

ANEXO 3. SISTEMA RED MATRIZ DE ACUEDUCTO – ASPECTOS OPERACIONALES

El presente anexo contiene toda la información pertinente a la operación del sistema de red matriz, tanto de referencia como soporte de la modelación hidráulica de la red matriz. Los tópicos tratados están organizados de la siguiente forma:

- En el numeral 1 se presenta un breve resumen del Manual de Operaciones de la Red Matriz, V2.
- En el numeral 2 se presenta un breve resumen del Manual de Contingencia del Sistema Acueducto.
- En el numeral 3 se presenta un breve resumen del Estudio de Vulnerabilidad de Red Matriz.
- En el numeral 4 se relaciona el inventario de la información de macromedición empleada para la representación de demandas de los sectores hidráulicos.
- En el numeral 5 y 6 relacionan el inventario de la información recibida de centro de control para la calibración del modelo hidráulico, junto con una breve descripción del procesamiento de dicha información.

1. Resumen: *Manual de Operación de la Red Matriz Acueducto. EAAB E.S.P. v2 de 2010.*

El manual de operación es un documento realizado por los funcionarios de la Dirección Red Matriz Acueducto de la EAAB, en el cual se describe cada estructura del sistema matriz y la forma como se opera. La operación del sistema matriz vincula las zonas de distribución o zonas de servicio con el esquema de operación normal de la EAAB, para que se entienda la filosofía planteada para dicho sistema.

La descripción de los métodos de control del sistema se va a utilizar en el modelo hidráulico para definir los parámetros de control en un esquema dinámico. Las guías hidráulicas de operación se representan como reglas de conexión entre diferentes elementos del sistema, puntos de abastecimientos, tuberías, tanques y

bombas. El comportamiento del modelo hidráulico calibrado debe seguir estas reglas.

Este manual describe en su primer numeral los sistemas de captación y abastecimiento, de lo cual se destaca las capacidades de almacenamiento para los embalses de los tres sistemas de abastecimiento (Agregado Norte, Agregado Sur y Sistema Chingaza) observando que el agregado Norte tiene mayor capacidad de almacenamiento con 894 millones de m³ en sus tres embalses (Neusa, Tominé y Sisga). Así mismo se describe particularmente los sistemas menores empleados en contingencias como el embalse de Aposentos, embalse San Rafael, río San Francisco y río San Cristóbal.

En las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) se describen los procesos de tratamiento de las seis plantas (Tibitoc, Francisco Wiesner, Vitelma, San Diego, El Dorado y La Laguna), destacándose que todas tienen sistema convencional, excepto la Planta Wiesner – con tratamiento por filtración lenta, el cual presenta vulnerabilidad frente a las altas turbiedades y color del agua cruda. La EAAB considera como de Contingencia, las PTAPs de Vitelma, San Diego y La Laguna.

Dentro del sistema de conducción de Red Matriz, se describe las principales líneas de conducción, las cuales se clasifican de la siguiente forma:

1.1 Sistema de conducción de líneas expresas a alta presión

Las líneas expresas de alta presión son las que transportan el agua desde la PTAP hasta los tanques de almacenamiento, sin salidas o derivación a la red distribución.

Estas líneas expresas son:

- Túnel de Usaquén y de Santa Bárbara
- Túnel Alterno de Usaquén
- Conducción Portal de Salida Túnel de Santa Bárbara-Tanque Santa Ana
- Conducción Portal de Salida Túnel de Santa Bárbara-Portal de Entrada Túnel de Los Rosales
- Túnel de Los Rosales
- Ventana El Chicó - Tanque El Chicó
- Línea Silencio - Vitelma
- Línea Silencio - San Diego
- Línea Silencio - Casablanca - Cazucá
- Línea Wiesner - Nuevo de Suba
- Línea Nororientales

Plan Maestro de Expansión la Red Matriz de Acueducto de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha

- Línea Santa Ana-Usaquén
- Línea El Dorado - Piedra Herrada
- Línea Piedra Herrada-Monteblanco -La Fiscala
- Línea San Diego – Control Santa Fé

Éstas, antes del tanque de almacenamiento, tienen una estructura de control con válvulas para controlar el caudal de demanda y la presión de llegada al tanque.

1.2 Sistema de troncales de conducción y distribución por gravedad a baja presión

Descritas como “las líneas que permiten alimentar el área aferente de una zona específica de servicio, la cual se delimita a través de una divisoria de cierre permanente, denominada Divisoria de Servicio Macro; se localizan básicamente en las zonas planas de la ciudad, en donde es posible en condiciones normales efectuar la distribución gravedad, entregando el agua a lo largo de su recorrido”.

Dentro de las principales líneas del sistema Troncal, se destacan las líneas que salen de la PTAP Tibitoc en 78” y 60”. De la línea de 78” Tibitoc-Casablanca se derivan 22 líneas matrices. Se describen los servicios atendidos, el recorrido y los servicios de las dos líneas de bifurcación de la línea 60” Tibitoc-Usaquén: un brazo occidental en 42” y otro oriental de 36”. Otras líneas de importancia son las de Gravedad de Vitelma - 42”, 24” y 12”, esta última considerada red de distribución menor. La zona de servicio de Vitelma alimentado por la línea de 24” es la parte nororiental y la zona de servicio de la línea de 42” es la zona Sur de Vitelma, de la cual se alimentan las más grandes bombas de la ciudad Bogotá como la cadena Suroriental y la cadena Ciudad Bolívar.

1.3 Sistemas de bombeo

Las redes matrices integradas a las cadenas de Bombeo de la ciudad, presentan diámetros entre 6” a 20”, considerando todas las líneas de impulsión como redes matrices. Este capítulo describe la infraestructura de todas las cadenas de bombeo, las cuales son de Norte a Sur: Coditos, Soratama, Cerro Norte, Suba cerro Norte, Pardo Rubio, Paraíso, El Consuelo, San Dionisio, Suroriental, Ciudad Bolívar y Sierra Morena.

En el último capítulo del *Manual de Operación* se escribe la operación de la red matriz de acueducto, de acuerdo con las principales zonas de servicio macro (zonas de distribución), dado a la conexión entre las diferentes líneas de

conducción para atender las diferentes áreas de servicio, cada una definida con un plano de presión, demanda, estructura de compensación, fuente y sectores hidráulicos. Los subsistemas o zonas de servicio macro que se describen en el manual se relacionan a continuación:

- Zona Baja Norte (ZBN)
- Zona Baja Sur (ZBS)
- Zona Intermedia (ZI)
- Zona de Servicio Tanque del Silencio
 - Zona de Control Santa Fe-Santa Lucía
 - Zona de San Diego
 - Zona de tanques de Paraíso
- Zona de Control Chico
- Zona Tanque de Vitelma
 - Zona de Gravedad Vitelma
 - Zona San Dionisio – Consuelo
 - Zona de Ciudad Bolívar
 - Zona Sur Oriental
- Zona de Control Cazucá
- Zona de La Laguna y El Dorado
- Zona de Servicio de la Caja 5
- Municipios

2. Resumen: Plan Maestro para la mitigación de las vulnerabilidades identificadas en el sistema de acueducto. Dirección Red Matriz Acueducto. 2010.

Este estudio fue realizado por la Dirección Red Matriz Acueducto de la EAAB-ESP en el mes de diciembre del 2010. Tienen como fin determinar los eventos que afecten la prestación del servicio. En este plan se caracterizan las estructuras de abastecimiento y distribución (red matriz) desde el punto de vista de vulnerabilidad, revisan el estado de la infraestructura desde el punto de vista de la vulnerabilidad y valoran el evento en el cual falla cada elemento de manera individual, y el déficit que generan en el servicio. Así mismo generan una matriz analizando el porcentaje de mitigación que se puede generar en cada elemento a través de un diseño o de la construcción de los elementos. Este Manual se utilizará durante la evaluación del sistema para comparar los escenarios de vulnerabilidad y para la optimización del sistema durante condiciones de emergencia.

Dentro del análisis de Vulnerabilidad se encontró:

Captación:

La estructura más vulnerable: el sistema agregado Norte (problema creciente de calidad de agua)

El que genera mayor afectación del servicio: Sistema Chingaza con un déficit del 37%, suministrando solo 10.90 m³/s de los 15.1 m³/s requerido

Producción:

La estructura más vulnerable: Planta Tibitoc (falta ejecutar las obras de sismo resistencia)

El que genera mayor afectación del servicio: Planta Wiesner, con un déficit del 37%, suministrando solo 10.90 m³/s de los 15.1 m³/s requerido. No genera afectación la salida de la planta el Dorado.

Estructuras de 1er orden:

La estructura más vulnerable: No la determinan en el estudio

La que genera mayor afectación: Santa Ana, Usaquén y Suba, con un déficit del 10%.

Estructuras de 2do orden:

La estructura más vulnerable: No la determinan en el estudio

La que genera mayor afectación: San Diego (tanque y estructura de control), con un déficit del 7%.

Redes maestras salidas de plantas:

La que genera mayor afectación: ninguna, todas las conducciones tienen alternativas de servicio.

Conducciones maestras de distribución:

La que genera mayor afectación: Túnel los Rosales con un déficit del 37%. La siguiente conducción con mayor afectación es la línea Silencio-Vitelma con un déficit del 10%

Se destaca en el estudio de vulnerabilidad que los eventos críticos están asociados a Salida de servicio Sistema Chingaza y Salida de servicio Túnel Los Rosales. Así mismo en este estudio se analiza que la vulnerabilidad del sistema macro de acueducto correspondiente a abastecimiento el 60% y para las redes matrices el 40%. La mitigación de la vulnerabilidad a través de estudios y obras que se vayan a realizar sobre el sistema, se distribuye de la siguiente forma:

Abastecimiento: mitigación por diseño del 25% y por obras del 20.2%.

Red Matriz: mitigación por diseño del 17.65% y por obras del 15.45%.

3. Resumen: Manual de contingencias del Sistema Acueducto. EAAB E.S.P. V2 2010

El manual de contingencias es un documento que indica situaciones de contingencia en las cuales puede afectarse en pequeña o gran medida (daño o rotura total) una estación, estructura y/o líneas de conducción del sistema de acueducto.

En el manual se encuentran los lineamientos a seguir en cada caso de contingencia, los protocolos de comunicación, los funcionarios a cargo que deben priorizar la ejecución de actividades y las áreas con las cuales se deben comunicar.

Las contingencias están expuestas en el documento presentan la siguiente organización:

Contingencias por Turbiedad

Tiene en cuenta los eventos de contingencia los cuales afectan la calidad del agua potable y la del agua cruda. Esta última es importante porque afecta los procesos de tratamiento y puede restringir el volumen de tratamiento de agua. Los eventos que se tienen en cuenta son los:

- Turbiedad en Plantas De Tratamiento
- Contaminación Sectorizada
- Aumento de Turbiedad por Derrumbe dentro de Los Túneles del Sistema Chingaza

Contingencias por daños en líneas expresas

Estos eventos son por daños o rotura total en líneas matrices que no alimentan directamente a la distribución, las cuales son de gran importancia en el sistema acueducto. Los eventos que se tienen en cuenta son los:

- Rotura total o daños línea Santa Ana – Usaquén 60"
- Despresurización túnel de los Rosales
- Daño en línea 24" expresa Vitelma – Jalisco
- Daño línea de 78" Tibitoc – Casablanca
- Daño líneas de 36" Regadera – Dorado (agua cruda)
- Daños en línea expresa Silencio – Casablanca, Cazucá – Casablanca

Plan Maestro de Expansión la Red Matriz de Acueducto de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha

- Taponamiento en las válvulas de la estructura de control Casablanca (si se encuentra en operación)
- Rotura o daño parcial de la Línea Wiesner-Suba
- Rotura o daño parcial de la Línea Nororientales
- Salida de operación del Tanque Silencio
- Daño tanque Santa Ana

Contingencias por eventos externos a la operación

Estas contingencias se refieren a eventos externos por fenómenos que no se pueden controlar, que pueden generar efectos colaterales en las plantas de producción, en las redes y en los tanques de almacenamiento. Dentro de estas contingencias se tienen:

- El Terrorismo
- Operativo en caso de sismo (que pueden ser terremoto y sismo)
- Incendio en centro de control
- Contingencia por falta de datos en el SCADA.

Contingencias por suspensión de energía

Este tipo de contingencias es por falla en la alimentación del fluido eléctrico en las estaciones y estructuras, lo cual afecta la operación del sistema y genera falla de servicio en los sectores de alta montaña cuya única alternativa es suministro por bombeo. Las plantas para las cuales se tiene un esquema de respuesta bajo este tipo de contingencia son:

- Plantas de tratamiento Tibitoc y Wiesner simultáneamente.
- Planta de tratamiento Tibitoc
- Planta de tratamiento Wiesner
- Planta el dorado (agua cruda)

Las estaciones para las cuales se tiene un esquema de respuesta bajo este tipo de contingencia son:

- Estación de bombeo Columnas
- Estación de bombeo Cerro Norte II
- Estación de bombeo Cerro Norte III
- Estación de bombeo Cerro Norte IV

- Estación de bombeo Soratama I
- Estación de bombeo Codito II
- En suba Cerro Norte
- Estación de bombeo Paraíso I
- Estación de bombeo Paraíso II
- Estructura de control Vitelma
- Estación de bombeo Pardo Rubio II
- Cadena de Sierra Morena
- Estación de bombeo El Uval
- Estructura de control Suba

4. Revisión y procesamiento de la información de macromedición

El equipo de CDM recibió de la DRMA de la EAAB E.S.P. la información de macromedición de todos los sectores hidráulicos para el año 2010. Allí se encuentran tanto los datos crudos (descargados de los macro-medidores) como los datos procesados por la ingeniera de macromedición de la DRMA.

En el procesamiento de la información de macromedición, el equipo de CDM generó una base de datos en Access por cada mes ó periodo de análisis (año 2010) con los registros de caudal cada media hora para todos los macro-medidores que pertenecen a las cinco zonas comerciales. A partir de esta base de datos se construirán la curva unitaria correspondiente a cada sector, depurando las curvas cuya tendencia sea anormal con respecto al resto de curvas, sacando las bandas de confianza del 95% y por último calculando la curva media diaria representativa.

Esta información de macromedición se utilizara para definir la demanda para cada sector hidráulico, la curva unitaria de consumo correspondiente, y los factores pico para representar condiciones máximas de servicio.

En la tabla 1 se presenta el volumen total suministrado año 2010 a todos los sectores hidráulicos, de acuerdo a la información suministrada del *Informe Resumen de Macromedición* de la DRMA de la EAAB.

Plan Maestro de Expansión la Red Matriz de Acueducto de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha

Tabla 1. Caudal medio y volumen total suministrado año 2010 a todos los sectores hidráulicos

| SECTOR | VOL TOT 2010 (m3) | CAUDAL MEDIO 2010 (L/s) |
|---------------------|----------------------|----------------------------|
| S_05 | 28041715.5 | 889.197 |
| S_06 | 15673448.9 | 497.002 |
| S_07 | 18993229.9 | 602.271 |
| S_08 | 10120912.8 | 320.932 |
| S_09 | 10735576.4 | 340.423 |
| S_18 | 3503447.7 | 111.094 |
| S_32 | 166404.4 | 5.277 |
| S_32,34 | 3762996.3 | 119.324 |
| S_35 | 5195764.2 | 164.757 |
| TOTAL ZONA 1 | 92,159,994 | 2922.374 |
| S_04 | 36816572.4 | 1167.446 |
| S_10 | 7457750.4 | 236.484 |
| S_14 | 3571062.9 | 113.238 |
| S_16 | 5538506.0 | 175.625 |
| S_17 | 23731603.6 | 752.524 |
| S_18 | 1095461.7 | 34.737 |
| S_19 | 6828798.6 | 216.540 |
| S_33 | 1030290.8 | 32.670 |
| TOTAL ZONA 2 | 86,045,568 | 2728.487 |
| S_03 | 16919613.3 | 536.517 |
| S_11 | 37070050.4 | 1175.484 |
| S_12 | 11900200.3 | 377.353 |
| S_15 | 3512989.0 | 111.396 |
| S_16 | 9225650.3 | 292.543 |
| S_19 | 13677448.8 | 433.709 |
| S_21 | 861317.9 | 27.312 |
| S_25 | 329897.1 | 10.461 |
| TOTAL ZONA 3 | 93,455,741 | 2963.462 |
| S_13 | 13371679.9 | 424.013 |
| S_15 | 16161169.3 | 512.467 |
| S_20 | 3215061.6 | 101.949 |
| S_22 | 2651060.5 | 84.065 |
| S_23 | 2934830.0 | 93.063 |
| S_24 | 1442597.2 | 45.744 |
| S_25 | 754271.7 | 23.918 |
| S_26 | 11369542.5 | 360.526 |
| S_27 | 3296609.6 | 104.535 |
| S_28 | 2465404.7 | 78.177 |
| S_29 | 6057240.3 | 192.074 |
| S_36 | 7858179.6 | 249.181 |
| S_37 | 11325235.6 | 359.121 |
| TOTAL ZONA 4 | 82,882,829 | 2628.197 |
| S_01 | 21913038.6 | 694.858 |
| S_02 | 34394838.2 | 1090.653 |
| S_30 | 18301619.5 | 580.341 |
| TOTAL ZONA 5 | 74,593,632 | 2365.349 |
| TOTAL | 429,137,764 | 13,608 |

Fuente: Informe de Macromedición 2010.

5. Información del Centro de Control, análisis de los archivos recibidos

El Centro de control de la EAAB E.S.P. suministró para este proyecto registros de presión y caudal en las estructuras, presión de descarga en las estaciones de bombeo y niveles en los tanques, la cual se empleará en la calibración del modelo hidráulico de la Red Matriz y se tomarán como información base para los análisis de balance de masas del sistema acueducto.

Por lo anterior, la EAAB E.S.P.ESP acordó entregar al equipo de CDM, los registros mencionados para un periodo mínimo de dos semanas en la cual se considera que el sistema de acueducto está en *Operación Normal* y dos periodos en *Contingencia por el mantenimiento de los túneles de Chingaza*.

El periodo seleccionado de *Operación Normal* es del 7 al 17 de Noviembre de 2010. Para este periodo de operación se presenta a continuación las características predominantes de las principales estructuras (obtenidas de las planillas de operación de centro de control para el mes de Noviembre):

Tabla 2. Esquema Operación normal del sistema acueducto

| ESTRUCTURA/ ESTACIÓN | OPERACIÓN |
|------------------------------|---|
| PLANTA WIESNER | Operando con embalse San Rafael. Caudal medio producción: 10.0 m ³ /s |
| Red. Usaquén | Abierta Reductoras Z.I. y Z.B.S. Válvula V46 cerrada Presión Z.B.S.: 45 mca Presión Z.I.: 48 mca |
| Red. Santa Fé | Abiertas, regulando presiones del servicio Santa Fé |
| E. Control Suba | Abierta, Caudal medio: 4.1 m ³ /s |
| E. Control Santa Ana | Abierta, caudal medio: 2200 l/s |
| E. Control Santa Lucía | Abierta, caudal medio: 150 l/s |
| E. Control Silencio | Abierta, caudal medio: 2000 l/s |
| E. Control Casablanca | Abierta, caudal medio: 200 l/s |
| PLANTA TIBITOC | Caudal medio producción: 4.55 m ³ /s |
| Válvula V2 | Abierta, apertura: 50%, caudal medio: 1.80 m ³ /s |
| Válvula V4 | Cerrada |
| Válvula V3 | Abierta, apertura: 35%, caudal medio: 2.75 m ³ /s |
| PLANTA DORADO | Caudal medio producción: 0.370 m ³ /s |
| E. Control Piedra Herrada | Abierta, caudal medio: 330 l/s |
| E. Control Uval | Abierta, caudal medio: 120 l/s |
| E. Control Monteblanco | Abierta, caudal medio: 120 l/s |

Plan Maestro de Expansión la Red Matriz de Acueducto de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha

Para los dos periodos de **Contingencia por mantenimiento de los túneles de Chingaza**, el primer periodo consiste en la operación del sistema acueducto con mantenimiento de túneles de Chingaza, disminuyendo la producción de planta Wiesner y aumentando producción de la planta Tibitoc (operando Tibitoc con tanque bajo ó Tanque de filtros). A este periodo de aquí en adelante se llamará **Mantenimiento Túneles de Chingaza, operando con Tanque Bajo en Tibitoc**.

El periodo seleccionado de **Mantenimiento Túneles de Chingaza, operando con Tanque Bajo en Tibitoc** es del 11 al 30 de Abril de 2010. Para este periodo de operación se presenta a continuación la tabla 3 con las características predominantes de las principales estructuras (obtenidas de las planillas de operación de Centro de control para el mes de Abril):

Tabla 3. Esquema Operación Contingencia Mantenimiento túneles de Chingaza-Tanque Bajo en Tibitoc

| ESTRUCTURA/ ESTACIÓN | OPERACIÓN |
|---------------------------------|--|
| PLANTA WIESNER | Operando con embalse San Rafael. Caudal medio producción: 8.9 m ³ /s |
| Red. Usaquén | Reductoras Z.I. y Z.B.S. cerradas. Válvula V46 abierta Presión Z.B.S.: 45 mca Presión Z.I.: 48 mca |
| Red. Santa Fé | Abierta Regulando presiones para alimentar Servicio Santa Fé y servicio de Z.I. |
| E. Control Suba | Abierta, Caudal medio: 5200 l/s |
| E. Control Santa Ana | Cerrada las válvulas. Tanque Santa Ana fuera de operación |
| E. Control Santa Lucía | Abierta desde el 22 de abril, caudal medio 70 l/s |
| E. Control Silencio | Abierta, caudal medio: 2250 l/s |
| E. Casablanca | Cerrada del 12/04 a las 20:00 horas hasta el 14/04 a las 8:00 Abierta Caudal medio: 200 l/s |
| PLANTA TIBITOC | Caudal medio producción: 5.80 m ³ /s |
| Válvula V2 | Abierta, apertura: 55%, caudal medio: 2.20 m ³ /s |
| Válvula V4 | Cerrada |
| Válvula V3 | Abierta, apertura: 60%, caudal medio: 3.60 m ³ /s |
| PLANTA DORADO | Caudal medio producción: 0.370 m ³ /s |
| E. Control Piedra Herrada | Abierta, caudal medio: 330 l/s |
| E. Control Uval | Abierta, caudal medio: 120 l/s |
| E. Control Monteblanco | Abierta, caudal medio: 120 l/s |

Plan Maestro de Expansión la Red Matriz de Acueducto de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha

El segundo periodo de contingencia consiste en la operación del sistema acueducto con mantenimiento de túneles de Chingaza, disminuyendo la producción de planta Wiesner y aumentando producción de la planta Tibitoc al máximo aumentando la línea de energía Piezométrica (operando la línea de 60" Tibitoc-Usaquén con tanque Alto y la línea de 78" Tibitoc-Casablanca con Tanque Bajo). A este periodo de aquí en adelante se llamará ***Mantenimiento Túneles de Chingaza, operando con Tanque Alto en Tibitoc.***

El periodo seleccionado de *Mantenimiento Túneles de Chingaza, operando con Tanque Alto en Tibitoc* es del 1 al 20 de septiembre de 2010. Para este periodo de operación se presenta a continuación las características predominantes de las principales estructuras (obtenidas de las planillas de operación de Centro de control para el mes de Septiembre):

Tabla 4. Operación con Mantenimiento Túneles de Chingaza, operando con Tanque Alto en Tibitoc

| ESTRUCTURA/ ESTACIÓN | OPERACIÓN |
|---------------------------------|---|
| PLANTA WIESNER | Operando con embalse San Rafael. Caudal medio producción: 7.70 m ³ /s |
| Red. Usaquén | Reductoras Z.B.S. cerradas. Válvula V46 abierta |
| Red. Santa Fé | Abiertas, regulando presiones para alimentar al servicio Santa Fé |
| E. Control Suba | Abierta, Caudal medio: 4100 l/s |
| E. Control Santa Ana | Operando las válvulas con 200 l/s. Atendiendo sólo Z.I. |
| E. Control Santa Lucía | Abierto, caudal medio: 20 l/s |
| E. Control Silencio | Abierta, caudal medio: 1900 l/s |
| E. Control Casablanca | Abierta, caudal medio: 250 l/s |
| PLANTA TIBITOC | Caudal medio producción: 7.1 m ³ /s |
| Válvula V2 | Abierta, apertura: 80%, caudal medio: 3.20 m ³ /s |
| Válvula V4 | Abierta, apertura: 40% |
| Válvula V3 | Abierta, apertura: 80%, caudal medio: 3.75 m ³ /s |
| PLANTA DORADO | Caudal medio producción: 0.370 m ³ /s |
| E. Control Piedra Herrada | Abierta, caudal medio: 330 l/s |
| E. Control Uval | Abierta, caudal medio: 120 l/s |
| E. Control Monteblanco | Abierta, caudal medio: 120 l/s |

6. Datos recibidos de centro de control de la EAAB

6.1 Inventario de datos periodo Abril del 12 al 30 de 2010.

Este periodo corresponde a la operación del sistema acueducto en *Contingencia por Mantenimiento Túneles de Chingaza, operando con Tanque Bajo en Tibitoc.*

Para este periodo se recibieron 32 archivos, de los cuales se procesaron 29 ya que tres de ellos se encontraban dañados. En las tablas 5, 6, 7 y 8 se presenta el inventario de la información suministrada por la EAAB E.S.P. para el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 5. Archivos recibidos con caudales medios de las Estructuras de Control

| No. | ESTRUCTURAS DE CONTROL |
|-----|------------------------|
| 1 | SANTA ANA |
| 2 | SUBA NUEVO |
| 7 | JALISCO |
| 8 | VITELMA |
| 11 | PIEDRA HERRADA |
| 12 | LA FISCALA |
| 13 | MONTEBLANCO |
| 14 | SANTA LUCIA |
| 15 | UVAL |

Tabla 6. Archivos recibidos con las presiones aguas arriba en las Estructuras Control

| No. | ESTRUCTURAS DE CONTROL |
|-----|------------------------|
| 1 | SANTA ANA |
| 2 | SUBA NUEVO |
| 3 | CHICO |
| 4 | SILENCIO |
| 5 | SAN DIEGO |
| 6 | PARQUE NACIONAL |
| 7 | JALISCO |
| 8 | VITELMA |
| 9 | CASABLANCA |
| 10 | CAZUCA |
| 11 | PIEDRA HERRADA |
| 12 | LA FISCALA |
| 13 | MONTEBLANCO |
| 14 | SANTA LUCIA |
| 15 | UVAL |

Tabla 7. Archivos recibidos con Niveles de tanque de almacenamiento.

| No. | TANQUE DE ALMACENAMIENTO |
|-----|--------------------------|
| 30 | SANTA LUCIA |
| 38 | CASABLANCA |
| 50 | NUEVO DE SUBA |

Tabla 8. Archivos recibidos con Presiones aguas arriba en la Estación reductora de presión

| No. | ESTACIONES REDUCTORAS DE PRESION |
|-----|----------------------------------|
| 1 | USAQUEN ZONA INTERMEDIA |
| 2 | USAQUEN ZONA BAJA SUR |
| 3 | MEXICO |
| 4 | GRANADA |
| 5 | SANTAFE |

Para la información recibida en este periodo, se tienen las siguientes consideraciones:

- En Estructuras de Control, entregaron información de caudal de demanda para 9 de las 15 estructuras de control.
- En Niveles de Tanques de Almacenamiento, acordó la EAAB E.S.P.ESP suministrar los datos de Suba Nuevo, Santa Lucía y Casablanca.
- Entregaron presión aguas arriba en las Estructuras de Control y en las Válvulas Reductoras de Presión. La información está completa para este periodo.
- No se pudieron abrir los archivos de San Diego, Chicó y Silencio porque estaban dañados.
- En este periodo no suministraron información registrada por la operación de los bombeos.
- Se encontraron en los registros de caudal de la E. Control Santa Lucía que estuvo cerrada entre el 11 y 22 de abril de 2010, por ello en los registros entregados por Centro de Control de la EAAB E.S.P.no aparece datos medidos para este periodo.

6.2 Inventario datos Septiembre del 1 al 20 de 2010

Este periodo corresponde a la operación del sistema acueducto en *Contingencia por Mantenimiento Túneles de Chingaza, operando con Tanque Alto en Tibitoc.*

Se recibieron 31 archivos de Centro de Control, correspondiendo a este periodo. En las tablas 9, 10, 11 y 12 se presenta el inventario de la información suministrada por la EAAB E.S.P. para el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 9. Archivos recibidos con caudales medios de las Estructuras de Control

| No. | ESTRUCTURAS DE CONTROL |
|-----|------------------------|
| 1 | SANTA ANA |
| 2 | SUBA NUEVO |
| 7 | JALISCO |
| 11 | PIEDRA HERRADA |
| 12 | LA FISCALA |
| 13 | MONTEBLANCO |
| 14 | SANTA LUCIA |
| 15 | UVAL |

Tabla 10. Archivos recibidos con las presiones aguas arriba en las Estructuras Control

| No. | ESTRUCTURAS DE CONTROL |
|-----|------------------------|
| 1 | SANTA ANA |
| 2 | SUBA NUEVO |
| 3 | CHICO |
| 4 | SILENCIO |
| 5 | SAN DIEGO |
| 6 | PARQUE NACIONAL |
| 7 | JALISCO |
| 8 | VITELMA |
| 9 | CASABLANCA |
| 10 | CAZUCA |
| 11 | PIEDRA HERRADA |
| 12 | LA FISCALA |
| 13 | MONTEBLANCO |
| 14 | SANTA LUCIA |
| 15 | UVAL |

Tabla 11. Archivos recibidos con Niveles de tanque de almacenamiento

| No. | TANQUE DE ALMACENAMIENTO |
|-----|--------------------------|
| 30 | SANTA LUCIA |
| 38 | CASABLANCA |
| 50 | NUEVO DE SUBA |

Tabla 12. Archivos recibidos con presiones aguas arriba en las Estaciones Reductororas

| No. | ESTACIONES REDUCTORAS DE PRESION |
|-----|----------------------------------|
| 1 | USAQUEN ZONA INTERMEDIA |
| 2 | USAQUEN ZON BAJA SUR |
| 3 | MEXICO |
| 4 | GRANADA |
| 5 | SANTAFE |

Para la información recibida en este periodo, se tienen las siguientes observaciones:

- En Estructuras de Control suministraron archivos de caudal para 8 de las 15 estructuras de la información suministrada.
- En Niveles de Tanques de Almacenamiento acordó la EAAB E.S.P.ESP suministrar los datos de Suba Nuevo, Santa Lucía y Casablanca.
- Los archivos de Presión aguas arriba en Estructuras de Control y de Válvulas Reductororas de Presión se contó con la totalidad de los datos.
- En este periodo no suministraron información registrada por la operación de los bombeos.

6.3 Inventario datos del 7 al 17 de Noviembre 2010:

Este periodo corresponde a la operación del sistema acueducto bajo un esquema de *Operación Normal*.

Se recibieron 91 archivos de Centro de Control. En las tablas 13, 14, 15 y 16 se presenta el inventario de la información suministrada por la EAAB E.S.P. para el desarrollo del presente proyecto.

Plan Maestro de Expansión la Red Matriz de Acueducto de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha

Tabla 13. Archivos recibidos con los caudales medios de las Estructuras de control

| No. | ESTRUCTURAS DE CONTROL |
|-----|------------------------|
| 3 | CHICO |
| 4 | SILENCIO |
| 5 | SAN DIEGO |
| 8 | VITELMA |
| 9 | CASABLANCA |
| 10 | CAZUCA |
| 14 | SANTA LUCIA |

Tabla 14. Archivos recibidos presión de aguas abajo Estructura de Control.

| No. | ESTRUCTURAS DE CONTROL |
|-----|------------------------|
| 3 | CHICO |
| 4 | SILENCIO |
| 5 | SAN DIEGO |
| 8 | VITELMA |
| 9 | CASABLANCA |
| 10 | CAZUCA |
| 14 | SANTA LUCIA |

Plan Maestro de Expansión la Red Matriz de Acueducto de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha

Tabla 15. Archivos recibidos con niveles en tanques de almacenamiento

| No. | TANQUE DE ALMACENAMIENTO | SI | NO |
|-----|--------------------------|----|----|
| 1 | SUBA MEDIO | X | |
| 2 | SUBA ALTO | X | |
| 3 | CODITO II | X | |
| 4 | CODITO III | X | |
| 5 | SORATAMA I | X | |
| 6 | SORATAMA II | X | |
| 7 | CERRO NORTE II | X | |
| 8 | CERRO NORTE III | X | |
| 9 | CERRO NORTE IV | X | |
| 10 | CERRO NORTE V | X | |
| 11 | BOSQUE DE PINOS | | |
| 12 | UNICERROS | X | |
| 13 | SANTA ANA | X | |
| 14 | NUEVO USAQUEN | | X |
| 15 | CHICO | X | |
| 16 | PARDO RUBIO II | X | |
| 17 | PARDO RUBIO III | X | |
| 18 | BOSQUE DE MEDINA | | X |
| 19 | PARAISO I | X | |
| 20 | PARAISO II | X | |
| 21 | PARAISO III | X | |
| 22 | SILENCIO | X | |
| 23 | SAN DIEGO NUEVO | X | |
| 24 | SAN DIONISIO | X | |
| 25 | EL CONSUELO | X | |
| 26 | SAN VICENTE | X | |
| 27 | LOS ALPES | X | |
| 28 | EL QUINDIO | X | |
| 29 | JUAN REY NUEVO | X | |
| 30 | JUAN REY ANTIGUO | X | |
| 31 | SANTA LUCIA | X | |
| 32 | MONTEBLANCO | X | |
| 33 | LA LAGUNA | X | |
| 34 | JALISCO ANTIGUO | X | |
| 35 | JALISCO NUEVO | X | |
| 36 | CASTILLO | X | |
| 37 | EL VOLADOR | X | |
| 38 | QUIBA | X | |
| 39 | ALPES II | X | |
| 40 | CASABLANCA | X | |
| 41 | SIERRA MORENA II | X | |
| 42 | SIERRA MORENA III | X | |
| 43 | CAZUCA | X | |
| 44 | VITELMA | X | |
| 45 | EL DORADO II | X | |
| 46 | EL PASO | X | |
| 47 | PIEDRA HERRADA | X | |
| 48 | LA FISCALA | X | |
| 49 | NUEVO DE SUBA | X | |
| 50 | EL UVAL NUEVO | X | |
| 51 | EL UVAL ANTIGUO | X | |
| 52 | PARQUE NACIONAL | X | |
| 53 | SUBA CERRO NORTE (CS) | X | |
| 54 | SUCRE ALTO | | X |

Tabla 16. Archivos recibidos con presiones aguas abajo en las Estaciones Reductororas

| No. | ESTACIONES REDUCTORAS DE PRESION |
|-----|----------------------------------|
| 1 | USAQUEN ZONA INTERMEDIA |
| 2 | USAQUEN ZON BAJA SUR |
| 5 | SANTAFE |

Tabla 17. Archivos recibidos con presiones de descarga de Estaciones de Bombeo

| No. | ESTACION DE BOMBEO |
|-----|------------------------|
| 2 | SUBA MEDIO |
| 3 | SUBA ALTO |
| 4 | CODITO III |
| 5 | SORATAMA I |
| 6 | CERRO NORTE II |
| 7 | CERRO NORTE III |
| 8 | CERRO NORTE IV |
| 9 | PARDO RUBIO II |
| 10 | PARAISO I |
| 11 | PARAISO II |
| 12 | PARAISO III |
| 13 | SAN DIONISIO |
| 14 | EL CONSUELO |
| 15 | COLUMNAS |
| 16 | SAN VICENTE |
| 17 | LOS ALPES |
| 18 | EL QUINDIO |
| 20 | EL UVAL |
| 21 | CASTILLO |
| 22 | EL VOLADOR |
| 23 | QUIBA |
| 24 | SIERRA MORENA I (CS) |
| 25 | SIERRA MORENA II |
| 26 | EL DORADO II (EL PASO) |

Para la información recibida en este periodo, se tienen las siguientes observaciones:

- De archivos de caudales en Estructuras de Control, entregaron 7 de las 15 Estructuras.
- Para Niveles de Tanques de Almacenamiento no se obtuvieron 6 de los 54 tanques en operación.
- Para noviembre fue el único mes con información para Presión de descarga de las estaciones de Bombeo, sin embargo faltaron 3 de las 26 estaciones en operación.
- En cuanto a los archivos de Presión aguas abajo en Estructuras de Control, faltaron 4 de las 15 estructuras en operación, para el procesamiento total de datos.
- En presión de las Válvulas Reductoras de Presión quedaron faltando 2 de 5 registros.

7. Procesamiento general de la información.

En el procesamiento de la información recibida de centro de control, se emplearon los siguientes criterios para la depuración datos:

- **Varios valores para un mismo instante de tiempo:** En aquellos casos en los que uno o varios valores eran cero o no guardaba relación con el comportamiento del parámetro en el intervalo analizado, se eliminó el dato incongruente y se seleccionó el dato lógico que representara el comportamiento de la estructura. Se empleó este criterio ya que los instrumentos conectados al SCADA pierden comunicación en instantes de tiempo muy cortos (menos de 1 segundo), generando que el sistema por defecto asigna un cero.
- **Registros con casillas vacías:** se adecuó un condicional en donde se adoptó como valor en la casilla vacía el dato inmediatamente anterior. Este criterio se adoptó dado a que estos registros se generaron por RBE del sistema SCADA.

- **Archivos con registros cuyos valores son 20 000:** estos valores se entienden como datos incongruentes, que por defecto el sistema los guarda cuando falla la comunicación con la estación. Por lo anterior, dichos registros se eliminaron del análisis.
- **Datos negativos en los registros de presiones de bombeo:** se eliminaron por considerarse registros medidos durante la succión en el momento que se inició la operación de la bomba.
- **Datos de caudal en E. Control con dos ramales operando:** Se sumaron los caudales en algunas Estructuras de Control (Vitelma, Silencio, Cazucá y Santa Ana) dado que se encontraban en operación los dos ramales. Este procedimiento se aplicó para todos los periodos analizados (abril, septiembre y noviembre).

Tabla 18. Ejemplo Depuración de la Información (Presión Bombeo Sierra Morena I 7-17 Noviembre de 2010)

| Time_stamp | SERVER 01:CCB2_ PIT_0560 8_PV |
|------------------|--|
| 12/11/2010 17:15 | 0 |
| 12/11/2010 17:15 | 0 |
| 12/11/2010 17:15 | 117,014 |
| 12/11/2010 17:29 | 116,971 |
| 12/11/2010 17:58 | 116,969 |
| 12/11/2010 18:45 | 116,969 |
| 12/11/2010 18:45 | 116,969 |
| 12/11/2010 18:53 | 0,06178 |
| 12/11/2010 18:53 | 116,969 |
| 12/11/2010 19:01 | 116,959 |
| 13/11/2010 09:08 | 114,755 |
| 14/11/2010 22:29 | 117,098 |
| 14/11/2010 22:54 | 114,738 |
| 15/11/2010 07:28 | 114,915 |
| 16/11/2010 13:11 | -0,229353 |
| 16/11/2010 13:11 | -0,229353 |
| 16/11/2010 13:11 | 116,959 |
| 16/11/2010 17:15 | 116,959 |
| 16/11/2010 17:15 | 116,959 |
| 16/11/2010 17:15 | 116,959 |
| 17/11/2010 01:04 | 114,966 |

Tabla 19. Ejemplo Depuración de la Información (Caudal E. Control Fiscal 5-19 Septiembre de 2010)

| Time_stamp | SERVER01: EC_FIT_017 _2101_PV |
|------------------|-------------------------------------|
| 12/09/2010 15:22 | 53,8016 |
| 12/09/2010 15:28 | 52,3473 |
| 12/09/2010 15:29 | 50,4682 |
| 12/09/2010 15:29 | 49,7708 |
| 12/09/2010 15:36 | 49,2458 |
| 12/09/2010 16:15 | 20000 |
| 12/09/2010 16:15 | 20000 |
| 12/09/2010 16:15 | |
| 12/09/2010 16:15 | 47,3856 |
| 12/09/2010 16:15 | 49,2465 |
| 12/09/2010 16:17 | 0 |
| 12/09/2010 16:18 | 49,7572 |
| 12/09/2010 16:24 | 49,2356 |
| 12/09/2010 16:57 | 50,1821 |
| 12/09/2010 16:58 | 50,7189 |
| 12/09/2010 17:00 | 50,1 |
| 12/09/2010 17:02 | 50,8951 |
| 12/09/2010 17:04 | 51,426 |
| 12/09/2010 17:09 | 51,9654 |
| 12/09/2010 17:11 | 51,9654 |
| 12/09/2010 17:11 | 51,9654 |
| 12/09/2010 17:11 | 47,3856 |
| 12/09/2010 17:11 | 51,5732 |
| 12/09/2010 17:11 | 0 |
| 12/09/2010 17:12 | 51,7207 |
| 12/09/2010 17:42 | 48,3334 |

En el procesamiento de la información, se empleó la siguiente metodología:

- Se generaron curvas diarias con promedio de datos cada media hora, para el procesamiento de la información primero se calculó una columna con intervalos de tiempo 0 y 30 minutos, luego se filtraron los datos con respecto al paso de tiempo de 30 minutos, de esta manera se obtuvieron tablas pivote con los promedios de los datos registrados (tanto de caudales, presión y nivel).

Plan Maestro de Expansión la Red Matriz de Acueducto de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha

Tabla 20. Ejemplo Tabla Pivote parcial (Caudal E. Control Vitelma 1 Noviembre de 2010)

| TIME | Datos | | |
|------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|
| | Promedio de Macromedidor 1 | Promedio de Macromedidor 2 | Promedio de Qtot |
| 01/11/2010 00:00 | 885,1673333 | 515,1927857 | 1400,36012 |
| 01/11/2010 00:30 | 884,6748837 | 515,171093 | 1399,84598 |
| 01/11/2010 01:00 | 883,8007143 | 514,3141429 | 1398,11486 |
| 01/11/2010 01:30 | 883,08852 | 525,34542 | 1408,43394 |
| 01/11/2010 02:00 | 883,74085 | 530,21425 | 1413,9551 |
| 01/11/2010 02:30 | 883,3925208 | 517,2296042 | 1400,62213 |
| 01/11/2010 03:00 | 882,9437419 | 513,8477097 | 1396,79145 |
| 01/11/2010 03:30 | 883,9011765 | 514,5461471 | 1398,44732 |
| 01/11/2010 04:00 | 884,0054762 | 514,4947619 | 1398,50024 |
| 01/11/2010 04:30 | 895,8065833 | 246,8687778 | 1142,67536 |
| 01/11/2010 05:00 | 894,4452188 | 302,1418438 | 1196,58706 |
| 01/11/2010 05:30 | 892,7334419 | 307,6449302 | 1200,37837 |
| 01/11/2010 06:00 | 890,2724211 | 315,0847895 | 1205,35721 |
| 01/11/2010 06:30 | 889,3051143 | 314,4100857 | 1203,7152 |
| 01/11/2010 07:00 | 889,13176 | 314,55516 | 1203,68692 |
| 01/11/2010 07:30 | 890,1394063 | 314,4475625 | 1204,58697 |
| 01/11/2010 08:00 | 893,6592667 | 314,3125 | 1207,97177 |
| 01/11/2010 08:30 | 894,842907 | 303,1627674 | 1198,00567 |
| 01/11/2010 09:00 | 896,7052571 | 302,9806286 | 1199,68589 |
| 01/11/2010 09:30 | 896,1877368 | 302,5854211 | 1198,77316 |
| 01/11/2010 10:00 | 895,8057188 | 302,3295938 | 1198,13531 |
| 01/11/2010 10:30 | 891,484525 | 300,5294 | 1192,01393 |
| 01/11/2010 11:00 | 891,1135143 | 300,5716571 | 1191,68517 |
| 01/11/2010 11:30 | 882,41755 | 401,4557333 | 1283,87328 |
| 01/11/2010 12:00 | 874,7794815 | 481,3801481 | 1356,15963 |
| 01/11/2010 12:30 | 873,7884 | 480,7641333 | 1354,55253 |
| 01/11/2010 13:00 | 872,9278519 | 480,3586296 | 1353,28648 |
| 01/11/2010 13:30 | 874,3796667 | 480,7052424 | 1355,08491 |
| 01/11/2010 14:00 | 877,9152692 | 481,2255 | 1359,14077 |
| 01/11/2010 14:30 | 884,9355833 | 467,7915208 | 1352,7271 |
| 01/11/2010 15:00 | 886,5427353 | 457,0836176 | 1343,62635 |
| 01/11/2010 15:30 | 885,9916889 | 451,7198889 | 1337,71158 |
| 01/11/2010 16:00 | 883,533 | 457,65664 | 1341,18964 |
| 01/11/2010 16:30 | 879,8692105 | 531,7647895 | 1411,634 |
| 01/11/2010 17:00 | 878,85744 | 571,61156 | 1450,469 |