

ANTECEDENTES

La aparición de daños en una red de distribución de acueducto, en forma reiterada y gradualmente en aumento son una evidencia de la extinción de la vida útil de las tuberías. Los daños son un problema tanto para la empresa que presta el servicio como para la comunidad. Aparte del desgaste operativo y financiero de la Empresa de Servicios Públicos, hay un impacto urbano generado entre otras causas, por la discontinuidad del servicio, la vulnerabilidad temporal para atender incendios, los posibles daños a otras obras de infraestructura y a las viviendas, y a las incomodidades para peatones y vehículos. Este impacto deteriora la imagen de la Empresa ante el usuario y presiona a la misma para solucionar inmediatamente el problema o programar acciones tendientes a minimizarlo en el futuro.

Además del deterioro producido a través de los años por la acción natural del fluido que se conduce y de las cargas externas que rodean los conductos, varias son las causas que producen roturas de las tuberías, a veces más pronto de lo que se espera, éstas se pueden agrupar en: 1. Clase, calidad y edad de la tubería, 2. Características circundantes de la tubería instalada, 3. Calidad de la mano de obra en la instalación, 4. Condiciones de servicio, operación y mantenimiento, 5. Efectos naturales externos (geotécnicos, geológicos y producto del medio).

Es importante recalcar que el parámetro edad no es el único a considerar o el de mayor peso, tal y como se ha demostrado en numerosas investigaciones realizadas en E.U, en las cuales tuberías muy antiguas están en buen estado y otras de menos edad presentan condiciones de deterioro que requieren renovación o rehabilitación.

En consecuencia, es importante, que las empresas de servicios públicos, se concienticen de la necesidad de consolidar el financiamiento de proyectos de rehabilitación de redes matrices, que permitan aumentar la vida útil de las tuberías, estableciendo especial atención al programa de gestión para seguimiento y toma de decisiones.

Con el objeto de minimizar estos problemas, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - ESP, ha contratado el *Estudio para la evaluación del estado de la red matriz de distribución del sistema de acueducto de Bogotá D.C y la formulación de un programa estructurado para su rehabilitación*, el cual comprende una evaluación Estructural, Hidráulica, Geológica, Geotécnica y Geosísmica, con el fin de determinar sitios críticos de las redes matrices del sistema de acueducto, y los tramos a rehabilitar siguiendo una priorización, las técnicas de rehabilitación a aplicar y la formulación de un programa estructurado para esta rehabilitación.

La red matriz de distribución de agua potable de la ciudad de Bogotá cubre la totalidad del área metropolitana incluyendo las líneas de conducción que suministran agua a los municipios circunvecinos de Funza, Madrid y Mosquera.

La red de sur a norte, limita con el Embalse La Regadera, hasta la altura de las localidades de Usme, San Cristobal y Ciudad Bolivar, y continúa en la zona centro y norte de la ciudad hasta la Vereda de Torca, en el límite con el Municipio de Chía. Más al norte se encuentra la conducción que proviene de la Planta de Tibitoc y que bordea la margen izquierda del río Bogotá.

En el sector oriental de la ciudad, la red de distribución cubre todo el piedemonte de los cerros orientales incluyendo las localidades de Usaquén, Chapinero, Candelaria y San Cristobal procedente de Chingaza-Wiesner. La red se proyecta por el occidente hasta la margen izquierda del río Bogotá, cubriendo las localidades de Suba, Engativá, Fontibón, Kennedy y Bosa. De la localidad de Fontibón parte una línea de conducción hacia el occidente hasta los municipios de Funza, Madrid y Mosquera.

1. INTRODUCCION

El siguiente documento describe los resultados de la Actividad No. 1: Recopilación y Análisis de la información.

La información recopilada se presenta en cinco (5) capítulos. El Capítulo 2 tiene que ver con la información requerida para lograr la definición del sistema y actualización del SIG. El Capítulo 3 describe las fuentes de información básica involucrada para la evaluación de la red matriz de acueducto en las áreas de: Rehabilitación, Estructural, Geológica, Geotécnica y Electromecánica. El Capítulo 4 se refiere a la información básica involucrada para modelación hidráulica de la red. El Capítulo 5 relacionado con la información para evaluar el funcionamiento administrativo de la empresa. El Capítulo 6 se refiere a la recopilación de información para el análisis de daños. El Capítulo 7 contiene las conclusiones de este producto.

2. INFORMACIÓN PARA LA DEFINICIÓN DEL SISTEMA Y ACTUALIZACIÓN DEL SIG

2.1. RECOLECCION Y REVISION DE LA INFORMACION BASICA

2.1.1 INFORMACIÓN EN FORMATO DIGITAL

Se obtuvieron del Centro de Información Geográfica (CIG) de la EAAB–ESP las coberturas que conforman la base cartográfica, sobre la que posteriormente se implementaron las coberturas de las redes del sistema de acueducto, también proporcionadas por el CIG.

Dentro de la información que conforma la base cartográfica se encuentran los siguientes elementos:

- 16 Ortofotos en escala 1:10,000 del IGAC, mosaicos de 1993 a 1997
- Cobertura de localidades del DACD
- Cobertura de barrios del DACD
- Cobertura de malla vial del DACD
- Cobertura del perímetro de manzanas del DACD con precisión para salida gráfica 1:1,000

La información correspondiente a las redes de acueducto incluye las actualizaciones hechas por el Consultor Carlos Giraldo L. en lo referente a la incorporación de 250 obras adicionales entregadas por el CIG de la EAAB-ESP, algunas obras de renovación también entregadas por el mismo organismo y planos de sectorización de la Unión Temporal (Safege-Hidrotec-Sem) de 1999 y está conformada por los siguientes elementos:

- Cobertura de nodos correspondiente a la red de acueducto de la EAAB-ESP. Se consideran como nodos o puntos principales aquellos elementos que hacen parte fundamental de la definición topológica del sistema o influyen en el comportamiento hidráulico del mismo de una manera significativa.
- Cobertura de puntos correspondiente a la red de acueducto de la EAAB-ESP. Se considera como punto la localización de un elemento secundario para la representación topológica del sistema o para el funcionamiento hidráulico del mismo, de los que interesa conocer ciertas características básicas.
- Cobertura de tramos correspondiente a la red de acueducto de la EAAB-ESP. Se considera como tramo la localización geográfica de todo conducto que hace parte de la red principal.

Adicionalmente, se recibieron tres coberturas correspondientes a la red matriz del sistema de acueducto, dos de las cuales (tramos y nodos) se generaron a partir de trabajos de actualización de registros de obra construida directamente ejecutados por el CIG y la otra (tramos) bastante esquemática obtenida como resultado de una consultoría.

2.1.2 INFORMACIÓN EN FORMATO IMPRESO

Con el propósito de complementar la información suministrada por el CIG de la Empresa, la recopilación de información se orientó hacia la obtención de los planos de construcción a escala 1:500 existentes en la Dirección de Diseño de la EAAB, esta actividad actualmente se encuentra en ejecución, puesto que existe un gran número de planos a consultar, de los cuales se está extractando entre otras la siguiente información: Coordenadas de accesorios, diámetros de tuberías, tipo de accesorios, material y clase de la tubería, año de instalación etc, información básica para lograr la complementación y actualización del sistema de redes matrices en el

SIG. A la fecha se han consultado aproximadamente 450 planos, en el cuadro No. 2.1 del Anexo 1, se relacionan las líneas consultadas con el código de archivo, para así facilitar su revisión futura, y en el Anexo No. 2 se adjunta el modelo de los formatos con la información obtenida de los planos para una de las líneas consultadas.

También se obtuvieron copias de los planos de trabajo de la Dirección de Operación y Control de la EAAB-ESP en escala 1:5.000 los cuales contienen la información correspondiente a las redes de acueducto con varias anotaciones, aclaraciones y actualizaciones realizadas a mano y que resultan de las actividades diarias de operación de dicha Dirección.

Así mismo, y con el objeto de complementar la información existente en la EAAB se consultaron los planos escala 1:500 de obra construida existentes en American Pipe, ya que esta compañía ha sido contratista de la EAAB por varios años, y ha instalado gran parte de las tuberías de la Red Matriz. En el Cuadro No. 2.2 del Anexo 1, se relacionan las líneas consultadas, indicando el correspondiente código de archivo en la entidad. Se consultaron aproximadamente 600 planos.

Con el objeto de determinar los cruces de las tuberías de la Red Matriz de acueducto con las redes de tubería del sistema de Gas Natural, se consultó un plano escala 1:30.000 que contiene en planta los alineamientos de la red de gas, en el Cuadro No. 2.3 del Anexo 1, se indica el plano consultado y su ubicación.

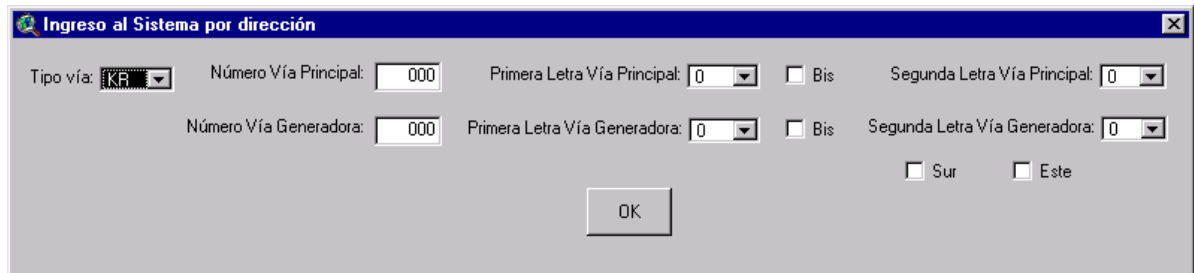
2.2. VERIFICACION Y EDICION DE LA INFORMACION

Una vez conformada la base cartográfica e incorporadas las redes del sistema de acueducto, se procedió con las labores de verificación y edición de la información, para ello y dependiendo de cada actividad se desarrollaron algunas aplicaciones sobre los programas de trabajo.

2.2.1 INGRESO AL SISTEMA

Para facilitar el ingreso del usuario al sistema, se desarrollaron tres aplicaciones en Avenue así:

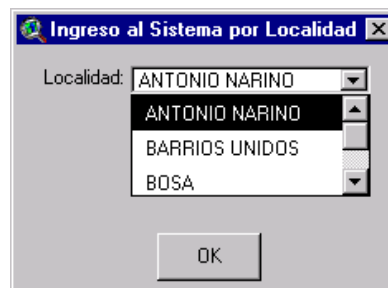
- Ingreso por dirección, utilizando la cobertura de malla vial del DACD



The dialog box titled "Ingreso al Sistema por dirección" contains the following fields and controls:

- Tipo vía:
- Número Vía Principal:
- Primera Letra Vía Principal:
- Bis
- Segunda Letra Vía Principal:
- Número Vía Generadora:
- Primera Letra Vía Generadora:
- Bis
- Segunda Letra Vía Generadora:
- Sur
- Este
- OK button

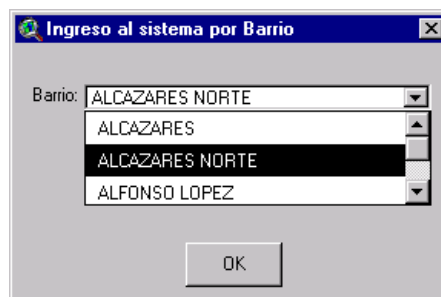
- Ingreso por localidad, utilizando la cobertura de localidades del DACD



The dialog box titled "Ingreso al Sistema por Localidad" contains the following field and controls:

- Localidad:
- Dropdown menu showing: ANTONIO NARINO, BARRIOS UNIDOS, BOSA
- OK button

- Ingreso por barrio, utilizando la cobertura de barrios del DACD



The dialog box titled "Ingreso al sistema por Barrio" contains the following field and controls:

- Barrio:
- Dropdown menu showing: ALCAZARES, ALCAZARES NORTE, ALFONSO LOPEZ
- OK button

2.2.2 REVISIÓN DE LOS TRAMOS Y ACCESORIOS FALTANTES DE LAS REDES MATRICES

En este procedimiento, se identifican los tramos faltantes de las redes matrices a partir de la información consignada en los planos y de las coberturas de redes matrices entregadas por el CIG.

Inicialmente se incorporaron los accesorios correspondientes a la cobertura de la red matriz dentro de la cobertura que contiene la totalidad de los accesorios de la red de acueducto, ambas entregadas por el CIG y con el fin de manejar una sola cobertura lo que facilita las labores de edición. Los accesorios se identifican utilizando un campo donde se consigna la fuente de donde provienen, por ejemplo se asigna un valor de cero a los accesorios que pertenecen a la red completa de acueducto y un valor de uno a los que provienen de la cobertura de la red matriz entregada con posterioridad. Una vez verificados sus atributos, cada accesorio podrá ser editado, esto es cambiar de posición, cambiar de código o de diámetro o cualquier otro atributo, utilizando otro campo de verificación se podrá saber qué accesorios se han modificado, esto es a los accesorios que se les modificó el código o su posición se les asigna un valor de uno dentro de dicho campo, los accesorios que no sufren modificaciones mantendrán un valor de cero.

La importancia de ubicar correctamente los accesorios es porque mediante su localización automáticamente se van ubicando los tramos, para cada tramo se captura su diámetro, material, nombre de la línea, edad y código.

El uso de campos de control que permitan identificar la fuente de los accesorios o si han sido editados o no, facilitan la posterior incorporación de dichos accesorios al SIG.

En general se capturan todos los atributos que se encuentran disponibles, posteriormente y una vez se cuente con toda la información en formato digital, las

labores de verificación se facilitarán.

El producto de esta revisión es la cobertura de accesorios correspondiente a la totalidad de la red de acueducto con los elementos provenientes de la cobertura de accesorios de la red matriz editados. En los sitios donde hacen falta tramos correspondientes a la red matriz se habrán identificado los accesorios que permitan efectuar una correcta conexión posteriormente, mediante el uso del programa *ArcCAD*.

2.2.3 REVISIÓN A PARTIR DE PLANCHAS 1:5,000 EN FORMATO IMPRESO

Se identifican sobre la plancha 1:5.000 accesorios y tramos que no se encuentran en las coberturas entregadas por el CIG. A medida que se van encontrando dichos accesorios, se incorporan uno a uno mediante una aplicación desarrollada en *Avenue*, dentro de un archivo shape el cual posteriormente se incluirá dentro del SIG.

La aplicación considera los atributos que hacen parte de cada accesorio, lo que garantiza la incorporación final al SIG, esto es que existe una compatibilidad total entre la base de datos del SIG y la tabla de atributos de los nuevos accesorios, de tal manera que la actualización de la información se pueda realizar de forma transparente.

Dentro de las actividades ejecutadas en esta revisión se incluyen las siguientes:

- Selección de la información por línea
- Generación de buffers de trabajo
- Extracción de la cobertura principal de los nodos, puntos y tramos de cada línea, a partir de los buffers creados anteriormente
- Inclusión de nuevos accesorios e identificación de accesorios existentes que deberán ser editados o eliminados.

El producto de esta revisión es un archivo shape por línea revisada que contiene accesorios que no existían en las coberturas entregadas inicialmente por el CIG, donde también se capturan atributos como el código y el diámetro de cada accesorio. Estos archivos en formato shape posteriormente se incorporan al SIG mediante el uso del programa *ArcCAD*.

2.2.4 REVISIÓN A PARTIR DE INFORMACIÓN PROVENIENTE DE LOS REGISTROS DE OBRA

A partir de los planos de obra construida en escala 1:500 se leen las coordenadas de los accesorios que se han identificado como faltantes en las coberturas que se encuentran en el SIG (información que se consigna en el formato del Anexo 2); luego se digita una tabla en Excel que incluye los siguientes atributos tomados del formato de caracterización de la red: Id, nombre de la línea, código del accesorio, diámetro, edad y coordenadas entre otros (Tabla No. 2.1).

Tabla No. 2.1. Información para incorporar mediante aplicación Avenue al SIG.

ID	NOMBRE	CODIGO ACCESORIO	DIÁMETRO ACCESORIO	EDAD	ESTE	NORTE
1	BIV-24-090	10100	18	1986	91249.41	102244.39
2	BIV-24-090	10104	4	1987	992279.40	995186.68
3	LINEA DE REFUERZO EL CASTILLO - EL VOLADOR	10901	1	1987	92276.00	95186.00
5	LINEA DE REFUERZO EL CASTILLO - EL VOLADOR	10104	4	1987	92125.00	94912.00
6	LINEA DE REFUERZO EL CASTILLO - EL VOLADOR	10104	4	1987	92396.00	94864.00
7	LINEA DE REFUERZO EL CASTILLO - EL VOLADOR	10104	4	1987	992195.56	994861.40
8	LINEA DE REFUERZO EL CASTILLO - EL VOLADOR	10107	4	1987	991626.86	994315.10
9	LINEA DE REFUERZO AV, PRIMERA DE MAYO	11500		1986	93096.00	102496.00
10	LINEA DE REFUERZO AV, PRIMERA DE MAYO	10901		1986	93096.00	102496.00
11	LINEA DE REFUERZO AV, PRIMERA DE MAYO	10100		1986	93096.00	102496.00

Se desarrolló una aplicación en *Avenue* que permite incorporar los archivos en formato excel descritos anteriormente de forma automática al ambiente del SIG.

2.3. CONFORMACIÓN DE LAS COBERTURAS DEFINITIVAS

Las actividades descritas en el numeral 2.2 permiten preparar la información proveniente de diferentes fuentes para su incorporación definitiva al SIG. Para llevar a cabo estas actividades dentro de las que se incluyen la numeración de cada uno de los elementos (nodos y tramos) y su inclusión dentro de la topología existente, se utiliza el programa *ArcCAD*. Para ello se ha desarrollado una aplicación en *Lisp* que permite actualizar tanto la cobertura de los accesorios como la cobertura de los tramos que conectan dichos accesorios, el manejo de las coberturas y la numeración se realiza de forma automática. El trazado de los tramos faltantes y la ubicación de los accesorios se lleva a cabo utilizando comandos básicos de *AutoCAD*.

En el Anexo 3 se presenta el Cuadro No. 2.4 con el inventario de las líneas existentes.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES E INFORMACIÓN BASICA INVOLUCRADAS EN LAS ÁREAS DE EVALUACIÓN

3.1. CONFIGURACIÓN BASE DE DATOS

La Base de Datos que contiene la relación tanto de los documentos como de los planos consultados, se elaboró en formato Excel (ver anexo 1), permitiendo la activación de filtros de diferente tipo, con los cuales puede ubicarse la información. A continuación se relaciona el contenido de la Base de Datos:

Columna No. 1: **ID DOCUMENTO:** Corresponde al código asignado internamente por el responsable de aseguramiento de la calidad de Jairo René Rojas Peña, para cada uno de los documentos y planos consultados.

Columna No. 2: **TÍTULO DEL DOCUMENTO:** Contiene el nombre con el cual se identifica el documento o plano dentro de la entidad consultada.

Columna No. 3: **TIPO DE DOCUMENTO:** Indica si se trata de un Informe (Técnico, Final, Operativo, Instructivo, Anual, Actividades, Estadístico, Geotécnico), libro, artículo, tesis, revista, cobertura de SIG, manual etc.

Columna No. 4: **AUTOR:** Se identifica al responsable de la elaboración del documento, cuando éste lo indica.

Columna No. 5: **FECHA:** Corresponde a la fecha de elaboración del documento. Algunos documentos consultados no presentan fecha.

Columna No. 6: **CÓDIGO DE ARCHIVO EN LA ENTIDAD:** Corresponde a la codificación de archivo que internamente ha sido adoptada por la entidad que se está consultando. Permite ubicar el documento de una manera más rápida cuando se requiera. No todas las entidades consultadas emplean una codificación de archivo.

Columna No. 7: **DESCRIPCIÓN DEL DOCUMENTO:** Se indican los temas relevantes y de interés para el presente estudio.

Columna No. 8: **ÁREAS DE INTERÉS PARA EL PROYECTO:** Se indican las áreas para las cuales puede ser empleado el documento.

Además de las columnas anteriormente mencionadas, en el archivo magnético se tiene la columna No. 9, en la cual se indica la Entidad que fue consultada. En el Anexo 4 se presentan los Cuadros del 3.1 al 3.14 donde se aprecia por entidades la información anteriormente descrita para los documentos consultados.

3.2. REHABILITACIÓN DE REDES

Se han consultado una serie de documentos, con el objeto de identificar las redes actuales de distribución de acueducto de Bogotá, agruparla por tipo de tubería y tener una visión clara de la filosofía de diseño y fabricación de las mismas. Se consultaron además normas de fabricación, manuales de instalación, normas y recomendaciones para su mantenimiento y rehabilitación.

Consultada la documentación y planos de la EAAB, se determinó que las principales redes de la ciudad pertenecen a los siguientes tipos de tubería:

- Tubería Norma AWWA C 301 – PCCP
- Tubería Norma AWWA C 303 – CCP
- Tubería Norma AWWA C 200/C 203 – Acero con esmalte bituminoso

- Tubería Norma AWWA C 200/C 205 – Acero con mortero de cemento.

La anterior información se complementa con las siguientes normas y manuales, las cuales permiten comprender el funcionamiento de las tuberías:

- Norma AWWA C 301. Prestressed Concrete Cylinder Pipe
- Norma AWWA C 303. Concrete Cylinder Pipe
- Norma AWWA C 200. Welded Steel Pipe
- Norma AWWA C 205. Standard for cement-mortar lining and coating for steel pipe
- Norma AWWA C 203. Standard for coal-tar protective coatings and lining for steel water pipes
- Manual Ameron C 301. Prestressed Concrete Cylinder Pipe
- Manual Ameron C 303. Concrete Cylinder pipe
- Manual AWWA M9. Concrete pressure pipe
- Manual AWWA M11. Steel pipe
- Manual AWWA M27. External corrosión

Los anteriores documentos son importantes, teniendo en cuenta que pertenecen a los diferentes tipos de tubería instalados en la red matriz, y su conocimiento permite identificar las condiciones óptimas de instalación y mantenimiento de las mismas.

Respecto al tema de rehabilitación, se ha consultado un gran número de documentos con el objeto de conocer técnicas de rehabilitación en cuanto a procedimientos y costos; la aplicabilidad de estos métodos en nuestro medio depende de los resultados que se obtengan en la evaluación que se haga de la red en las diferentes áreas. A continuación se destacan los siguientes:

- Pipeline Risk Management manual. Gulf Publishing Company.
- Pipeline safety, reliability and rehabilitation. Asce.
- Assessment of water main rehabilitation practices. Roy F. Weston Inc.
- Pipe rehabilitation: Replacement programme in Singapore, Public Utilities Board.
- Pipeline Rehabilitation with Polyethylene pipe. Plastics Pipe Institute.

Con base en la información recopilada, especialmente los documentos mencionados, y en las inspecciones de zonas críticas, se plantearán las metodologías de rehabilitación o reemplazo de líneas, indicando recomendaciones sobre readecuación o instalación de sistemas de protección catódica en las líneas AWWA C 200/C 203, así mismo recomendar (donde se requiera) la instalación de puertos de monitoreo de corrosión que permitan controlar los efectos de ésta. Dependiendo de la evaluación del estado de la tubería se podrán generar técnicas de tratamiento y rehabilitación diferentes a las expuestas en las normas.

Las tuberías AWWA C 303 con espigo-campana y empaque de caucho, no tienen en general conexiones para conductividad eléctrica, su estudio dependerá de la agresividad del terreno.

Simultaneo con los programas de investigación geotécnica, estructural, cartográfica, análisis de fallas, programas de mantenimiento e identificación de tuberías, se desarrolla una tarea de recopilación de información sobre las tendencias actuales en el empleo de tecnologías para la rehabilitación de tuberías.

A parte de las características estructurales de soporte de cargas de relleno y cargas vivas que presente la tubería existente y que permite clasificarla como parcial o totalmente deteriorada, es necesario considerar factores tales como geometría actual del ducto existente, características de las superficies internas, desplazamientos relativos entre segmentos sucesivos de la línea, fisuras, salidas en la tubería y degradación química, para analizar la posibilidad de empleo de una o más técnicas de rehabilitación.

Las técnicas escogidas, deben ser evaluadas y valoradas, para tener bases reales de soporte para la decisión final, en este punto es prioritaria la presencia en el país de las firmas representantes de las tecnologías a utilizar, garantizando de esta forma un respaldo adecuado para la continuidad y calidad de las obras que se

pretendan adelantar.

Para la valoración de las tecnologías se requiere considerar aspectos tales como costos de movilización, costo de acceso a las tuberías existentes, costos de desvíos temporales, taponamientos para aislar tramos de trabajo, costo de preparación de la red existente, costos de materiales y equipos según la técnica definida, costos de rehabilitación o colocación de válvulas y cualquier otro recargo que se pueda presentar en desarrollo de las actividades.

Para comenzar los trabajos se debe efectuar una limpieza interna en cada uno de los tramos a intervenir, pudiéndose emplear cualquiera de los métodos existentes, dependiendo del diámetro y la ubicación de la tubería existente, los métodos normalmente utilizados son raspadores mecánicos, agua a presión, chorro de vapor, chorro de aire y/o chorro de arena. El objeto de esta limpieza es remover productos de corrosión, eliminar depósitos o sedimentos dentro de las tuberías, eliminar recubrimientos deteriorados, sacar grasas o aceites etc.

Los principales métodos de rehabilitación empleados en la actualidad son:

- Revestimiento con tubería continua. Consiste en insertar dentro de la tubería existente una tubería continua, con pegamentos que garanticen la continuidad de la tubería a insertar. Los principales materiales a utilizar son polietileno, polipropileno, PVC.
- Revestimiento con tubería discontinua. Consiste en insertar tramos independientes de tubería, efectuando juntas que garanticen continuidad de la línea. Los principales materiales empleados son polietileno, polipropileno, PVC.
- Revestimiento con tubería temporalmente reducida. Consiste en insertar tubos con un diámetro externo menor que el diámetro interno de la tubería existente, esto facilita la inserción y luego se expande el inserto mediante calor y presión, quedando contra el tubo a revestir. Se emplea polietileno y PVC.

- Revestimiento con tubo enrollado en espiral. Consiste en instalar un revestimiento formado por un perfil que se coloca en espiral hasta obtener un tubo continuo. Se emplean perfiles de polietileno, PVC y polipropileno.
- Revestimiento con tubería segmentada. Consiste en insertar segmentos de medio, un cuarto, un sexto etc., de tubería y pegarlos en el interior del ducto existente hasta conformar un revestimiento continuo, los materiales aplicados son fibra de vidrio, polietileno y polipropileno.
- Revestimiento con mangas impregnadas con resina. Consiste en instalar dentro de la tubería existente, mangas impregnadas con resina de curado lento, que luego de catalizar forman un revestimiento continuo, Los materiales para este tipo de revestimiento son matrices reforzadas o no reforzadas, cubiertas con resinas para termo fijado.
- Revestimiento por inserción de manguera. Consiste en insertar dentro de la tubería existente una manguera de polietileno o de poliuretano con un refuerzo textil.

En algunos de estos métodos se pueden emplear tuberías metálicas, tal es el caso de la rehabilitación de la línea de 78”, que se esta adelantando en la actualidad, este método se ha utilizado desde hace mas de 20 años en Estados Unidos y en Brasil.

Los procedimientos descritos anteriormente no pueden ser utilizados en forma indiscriminada, pues dependen de diámetros, tipos de línea a rehabilitar, presiones internas, cargas externas etc.

3.3. ESTRUCTURAL

A partir de la información recopilada en esta área se pretende una evaluación y análisis de la red matriz, bajo el criterio y comportamiento estructural, con el objeto de establecer y obtener diferentes elementos de juicio, que permitan realizar el diagnóstico real del estado de los elementos que componen dicho sistema,

identificando así los sitios críticos, las causas que generan problemas de funcionamiento y finalmente los sitios que deben ser rehabilitados. Los documentos de mayor relevancia son:

- EAAB. Estudios y Diseños de la Red Matriz de Distribución. (tibatoc-Cantarrana-Casablanca). Fallas en tuberías. Resumen de estudios realizados, enero/84.
- Análisis preliminar de esfuerzos. Cortes de la Tubería de 60". EAAB
- Secciones de cámaras de inspección prefabricadas en concreto reforzado. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Pipeline Risk Management Manual: A systematic approach to loss prevention and risk assessment. W. Kent Muhlbauer.
- Proceedings of the conference on pipelines in adverse environments II. Asce.
- Piping Handbook. Reno C. King and Sabin Crocker.
- Comportamiento sísmico de conductos enterrados. Luis E. Yamin.
- Seismic wave effects on water systems. Michael J. O'Rourke.
- Applied Technology Council, Earthquake damage Evaluation data for california.

Al estudiar y analizar el Documento "Comportamiento Sísmico de Conductos Enterrados", realizado por Luis E. Yamin, Bernardo Caicedo y otros; se encuentra un modelo que relaciona la interacción suelo-tubería, el efecto de la transición en zonas heterogéneas y la resistencia de los conductos, así mismo se presenta un procedimiento para evaluar deformaciones y esfuerzos en la tubería ante cargas dinámicas. En este documento, se concluye que las deformaciones y esfuerzos inducidos en las tuberías por las ondas sísmicas, pueden ser de tipo axial o de flexión, esto dependiendo del tipo de onda y de la dirección de propagación de la misma, de tal forma que las fallas pueden estar asociadas a tensión directa, pandeos por efecto de compresión, flexión excesiva, pandeo local o distorsión de la pared de la tubería y fracturamiento de la tubería en las zonas de mayor deformación.

Debido a la baja rigidez relativa de la tubería y de acuerdo con el método de análisis simplificado descrito, se suprime en forma conservativa, que la tubería quedaría sometida a las mismas deformaciones inducidas por el subsuelo, es decir, la tubería se comporta de forma solidaria con el suelo.

Así, se presenta una ecuación para estimar los esfuerzos inducidos en la tubería por la acción dinámica, y su esfuerzo máximo, esto se compararía con la resistencia intrínseca de cada tipo de tubería.

Analizando la metodología propuesta en este documento, se llega a establecer un valor muy puntual de resistencia o falla de la tubería, pero no involucra fallas a lo largo de la red, es decir, fallas o rupturas por Km de tubería.

Otro grado de complejidad, es la de establecer con certeza el valor de la longitud de onda probable de los suelos en consideración.

En definitiva, se considera que esta metodología, sería muy compleja y no representaría con objetividad y realismo el fenómeno a tratar, por lo que se recomienda considerar otra metodología para llegar a establecer para el caso sísmico fallas o rupturas por Km.

En consecuencia, se estudió la metodología planteada en el “Estudio de microzonificación Sísmica para Santa Fe de Bogotá”, Ingeominas y Uniandes, el cual se basa en el artículo del ATC-13, Applied Technology Council, Earthquake Damage Evaluation Data for California, en este artículo, se presenta una metodología especializada para conductos enterrados, relacionando la aceleración máxima, con el tipo de suelo, esto con el objeto de encontrar las rupturas por Km; o por otro lado, el desplazamiento con el tipo de tuberías para encontrar las rupturas por Km. Este procedimiento es más adecuado para la evaluación del comportamiento de la red matriz, ya que se puede utilizar en distintos escenarios de eventos sísmicos y a su vez correlacionarlos con rupturas por Km.

También se cuenta con la información contenida en planos proporcionados por la EAAB, como son: Planos estructurales de Despiece definitivos de cajas (Bogotá IV), planos estructurales definitivos de los diferentes tipos de cimentación tanto de tuberías como de cajas.

Con la información recopilada se estudian los aspectos relacionados con la cimentación de tuberías y estructuras de control; aspecto sísmico, su influencia, magnitud, intensidad e importancia, así como su correlación con la geotécnica; puntos críticos causados por cambios bruscos de rigidez; puntos críticos causados por cambios en los suelos y geología (cambios sustanciales en la composición de los estratos y efectos de fallas regionales); comportamiento estructural de la tubería (presiones internas, presiones externas por cargas muertas y vivas, asentamientos diferenciales y movimientos generales del terreno y análisis de otros componentes como uniones y cajas.

Dentro de las actividades de recopilación de la información, se llevó a cabo una visita de campo , a las líneas Vitelma-Jalisco y Vitelma-Diana Turbay, en donde se inspeccionaron algunas cajas de válvulas. En el Anexo 5 se presentan las fotos y comentarios de la visita.

3.4. GEOLOGÍA

El análisis de la información existente a nivel local, se desarrolló para conocer e identificar aquella que puede ser utilizada como soporte para ser implementada con detalle a lo largo de los corredores de la red matriz del sistema de acueducto que, permitan conocer los parámetros de carácter geológico que incidan en la vulnerabilidad del sistema.

Los aspectos generales contemplados desde el punto de vista geológico que se tomarán como referencia para la evaluación geológica, se pueden determinar a

partir de la información consultada principalmente en INGEOMINAS, a continuación se relacionan algunos de los estudios más relevantes:

- Apéndice a los trabajos geológicos de campo con destino al acueducto municipal de Bogotá. José Royo y Gómez.
- Estudio geológico de la zona al norte del tanque de San Diego y seguridad del suelo. José Royo y Gómez.
- Estudio geológico de la zona sur del tanque de San Diego y seguridad del suelo. José Royo y Gómez.
- Informe preliminar sobre deslizamiento en el barrio Girardot. Benjamin Alvarado.
- Deslizamiento en el barrio Montebello (Bogotá). Marino Arce Herrera.
- Sugerencias para la construcción de un acueducto de aguas subterráneas para los barrios del sur de Bogotá D.E. en el valle del río Tunjuelo. Diezeman Wolfgang.
- Las condiciones geológicas en el faldeo situado entre Las Cruces y San Cristobal. Enrique Hubach.
- Deslizamientos al suroriente de Bogotá. Diezeman Wolfgang.
- informe sobre las posibilidades de aguas subterráneas en los terrenos de la Escuela Militar de cadetes en Bogotá.
- Geología del noreste de Bogotá. Guillermo Ujueta.
- La falla de Bogotá (Universidad de California). Tomas Clemens.
- Deslizamientos en el área del Hospital Militar Central. Gilberto Manjarres.
- La zona del deslizamiento de la zona suroccidental del Parque Nacional de Bogotá. Alberto Sarmiento Alarcón.
- La zona del deslizamiento del Parque Nacional de Bogotá. Vicente Suarez Hoyos.
- Estudio geológico de la parte noroccidental de la Sabana de Bogotá. Francisco Mosquera M.
- Informe sobre la zona de tejares comprendida entre el Parque Nacional y la calle 46. Benjamin Alvarado.
- Los deslizamientos y derrumbes de Rosales. José Royo y Gomez.
- Estratificación de la Sabana de Bogotá y alrededores. Enrique Hubach.

- Informe preliminar de arcillas en la Sabana de Bogotá. Harold Carter.
- Fotografías de los siguientes vuelos de Febrero de 1.998, los más recientes sobre la Sabana de Bogotá:

VUELO	FOTOS NUMEROS	OBSERVACION (reserva militar)
S 8784	002 a 012	
S 8785	014 a 026	
S 8786	028 a 045	
S 8787	047 a 067	
S 8788	069 a 097	Reserva 79-80 y 84-89
S 8789	098 a 125	Reserva 104-105 y 108-111
S 8790	127 a 152	Reserva 138-140 y 144-147
S 8791	158 a 177	Reserva 167-169

- Bogotá, ha sido estudiada tanto a nivel puntual como a nivel local y se dispone de una cartografía geológica, a escala 1: 25.000 del mapa del informe de zonificación geotécnica elaborado por el INGEOMINAS en el año de 1.988, con diferenciación de materiales expuestos tanto en la zona montañosa como la plana.

A partir de la información consultada se caracterizará geomorfológicamente Bogotá en dos (2) zonas: 1. La plana: En la parte central en donde se halla la mayor parte de la población y 2. La montañosa, de la cual, una parte está sometida a la minería de tajo abierto (canteras, gravilleras y chircales) otra parte habitada y una tercera parte localizada en la zona oriental y suroccidental que no ha sido intervenida.

Así mismo, a partir de la información anteriormente relacionada, inicialmente se clasifica Bogotá sobre un terreno geológicamente tipificado como un extenso relleno sedimentario que conforma un área mayor conocida como la Sabana de Bogotá y se encuentra rodeada por cerros constituidos por rocas sedimentarias (areniscas y arcillolitas). Se encuentra emplazada sobre afloramientos de rocas sedimentarias de origen marino y continental con edades entre el Cretáceo y Terciario y depósitos sueltos de poca consolidación de edad Cuaternaria (Pleistoceno a reciente) Royo y Gómez (1.950), Hubach E (1.951)., De La Espriella R y Et (1.960), Carter H.

(1.963), Mosquera F. (1.975), Caro P. et (1988). La tectónica del área es complicada, puesto que existen numerosas fallas asociadas con el levantamiento de la cordillera Oriental, algunas de ellas limitan las unidades litológicas ya descritas. Igualmente, se tiene la existencia de fallas en el piedemonte llanero con influencia sobre la Sabana de Bogotá (Acacias, Colonia, San Pedro-Yopal, Guayuriba, Colepato, Tesalia, Curumal, Servitá, Guaicáramo, Lengupa).

3.5. GEOTÉCNIA

En ésta área se ha recopilado información proveniente de diferentes entidades en las cuales se ha desarrollado:

- Revisión y consulta de estudios realizados para Bogotá y zonas aledañas por el DPAE, INGEOMINAS, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, complementado con estudios geotécnicos efectuados en Ingeniería y Geotecnia Ltda, en diferentes sectores de la ciudad de Bogotá.
- Revisión y consulta de estudios disponibles en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, de algunas líneas de distribución de Agua Potable de la ciudad de Bogotá.
- Revisión de estudios y planos de zonificación geotécnica disponibles a diferentes escalas de la ciudad de Bogotá.
- Recopilación de información geotécnica de algunos sitios críticos según información suministrada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.
- Revisión de literatura técnica referente a metodologías para la evaluación geotécnica de líneas vitales.

Como resultado de ésta actividad se presenta la aplicación de toda la información recopilada, destacando los factores geotécnicos que se tendrán en cuenta en la evaluación.

Toda la información recopilada está orientada a elaborar un plano de zonificación geotécnica de la red matriz. Este plano se incluirá dentro del modelo de amenaza-vulnerabilidad-riesgo, donde se evaluarán las zonas y se seleccionarán aquellas que serán objeto de un estudio más detallado.

Para el estudio de las condiciones geotécnicas de toda la red de distribución se tomará como referencia la información disponible en entidades distritales, de estudios de microzonificación, planos geológicos y geotécnicos de la ciudad a diferentes escalas; para lograr mayor precisión en la información, se verificará y complementará, con estudios puntuales realizados para algunos tramos de la red, estudios viales, y estudios de suelos realizados para edificaciones y otros proyectos.

INFORMACIÓN DISPONIBLE EN EL INGEOMINAS, 1988.

Para la evaluación geotécnica de toda la red matriz se tomarán como base los planos geológicos y de zonificación geotécnica publicados por el INGEOMINAS, en el mes de octubre de 1.988, a escala 1:25.000.

Estos mapas contienen la litología detallada del área metropolitana de la ciudad de Bogotá. En la zona norte los planos cubren parte de la vereda La Floresta y el municipio de Cota, por el oriente abarca toda la zona montañosa de los Cerros Orientales hasta el Municipio de La Calera y por el costado sur se proyecta hasta los Municipios de Usme y Soacha; por el sector oriental los planos cubren la ronda de inundación del río Bogotá.

En la zona montañosa se definen cinco zonas homogéneas en función del "riesgo" de inestabilidad, que debe interpretarse como "amenaza", evaluadas en función de su estabilidad, ya que en los mapas de zonificación no se contemplan conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Se diferencian las siguientes zonas:

- Zona IM: De bajo riesgo.
- Zona IIM: De riesgo intermedio.
- Zona IIIM: De riesgo medio.

- Zona IVM: De riesgo alto.
- Zona V AM: De riesgo muy alto.
- Zona V BM: De riesgo muy alto.

En la zona plana, el cuaternario se diferencia en función de los tipos de materiales allí presentes, asociados a su origen, orientado a cimentaciones urbanas. Se diferencian allí las siguientes zonas:

- Zona IP: Zona de inundación baja constituida por arcillas y limos poco permeables.
- Zona I AP: Zonas de arcillas y limos medianamente densos.
- Zona I BP. Zonas de arcillas y limos con una capa superior de arcilla expansiva.
- Zona IIP: Superficialmente arcilla y limo orgánico seguido por arcillas amarillas preconsolidadas y agrietadas.
- Zona IIIP: Zona de suelos (arcillas y limos) muy blandos y compresibles
- Zona IVP: Zona de depósitos coluviales y conos de deyección.
- Zona VP: Zonas de borde de terrazas del río Tunjuelito con posibilidad de deslizamiento ante el evento de inundación.

INFORMACIÓN DISPONIBLE DEL ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA:

a) Información Geológica y Geotécnica:

Como complemento de la información anterior, se analizará el Mapa Geológico y de Zonificación Geotécnica efectuado por el INGEOMINAS y la UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, 1997, para el Estudio de Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá, D. C., escala 1:120.000, que se basa en la siguiente información:

- Plano Geológico y Geotécnico del INGEOMINAS, 1.988.
- Estudios de Suelos efectuados en Bogotá (en total 147).
- Descripción litológica de 79 pozos de agua subterránea.
- Plan complementario de exploración con base en 5 sondeos de 250 m, 4 de 100 m, 15 de 50 m y 28 de 20m.
- Propuesta de Zonificación Geotécnica de Bogotá, por Martínez y Rubiano,

1990.

- Microzonificación del área IIP de Bogotá, Salamanca, 1995.

Este estudio cuenta con mayor información en lo referente a la zona lacustre donde se precisan los contactos entre los complejos de conos y las zonas de suelo blando, además de los rellenos antrópicos recientes, los cuales se tendrán en cuenta en los Mapas Geológico y Geotécnico de éste proyecto.

b) Microzonificación Sísmica:

Para la evaluación sísmica de la Red Matriz se tomará como base el Estudio de Microzonificación Sísmica de la ciudad de Bogotá, donde se diferencian cinco zonas así:

- Zona 1: Cerros
- Zona 2: Piedemonte.
- Zona 3: Lacustre A.
- Zona 4: Lacustre B.
- Zona 5: Terrazas y Conos.
- Zona 5 A: Terrazas y Conos potencialmente licuables.
- Rondas de ríos y humedales
- Rellenos de basuras.
- Rellenos de Excavación.

Para cada sector se cuenta con el espectro de respuesta sísmica el cual se tendrá en cuenta en la evaluación de vulnerabilidad sísmica de la Red Matriz.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA:

a). Estudios de Zonificación Geotécnica:

Se consultaron varios estudios geotécnicos recientes los cuales cuentan con planos detallados de algunas áreas de la ciudad, especialmente de las zonas montañosas; estos mapas se encuentran a escalas 1:10.000, 1:25.000 y 1:30.000. a partir de la información proveniente de estos estudios, es posible cubrir gran parte de la ciudad,

en particular de las zonas de mayor afectación geotécnica, en consecuencia, serán de gran utilidad en la revisión y ajuste del mapa de zonificación geotécnica de la red matriz. en la siguiente tabla se hace un inventario de los estudios consultados:

- Estudio de zonas de alto riesgo en la localidad de Tunjuelito. 1996.
- Estudio de zonas de riesgo en la localidad de Engativá, 1996.
- Estudio geotécnico para el proyecto de Microzonificación Sísmica de Bogotá. 1995.
- Zonificación por fenómenos de remoción en masa para 27 barrios de la localidad de Usme. INGETEC, 1999.

También se consultó el estudio de la Red de Alcantarillado de Bogotá el cual posee información geotécnica que abarca gran parte de esta red. La información consignada en éste estudio no distingue cambios sustanciales en algunas zonas de la ciudad y por tal motivo será utilizada como complemento de la información básica.

b). Estudios geotécnicos de líneas de acueducto:

Este tipo de información fue consultada principalmente en la EAAB y contiene información geotécnica de líneas de distribución, líneas troncales y líneas de interconexión o refuerzo, que contienen en su mayoría apiques y barrenos manuales efectuados hasta una profundidad máxima de 10.0 m a lo largo de cada una de las líneas estudiadas, con un espaciamiento entre 100 y 200 m. Con el propósito de efectuar una recolección sistemática de la información, se diseñó un formato en el cual se consigna la descripción general del perfil del subsuelo en cada punto de exploración, indicando algunas propiedades básicas que permitan establecer el tipo y comportamiento general de los suelos. En la siguiente tabla se hace un inventario de los estudios consultados:

- Evaluación de líneas expresas, red matriz del acueducto de Bogotá. Contrato N° 167 – 1985. Salgado Melendez y Asociados. Bogotá, 1985:
Volumen I: Estudio geotécnico Línea Wiesner – Suba.
Vol. II: Estudio Geotécnico Líneas Wiesner – Suba (Variante) e

Interconexión Autopista Norte – Av. Boyacá.

Vol. III: Estudio Geotécnico Línea Parque Nacional – Casablanca.

Vol. VI: Estudio Geotécnico Línea Interconexión San Diego – Zona Intermedia.

Vol. VII: Estudio Geotécnico Líneas de refuerzo Av 1° de Mayo y Av. Las Américas.

Vol. VIII: Estudio Geotécnico Líneas Interconexión Av. El Dorado – Ferrocarril Zona Intermedia.

- Estudio de Suelos, prediseño sistema troncal Fucha.

c). Estudios de suelos puntuales:

Se consultaron varios estudios geotécnicos puntuales en zonas de la ciudad que no estuvieran cubiertas por los estudios de zonificación geotécnica relacionados anteriormente. Estas zonas comprenden gran parte de las localidades de Engativá, Fontibón, Kennedy, Puente Aranda y Bosa. Se consultaron varios estudios de suelos efectuados por Ingeniería y Geotecnia LTDA obteniendo información sobre el perfil estratigráfico general y las propiedades básicas de los suelos en perforaciones efectuadas a diferentes profundidades. Al igual que en los estudios de líneas de acueducto, la información fue recolectada sistemáticamente mediante el empleo de un formato en el cual se consigna la descripción general del perfil del subsuelo en cada punto de exploración, indicando algunas propiedades básicas que permitan establecer el tipo y comportamiento general de los suelos. En la siguiente tabla se hace un inventario de los estudios consultados:

- Estudio geológico y geotécnico urbanizaciones La Aurora II y Marichuela. Localidad de Usme. Geól. Rodolfo Franco, 1992.
- Estudio geotécnico para el proyecto e Microzonificación Sísmica de Bogotá. 1995.
- Diferentes estudios de suelos efectuados por IGL en el sector centro y occidente de Bogotá. Ingeniería y Geotecnia, 1993-2000.

d). Estudios geotécnicos en zonas críticas:

Con base en la información disponible sobre algunos tramos críticos de la Red Matriz, desde el punto de vista geotécnico, se consultaron en la Empresa de Acueducto de Bogotá varios estudios efectuados anteriormente en algunos de estos tramos con el propósito de recolectar información básica la cual será de gran utilidad durante el análisis detallado de estos tramos. Los estudios consultados fueron los siguientes:

- Informe geológico y geotécnico, Los Alpes (Ref. A02387).
- Estudio de suelos, deslizamiento Los Alpes, Línea Los Alpes - Quindío (Ref. A00843).
- Estudios de suelos línea Centro - Vitelma (Ref. A01726)
- Estudios de suelos, conducción San Diego - Vitelma (Ref. A01809, A01935).

e). Estudios de zonificación de riesgos por inundación:

Se consultaron algunos estudios del DPAE sobre zonificación de riesgos por inundación en las zonas de los ríos Bogotá, Fucha, Tunjuelito y Qda, Chiguaza, en las localidades de Kennedy, Engativá, Suba, Tunjuelito, Ciudad Bolívar, Fontibón y Bosa. La información geotécnica contenida en estos estudios consiste en la descripción general de los materiales por los cuales están compuestos los jarillones ubicados en las márgenes de estos ríos, así como también una descripción general del suelo de fundación y los análisis de estabilidad de estos jarillones. A continuación se muestran algunos de los estudios consultados:

- Estudio de riesgos por inundación en las localidades de Kennedy, Engativá y Suba. INGETEC, 1977.
- Estudio de riesgos por inundación Qda. Chichiguaza, Fase II. 1996.
- Zonificación de riesgos por inundación al norte de Suba. Estudios y Asesorías, 1999.
- Zonificación de riesgos por inundación en la localidad de Tunjuelito y Ciudad Bolívar. INGETEC, 1999.
- Zonificación de riesgos por inundación en la localidad de Fontibón. Margen Izq. del río Bogotá. INGETEC, 1999.

3.6. ELECTROMECAÁNICA

En esta área se ha recopilado información orientada a determinar en primera instancia el inventario de válvulas existentes en la red matriz de distribución; para ello se han consultado los siguientes documentos:

- Seminario de válvulas para agua potable y aguas servidas. Bopp & Reuter.
- Válvulas selección, uso y mantenimiento. Richard W. Greene – McGraw Hill.
- Reporte de equipos por ubicación. División Electromecánica de la EAAB.
- Planos de construcción (planta-perfil) de diferentes líneas de la red matriz de acueducto.

A partir de éstos documentos, es posible conocer la relación de diferentes tipos de válvulas, su diseño y tablas características, así como el uso de las mismas, para válvulas similares a las empleadas por la EAAB; lo anterior permite complementar la información que sobre válvulas posee la EAAB, y con la revisión de los planos se complementa el inventario de válvulas suministrado por la EAAB.

En el Anexo 6 se presenta copia del inventario preliminar de válvulas, una vez analizada la información suministrada por la EAAB, esta se clasificó en la siguiente forma:

- Columna 1: Sitios o items de ubicación de una o varias válvulas con la misma posición geográfica (según codificación EAAB).
- Columna 2: Ubicación de la válvula.
- Columna 3: Identificación del Informante (número de identificación del elemento en el informe de mantenimiento de la división mecánica EAAB).
- Columna 4: Diámetro de la válvula en pulgadas.
- Columna 5: Marca o identificación del fabricante.
- Columna 6: Modelo, manual o automático, o referencia del fabricante y/o

tecnología de uso.

- Columna 7: Tipo cono, compuerta, mariposa o reductora.
- Columna 8: Función, papel que desempeña dentro de la red, derivación, cierre o reguladora.

Por otro lado se han consultado documentos que permitan obtener mayor conocimiento acerca de los efectos de la corrosión y procedimientos de medición y rehabilitación en válvulas, ya que, como ha sido reportado por funcionarios de LA EMPRESA, es el problema más frecuente en la red matriz. Para ellos se han consultado entre otros, los siguientes documentos:

- Corrosions Basics An Introduction. Publicación Nace.
- Assessment of water main rehabilitation practices. Arun K. Deb.
- Estudio y actualización de las estaciones de bombeo – Estructura de Control Cazuca y Silencio. Hidrosan Ltda.
- The pitting corrosion Copper. Marc Edwards y otros.
- Influence of the transported water on the corrosion of steel pipelines. J. Marton y otros.
- Effect of Selected anions on copper corrosion rates. Marc Edwards y otros.
- The use networks diagnosis techniques in the effective targeting of water mains rehabilitation expenditure. J. Graham, A. Lowdon and G. Pike.

A partir de la información recopilada, se establecieron los criterios y el método, para priorizar el orden de inspección de las válvulas instaladas en la red matriz. A continuación se enuncian los criterios a considerar:

- Historial de fallas, reportes de mantenimiento o problemas operativos: Reporte de mal funcionamiento, Informe de mantenimiento correctivo, Informe de mantenimiento preventivo, Informe de mantenimiento predictivo.
- Periodo de funcionamiento: Mayor o igual a treinta (30) años, entre veinte (20) y treinta (30) años, entre diez (10) y veinte (20) años, número de operaciones por año.

- Diámetro de la válvula: 78", 60", 42", 36", 24" y 16".
- Ubicación de la válvula: Estructura de control, principio o final de la línea, derivación, tramo intermedio, sectorización.
- Función: Antisísmicas, reguladoras de caudal y/o caudal, elementos de cierre, by pass, ventosas, purgas, altitud.
- Operación: Actuador eléctrico, actuador manual
- Válvulas principales o fundamentales en el sistema, como son aquellas que están sobre las líneas vitales al inicio, al final y en las derivaciones.
- Todas aquellas válvulas que están ubicadas en los sitios críticos identificados desde el punto de vista geológico, geotécnico y estructural (se incluyen las cajas).
- Aquellas válvulas que manifiesten problemas desde el punto de vista hidráulico.
- Válvulas que se encuentren dañadas por algún concepto.
- Válvulas que por su tecnología merezcan ser actualizadas, se les programará en el tiempo su rehabilitación o renovación al momento que están presentando las fallas, o en un lapso de tiempo que se definirá posteriormente.

A cada uno de estos criterios se le asignará un puntaje, con el cual se determinarán las prioridades de selección de las válvulas, para elaborar el programa de inspección.

Se han tenido reuniones con la División Electromecánica de la Empresa, investigando el estado e información existente en cuanto al tema de protección catódica de las conducciones del proyecto Bogotá IV que se instalaron, y también la ubicación de los elementos de esta protección, que quedaron para ser instalados en una línea de este programa. También se está investigando los monitoreos que sobre esta protección se lograron efectuar.

Con relación a las válvulas instaladas en la red matriz, se han efectuado reuniones en la compañía American Pipe, en donde se están llevando a cabo rehabilitaciones de válvulas instaladas en la línea Tibitoc-Casablanca conociendo su estado y el proceso que se está siguiendo para su rehabilitación. Así mismo, en las

instalaciones de American Pipe, se han observado otras válvulas de compuerta y de aire, así como baypasses que están siendo sometidas a limpieza y arreglos de sellos; es notoria la incrustación que presentan estos últimos accesorios, especialmente aquella que corresponden a válvulas de purga.

Con base en lo observado en campo y en las instalaciones de American Pipe, se tuvo una reunión con los representantes de las válvulas de mayor diámetro, como es la firma Ferrostal de Colombia, quién facilitó información al respecto y entró en acopio de mayor información relacionada con la tecnología de esas válvulas (Blake Brought) y además con tipos de válvulas concéntricas y excéntricas. Así mismo, se realizó una visita de campo al tramo en rehabilitación de la línea Tibitoc-Casablanca, en donde se observaron las válvulas involucradas y las labores de limpieza realizadas.

Se ha tenido reunión con el Ing. Roosevelt Apache, Coordinador del proyecto de la Concesión Tibitoc, el cual facilitó una copia del manual de mantenimiento y operación de uno e los tramos ya rehabilitados de la línea Tibitoc-Casablanca, el cual se está procediendo a analizar.

3.7. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS

En lo que respecta a la especialidad de evaluación económica, el producto de la actividad 1 del Estudio, sobre el resumen de la información recopilada y la ubicación de la misma, se sintetiza en los siguientes aspectos:

- Consulta y análisis de los Términos de Referencia del Estudio (Invitación a Cotizar No. 10-340-1999), haciendo énfasis en los alcances específicos mencionados en los Términos, relacionados con el diagnóstico de los costos actuales de operación y mantenimiento de la red matriz; análisis de costos e implicaciones de orden social de diferentes tecnologías para la renovación y rehabilitación de redes matrices; significado de los costos y beneficios en la

formulación de un programa de rehabilitación y relación beneficio – costo, fundamentada en la evaluación socio-económica.

- Estudio de los temas anteriormente mencionados, presentados por el Ingeniero Consultor en la propuesta técnica – económica.
- Como base metodológica preliminar, se han examinado algunos documentos donde se efectúan análisis y formulan modelos sobre la justificación económica y financiera de los programas de mantenimiento de redes y la toma de decisiones conducentes a optimizar las inversiones, ya sea en la reparación, rehabilitación o renovación de redes, entre estos documentos vale la pena mencionar:

Cabrera E y otros. Network maintenance through analysis of the cost of water. Journal AWWA (Julio 1995)

Deb A. K. Assessment of Water Main Rehabilitation Practices.

Jackson L. y otros. A Proactive Approach to Water Distribution System Maintenance.

Jeffcoate P. y Saravanapavan A. La reducción y el control del agua no contabilizada. Documento Técnico del Banco Mundial No. 72S.

Kutsai M. Criteria and Methods for Evaluating Distribution Systems Mains.

- Con respecto a la información sobre la gestión de la EAAB, desde el punto de vista de calificación y cuantificación de la operación y mantenimiento del sistema de acueducto, se revisaron los informes de actividades y gestión de la Dirección Operativa, correspondientes a los años de 1.988, 1.989, 1.996, 1.997, 1.998 y 1.999. Estos informes reportan estadísticas generales del sistema de acueducto, por lo tanto no discriminan las redes matrices y las menores, imposibilitando la

obtención de cifras específicas sobre las redes principales.

- Con el fin de determinar la organización de la Empresa para la operación y mantenimiento de la red matriz, y de esta forma establecer y evaluar posteriormente los costos, se consultó inicialmente el Informe Ejecutivo de Gestión Trienal 1.996 – 1.997 – 1.998 de la Gerencia de Operación. De acuerdo a este informe, en el Organigrama de la Gerencia de Operación se ubica la Dirección de Operación y Control Acueducto, que se encuentra encargada de la operación y mantenimiento de la red matriz del sistema de acueducto. Para efectos de establecer los costos, determinar su estructura y efectuar su análisis, a esta Dirección le corresponde, conforme al organigrama, el Centro de Costo 8300, dicha información será solicitada en los próximos días a la Dirección de Contabilidad de la Empresa.

El estudio sobre la organización administrativa, funcional y operativa de la Dirección de Operación y Control, se ha ido ampliando a través de entrevistas realizadas con el Director y los Jefes de División.

4. INFORMACIÓN BÁSICA PARA LA MODELACIÓN HIDRÁULICA

Para esta área, la información básica a considerar es la proporcionada principalmente por dos (2) estudios: 1. Estudio de Actualización del Análisis Operacional del Sistema de Red Matriz de Acueducto para la ciudad de Santa Fe de Bogotá (SMA-1997), y 2. Actualización de la Proyección de la Demanda de Agua para Santa Fe de Bogotá (TEA-1999).

4.1. ESTUDIO DE ACTUALIZACIÓN DEL ANÁLISIS OPERACIONAL DEL SISTEMA DE RED MATRIZ. SALGADO, MELÉNDEZ Y ASOCIADOS (SMA)

Este estudio es de suma importancia para el análisis hidráulico requerido en la evaluación de la red matriz y la formulación del programa estructurado para su rehabilitación, teniendo en cuenta que incluye la versión más actualizada del modelo físico y codificado de la red matriz.

4.1.1 DEMANDA DE AGUA

El estudio contiene los aspectos relativos a la distribución nodal de la demanda del año 1996, a partir de los datos proporcionados por la EAAB - ESP a nivel sector censal y la calibración inicial del modelo de simulación hidráulica para la red matriz.

Para determinar la demanda de agua para la ciudad y los municipios aledaños servidos por la EAAB - ESP, la Empresa contrató a su vez el Estudio de Población y Demanda para la Ciudad de Santa Fé de Bogotá, D.C. con el Consorcio TEA Ltda

CIC Geomatic, cuyo informe final relativo a la Demanda de Agua fue entregado el 16 de Junio de 1997 a Salgado, Meléndez y Asociados.

En dicho estudio se detalla ampliamente el consumo de agua del año 1996 presentando la desagregación del consumo facturado a nivel de sector censal, así como del consumo facturado de los municipios atendidos por la Empresa, esta información fue utilizada por Salgado Meléndez como base para los análisis hidráulicos y calibración del modelo matemático de simulación.

En el estudio de TEA-CIC se obtuvo la demanda bruta (incluyendo agua no contabilizada) para el año 1996 obtenida a partir de las proyecciones de población y los parámetros de dotación. Sin embargo, por ser ésta una demanda potencial, no necesariamente atendida por la red física de acueducto, no se utilizó para la calibración del modelo real de la red, que se comportó en 1996 en concordancia con la población realmente servida.

Finalmente ante la carencia de índices de agua no contabilizada discriminados a nivel de sector censal, SMA optó por mayorar el consumo facturado de manera uniforme de modo que se obtuviera un caudal total igual a $17.4 \text{ m}^3/\text{s}$, valor correspondiente al agua realmente entregada por las plantas de tratamiento del sistema, una vez descontando el error correspondiente a la macromedición.

Con base en la distribución espacial de la demanda realizada a nivel del sector censal, se efectuó la distribución a nivel de nodo del modelo matemático para definir la denominada matriz nodal de demanda.

Se definieron las áreas aferentes a los diferentes nodos del modelo con sus respectivos porcentajes, y se estructuró un sistema de información de demanda (SIDEM), mediante el cual se captura, procesa, verifica y produce las matrices y listados de demanda.

La firma Consultora considera que es procedente mantener la estructura y la

distribución de la demanda obtenida en el estudio de SMA.

No obstante lo anterior en el año 1999 la EAAB contrató nuevamente a la firma TEA LTDA para actualizar el estudio de 1996 considerando que se habían presentado cambios fundamentales en la demanda de agua consistentes en cambio de dotaciones y en el índice de agua no contabilizada, asimismo se ampliaron las proyecciones al año 2020.

Por lo anterior se requiere revisar el estudio en mención y hacerlo compatible con las últimas proyecciones de TEA y con los cambios en la distribución espacial así como el tratamiento a las nuevas áreas de expansión de acuerdo con las nuevas estrategias contempladas en el Plan de Ordenamiento Territorial POT, las cuales sustituyen e integran en gran medida los antiguos Bordes, establecidos en las normas reglamentarias del Acuerdo 06 de 1990.

4.1.2 MODELO HIDRAULICO DE SIMULACION

Para realizar las simulaciones hidráulicas del sistema de red matriz SMA partió de los esquemas de codificación obtenidos del sistema básico, del sistema de líneas expresas y del sistema Vitelma - la Laguna.

4.1.2.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SISTEMA BÁSICO.

Las principales condiciones de operación del sistema consideradas en la calibración del modelo son las siguientes:

- El sistema de Tibitoc funciona con el tanque Tibitoc Bajo y a través de la línea de ϕ 60". La tubería de ϕ 2.00 m se cierra a la salida del tanque.
- Las interconexiones Tibitoc y Espinal se cierran. Permanecen abiertas las interconexiones La Caro, Puente Piedra y Calle 150.

- Las presiones aguas abajo de las válvulas reductoras de Usaquén se establecieron en 48 m para la zona baja norte y 54 m para la zona baja sur.
- Las denominadas zona baja sur y zona baja norte están independizadas al norte y centro de la ciudad, interconectadas únicamente en el área de influencia del tanque Santa Lucía.
- La zona intermedia está aislada, tanto en su parte norte que depende de la estación de Usaquén, como en la zona que es alimentada por la estructura de control Santa Fe, cuya presión fue establecida en 53 m.
- De igual manera, la zona servida por gravedad de San Diego está aislada de la zona atendida por la estructura de control Santa Fe.
- El tanque Cazucá atiende exclusivamente el área del municipio de Soacha.

4.1.2.2 ALCANCE GENERAL DE LA MODELACIÓN

Los análisis realizados por SMA incluyeron la definición de nuevos parámetros para los factores de demanda media, mínima y máxima y curvas de consumo intradiario, con base en los cuales se realizaron las simulaciones extendidas a un período de 24 horas para evaluar el comportamiento de los tanques Casablanca, Parque Nacional y Santa Lucía.

Igualmente, se simularon las condiciones de operación de las estaciones de bombeo con base en los datos reales de caudal de las bombas para las estaciones que cuentan con esta información, y con los datos de caudales de diseño para los demás casos.

De otra parte se confrontó la operación al año 1996 con la propuesta establecida en los estudios anteriores (Bogotá IV) y se estudiaron algunas alternativas de

operación de la red básica para aislar completamente las denominadas zona baja norte y zona baja sur.

Como resultado se obtiene el modelo de simulación hidráulico debidamente calibrado y ajustado para las condiciones operacionales y la demanda del año 1996

Posteriormente se efectuó el dimensionamiento hidráulico de la red para el sistema básico y el sistema Vitelma al año horizonte 2015, definiendo las obras requeridas para las condiciones de demanda máxima horaria y niveles máximo en tanques. Se analizó el comportamiento de las líneas expresas de alimentación a los tanques bajo las condiciones de demanda media y máxima diaria.

Con el plan de obras para el año 2015 se estableció su implantación con las obras prioritarias al año 1997 y para los quinquenios 2000, 2005 y 2010.

4.1.2.3 ANALISIS DE VULNERABILIDAD

El estudio consideró como puntos vulnerables las plantas de tratamiento: Wiesner, Tibitoc, Vitelma, La Laguna y El Dorado, así como las denominadas estructuras de control en tanque y en línea y fallas en la tubería de \varnothing 2 m.

Respecto a la falla de las plantas de tratamiento se realizaron modelaciones hidráulicas para observar el comportamiento del suministro a lo largo del día para la situación de ese entonces según el programa de racionamiento preparado por la EAAB para el efecto. Para los años futuros se indicaron las guías generales de manejo del racionamiento aprovechando las conclusiones derivadas del análisis de la situación al año 1996.

Analizando la expansión total de la red matriz y teniendo en cuenta los parámetros utilizados en los diseños para las estructuras de control, se planteó a la EAAB-ESP, expresando ésta su aprobación, que no era necesario un análisis profundo de las estructuras de control como puntos vulnerables, ya que con un análisis somero

realizado se consideró fácilmente superable esas situaciones.

Por otra parte, se estudió el comportamiento hidráulico del sistema ante la rotura de la tubería de Ø 78" al sur de la calle 80, pues este daño puede tomar un tiempo del orden de 2 días en ser reparado.

Adicionalmente en cuanto a daños de las tuberías, se consideró como vulnerable la línea de Ø 60" desde el tanque Santa Ana hasta la estructura de control Usaquén, dados los problemas geotécnicos existentes.

Finalmente, se estudiaron algunas soluciones para el caso que sea necesario en el futuro rehabilitar la tubería de Ø 2 m al sur de la calle 80.

4.1.2.4 OTROS ASPECTOS DEL ESTUDIO

El estudio también incluyó los análisis preliminares desarrollados para contemplar la incorporación del agua proveniente del Proyecto Sumapaz al sistema matriz de distribución de la ciudad, para los años posteriores al 2015.

Adicionalmente se determinaron los puntos operacionales que se consideran claves para la correcta operación de la red a fin de ser incorporados en el Centro de Control para que dicho centro disponga de la información de las variables que pueden establecer diferentes condiciones operacionales y que además sirven para mantener actualizado el modelo matemático en tiempo real en la medida que tales mediciones realizadas lo sean en tiempo real y se cuente con el programa que continuamente procese dicha información.

4.2. ACTUALIZACION DE LA PROYECCION DE LA DEMANDA DE AGUA PARA SANTA FE DE BOGOTA ELABORADO POR LA FIRMA TEA LTDA CONSULTORIAS.

El estudio en mención fue elaborado para ampliar hasta el año 2020 las proyecciones de población y demanda para Bogotá y los 13 municipios circunvecinos realizadas en el estudio del año 1997, las cuales únicamente llegaban hasta el año 2015.

Las proyecciones de crecimiento se basaron en el análisis de la dinámica de crecimiento de la ciudad en el periodo 1970-1995. Para tal fin se empleó el método de los componentes que consiste en proyectar por separado el futuro comportamiento de las tasas brutas de natalidad y mortalidad y las tasas netas migratorias.

Se plantearon tres escenarios de crecimiento alto, medio y bajo. En el escenario medio para el año 2000 se tienen 6,500,000 habitantes que proyectados al 2020 ascienden a 9,600,000 habitantes en la ciudad de Bogotá.

La demanda de agua con relación a las proyecciones del estudio de 1997 para el escenario medio resultaron para el año 1998 inferiores en un 15% y para el año 2015 inferiores en un 23%. Esta diferencia las explica TEA por el efecto combinado del cambio en las dotaciones y el índice de agua no contabilizada INAC.

Al comparar las proyecciones de demanda con la oferta disponible confiable de 25 m³/s, se observa que para atender el escenario alto de demanda existe agua disponible para el abastecimiento de la ciudad al 100% hasta el periodo 2014-2015. Para el escenario medio de demanda el agua disponible llegaría hasta el periodo 2019-2020.

4.3. ACTIVIDADES GENERALES A EJECUTAR

Para el análisis hidráulico la Consultoría considera que se requiere desarrollar las siguientes actividades complementarias dentro de la ejecución del estudio de Evaluación de la Red Matriz y de la formulación de un programa estructurado para su rehabilitación:

- Revisar el estudio de SMA y hacerlo compatible con las últimas proyecciones de TEA (1999) y con los cambios en la distribución espacial así como el tratamiento a las nuevas áreas de expansión de acuerdo con las nuevas estrategias contempladas en el Plan de Ordenamiento Territorial POT, las cuales sustituyen e integran en gran medida los antiguos Bordes. Esta actividad deberá ser ejecutada por la Gerencia de Planeamiento de la EAAB.
- Revisar y actualizar el modelo físico en lo relativo a longitudes, materiales, coeficientes de rugosidad, empates, cotas y niveles en los tanques.
- Calibrar el modelo con las mediciones de caudal, presión y niveles de tanques efectuadas por la Dirección de Operación y Control Acueducto.
- Analizar las condiciones operacionales futuras con los cambios de las demandas.
- Crear y evaluar alternativas y escenarios para los diferentes eventos del análisis de vulnerabilidad.
- Crear y evaluar alternativas y escenarios para el análisis operacional dentro del programa de obras de rehabilitación.
- Compatibilizar el modelo hidráulico con el sistema general producido para el SIG.

5. INFORMACIÓN PARA EVALUAR EL FUNCIONAMIENTO ADMINISTRATIVO DE LA EMPRESA

El presente informe se enfoca a registrar la información que ha sido obtenida hasta la fecha, relacionada con el tema y señalar el grado de análisis que se ha logrado con ésta.

Tal como se mencionó en los informes de avance se procedió a investigar en primera instancia el contenido de las bibliotecas de la Empresa y de la Dirección de Operación y Control Acueducto, posteriormente se entró a solicitar y coordinar con la Interventoría y los Funcionarios de la Empresa, reuniones en las cuales participen por la Entidad los encargados de la operación y mantenimiento de la red matriz para que informen a la Consultoría sobre sus responsabilidades y las formas de proceder según los cargos y las funciones propias.

5.1. INFORMACIÓN OBTENIDA Y ANÁLISIS

De acuerdo con el numeral anterior y también con el Plan de Aseguramiento de Calidad, emitido por la Consultoría se procedió a registrar en los formatos correspondientes la información obtenida al nivel de consulta de documentos, y que son la fuente para la relación de documentos consultados que se presenta en el Informe. Los formatos mencionados hacen parte del archivo de la Consultoría y cumplen su propósito de registrar la importancia del documento dentro de estudio que se ejecuta.

Es importante señalar que sobre el tema es necesario continuar con la recopilación de información en razón principalmente de la necesidad de consultar otras dependencias de la Empresa y entidades tanto públicas como privadas, que pueden aportar al tema.

Análisis de Vulnerabilidad de la Red Matriz de Acueducto. Informe Final elaborado por la firma Consultoría Colombiana S.A. En este documento se muestra la vulnerabilidad administrativa de la Empresa respecto a la Red Matriz y especialmente en lo relacionado con la atención de desastres. Presenta entrevistas

con diferentes funcionarios relacionados con su propósito. Se constituye en un documento útil para el desarrollo del proyecto pues cubre la fase de atención de las emergencias en la ciudad.

Programa de Modernización. Taller sobre el Modelo Organizacional. Es una publicación de fecha septiembre 21 de 2000, en la cual se plantean los principios, las políticas para el nuevo modelo de la Empresa y las políticas de gestión humana, también señala los Acuerdos sobre el esquema institucional del nuevo modelo y hace la presentación del modelo organizacional. Este documento puede servir como referencia para diseñar, más adelante, el esquema administrativo que garantice una mayor eficiencia para el manejo y mantenimiento de las redes matrices del sistema de acueducto.

Otros documentos consultados fueron los Informes de Actividades y Gestión de la Dirección Operativa, correspondientes a los años de 1.988, 1.989, 1.996, 1.997, 1.998 y 1.999. Igualmente se consultó el documento sobre “Indicadores de Gestión Gerencial de la Empresa para el período 1.980 a 1.981” y el “Informe Ejecutivo de Gestión Trienal 1.996 – 1.997 – 1.998 de la Gerencia de Operación”.

Los Informes de Actividades y Gestión de la Dirección Operativa anteriormente mencionados, presentan información de carácter general, no discrimina el diámetro de las tuberías, por lo tanto, ésta no es útil desde el punto de vista del análisis del número de daños en las redes matrices, como variable esencial para la determinación de un modelo de evaluación económica, en la toma de decisiones sobre el mantenimiento de redes.

En cuanto a los restantes documentos consultados en la Biblioteca de la Dirección Operativa, los Indicadores de Gestión Gerencial están desactualizados, por lo que no es conveniente utilizarlos como referencia para el análisis de la situación actual en lo que concierne al sistema operativo.

Sobre el Informe Ejecutivo de Gestión Trienal, éste presenta una descripción de la

Gerencia de Operación, de la infraestructura básica del sistema de acueducto; la organización, la visión, misión y objetivos de la Gerencia de Operación; la misión y estrategias de cada una de las Direcciones; el balance de logros del área operativa y de las Direcciones y el análisis de las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas (D. O. F. A.).

Los aspectos tratados en este último documento, permiten el conocimiento de algunos elementos operativos, y organizativos de una de las áreas de la Empresa como es la operativa, con el fin de ir abordando el análisis de la situación actual, enfocada hacia el manejo de las redes matrices. Las demás áreas a evaluar se encuentran pendientes dado que no se han podido concretar las reuniones que permitan obtener la información relacionada con cada una.

Se han llevado a cabo reuniones con el especialista de la Consultoría en Evaluación Económica de Proyectos con el propósito de diseñar y desarrollar el tema de la evaluación del funcionamiento de la Empresa teniendo en cuenta la necesidad de manejar aspectos económicos y sus implicaciones.

Se han desarrollado algunas reuniones con funcionarios de la Empresa que permiten la evaluación del estado actual del funcionamiento respecto a la red matriz y también conocer lo deseado por estos funcionarios respecto a la operación y mantenimiento de las redes matrices.

La primera de estas reuniones fue con el Ingeniero Jefe de la División Operación Acueducto, quien explicó rápidamente a la Interventoría C&H y la Consultoría, lo relacionado con la operación del sistema matriz y los recursos de equipos y personal involucrados en las actividades.

Se ha tenido una segunda reunión con el Ingeniero Director de Operación y Control Acueducto y con el Jefe de la División Control Acueducto, quienes a su vez procedieron a explicar las áreas de trabajo a su cargo y las políticas deseadas en la gestión.

Quedaron pendientes de llevar a cabo reuniones con las oficinas de personal, administrativa, servicios generales, equipos, mantenimiento acueducto, planeamiento, unidad de tecnificación y automatización y contabilidad. Reuniones sin las cuales no es posible evaluar el funcionamiento de la Empresa, dado que no se cuenta con la información necesaria para ello.

Con la información obtenida se ha podido ejecutar en forma preliminar organigramas que muestran: personal actual de la Dirección de Operación y Control, Actividades de la División de Operación y una Estructura general de la organización actual para la operación y mantenimiento, de esta Dirección, queda pendiente la elaboración de los organigramas de las demás dependencias de la Empresa, ya que no se cuenta con la información.

Adicionalmente la Consultoría está pendiente de la entrega del Mapa de Procesos de la Dirección de Operación y Control, del Listado de Salarios y del Listado del Personal asignado al área.

Finalmente, respecto al diagnóstico institucional del funcionamiento de la Empresa para la operación y mantenimiento de la red matriz del servicio de acueducto y el análisis de costos, se planteó un esquema preliminar para la elaboración del informe relacionado con el producto, esquema que puede variar de acuerdo a la información que finalmente se obtenga, y se basa en los siguientes puntos:

- SITUACIÓN ACTUAL DE LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO.
- ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.

Descripción de las líneas de mando enfocadas hacia la operación y mantenimiento de la red matriz.

- RECURSOS PARA LA OPERACIÓN Y EL MANTENIMIENTO.

Recurso humano.

Equipos.

- COSTOS DE LOS RECURSOS.

- ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- PROPUESTA DE ORGANIZACIÓN PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

6. INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE DAÑOS

Dentro de la investigación sobre el registro histórico de daños de la Red Matriz del acueducto se recurrió a la información contenida en las planillas conocidas dentro de la EMPRESA como "F2", para los años de 1999, 1998 y 1997.

Las planillas "F2" son diligenciadas por la Dirección de Operación y Control de la EMPRESA y se denomina "Control de Daños de la Red de Acueducto", en ellas se

encuentra relacionado el reporte diario de daños de toda la red de acueducto, que incluye redes matrices y redes secundarias, de igual forma se registran, en su parte inferior y de manera ascendente, la programación diaria de reparaciones, cierres, nuevas conexiones o algún otro trabajo.

Para cada uno de los daños reportados se obtiene de la planilla ya mencionada, entre otra información que allí se presenta, la que se ha considerado de interés para el estudio, la cual se relaciona a continuación:

1. Zona que atendió.
2. Fecha (indicando día, mes, año)
3. Localización (en general calles, carreras)
4. Diámetro.
5. Cierre (se indica fecha, hora y unidad de atención)
6. Reestablecida (se indica fecha, hora y unidad de atención)
7. Zona sin Servicio.

La anterior información, en lo referente a red matriz ($\phi \geq 16"$), ha sido transcrita a un formato definido y denominado por la Consultoría como, "Formato para la Información sobre Registro de Daños de la Red Matriz", del cual se adjunta copia para los años hasta el momento investigados de 1999, 1998, 1997, en el Anexo 7.

Para los años inmediatamente anteriores a 1997, se ha iniciado la consulta de los documentos disponibles en la Dirección de Operación y Control de Acueducto denominados Informe anual de labores para los años de 1996, 1995 y 1994, los cuales contienen información sobre los daños ocurridos en el año y la atención dada por esta Dirección a cada uno de ellos.

De igual manera se pretende completar una serie histórica de diez (10) años de registro, abarcando con ellos los últimos años de funcionamiento de la red matriz.

La información recopilada sobre daños será en primer lugar identificada sobre cada

una de las líneas en los que los respectivos daños se han ocasionado, utilizando para ello la información registrada de la localización, diámetro y zonas afectadas, puesto que a pesar de que en las planillas de registro diligenciadas por la EMPRESA se indican estos datos en ellas no se indica la línea de red afectada y como es conocido existen direcciones donde se tienen localizadas varias líneas.

Una vez identificados cada uno de los daños sobre las líneas en que se han producido, para el registro histórico considerado se llevará a cabo la inclusión de éste parámetro en el análisis, evaluación de la red matriz para la determinación de los sitios críticos.

7. CONCLUSIONES

- La identificación de las fuentes de información ha sido realizada en su totalidad. Sin embargo, es conveniente continuar con el análisis y la recopilación de información durante el transcurso del estudio, de acuerdo a las necesidades que se identifiquen en cada una de las áreas, pues en el desarrollo de las mismas se determinará la necesidad o no de profundizar en determinados temas.
- En el área Estructural la información obtenida hasta la fecha requiere ser complementada con inspecciones de campo, para lograr su validación, y así orientarla al nivel de detalle de las líneas. En general la información obtenida es aceptable. Una vez complementada, es posible determinar los sitios críticos, los cuales serán precisados en detalle en las etapas posteriores del proyecto.
- En el área de Geología y Geotécnica, con la información obtenida se ha cubierto toda el área de la ciudad de Bogotá. Los planos consultados presentan escalas que facilitan su utilización para el proyecto, sin embargo, los datos se precisarán en la medida que se realicen las inspecciones de campo, con el fin de puntualizar y enfocar su procesamiento para las redes matrices. En el aspecto Sísmico y Geotécnico se tiene una calidad aceptable en la información, sin embargo es de precisar que en el aspecto sísmico, la escala del plano obtenido, no es la más adecuada para llegar al detalle, por lo cual se requiere su complementación con las investigaciones de campo.
- En cuanto a la Rehabilitación de Redes, la tecnología Internacional más ampliamente extendida corresponde a sistemas con tuberías termoplásticas (PVC, polietileno, polibutano, PVDF), mientras que tecnologías involucrando materiales como los existentes en las redes matrices de la ciudad de Bogotá

- son menos frecuentes, así mismo, la información a este respecto es muy escasa. De otra parte, un procedimiento muy empleado, es la rehabilitación mediante el uso de tecnologías de excavación sin apertura de zanjas. En cuanto a la calidad de la información obtenida, es aceptable y actualizada, respaldada por normas internacionales, siendo posible lograr los objetivos del proyecto; de todas formas, es necesario verificarla en cada una de los casos que se requiera para su aplicabilidad en nuestro medio.
- Con relación al Sistema de Información Geográfica, se ha revisado la información existente y en general se encontró incompleta, por lo cual en el estudio se está llevando a cabo su actualización y complementación. Se considera que es posible lograr la actualización de lo relacionado con el SIG, no sólo con el conocimiento de las personas que trabajaron en la red, sino con la verificación de campo.
- Para el área electromecánica la información disponible de la red matriz es incompleta, ya que se limita a catálogos e inventarios sin gran detalle de las válvulas y accesorios. En general, se ha requerido de inspecciones de campo para complementar y actualizar el inventario existente.
- En el área de Hidráulica, se diferencia la información para dos periodos. Al año 2000 la información que se tiene es suficiente, no obstante ha sido necesario verificar y complementar el modelo físico en lo relativo a longitudes, diámetros, materiales y clase de las tuberías. Actualmente se está trabajando en la validación de conexiones, nuevos empates e incorporación de obras ejecutadas en el año 2000 y previstas al año 2001. Por otro lado, para el periodo 2005 a 2025, la información es insuficiente, ya que esta depende de los estudios de actualización que está realizando actualmente la Gerencia de Planeamiento de la EAAB, considerando los últimos estudios de TEA (1999) y los cambios finales en el POT aprobado por el Concejo de Bogotá.

En términos generales, la información es aceptable, teniendo en cuenta que es

relativamente reciente, y ha sido tomada básicamente de estudios bien ejecutados tales como el estudio de Actualización del Análisis Operacional del Sistema Red Matriz y los estudios de Bogota IV de la firma SMA. A partir de la información recopilada, es posible lograr los objetivos del proyecto, en la medida que se complemente la caracterización de las redes matrices y que la Empresa entregue a tiempo los estudios de actualización de la demanda.

- En cuanto a la información para el inventario y caracterización de la red, es suficiente por cuanto incluye la totalidad de la red matriz (aclarando que esta información no se encuentra totalmente sistematizada en el SIG). En general la información es aceptable, por cuanto en su mayoría ha sido proporcionada directamente por la EAAB, y la faltante se ha logrado complementar de otras fuentes como American Pipe and Construction Intl. En consecuencia, es posible obtener un avance importante en la caracterización de la red matriz.
- Para el registro histórico de daños la información obtenida es suficiente, teniendo en cuenta que se tienen registros diarios para los últimos cuatro (4) años y de manera general para los seis (6) años anteriores a 1997. En general, la información es aceptable, siendo posible efectuar un análisis estadístico de frecuencia de daños para el registro histórico de los últimos 10 años.
- Para la evaluación del funcionamiento de la Empresa la información disponible es incompleta. Se encuentra pendiente la investigación de varias dependencias de la Empresa tales como: Contabilidad, Administración, Equipos y Electromecánica; así mismo, aún no se han realizado las reuniones con las áreas de mantenimiento Norte y Centro. En general la información es escasa.
- El sistema de acceso y consulta de la información recopilada se estructuró, mediante la elaboración de una base de datos en excel, en la cual se han incluido a la fecha trescientos treinta y ocho (338) documentos y planos, identificando claramente la localización y aplicabilidad de cada uno de ellos en el estudio.

- El proceso de consulta de planos en la Empresa, ha sido de gran importancia para la actualización de las redes matrices en el SIG, puesto que con los planos de construcción se ha determinado la ubicación con coordenadas de los accesorios que deben incorporarse en el sistema de información. Sin embargo, ha sido un proceso que ha requerido de recursos importantes en tiempo y personal, teniendo en cuenta el volúmen de planos que se vienen consultando.
- Durante el proceso de consulta se ha encontrado para una misma información diferentes versiones (incluso varias proporcionadas por la Empresa), las cuales son analizadas y depuradas con el objeto de unificar las versiones encontradas y generar una información única y válida a aplicar en el estudio.
- En la búsqueda de información se ha contado con la colaboración de funcionarios de la EAAB, sin embargo los procedimientos dispuestos por la Empresa para lograr su consecución han hecho este proceso dispendioso. Así mismo, en las demás entidades consultadas, la obtención de la información ha tenido cierta dificultad, debido a que en algunos casos, no se permite la reproducción de documentos, adicionalmente, siempre se requiere de las solicitudes escritas de la EAAB.

TABLA DE CONTENIDO

ANTECEDENTES.....
.1	
1. INTRODUCCION.....	3
2. INFORMACIÓN PARA LA DEFINICIÓN DEL SISTEMA Y ACTUALIZACIÓN DEL SIG.....	4
2.1. RECOLECCION Y REVISION DE LA INFORMACION BASICA.....	4
2.1.1 <i>Información en formato digital.....</i>	<i>4</i>
2.1.2 <i>Información en formato impreso.....</i>	<i>5</i>
2.2. VERIFICACION Y EDICION DE LA INFORMACION.....	6
2.2.1 <i>Ingreso al sistema.....</i>	<i>7</i>
2.2.2 <i>Revisión de los tramos y accesorios faltantes de las redes matrices.....</i>	<i>8</i>
2.2.3 <i>Revisión a partir de planchas 1:5,000 en formato impreso.....</i>	<i>9</i>
2.2.4 <i>Revisión a partir de información proveniente de los registros de obra ..</i>	<i>10</i>
2.3. CONFORMACIÓN DE LAS COBERTURAS DEFINITIVAS	11
3. DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES E INFORMACIÓN BASICA INVOLUCRADAS EN LAS ÁREAS DE EVALUACIÓN.....	12
3.1. CONFIGURACIÓN BASE DE DATOS.....	12
3.2. REHABILITACIÓN DE REDES.....	13
3.3. ESTRUCTURAL.....	17
3.4. GEOLOGÍA.....	20
3.5. GEOTÉCNIA	23
3.6. ELECTROMECAÁNICA	30
3.7. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS	33
4. INFORMACIÓN BÁSICA PARA LA MODELACIÓN HIDRÁULICA.....	36
4.1. ESTUDIO DE ACTUALIZACIÓN DEL ANÁLISIS OPERACIONAL DEL SISTEMA DE RED MATRIZ. SALGADO, MELÉNDEZ Y ASOCIADOS (SMA).....	36
4.1.1 <i>Demanda de agua</i>	<i>36</i>
4.1.2 <i>Modelo hidráulico de simulación</i>	<i>38</i>



4.2. ACTUALIZACION DE LA PROYECCION DE LA DEMANDA DE AGUA PARA SANTA FE DE BOGOTA ELABORADO POR LA FIRMA TEA LTDA CONSULTORIAS.	41
4.3. ACTIVIDADES GENERALES A EJECUTAR	42
5. INFORMACIÓN PARA EVALUAR EL FUNCIONAMIENTO ADMINISTRATIVO DE LA EMPRESA	43
5.1. INFORMACIÓN OBTENIDA Y ANÁLISIS	44
6. INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE DAÑOS.....	48
7. CONCLUSIONES.....	51

ANEXOS

ANEXO 1. BASE DE DATOS PLANOS CONSULTADOS

ANEXO 2. FORMATO PARA CARACTERIZACIÓN DE LA RED MATRIZ

ANEXO 3. CUADRO No. 2.4. INVENTARIO DE LÍNEAS EXISTENTES

ANEXO 4. BASE DE DATOS DOCUMENTOS CONSULTADOS

ANEXO 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO VISITAS DE CAMPO

ANEXO 6. INVENTARIO DE VÁLVULAS

ANEXO 7. FORMATO PARA INFORMACIÓN SOBRE REGISTRO DE DAÑOS EN
LA RED MATRIZ

ANEXO 1

BASE DE DATOS PLANOS CONSULTADOS

No. DEL CUADRO	ENTIDAD CONSULTADA
CUADRO No. 2.1	PLANOTECA DE LA DIRECCIÓN DE DISEÑO DE LA EAAB
CUADRO No. 2.2	PLANOTECA AMERICAN PIPE
CUADRO No. 2.3	PLANOTECA GAS NATURAL

ANEXO 2

FORMATO PARA CARACTERIZACIÓN DE LA RED MATRIZ



ANEXO 3

a. CUADRO No. 2.4. INVENTARIO DE LÍNEAS EXISTENTES



ANEXO 4

BASE DE DATOS DOCUMENTOS CONSULTADOS

No. DEL CUADRO	ENTIDAD CONSULTADA
CUADRO No. 3.1	BIBLIOTECA DE LA DIRECCIÓN DE OPERACIÓN Y CONTROL ACUEDUCTO- EAAB
CUADRO No. 3.2	BIBLIOTECA CENTRAL DE LA EAAB
CUADRO No. 3.3	CENTRO DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (CIG) DE LA EAAB
CUADRO No. 3.4	DIRECCIÓN DE DISEÑO Y PLANEAMIENTO EAAB
CUADRO No. 3.5	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMERICAN PIPE
CUADRO No. 3.6	DEPARTAMENTO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES – DPAE
CUADRO No. 3.7	ASOCIACIÓN DE INGENIERÍA SÍSMICA DE BOGOTÁ
CUADRO No. 3.8	INAR ASOCIADOS LTDA
CUADRO No. 3.9	INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA – IGL
CUADRO No. 3.10	BIBLIOTECA PERSONAL ING. ALBERTO GRANADOS
CUADRO No. 3.11	BIBLIOTECA PERSONAL ING. JAIRO RENE ROJAS PEÑA
CUADRO No. 3.12	BIBLIOTECA IEH-GRUCON
CUADRO No. 3.13	INGEOMINAS
CUADRO No. 3.14	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

ANEXO 5

REGISTRO FOTOGRÁFICO - VISITAS DE CAMPO

- a. ESTRUCTURAS DE CONTROL ZONA VITELMA**
- b. REHABILITACIÓN DE VÁLVULAS – AMERICAN PIPE**



ESTRUCTURAS DE CONTROL ZONA VITELMA



REHABILITACIÓN DE VÁLVULAS – AMERICAN PIPE



ANEXO 6

INVENTARIO DE VÁLVULAS SEGÚN INFORMACIÓN OBTENIDA DE LA DIVISIÓN MECÁNICA DE LA EAAB



ANEXO 7

FORMATO PARA INFORMACIÓN SOBRE REGISTRO DE DAÑOS EN LA RED MATRIZ PERIODO 1990 - 2000

