador y los medidores individuales, aunque se puede presentar el caso de diferencias negativas.

Válvulas reductoras de presión: El beneficio se logra al disminuir las fugas y una menor producción de agua en las plantas.

Reparación de la red con campañas de búsqueda de fugas: El beneficio se logra al disminuir las fugas y la producción en plantas.

Renovación de la red: El beneficio se logra al disminuir la pérdida de agua no contabilizada y los costos de mantenimiento de daños.

11.2.2 Costos de Inversión de los Proyectos⁷

Para cada proyecto que se define en una entidad se hacen los cálculos de los costos de inversión respectivos.

Esta recolección de información es otro punto clave pero es muy relativa dependiendo de la entidad como tal, las condiciones locales del mercado, las condiciones de operación, la disponibilidad de recursos, la presión política, de los medios de comunicación y de la comunidad, la legislación local, entre otras. Además cada empresa debe tener un esquema para calcular los costos de las obras que rutinariamente hace. Con esta información clara se diseña un formato que se ajuste a las necesidades del presente estudio para presentar la información recolectada y poder hacer el montaje del final del modelo financiero.

A continuación se presentan a manera de ejemplo los costos básicos para la ciudad de Bogotá de varios proyectos relacionados con los subprogramas de un P.A.N.C. La empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá que es una de las entidades en Colombia que más ha avanzado en términos de estudios financieros de los P.A.N.C. Los costos básicos son los siguientes:

- ◆ **Costos de la Instalación de Micromedidores:** El costo de instalación y suministro de medidores Clase C se encuentra definido por la EAAB, para el año 2000 en \$ 86.554 por medidor, según Resolución 0842 de Septiembre 2000.

⁷ Según estudios de costos de la EAAB. Usado aquí a manera de ejemplo. Para cada ciudad se debe hacer una aproximación.

- ◆ **Costos de Reparación de Acometidas:** El costo de reparación de una acometida se obtuvo de la información de la Dirección de Mantenimiento Acueducto de la Gerencia Operativa de la EAAB. Esta cifra es de \$180.925 a precios del 2001 como base para calcular el costo del proyecto de reparación de acometidas sobre andén. Esta cifra se incrementa con el AIU del 25% para quedar en \$ 226.156. Este valor incluye el suministro de materiales y mano de obra.

- ◆ **Costos de la Incorporación de clandestinos masivos:** Los costos de inversión de la incorporación de clandestinos masivos al sistema de facturación de la EAAB, son los costos de construir las redes de Acueducto y Alcantarillado para suscriptores de Estrato 1 y hacerles la conexión respectiva.

Estas cifras de costo se encuentran disponibles en la Resolución No. 0842 de Septiembre de 2000, por a cual se establece el valor de los aportes de conexión para los usuarios y/o suscriptores de Estratos 1 y 2 por concepto de los costos directos de conexión. Para el año 2000 el valor por suscriptor es de \$ 907.524.

- ◆ **Costos de las Válvulas Reductoras de Presión :** Dependiendo del municipio y de sus presiones, en cada una se hace un diseño para la situación específica. Los costos por VRP fluctúan entre 16 millones y 200 millones. En promedio se puede hablar de 25 millones del año 2001.

- ◆ **Costo de la Búsqueda de Fugas (BDF) y Reparación de Redes:** El equipo que realiza campañas de BDF generó las pautas para el cálculo de la BDF por kilómetro el cual se ha estimado en \$ 438.000 del año 2000; este costo se calcula en cada año que sea necesario realizar la BDF.

Los costos de reparación de la red se tomaron de la Dirección de Mantenimiento Acueducto de la Gerencia Operativa y se han estimado en \$180.925 para la reparación de acometidas y de \$ 177.850 para la reparación de daños en red, en pesos del año 2000

- ◆ **Costos de Renovación de la Red y Reparación de Acometidas:** Igualmente se han obtenido los costos de renovación de redes con estimativos de los contratos realizados por la EAAB en los últimos años, para una cifra de \$72.8 millones de pesos por kilómetro renovado; igualmente se debe cambiar el collar de cada una de la acometidas en las tuberías renovadas a razón de \$15.000 por acometida, en pesos del año 2000.

11.2.3 Evaluación de la Relación B/C

La evaluación de la relación B/C tiene una metodología común para su cálculo en todos los proyectos definidos. Sus componentes son:

- ◆ **Datos Básicos:** Definen las características principales tales como cantidad de suscriptores, Kilómetros a reparar, acometidas a investigar, costo de la VRP, litros por segundo de fugas, disminución del agua no contabilizada por la instalación de medidores, reparación de acometidas o fugas, crecimiento de la demanda en los próximos 10 años, etc.
- ◆ **Costos del Proyecto:** Calculan las inversiones necesarias para el proyecto representadas en la adquisición de medidores, costo de la VRP, costos de las campañas de BDF, costos de las reparaciones, costos de las redes entre otros.
- ◆ **Beneficios:** Calculan los beneficios producto de una mayor facturación a la tarifa promedio del subsector en los diez años de evaluación o los ahorros en costos de producción y conducción del agua hasta el distrito correspondiente.
- ◆ **Flujo de Caja:** Muestra los beneficios y costos a lo largo del periodo de evaluación y el correspondiente flujo de caja del proyecto.
- ◆ **Relación B/C, TIR:** Calcula el Valor Presente de los Beneficios y de los Costos utilizando una tasa de descuento del 9 % anual.

11.2.4 Costos del Agua no Contabilizada

Para cada sector se establece el tamaño de las pérdidas comerciales y las pérdidas técnicas. Con las cifras identificadas se calcula el costo del agua que se pierde por factores comerciales y el agua que se pierde por factores técnicos.

La suma del costo del agua que se factura y consume en el sector más el costo del agua que no se contabiliza da como resultado el costo total del suministro de agua en el sector. La comparación de este costo con los ingresos por concepto de facturación proporciona el resultado financiero o "Estado de Pérdidas y Ganancias" del sector, tanto en cantidad total, como por cada metro cúbico suministrado.

Tabla 48. Costos del agua no contabilizada

COSTO DEL AGUA NO CONTABILIZADA	
Facturación	
Costo del agua facturada	
Costo del agua no contabilizada	
Ingresos menos Egresos	
Metros cúbicos de agua suministrado	
Ingresos menos Egresos por metro	

11.2.5 Ejemplo del Calculo B/C con el Proyecto de Medidores

A manera de ejemplo se muestra el cálculo de la relación B/C en el caso del proyecto de micromedidores. Se tienen inicialmente los datos básicos:

◆ **DATOS BÁSICOS**

- Tasa de crecimiento anual consumo: Que se obtiene de proyecciones de demanda
- Ahorro anual mts³ o Pérdidas en micromedición: como resultado del proceso de investigar en la Base de Datos del Censo de Medidores para cada suscriptor.
- Cantidad de suscriptores: Para el sector, a nivel informativo
- Medidores a cambiar: Valor que se obtiene de la investigación para el calculo del IANC.
- Costo por medidor: la tarifa que ha establecido la Empresa para suministrar e instalar un medidor de clase C de ½ pulgada.
- Costo del proyecto: El valor de los medidores en pesos del año de ejecución del proyecto.

Tabla 49. Datos básicos para el cálculo del B/C con un proyecto de medidores

DATOS BÁSICOS - CAMBIO DE MEDIDORES	
Tasa de crecimiento anual de consumo	0,92%
Ahorro anual metros cúbicos	\$ 334.376
Cantidad de suscriptores	8948
Medidores a cambiar	8948
Costo por medidor en \$2000	\$ 86.654
Costo del proyecto millones de 2001	\$ 845

◆ CÁLCULOS

- Beneficio real en metros cúbicos: Cantidad de metros cúbicos que se pueden contabilizar en el horizonte de estudio como ahorro. Se obtiene proyectando los metros cúbicos iniciales con la tasa de incremento del consumo actual.
- Tarifa media: Corresponde a la tarifa media proyectada de la entidad.
- Costo del proyecto: El valor de los medidores en pesos del año de ejecución del proyecto.
- Beneficio Real \$ Millones: se obtiene para cada año al multiplicar la cantidad en metros cúbicos por la tarifa proyectada.
- Flujo de Caja: muestra los beneficios menos los costos; permite calcular la TIR.

Tabla 50. Cálculo del B/C con un proyecto de medidores

CALCULO DEL B/C CAMBIO DE MEDIDORES				
Ano	Beneficio real m3	Tarifa media	Beneficio real en millones	Flujo de caja
2000	\$ 334.376			
2001	\$ 337.452	968		\$ -845
2002	\$ 340.557	1282	\$ 437	\$ 437
2003	\$ 343.690	1700	\$ 584	\$ 584
2004	\$ 346.852	2255	\$ 782	\$ 782
2005	\$ 350.043	2992	\$ 1.047	\$ 1.047
2006	\$ 353.263	3262	\$ 1.152	\$ 1.152
2007	\$ 356.513	3555	\$ 1.267	\$ 1.267
2008	\$ 359.793	3875	\$ 1.394	\$ 1.394
2009	\$ 363.103	4224	\$ 1.534	\$ 1.534
2010	\$ 366.444	4604	\$ 1.687	\$ 1.687
Valor presente al 9%, 2001, millones			\$ 6.052	\$ 4.777
Relación B/C			7,2	
Tasa interna de retorno			77%	

Al dividir el valor presente de los beneficios por el costo del proyecto se obtiene la Relación B/C correspondiente a este proyecto. Los cálculos correspondientes se muestran en la tabla anterior .

Como se observa, la relación B/C para este caso es de 7.2 lo que es una cifra muy adecuada; es decir, un proyecto muy rentable, la TIR es igualmente alta de 77%.

Sus beneficios en valor presente son de \$ 6.052 millones de pesos para una inversión de \$ 845 millones. El valor presente neto del proyecto es de \$ 4777 millones.

Se puede ejecutar adicionalmente un análisis de sensibilidad con respecto al valor de las tarifas, que es la cifra que mas efecto tiene en los beneficios. Este análisis supone que la tarifa disminuyen en un porcentaje y se determina la nueva relación B/C.

Tabla 51. Sensibilidad a la tarifa

SENSIBILIDAD	
Porcentaje de reducción	Relación B/C
10%	6,4
20%	5,8
30%	5,2
40%	4,7
50%	4,2

11.3 INFORMACIÓN BÁSICA PARA EL CALCULO

Para poder realizar los cálculos de la relación B/C de cada uno de los proyectos en las entidades se hizo necesario recolectar una gran cantidad de información que se encuentra descrita en los diversos informes que se han presentado con el proyecto.

Los insumos básicos comprenden la información de carácter técnico que describe el tamaño de las pérdidas y la información financiera que permite calcular costos, tarifas e ingresos; adicionalmente se tiene la información de los consumos que es básica para proyectar el comportamiento de los usuarios. Se deba también proyectar la tarifa promedio. Toda esta recolección de información, fundamental para el proceso, quedo demarcada en los capítulos anteriores.

De los estado financieros se extrae la información del costo por metros cúbico producido.

12. EJEMPLO DEL CALCULO DE LA RELACIÓN B/C

Continuando con el análisis presentado en el Capítulo 10, se presenta el cálculo de la relación B/C para un municipio pequeño

Tabla 52. Ejemplo. Datos básicos. Cambio de medidores

DATOS BÁSICOS – CAMBIO DE MEDIDORES	
Tasa de crecimiento anual de consumo	0,92%
Ahorro anual metros cúbicos	8283
Cantidad de suscriptores	288
Medidores a cambiar	288
Costo por medidor en \$2000	\$ 86.654
Costo del proyecto millones de 2001	\$ 27,20

Tabla 53. Ejemplo. Cálculo de B/C. Cambio de medidores

RELACIÓN B/C - CAMBIO DE MEDIDORES				
Ano	Beneficio real m3	Tarifa media	Beneficio real en millones	Flujo de caja
2000	\$ 8.283			
2001	\$ 8.359	968		\$ -27
2002	\$ 8.436	1282	\$ 11	\$ 11
2003	\$ 8.514	1700	\$ 14	\$ 14
2004	\$ 8.592	2255	\$ 19	\$ 19
2005	\$ 8.671	2992	\$ 26	\$ 26
2006	\$ 8.751	3262	\$ 29	\$ 29
2007	\$ 8.832	3555	\$ 31	\$ 31
2008	\$ 8.913	3875	\$ 35	\$ 35
2009	\$ 8.995	4224	\$ 38	\$ 38
2010	\$ 9.078	4604	\$ 42	\$ 42
Valor presente al 9%, 2001, millones			\$ 150	\$ 113
Relación B/C			5,5	
Tasa interna de retorno			62%	

Tabla 54. Ejemplo. Datos básicos. Reposición de redes

DATOS BÁSICOS - REPOSICIÓN DE REDES	
Tasa de crecimiento anual de consumo	0,92%
Ahorro anual metros cúbicos	13675
MI tubería a reponer	276
Costo por ml tubería a reparar, \$ 2000	\$ 177.850
Costo del proyecto millones de 2001	\$ 53,50

Tabla 55. Ejemplo. Calculo de B/C. Reposición de redes

RELACIÓN B/C - REPOSICIÓN DE REDES				
Ano	Beneficio real m3	Tarifa media	Beneficio real en millones	Flujo de caja
2000	\$ 13.675			
2001	\$ 13.800	968		\$ -54
2002	\$ 13.927	1282	\$ 18	\$ 18
2003	\$ 14.056	1700	\$ 24	\$ 24
2004	\$ 14.185	2255	\$ 32	\$ 32
2005	\$ 14.315	2992	\$ 43	\$ 43
2006	\$ 14.447	3262	\$ 47	\$ 47
2007	\$ 14.580	3555	\$ 52	\$ 52
2008	\$ 14.714	3875	\$ 57	\$ 57
2009	\$ 14.849	4224	\$ 63	\$ 63
2010	\$ 14.986	4604	\$ 69	\$ 69
Valor presente al 9%, 2001, millones			\$ 248	\$ 178
Relación B/C			4,6	
Tasa interna de retorno			54%	

13. CONCLUSIONES

Los programa de reducción del índice de agua no contabilizada tienen varias implicaciones desde el punto de vista de sus beneficios:

En la perspectiva ambiental, la disminución de las pérdidas de agua representa una reducción en la tasa de explotación del recurso agua, que se refleja en un esfuerzo menor por recuperar tanto al ecosistema que produce el agua cruda, como a aquel que recibe los elevados volúmenes de residuos contaminantes producidos por el hombre al utilizarla.

Desde el punto de vista financiero, un programa de control de pérdidas permite a la entidad prestadora:

1. disminuir los costos de producción, al reducir el volumen de agua tratada;
2. aumentar sus ingresos, al incorporar en la facturación usuarios ilegales;
3. conocer el estado real de la empresa para ejecutar, de manera ordenada y planificada, proyectos de inversión de costo mínimo y rentables desde el punto de vista financiero;
4. aumentar la vida útil de la capacidad instalada en infraestructura, al reducir la demanda actual del servicio y por consiguiente,
5. aplazar en el tiempo la ejecución de obras de ampliación del sistema;
6. mejorar las condiciones de operación reduciendo costos de operación y bombeo y,
7. disminuir los altísimos costos que implica el tratamiento de las aguas residuales al reducirse el volumen de agua para tratar.

Por su parte, la rentabilidad social se expresa en :

1. la ampliación de la coberturas: al disminuir pérdidas, se dispondrá de un volumen de agua adicional que permitirá atender a un mayor número de habitantes;
2. la equidad social: la medición de los consumos de todos los usuarios eliminará la inequidad por el cobro de tarifas iguales a quienes gastan volúmenes distintos de agua y la que resulta por aquellos que usan el servicios clandestinamente, cuyos costos deben ser asumidos por el resto de la población y,
3. la calidad del servicio; porque se regulan las presiones de servicio, se aumenta la continuidad, se pueden destinar mas recursos a la calidad del

agua suministrada y se mejoran las relaciones usuario empresa en los diferentes procesos relacionados con el área comercial.

Las rentabilidades operativas, sociales y ambientales son demostrables en términos cualitativos, pero la rentabilidad financiera carece de peso suficiente sino asocia a una expresión cuantitativa dado que los resultados son implícitos a la operación de la empresa y se pierde en sus números.

La idea de la presente estudio de asociar a cada subprograma de un programa de reducción de perdidas un valor (relación beneficio costo) da tres lineamientos fundamentales con respecto a la implementación de estos proyectos:

- ◆ A mayor Relación beneficio/ costo mayor rentabilidad de los recursos utilizados y mayor racionalidad en su uso, entonces al ordenar descendientemente las relaciones beneficio costo encontradas se determina el orden de prioridades en un programa de IANC. Si se usa un análisis grafico de la reducción del Índice con respecto a la implementación de proyectos se vería claramente la incidencia de unos mas que otros y por tanto seria claro que en los primeros periodos de implementación (que incluyen los subprogramas con mayor B/C) el cambio seria drástico y a medida que avancen las obras el cambio va siendo mas plano. Esta grafica da una idea que proyectos adelantar como prioritarios y que proyectos no.
- ◆ Al implementar una serie de proyectos iniciales, que son parte de un paquete denominado Programa de reducción de perdidas, que a su vez se incluye en el Plan de Inversiones de cualquier empresa del sector es claro que usaran los recursos de manera eficiente, en el menor tiempo, esto producirá mayor facturación y menor producción (Reducción del IANC), lo que genera a su vez un Plan de Inversiones mas eficiente que optimiza la operación de la empresa.
- ◆ Una gestión empresarial y técnica del servicio que sea ineficiente (Alto IANC) lleva a un menor alcance de los proyectos, lo que implica la construcción de nuevos sistemas o ampliaciones mucho antes de que los iniciales hayan cumplido su vida útil. La toma de decisiones sobre la ampliación del sistema de acueducto se basa casi siempre en las deficiencias en el suministro del agua y casi nunca, en datos confiables y en estudios de diagnóstico reales.

Por ello, un programa de control de pérdidas debe enfocar no sólo aspectos relativos a sus efectos, como fugas, errores de medición, entre otros, sino que debe también establecer las acciones que lleven a eliminar sus causas de la manera mas racional desde el punto de vista de los recursos que son

escasos en todas las ocasiones. El programa no involucra únicamente a la empresa, sino también a los usuarios, a la comunidad en general, a los accionistas, los acreedores y el ámbito financiero.

Así se llega a la conclusión que dada la rentabilidad financiera de este tipo de inversiones se convierten en una opción técnica sustentada sobre resultados explícitos desde el punto de vista social, ambiental y operativo, y en una opción financiero con muy buenas perspectivas, siempre y cuando los proyectos implementados tengan una relación B/C mayor a uno.

Como valor agregado a los análisis presentados este estudio se podría estructurar otros que utilizan la misma información y que son igualmente útiles a la hora del mejoramiento de la gestión integral de la empresa. Con la información obtenida de los estados y proyecciones financiera y del análisis de cartera, se realiza un análisis crítico que permita identificar entre otras las siguientes acciones: mejoramiento del área contable, evaluación de la viabilidad de las inversiones, relaciones con las entidades financieras, apalancamiento financiero, portafolio de inversiones, disminución de la cartera morosa. El análisis debe contener una evaluación de los siguientes aspectos:

- ◆ Evaluación de las políticas y manejo contables
- ◆ Evaluación y comentarios sobre manejo de activos fijos
- ◆ Análisis de los ingresos financieros y los resultados de los flujos de caja, traídos a valor presente
- ◆ Evaluación y análisis del plan de inversiones
- ◆ Análisis de la cartera morosa por edades y cálculo de su costo de oportunidad.

Para calcular los beneficios directos en la recuperación de pérdidas técnicas y comerciales, se puede calcular los volúmenes por pérdidas de agua susceptibles de ser recuperados mensualmente, a partir de los costos promedio de producción y facturación por m³. Los beneficios económicos de la implementación de cada uno de los subprogramas que constituyen el Programa de Agua no Contabilizada se calculan afectando directamente los estados financieros de la empresa tanto en sus ingresos netos, como en sus costos de producción, lo que determina una utilidad o margen operacional (y/o netas) relacionada con la implementación del programa en un nivel de inversiones determinado que a su vez determina una meta en el IANC. Así, con varios escenarios, se podría tener un análisis de sensibilidad de la utilidad a diferentes niveles de inversión.

Este análisis sería muy interesante sobre todo si se hace sobre información real de una empresa para que su contenido sea relevante, y con la información levantada a través de este estudio solo sería cuestión de ejecutarlo y hacer el análisis de resultados a través de un análisis detallado de los volúmenes de pérdida, los volúmenes susceptibles de recuperarse por cada subprograma y los beneficios económicos esperados por cada subprograma.

Cabe aclarar que aunque no se establecieron mecanismos puntuales para la recolección de la información sobre costos, esta es tan importante como toda la demás recogida, pero su levantamiento depende en gran medida de varios aspectos: la empresa como tal, la implementación del costeo por actividades reglamentado por la CRA y las condiciones locales. De hecho es un análisis que el encargado del área generalmente tiene muy claro pero probablemente no lo tiene documentado, entonces se puede hacer con facilidad y prontitud e incluir en un formato acorde al diagnóstico realizado y a las condiciones en que se encuentre el proceso de seguimiento de costos en la empresa.

La calidad de las conclusiones de un estudio de este tipo dependen en gran proporción de la confiabilidad de los datos recolectados y por esto es importante un trabajo interdisciplinario entre las diferentes áreas de la empresa que de cómo resultado unas recomendaciones finales coherentes y útiles en la realidad de la empresa.

Finalmente hay dos aspectos para recalcar con respecto al presente estudio:

- ◆ Es una recolección de información mas que una investigación que genere conocimientos nuevos dado que la información presentada fue recolectada de diferentes fuentes que ya habían hechos estudios y esfuerzos por dar lineamiento al respecto de los P.A.N.C, pero la utilidad de este estudio radica en que se ve tanto la parte técnica, la empresarial y la financiera como parte de un mismo proyecto, que integrado resuelve problemas del IANC de una manera mas eficiente económicamente.
- ◆ La información aquí recolectada es provechosa teóricamente, pero lo sería mas aplicada a datos reales de una empresa, y más aun si se puede validar a través de programación.

14. BIBLIOGRAFÍA

PROYECTO SISTEMA NACIONAL DE CAPACITACIÓN MUNICIPAL. Programa de modernización empresarial. Programa Nacional de Control de perdidas y agua no contabilizada. Catastro de redes. Colombia. Bogotá: 2002

_____Programa de modernización empresarial. Programa Nacional de Control de perdidas y agua no contabilizada. Catastro de usuarios. Colombia. Bogotá: 2002

_____Programa de modernización empresarial. Programa Nacional de Control de perdidas y agua no contabilizada. Agua no Contabilizada. Colombia. Bogotá: 2002

_____Programa de modernización empresarial. Programa Nacional de Control de perdidas y agua no contabilizada. Costos y tarifas. Colombia. Bogotá: 2002

_____Programa de modernización empresarial. Programa Nacional de Control de perdidas y agua no contabilizada. Gestión integral. Colombia. Bogotá: 2002

ESTRADA, Alejandro. El agua, un don natural: llevarla a usted, labor gigantesca. Colombia. Medellín: 1986

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE SANTA FE DE BOGOTA . EAAB. Estudio de sectorización, rehabilitación y control de fugas y determinación de los valores del índice de agua no contabilizada, para la optimización de las condiciones operacionales de las redes de distribución pertenecientes a la red de acueducto de Santa Fe de Bogota D.C. Informe conceptual evaluación económica del proyecto. Santa Fé de Bogotá: 2000.

_____Estudio de sectorización, rehabilitación y control de fugas y determinación de los valores del índice de agua no contabilizada, para la optimización de las condiciones operacionales de las redes de distribución pertenecientes a la red de acueducto de Santa Fe de Bogota D.C. Informe resumen de resultados de beneficios, costos y priorización de los proyectos. Santa Fé de Bogotá: 2001.

AQUADATOS. Formulación del proyecto de agua no contabilizada. Modelación hidráulica y optimización para el sistema de redes de acueducto del Municipio de Yopal. Informe Final. Colombia. Bogotá: 2002

_____ Asesoría para la formulación del programa de agua no contabilizada y la modelación hidráulica de las redes para la optimización del sistema de acueducto del municipio de Neiva, con suministro de software. Informe Final. Colombia. Bogotá: 2001

_____ Formulación del programa de agua no contabilizada, modelación hidráulica y optimización para el sistema de acueducto del municipio de Popayán. Informe Final. Colombia. Bogotá: 2002

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento técnico del sector del agua potable y saneamiento básico RAS 2000. Colombia. Bogotá: 2000

CORFINSURA. Simulador para valoración de empresas. www.corfinsura.com. 2002

MINISTERIO DE DESARROLLO. Normatividad del sector agua potable, CRA, RAS. www.mindesarrollo.gov.co. 2002

BLOCK, Stanley. Fundamentos de Gerencia Financiera. Novena Edición. MacGrawHill. 2001.

AGUAS DE MANIZALES. Documentos del área de control perdidas. Colombia. Manizales. 1997 a 2002.

CENTROAGUAS. Documentos del área de control perdidas. Colombia. Tulúa. 2001 a 2002.