

PARTE 6

SIMULACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL PLAN MAESTRO

Informe Final

(Informe Soporte)

Parte 6 Simulación de Agua Subterránea

Tabla de Contenidos

| | Página |
|---|---------------|
| Tabla de Contenidos..... | i |
| Listado de Tablas y Figuras | ii |
| PARTE 6. SIMULACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA..... | 6-1 |
| CAPITULO 1. PERFIL DEL MODELO | 6-1 |
| 1.1. Condiciones Limítrofes | 6-1 |
| 1.2. Nuevos Pozos de bombeo Planeados | 6-1 |
| 1.3. Modelo Calibrado..... | 6-1 |
| CAPITULO 2. PREDICCIÓN DEL ABATIMIENTO..... | 6-4 |
| 2. 1. Pozos de Observación de Cabezas | 6-4 |
| 2. 2. Resultados de la Observación de Cabezas | 6-5 |
| 2. 3. Relación Descarga – Abatimiento..... | 6-7 |
| 2. 4. Recuperación de la Cabeza Hidráulica en el Tiempo | 6-8 |
| 2. 5. Abatimiento en las Capas de Sedimentos del Cuaternario..... | 6-11 |

Listado de Tablas y Figuras

Tablas

| | |
|---|------|
| Tabla-6. 1 Detalles de las Condiciones Limítrofes | 6-1 |
| Tabla-6. 2 Detalle de los Pozos Planeados en el Modelo | 6-3 |
| Tabla-6. 3 Ubicación Detallada de los Pozos de Observación | 6-5 |
| Tabla-6. 4 Datos de Observación de Cabeza en el Acuífero Cretáceo | 6-6 |
| Tabla-6. 5 Relación Descarga (Q) – Abatimiento (s) | 6-8 |
| Tabla-6. 6 Recuperación de la Cabeza Hidráulica en el Tiempo después de Terminar el Bombeo Para el Escenario 1 | 6-9 |
| Tabla-6. 7 Recuperación de la Cabeza Hidráulica en el Tiempo después de Terminar el Bombeo Para el Escenario 6 | 6-10 |
| Tabla-6. 8 Abatimiento en las Capas de Sedimentos del Cuaternario para el Escenario 6 | 6-12 |

Figuras

| | |
|--|------|
| Figura-6. 1 Vista Transversal de las Celdas/Capas y Condiciones Limítrofes del Modelo..... | 6-2 |
| Figura-6. 2 Distribución de Cabezas del Modelo Calibrado en Estado Fijo..... | 6-4 |
| Figura-6. 3 Abatimiento del Acuífero Cretáceo bajo Diferentes Tasas de Bombeo..... | 6-7 |
| Figura-6. 4 Relación Tiempo Abatimiento para los Escenarios 1 al 6 | 6-11 |

PARTE 6. SIMULACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

CAPITULO 1. PERFIL DEL MODELO

1.1. Condiciones Limítrofes

La información básica del modelo (estructura del modelo, parámetros, condiciones limítrofes) se presenta en la Tabla-3.7 del informe del Plan Maestro. La siguiente tabla presenta los detalles de las condiciones limítrofes empleadas en este modelo.

Tabla-6. 1 Detalles de las Condiciones Limítrofes

| Estructura | Condición Limítrofe (CL) | |
|--|--|--|
| | TIPO de CL | Detalles |
| 1 ^{era} capa: Cuaternario | Límite de Cabeza Constante | En la cuenca: Cabezas fijas de ríos y embalses |
| | Límite General de Cabeza (LGC) | LGC para crestas de montaña (ver Figura-3.25 en el Plan Maestro) Cabeza Externa = tope de celda – 50 m, Conductancia = 1200m ² /día |
| | Límite de Recarga | Recarga Subterránea (ver Figura-3.26 en el Plan Maestro) |
| | Límite de Drenaje | Fuera de la sabana de Bogota: Drenaje de ríos principales Conductancia = 2~10 m ² /día |
| 3 ^{ra} & 4 ^{ta} capa: Guadalupe | Límite de Flujo Constante (Pozo de Bombeo) | 4897 pozos existentes, plenamente penetrados (ver Figura-3.27 en el Plan Maestro) Rango de la tasa de bombeo 0.89~6684 m ³ /día 59 nuevos pozos planeados (hipotéticamente) |
| 8 ^{va} capa Paleozoico | Límite General de Cabeza | Para las celdas exteriores del perímetro Cabeza Externa = tope de la celda + 15 m, Conductancia = 400m ² /día |
| 10 ^{ma} capa: Paleozoico | Límite General de Cabeza | Para las celdas exteriores del perímetro Cabeza externa = tope de la celda + 100~500 m, Conductancia = 400m ² /día |
| 12 ^{va} capa Paleozoico | Límite sin Flujo | Se considera que el agua subterránea no se mueve a través del fondo del modelo. |

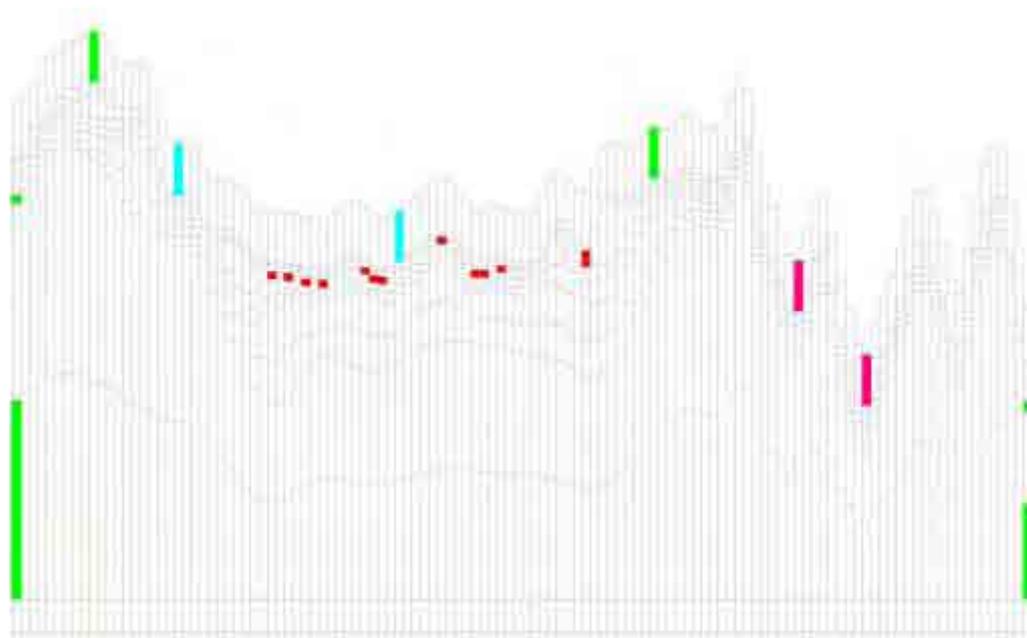
La Figura-6.1 muestra un corte transversal del modelo donde se aprecian las celdas/capas y las condiciones limítrofes principales.

1.2. Nuevos Pozos de bombeo Planeados

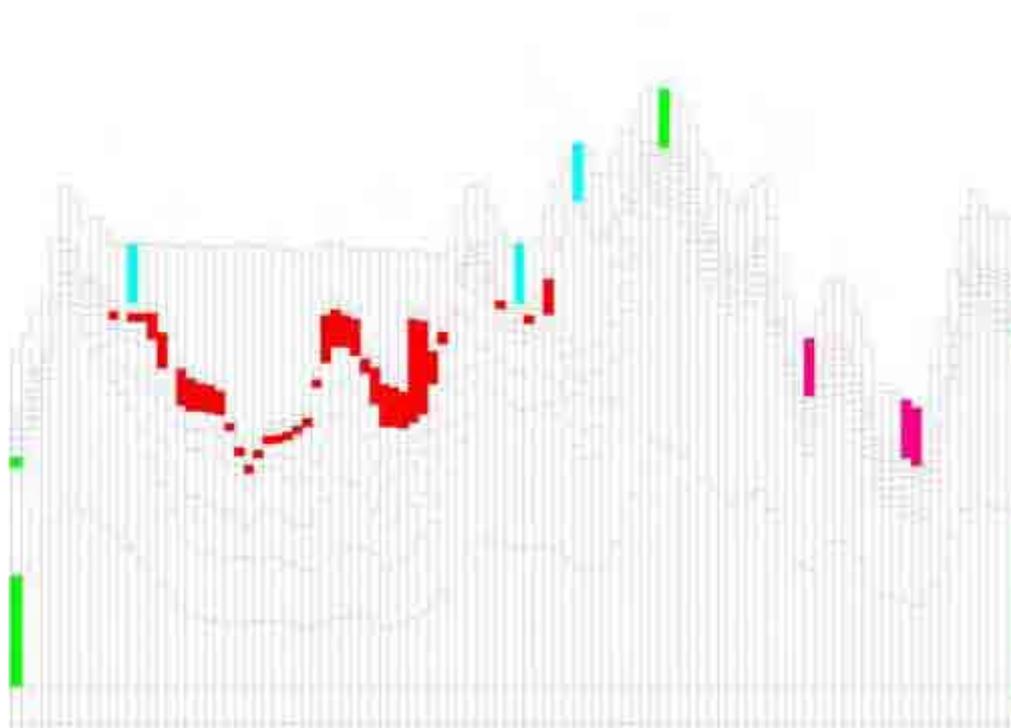
La Tabla-6.2 muestra la lista de los 59 nuevos pozos de bombeo planeados en este estudio. Algunos pozos son cercanos por lo que se integran en una sola celda del modelo. El resultado integrado se presenta en las columnas de la derecha tituladas “Celda de salida” y “No. de pozos por Celda”.

1.3. Modelo Calibrado

El resultado final de la calibración en estado fijo se presenta en la Figura 4 del informe del Plan Maestro como mapas de distribución de cabezas. La Figura-6.2 presenta la distribución de cabezas en una vista de corte transversal.



Corte Transversal sobre la columna 52 (exageración vertical = x 20)



**Figura-6. 1 Vista Transversal de las Celdas/Capas y Condiciones Limítrofes del Modelo
Corte Transversal sobre la fila 60 (exageración vertical = x 20)**

Nota:

Las columnas son tiras verticales en la vista del modelo y numeradas en serie de 1 a 105 desde la izquierda

Las filas son tiras horizontales en la vista del modelo y numeradas en serie de 1 a 120 desde arriba.

Las celdas rojas: límite del pozo, celdas azules: límite de cabeza constante, celdas rosadas: límites de drenaje, celdas verdes: límite general de cabeza.

Tabla-6. 2Detalle de los Pozos Planeados en el Modelo

| SN | Name (New) | Code | Row | Column | Pump rate (m3/d) | Output cell (m3/d) | No. of wells per cell |
|-------|------------|------|-----|--------|------------------|--------------------|-----------------------|
| 17 | S-1 | 8743 | 84 | 28 | 5857.6 | | |
| 18 | S-2 | 8743 | 84 | 28 | 5857.6 | -11715.2 | 2 |
| 19 | S-3 | 8744 | 84 | 29 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 14 | S-4 | 8849 | 85 | 29 | 5857.6 | | |
| 15 | S-5 | 8849 | 85 | 29 | 5857.6 | | |
| 16 | EX-1 | 8849 | 85 | 29 | 5857.6 | -17572.8 | 3 |
| 13 | S-6 | 8954 | 86 | 29 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 9 | B-1 | 9061 | 87 | 31 | 5857.6 | | |
| 10 | B-2 | 9061 | 87 | 31 | 5857.6 | | |
| 11 | EX-2 | 9061 | 87 | 31 | 5857.6 | -17572.8 | 3 |
| 8 | B-3 | 9166 | 88 | 31 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 12 | U-103 | 9070 | 87 | 40 | 0 | 0 | 1 |
| 6 | U-3 | 9385 | 90 | 40 | 5857.6 | | |
| 7 | U-4 | 9385 | 90 | 40 | 5857.6 | -11715.2 | 2 |
| 4 | U-2 | 9490 | 91 | 40 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 2 | EX-3 | 9595 | 92 | 40 | 5857.6 | | |
| 3 | U-1 | 9595 | 92 | 40 | 5857.6 | -11715.2 | 1 |
| 1 | U-101 | 9805 | 94 | 40 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | U-102 | 9491 | 91 | 41 | 0 | 0 | 1 |
| 23 | - | 8127 | 78 | 42 | 0 | 0 | 1 |
| 21 | E-2 | 8337 | 80 | 42 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 20 | E-1 | 8757 | 84 | 42 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 27 | E-4 | 7918 | 76 | 43 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 26 | E-3 | 8023 | 77 | 43 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 24 | E-102 | 8128 | 78 | 43 | 0 | 0 | |
| 25 | - | 8128 | 78 | 43 | 0 | 0 | 2 |
| 22 | E-101 | 8338 | 80 | 43 | 0 | 0 | 1 |
| 28 | E-103 | 7814 | 75 | 44 | 0 | 0 | 1 |
| 58 | Y-20 | 5296 | 51 | 46 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 56 | Y-18 | 5401 | 52 | 46 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 54 | Y-16 | 5506 | 53 | 46 | 5857.6 | | |
| 55 | Y-17 | 5506 | 53 | 46 | 5857.6 | -11715.2 | 2 |
| 52 | Y-14 | 5611 | 54 | 46 | 5857.6 | | |
| 53 | Y-15 | 5611 | 54 | 46 | 5857.6 | -11715.2 | 2 |
| 51 | Y-13 | 5716 | 55 | 46 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 49 | Y-11 | 5821 | 56 | 46 | 5857.6 | | |
| 50 | Y-12 | 5821 | 56 | 46 | 5857.6 | -11715.2 | 2 |
| 47 | Y-9 | 5926 | 57 | 46 | 5857.6 | | |
| 48 | Y-10 | 5926 | 57 | 46 | 5857.6 | -11715.2 | 2 |
| 46 | Y-8 | 6031 | 58 | 46 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 44 | Y-6 | 6136 | 59 | 46 | 5857.6 | | |
| 45 | Y-7 | 6136 | 59 | 46 | 5857.6 | -11715.2 | 2 |
| 42 | Y-4 | 6241 | 60 | 46 | 5857.6 | | |
| 43 | Y-5 | 6241 | 60 | 46 | 5857.6 | -11715.2 | 2 |
| 39 | Y-1 | 6346 | 61 | 46 | 5857.6 | | |
| 40 | Y-2 | 6346 | 61 | 46 | 5857.6 | | |
| 41 | Y-3 | 6346 | 61 | 46 | 5857.6 | -17572.8 | 3 |
| 38 | E-14 | 6451 | 62 | 46 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 34 | E-10 | 6766 | 65 | 46 | 5857.6 | | |
| 35 | E-11 | 6766 | 65 | 46 | 5857.6 | -11715.2 | 2 |
| 33 | E-9 | 6871 | 66 | 46 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 32 | E-8 | 6976 | 67 | 46 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 31 | E-7 | 7081 | 68 | 46 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 29 | E-5 | 7291 | 70 | 46 | 5857.6 | | |
| 30 | E-6 | 7291 | 70 | 46 | 5857.6 | -11715.2 | 2 |
| 59 | Y-21 | 5192 | 50 | 47 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 57 | Y-19 | 5402 | 52 | 47 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 37 | E-13 | 6662 | 64 | 47 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 36 | E-12 | 6767 | 65 | 47 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 64 | Y-26 | 4878 | 47 | 48 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 62 | Y-24 | 4983 | 48 | 48 | 5857.6 | | |
| 63 | Y-25 | 4983 | 48 | 48 | 5857.6 | -11715.2 | 2 |
| 60 | Y-22 | 5088 | 49 | 48 | 5857.6 | | |
| 61 | Y-23 | 5088 | 49 | 48 | 5857.6 | -11715.2 | 2 |
| 67 | Y-29 | 4564 | 44 | 49 | 5857.6 | -5857.6 | 1 |
| 65 | Y-27 | 4669 | 45 | 49 | 5857.6 | | |
| 66 | Y-28 | 4669 | 45 | 49 | 5857.6 | -11715.2 | 2 |
| Total | | | | | | -345,598 | |

<Nota>

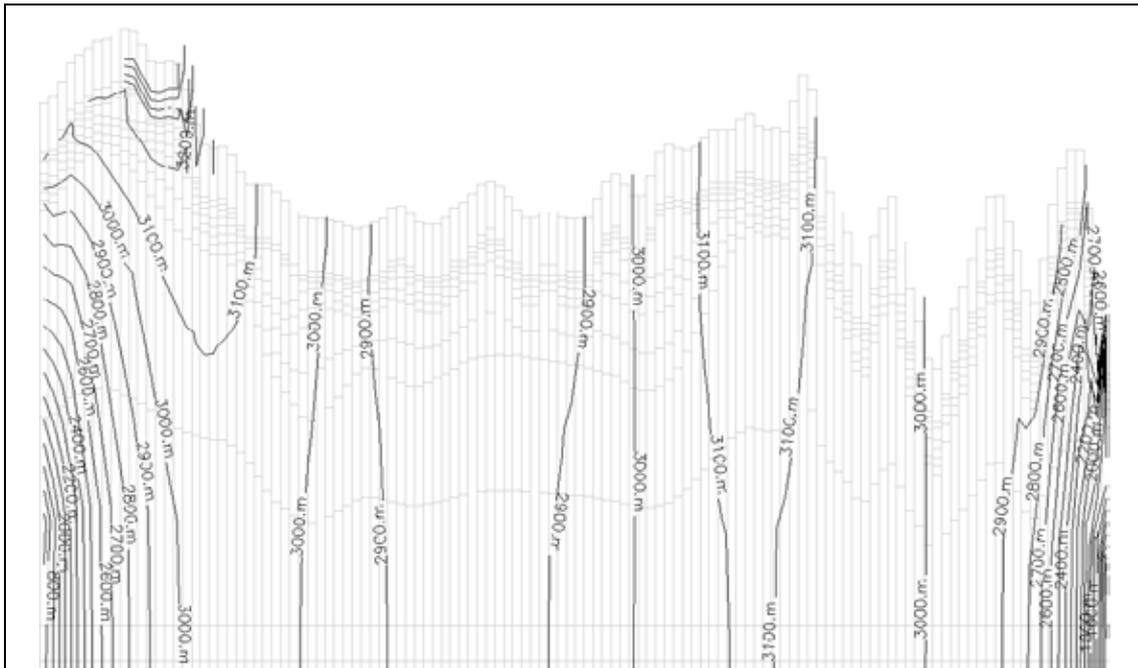
Los números bajo la columna "code" corresponden a una celda del modelo. Los pozos que tienen el mismo número se localizan en la misma celda para producir una tasa de bombeo combinada bajo la columna "Celda de Salida".

La tasa de bombeo de los pozos es la del Escenario 4 en la predicción del abatimiento.

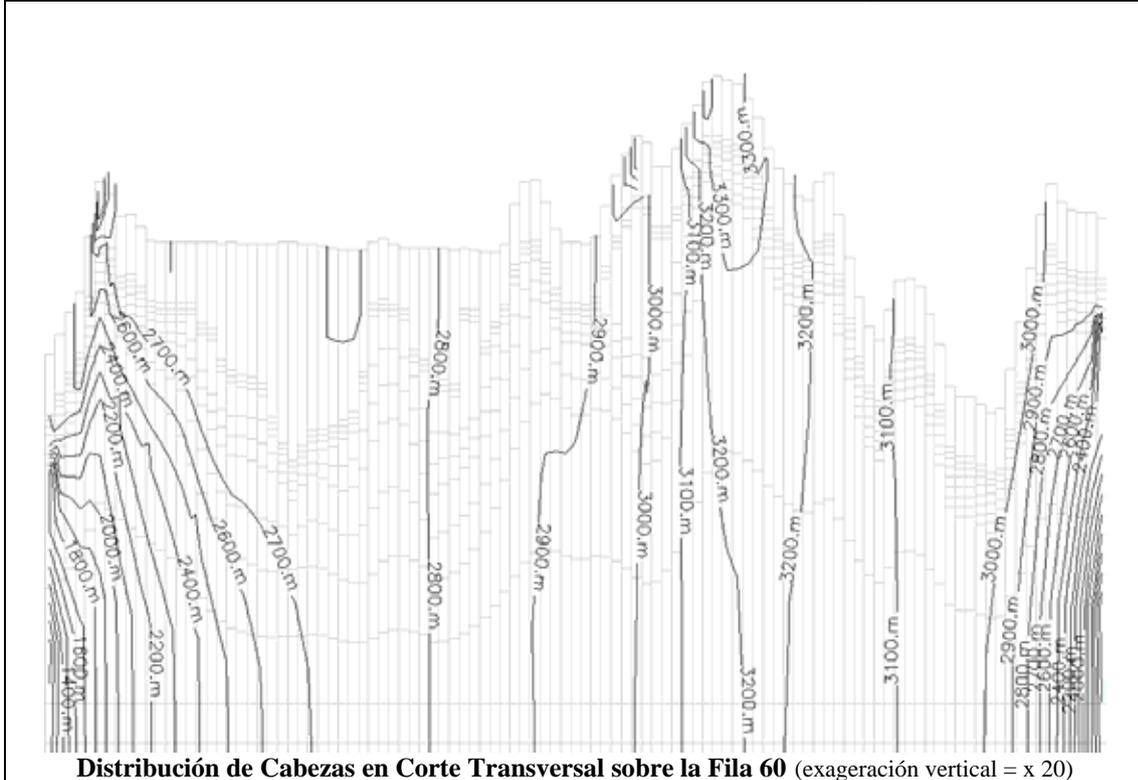
La tasa de bombeo de los pozos (aquellos que sacan agua del modelo) tiene un valor negativo en el modelo

Los pozos sombreados están temporalmente o permanentemente fuera de operación por alguna razón

Name = Nombre
Code = Código
Row = Fila
Column = Columna
Pump Rate = Tasa de Bombeo
Output Cell = Celda de Salida
No. of Wells per Cell = No. Pozos por Celda



Distribución de Cabezas en Corte Transversal sobre la Columna 52 (exageración vertical = x 20)



Distribución de Cabezas en Corte Transversal sobre la Fila 60 (exageración vertical = x 20)

Figura-6. 2 Distribución de Cabezas del Modelo Calibrado en Estado Fijo

CAPITULO 2. PREDICCIÓN DEL ABATIMIENTO

Se investigó la influencia del bombeo de los 59 pozos profundos planeados (en el Acuífero Cretáceo) sobre la distribución de cabezas hidráulicas de los acuíferos que lo rodean, usando el modelo calibrado.

2. 1. Pozos de Observación de Cabezas

El abatimiento del nivel freático y de las cabezas hidráulicas debido al bombeo de los nuevos pozos planeados, se observó a través de pozos de observación hipotéticos (solo existen en el modelo) instalados en

el acuífero Cretáceo y en la caja de sedimentos del Cuaternario encima de esta. La Tabla-6.3 resume los detalles de los pozos de observación.

Tabla-6. 3 Ubicación Detallada de los Pozos de Observación

| Nombre del Pozo | Capa Filtrada del Modelo | X (Oriental) | Y(Norte) |
|-----------------|--------------------------|--------------|----------|
| OBW-Q-1 | 1 | 1003259 | 1031261 |
| OBW-Q-2 | 1 | 998989 | 1032491 |
| OBW-Q-3 | 1 | 992257 | 1034786 |
| OBW-Q-4 | 1 | 999646 | 999461 |
| OBW-Q-5 | 1 | 993406 | 1001838 |
| OBW-Q-6 | 1 | 987331 | 1004379 |
| OBW-1 | 3 a 5 | 1007392 | 1029531 |
| OBW-2 | 3 a 5 | 1003382 | 1024430 |
| OBW-3 | 3 a 5 | 1003473 | 1015414 |
| OBW-4 | 3 a 5 | 996363 | 1009585 |
| OBW-5 | 3 a 5 | 999507 | 1002572 |
| OBW-6 | 3 a 5 | 991532 | 995422 |
| OBW-7 | 3 a 5 | 997365 | 994603 |

Nótese que la ubicación de estos pozos de observación hipotéticos está determinada en el mapa y no consideran las condiciones actuales del lugar.

2. 2. Resultados de la Observación de Cabezas

La Tabla-6.4 presenta los detalles de los resultados de observación.

Tabla-6. 4 Datos de Observación de Cabeza en el Acuífero Cretáceo

| Head observation results at Pumping rate 2.0m ³ /sec | | | | | | | | Head observation results at Pumping rate 4.0m ³ /sec | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Time (day) | OBW-1 | OBW-2 | OBW-3 | OBW-4 | OBW-5 | OBW-6 | OBW-7 | Time (day) | OBW-1 | OBW-2 | OBW-3 | OBW-4 | OBW-5 | OBW-6 | OBW-7 |
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 11 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13 | 0.17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 15 | 0.21 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| 17 | 0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 17 | 0.27 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| 19 | 0.16 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 19 | 0.32 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| 21 | 0.19 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 21 | 0.39 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| 24 | 0.25 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 24 | 0.49 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 |
| 27 | 0.30 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 27 | 0.61 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 |
| 30 | 0.37 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 30 | 0.74 | 0.04 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 |
| 33 | 0.44 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 33 | 0.87 | 0.04 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 |
| 36 | 0.51 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 36 | 1.01 | 0.05 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| 39 | 0.58 | 0.03 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 39 | 1.17 | 0.07 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| 42 | 0.66 | 0.04 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 42 | 1.33 | 0.08 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.00 |
| 45 | 0.75 | 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 45 | 1.49 | 0.09 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.00 |
| 48 | 0.83 | 0.05 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 48 | 1.67 | 0.11 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.00 |
| 51 | 0.92 | 0.06 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 51 | 1.84 | 0.12 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.00 |
| 61 | 1.25 | 0.09 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 61 | 2.49 | 0.18 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.00 |
| 71 | 1.59 | 0.13 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 71 | 3.17 | 0.26 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.00 |
| 81 | 1.94 | 0.17 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 81 | 3.88 | 0.34 | 0.16 | 0.00 | 0.01 | 0.11 | 0.00 |
| 91 | 2.30 | 0.22 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 91 | 4.61 | 0.44 | 0.20 | 0.00 | 0.01 | 0.12 | 0.00 |
| 101 | 2.67 | 0.27 | 0.12 | 0.00 | 0.01 | 0.07 | 0.00 | 101 | 5.34 | 0.55 | 0.24 | 0.00 | 0.01 | 0.14 | 0.00 |
| 111 | 3.04 | 0.33 | 0.14 | 0.00 | 0.01 | 0.08 | 0.00 | 111 | 6.08 | 0.66 | 0.29 | 0.00 | 0.02 | 0.15 | 0.00 |
| 121 | 3.41 | 0.39 | 0.17 | 0.00 | 0.01 | 0.08 | 0.00 | 121 | 6.82 | 0.78 | 0.34 | 0.00 | 0.03 | 0.16 | 0.01 |
| 131 | 3.78 | 0.46 | 0.20 | 0.00 | 0.02 | 0.09 | 0.00 | 131 | 7.56 | 0.91 | 0.40 | 0.00 | 0.03 | 0.17 | 0.01 |
| 141 | 4.15 | 0.52 | 0.23 | 0.00 | 0.02 | 0.10 | 0.00 | 141 | 8.29 | 1.05 | 0.45 | 0.00 | 0.04 | 0.19 | 0.01 |
| 151 | 4.51 | 0.60 | 0.25 | 0.00 | 0.02 | 0.10 | 0.01 | 151 | 9.02 | 1.19 | 0.51 | 0.00 | 0.05 | 0.20 | 0.01 |
| 161 | 4.87 | 0.67 | 0.29 | 0.00 | 0.03 | 0.11 | 0.01 | 161 | 9.73 | 1.34 | 0.57 | 0.00 | 0.06 | 0.21 | 0.02 |
| 171 | 5.22 | 0.75 | 0.32 | 0.00 | 0.03 | 0.11 | 0.01 | 171 | 10.44 | 1.50 | 0.64 | 0.00 | 0.06 | 0.22 | 0.02 |
| 181 | 5.57 | 0.83 | 0.35 | 0.00 | 0.04 | 0.12 | 0.01 | 181 | 11.13 | 1.65 | 0.70 | 0.00 | 0.07 | 0.23 | 0.02 |
| 191 | 5.91 | 0.91 | 0.38 | 0.00 | 0.04 | 0.13 | 0.01 | 191 | 11.82 | 1.82 | 0.77 | 0.00 | 0.09 | 0.24 | 0.03 |
| 201 | 6.24 | 0.99 | 0.42 | 0.00 | 0.05 | 0.13 | 0.01 | 201 | 12.49 | 1.98 | 0.84 | 0.00 | 0.10 | 0.25 | 0.03 |
| 211 | 6.57 | 1.08 | 0.45 | 0.00 | 0.05 | 0.14 | 0.02 | 211 | 13.15 | 2.15 | 0.91 | 0.00 | 0.11 | 0.26 | 0.03 |
| 221 | 6.90 | 1.16 | 0.49 | 0.00 | 0.06 | 0.14 | 0.02 | 221 | 13.80 | 2.32 | 0.98 | 0.00 | 0.12 | 0.28 | 0.04 |
| 231 | 7.21 | 1.25 | 0.53 | 0.00 | 0.07 | 0.15 | 0.02 | 231 | 14.43 | 2.50 | 1.05 | 0.00 | 0.14 | 0.29 | 0.04 |
| 241 | 7.53 | 1.34 | 0.56 | 0.00 | 0.07 | 0.16 | 0.02 | 241 | 15.05 | 2.67 | 1.13 | 0.00 | 0.15 | 0.30 | 0.05 |
| 251 | 7.83 | 1.42 | 0.60 | 0.00 | 0.08 | 0.16 | 0.03 | 251 | 15.66 | 2.85 | 1.21 | 0.00 | 0.16 | 0.31 | 0.06 |
| 261 | 8.13 | 1.51 | 0.64 | 0.00 | 0.09 | 0.17 | 0.03 | 261 | 16.26 | 3.03 | 1.28 | 0.00 | 0.18 | 0.33 | 0.06 |
| 271 | 8.43 | 1.60 | 0.68 | 0.00 | 0.10 | 0.18 | 0.03 | 271 | 16.85 | 3.21 | 1.36 | 0.00 | 0.19 | 0.34 | 0.07 |
| 281 | 8.71 | 1.69 | 0.72 | 0.00 | 0.10 | 0.18 | 0.04 | 281 | 17.43 | 3.39 | 1.44 | 0.00 | 0.21 | 0.35 | 0.07 |
| 291 | 9.00 | 1.78 | 0.76 | 0.00 | 0.11 | 0.19 | 0.04 | 291 | 17.99 | 3.57 | 1.52 | 0.00 | 0.23 | 0.36 | 0.08 |
| 301 | 9.27 | 1.87 | 0.80 | 0.00 | 0.12 | 0.20 | 0.04 | 301 | 18.55 | 3.75 | 1.60 | 0.00 | 0.24 | 0.38 | 0.09 |
| 311 | 9.54 | 1.97 | 0.84 | 0.00 | 0.13 | 0.21 | 0.05 | 311 | 19.09 | 3.93 | 1.68 | 0.00 | 0.26 | 0.39 | 0.09 |
| 321 | 9.81 | 2.06 | 0.88 | 0.00 | 0.14 | 0.21 | 0.05 | 321 | 19.62 | 4.11 | 1.77 | 0.00 | 0.28 | 0.40 | 0.10 |
| 331 | 10.07 | 2.15 | 0.92 | 0.00 | 0.15 | 0.22 | 0.05 | 331 | 20.14 | 4.30 | 1.85 | 0.00 | 0.29 | 0.42 | 0.11 |
| 341 | 10.33 | 2.24 | 0.97 | 0.00 | 0.15 | 0.23 | 0.06 | 341 | 20.66 | 4.48 | 1.93 | 0.00 | 0.31 | 0.43 | 0.11 |
| 351 | 10.58 | 2.33 | 1.01 | 0.00 | 0.16 | 0.24 | 0.06 | 351 | 21.16 | 4.66 | 2.02 | 0.00 | 0.33 | 0.45 | 0.12 |
| 361 | 10.83 | 2.42 | 1.05 | 0.00 | 0.17 | 0.24 | 0.07 | 361 | 21.65 | 4.84 | 2.10 | 0.00 | 0.35 | 0.46 | 0.13 |
| 371 | 11.07 | 2.51 | 1.09 | 0.00 | 0.18 | 0.25 | 0.07 | 371 | 22.14 | 5.02 | 2.19 | 0.00 | 0.37 | 0.47 | 0.14 |

Las gráficas de abatimiento en el acuífero Cretáceo bajo diferentes tasas de bombeo entre 1,0 y 6,0 m³/s (correspondientes a los Escenarios 1 al 6) se presentan a continuación.

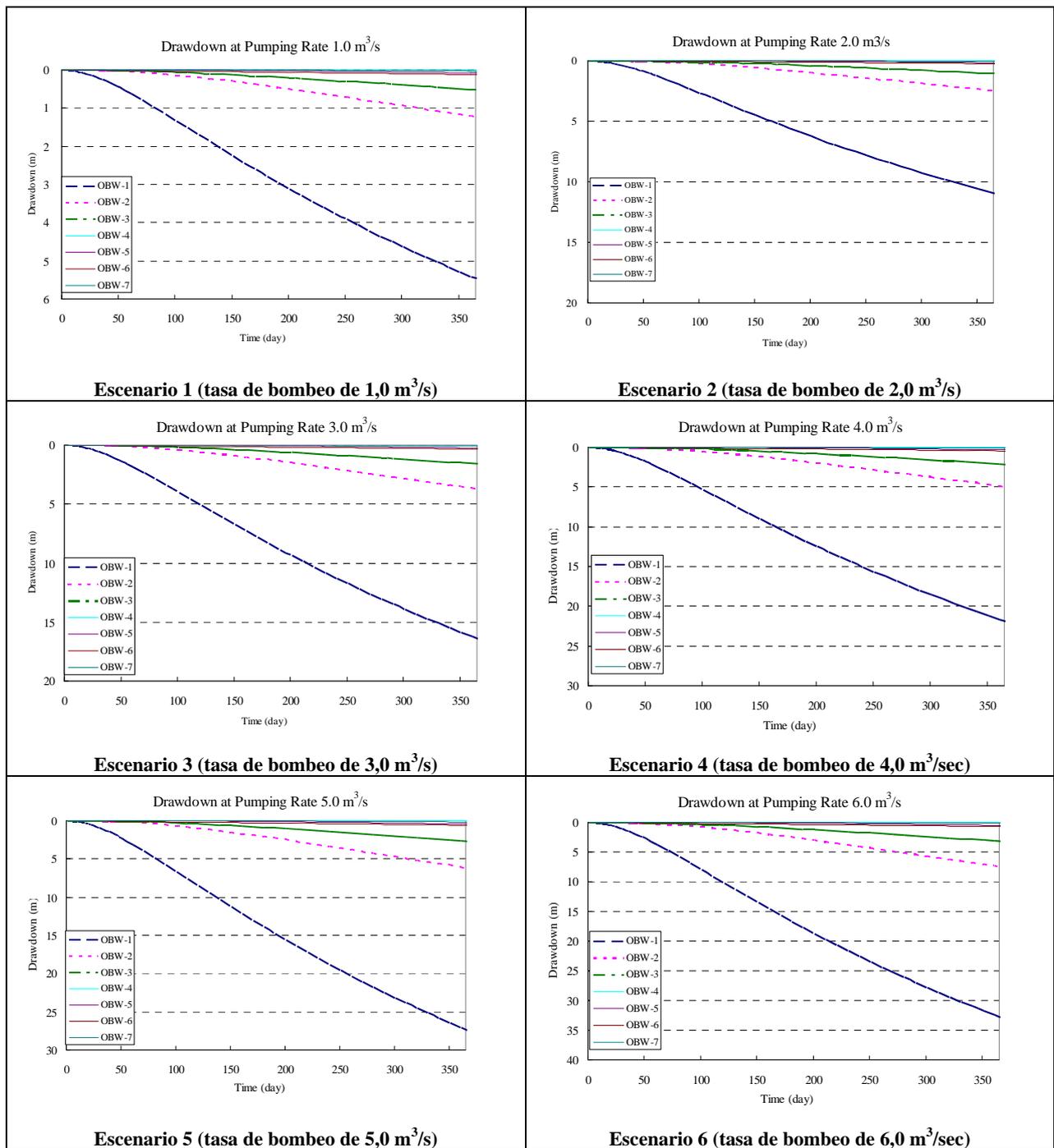


Figura-6. 3 Abatimiento del Acuífero Cretáceo bajo Diferentes Tasas de Bombeo

Nota: En el eje Y se presenta la cantidad de Abatimiento en metros; y en el eje X el tiempo en días.

2. 3. Relación Descarga – Abatimiento

Se investigó la relación entre abatimiento (s) y la tasa de bombeo colectiva observada en cada pozo de observación, durante un periodo de bombeo mínimo y máximo (1 mes y 9 meses respectivamente). Las siguientes tablas corresponden a las representaciones gráficas que se presentan en la Figura-5.10 del informe del Plan Maestro.

Tabla-6. 5 Relación Descarga (Q) – Abatimiento (s)

| Durante 30 días (1 mes) | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Q (m ³ /s) | OBW-1 | OBW-2 | OBW-3 | OBW-4 | OBW-5 | OBW-6 | OBW-7 |
| 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.5 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1.0 | 0.18 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| 1.5 | 0.28 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| 2.0 | 0.37 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| 2.5 | 0.46 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 |
| 3.0 | 0.55 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 |
| 3.5 | 0.64 | 0.03 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 |
| 4.0 | 0.74 | 0.04 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 |
| 4.5 | 0.83 | 0.04 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 |
| 5.0 | 0.92 | 0.04 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 |
| 5.5 | 1.01 | 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| 6.0 | 1.10 | 0.05 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 |
| Durante 271 días (9 meses) | | | | | | | |
| Q (m ³ /s) | OBW-1 | OBW-2 | OBW-3 | OBW-4 | OBW-5 | OBW-6 | OBW-7 |
| 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.5 | 2.11 | 0.40 | 0.17 | 0.00 | 0.02 | 0.04 | 0.01 |
| 1.0 | 4.21 | 0.80 | 0.34 | 0.00 | 0.05 | 0.09 | 0.02 |
| 1.5 | 6.32 | 1.20 | 0.51 | 0.00 | 0.07 | 0.13 | 0.02 |
| 2.0 | 8.43 | 1.60 | 0.68 | 0.00 | 0.10 | 0.18 | 0.03 |
| 2.5 | 10.53 | 2.00 | 0.85 | 0.00 | 0.12 | 0.21 | 0.04 |
| 3.0 | 12.64 | 2.41 | 1.02 | 0.00 | 0.14 | 0.25 | 0.05 |
| 3.5 | 14.74 | 2.81 | 1.19 | 0.00 | 0.17 | 0.29 | 0.06 |
| 4.0 | 16.85 | 3.21 | 1.36 | 0.00 | 0.19 | 0.34 | 0.07 |
| 4.5 | 18.96 | 3.61 | 1.53 | 0.00 | 0.22 | 0.38 | 0.08 |
| 5.0 | 21.06 | 4.01 | 1.70 | 0.00 | 0.24 | 0.43 | 0.08 |
| 5.5 | 23.17 | 4.41 | 1.87 | 0.00 | 0.27 | 0.47 | 0.09 |
| 6.0 | 25.28 | 4.81 | 2.04 | 0.00 | 0.29 | 0.52 | 0.10 |

* El abatimiento se presenta en metros

2. 4. Recuperación de la Cabeza Hidráulica en el Tiempo

Se realizó una simulación para ver el proceso de recuperación de las cabezas hidráulicas en cada pozo de observación después de detener el bombeo, luego de 9 meses (271 días) de operación. Las siguientes tablas muestran los datos correspondientes a las dos gráficas para el Escenario 1 y 6 en la Figura-5.11 del informe del Plan Maestro.

Tabla-6. 6 Recuperación de la Cabeza Hidráulica en el Tiempo después de Terminar el Bombeo Para el Escenario 1

| Tiempo (días) | Abatimiento (m) | | | | | | |
|---------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | OBW-1 | OBW-2 | OBW-3 | OBW-4 | OBW-5 | OBW-6 | OBW-7 |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 30 | 0.26 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| 60 | 0.67 | 0.07 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 |
| 90 | 1.16 | 0.13 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.00 |
| 120 | 1.68 | 0.22 | 0.09 | 0.00 | 0.01 | 0.04 | 0.00 |
| 150 | 2.20 | 0.32 | 0.14 | 0.00 | 0.01 | 0.04 | 0.00 |
| 180 | 2.72 | 0.43 | 0.18 | 0.00 | 0.02 | 0.05 | 0.01 |
| 210 | 3.21 | 0.55 | 0.23 | 0.00 | 0.03 | 0.06 | 0.01 |
| 240 | 3.68 | 0.67 | 0.29 | 0.00 | 0.04 | 0.07 | 0.01 |
| 270 | 4.12 | 0.80 | 0.35 | 0.00 | 0.05 | 0.07 | 0.02 |
| 300 | 4.28 | 0.92 | 0.39 | 0.00 | 0.06 | 0.07 | 0.02 |
| 330 | 4.27 | 1.00 | 0.44 | 0.00 | 0.07 | 0.07 | 0.03 |
| 360 | 4.15 | 1.07 | 0.47 | 0.00 | 0.08 | 0.06 | 0.03 |
| 390 | 3.99 | 1.12 | 0.50 | 0.00 | 0.09 | 0.06 | 0.03 |
| 420 | 3.81 | 1.15 | 0.52 | 0.00 | 0.10 | 0.06 | 0.03 |
| 450 | 3.62 | 1.17 | 0.54 | 0.00 | 0.11 | 0.06 | 0.04 |
| 480 | 3.43 | 1.18 | 0.55 | 0.00 | 0.11 | 0.06 | 0.04 |
| 510 | 3.26 | 1.18 | 0.56 | 0.00 | 0.12 | 0.05 | 0.04 |
| 540 | 3.09 | 1.17 | 0.57 | 0.00 | 0.12 | 0.05 | 0.04 |
| 570 | 2.93 | 1.16 | 0.57 | 0.00 | 0.12 | 0.05 | 0.04 |
| 600 | 2.79 | 1.15 | 0.58 | 0.00 | 0.13 | 0.04 | 0.04 |
| 630 | 2.65 | 1.13 | 0.58 | 0.00 | 0.13 | 0.04 | 0.03 |
| 690 | 2.42 | 1.09 | 0.58 | 0.00 | 0.13 | 0.03 | 0.03 |
| 750 | 2.22 | 1.06 | 0.57 | 0.00 | 0.13 | 0.02 | 0.02 |
| 810 | 2.04 | 1.02 | 0.57 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | 0.01 |
| 870 | 1.88 | 0.98 | 0.56 | 0.00 | 0.12 | -0.01 | 0.00 |
| 930 | 1.75 | 0.94 | 0.55 | 0.00 | 0.12 | -0.03 | -0.01 |
| 990 | 1.63 | 0.91 | 0.54 | 0.00 | 0.12 | -0.05 | -0.03 |
| 1050 | 1.52 | 0.88 | 0.53 | 0.00 | 0.12 | -0.07 | -0.04 |
| 1110 | 1.42 | 0.85 | 0.52 | 0.00 | 0.11 | -0.09 | -0.06 |
| 1210 | 1.28 | 0.80 | 0.50 | 0.01 | 0.11 | -0.13 | -0.08 |
| 1310 | 1.16 | 0.76 | 0.49 | 0.01 | 0.11 | -0.17 | -0.11 |
| 1410 | 1.06 | 0.73 | 0.47 | 0.01 | 0.10 | -0.22 | -0.14 |
| 1510 | 0.97 | 0.70 | 0.46 | 0.01 | 0.10 | -0.27 | -0.17 |
| 1610 | 0.89 | 0.67 | 0.45 | 0.01 | 0.10 | -0.32 | -0.21 |
| 2110 | 0.65 | 0.57 | 0.40 | 0.02 | 0.08 | -0.61 | -0.37 |
| 2610 | 0.50 | 0.49 | 0.36 | 0.03 | 0.07 | -0.90 | -0.53 |

Tabla-6. 7 Recuperación de la Cabeza Hidráulica en el Tiempo después de Terminar el Bombeo Para el Escenario 6

| Time (day) | Abatimiento (m) | | | | | | |
|------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | OBW-1 | OBW-2 | OBW-3 | OBW-4 | OBW-5 | OBW-6 | OBW-7 |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 30 | 1.57 | 0.12 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.00 |
| 60 | 4.04 | 0.39 | 0.18 | 0.00 | 0.01 | 0.11 | 0.00 |
| 90 | 6.97 | 0.79 | 0.35 | 0.00 | 0.03 | 0.18 | 0.01 |
| 120 | 10.09 | 1.30 | 0.56 | 0.00 | 0.05 | 0.24 | 0.02 |
| 150 | 13.23 | 1.90 | 0.81 | 0.00 | 0.09 | 0.29 | 0.03 |
| 180 | 16.29 | 2.57 | 1.10 | 0.00 | 0.13 | 0.35 | 0.04 |
| 210 | 19.24 | 3.29 | 1.40 | 0.00 | 0.18 | 0.41 | 0.06 |
| 240 | 22.05 | 4.04 | 1.73 | 0.00 | 0.24 | 0.46 | 0.08 |
| 270 | 24.72 | 4.82 | 2.07 | 0.00 | 0.31 | 0.52 | 0.11 |
| 300 | 25.67 | 5.49 | 2.37 | 0.00 | 0.38 | 0.54 | 0.14 |
| 330 | 25.60 | 6.02 | 2.62 | 0.00 | 0.44 | 0.53 | 0.17 |
| 360 | 24.93 | 6.43 | 2.82 | 0.00 | 0.50 | 0.53 | 0.20 |
| 390 | 23.96 | 6.71 | 2.98 | 0.00 | 0.56 | 0.54 | 0.23 |
| 420 | 22.85 | 6.90 | 3.11 | 0.00 | 0.61 | 0.55 | 0.25 |
| 450 | 21.72 | 7.01 | 3.22 | 0.00 | 0.65 | 0.57 | 0.27 |
| 480 | 20.61 | 7.06 | 3.30 | 0.00 | 0.68 | 0.58 | 0.29 |
| 510 | 19.54 | 7.06 | 3.36 | 0.00 | 0.71 | 0.60 | 0.31 |
| 540 | 18.54 | 7.03 | 3.41 | 0.00 | 0.73 | 0.62 | 0.32 |
| 570 | 17.60 | 6.97 | 3.44 | 0.00 | 0.74 | 0.64 | 0.34 |
| 600 | 16.73 | 6.89 | 3.46 | 0.00 | 0.76 | 0.65 | 0.35 |
| 630 | 15.92 | 6.79 | 3.47 | 0.00 | 0.76 | 0.67 | 0.35 |
| 690 | 14.52 | 6.57 | 3.46 | 0.00 | 0.77 | 0.70 | 0.36 |
| 750 | 13.30 | 6.34 | 3.43 | 0.01 | 0.76 | 0.72 | 0.36 |
| 810 | 12.24 | 6.11 | 3.39 | 0.01 | 0.75 | 0.75 | 0.36 |
| 870 | 11.31 | 5.88 | 3.34 | 0.01 | 0.74 | 0.76 | 0.36 |
| 930 | 10.48 | 5.67 | 3.29 | 0.02 | 0.73 | 0.78 | 0.35 |
| 990 | 9.75 | 5.46 | 3.23 | 0.02 | 0.71 | 0.79 | 0.34 |
| 1050 | 9.10 | 5.27 | 3.17 | 0.02 | 0.70 | 0.80 | 0.33 |
| 1110 | 8.51 | 5.09 | 3.11 | 0.03 | 0.69 | 0.80 | 0.31 |
| 1210 | 7.68 | 4.83 | 3.01 | 0.04 | 0.66 | 0.80 | 0.29 |
| 1310 | 6.97 | 4.59 | 2.92 | 0.05 | 0.64 | 0.80 | 0.26 |
| 1410 | 6.35 | 4.37 | 2.83 | 0.06 | 0.62 | 0.78 | 0.23 |
| 1510 | 5.82 | 4.18 | 2.75 | 0.07 | 0.60 | 0.76 | 0.19 |
| 1610 | 5.35 | 4.01 | 2.68 | 0.08 | 0.59 | 0.73 | 0.16 |
| 2110 | 3.90 | 3.39 | 2.40 | 0.13 | 0.53 | 0.50 | -0.02 |
| 2610 | 2.97 | 2.93 | 2.18 | 0.18 | 0.48 | 0.22 | -0.19 |

Los resultados de la recuperación de cabezas para todos los escenarios, incluyendo el Escenario y el 6, se presentan en las graficas de abatimiento contra el tiempo siguientes.

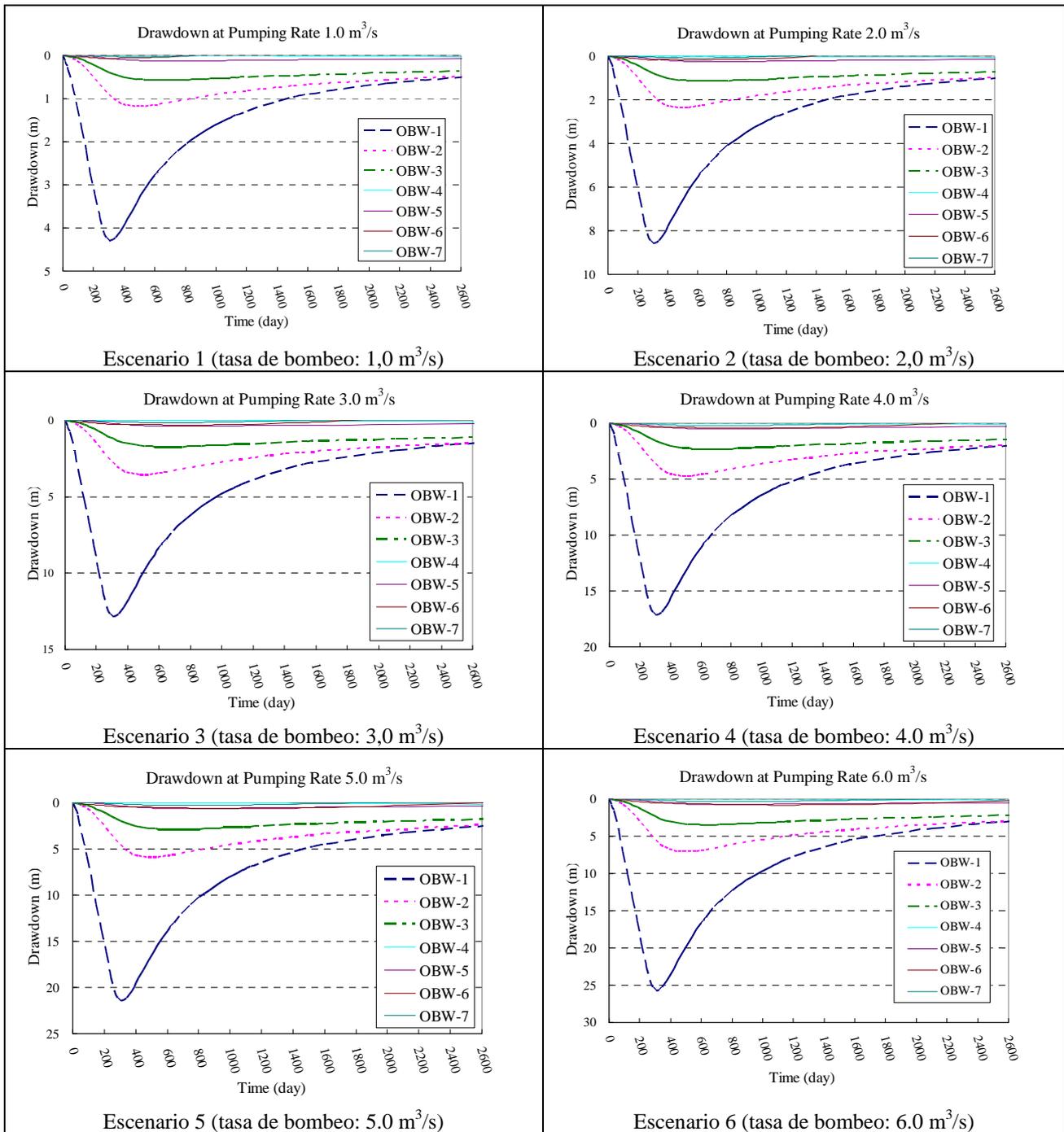


Figura-6. 4 Relación Tiempo Abatimiento para los Escenarios 1 al 6

Nota: En el eje Y se presenta la cantidad de Abatimiento en metros; y en el eje X el tiempo en días.

2. 5. Abatimiento en las Capas de Sedimentos del Cuaternario

Se encontró que el abatimiento máximo de las capas de sedimentos del Cuaternario es muy pequeño, como se muestra en la Figura-5.12 del informe del Plan Maestro. La Tabla-2.6 presenta los datos de abatimiento – tiempo para la figura. El tiempo de simulación se extendió a 2.600 días (aproximadamente 7 años)

Tabla-6. 8 Abatimiento en las Capas de Sedimentos del Cuaternario para el Escenario 6

| Tiempo (días) | Abatimiento (m) | | | | | |
|---------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | OBW-Q-1 | OBW-Q-2 | OBW-Q-3 | OBW-Q-4 | OBW-Q-5 | OBW-Q-6 |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 |
| 60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 |
| 90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.00 |
| 120 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.00 |
| 150 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.00 |
| 180 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.00 |
| 210 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | 0.00 |
| 240 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | 0.00 |
| 270 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.00 |
| 300 | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 330 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 360 | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 390 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 420 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 450 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 480 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 510 | 0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 540 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 570 | 0.16 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.00 |
| 600 | 0.17 | 0.00 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.00 |
| 630 | 0.18 | 0.00 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.00 |
| 690 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.14 | 0.00 | 0.00 |
| 750 | 0.22 | 0.00 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | 0.00 |
| 810 | 0.23 | 0.00 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | 0.00 |
| 870 | 0.25 | 0.01 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | 0.00 |
| 930 | 0.26 | 0.01 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | 0.00 |
| 990 | 0.27 | 0.01 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | 0.00 |
| 1050 | 0.28 | 0.01 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.00 |
| 1110 | 0.29 | 0.01 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.00 |
| 1210 | 0.30 | 0.01 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 0.00 |
| 1310 | 0.31 | 0.02 | 0.00 | 0.10 | 0.01 | 0.00 |
| 1410 | 0.31 | 0.02 | 0.00 | 0.10 | 0.01 | 0.00 |
| 1510 | 0.31 | 0.02 | 0.00 | 0.09 | 0.01 | 0.00 |
| 1610 | 0.32 | 0.02 | 0.00 | 0.09 | 0.01 | 0.00 |
| 2110 | 0.30 | 0.04 | 0.00 | 0.06 | 0.01 | 0.00 |
| 2610 | 0.28 | 0.05 | 0.00 | 0.03 | 0.01 | 0.00 |

PARTE 7

SIMULACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

**Informe Final
(Informe de Soporte)**

Parte 7 Simulación de Agua Subterránea del Estudio de Factibilidad

Tabla de Contenidos

| | Página |
|--|--------|
| Tabla de Contenido | i |
| Lista de Tablas y Figuras | ii |
| | |
| | Página |
| PARTE 7 SIMULACIÓN DE AGUA SUBTERRANEA DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD | 7-1 |
| CAPITULO 1. ESQUEMA DEL MODELO | 7-1 |
| 1.1. Condiciones de Frontera | 7-1 |
| 1.2. Nuevos Pozos de Bombeo Planeados | 7-3 |
| 1.3. Modelo de Calibración..... | 7-4 |
| CAPITULO 2. PRONOSTICO DEL NIVEL DE ABATIMIENTO | 7-7 |
| 2.1. Cabeza en Pozos de Observación | 7-7 |
| 2.2. Resultados Observados de Abatimiento | 7-7 |

Lista de Tablas y Figuras

Tablas

| | |
|---|-----|
| Table-7. 1 Detalles de Condiciones de Frontera | 7-1 |
| Tabla-7. 2 Coordenadas de 64 pozos de bombeo..... | 7-4 |
| Table-7. 3 Ubicación Detallada de los Pozos de Observación..... | 7-7 |
| Tabla-7. 4 Datos de Observación de Abatimiento para los Pozos Hipoteticos | 7-7 |

Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura-7. 1 Vistas de Corte Seccional de la Malla/capa y Condiciones de Frontera del Modelo (a travez de la fila 50)..... | 7-2 |
| Figura-7. 2 Vistas de Corte Seccional de la Malla/capa y Condiciones de Frontera del Modelo (a travez de la columna 49) | 7-3 |
| Figura-7. 3 Distribución de Cabeza del Modelo calibrado con Estado Estable (atravez de la fila 50)..... | 7-5 |
| Figura-7. 4 Distribución de Cabeza del Modelo calibrado con Estado Estable (através de la columna 49)..... | 7-6 |

PARTE 7 SIMULACIÓN DE AGUA SUBTERRANEA DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

CAPITULO 1. ESQUEMA DEL MODELO

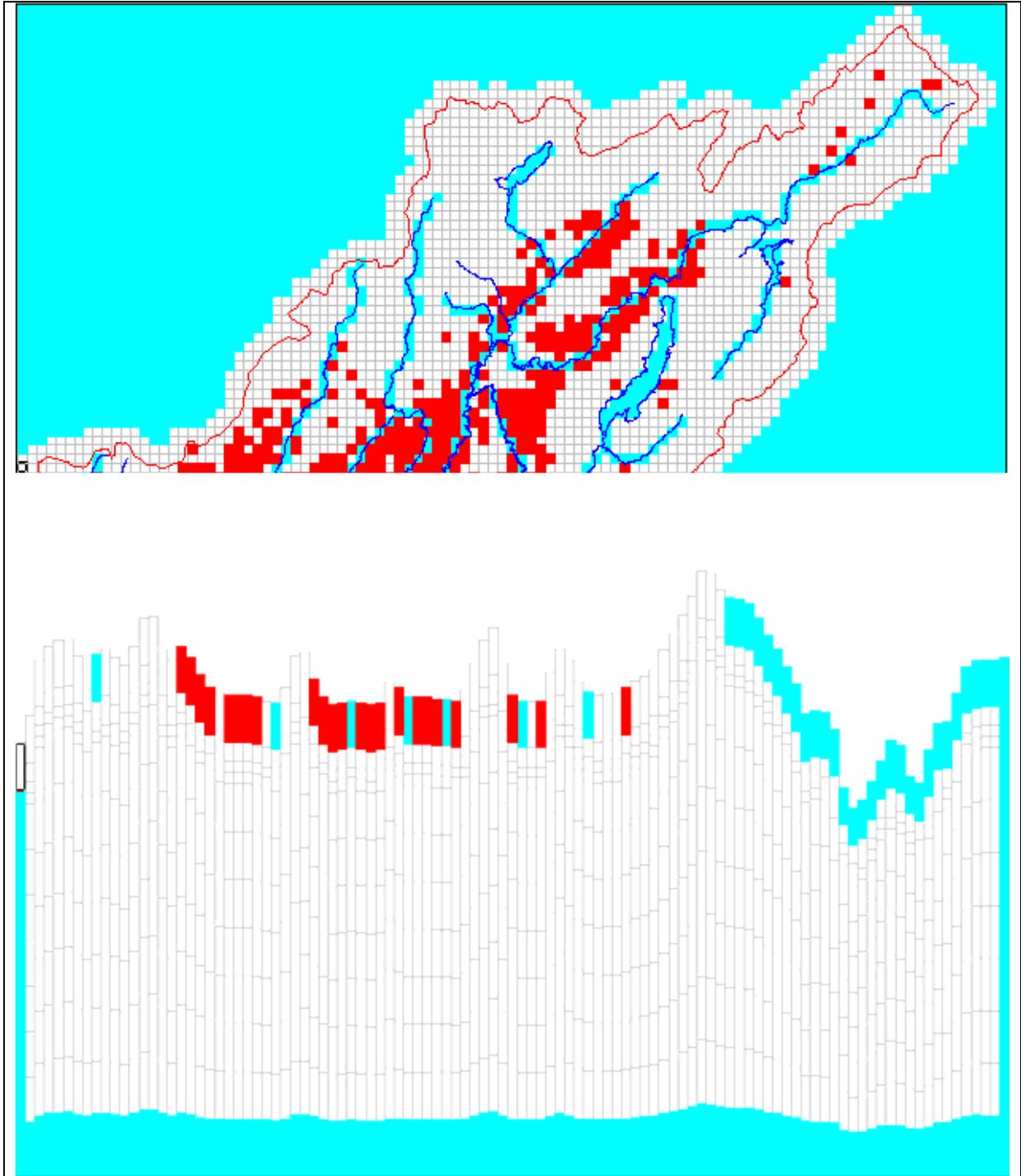
1.1. Condiciones de Frontera

La información básica (estructura del modelo, parámetros, condiciones de frontera) del modelo esta dada en informe principal. La siguiente tabla presenta los detalles de las condiciones de frontera empleados en este modelo.

Tabla-7. 1 Detalles de Condiciones de Frontera

| Estructure | Condiciones de Frontera (CF) | |
|--|--------------------------------|--|
| Capa | Tipo CF | Detalle |
| 1ra capa: Cuaternario Zona Plana Terciario Frontera de zona plana y zona montañosa. Guadalupe: Zona montañosa alrededor de la sabana de Bogotá. | Frontera de Cabeza Constante | En la Sabana: Cabezas fijas para ríos, embalses y áreas de 2Km o mas fuera de la Sabana de Bogotá. |
| | Frontera de Recarga | Recarga de Agua Subterránea |
| | Frontera de Evapotranspiracion | Evapotraspiration por Agua Subterránea Taza de Máxima ET : 0.0026 (m/día) Elevación de la Superficie de ET: 0.3m Profundidad de Extinción de ET: 1.5m |
| | Frontera de Pozos | Pozos Existentes: 4918 especificados en 983 celdas Pozos Proyectados: 64 33 en Cerros Orientales; 14 en los Cerros Sur y 17 en Yerbabuena |
| 2da Capa Terciario Área Cuaternaria y Terciaria en la capa 1 Guadalupe: El mismo a la capa 1. | Frontera de Cabeza Constante | Todas las celdas a lo largo del modelo con frontera de dominio. |
| 3ra y 4ra Capa Guadalupe | Frontera de Cabeza Constante | Todas las celdas a lo largo del modelo con frontera de dominio. |
| 5ta Capa Cretaceo | Frontera de Cabeza Constante | Todas las celdas a lo largo del modelo con frontera de dominio. |
| 6ta a 11 Capa Paleozoico | Frontera de Cabeza Constante | Todas las celdas a lo largo del modelo con frontera de dominio. |
| 12 Capa Paleozoico | Frontera de Cabeza Constante | Todas las celdas a lo largo del modelo con frontera de dominio. |

La sección de corte vertical de la malla/capa del modelo y condiciones de frontera principales se muestran en la Figura 7-1 y 7-2.



Nota: Celdas Rojas: Frontera de pozos, Celdas Azules: Frontera de Cabeza Constante

Figura-7. 1 Vistas de Corte Seccional de la Malla/capa y Condiciones de Frontera del Modelo (a través de la fila 50)

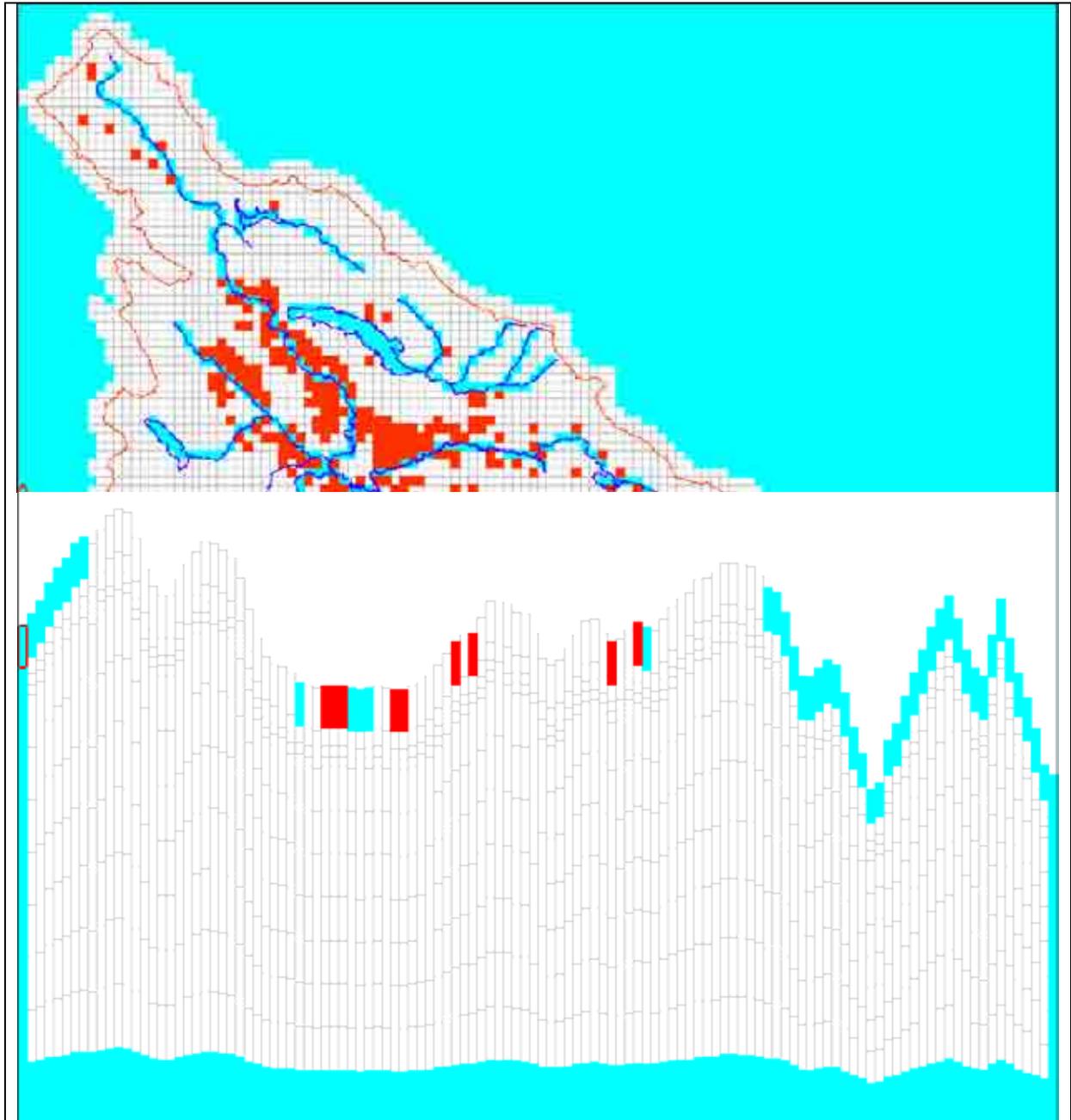


Figura-7. 2 Vistas de Corte Seccional de la Malla/capa y Condiciones de Frontera del Modelo (a través de la columna 49)

1.2. Nuevos Pozos de Bombeo Planeados

La siguiente tabla muestra la lista de 64 nuevos pozos de bombeo planeados en este estudio.

Tabla-7. 2 Coordenadas de 64 pozos de bombeo

| No. | Project | Latitude | Longitude | Site | Elevation | Yield_M3_D | Row | Column |
|------|-----------|----------|------------|---------------|-----------|------------|-----|--------|
| E-1 | Eastern | 4.563 | -74.065333 | Vitelma | 2810 | 2000 | 84 | 42 |
| E-3 | Eastern | 4.627056 | -74.055194 | Chapinero | 2825 | 2000 | 77 | 43 |
| E-4 | Eastern | 4.634556 | -74.05575 | Chapinero | 2768 | 2000 | 76 | 43 |
| TS-2 | Eastern | 4.683917 | -74.027722 | Usaquen | 2674 | 2000 | 71 | 46 |
| TS-1 | Eastern | 4.685139 | -74.029611 | Usaquen | 2621 | 2000 | 70 | 46 |
| E-5 | Eastern | 4.69225 | -74.024194 | Usaquen | 2688 | 2000 | 70 | 46 |
| E-6 | Eastern | 4.692806 | -74.025722 | Usaquen | 2643 | 2000 | 70 | 46 |
| ST-1 | Eastern | 4.711722 | -74.083389 | Suba | 2589 | 2500 | 68 | 40 |
| ST-2 | Eastern | 4.712111 | -74.084333 | Suba | 2588 | 2500 | 68 | 40 |
| E-7 | Eastern | 4.712 | -74.028972 | Usaquen | 2583 | 2000 | 68 | 46 |
| ST-3 | Eastern | 4.7125 | -74.084833 | Suba | 2589 | 2500 | 67 | 40 |
| E-8 | Eastern | 4.722972 | -74.025806 | Usaquen | 2583 | 2000 | 66 | 46 |
| E-9 | Eastern | 4.727333 | -74.022917 | Usaquen | 2597 | 2000 | 66 | 47 |
| E-11 | Eastern | 4.736 | -74.024 | Usaquen | 2577 | 2000 | 65 | 46 |
| E-10 | Eastern | 4.733778 | -74.023444 | Usaquen | 2587 | 2000 | 65 | 47 |
| E-12 | Eastern | 4.740167 | -74.022472 | Usaquen | 2583 | 2000 | 64 | 47 |
| E-13 | Eastern | 4.745222 | -74.022 | Usaquen | 2592 | 2000 | 64 | 47 |
| E-14 | Eastern | 4.754833 | -74.022917 | Usaquen | 2605 | 2000 | 63 | 47 |
| E-15 | Eastern | 4.762639 | -74.026889 | Usaquen | 2578 | 2000 | 62 | 46 |
| CO-2 | Eastern | 4.764833 | -74.024056 | Usaquen | 2643 | 2000 | 62 | 46 |
| Y-1 | Eastern | 4.770583 | -74.027333 | Bogota Rural | 2570 | 2000 | 61 | 46 |
| Y-2 | Eastern | 4.774528 | -74.026917 | Bogota Rural | 2571 | 2000 | 61 | 46 |
| Y-3 | Eastern | 4.776278 | -74.026611 | Bogota Rural | 2571 | 2000 | 60 | 46 |
| Y-4 | Eastern | 4.784556 | -74.028417 | Bogota Rural | 2575 | 2000 | 60 | 46 |
| Y-5 | Eastern | 4.78625 | -74.027889 | Bogota Rural | 2582 | 2000 | 59 | 46 |
| Y-6 | Eastern | 4.78925 | -74.028583 | Bogota Rural | 2571 | 2000 | 59 | 46 |
| Y-7 | Eastern | 4.792278 | -74.029417 | Bogota Rural | 2573 | 2000 | 59 | 46 |
| E-16 | Eastern | 4.7575 | -74.078389 | Suba | 2581 | 2500 | 63 | 40 |
| E-17 | Eastern | 4.761111 | -74.0815 | Suba | 2575 | 2500 | 62 | 40 |
| Y-8 | Eastern | 4.795806 | -74.031611 | Bogota Rural | 2581 | 2000 | 58 | 46 |
| Y-9 | Eastern | 4.805694 | -74.030139 | Bogota Rural | 2568 | 2000 | 57 | 46 |
| Y-10 | Eastern | 4.809556 | -74.030639 | Bogota Rural | 2570 | 2000 | 57 | 46 |
| Y-11 | Eastern | 4.817278 | -74.031 | Bogota Rural | 2569 | 2000 | 56 | 46 |
| Y-12 | Eastern | 4.821583 | -74.0315 | Bogota Rural | 2586 | 2000 | 55 | 46 |
| B-4 | Southern | 4.531194 | -74.168056 | Ciudad Bolova | 2945 | 1000 | 88 | 31 |
| B-5 | Southern | 4.528528 | -74.167778 | Ciudad Bolova | 2987 | 1000 | 88 | 31 |
| B-1 | Southern | 4.539417 | -74.160472 | Ciudad Bolova | 2835 | 1000 | 87 | 31 |
| EX-2 | Southern | 4.537333 | -74.164361 | Ciudad Bolova | 2867 | 1000 | 87 | 31 |
| B-2 | Southern | 4.534083 | -74.165583 | Ciudad Bolova | 2907 | 1000 | 87 | 31 |
| B-3 | Southern | 4.532833 | -74.167056 | Ciudad Bolova | 2918 | 1000 | 87 | 31 |
| EX-1 | Southern | 4.556028 | -74.179556 | Soacha | 2786 | 1000 | 85 | 29 |
| S-5 | Southern | 4.552472 | -74.180528 | Soacha | 2809 | 1000 | 85 | 29 |
| S-6 | Southern | 4.550111 | -74.182306 | Soacha | 2837 | 1000 | 85 | 29 |
| S-1 | Southern | 4.562028 | -74.189111 | Soacha | 2746 | 1000 | 84 | 28 |
| S-2 | Southern | 4.561722 | -74.185611 | Soacha | 2760 | 1000 | 84 | 29 |
| S-3 | Southern | 4.562028 | -74.182333 | Soacha | 2748 | 1000 | 84 | 29 |
| S-4 | Southern | 4.559333 | -74.179889 | Soacha | 2762 | 1000 | 84 | 29 |
| Y-13 | Yerbabuen | 4.829278 | -74.031028 | Chia | 2566 | 2000 | 55 | 46 |
| Y-14 | Yerbabuen | 4.832611 | -74.030111 | Chia | 2564 | 2000 | 54 | 46 |
| Y-15 | Yerbabuen | 4.835306 | -74.029917 | Chia | 2558 | 2000 | 54 | 46 |
| Y-21 | Yerbabuen | 4.874861 | -74.014944 | Chia | 2570 | 2000 | 50 | 47 |
| Y-16 | Yerbabuen | 4.840889 | -74.026722 | Chia | 2564 | 2000 | 53 | 46 |
| Y-17 | Yerbabuen | 4.848778 | -74.0265 | Chia | 2556 | 2000 | 52 | 46 |
| Y-18 | Yerbabuen | 4.854194 | -74.023778 | Chia | 2571 | 2000 | 52 | 46 |
| Y-19 | Yerbabuen | 4.855944 | -74.021556 | Chia | 2617 | 2000 | 52 | 47 |
| Y-20 | Yerbabuen | 4.860778 | -74.024667 | Chia | 2577 | 2000 | 51 | 46 |
| Y-22 | Yerbabuen | 4.87875 | -74.013444 | Sopo | 2566 | 2000 | 49 | 48 |
| Y-23 | Yerbabuen | 4.881194 | -74.012667 | Sopo | 2563 | 2000 | 49 | 48 |
| Y-24 | Yerbabuen | 4.88925 | -74.009667 | Sopo | 2557 | 2000 | 48 | 48 |
| Y-25 | Yerbabuen | 4.893111 | -74.007472 | Sopo | 2559 | 2000 | 47 | 48 |
| Y-26 | Yerbabuen | 4.896333 | -74.006278 | Sopo | 2559 | 2000 | 47 | 48 |
| Y-27 | Yerbabuen | 4.91375 | -73.997306 | Sopo | 2558 | 2000 | 45 | 49 |
| Y-28 | Yerbabuen | 4.919028 | -73.997528 | Sopo | 2554 | 2000 | 45 | 49 |
| Y-29 | Yerbabuen | 4.922556 | -73.996611 | Sopo | 2561 | 2000 | 44 | 49 |

1.3. Modelo de Calibración

Las siguientes figuras presentan distribución de cabeza en un corte de vista seccional.

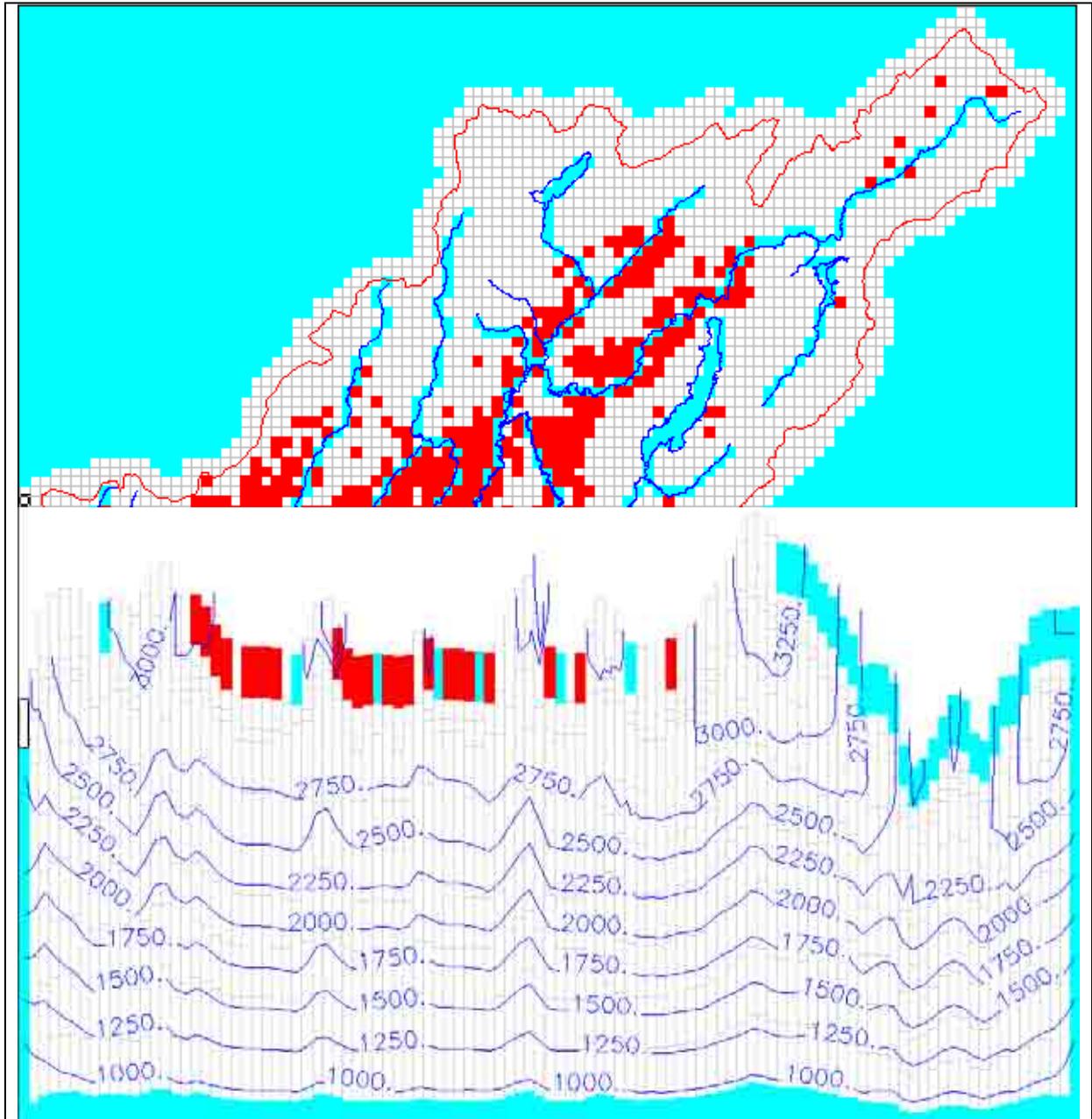


Figura-7. 3 Distribución de Cabeza del Modelo calibrado con Estado Estable (através de la fila 50)

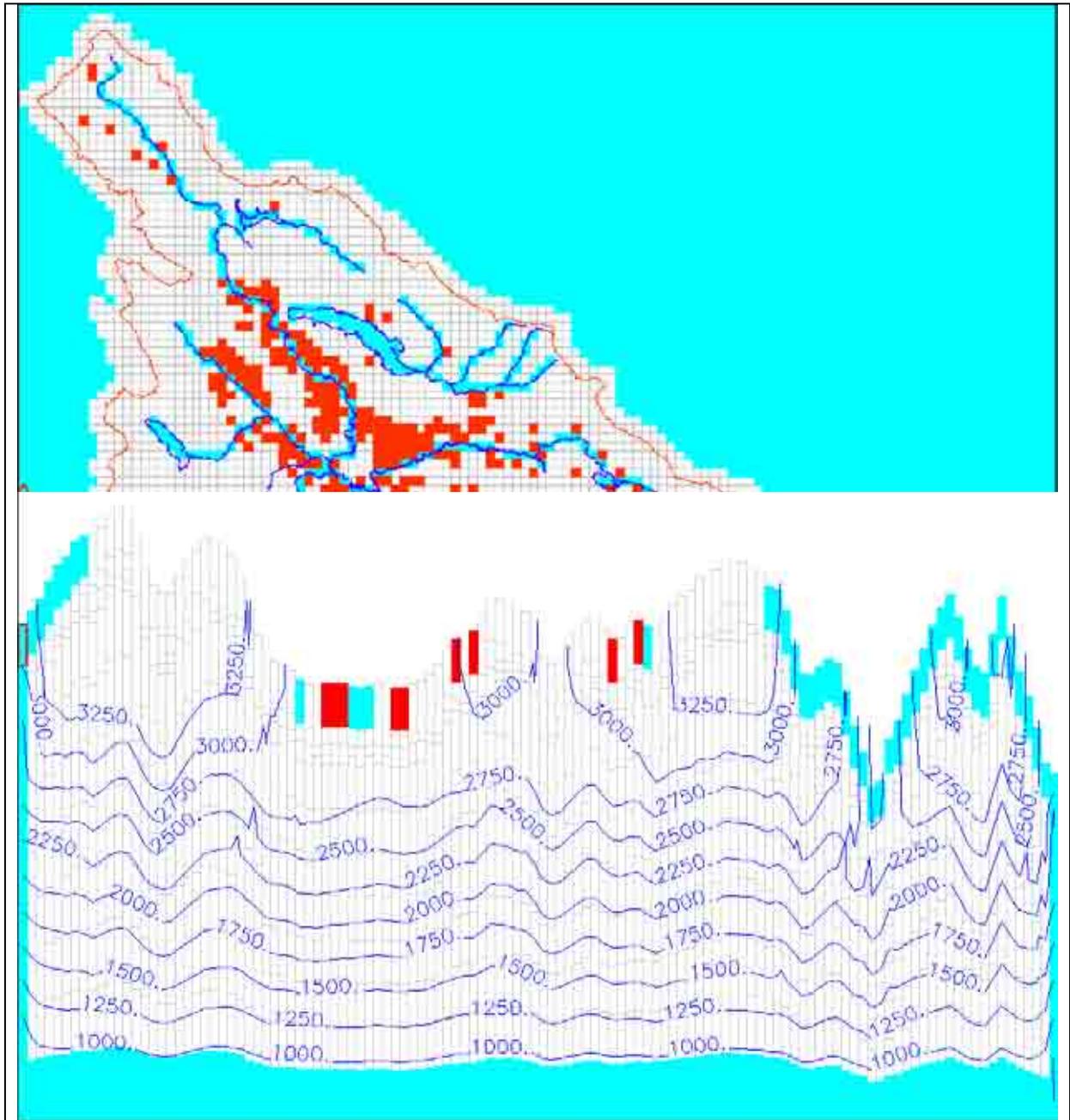


Figura-7. 4 Distribución de Cabeza del Modelo calibrado con Estado Estable (através de la columna 49)

CAPITULO 2. PRONOSTICO DEL NIVEL DE ABATIMIENTO

La influencia del bombeo de 64 pozos sobre la distribución de la cabeza hidráulica de los acuíferos alrededor fue investigada usando el modelo calibrado.

2.1. Cabeza en Pozos de Observación

El abatimiento del nivel freático y cabezas hidráulicas debido al bombeo de los nuevos pozos fue observado a través de los pozos de observación hipotéticos. La siguiente tabla muestra la ubicación de los pozos de observación.

Tabla-7.3 Ubicación Detallada de los Pozos de Observación

| No. | Borehole Name | Active | X (easting) | Y (northing) |
|-----|---------------|-------------------------------------|-------------|--------------|
| 1 | South-1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 990322 | 993417 |
| 2 | South-2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 989358 | 994291 |
| 3 | South-3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 988453 | 995987 |
| 4 | East-1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1005777 | 1000068 |
| 5 | East-2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1002562 | 1004064 |
| 6 | East-3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1001584 | 996296 |
| 7 | YBB-1 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1008896 | 1035781 |
| 8 | YBB-2 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1007468 | 1032252 |
| 9 | YBB-3 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1006535 | 1027444 |

Las ubicaciones de los pozos de observación hipotéticos es determinada en el mapa y no consideran condiciones de terreno actuales.

2.2. Resultados Observados de Abatimiento

La siguiente tabla muestra resultados de observación.

Tabla-7.4 Datos de Observación de Abatimiento para los Pozos Hipotéticos

| Time(day) | East-1 | East-2 | East-3 | South-1 | South-2 | South-3 | YBB-1 | YBB-2 | YBB-3 |
|-----------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0.78 | 1.08 | 1.02 | 0.82 | 0 | 0.8 | 0.6 | 0.65 | 0.61 |
| 20 | 1.33 | 1.87 | 1.7 | 1.4 | 0.01 | 1.38 | 1.06 | 1.1 | 1.06 |
| 30 | 1.73 | 2.47 | 2.16 | 1.8 | 0.02 | 1.81 | 1.41 | 1.43 | 1.42 |
| 60 | 2.35 | 3.47 | 2.85 | 2.39 | 0.06 | 2.5 | 2.05 | 1.97 | 2.03 |
| 90 | 2.73 | 4.09 | 3.25 | 2.48 | 0.11 | 2.92 | 2.48 | 2.32 | 2.43 |
| 120 | 3 | 4.53 | 3.51 | 2.58 | 0.17 | 3.19 | 2.78 | 2.58 | 2.72 |
| 150 | 3.21 | 4.86 | 3.7 | 2.68 | 0.23 | 3.39 | 3.01 | 2.78 | 2.94 |
| 180 | 3.39 | 5.14 | 3.86 | 2.78 | 0.29 | 3.54 | 3.2 | 2.96 | 3.14 |
| 210 | 3.55 | 5.39 | 4 | 2.88 | 0.35 | 3.67 | 3.36 | 3.12 | 3.31 |
| 240 | 3.69 | 5.61 | 4.12 | 2.98 | 0.41 | 3.78 | 3.49 | 3.26 | 3.46 |
| 270 | 3.83 | 5.82 | 4.24 | 3.07 | 0.48 | 3.88 | 3.61 | 3.4 | 3.6 |
| 300 | 2.46 | 3.86 | 2.46 | 2.82 | 0.52 | 2.39 | 2.46 | 2.26 | 2.49 |
| 665 | 1.09 | 1.62 | 0.83 | 0.99 | 0.55 | 0.76 | 0.79 | 0.96 | 1.08 |
| 1030 | 0.81 | 1.14 | 0.54 | 0.56 | 0.49 | 0.48 | 0.42 | 0.63 | 0.75 |
| 1395 | 0.66 | 0.9 | 0.41 | 0.43 | 0.42 | 0.37 | 0.28 | 0.47 | 0.59 |
| 1760 | 0.55 | 0.73 | 0.34 | 0.35 | 0.36 | 0.3 | 0.21 | 0.37 | 0.48 |
| 2125 | 0.47 | 0.61 | 0.29 | 0.29 | 0.31 | 0.25 | 0.17 | 0.31 | 0.4 |
| 2490 | 0.41 | 0.52 | 0.25 | 0.24 | 0.27 | 0.21 | 0.14 | 0.26 | 0.34 |
| 2855 | 0.36 | 0.44 | 0.22 | 0.21 | 0.23 | 0.18 | 0.12 | 0.22 | 0.29 |
| 3220 | 0.32 | 0.38 | 0.2 | 0.18 | 0.2 | 0.15 | 0.1 | 0.19 | 0.25 |
| 3585 | 0.28 | 0.33 | 0.18 | 0.16 | 0.17 | 0.13 | 0.09 | 0.16 | 0.22 |
| 3950 | 0.25 | 0.29 | 0.16 | 0.14 | 0.15 | 0.12 | 0.08 | 0.14 | 0.19 |
| 4315 | 0.22 | 0.25 | 0.15 | 0.12 | 0.13 | 0.1 | 0.07 | 0.13 | 0.17 |
| 4680 | 0.2 | 0.22 | 0.13 | 0.11 | 0.12 | 0.09 | 0.06 | 0.11 | 0.15 |
| 5045 | 0.18 | 0.19 | 0.12 | 0.09 | 0.1 | 0.08 | 0.05 | 0.1 | 0.13 |
| 5410 | 0.16 | 0.17 | 0.11 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.05 | 0.09 | 0.12 |
| 5775 | 0.15 | 0.15 | 0.1 | 0.07 | 0.08 | 0.06 | 0.04 | 0.08 | 0.11 |
| 6140 | 0.13 | 0.14 | 0.09 | 0.06 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.1 |
| 6505 | 0.12 | 0.12 | 0.08 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.09 |

PARTE 8

SUBSIDENCIA DE TIERRA

**Informe Final
(Informe Soporte)**

Parte 8 Subsistencia del Terreno

Página

| | |
|--|-----|
| Tabla de Contenidos..... | i |
| Listado de Tablas y Figuras..... | ii |
| | |
| PARTE 8. SUBSIDENCIA DEL TERRENO..... | 8-1 |
| CAPITULO 1. MODELO DE LA SUBSIDENCIA DEL TERRENO..... | 8-1 |
| CAPITULO 2. RESULTADO DEL ANÁLISIS | 8-2 |

Listado Tablas y Figuras

Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla-8. 1 Longitud Final de Consolidación de la Capa Modelo del Cuaternario | 8-4 |
| Tabla-8. 2 Cantidad de Subsistencia del Terreno | 8-5 |

Figuras

| | |
|---|-----|
| Figura-8. 1 Modelo de Consolidación..... | 8-1 |
| Figura-8. 2 Modelo de Consolidación de Capas Aluviales..... | 8-2 |
| Figura-8. 3 Modelo de Consolidación de Capas Aluviales..... | 8-5 |

PARTE 8. SUBSIDENCIA DEL TERRENO

CAPITULO 1. MODELO DE LA SUBSIDENCIA DEL TERRENO

1). Análisis de la Subsistencia del Terreno

Según lo propuesto en el proyecto, la subsidencia del terreno fue analizada y explicada en el Informe del Plan Maestro (P/M). Por lo tanto, en esta parte se dará una explicación suplementaria, en cuanto a su descripción por favor remítase al P/M. El modelo fundamental de subsidencia del terreno por bombeo se presenta en la Figura-5.24 del informe del Plan Maestro.

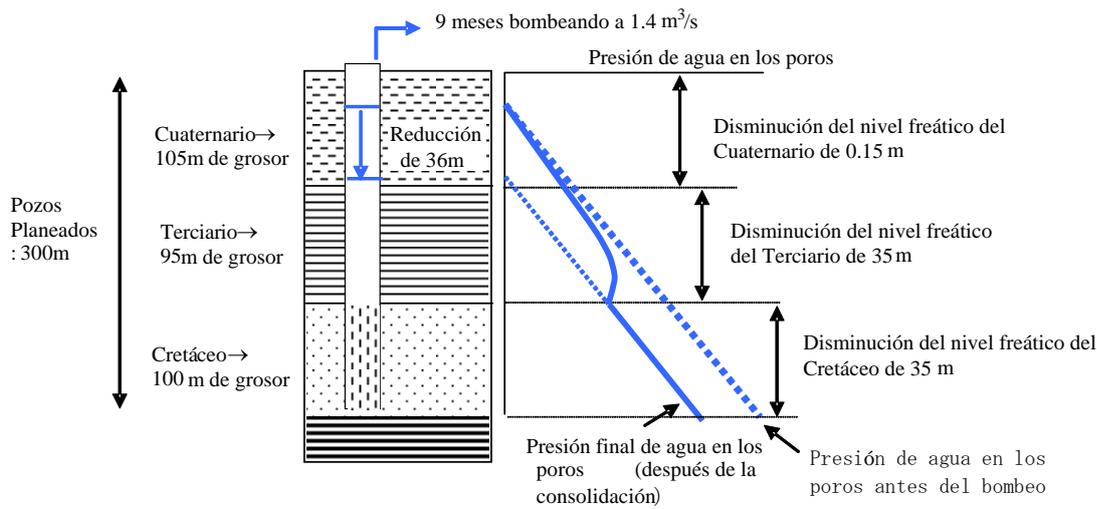


Figura-8. 1 Modelo de Consolidación

2). Velocidad de Subsistencia del Terreno

La consolidación de una capa avanzará proporcionalmente a la reducción del exceso de la presión del agua dentro de esta, la cual a su vez es causada por una reducción de la presión del agua en un acuífero vecino confinado. El avance de la consolidación puede ser estimado mediante la fórmula de Terzaghi. Como se muestra en la fórmula, la velocidad de la consolidación es proporcional al coeficiente de permeabilidad de la capa de arcilla. Consecuentemente, esto tomará un tiempo largo, hasta que termine la consolidación de la capa de arcilla, dada su baja permeabilidad.

$$\frac{\delta u}{\delta t} = \frac{k}{m_v \gamma_w} \times \frac{\delta^2 u}{\delta^2 z}$$

u : Exceso de presión hídrica de la capa.

k : Coeficiente de permeabilidad.

m_v : Coeficiente de compresibilidad del volumen.

γ_w : Peso unitario del agua.

3). Modelo de Consolidación para el Cuaternario (Arcilla Aluvial)

El modelo de consolidación para arcilla aluvial en la parte norte de Bogotá se presenta en la Figura-8.2. Éste modelo fue utilizado para el presente análisis, donde se asume que el agua subterránea drenada de las capas de arcilla por consolidación bajará y finalmente fluirá lejos de la capa inferior (capa No. 16 en la Figura-8.2).

| Símbolo | Capa del Suelo | | Profundidad de la capa (m) | Grosor de la Capa (m) | Peso Unitario (t/m ²) | Índice de Compresión (Cc) | Cv (cm ² /d) | Grosor Convertido (m) |
|---------|----------------|------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | No. | Nombre del Suelo | | | | | | |
| | 1 | Relleno | 1.0 | 1.0 | 1.56 | - | - | - |
| | 2 | Limos | 2.5 | 1.5 | 1.38 | 1.72 | 2.59 | 1.2 |
| | 3 | Arcilla | 6.7 | 4.2 | 1.48 | 0.99 | 20.74 | 1.2 |
| | 4 | Arcilla | 20.1 | 13.4 | 1.34 | 1.48 | 0.86 | 19.0 |
| | 5 | Arcilla | 26.4 | 6.3 | 1.32 | 1.55 | 1.73 | 6.3 |
| | 6 | Arcilla | 30.5 | 4.1 | 1.46 | 1.37 | 117.07 | 0.5 |
| | 7 | Arcilla | 36.2 | 5.7 | 1.41 | 1.6 | 1.73 | 5.7 |
| | 8 | Arcilla | 39.7 | 3.5 | 1.33 | 3.77 | 1.73 | 3.5 |
| | 9 | Arcilla | 42.3 | 2.6 | 1.53 | 2.21 | 1.73 | 2.6 |
| | 10 | Arcilla | 50.5 | 8.2 | 1.46 | 1.16 | 1.73 | 8.2 |
| | 11 | Arcilla | 62.3 | 11.8 | 1.5 | 0.95 | 24.19 | 3.2 |
| | 12 | Toba | 66.5 | 4.2 | 1.07 | 2.26 | 4.75 | 2.5 |
| | 13 | Arcilla+Arena | 71.0 | 4.5 | 1.67 | 0.77 | 42.34 | 0.9 |
| | 14 | Arcilla+Arena | 85.0 | 14.0 | 1.73 | 0.7 | 1.30 | 16.2 |
| | 15 | Arcilla+Arena | 89.8 | 4.8 | 1.84 | 0.62 | 1.30 | 5.5 |
| | 16 | Arcilla Arenosa | 105.0 | 15.2 | 1.7 | 0.97 | 9.50 | 6.5 |
| Total | | | | 105.0 | Fuente: Universidad Nacional | | | 83.0 |

Figura-8. 2 Modelo de Consolidación de Capas Aluviales

4) Coeficiente de Consolidación y Grosor de las Capas

El componente principal de la velocidad de consolidación es el coeficiente de consolidación (Cv). Las capas Cuaternarias constan de múltiples capas con diferentes Cv como se muestra en la Figura-1.2. Para simplificar el análisis, las capas del Cuaternario fueron unificadas en una sola capa con un Cv unificado mediante el siguiente método:

$$\text{Grosor convertido de cada capa} = \sqrt{\text{Grosor de cada capa} \times \text{Cv de cada capa} / \text{Cv unificado}}$$

Cv unificado = 1,73 cm²/día (Cv de la capa No.5, No. 7 a la No. 10 en la Figura-1.2).

Grosor de las capas unificadas = Grosor total de las capas convertidas

Por otro lado, el coeficiente de consolidación de las capas Terciaria y Cretácea no puede ser definido ya que se espera una compresión elástica en ellas.

CAPITULO 2. RESULTADO DEL ANÁLISIS

1). Resultado del Cálculo

De acuerdo a los resultados de la simulación subterránea (ver Informe del P/M), el abatimiento del nivel freático en el acuífero Cuaternario es de 0,15 m. Con base en este resultado, se calculó la cantidad final de consolidación por abatimiento del nivel freático del acuífero Cuaternario y su resultado se muestra en la Tabla-2.1. Es importante anotar que la cantidad de consolidación en la Tabla-2.1 (0,02 m.), se refiere al valor final de consolidación bajo un tiempo de bombeo infinito. Sin embargo, los pozos de emergencia no operarán por un tiempo infinito, sino por un periodo máximo de 9 meses. Consecuentemente, para obtener el valor exacto de consolidación después de un bombeo de 9 meses, se debe realizar alguna modificación al resultado, 002m.

2). Grado de Consolidación

Los pozos de emergencia operarán por 9 meses como máximo. Por lo tanto, la disminución de la presión del poro (u) terminará después de 9 meses de bombeo. El comportamiento de la presión en los poros (u) con el tiempo se puede analizar mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{\delta u}{\delta t} = \frac{k}{m_v \gamma_w} \times \frac{\delta^2 u}{\delta^2 z}$$

La ecuación anterior puede ser aproximada por la ecuación diferencial finita siguiente:

$$c_v(u_1 - 2u_0 + u_2) / (\Delta Z H)^2 = (u_t - u_0) / \Delta t$$

$$c_v(u_1 - 2u_0 + u_2) / (\Delta Z)^2 = (u_t - u_0) / (C_v / H^2 t) = (u_t - u_0) / \Delta T_v$$

$$\Delta Z = \Delta z / H$$

$$T_v = C_v / H^2 t$$

El grado de consolidación (U_z) está en función del factor tiempo (T_v). El T_v se define de la siguiente manera:

$$\text{Factor tiempo } T_v = C_v / H^2 \times t$$

C_v : Coeficiente de Consolidación ($\text{cm}^2/\text{día}$).

H : Grosor de la Capa (cm).

t : Tiempo después que la consolidación comience (días).

El cálculo por métodos de diferencia finita se presenta en la Figura-2.1

La disminución de la presión en los poros (u) terminará después de 9 meses (270 días) de bombeo.

$$T_v = 1.733 / (83002) \times 270 = 6.79 \times 10^{-6}$$

Tabla-8. 1 Longitud Final de Consolidación de la Capa Modelo del Cuaternario

| Capa / Parámetro | | | | | Antes del Abatimiento del Nivel Freático | | | | Después del Abatimiento del Nivel Freático | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--|---|--|---|--|---|-----|-----|-----|--|------------|----------|--------------|-------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Capa | Profundidad del Fondo (m) | Grosor de la Capa (m) | Profundidad del Centro de la Capa (m) | Peso Unitario (t/m ²) | Stress Efectivo de la Capa (t/m ²) | Stress Efectivo en el Fondo (t/m ²) | Stress Efectivo del Centro (t/m ²) | Stress de Re-consolidación del Centro (t/m ²) | Stress Efectivo del Centro (t/m ²) | Stress de Re-consolidación del Centro (t/m ²) | eo | Cc | Cr | Aumento del Stress Efectivo (=P2-P1) (t/m ²) | log(P2/P1) | H/(1+eo) | C*log(P2/P1) | dh(m) | Cv (cm ² /s) | Cv (cm ² /s) | Cv Promedio (cm ² /s) | Cv Promedio (cm ² /d) | Grosor Convertido de la Capa |
| Relleno | 1 | 10 | 05 | 156 | 16 | 16 | 08 | -11 | 08 | -11 | | | | 000 | 0 | 100 | 000 | 000 | | | | | |
| Limos | 25 | 15 | 18 | 138 | 21 | 36 | 26 | -03 | 26 | -03 | 284 | 172 | 024 | 000 | 000 | 039 | 000 | 000 | 000005 | 000001 | 000003 | 259 | 123 |
| Arcilla | 67 | 42 | 46 | 148 | 62 | 98 | 67 | 14 | 67 | 14 | 237 | 099 | 018 | 000 | 000 | 125 | 000 | 000 | 000043 | 000005 | 000024 | 2074 | 121 |
| Arcilla | 201 | 134 | 134 | 134 | 129 | 227 | 163 | 66 | 163 | 66 | 31 | 148 | 03 | 000 | 000 | 327 | 000 | 000 | 000001 | 000001 | 000001 | 086 | 1896 |
| Arcilla | 264 | 63 | 233 | 132 | 20 | 247 | 237 | 125 | 237 | 125 | 324 | 155 | 02 | 001 | 000 | 149 | 000 | 000 | 000003 | 000001 | 000002 | 173 | 630 |
| Arcilla | 305 | 41 | 285 | 146 | 19 | 266 | 257 | 156 | 257 | 156 | 372 | 137 | 022 | 002 | 000 | 087 | 000 | 000 | 000190 | 000081 | 000136 | 11707 | 050 |
| Arcilla | 362 | 57 | 334 | 141 | 23 | 289 | 278 | 185 | 278 | 185 | 254 | 16 | 044 | 003 | 000 | 161 | 000 | 000 | 000003 | 000001 | 000002 | 173 | 570 |
| Arcilla | 397 | 35 | 380 | 133 | 12 | 301 | 295 | 212 | 296 | 212 | 36 | 377 | 015 | 004 | 000 | 076 | 000 | 000 | | | 000002 | 173 | 350 |
| Arcilla | 423 | 26 | 410 | 153 | 14 | 315 | 308 | 230 | 308 | 230 | 296 | 221 | 017 | 004 | 000 | 066 | 000 | 000 | 000003 | 000001 | 000002 | 173 | 260 |
| Arcilla | 505 | 82 | 464 | 146 | 38 | 352 | 334 | 262 | 334 | 262 | 228 | 116 | 037 | 005 | 000 | 250 | 000 | 000 | 000003 | 000001 | 000002 | 173 | 820 |
| Arcilla | 623 | 118 | 564 | 15 | 59 | 411 | 382 | 322 | 383 | 322 | 202 | 095 | 021 | 007 | 000 | 391 | 000 | 000 | 000054 | 000002 | 000028 | 2419 | 316 |
| Toba | 665 | 42 | 644 | 107 | 03 | 414 | 413 | 370 | 414 | 370 | 407 | 226 | 016 | 008 | 000 | 083 | 000 | 000 | 000010 | 000001 | 000006 | 475 | 253 |
| Arcilla+Arena | 71 | 45 | 688 | 167 | 30 | 445 | 429 | 395 | 430 | 395 | 152 | 077 | 004 | 009 | 000 | 179 | 000 | 000 | 000097 | 000001 | 000049 | 4234 | 091 |
| Arcilla+Arena | 85 | 140 | 780 | 173 | 102 | 547 | 496 | 450 | 497 | 450 | 118 | 07 | 015 | 010 | 000 | 642 | 000 | 000 | 000002 | 000001 | 000002 | 130 | 1618 |
| Arcilla+Arena | 898 | 48 | 874 | 184 | 40 | 587 | 567 | 506 | 568 | 506 | 132 | 062 | 011 | 012 | 000 | 207 | 000 | 000 | 000002 | 000001 | 000002 | 130 | 555 |
| Arcilla+Arena | 105 | 152 | 974 | 17 | 106 | 693 | 640 | 566 | 642 | 566 | 133 | 097 | 003 | 014 | 000 | 652 | 000 | 001 | 000014 | 000008 | 000011 | 950 | 649 |
| Total | - | 105 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 002 | - | - | - | - | 83 |

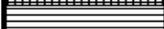
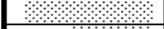
| | | | | | | | | |
|---|----|------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Constante Tiempo (Tv) | | 0 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0005 | 0.0006 |
| Grado de Consolidación (Uz) | | 0 | 5 | 5.09 | 5.19 | 5.29 | 5.38 | 5.47 |
| Año después del Bombeo | | 0 | 11 | 22 | 33 | 44 | 55 | 65 |
| Modelo del Terreno | | Punto de Cálculo | u Inicial | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  | 1 | Fill | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|  | 2 | Silt | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|  | 3 | Clay | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|  | 4 | Clay | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|  | 5 | Clay | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|  | 6 | Clay | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|  | 7 | Clay | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|  | 8 | Clay | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|  | 9 | Clay | 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|  | 10 | Clay | 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|  | 11 | Clay | 10 | 1 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,961 |
|  | 12 | Tuff | | | | | | |
|  | 13 | Clay+ sand | | | | | | |
|  | 14 | Clay+ sand | | | | | | |
|  | 15 | Clay+ sand | | | | | | |
|  | 16 | Sandy clay | | | | | | |

Figura-8. 3 Modelo de Consolidación de Capas Aluviales

Nota: Fill = Relleno, Silt = Limos, Clay = Arcilla, Clay + Sand = Arcilla + Arena, Sandy Clay = Arcilla Arenosa

De acuerdo a la Figura-8.3, si el bombeo continúa por 11 años, $T_v = 0,0001$ y $U_z = 5\%$. Sin embargo los pozos de emergencia solo se utilizarán por 9 meses, y el $T_v = 6,79 \times 10^{-6}$ y U_z debe ser mucho menor que el 5%. Esto significa que el U_z debe ser menor al 5% cuando el $T_v = 6,79 \times 10^{-6}$. Por lo tanto aplicando $U_z = 5\%$ para la subsidencia final del terreno en el Cuaternario resultará en una estimación mayor de la subsidencia del Cuaternario.

3). Cantidad de Subsidencia del Terreno

La cantidad de subsidencia del modelo en la Figura-8.3 se calculó finalmente como se muestra en la Tabla.8.2.

Tabla-8. 2 Cantidad de Subsidencia del Terreno

| Geología | Condiciones para la Consolidación | Factor Tiempo (Tv) | Cantidad de Subsidencia después de 9 meses de bombeo | | |
|-------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------|--|
| | | | Subsidencia del Terreno Final (m) | Grado de Consolidación (%) | Subsidencia del Terreno Después de 9 meses de Bombeo (m) |
| | | | (a) | (b) | (a)×(b) |
| Cuaternario | Un lado | 9.6×10^{-5} | 0,02 | 5 | 0,001 |
| Terciario | - | - | 0,003325 | 100 | 0,003325 |
| Cretáceo | - | - | 0,00105 | 100 | 0,00105 |
| Total | | | | | 0,0091 |

Como se muestra en la Tabla-8.2, la cantidad de subsidencia del terreno después de 9 meses de bombeo es pequeña y despreciable. Esto se da porque las capas intermedias del terciario entre las capas del Cuaternario y el Cretáceo previenen la subsidencia del terreno de capas débiles del Cuaternario.

PARTE 9

MANEJO DE PRODUCCIÓN DE POZOS

**Informe Final
(Informe Soporte)**

Parte 9 Manejo de la Producción de los Pozos

Tabla de Contenidos

| | Página |
|--|---------------|
| Tabla de Contenidos..... | i |
| Listado de Tablas y Figuras | ii |
| | |
| PARTE 9. MANEJO DE LA PRODUCCIÓN DE LOS POZOS..... | 9-1 |
| CAPITULO 1. INTERFERENCIA ENTRE POZOS..... | 9-1 |
| CAPITULO 2. PRODUCCIÓN ÓPTIMA DE LOS POZOS | 9-2 |

Lista de Tablas y de Figuras

Listado de Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla-9. 1 Producción Óptima de cada Pozo para un Abatimiento Dado | 9-4 |
| Tabla-9. 2 Resumen del Cálculo | 9-5 |

Listado de Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura-9. 1 Interferencia entre Pozos | 9-1 |
| Figura-9. 2 Método para el Cálculo del Abatimiento por Interferencia entre Pozos | 9-1 |
| Figura-9. 3 Ejemplo de Interferencia en un Campo de 5 Pozos | 9-2 |
| Figura-9. 4 Distancia entre Los Pozos y Relación Abatimiento Máximo/Mínimo | 9-2 |
| Figura-9. 5 Producción Total y Abatimiento | 9-5 |
| Figura-9. 6 Abatimiento por Producción Óptima (Caso: Abatimiento Máximo = 40 m.)..... | 9-6 |

PARTE 9 MANEJO DE LA PRODUCCIÓN DE LOS POZOS

CAPITULO 1. INTERFERENCIA ENTRE POZOS

1). Interferencia Entre los Pozos

El bombeo de un pozo causará la disminución del nivel freático de los pozos vecinos como se muestra en la Figura-9.1

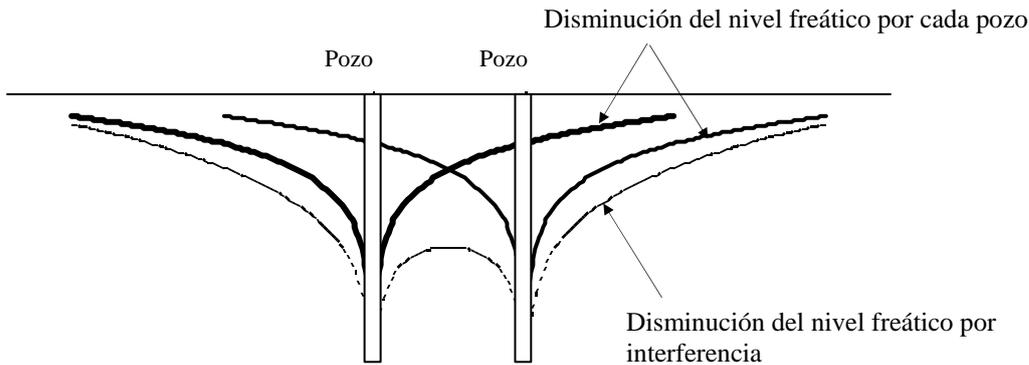


Figura-9. 1 Interferencia entre Pozos

2). Cálculo de la Interferencia entre Pozos

El abatimiento del nivel freático causado por el bombeo con interferencia entre pozos, se calculó por la fórmula de pozos siguiente:

$$s_i = \sum Q_j / (2\pi T) \times \ln(R_i / r_{ij}) \quad (1)$$

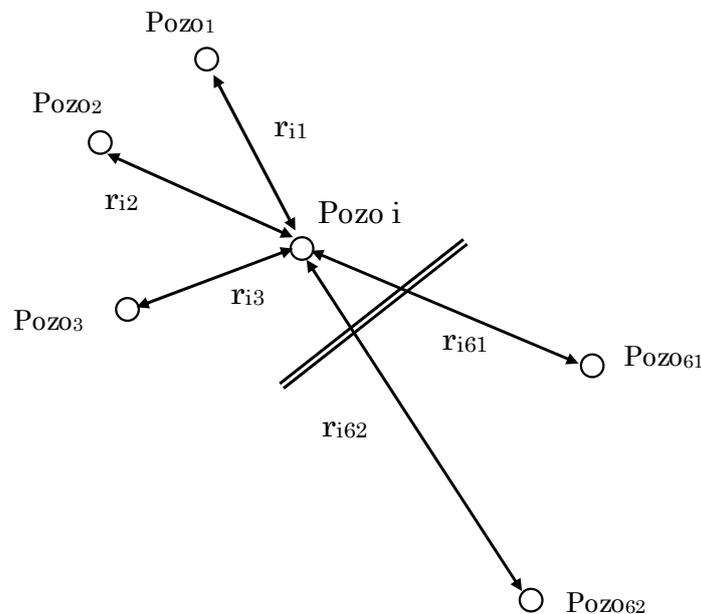


Figura-9. 2 Método para el Cálculo del Abatimiento por Interferencia entre Pozos

Donde:

s_i : Disminución de nivel Freático del Pozo No. i.

R_{ij} : Radio de Influencia del Pozo No. i.

Q_i : Producción del Pozo No. i.

r_{ij} : Distancia entre los pozos No. i y No. j.

T_i : Transmisividad del pozo No. i.

A manera de ejemplo, a continuación se explica el cálculo de la interferencia entre pozos, en un campo con 5 pozos. El abatimiento máximo se presentará en el centro del campo (pozo 3 en la Figura-9.3) y el mínimo se presentará hacia el extremo del campo de pozos (pozo 1 y pozo 5 en la Figura-9.3).

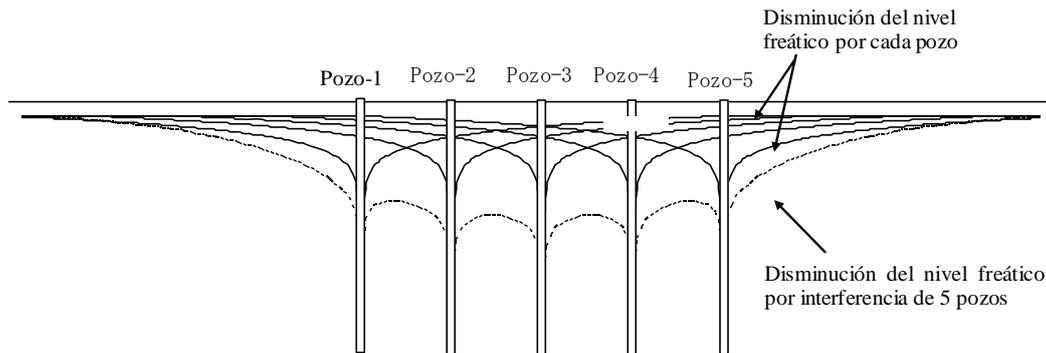


Figura-9. 3 Ejemplo de Interferencia en un Campo de 5 Pozos

Si el radio de influencia (R), la producción (Q) y la Transmisividad (T) son los mismos entre los 5 pozos, la tasa de abatimiento Máximo / Mínimo del campo de pozos es solamente una función de la distancia de los pozos como se muestra en la Figura-9.4.

| Distancia del Pozo | Max/Min |
|--------------------|---------|
| 50 | 2,35 |
| 100 | 2,07 |
| 150 | 1,91 |
| 200 | 1,79 |
| 250 | 1,70 |
| 300 | 1,63 |
| 350 | 1,56 |
| 400 | 1,51 |
| 450 | 1,46 |
| 500 | 1,43 |

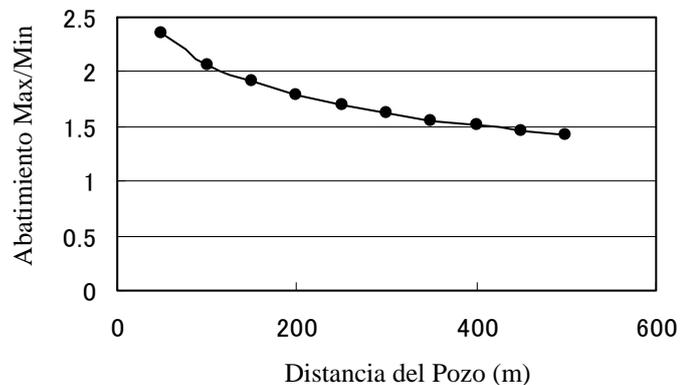


Figura-9. 4 Distancia entre Los

CAPITULO 2. PRODUCCIÓN ÓPTIMA DE LOS POZOS

1). Teoría

Considerando la interferencia entre pozos de un campo compuesto por 5 pozos, la producción óptima de cada pozo debe satisfacer la siguiente condición:

- Producción Total = $Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5 \rightarrow$ Máximo
- La disminución del nivel freático es la misma en cada pozo

$$s_1 = s_2 = s_3 = s_4 = s_5$$

En el P/M se propusieron un total de 62 pozos. Si se tiene en cuenta la interferencia entre los 62 pozos, la producción óptima de cada pozo debe satisfacer la siguiente condición:

a) Producción Total = $Q_1+Q_2+Q_3+\dots+Q_{60}+Q_{61}+Q_{62} \rightarrow$ Máximo

b) La disminución del nivel freático es la misma en cada pozo

$$s_1 = s_2 = s_3 = \dots = s_{60} = s_{61} = s_{62}$$

El problema anterior puede resolverse por el método Simplex. En general el método Simplex se presenta a continuación:

- a) Función Objetiva: $Z = \sum p_i x_i \quad (i=1, \dots, n)$
b) Restricción: $\sum a_{ij} x_j \leq b_i \quad (j=1, \dots, n \quad i=1, \dots, m)$
 $b_i \geq 0$
 $x_j \geq 0 \quad (j=1, \dots, n)$

Las ecuaciones de a) y b) pueden ser resueltas por el método Simplex, convirtiendo las variables de la siguiente manera:

$$p_i \rightarrow 1$$
$$x_i = \rightarrow Q_i$$
$$a_{ij} \rightarrow 1/(2\pi T) \times \ln(R_i/r_{ij})$$

2). Resultado del Cálculo

Los parámetros se dan a continuación:

- Transmisividad del Pozo $T_i = 400 \text{ m}^2/\text{día}$
- Radio de influencia del pozo $R_i = 10.000 \text{ m}$
- Abatimiento $s_i = 20 \text{ m.}, 30 \text{ m.}, 40 \text{ m.}, 50 \text{ m.}, 60 \text{ m.}, 70 \text{ m.}$

Mediante el método Simplex se calculó la producción óptima de cada pozo para un abatimiento dado. El resultado se presenta en la Tabla-9.1.

Tabla-9. 1 Producción Óptima de cada Pozo para un Abatimiento Dado

| No. | Pozo No. | Coordenada | | Producción por Abatimiento (m ³ /día) | | | | | |
|-------------------------|----------|------------|-----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | x | y | 20m | 30m | 40m | 50m | 60m | 70m |
| 1 | S-1 | 987,615 | 996,222 | 853 | 1,279 | 1,705 | 2,131 | 2,558 | 2,984 |
| 2 | S-2 | 988,003 | 996,189 | 686 | 1,029 | 1,372 | 1,715 | 2,058 | 2,401 |
| 3 | S-3 | 988,367 | 996,222 | 669 | 1,004 | 1,338 | 1,673 | 2,007 | 2,342 |
| 4 | S-4 | 988,638 | 995,924 | 618 | 928 | 1,237 | 1,546 | 1,855 | 2,164 |
| 5 | S-5 | 988,567 | 995,165 | 607 | 911 | 1,215 | 1,518 | 1,822 | 2,125 |
| 6 | S-6 | 988,37 | 994,904 | 705 | 1,057 | 1,409 | 1,762 | 2,114 | 2,466 |
| 7 | EX-1 | 988,675 | 995,558 | 588 | 882 | 1,176 | 1,47 | 1,764 | 2,058 |
| 8 | B-1 | 990,793 | 993,721 | 891 | 1,337 | 1,783 | 2,229 | 2,674 | 3,12 |
| 9 | B-2 | 990,226 | 993,132 | 742 | 1,113 | 1,484 | 1,855 | 2,226 | 2,597 |
| 10 | B-3 | 990,062 | 992,993 | 817 | 1,225 | 1,633 | 2,041 | 2,45 | 2,858 |
| 11 | EX-2 | 990,361 | 993,491 | 750 | 1,125 | 1,5 | 1,875 | 2,249 | 2,624 |
| 12 | EX-3 | 999,615 | 988,689 | 1,06 | 1,59 | 2,119 | 2,649 | 3,179 | 3,709 |
| 13 | U-1 | 999,72 | 988,954 | 937 | 1,405 | 1,873 | 2,341 | 2,81 | 3,278 |
| 14 | U-2 | 999,788 | 989,227 | 986 | 1,479 | 1,972 | 2,465 | 2,958 | 3,451 |
| 15 | U-4 | 999,298 | 990,978 | 1,038 | 1,557 | 2,075 | 2,594 | 3,113 | 3,632 |
| 16 | E-2 | 1,001,713 | 1,000,691 | 1,514 | 2,271 | 3,028 | 3,785 | 4,542 | 5,3 |
| 17 | E-3 | 1,002,476 | 1,003,412 | 1,341 | 2,011 | 2,682 | 3,352 | 4,023 | 4,693 |
| 18 | E-4 | 1,002,414 | 1,004,241 | 1,37 | 2,054 | 2,739 | 3,424 | 4,109 | 4,793 |
| 19 | E-5 | 1,005,868 | 1,010,407 | 1,109 | 1,664 | 2,218 | 2,773 | 3,328 | 3,882 |
| 20 | E-6 | 1,005,745 | 1,010,683 | 1,057 | 1,585 | 2,113 | 2,642 | 3,17 | 3,698 |
| 21 | E-7 | 1,005,384 | 1,012,806 | 952 | 1,428 | 1,903 | 2,379 | 2,855 | 3,331 |
| 22 | E-8 | 1,005,736 | 1,014,019 | 733 | 1,099 | 1,466 | 1,832 | 2,199 | 2,565 |
| 23 | E-9 | 1,006,056 | 1,014,501 | 660 | 991 | 1,321 | 1,651 | 1,981 | 2,312 |
| 24 | E-10 | 1,005,998 | 1,015,214 | 535 | 803 | 1,07 | 1,338 | 1,605 | 1,873 |
| 25 | E-11 | 1,005,936 | 1,015,460 | 508 | 763 | 1,017 | 1,271 | 1,525 | 1,78 |
| 26 | E-12 | 1,006,105 | 1,015,920 | 546 | 819 | 1,092 | 1,365 | 1,638 | 1,911 |
| 27 | E-13 | 1,006,158 | 1,016,479 | 591 | 886 | 1,182 | 1,477 | 1,773 | 2,068 |
| 28 | E-15 | 1,005,615 | 1,018,405 | 572 | 858 | 1,144 | 1,431 | 1,717 | 2,003 |
| 29 | Y-1 | 1,005,566 | 1,019,284 | 495 | 742 | 990 | 1,237 | 1,485 | 1,732 |
| 30 | Y-2 | 1,005,612 | 1,019,720 | 431 | 646 | 862 | 1,077 | 1,292 | 1,508 |
| 31 | Y-3 | 1,005,646 | 1,019,914 | 442 | 663 | 884 | 1,105 | 1,326 | 1,547 |
| 32 | Y-4 | 1,005,445 | 1,020,829 | 417 | 625 | 834 | 1,042 | 1,251 | 1,459 |
| 33 | Y-5 | 1,005,504 | 1,021,016 | 397 | 595 | 794 | 992 | 1,191 | 1,389 |
| 34 | Y-6 | 1,005,427 | 1,021,348 | 409 | 614 | 819 | 1,023 | 1,228 | 1,433 |
| 35 | Y-7 | 1,005,334 | 1,021,683 | 438 | 657 | 876 | 1,095 | 1,314 | 1,532 |
| 36 | Y-8 | 1,005,091 | 1,022,073 | 504 | 756 | 1,008 | 1,259 | 1,511 | 1,763 |
| 37 | Y-9 | 1,005,254 | 1,023,167 | 543 | 814 | 1,086 | 1,357 | 1,628 | 1,9 |
| 38 | Y-10 | 1,005,199 | 1,023,593 | 543 | 814 | 1,085 | 1,357 | 1,628 | 1,899 |
| 39 | Y-11 | 1,005,159 | 1,024,447 | 551 | 826 | 1,102 | 1,377 | 1,653 | 1,928 |
| 40 | Y-12 | 1,005,103 | 1,024,924 | 554 | 830 | 1,107 | 1,384 | 1,661 | 1,938 |
| 41 | Y-13 | 1,005,155 | 1,025,774 | 537 | 805 | 1,073 | 1,342 | 1,61 | 1,878 |
| 42 | Y-14 | 1,005,257 | 1,026,143 | 501 | 751 | 1,001 | 1,252 | 1,502 | 1,752 |
| 43 | Y-15 | 1,005,279 | 1,026,441 | 529 | 793 | 1,058 | 1,322 | 1,587 | 1,851 |
| 44 | Y-16 | 1,005,633 | 1,027,058 | 577 | 865 | 1,154 | 1,442 | 1,731 | 2,019 |
| 45 | Y-17 | 1,005,658 | 1,027,931 | 582 | 872 | 1,163 | 1,454 | 1,745 | 2,035 |
| 46 | Y-18 | 1,005,959 | 1,028,530 | 528 | 793 | 1,057 | 1,321 | 1,585 | 1,849 |
| 47 | Y-19 | 1,006,206 | 1,028,723 | 548 | 822 | 1,096 | 1,37 | 1,644 | 1,918 |
| 48 | Y-20 | 1,005,861 | 1,029,258 | 645 | 967 | 1,289 | 1,612 | 1,934 | 2,256 |
| 49 | Y-21 | 1,006,939 | 1,030,815 | 646 | 969 | 1,293 | 1,616 | 1,939 | 2,262 |
| 50 | Y-22 | 1,007,105 | 1,031,245 | 580 | 869 | 1,159 | 1,449 | 1,739 | 2,029 |
| 51 | Y-23 | 1,007,192 | 1,031,516 | 600 | 900 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2,1 |
| 52 | Y-24 | 1,007,524 | 1,032,407 | 666 | 999 | 1,332 | 1,665 | 1,998 | 2,332 |
| 53 | Y-25 | 1,007,768 | 1,032,834 | 673 | 1,009 | 1,346 | 1,682 | 2,019 | 2,355 |
| 54 | Y-26 | 1,007,900 | 1,033,190 | 758 | 1,136 | 1,515 | 1,894 | 2,273 | 2,652 |
| 55 | Y-27 | 1,008,895 | 1,035,116 | 976 | 1,464 | 1,952 | 2,44 | 2,928 | 3,416 |
| 56 | Y-28 | 1,008,870 | 1,035,700 | 963 | 1,444 | 1,925 | 2,407 | 2,888 | 3,37 |
| 57 | Y-29 | 1,008,972 | 1,036,090 | 1,089 | 1,634 | 2,179 | 2,723 | 3,268 | 3,813 |
| 58 | E-1 | 1,001,405 | 996,374 | 1,552 | 2,329 | 3,105 | 3,881 | 4,657 | 5,433 |
| 59 | E-14 | 1,006,064 | 1,017,515 | 619 | 928 | 1,238 | 1,547 | 1,857 | 2,166 |
| 60 | E-17 | 999,554 | 1,018,241 | 1,245 | 1,867 | 2,489 | 3,111 | 3,734 | 4,356 |
| 61 | E-16 | 999,911 | 1,017,843 | 1,18 | 1,769 | 2,359 | 2,949 | 3,539 | 4,128 |
| 62 | U-3 | 999,332 | 990,801 | 1,01 | 1,516 | 2,021 | 2,526 | 3,031 | 3,536 |
| Producción Total (m3/s) | | | | 0.53 | 0.80 | 1.07 | 1.34 | 1.60 | 1.87 |

El resultado calculado se resume en la Tabla-9.2

Tabla-9. 2 Resumen del Cálculo

| Abatimiento (m) | Producción Total de los 62 Pozos (m ³ /s) |
|-----------------|--|
| 20 | 0,53 |
| 30 | 0,80 |
| 40 | 1,07 |
| 50 | 1,34 |
| 60 | 1,60 |
| 70 | 1,87 |

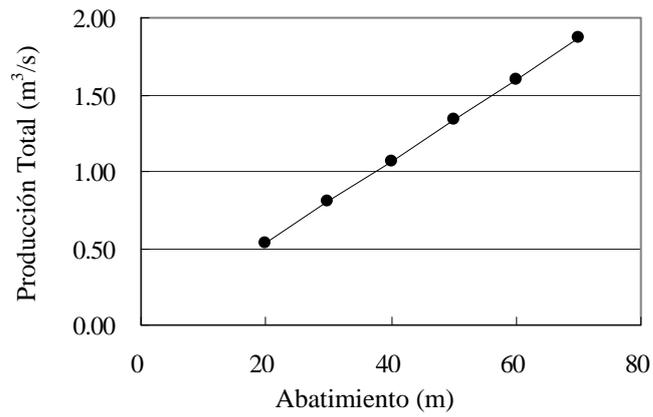


Figura-9. 5 Producción Total y Abatimiento

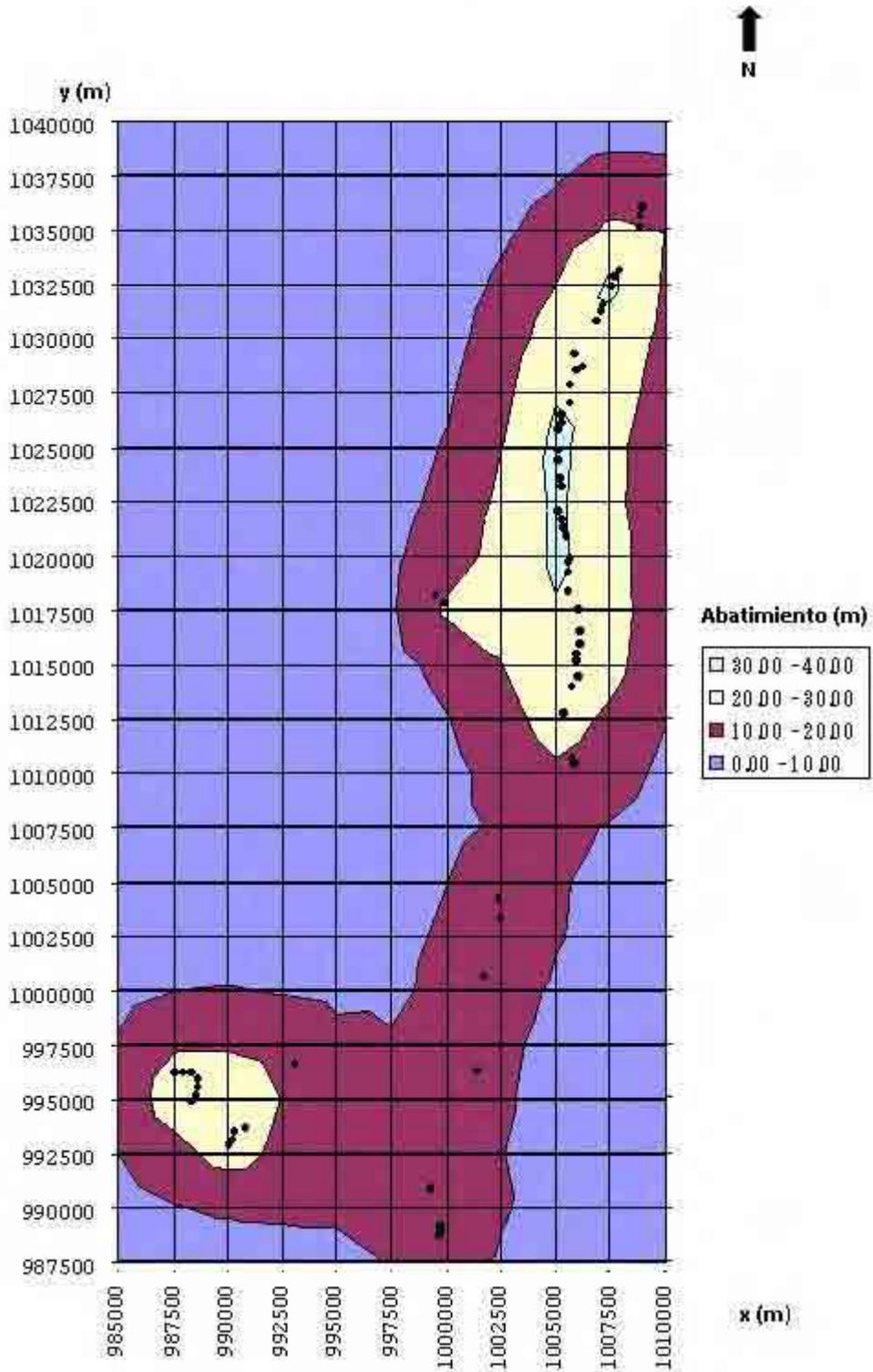


Figura-9. 6 Abatimiento por Producción Óptima (Caso: Abatimiento Máximo = 40 m.)

PARTE 10

POZOS EN ZONA DE RESERVA FORESTAL

**Informe Final
(Informe Soporte)**

Parte 10 Pozos de Emergencia en el Área de Protección Forestal

Tabla de Contenidos

| | Página |
|--|--------|
| Tabla de Contenidos..... | i |
| Listado de Tablas y Figuras..... | ii |
| PARTE 10. POZOS DE EMERGENCIA EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN FORESTAL | 10-1 |
| CAPITULO 1 POZOS EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN FORESTAL EN EL PROYECTO ORIENTAL | 10-1 |
| CAPITULO 2. INSTALACIONES PLANEADAS PARA EL PROYECTO PILOTO | 10-4 |
| CAPITULO 3. INSTALACIONES PLANEADAS PARA EL PROYECTO DE POZOS DENTRO DEL ÁREA DE PROTECCIÓN FORESTAL..... | 10-5 |
| CAPITULO 4 ESTIMACIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO..... | 10-10 |

Listado de Tablas y Figuras

Listado de Tablas

| | |
|--|-------|
| Tabla-10. 1 Perfil de los Pozos en el Área de Protección Forestal en el Proyecto Oriental..... | 10-1 |
| Tabla-10. 2 Pozos Dentro del Área de Protección Forestal..... | 10-2 |
| Tabla-10. 3 Composición y Punto de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Agua de Emergencia (Proyecto Piloto)..... | 10-4 |
| Tabla-10. 4 Composición y Punto de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Agua de Emergencia (Proyecto Primera Prioridad) | 10-6 |
| Tabla-10. 5 Costo del Proyecto dentro del Área de Protección Forestal | 10-11 |

Listado de Figuras

| | |
|---|------|
| Figura-10. 1 Ubicación de los Pozos..... | 10-3 |
| Figura-10. 2 Criterios para Escoger el Sitio de Perforación en los Cerros Orientales..... | 10-4 |
| Figura-10. 3 Perfil Planeado Para la Unidad PP-51 | 10-5 |
| Figura-10. 4 Perfil Planeado para la Unidad 1-51 | 10-7 |
| Figura-10. 5 Perfil Planeado para la Unidad 1-52 | 10-7 |
| Figura-10. 6 Perfil Planeado para la Unidad 1-53 | 10-7 |
| Figura-10. 7 Perfil Planeado para la Unidad 1-54 | 10-7 |
| Figura-10. 8 Perfil Planeado para la Unidad 1-55 | 10-8 |
| Figura-10. 9 Perfil Planeado para la Unidad 1-56 | 10-8 |
| Figura-10. 10 Perfil Planeado para la Unidad 1-57 | 10-8 |
| Figura-10. 11 Perfil Planeado para la Unidad 1-58..... | 10-8 |
| Figura-10. 12 Perfil Planeado para la Unidad 1-59 | 10-9 |
| Figura-10. 13 Perfil Planeado para la Unidad 1-60 | 10-9 |
| Figura-10. 14 Composición de las Instalaciones de Abastecimiento de Agua Subterránea..... | 10-9 |

PARTE 10. POZOS DE EMERGENCIA EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN FORESTAL

CAPITULO 1. POZOS EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN FORESTAL EN EL PROYECTO ORIENTAL

Dentro del área de protección forestal de los Cerros Orientales esta prohibida cualquier actividad de desarrollo económico. Por lo tanto en el Estudio del P/M se seleccionaron lugares para los pozos de emergencia fuera del área de protección. Sin embargo, se espera que se apruebe la perforación de pozos de emergencia, dentro de esta área, por las siguientes razones:

- La perforación de los pozos de emergencia en los Cerros Orientales no es una actividad económica, es una actividad pública para abastecer agua en caso de emergencia y apagar incendios.
- El impacto ambiental ocasionado por la construcción y operación del proyecto es insignificante y de fácil recuperación.
- La vegetación de los Cerros no se verá afectada por la operación de los pozos, ya que estos bombean desde el acuífero profundo y no afectan la humedad del suelo.

Los Cerros Orientales presentan ventajas para el abastecimiento de agua porque bordean la ciudad de sur a norte. Por lo tanto, la construcción de los pozos allí es muy efectiva. Sin embargo, el número de pozos propuestos en el Proyecto Oriental fue limitado porque los lugares para los pozos se seleccionaron fuera del área de protección forestal. Posteriormente la contraparte Colombiana sugirió que en caso de emergencia serían necesarios más pozos. Siguiendo el cambio en la condición institucional del área de protección forestal, los lugares para los pozos se propusieron incluso dentro del área de protección forestal.

1). Perfil de los Pozos en el Área de Protección Forestal en el Proyecto Oriental

El perfil de los pozos en el área de protección forestal en el proyecto oriental se presenta en la Tabla-10.1. Los pozos propuestos dentro del área de protección forestal se muestran en la Tabla-10.2 y en la Figura-10.1. El volumen de agua subterránea que se puede producir de los 26 pozos dentro del área de protección forestal es de 52.000 m³/día.

Tabla-10. 1 Perfil de los Pozos en el Área de Protección Forestal en el Proyecto Oriental

| Área | Número de Pozos | Agua Abastecida (m ³ /día) | Área de Abastecimiento | Población Servida |
|---------------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|-------------------|
| San Cristobal | 4 | 8.000 | Bogotá D.C. | 530.000 |
| Santa Fe | 8 | 16.000 | | 1.066.000 |
| Chapinero | 11 | 22.000 | | 1.466.000 |
| Usaquen | 3 | 6.000 | | 400.000 |
| Total | 26 | 52.000 | | 3.462.000 |

Nota 1) Bajo una tasa de consumo unitario de 15 L/persona/día

Tabla-10. 2 Pozos Dentro del Área de Protección Forestal

| Site | No. | Coordinate | | Elevation | Mark | Note | |
|---------------|----------------------------------|---------------|----------------|-----------------|-------|------|----------------|
| | | Latitude | Longitude | | | | |
| San Cristóbal | Vitelma | VI- 1 | N 4°33' 33.5" | W 74°03' 48.0" | 2,881 | K2d | Acueducto site |
| | | VI-2 | N 4°33' 23.3" | W 74°03' 44.2" | 2,911 | K2d | Acueducto site |
| | | VI-3 | N 4°33' 19.1" | W 74°03' 37.3" | 2,918 | K2d | Acueducto site |
| | | VI-4 | N 4°33' 12.8" | W 74°03' 31.2" | 2,921 | K2d | Acueducto site |
| Santa Fe | Sant Isabel | SI-1 | N 4°35' 07.1" | W 74°03' 44.3" | 2,871 | K2d | Acueducto site |
| | Casa Morino | CM-1 | N 4°36' 04.5" | W 74°03' 33.0" | 2,715 | K2d | Acueducto site |
| | | CM-2 | N 4°36' 01.6" | W 74°03' 31.5" | 2,728 | K2d | Acueducto site |
| | Tank Silencio | TS-1 | N 4°36' 57.8" | W 74°03' 31.6" | 2,790 | K2d | Acueducto site |
| | | TS-2 | N 4°37' 06.2" | W 74°03' 28.4" | 2,771 | K2d | Acueducto site |
| | | TS-3 | N 4°37' 10.8" | W 74°03' 25.8" | 2,774 | K2d | Acueducto site |
| | Olaya Herrera | OH-1 | N 4°36' 42.0" | W 74°03' 31.4" | 2,800 | K2d | - |
| Rio Arzobispo | RA-1 | N 4°37' 24.3" | W 74°03' 22.9" | 2,721 | K2d | - | |
| Chapinero | Unv. Poli-Technology | UP-1 | N 4° 38'16.0"N | W 74° 03'10.0"W | 2,725 | K2d | - |
| | La Vieja Creek | VC-1 | N 4°38' 57.6" | W 74°02' 48.9" | 2,733 | K2d | Acueducto site |
| | | VC-2 | N 4°38' 55.7" | W 74°02' 44.4" | 2,757 | K2d | Acueducto site |
| | | VC-3 | N 4°38' 50.1" | W 74°02' 38.9" | 2,777 | K2d | Acueducto site |
| | Rosales Creek | RC-1 | N 4°39' 18.6" | W 74°02' 48.0" | 2,722 | K2d | - |
| | | RC-2 | N 4°39' 17.8" | W 74°02' 41.9" | 2,774 | K2d | - |
| | | RC-3 | N 4°39' 10.6" | W 74°02' 30.3" | 2,827 | K2d | - |
| | | RC-4 | N 4°39' 05.2" | W 74°02' 22.8" | 2,857 | K2d | - |
| | Chico | CH-1 | N 4°40' 05.0" | W 74°02' 20.5" | 2,709 | K2t | Acueducto site |
| | | CH-2 | N 4°39' 59.7" | W 74°02' 15.6" | 2,748 | K2t | Acueducto site |
| CH-3 | | N 4°39' 55.3" | W 74°02' 11.3" | 2,757 | K2t | - | |
| U | Escuela de Caballería (Military) | EC-1 | N 4°40' 49.8" | W 74°02' 14.4" | 2,600 | K2t | Military site |
| | | EC-2 | N 4°40' 53.3" | W 74°02' 06.5" | 2,613 | K2t | Military site |
| | | EC-3 | N 4°40' 55.9" | W 74°02' 01.6" | 2,618 | K2t | Military site |

| | | | | |
|----------------|----------|---------------------|-----|---------------------------|
| Legenda | Q2c,Q2ch | Cuaternario | K2t | Labor & Tierna (Cretáceo) |
| | E1b | Bogota (Terciario) | K2p | Plaeners (Cretáceo) |
| | K2E1g | Guaduas (Terciario) | Ksd | Dura (Cretáceo) |

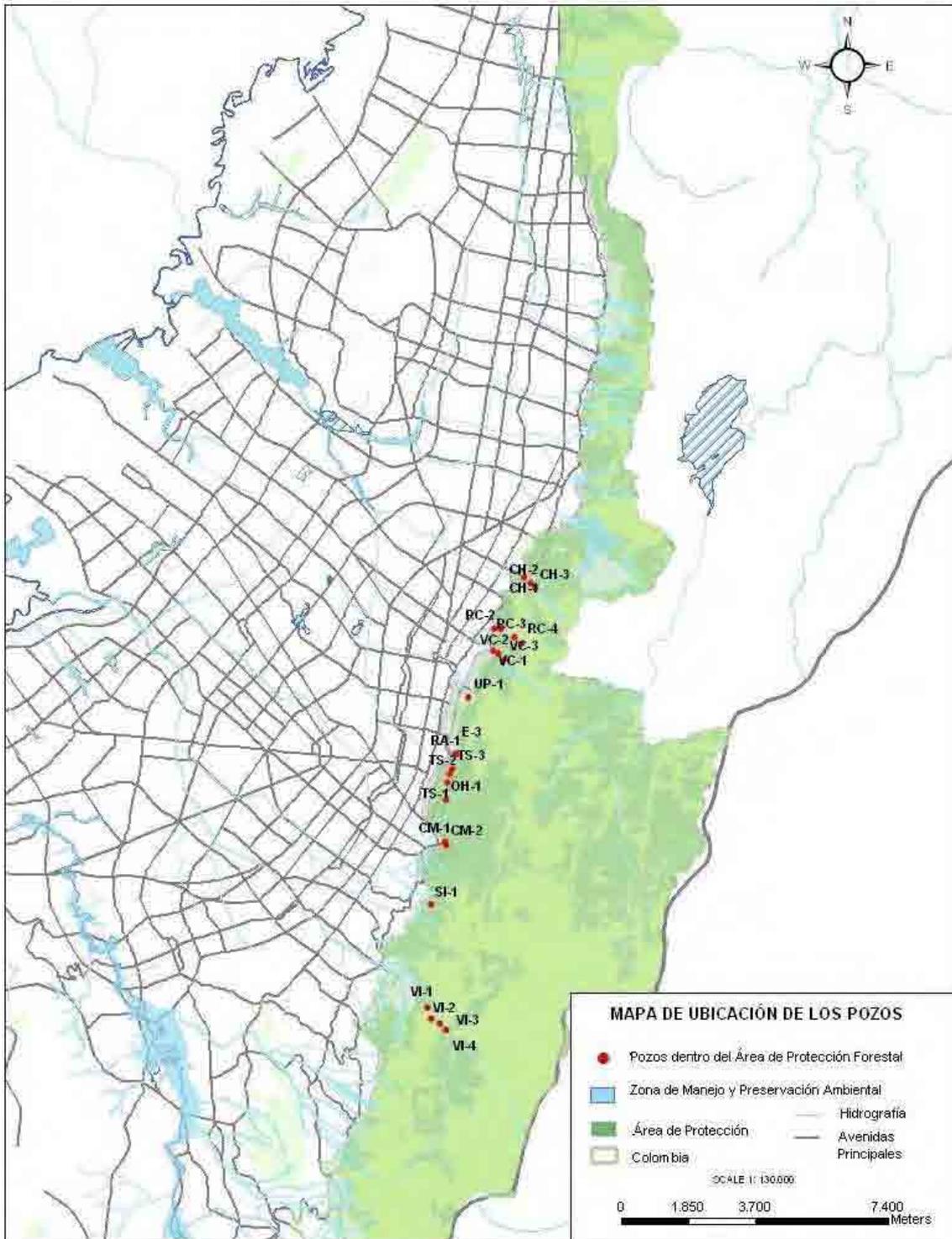


Figura-10. 1 Ubicación de los Pozos

2). Características Topográficas del Área de Protección Forestal

La falla de Bogotá forma un límite geológico entre el Cretáceo y el Terciario. Adicionalmente forma un límite de características topográficas (ver Figura-4.2). Al occidente de la falla de Bogotá se distribuye el Terciario con pendiente gradual debido a la baja resistencia de las rocas Terciarias contra la erosión. Como resultado el área del Terciario es relativamente plana y se desarrollan áreas residenciales. Por su parte, al oriente de la Falla se distribuye el Cretáceo con pendientes pronunciada debido a la mayor resistencia de las rocas cretáceas contra la erosión, lo que resulta en un terreno accidentado, donde solo hay bosque. Esta es el área regulada como de protección forestal.

Las pendientes pronunciadas con mayor elevación se presentan generalmente en el área de protección forestal. Consecuentemente nos es apropiado perforar pozos en esta área. Sin embargo existen lugares donde la cadena de montañas corta el amplio y profundo valle. Las áreas dentro de los valles son algunas veces apropiadas para la perforación. Las áreas de perforación se seleccionaron de acuerdo a estos criterios anteriores.

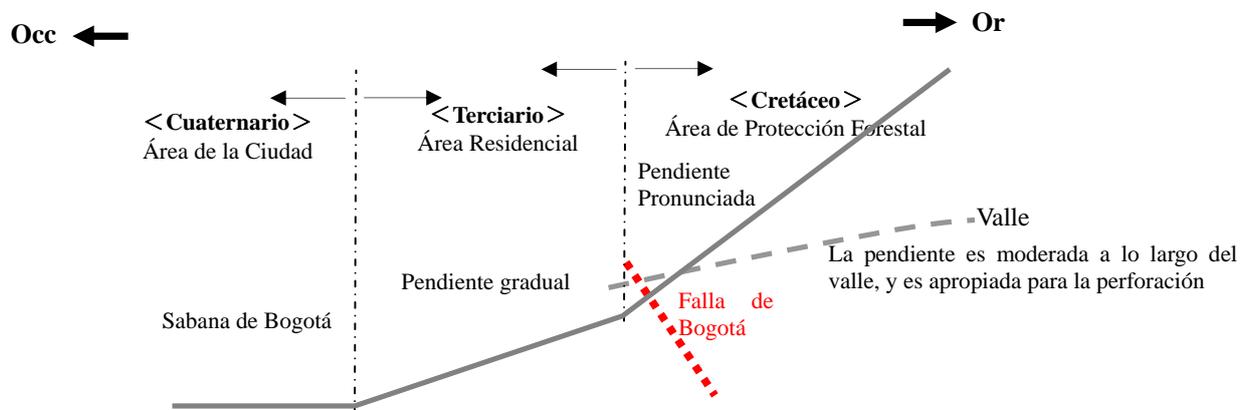


Figura-10. 2 Criterios para Escoger el Sitio de Perforación en los Cerros Orientales

CAPITULO 2. INSTALACIONES PLANEADAS PARA EL PROYECTO PILOTO

Instalaciones Planeadas para El Sistema de Abastecimiento de Agua de Emergencia

1). Composición y Punto de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Agua de Emergencia

La composición y los puntos de conexión para la unidad de abastecimiento de emergencia en el Proyecto Piloto se presentan en la siguiente tabla:

Tabla-10. 3 Composición y Punto de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Agua de Emergencia (Proyecto Piloto)

| Nombre del Proyecto | Lugar | Unidad de Abastecimiento No. | Pozo | | | | Bomba del Pozo | | | Línea de Conducción | | Tipo de Tratamiento | | Línea de Transmisión | | Conexión a: (instalación existente) | Tipo de Abastecimiento 1) |
|---------------------|-------------------------|------------------------------|------|------------------|---------------|-----------------|----------------|------------|------------|---------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------|-------------------------------------|---------------------------|
| | | | No. | Nuevo/ Existente | Diámetro (in) | Profundidad (m) | Diámetro (in) | Cabeza (m) | Poder (kW) | Diámetro (in) | Longitud (m) | Volumen (m ³ /día) | Proceso | Diámetro (in) | Longitud (m) | | |
| Proyecto Piloto | Santa Fe Casa Molino | PP-51 | CM-1 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 45 | 2.000 | Cloración + Filtro de Presión | - | - | - | 1 |

Nota-1) Los tipos de abastecimiento se presentan en la Figura-10.14

2). Perfil Planeado para la Unidad de Abastecimiento de Agua de Emergencia

La unidad de abastecimiento de emergencia para el proyecto piloto esta compuesta por una planta de tratamiento de agua (PTA) y un pozo. El perfil planeado para cada unidad de abastecimiento de agua se muestra en la Figura-10.3.

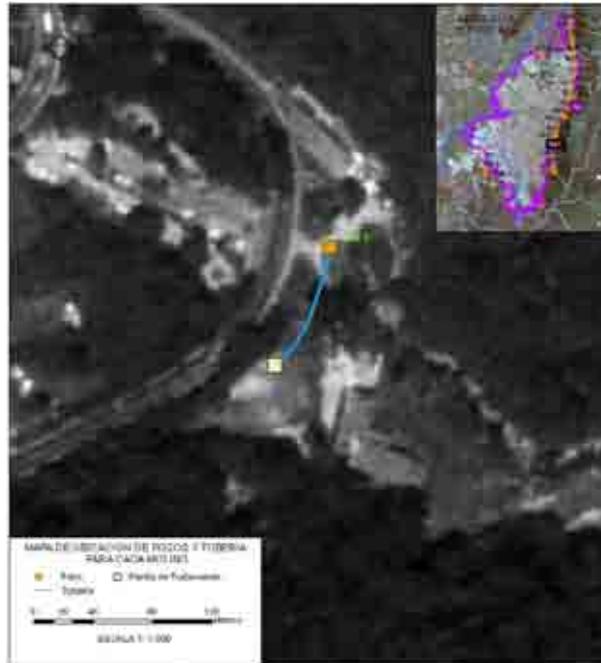


Figura-10. 3 Perfil Planeado Para la Unidad PP-51

CAPITULO 3. Instalaciones Planeadas Para el Proyecto de Pozos dentro del Área de Protección Forestal

1). Instalaciones Planeadas para El Sistema de Abastecimiento de Agua de Emergencia

La composición y los puntos de conexión para la unidad de abastecimiento de emergencia en el Proyecto Prioritario se presentan en la siguiente tabla:

Tabla-10. 4 Composición y Punto de Conexión para la Unidad de Abastecimiento de Agua de Emergencia (Proyecto Primera Prioridad)

| Nombre del Proyecto | Lugar | Unidad de Abastecimiento No. | Pozo | | | | Bomba del Pozo | | | Línea de Conducción | | Tipo de Tratamiento | | Línea de Transmisión | | Conexión a: (instalación existente) | Tipo de Abastecimiento 1) | |
|----------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|------------|------------|---------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---|
| | | | No. | Nuevo/Existente | Diámetro (in) | Profundidad (m) | Diámetro (in) | Cabeza (m) | Poder (kW) | Diámetro (in) | Longitud (m) | Volumen (m3/día) | Proceso | Diámetro (in) | Longitud (m) | | | |
| Proyecto Primera Prioridad | Vitelma | 1-51 | (E-1) | (Piloto) | - | - | - | - | - | - | - | 8.000 | PTA Existente | - | - | Tanque Vitelma | 2 | |
| | | | VI-1 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 100 | 37 | 6 | 960 | | | | | | | |
| | | | VI-2 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 100 | 37 | 6 | 1.370 | | | | | | | |
| | | | VI-3 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 100 | 37 | 6 | 1.660 | | | | | | | |
| | | | VI-4 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 100 | 37 | 6 | 1.970 | | | | | | | |
| | Santa Fe | Santa Isabel | 1-52 | SI-1 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 25 | 2.000 | Cloración + Filtro de Presión | - | - | - | 1 |
| | | Casa Molinos | 1-53 | (CM-1) | (Piloto) | - | - | - | - | - | - | - | 2.000 | Cloración + Filtro de Presión | - | - | - | 1 |
| | | | | (CM-2) | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 90 | 2.000 | | | | | |
| | | Olaya Herrera | 1-54 | OH-1 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 955 | 8.000 | Cloración + Filtro de Presión | 12 | 83 | Tanque El Silencio | 2 |
| | | | | TS-1 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 555 | | | | | | |
| | | | | TS-2 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 25 | | | | | | |
| | | Tanque El Silencio | 1-54 | TS-3 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 205 | | | | | | |
| | | | | Río Arzobispo | 1-55 | RA-1 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 25 | 2.000 | Cloración + Filtro de Presión | - | - |
| | | Chapinero | Univ. Politécnico | 1-56 | UP-1 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 25 | 2.000 | Cloración + Filtro de Presión | - | - | - |
| | Quebrada La Vieja | | 1-57 | VC-1 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 25 | 6.000 | Cloración + Filtro de Presión | - | - | - | 1 |
| | | | | VC-2 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 251 | | | | | | |
| | | | | VC-3 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 711 | | | | | | |
| | Quebrada Rosales | | 1-58 | RC-1 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 255 | 8.000 | Cloración + Filtro de Presión | - | - | - | 1 |
| | | | | RC-2 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 25 | | | | | | |
| | | | | RC-3 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 453 | | | | | | |
| RC-4 | | | | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 760 | | | | | | | |
| Chico | 1-59 | CH-1 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 457 | 6.000 | Cloración + Filtro de Presión | 12 | 25 | Tanque Chico | 2 | | |
| | | CH-2 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 185 | | | | | | | | |
| | | CH-3 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 65 | | | | | | | | |
| Usaquén | Escuela de Caballería | 1-60 | EC-1 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 25 | 6.000 | Cloración + Filtro de Presión | - | - | - | 1 | |
| | | | EC-2 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 295 | | | | | | | |
| | | | EC-3 | Nuevo | 8" + 6" | 300 | 4 | 190 | 75 | 6 | 475 | | | | | | | |

Nota-1) Los tipos de abastecimiento se presentan en la Figura-10.14

2). Perfil Planeado para la Unidad de Abastecimiento de Agua de Emergencia

La unidad de abastecimiento de emergencia para el proyecto piloto esta compuesta por una planta de tratamiento de agua (PTA) y entre uno y cuatro pozos. El perfil planeado para cada unidad de abastecimiento de agua se muestra en las Figuras 10.4 a 10.13.

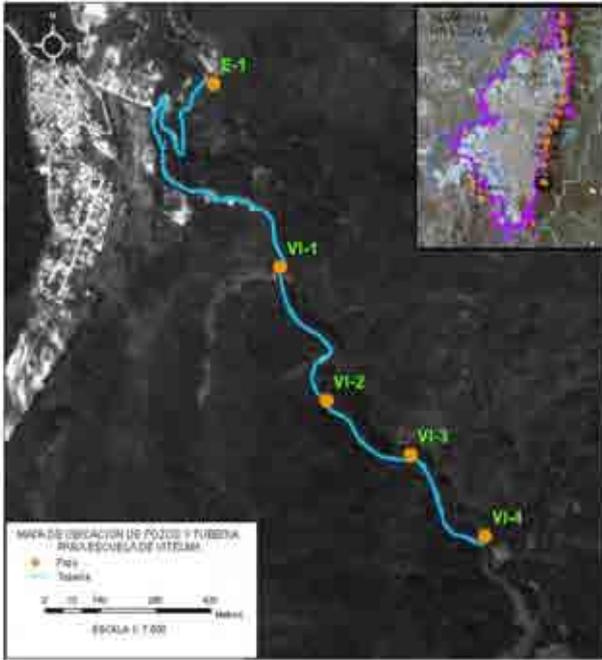


Figura-10. 4 Perfil Planeado para la Unidad 1-51

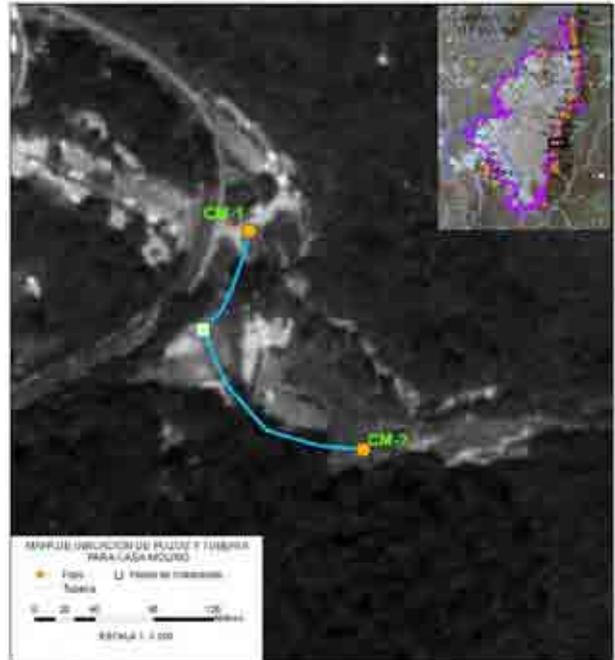


Figura-10. 6 Perfil Planeado para la Unidad 1-53

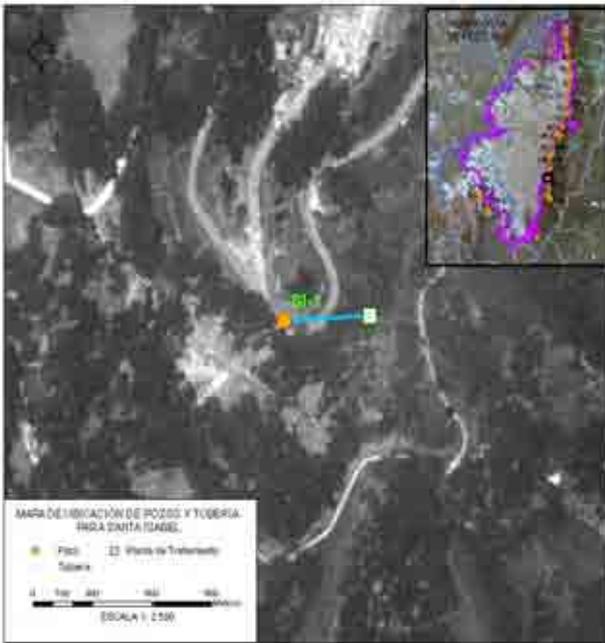


Figura-10. 5 Perfil Planeado para la Unidad 1-52

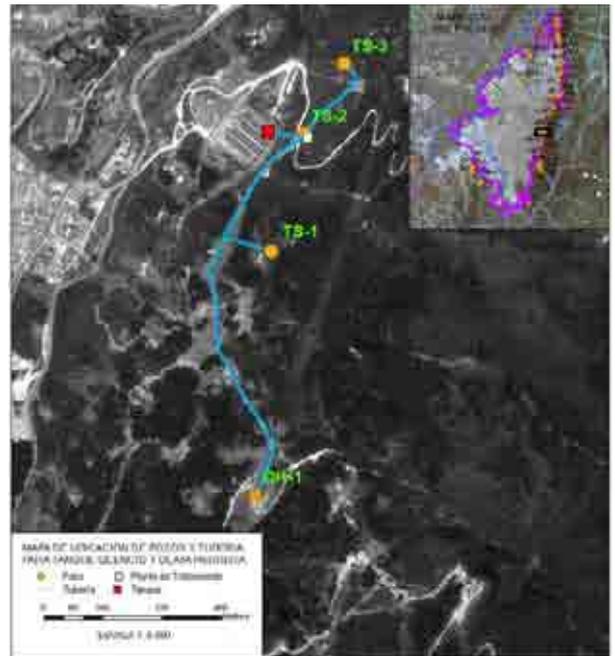


Figura-10. 7 Perfil Planeado para la Unidad 1-54

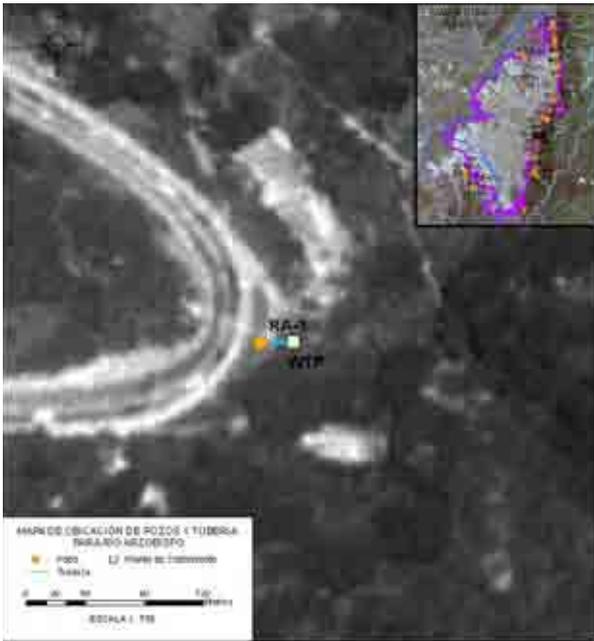


Figura-10. 8 Perfil Planeado para la Unidad 1-55

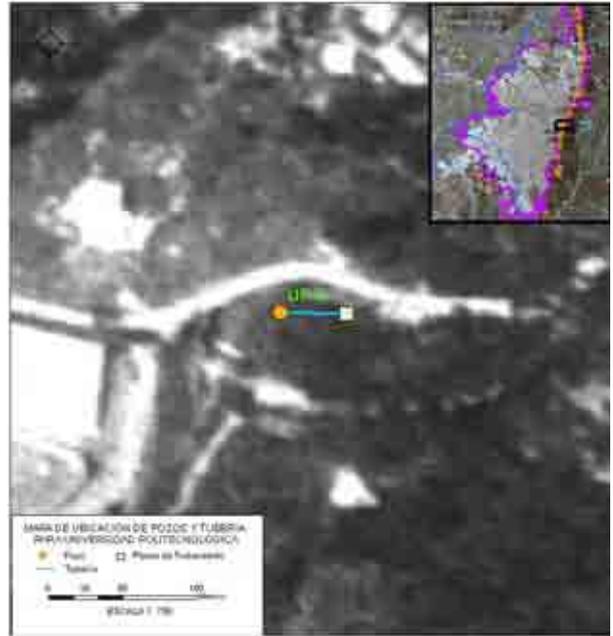


Figura-10. 10 Perfil Planeado para la Unidad 1-56

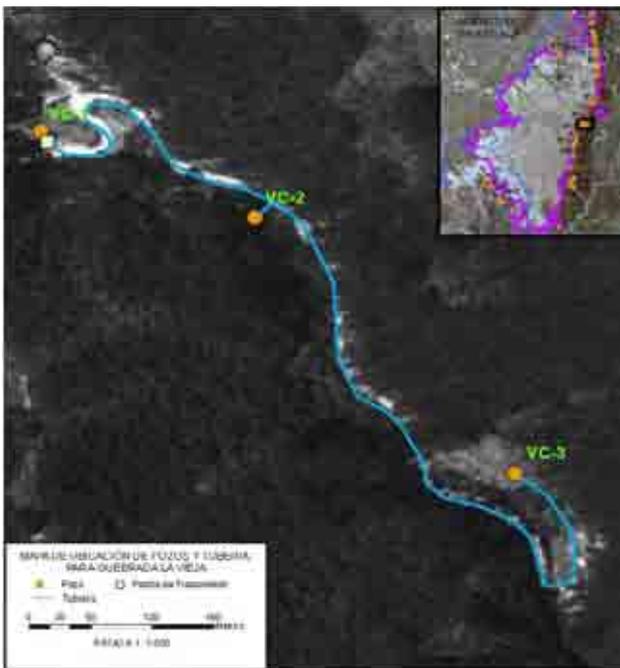


Figura-10. 9 Perfil Planeado para la Unidad 1-57

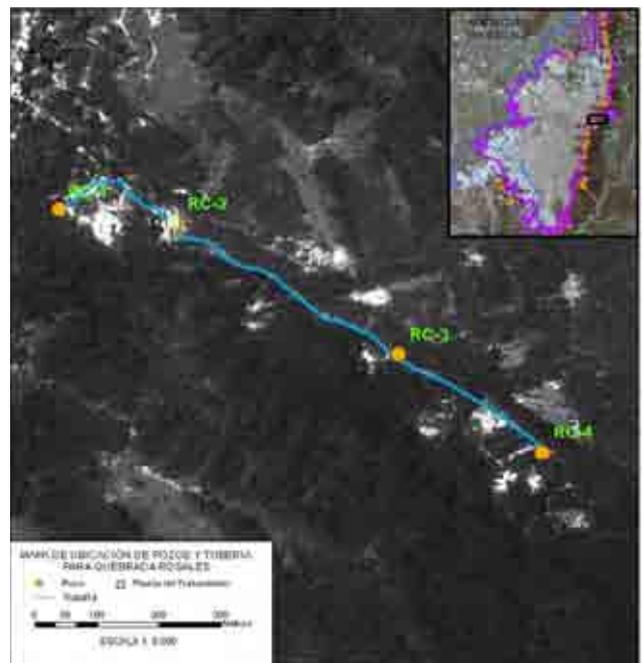


Figura-10. 11 Perfil Planeado para la Unidad 1-58

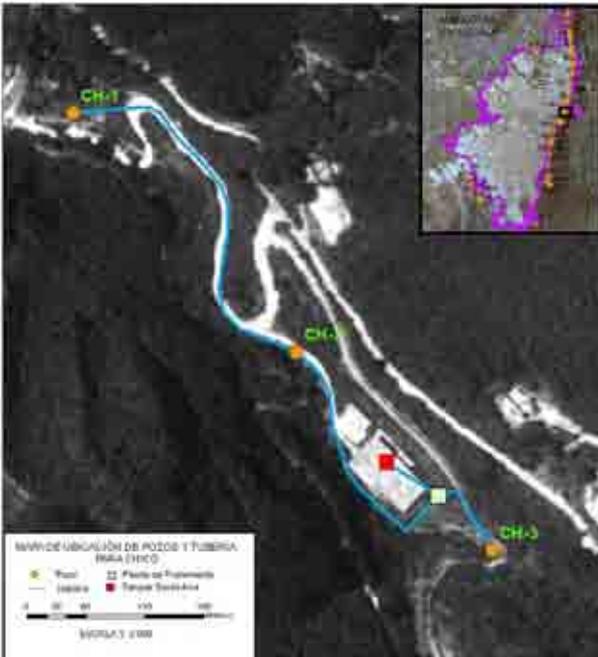


Figura-10. 12 Perfil Planeado para la Unidad 1-59

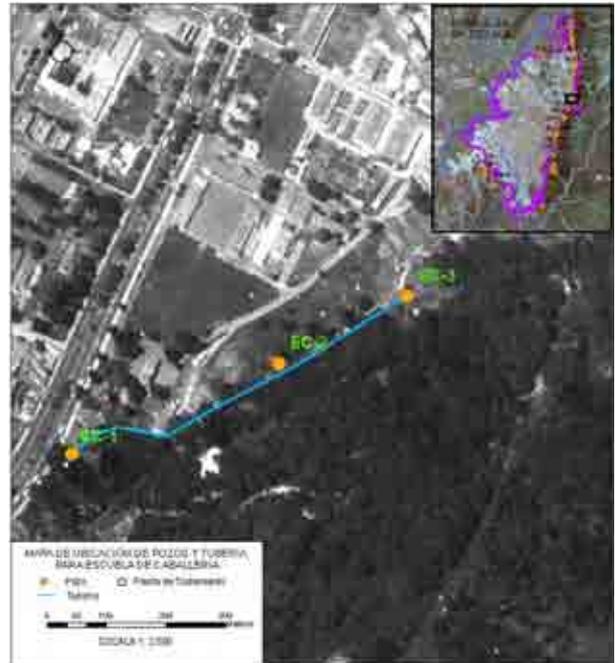


Figura-10. 13 Perfil Planeado para la Unidad 1-60

3). Instalaciones de Abastecimiento de Agua Planeadas

En cuanto a la composición de las instalaciones para abastecimiento de agua, se diseñan tres tipos de instalaciones como se muestra en la Figura-10.14. Estas instalaciones deben ser capaces de abastecer agua a los carro tanques para la emergencia primaria, no solo para el tipo-1 pero también para el tipo-2 y 3.

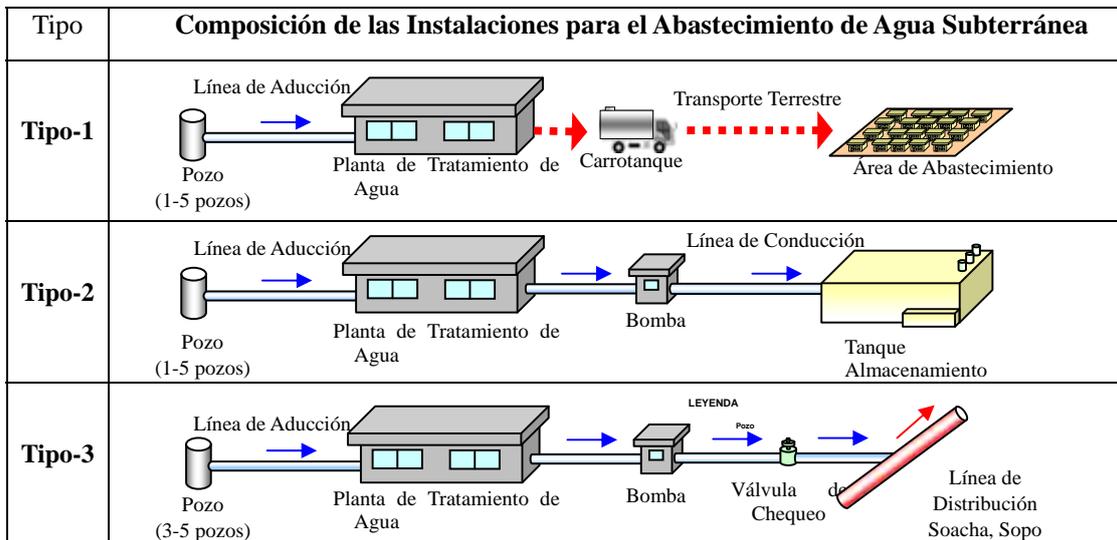


Figura-10. 14 Composición de las Instalaciones de Abastecimiento de Agua Subterránea
(Fuente: Equipo de Estudio JICA)

CAPITULO 4. Estimación de Costos del Proyecto

PARTE 11

CALIDAD DE AGUA

**Informe Final
(Informe Soporte)**

Parte 11 Estudio de la Calidad del Agua

Tabla de Contenidos

| | Página |
|---|---------------|
| Tabla de Contenido | i |
| Listado de Tablas | ii |
| | |
| PARTE 11. ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA | 11-1 |
| CAPITULO 1. RESULTADOS DEL SONDEO DE LA CALIDAD DEL AGUA | 11-1 |
| 1.1. Estándares de Calidad del Agua | 11-1 |
| 1.2. Calidad del Agua del Río Bogotá | 11-1 |
| 1.3. Consideraciones de las Características de la Calidad del Agua en el Río Bogotá | 11-11 |
| 1.4. Cuenca del Río Chingaza | 11-13 |
| CAPITULO 2. PRUEBAS SUPLEMENTARIAS DE CALIDAD DEL AGUA | 11-16 |
| 2. 1. Área de Estudio | 11-16 |
| 2. 2. Resultado de las Pruebas Suplementarias de Calidad de Agua | 11-17 |
| 2. 3. Consideraciones | 11-23 |

Listado de Tablas y de Figuras

Listado de Tablas

| | |
|--|-------|
| Tabla-11. 1 Estándares de Calidad de Agua en Colombia | 11-2 |
| Tabla-11. 2 Resultados Principales del Análisis de Calidad de Agua para la Cuenca del Río Chingaza | 11-14 |
| Tabla-11. 3 Calidad del Agua en la Cuenca del Río Chingaza | 11-15 |
| Tabla-11. 4 Resultados del Muestreo de Calidad de Agua para Pozos (1)..... | 11-18 |
| Tabla-11. 4 Resultados del Muestreo de Calidad de Agua para Pozos (2)..... | 11-19 |
| Tabla-11. 5 Resultados del Muestreo de Calidad de Agua del río(1)..... | 11-20 |
| Tabla-11. 5 Resultados del Muestreo de Calidad de Agua del río(2)..... | 11-21 |
| Tabla-11. 5 Resultados del Muestreo de Calidad de Agua del río(3)..... | 11-22 |
| Tabla-11. 5 Resultados del Muestreo de Calidad de Agua del río(4)..... | 11-23 |

Listado de Figuras

| | |
|--|-------|
| Figura-11. 1 Volumen del Río Bogotá (Caudal m ³ /s) | 11-1 |
| Figura-11. 2 Oxígeno Disuelto (OD) mg/l | 11-3 |
| Figura-11. 3 DBO Total mg/l | 11-3 |
| Figura-11. 4 DQO Total mg/l..... | 11-4 |
| Figura-11. 5 SST mg/l | 11-4 |
| Figura-11. 6 Carga SST (Ton/día)..... | 11-5 |
| Figura-11. 7 NKT mg/l..... | 11-5 |
| Figura-11. 8 Amonio mg/l..... | 11-6 |
| Figura-11. 9 Nitritos mg/l..... | 11-6 |
| Figura-11. 10 Nitratos mg/l..... | 11-7 |
| Figura-11. 11 Sulfuros mg/l | 11-7 |
| Figura-11. 12 Níquel mg/l | 11-8 |
| Figura-11. 13 Cromo mg/l..... | 11-8 |
| Figura-11. 14 Plomo mg/l..... | 11-9 |
| Figura-11. 15 Cobre mg/l | 11-9 |
| Figura-11. 16 Cadmio mg/l | 11-10 |
| Figura-11. 17 Coliformes Totales (NMP) | 11-10 |
| Figura-11. 18 Escherichia Coli (NMP)..... | 11-11 |
| Figura-11. 19 Resumen de la Calidad del Agua en Bogotá..... | 11-13 |
| Figura-11. 20 Ubicación de los Lugares de Muestreo..... | 11-17 |

PARTE 11 ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA

CAPITULO 1. RESULTADOS DEL SONDEO DE LA CALIDAD DEL AGUA

1.1. Estándares de Calidad del Agua

La Tabla-1.1 presenta los estándares de calidad de agua en Colombia.

Decreto 1575 & 2115: Regulación Agua Potable

Resolución DAMA 250 de 1997: Regulación de Agua Subterránea. Define los costos ambientales y sociales para su uso.

Decreto 1594 de 1984: Regulación para el uso y control de recursos hídricos (agua superficial, subterránea, etc.) para obtener concesiones, permisos y licencias.

Resolución DAMA 1074 de 1997: Regulación de agua residual. Establece parámetros ambientales.

1.2. Calidad del Agua del Río Bogotá

1). Resultados de la Calidad del Agua

La calidad del agua del río Bogotá a lo largo de su trayecto se presenta en las figuras-1 a la 18.

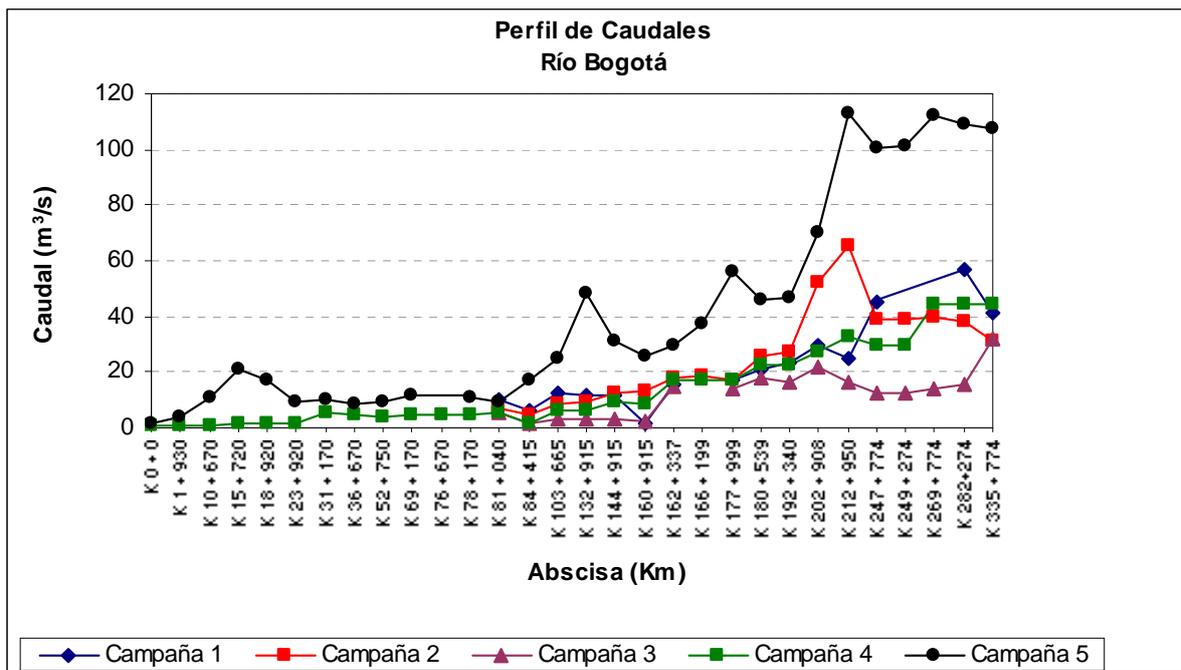


Figura-11. 1 Volumen del Río Bogotá (Caudal m³/s)

Tabla-11. 1 Estándares de Calidad de Agua en Colombia

| Parámetro | Ministerio de Protección Social Decreto 1575 & 2115 de 2007 | DAMA Resolución 250 de 1997 | Ministerio de Protección Social Decreto 1594 de | DAMA Resolución 1074 de 1997 |
|--|---|-----------------------------|---|------------------------------|
| Al | 2,0 | 0,2 | | |
| Sb | 0,02 | 0,005 | | |
| As (mg/l) | 0,05 | 0,01 | 0,05 | 0,1 |
| Ba (mg/l) | 1,0 | 0,5 | 1 | 5 |
| B (mg/l) | 1,0 | 0,3 | | |
| Cd (mg/l) | 0,005 | 0,003 | 0,01 | 0,003 |
| CN (mg/l) | 0,1 | 0,05 | | |
| CNTotal (mg/l) | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 1 |
| CHCL3 (mg/l) | 0,7 | 0,03 | | |
| Cr +6 (mg/l) | 0,025 | 0,01 | 0,05 | 0,5 |
| Cu (mg/l) | 2,0 | 1 | 1 | 0,25 |
| Fenol (mg/l) | 0,01 | 0,001 | 0,002 | 0,2 |
| Hg (mg/l) | 0,002 | 0,001 | 0,002 | 0,02 |
| Mo (mg/l) | 0,2 | 0,07 | | |
| Ni (mg/l) | 0,1 | 0,02 | | 0,2 |
| NO2 (mg/l) | 1,0 | 0,1 | 1 | |
| NO3 (mg/l) | 10 | 10 | 10 | |
| Ag (mg/l) | 0,05 | 0,01 | 0,05 | 0,5 |
| Pb (mg/l) | 0,02 | 0,01 | 0,05 | 0,1 |
| Se (mg/l) | 0,015 | 0,01 | 0,01 | 0,1 |
| ABS (mg/l) | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 20 |
| THMs (mg/l) | ≤ 1,0 | 0,1 | | |
| Ca (mg/l) | 100 | 60 | | |
| CaCO ₃ /Acides (mg/l) | 60 | 50 | | |
| CaCO ₃ /Hidroxido | <LD | <LD | | |
| CaCO ₃ /Alcalinidad total | 120 | 100 | | |
| Cl ⁻ (mg/l) | 300 | 250 | 250 | |
| CaCO ₃ /Dureza Total (mg/l) | 180 | 160 | | |
| Fe (mg/l) | 0,5 | 0,3 | | |
| Mg (mg/l) | 60 | 36 | | |
| Mn (mg/l) | 0,15 | 0,1 | | 0,12 |
| SO ₄ (mg/l) | 350 | 250 | 400 | |
| Zn (mg/l) | 10 | 5 | 15 | 5 |
| F (mg/l) | 1,7 | 1,2 | | |
| PO ₄ (mg/l) | 0,4 | 0,2 | | |
| Color real (UPC) | <25 | <15 | <20 | |
| Olor , Sabor | Aceptable | Aceptable | | |
| Turbidity/UNT | ≤5 | <5 | 10/UJT | |
| TDS (mg/l) | <1000 | <500 | | |
| Conductividad Eléctrica (μS/cm) | ≤1500 | 50-1000 | | |
| Ph | | | 6,5-8,5 | 05-Sep |
| Coliformes Total (nmp) | | | 1000 | |
| NH ₃ (mg/l) | | | 1 | |
| Carbón Orgánico Total | | | | 0,1 |
| Cloroformo (mg/l) | | | | 1 |
| Organocloro (mg/l) | | | | 0,05 |
| Organofosforo (mg/l) | | | | 0,1 |
| Cr total (mg/l) | | | | 1 |
| DBO ₅ (mg/l) | | | | 1000 |
| Etileno dicloro | | | | 1 |
| Polyclorinato binfenil | | | | No detectable |
| DQO (mg/l) | | | | 2000 |
| Solidos Suspendidos-SS (mg/l) | | | | 2 |
| Solidos Suspendidos Total (mg/l) | | | | 800 |
| Hg organico (mg/l) | | | | No detectable |
| Sulfato (mg/l) | | | | 1 |
| Carbon tetraclorido (mg/l) | | | | 1 |
| Tricloroetileno (mg/l) | | | | 1 |
| Temperatura °C | | | | <30 |
| SAAM (mg/l) | | | | 0,5 |

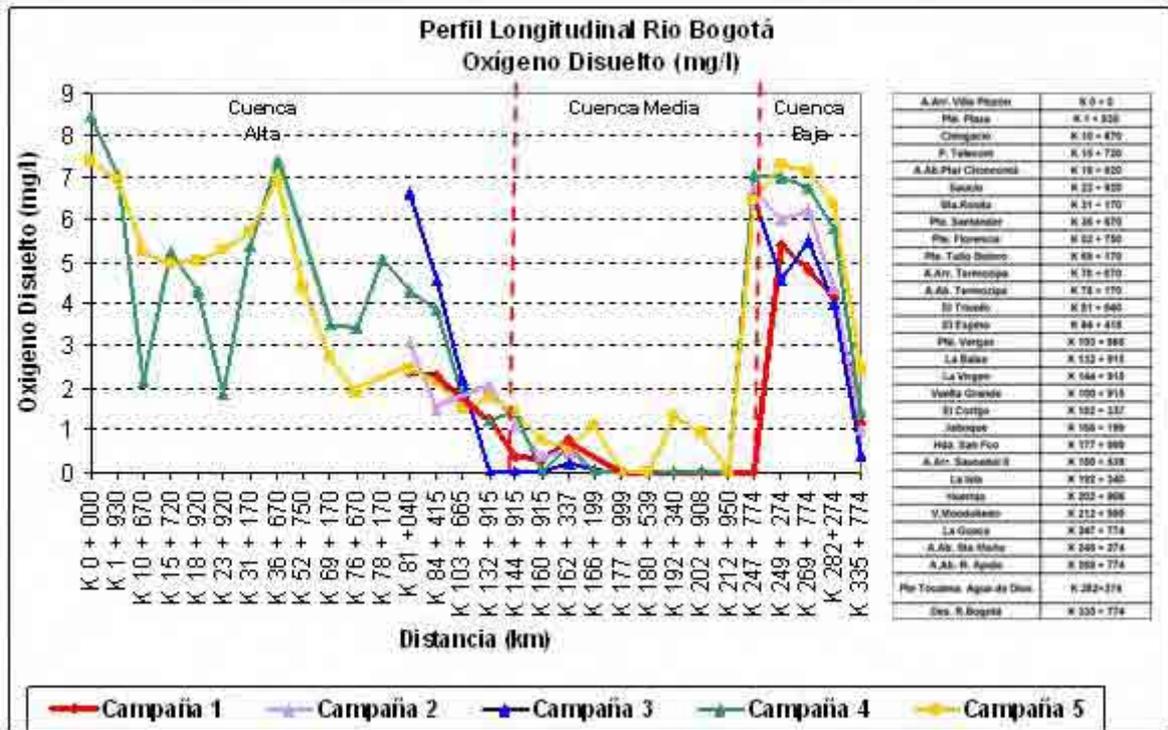


Figura-11. 2 Oxígeno Disuelto (OD) mg/l

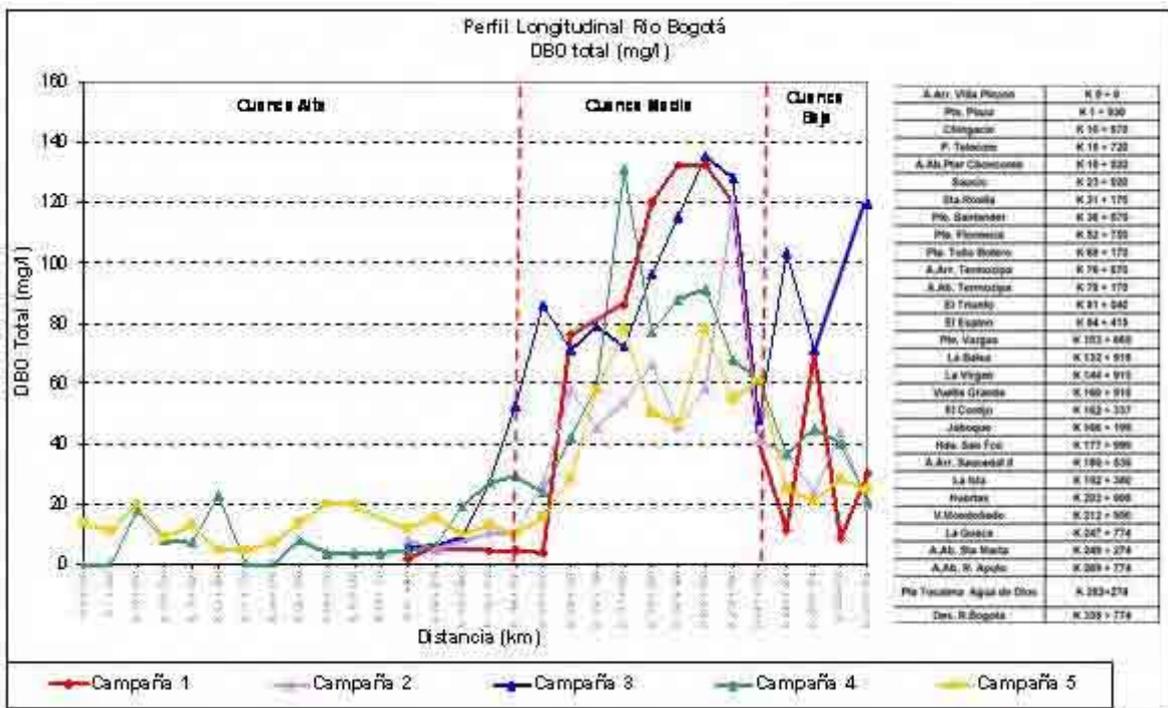


Figura-11. 3 DBO Total mg/l

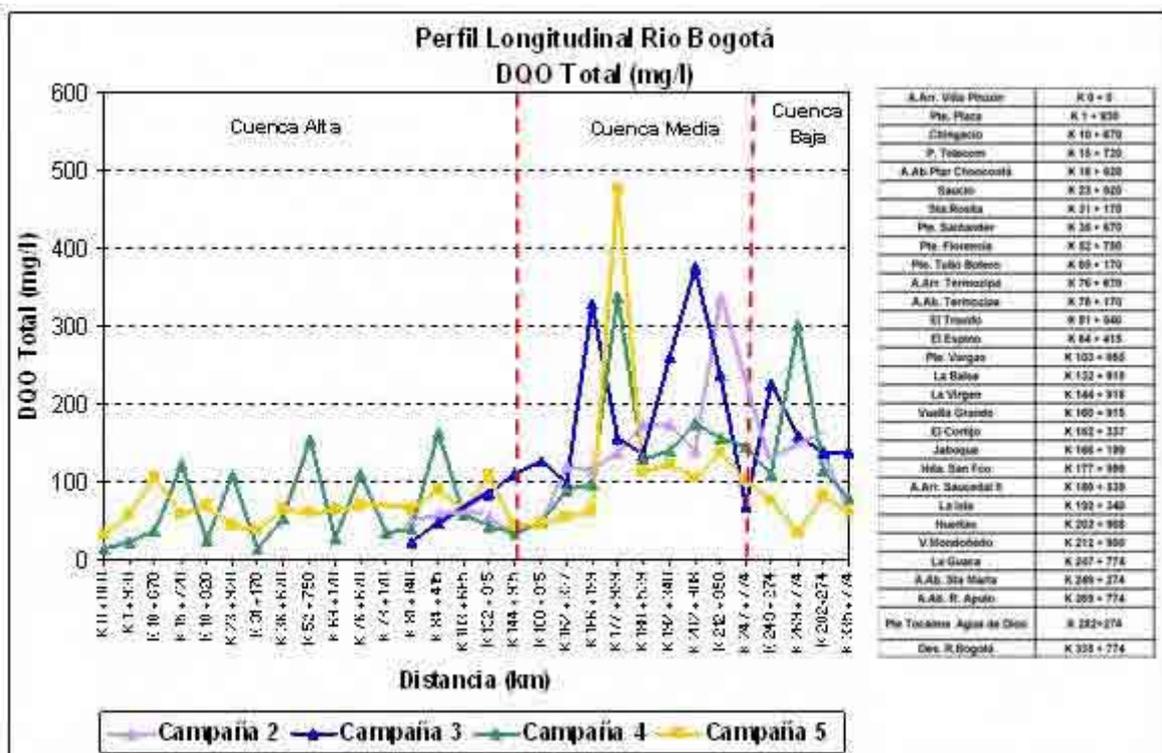


Figura-11. 4 DQO Total mg/l

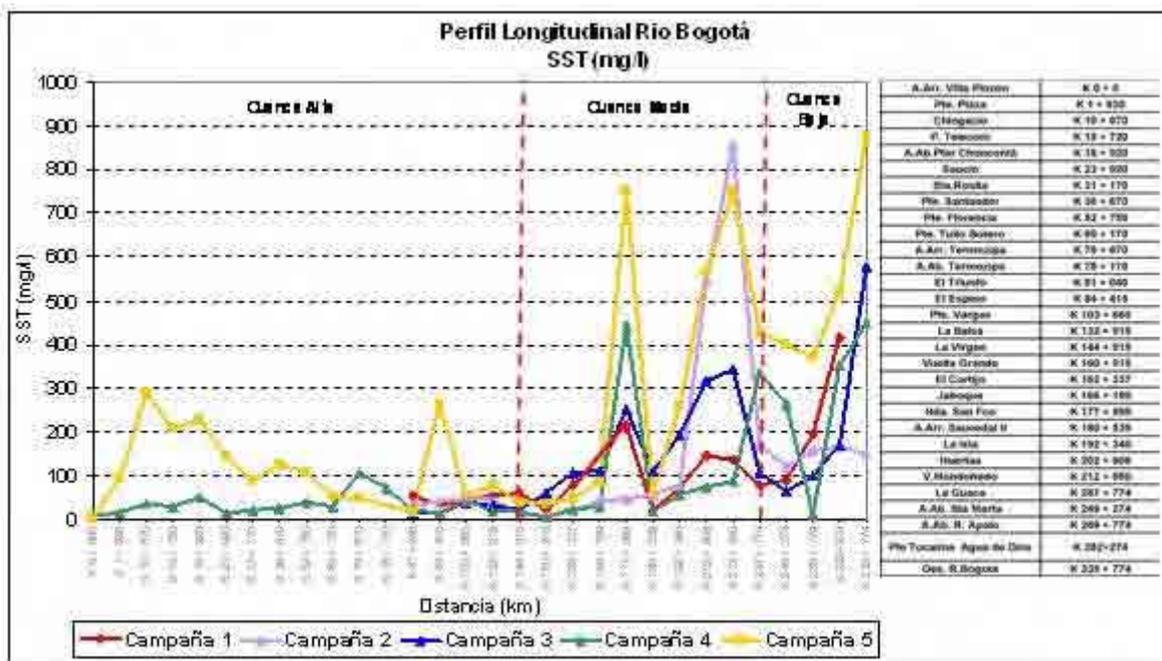


Figura-11. 5 SST mg/l

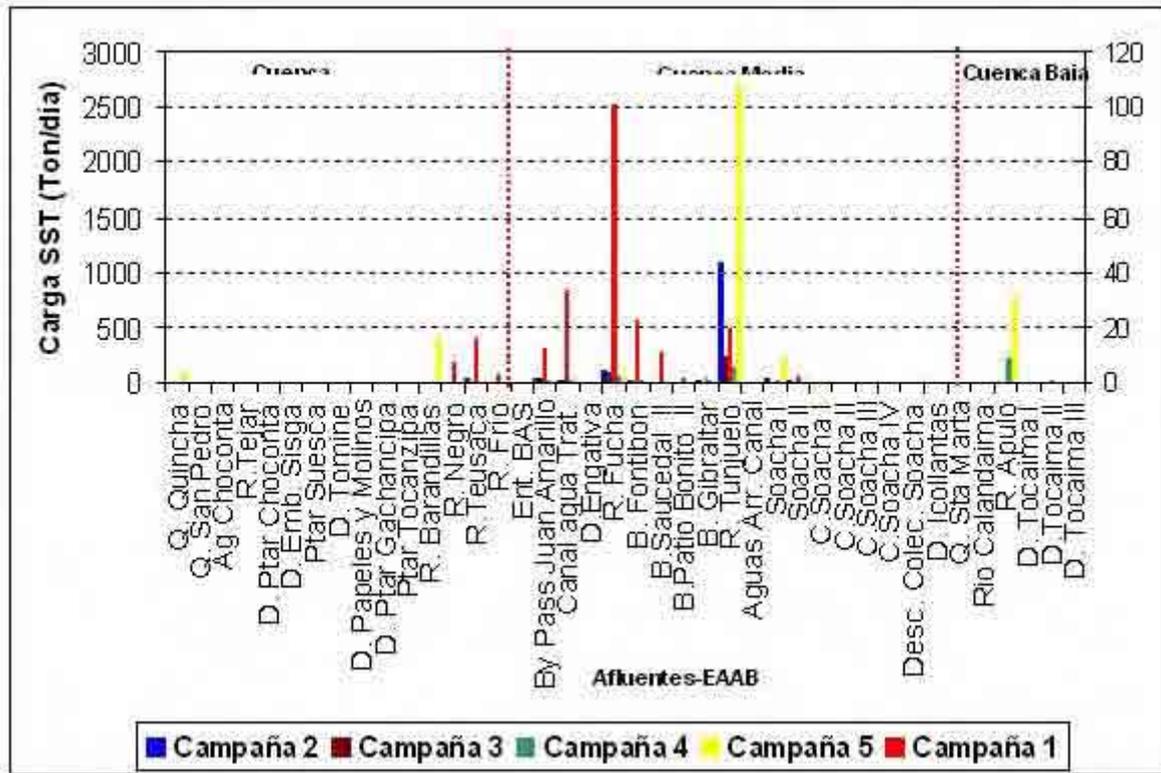


Figura-11. 6 Carga SST (Ton/día)

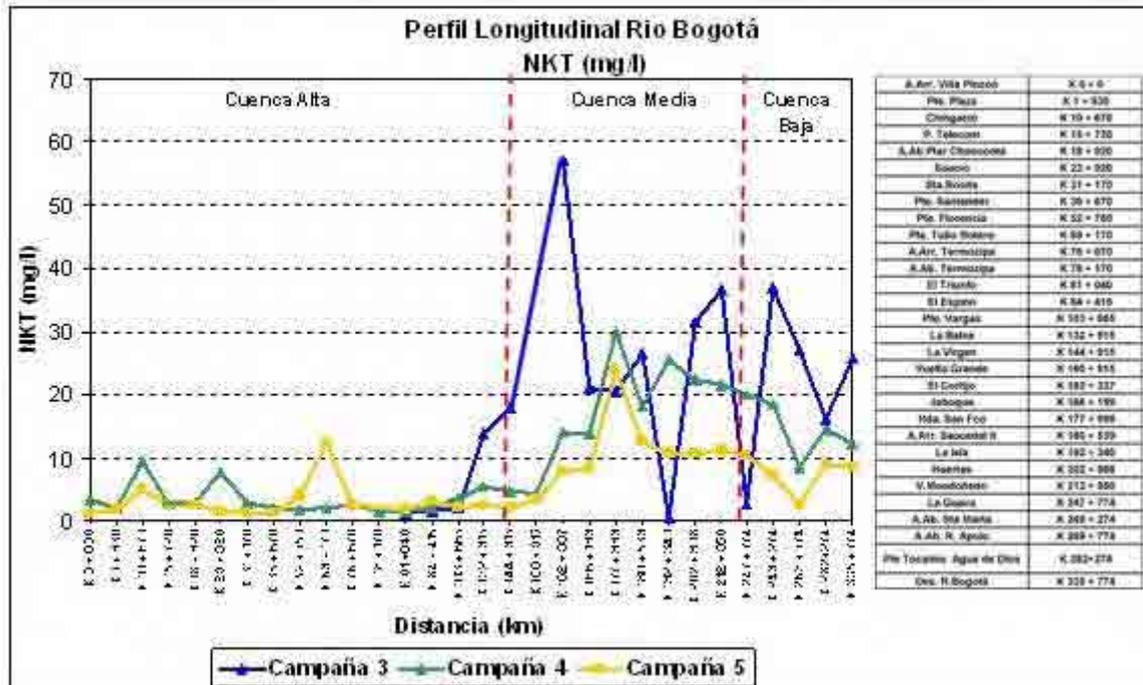


Figura-11. 7 NKT mg/l

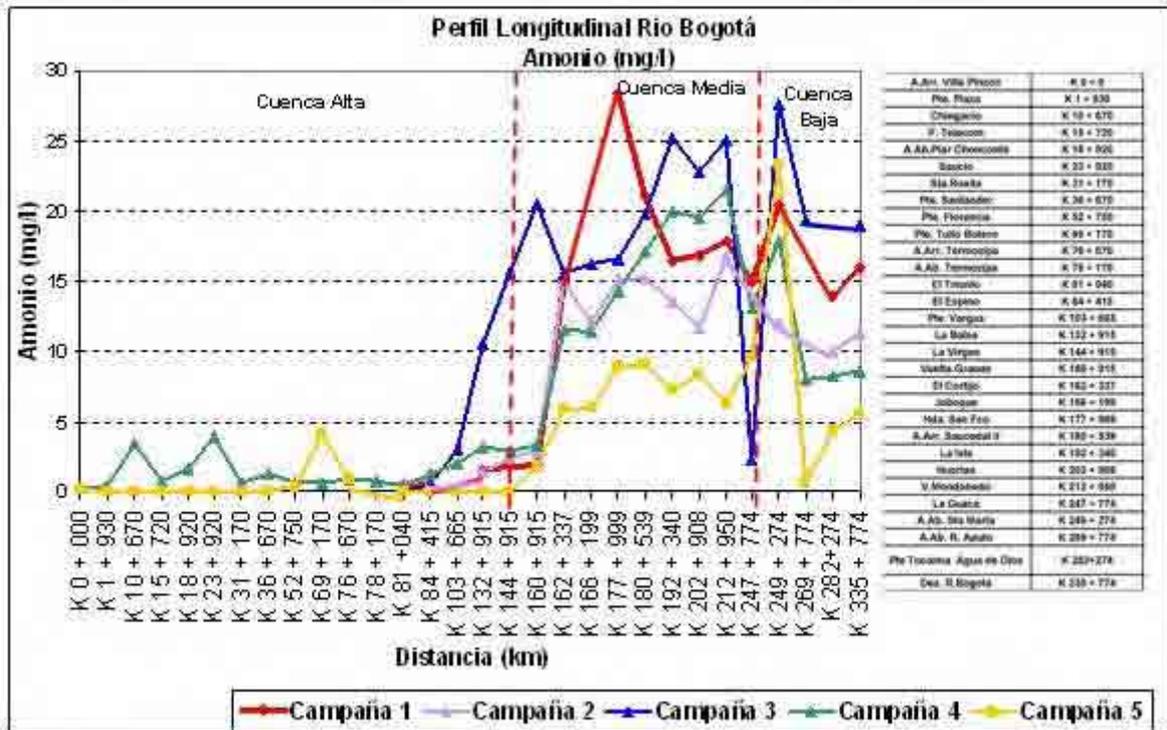


Figura-11. 8 Amonio mg/l

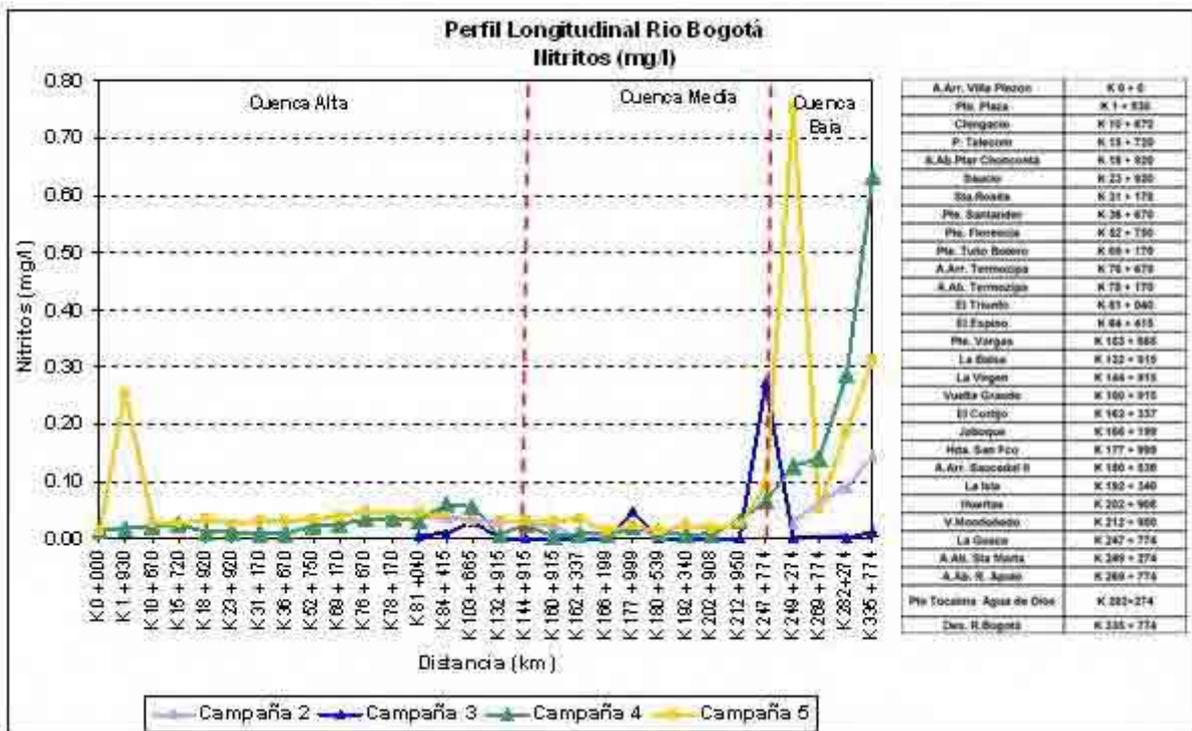


Figura-11. 9 Nitritos mg/l

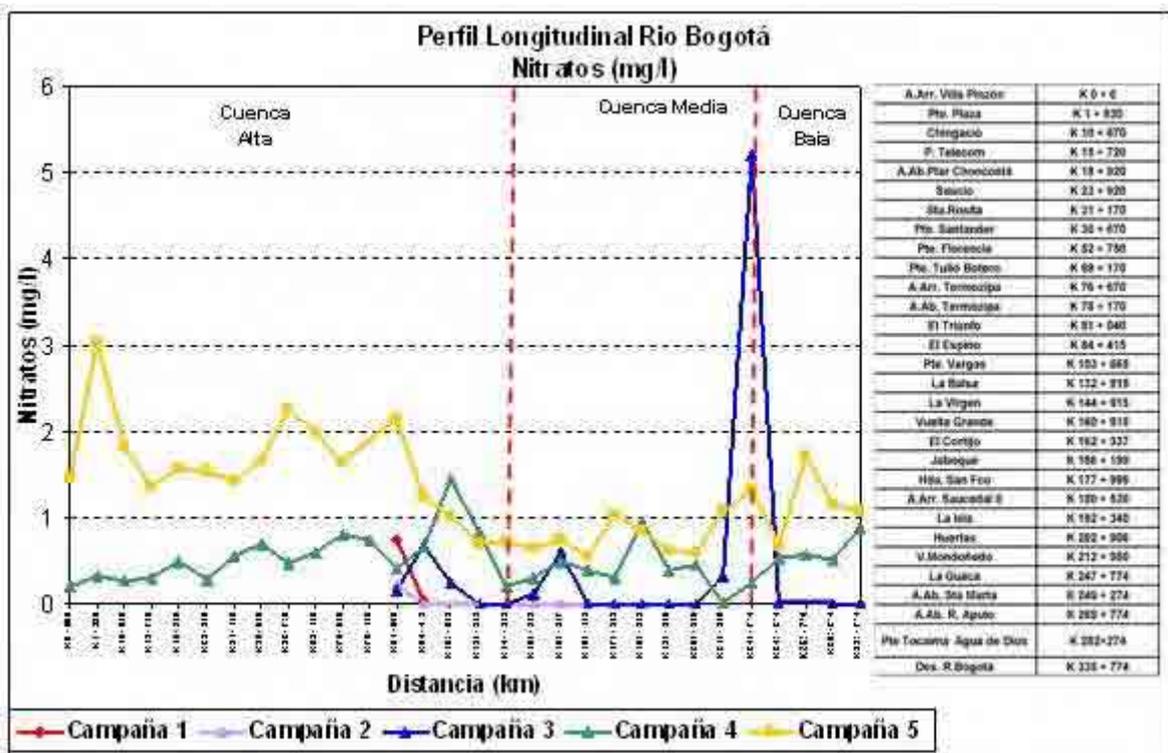


Figura-11. 10 Nitratos mg/l

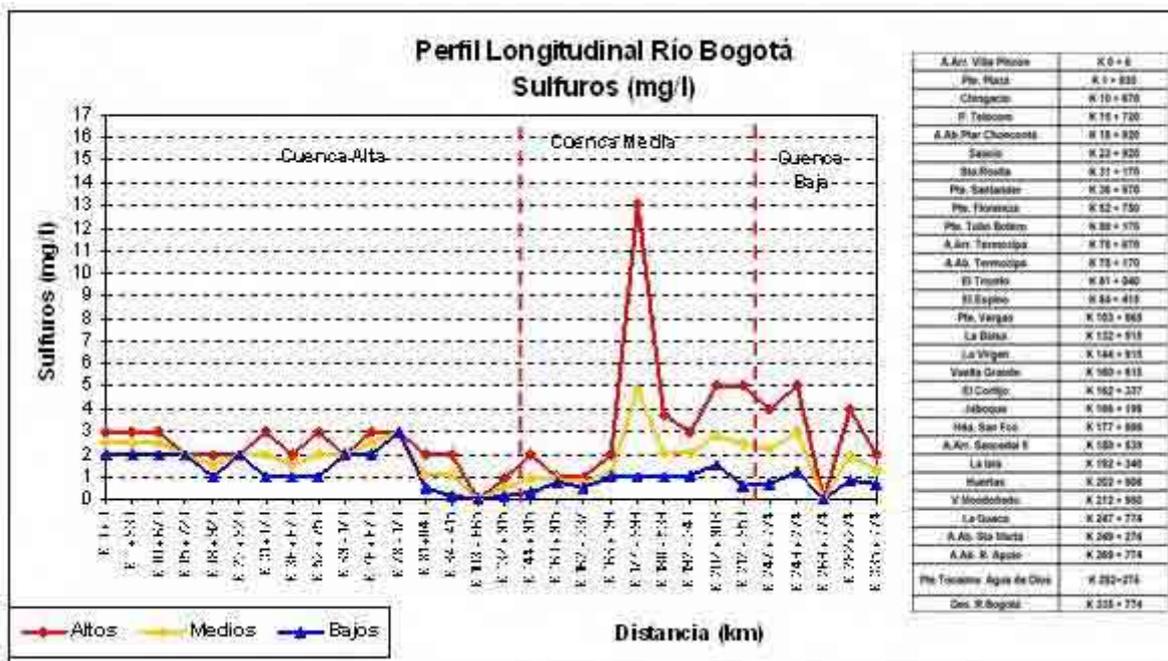


Figura-11. 11 Sulfuros mg/l

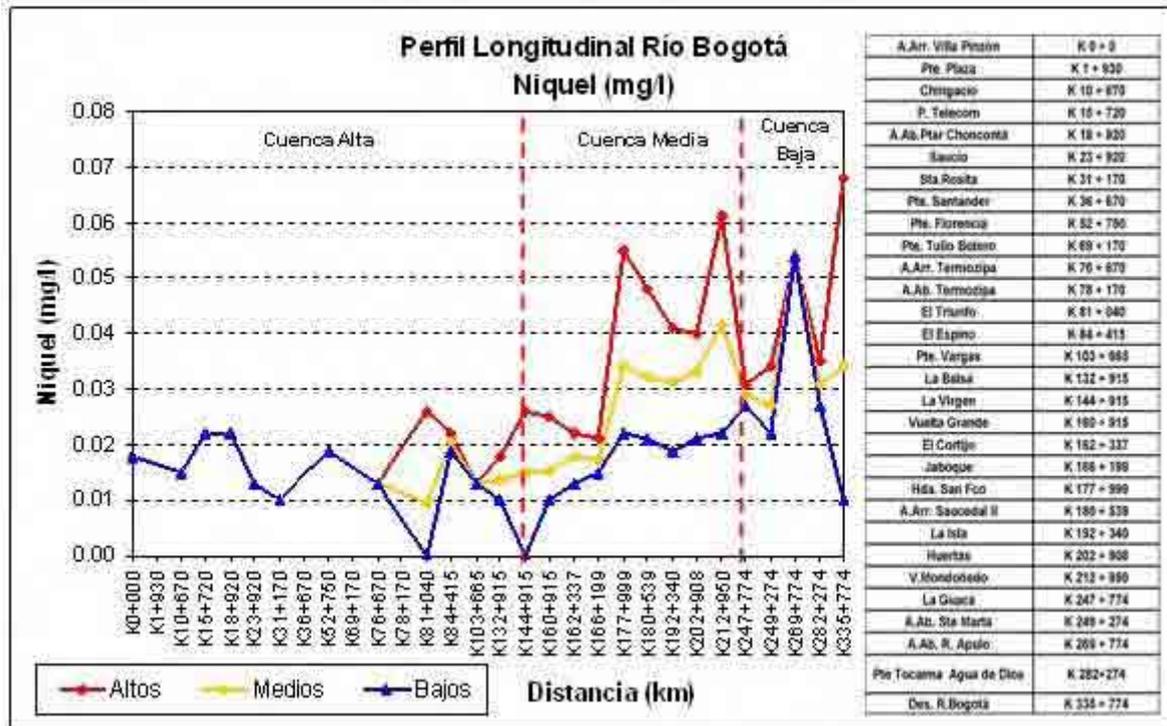


Figura-11. 12 Níquel mg/l

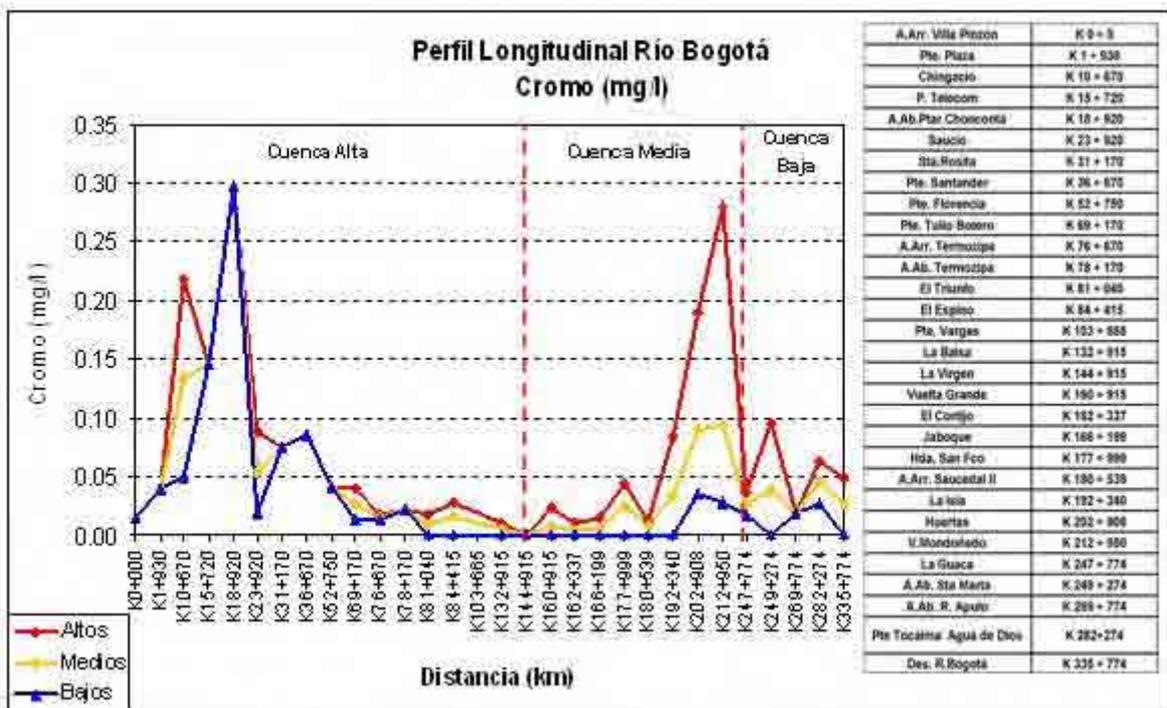


Figura-11. 13 Cromo mg/l

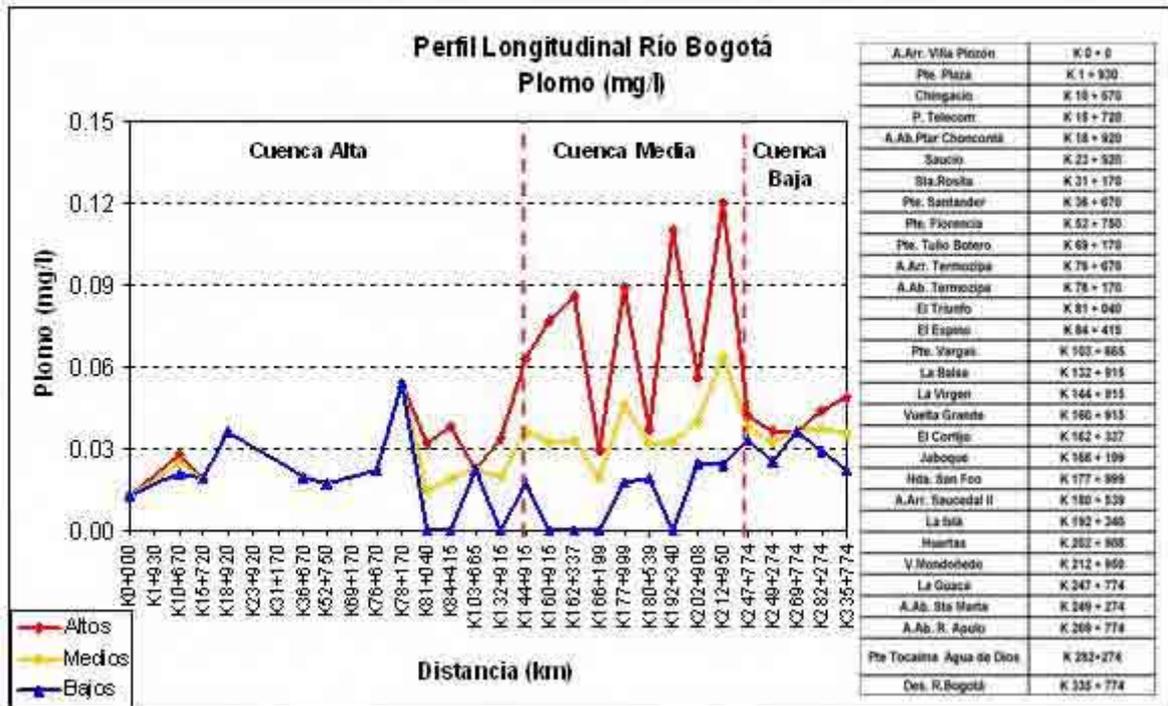


Figura-11. 14 Plomo mg/l

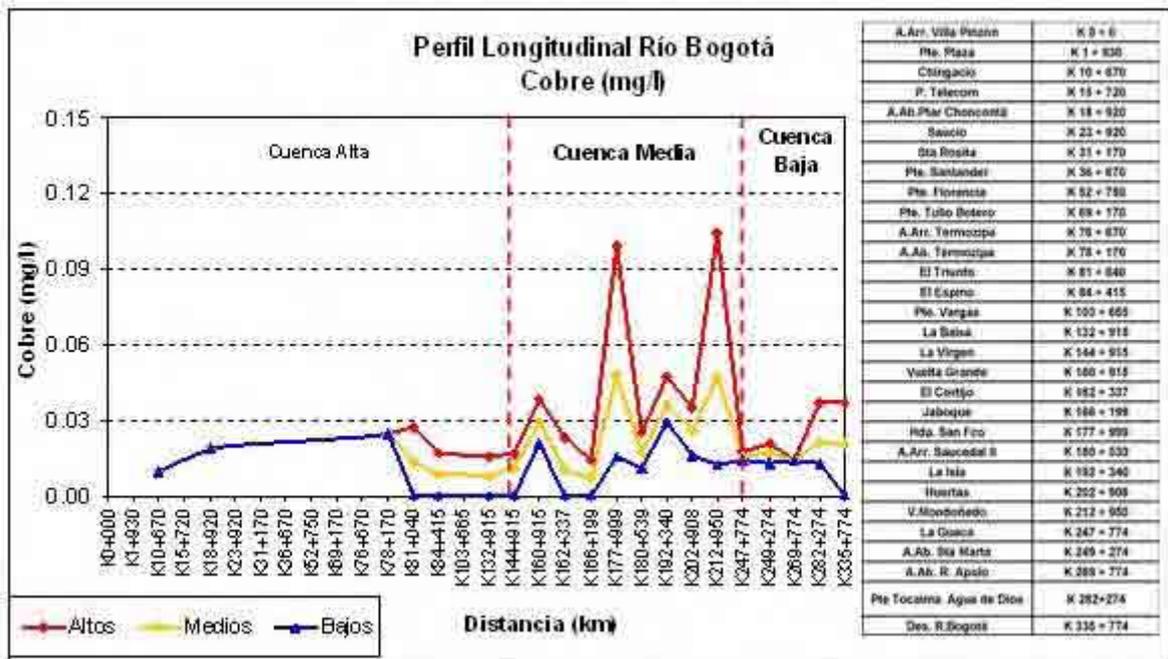


Figura-11. 15 Cobre mg/l

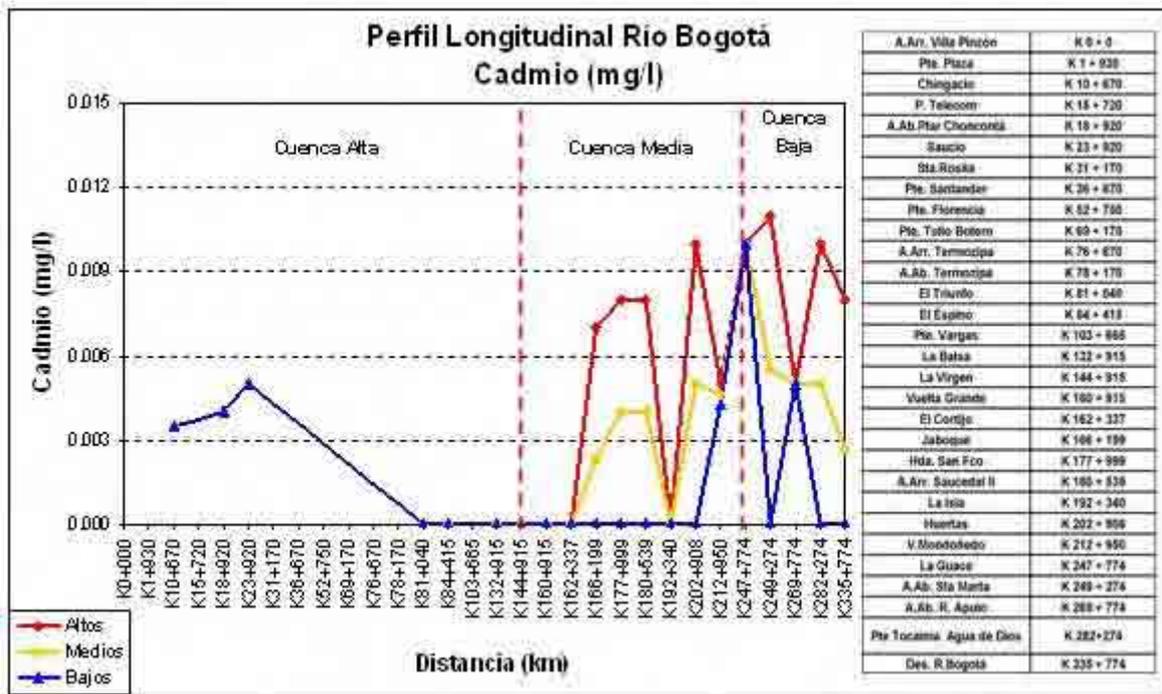


Figura-11. 16 Cadmio mg/l

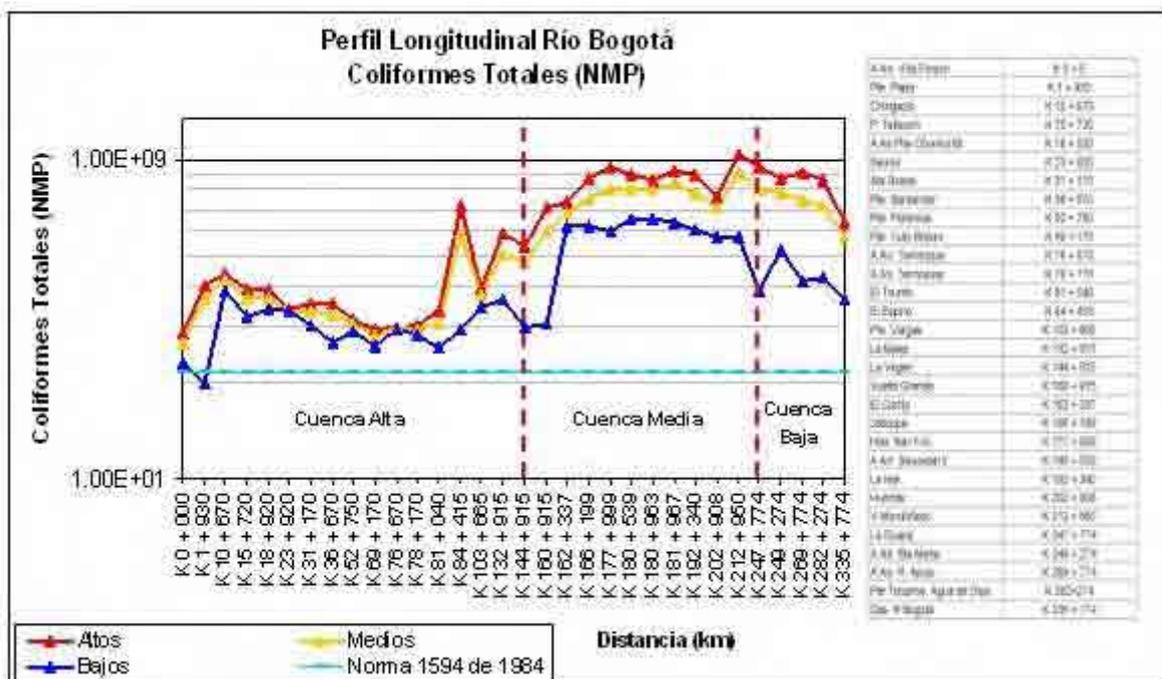


Figura-11. 17 Coliformes Totales (NMP)

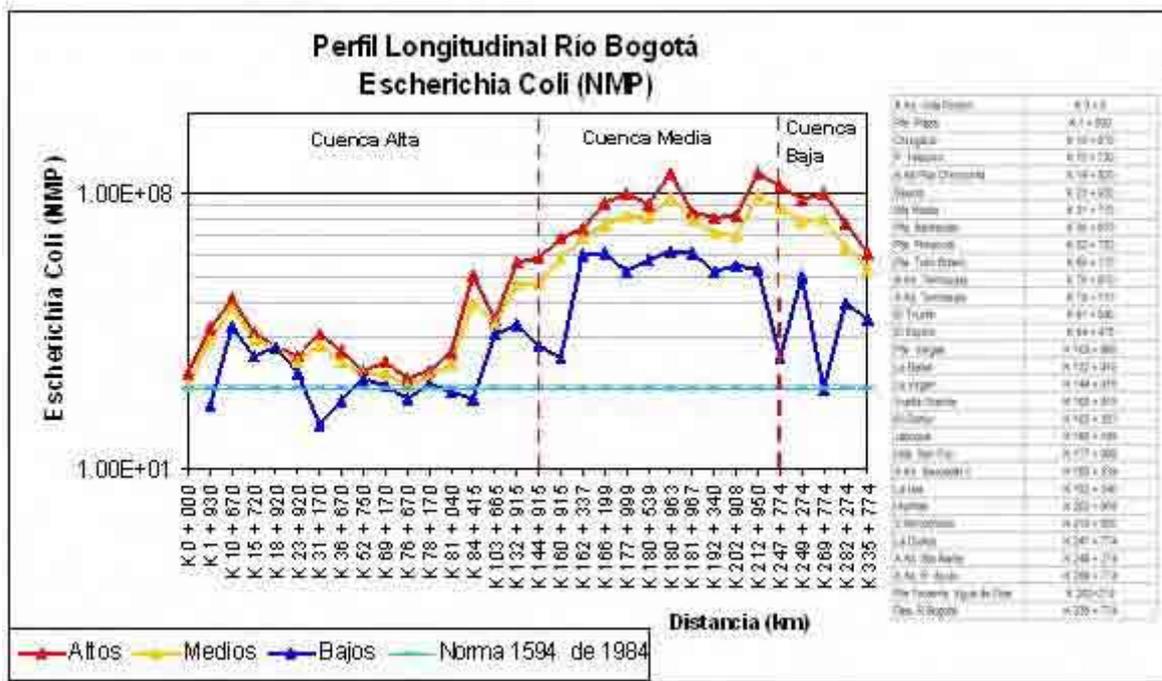


Figura-11. 18 Escherichia Coli (NMP)

1.3. Consideraciones de las Características de la Calidad del Agua en el Río Bogotá

En relación a la contaminación del agua del río Bogotá, han sido detectadas cuatro secciones distintas.

La primera sección abarca desde su nacimiento hasta Villa Pinzón, donde se presenta una excelente calidad. El DBO es menor a 2 mg/l. El OD (Oxígeno Disuelto) también registra un nivel menor a 6 mg/l y la cantidad de sustancias orgánicas es tan solo de 0,1 tonO₂/día.

La segunda sección está comprendida entre Villa Pinzón y Chocontá. En esta área se encuentran 171 curtiembres, de las cuales 121 están en Villa Pinzón y 50 en Chocontá. Los desechos de estas industrias son vertidos, sin previo tratamiento, al río Bogotá contaminándolo inmensamente. Debido a este desecho industrial, el OD se reduce a 2 mg/l y se presenta un aumento de DBO (10 mg/l). Entre algunas de las sustancias que se vierten al río están: sulfato de sodio, sulfato de amonio, ácido fórmico, ácido sulfúrico y algunos aceites entre otros. También se detectan metales pesados perjudiciales, como cromo y plomo. Hace 10 años, también se detectaba la presencia de Mercurio pero actualmente no existe información sobre su presencia. La CAR explica que el Mercurio ya no se utiliza en el proceso de las curtiembres. En la estación meteorológica “La Virgen” se registra en promedio de DBO de 13 mg/l.

Sin embargo, se dice que los ríos tributarios aumentan el caudal del río Bogotá y tienen un efecto de limpieza que restaura en cierta forma, la calidad del agua. En el río Frío, el cual es el límite de la cuenca media del río la cantidad de flujo promedio es de 13 m³/s.

40 Km. aguas debajo de Villa Pinzón, se encuentra la estación de purificación de la planta de tratamiento de Tibitoc, (PTT), cuya entrada es de 4m³/s. El tramo del río comprendido desde Villa Pinzón hasta el río Juan Amarillo, el cual es el río más cercano al área urbana de Bogotá, utiliza sus aguas principalmente para la irrigación de cultivos y campos. Los desechos de la agricultura y la ganadería son vertidos directamente al río Bogotá y aún cuando existe una resolución que ofrece los estándares para los desechos que se vierten al río, no se aplica ningún control o regulación.

La tercera sección hace referencia al trayecto del río que entra al área urbana de Bogotá, y que corresponde a la cuenca media del río Bogotá, donde la calidad del agua se empeora de forma dramática. El agua residual de uso doméstico de la población total de la ciudad (6,4 millones de habitantes) se descargan al río Bogotá. Los ríos Salitre, Fucha y Tunjuelo vierten también sus aguas al río Bogotá.

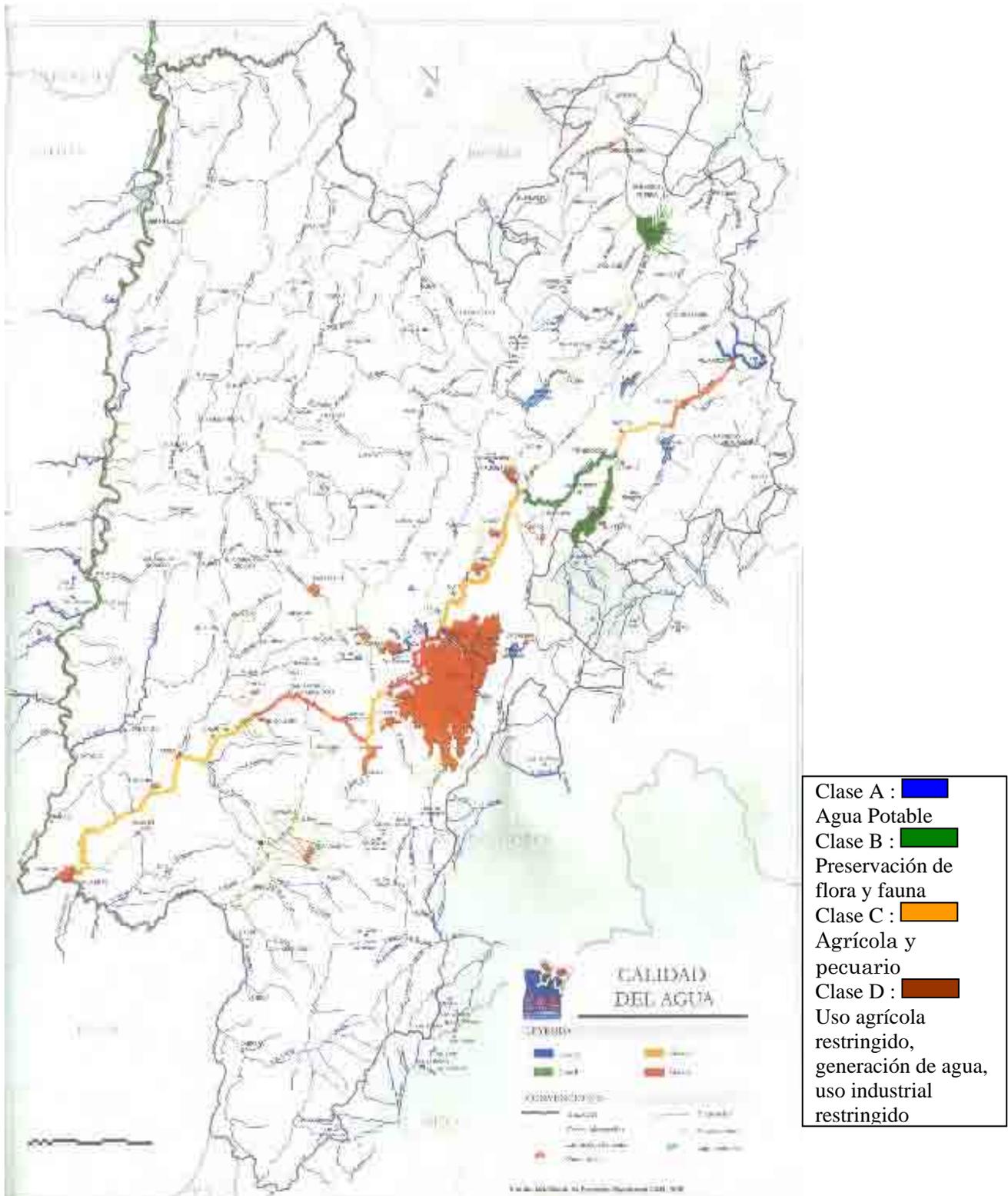
En el área urbana de Bogotá se encuentra únicamente la Planta de Tratamiento de Agua Residual El Salitre, PTAR, y realiza un tratamiento primario, con un bajo índice de eliminación de la DBO pues no se realiza un tratamiento orgánico.

En el punto de desembocadura del río Salitre la DBO promedio es de 120 mg/l, siendo la del río Fucha 130 mg/l y la del Tunjuelo 140 mg/l. La contaminación del agua es causada por el vertimiento de desperdicios domésticos e industriales desde el área urbana de Bogotá. Se ha registrado que el volumen de sustancias orgánicas es en promedio 482 tonO₂/día. La calidad del agua del río Bogotá a la altura del río Tunjuelo es pésima, de color grisáceo, olor nauseabundo y ambiente nuboso. Mediante diferentes estudios se ha confirmado la presencia enorme de materiales químicos y de metales pesados, que son identificados como uno de los factores de mayor contribución en la contaminación del río, así como la presencia numerosa de industrias de gran escala y una fábrica de metales para autos ubicados en la sub-cuenca del río Tunjuelo, cuyos vertimientos de aguas industriales de desecho son arrojados sin tratamiento al río Bogotá, haciendo que el nivel de contaminación supere al producido por las curtiembres de Villa Pinzón, descritos en la segunda sección. El volumen de desechos provenientes de los ríos dentro del área urbana es de aproximadamente 23 m³/s, y corresponden a 2/3 del flujo promedio del río Bogotá (37 m³/s).

Los desechos del área urbana tienen un gran impacto sobre la calidad del agua del río Bogotá. El contenido de contaminación bacteriana es también extremadamente alto en este tramo. En el río Salitre y en la represa del Muña el valor de bacterias coliformes totales es de 10 ~ 28 millones/100 ml, de las cuales 3 ~ 7 millones/100 ml corresponden a bacterias coliformes fecales. Tan substancial como la contaminación de la calidad de agua en el río Bogotá es la contaminación de las aguas de la represa del Muña, que se originan desde el río Bogotá, para generar energía. La existencia de cualquier tipo de peces no ha sido confirmada.

La cuarta sección, hace referencia al trecho comprendido entre el río Subachoque, en el tramo final del río Bogotá y el río Magdalena. Desde el área urbana hasta el Salto del Tequendama, el curso de las aguas es lento, y aun cuando no se espera una mejoría en la calidad del agua, la DBO esta en un nivel de 18 ~ 34 mg/l y el OD entre 2 ~ 7 mg/l.

El resumen de la calidad del agua en la cuenca del río Bogotá se presenta en la Figura-1.19. La calidad del agua en la cuenca media del río Bogotá presenta un aspecto inferior al anteriormente descrito. Sin embargo, el Acueducto y la CAR tienen diseñado un sistema de alcantarillado que se encuentra en etapa de fortalecimiento. Del mismo modo, se planea la expansión de la PTAR el Salitre, con inicio de obras en el año 2008. Adicionalmente, se está construyendo un sistema de interceptación de alcantarillado y se continúa planeando la construcción y operación de la PTAR Canoa, pero la calidad del agua del río Bogotá, será mejorada substancialmente con un sistema completo.



Fuente: CAR

Figura-11. 19 Resumen de la Calidad del Agua en Bogotá

1.4. Cuenca del Río Chingaza

Los resultados principales de la calidad de agua de la cuenca del río Chingaza son los siguientes:

Tabla-11. 2 Resultados Principales del Análisis de Calidad de Agua para la Cuenca del Río Chingaza

| Parámetros | Calidad del Agua | Anotación |
|-------------------------------------|-------------------------|---|
| Dureza | 50 mg/l | Decreto 475: 160 mg/l Estándar Calidad de Agua Japón: 300 mg/l |
| Turbiedad | <1,25 NTU | Pautas WHO: 5 NTU |
| pH | 6,3 – 7,6 | Neutro |
| Alcalinidad | 5-17 mg/l | Ministerio de Salud de Colombia. Decreto 475: 100 mg/l |
| Mg | 0,2 – 0,9 mg/l | Ministerio de Salud de Colombia. Decreto 475: 60 mg/l |
| Mn | 0,02 – 0,08 mg/l | Ministerio de Salud de Colombia. Decreto 475: 0,15 mg/l |
| Fe | 0,2 – 1,1 mg/l | Ministerio de Salud de Colombia. Decreto 475: 0,5 mg/l |
| Bacterias Coliformes Totales | 50-500 | Ministerio de Agricultura. Decreto 1594 de 1984: <1000 |
| Nitrato | 0,004 – 0,09 mg/l | WHO: <50 |
| Amonio | 0,11 – 0,4 mg/l | Ministerio de Agricultura. Decreto 1594: <10 |
| Cloruro | 1,7 – 7,36 mg/l | No se establece en las pautas WHO. Generalmente menor a 250 |
| Nitrito | 0,006 – 0,14 mg/l | Ministerio de Agricultura Decreto 1594 de 1984: <10 |
| Conductividad | 30 - 60 | Ministerio de Salud de Colombia. Decreto 475: 1500 μ S/cm |
| TDS | 30 -115 mg/l | Ministerio de Salud de Colombia Decreto 475: 1000 mg/l |

De acuerdo a los resultados anteriores se puede afirmar que el agua del río es limpia como fuente de agua potable (Clase A).

La Tabla 11.3 presenta los resultados de la calidad del agua en la cuenca del río Chingaza.

Tabla-11. 3 Calidad del Agua en la Cuenca del Río Chingaza

| MONITOREO | EMBALSE CHUZA | | | | EMBALSE SAN RAFAEL | | | | EMBALSE CHISACA | | | | EMBASE REGADERA | | | |
|-------------------------------------|---------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|---------|-------|-----------------|---------|-------|-------|-----------------|---------|-------|-------|
| | MARZO | JUNIO | SEPT | DIC | MARZO | JUNIO | SEPT | DIC | MARZO | JUNIO | SEPT | DIC | MARZO | JUNIO | SEPT | DIC |
| Turbiedad UNT | 1.99 | 3.72 | 2.58 | 2.05 | 3.07 | 3.33 | 2.53 | 10.23 | 7.67 | 93.33 | 7.77 | 9.67 | 14.23 | 118.33 | 8.10 | 12.00 |
| Conductividad/μS/cm | 30.7 | 37.50 | 34.50 | 35.33 | 52.18 | 64.17 | 57.75 | 54.67 | 31.73 | 31.67 | 23.67 | 23.00 | 33.50 | 27.17 | 15.33 | 23.00 |
| pH | 6.31 | 7.09 | 7.59 | 7.55 | 6.99 | 6.82 | 7.41 | 7.57 | 6.93 | 6.67 | 7.63 | 6.97 | 7.18 | 6.65 | 7.48 | 6.98 |
| Alcalinidad/mgCaCO ₃ /L | 13.7 | 13.16 | 14.3 | 15.4 | 15.7 | 14.6 | 17.3 | 15.3 | 12.3 | 5.7 | 7.7 | 7.7 | 16.3 | 4.5 | 6.7 | 7.7 |
| Dureza Total/mgCaCO ₃ /L | 29.2 | 19.04 | 15.00 | 12,58 | 24.33 | 18.80 | 27.92 | 21.58 | 23.33 | 11.03 | 13.67 | 8.33 | 17.00 | 12.35 | 6.33 | 8.67 |
| Calcio mg/L | 10.9 | 6.04 | 5.09 | 3.09 | 9.05 | 6.16 | 6.95 | 6.12 | 8.60 | 3.34 | 3.54 | 2.28 | 6.29 | 3.68 | 2.96 | 2.21 |
| Magnesio mg/L | 0.95 | 0.79 | 0.67 | 0.49 | 0.47 | 0.82 | 0.92 | 0.77 | 0.46 | 0.65 | 0.60 | 0.38 | 0.27 | 0.77 | 0.60 | 0.39 |
| Hierro Total mg/L | 0.52 | 0.33 | 0.31 | 0.24 | 0.48 | 0.53 | 0.48 | 0.41 | 0.94 | 1.14 | 0.65 | 0.46 | 3.36 | 2.12 | 0.76 | 0.54 |
| Manganeso mg/L | 0.04 | 0.03 | 0.17 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.07 | 0.05 | 0.04 | 0.02 | 0.08 | 0.07 | 0.04 | 0.04 |
| Fosforo Total mg/L | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.48 | 0.53 | 0.48 | 0.41 | 0.06 | 0.13 | 0.03 | 0.04 | 0.09 | 0.15 | 0.06 | 0.09 |
| NKT mg/L | 0.43 | 0.37 | 0.34 | 0.43 | 0.82 | 0.45 | 0.95 | 0.66 | 0.63 | 1..34 | 0.67 | 0.63 | 0.93 | 1.17 | 1.87 | 1.03 |
| COT mg/L | 2.98 | 2.78 | 2.44 | 1.86 | 2.78 | 1.86 | 2.90 | 3.11 | 2.93 | 4.90 | 5.27 | 4.70 | 5.33 | 4.90 | 3.83 | 4.10 |
| Solidos mg/L | 37.9 | 30.67 | 32.08 | 28.58 | 46.5 | 48.67 | 42.50 | 48.05 | 64 | 117 | 32 | 38 | 40.3 | 115.67 | 33.67 | 21.67 |
| Coliformes Totales | 258.5 | 429.0 | 469.6 | 367.5 | 1007.73 | 527.0 | 10108.9 | 638.2 | 51.13 | 1060.67 | 6.67 | 151.8 | 316.8 | 2683.83 | 261.8 | 931.8 |

Fuente: Acueducto, Informe Anual de Calidad del Agua 2004-2005

CAPITULO 2. PRUEBAS SUPLEMENTARIAS DE CALIDAD DEL AGUA

2. 1. Área de Estudio

1). Área de Estudio

El énfasis de este estudio estuvo en la investigación de las aguas subterráneas de la capa Cretácica en la Sabana de Bogotá, específicamente en el área de estudio cubierta por el área urbana de Bogotá y la zona de los Cerros Sur. El estudio anterior de JICA reveló la escasez de datos de la calidad del agua subterránea en los Cerros Sur del área metropolitana de Bogotá. En esta zona, se seleccionaron 20 pozos para el estudio de la calidad del agua.

2). Número de Pruebas de Calidad del Agua

El muestreo para las pruebas de calidad de agua se divide en dos fases. El objetivo de estas pruebas es identificar cambios a largo plazo en la calidad del agua, así como reconocer la calidad del agua en los pozos ubicados en la capa cretácica distribuida sobre la zona oriental Bogotá y los cerros del Sur. Un método de saneamiento será determinado para hacer de esta agua, potable. En este sentido, las pruebas de calidad de agua son las siguientes:

- Fase 1 (Enero 2007 – Marzo 2007)
La prueba de calidad de agua es realizada durante la época seca. Esto permite la comparación subsecuente con una identificación de las características del agua subterránea durante la época de lluvia.
- Fase 2 (Agosto 2007 – Diciembre 2007)
Se realiza el muestreo durante la época de lluvia, permitiendo confirmar las características del agua subterránea durante esta época.

La calidad del agua subterránea esta vinculada a varios factores como la ubicación topográfica de los pozos, el acuífero objetivo y la cantidad de producción.

3). Lugares de Muestreo

Se seleccionaron los acuíferos, ríos y pozos representativos.

- Los ríos y pozos para el muestreo son seleccionados en los alrededores del río Bogotá, luego se identifica el estatus de contaminación del agua subterránea y el efecto de la contaminación del Río sobre la misma.
- En la medida de lo posible se toman las muestras de los pozos en la capa Cretácica en el área metropolitana de Bogotá.
- Los pozos se seleccionan para permitir una estimación precisa de las condiciones de flujo del agua subterránea, desde el punto de vista del cambio en la calidad del agua.
- De acuerdo a los resultados de calidad de agua se establecerá el tratamiento de cloración necesario para potabilizar el agua subterránea y hacerla segura para el abastecimiento.

Los lugares de muestreo se indican en la Figura-11.20.

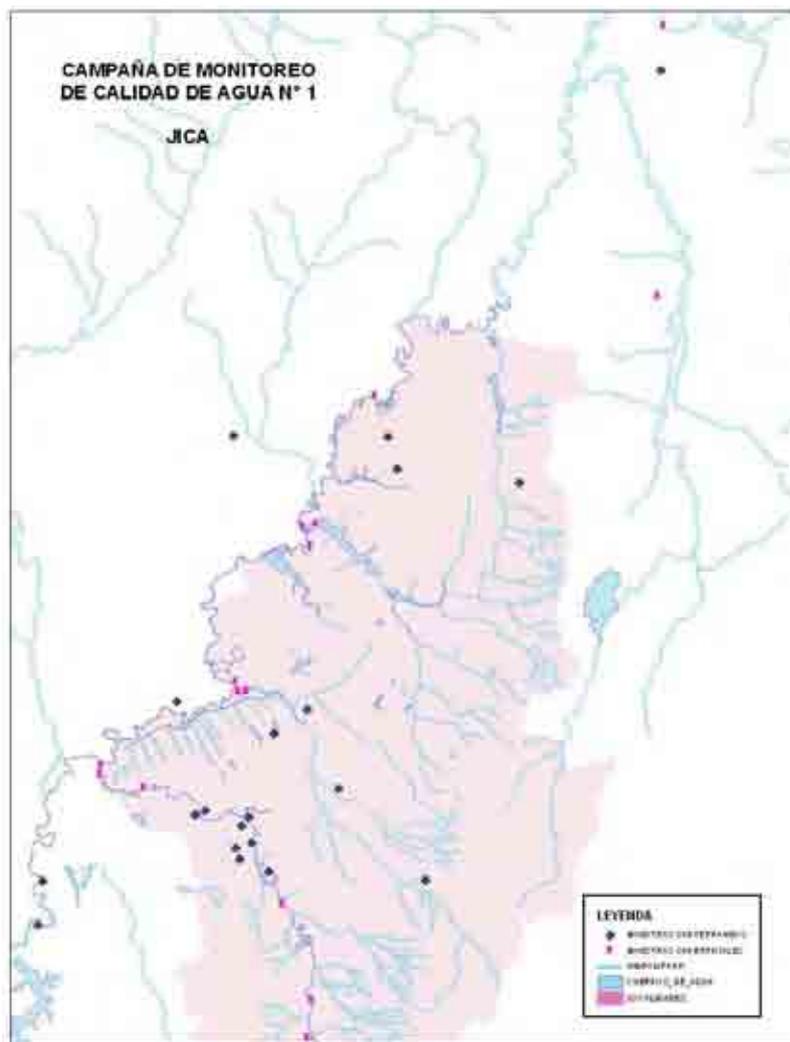


Figura-11. 20 Ubicación de los Lugares de Muestreo

2. 2. Resultado de las Pruebas Suplementarias de Calidad de Agua

Los resultados de las pruebas de la calidad de agua para río y pozos son indicados en la Tabla-11.4 y 11.5 respectivamente. En las tablas se comparan los resultados de las pruebas suplementarias de calidad de agua de acuerdo con los estándares del gobierno Colombiano. Los ítems marcados exceden los estándares.

Tabla-11. 4 Resultados del Muestreo de Calidad de Agua para Pozos (1)

| POZO | HORA | PH | TEM AMB | TEM AGUA | CONDUCTIVIDAD | OD | TURBIEDAD NTU | Zn mg/L Zn | Ba mg /L | Cr ⁶ mg/L | CN mg/L | F mg/L | Ag mg/L | Mn mg/L |
|-----------------------|-------|------|---------|----------|---------------|------|---------------|------------|----------|----------------------|---------|--------|---------|---------|
| Bavaria | 10:30 | 5,85 | 13,1 | 22,6 | 95,7 | 0,64 | 4 | 0.04 | 3 | 0.035 | 0.004 | 0.74 | 0.00 | 0.047 |
| Carboquimica | 11:45 | 5,95 | 20 | 21 | 24,8 | 0,6 | 0 | 0.02 | 2 | 0.004 | 0.009 | 0.48 | 0.032 | 0.106 |
| Dersa | 10:00 | 6,67 | 17,8 | 19,2 | 32,2 | 3,97 | 2 | 0.00 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.733 |
| Districarnazas luna | 14:45 | 5,54 | 20 | 18,3 | 19,3 | 1,59 | 3 | 0.00 | 0 | 0.067 | 0.000 | 0.18 | 0.00 | 0.217 |
| Frigorifico guadalupe | 15:30 | 6,52 | 21,6 | 19,1 | 37 | 2,1 | 20 | 0.00 | 3 | 0.020 | 0.018 | 0.00 | 0.00 | 0.166 |
| Gaseosas colombiana 2 | 12:10 | 6,06 | 20,9 | 20,2 | 34,3 | 1,8 | 0 | 0.00 | 3 | 0.002 | 0.009 | 0.08 | 0.00 | 0.103 |
| Gibraltar | 12:20 | 5,94 | 15,6 | 18,7 | 49,9 | 3,5 | 10 | 0.06 | 4 | 0.046 | 0.007 | 0.00 | 0.00 | 0.042 |
| Gm colmotores | 15:00 | 7,2 | 21,9 | 20,1 | 80,7 | 1,78 | 7 | 0.00 | 3 | 0.000 | 0.012 | 0.21 | 0.00 | 0.255 |
| Indumil | 15:30 | 6,07 | 22,4 | 19,9 | 22,6 | 0,87 | 2 | 0.00 | 4 | 0.039 | 0.003 | 0.32 | 0.00 | 0.698 |
| Jardines apogeo | 12:10 | 7,14 | 20,7 | 20,7 | 25,7 | 1,6 | 6 | 0.00 | 2 | 0.000 | 0.003 | 0.00 | 0.00 | 0.150 |
| La diana | 11:30 | 6,61 | 20,8 | 19,3 | 30,6 | 2,5 | 11 | 0.01 | 0 | 0.000 | 0.004 | 0.04 | 0.00 | 0.114 |
| La salle | 11:12 | 6,28 | 20 | 19,5 | 22,2 | 2,3 | 5 | 0.00 | 2 | 0.000 | 0.003 | 0.16 | 0.00 | 0.034 |
| Manufacturas eliot | 16:20 | 7,61 | 17,8 | 18 | 61,2 | 1,6 | 14 | 0.00 | 1 | 0.029 | 0.011 | 0.41 | 0.00 | 0.091 |
| Mariscal sucre | 12:45 | 6,68 | 19,8 | 20 | 54 | 2,16 | 13 | 0.07 | 1 | 0.126 | 0.000 | 0.24 | 0.00 | 0.024 |
| Parque tunal | 09:05 | 6,12 | 18,3 | 18,6 | 37,9 | 0,3 | 7 | 0.02 | 2 | 0.000 | 0.005 | 0.40 | 0.026 | 0.081 |
| Petco | 13:00 | 5,34 | 22,8 | 18,7 | 21,3 | 1,15 | 1 | 0.00 | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.29 | 0.00 | 0.265 |
| Quintas de santa ana | 13:00 | 7,09 | 23,4 | 23,5 | 13,5 | 3,41 | 0 | 0.04 | 2 | 0.006 | 0.001 | 0.23 | 0.00 | 0.176 |
| Siberia | 14:45 | 6,65 | 18,3 | 19,4 | 157,4 | 1,71 | 23 | 0.00 | 0 | 0.000 | 0.003 | 0.00 | 0.045 | 0.147 |
| Suba | 12:00 | 6,01 | 21,5 | 23,6 | 50 | 2 | 7 | 0.00 | 1 | 0.216 | 0.012 | 0.00 | 0.00 | 0.378 |
| Vitelma | 10:20 | 6,38 | 10,6 | 13 | 19,5 | 2,6 | 20 | 0.03 | 3 | 0.111 | 0.00 | 0.18 | 0.00 | 0.356 |

Tabla-11.4 Resultados del Muestreo de Calidad de Agua para Pozos (2)

| POZO | Cu mg/Lcu | Fe mg/L | Dureza mg/LCaCO ₃ | SO ₄ mg/L | S _{μg} /L | NO ₃ mg/L | Mo mg/Lmo | NH ₄ mg/L | Fenol mg/L | NO ₂ mg/L | Al mg/L | Cu mg/L | B mg/L | Mn mg/L | Cl mg/L | Cl libre mg/L | Cl total mg/L |
|-----------------------|-----------|---------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|-----------|----------------------|------------|----------------------|---------|---------|--------|---------|---------|---------------|---------------|
| Bavaria | 0.02 | 6.21 | 12.73 | 1 | 15 | 2.0 | 0.02 | 10.35 | 0.002 | 0.000 | 0.211 | 0.02 | 0.0 | 0.047 | 12.7 | 0.00 | 0.03 |
| Carboquimica | 0.02 | 10.52 | 10.68 | 2 | 6 | 1.0 | 0.02 | 0.81 | 0.005 | 0.000 | 0.171 | 0.02 | 0.0 | 0.106 | 6.0 | 0.01 | 0.07 |
| Dersa | 3.33 | 10.28 | 2.21 | 0 | 14 | 34.5 | 0.13 | 8.36 | 0.006 | 0.00 | 0.137 | 3.33 | 0.0 | 0.756 | 42.8 | 0.00 | 0.14 |
| Districamazas luna | 0.82 | 2.93 | 13.59 | 0 | 7 | 0.0 | 0.03 | 0.92 | 0.003 | 0.00 | 0.194 | 0.82 | 0.0 | 0.217 | 12.4 | 0.02 | 0.02 |
| Frigorifico guadalupe | 0.07 | 3.87 | 14.57 | 2 | 2 | 0.9 | 0.03 | 2.12 | 0.002 | 0.000 | 0.315 | 0.07 | 0.0 | 0.166 | 44.8 | 0.00 | 0.02 |
| Gaseosas colombiana 2 | 0.03 | 6.52 | 8.71 | 5 | 7 | 0.3 | 0.08 | 0.26 | 0.002 | 0.000 | 0.042 | 0.03 | 0.0 | 0.103 | 17.3 | 0.00 | 0.02 |
| Gibraltar | 0.02 | 1.74 | 14.06 | 0 | 43 | 0.7 | 0.02 | 12.61 | 0.010 | 0.008 | 0.050 | 0.02 | 0.0 | 0.042 | 10.2 | 0.00 | 0.02 |
| Gm colmotores | 0.04 | 15.72 | 11.04 | 3 | 10 | 0.00 | 0.13 | 0.23 | 0.003 | 0.000 | 0.048 | 0.04 | 0.2 | 0.255 | 45.8 | 0.00 | 0.06 |
| Indumil | 0.33 | 10.84 | 9.55 | 18 | 5 | 0.0 | 0.03 | 0.79 | 0.002 | 0.000 | 0.042 | 0.33 | 0.0 | 0.698 | 2.1 | 0.02 | 0.04 |
| Jardines apogeo | 0.04 | 4.61 | 10.74 | 0 | 4 | 0.0 | 0.00 | 0.85 | 0.003 | 0.000 | 0.181 | 0.04 | 0.0 | 0.150 | 14.2 | 0.00 | 0.01 |
| La diana | 0.01 | 2.21 | 12.52 | 0 | 5 | 0.0 | 0.01 | 19.06 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.01 | 0.0 | 0.114 | 0.8 | 0.02 | 0.04 |
| La salle | 0.04 | 0.25 | 9.96 | 0 | 1 | 1.3 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.04 | 0.0 | 0.034 | 2.2 | 0.01 | 0.02 |
| Manufacturas eliot | 0.03 | 0.45 | 10.25 | 1 | 5 | 0.1 | 0.00 | 4.91 | 0.003 | 0.000 | 0.379 | 0.03 | 0.0 | 0.091 | 14.0 | 0.00 | 0.02 |
| Mariscal sucre | 0.04 | 0.12 | 18.44 | 0 | 103 | 0.4 | 0.00 | 1.36 | 0.003 | 0.058 | 0.045 | 0.04 | 0.0 | 0.024 | 21.2 | 0.05 | 0.07 |
| Parque tunal | 0.03 | 5.01 | 12.03 | 14 | 11 | 1.0 | 0.01 | 0.24 | 0.006 | 0.00 | 0.005 | 0.03 | 0.0 | 0.081 | 26.9 | 0.02 | 0.06 |
| Petco | 0.23 | 8.48 | 14.83 | 1 | 2 | 0.00 | 0.01 | 0.15 | 0.001 | 0.000 | 0.201 | 0.23 | 0.0 | 0.265 | 12.8 | 0.00 | 0.00 |
| Quintas de santa ana | 0.08 | 1.11 | 12.01 | 0 | 6 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.001 | 0.00 | 0.036 | 0.08 | 0.2 | 0.176 | 1.9 | 0.00 | 0.07 |
| Siberia | 0.04 | 0.95 | 3.13 | 0 | 19 | 0.2 | 0.00 | 50.22 | 0.002 | 0.002 | 0.089 | 0.04 | 0.0 | 0.147 | 81.2 | 0.04 | 0.08 |
| Suba | 0.04 | 4.31 | 12.58 | 1 | 76 | 0.0 | 0.01 | 0.30 | 0.002 | 0.000 | 0.029 | 0.04 | 0.0 | 0.378 | 13.9 | 1 | 0.01 |
| Vitelma | 0.04 | 1.06 | 11.23 | 0 | 80 | 1.1 | 0.00 | 0.00 | 0.002 | 0.000 | 0.030 | 0.04 | 0.0 | 0.356 | 2.1 | 0.01 | 0.05 |

Tabla-11. 5 Resultados del Muestreo de Calidad de Agua del río(1)

| RIO | ident | HORA | PH | TEM_AMB | TEM_AGUA | CONDUCTIVI | OD | TURBIEDAD | Zn mg/L | Ba mg/L | Cr+6 mg/L | CN mg/L | F mg/L | Ag mg/L | Mn mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L |
|--|-------|-------|------|---------|----------|------------|------|-----------|---------|---------|-----------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| BOGOTÁ CIERRE | 1 | 7.30 | 7.12 | 12.9 | 17.7 | 76.9 | 0 | 105 | 0.00 | 14.00 | 0.300 | 0.009 | 0.24 | 0.00 | 0.172 | 0.00 | 1.10 |
| BOGOTÁ CIERRE | 1 | 8.00 | 7.03 | 12.7 | 17.7 | 77.8 | 0 | 99 | 0.01 | 14.01 | 0.300 | 0.009 | 0.24 | 0.00 | 0.172 | 0.00 | 1.11 |
| BOGOTÁ CIERRE | 1 | 8.30 | 7.02 | 13 | 17.7 | 77.9 | 0 | 105 | 0.02 | 14.02 | 0.300 | 0.009 | 0.24 | 0.00 | 0.172 | 0.00 | 1.12 |
| BOGOTÁ CIERRE | 1 | 9.00 | 7 | 15.3 | 17.7 | 77.1 | 0 | 90 | 0.03 | 14.03 | 0.300 | 0.009 | 0.24 | 0.00 | 0.172 | 0.00 | 1.13 |
| BOGOTÁ CIERRE | 1 | 9.30 | 6.99 | 15.9 | 17.8 | 76.9 | 0 | 100 | 0.04 | 14.04 | 0.300 | 0.009 | 0.24 | 0.00 | 0.172 | 0.00 | 1.14 |
| BOGOTÁ CORTIJO | 2 | 7.50 | 6.62 | 11.2 | 16.8 | 37.7 | 1.22 | 45 | 0.03 | 3.00 | 0.00 | 0.004 | 0.48 | 0.013 | 0.061 | 0.04 | 0.06 |
| BOGOTÁ CORTIJO | 2 | 8.20 | 6.58 | 11.6 | 17.1 | 37.4 | 1.77 | 45 | 0.04 | 3.01 | 0.00 | 0.004 | 0.48 | 0.013 | 0.061 | 0.04 | 0.06 |
| BOGOTÁ CORTIJO | 2 | 8.50 | 6.71 | 12.5 | 17.2 | 28.2 | 1.9 | 47 | 0.05 | 3.02 | 0.00 | 0.004 | 0.48 | 0.013 | 0.061 | 0.04 | 0.06 |
| BOGOTÁ CORTIJO | 2 | 9.20 | 6.82 | 13.4 | 17.7 | 44.1 | 1.68 | 75 | 0.06 | 3.03 | 0.00 | 0.004 | 0.48 | 0.013 | 0.061 | 0.04 | 0.06 |
| BOGOTÁ CORTIJO | 2 | 9.50 | 6.76 | 13.7 | 17.7 | 50.6 | 1.41 | 77 | 0.07 | 3.04 | 0.00 | 0.004 | 0.48 | 0.013 | 0.061 | 0.04 | 0.06 |
| BOGOTÁ DESPUES DE LA DESCARGA PTE METALICO | 3 | 11.10 | 6 | 14.2 | 18.5 | 78.4 | 0 | 190 | 0.00 | 10.0 | 0.303 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.154 | 0.00 | 1.31 |
| BOGOTÁ DESPUES DE LA DESCARGA PTE METALICO | 3 | 11.40 | 6.2 | 15.5 | 18.7 | 76.8 | 0.01 | 220 | 0.01 | 10.1 | 0.303 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.154 | 0.00 | 1.32 |
| BOGOTÁ DESPUES DE LA DESCARGA PTE METALICO | 3 | 12.10 | 6.1 | 17.1 | 19 | 78.8 | 0 | 210 | 0.02 | 10.2 | 0.303 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.154 | 0.00 | 1.33 |
| BOGOTÁ DESPUES DE LA DESCARGA PTE METALICO | 3 | 12.40 | 6.04 | 18.9 | 19.2 | 79.8 | 0.02 | 227 | 0.03 | 10.3 | 0.303 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.154 | 0.00 | 1.34 |
| BOGOTÁ DESPUES DE LA DESCARGA PTE METALICO | 3 | 13.10 | 6.14 | 18.9 | 19.3 | 81.2 | 0 | 217 | 0.04 | 10.4 | 0.303 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.154 | 0.00 | 1.35 |
| BOGOTÁ LISBOA | 4 | 13.30 | 7.49 | 20.2 | 19.7 | 19.9 | 2 | 5 | 0.02 | 0.00 | 0.59 | 0.004 | 0.00 | 0.00 | 0.010 | 0.00 | 0.04 |
| BOGOTÁ LISBOA | 4 | 14.00 | 7.27 | 20.3 | 19.2 | 25.3 | 1.7 | 6 | 0.02 | 0.00 | 0.59 | 0.004 | 0.00 | 0.00 | 0.010 | 0.00 | 0.04 |
| BOGOTÁ LISBOA | 4 | 14.30 | 7.83 | 19.1 | 19.4 | 24.9 | 1.6 | 6 | 0.02 | 0.00 | 0.59 | 0.004 | 0.00 | 0.00 | 0.010 | 0.00 | 0.04 |
| BOGOTÁ LISBOA | 4 | 15.00 | 7.4 | 18.2 | 19.4 | 25 | 1.57 | 6 | 0.02 | 0.00 | 0.59 | 0.004 | 0.00 | 0.00 | 0.010 | 0.00 | 0.04 |
| BOGOTÁ LISBOA | 4 | 15.30 | 6.89 | 19.5 | 19.4 | 25 | 1.81 | 7 | 0.02 | 0.00 | 0.59 | 0.004 | 0.00 | 0.00 | 0.010 | 0.00 | 0.04 |
| BOGOTÁ PTE CUNDINAMARCA | 5 | 8.00 | 5.95 | 11.2 | 17.2 | 58 | 0.01 | 205 | 0.00 | 9.00 | 0.101 | 0.001 | 0.00 | 0.000 | 0.109 | 0.04 | 0.08 |
| BOGOTÁ PTE CUNDINAMARCA | 5 | 8.30 | 5.84 | 11.2 | 17.4 | 59 | 0 | 230 | 0.01 | 9.01 | 0.101 | 0.001 | 0.00 | 0.000 | 0.109 | 0.04 | 0.08 |
| BOGOTÁ PTE CUNDINAMARCA | 5 | 9.00 | 6.07 | 12.1 | 17.7 | 59.2 | 0 | 248 | 0.02 | 9.02 | 0.101 | 0.001 | 0.00 | 0.000 | 0.109 | 0.04 | 0.08 |
| BOGOTÁ PTE CUNDINAMARCA | 5 | 9.30 | 6.06 | 12.6 | 17.8 | 56.2 | 0 | 220 | 0.03 | 9.03 | 0.101 | 0.001 | 0.00 | 0.000 | 0.109 | 0.04 | 0.08 |
| BOGOTÁ PTE CUNDINAMARCA | 5 | 10.00 | 6.34 | 12.6 | 18 | 57 | 0 | 230 | 0.04 | 9.04 | 0.101 | 0.001 | 0.00 | 0.000 | 0.109 | 0.04 | 0.08 |
| BOGOTÁ PTE LA VIRGEN | 6 | 11.00 | 6.5 | 17.8 | 17.4 | 22.7 | 2.11 | 17 | 0.00 | 2.00 | 0.035 | 0.001 | 0.18 | 0.017 | 0.016 | 0.03 | 0.93 |
| BOGOTÁ PTE LA VIRGEN | 6 | 11.30 | 6.42 | 17.9 | 17.6 | 22.9 | 2.11 | 17 | 0.01 | 2.01 | 0.035 | 0.001 | 0.18 | 0.017 | 0.016 | 0.03 | 0.93 |
| BOGOTÁ PTE LA VIRGEN | 6 | 12.00 | 6.45 | 18 | 17.8 | 23 | 1.43 | 18 | 0.02 | 2.02 | 0.035 | 0.001 | 0.18 | 0.017 | 0.016 | 0.03 | 0.93 |
| BOGOTÁ PTE LA VIRGEN | 6 | 12.30 | 6.44 | 19.4 | 18.1 | 23.3 | 1.54 | 17 | 0.03 | 2.03 | 0.035 | 0.001 | 0.18 | 0.017 | 0.016 | 0.03 | 0.93 |
| BOGOTÁ PTE LA VIRGEN | 6 | 13.00 | 6.47 | 18.5 | 18.2 | 23.4 | 2.46 | 18 | 0.04 | 2.04 | 0.035 | 0.001 | 0.18 | 0.017 | 0.016 | 0.03 | 0.93 |
| BOGOTÁ SAN BERNARDINO | 7 | 13.30 | 6.36 | 23.1 | 18.9 | 61.8 | 0.01 | 208 | 0.00 | 10.00 | 0.088 | 0.003 | 0.00 | 0.000 | 0.155 | 0.01 | 1.25 |
| BOGOTÁ SAN BERNARDINO | 7 | 14.00 | 6.52 | 22.8 | 18.8 | 59.6 | 0.02 | 212 | 0.01 | 10.01 | 0.088 | 0.003 | 0.00 | 0.000 | 0.155 | 0.01 | 1.26 |
| BOGOTÁ SAN BERNARDINO | 7 | 14.30 | 6.69 | 20.3 | 18.8 | 61.8 | 0 | 226 | 0.02 | 10.02 | 0.088 | 0.003 | 0.00 | 0.000 | 0.155 | 0.01 | 1.27 |
| BOGOTÁ SAN BERNARDINO | 7 | 15.00 | 6.53 | 20.3 | 18.9 | 61.6 | 0 | 233 | 0.03 | 10.03 | 0.088 | 0.003 | 0.00 | 0.000 | 0.155 | 0.01 | 1.28 |
| BOGOTÁ SAN BERNARDINO | 7 | 15.30 | 6.56 | 20.1 | 18.7 | 61.4 | 0 | 258 | 0.04 | 10.04 | 0.088 | 0.003 | 0.00 | 0.000 | 0.155 | 0.01 | 1.29 |
| BOGOTÁ TIBITOC | 8 | 13.45 | 6.29 | 18.9 | 18.8 | 11.3 | 5.58 | 21 | 0.05 | 4.00 | 0.073 | 0.002 | 0.09 | 0.016 | 0.026 | 0.03 | 0.66 |
| BOGOTÁ TIBITOC | 8 | 14.15 | 6.64 | 18.7 | 18.6 | 11.1 | 5.49 | 21 | 0.06 | 4.01 | 0.073 | 0.002 | 0.09 | 0.016 | 0.026 | 0.03 | 0.66 |
| BOGOTÁ TIBITOC | 8 | 15.45 | 6.24 | 18.2 | 18.6 | 10.5 | 5.41 | 21 | 0.07 | 4.02 | 0.073 | 0.002 | 0.09 | 0.016 | 0.026 | 0.03 | 0.66 |
| BOGOTÁ TIBITOC | 8 | 15.15 | 6.36 | 18.4 | 18.8 | 9.3 | 4.02 | 26 | 0.08 | 4.03 | 0.073 | 0.002 | 0.09 | 0.016 | 0.026 | 0.03 | 0.66 |
| BOGOTÁ TIBITOC | 8 | 15.45 | 6.41 | 17.4 | 18.4 | 9 | 4.02 | 24 | 0.09 | 4.04 | 0.073 | 0.002 | 0.09 | 0.016 | 0.026 | 0.03 | 0.66 |
| FUCHA CON ALAMEDA | 9 | 13.10 | 6.28 | 21.3 | 20.6 | 105.3 | 0.5 | 129 | 0.00 | 20.00 | 0.313 | 0.002 | 0.00 | 0.00 | 0.264 | 0.00 | 1.54 |
| FUCHA CON ALAMEDA | 9 | 13.40 | 6.68 | 19 | 20.7 | 108.3 | 0.3 | 141 | 0.01 | 20.01 | 0.313 | 0.002 | 0.00 | 0.00 | 0.264 | 0.00 | 1.55 |
| FUCHA CON ALAMEDA | 9 | 14.10 | 6.7 | 20.2 | 20.7 | 110.9 | 0.2 | 163 | 0.02 | 20.02 | 0.313 | 0.002 | 0.00 | 0.00 | 0.264 | 0.00 | 1.56 |
| FUCHA CON ALAMEDA | 9 | 14.40 | 6.47 | 19.3 | 20.9 | 112.7 | 0.1 | 174 | 0.03 | 20.03 | 0.313 | 0.002 | 0.00 | 0.00 | 0.264 | 0.00 | 1.57 |
| FUCHA CON ALAMEDA | 9 | 15.10 | 6.51 | 20.2 | 21 | 111.2 | 0.2 | 167 | 0.04 | 20.04 | 0.313 | 0.002 | 0.00 | 0.00 | 0.264 | 0.00 | 1.58 |

Tabla-11.5 Resultados del Muestreo de Calidad de Agua del río (2)

| RIO | | HORA | PH | TEM_AMB | TEM_AGUA | CONDUCTIVI | OD | TURBIEDAD | Zn mg/L | Ba mg/L | Cr+6 mg/L | CN mg/L | F mg/L | Ag mg/L | Mn mg/L | Cu mg/L | Fe mg/L |
|-------------------------------|----|-------|------|---------|----------|------------|-------|-----------|---------|---------|-----------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| TUNJUELO 100m ABAJO DE YOMASA | 10 | 11.30 | 5.81 | 19.6 | 17.8 | 46.8 | 0.89 | 851 | 0.00 | 5.00 | 0.055 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.254 | 0.00 | 1.92 |
| TUNJUELO 100m ABAJO DE YOMASA | 10 | 12.00 | 6.09 | 20.1 | 17.8 | 46 | 1.05 | 832 | 0.00 | 5.00 | 0.055 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.254 | 0.00 | 1.92 |
| TUNJUELO 100m ABAJO DE YOMASA | 10 | 12.30 | 6.24 | 20.1 | 18 | 48.1 | 1.04 | 814 | 0.00 | 5.00 | 0.055 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.254 | 0.00 | 1.92 |
| TUNJUELO 100m ABAJO DE YOMASA | 10 | 13.00 | 6.17 | 20.2 | 18.2 | 47.3 | 0.91 | 820 | 0.00 | 5.00 | 0.055 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.254 | 0.00 | 1.92 |
| TUNJUELO 100m ABAJO DE YOMASA | 10 | 13.30 | 6.19 | 21 | 18.6 | 49.1 | 1.01 | 755 | 0.00 | 5.00 | 0.055 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.254 | 0.00 | 1.92 |
| TUNJUELO SAN BENITO | 11 | 6.30 | 6.12 | 10.8 | 14.2 | 65.9 | 0.06 | 231 | 0.00 | 6.00 | 0.133 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.171 | 0.06 | 0.73 |
| TUNJUELO SAN BENITO | 11 | 7.00 | 6.02 | 11.1 | 14.3 | 65.5 | 0.08 | 372 | 0.00 | 6.00 | 0.133 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.171 | 0.06 | 0.73 |
| TUNJUELO SAN BENITO | 11 | 7.30 | 6.12 | 12.4 | 14.6 | 64.3 | 0.08 | 311 | 0.00 | 6.00 | 0.133 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.171 | 0.06 | 0.73 |
| TUNJUELO SAN BENITO | 11 | 8.00 | 6.21 | 12.9 | 14.7 | 64.7 | 0.02 | 292 | 0.00 | 6.00 | 0.133 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.171 | 0.06 | 0.73 |
| TUNJUELO SAN BENITO | 11 | 8.30 | 6.14 | 14.6 | 14.7 | 64.7 | 0.08 | 488 | 0.00 | 6.00 | 0.133 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.171 | 0.06 | 0.73 |
| TUNJUELO USME | 12 | 7.00 | 6.08 | 9.7 | 12.7 | 23.6 | 2.28 | 82 | 0.00 | 3.00 | 0.103 | 0.002 | 0.00 | 0.00 | 0.101 | 0.07 | 0.99 |
| TUNJUELO USME | 12 | 7.30 | 6.05 | 10.4 | 12.4 | 24.3 | 1.9 | 80 | 0.00 | 3.00 | 0.103 | 0.002 | 0.00 | 0.00 | 0.101 | 0.07 | 0.99 |
| TUNJUELO USME | 12 | 8.00 | 5.93 | 11.3 | 12.8 | 25.9 | 2 | 80 | 0.00 | 3.00 | 0.103 | 0.002 | 0.00 | 0.00 | 0.101 | 0.07 | 0.99 |
| TUNJUELO USME | 12 | 8.30 | 5.73 | 11.9 | 13.3 | 25.2 | 1.91 | 80 | 0.00 | 3.00 | 0.103 | 0.002 | 0.00 | 0.00 | 0.101 | 0.07 | 0.99 |
| TUNJUELO USME | 12 | 9.00 | 5.6 | 13.2 | 13.7 | 26.5 | 1.78 | 80 | 0.00 | 3.00 | 0.103 | 0.002 | 0.00 | 0.00 | 0.101 | 0.07 | 0.99 |
| TUNJUELO ISLA PONTON SAN JOSE | 13 | 10.00 | 6.79 | 16.7 | 16.4 | 159.1 | 0.3 | 164 | 0.00 | 16.00 | 0.320 | 0.003 | 1.11 | 0.00 | 0.234 | 0.00 | 1.27 |
| TUNJUELO ISLA PONTON SAN JOSE | 13 | 10.30 | 7.06 | 15 | 16.3 | 179.5 | 0 | 158 | 0.00 | 16.00 | 0.320 | 0.003 | 1.11 | 0.00 | 0.234 | 0.00 | 1.27 |
| TUNJUELO ISLA PONTON SAN JOSE | 13 | 11.00 | 6.87 | 14.8 | 16.5 | 169.7 | 0.6 | 116 | 0.00 | 16.00 | 0.320 | 0.003 | 1.11 | 0.00 | 0.234 | 0.00 | 1.27 |
| TUNJUELO ISLA PONTON SAN JOSE | 13 | 11.30 | 6.86 | 15.4 | 16.9 | 156.8 | 0.3 | 126 | 0.00 | 16.00 | 0.320 | 0.003 | 1.11 | 0.00 | 0.234 | 0.00 | 1.27 |
| TUNJUELO ISLA PONTON SAN JOSE | 13 | 12.00 | 7 | 17 | 16.9 | 172.1 | 0.1 | 126 | 0.00 | 16.00 | 0.320 | 0.003 | 1.11 | 0.00 | 0.234 | 0.00 | 1.27 |
| QUIBBA | 14 | 7.15 | 7.83 | 10.4 | 10.4 | 21.4 | 8.53 | 15.9 | 0.00 | 3.00 | 0.022 | 0.002 | 0.20 | 0.00 | 0.011 | 0.02 | 0.16 |
| QUIBBA | 14 | 7.45 | 7.55 | 10.4 | 10.4 | 23.2 | 9.48 | 13.6 | 0.00 | 3.00 | 0.022 | 0.002 | 0.20 | 0.00 | 0.011 | 0.02 | 0.16 |
| QUIBBA | 14 | 8.15 | 7.43 | 11.3 | 11.3 | 22.3 | 10.67 | 10.4 | 0.00 | 3.00 | 0.022 | 0.002 | 0.20 | 0.00 | 0.011 | 0.02 | 0.16 |
| QUIBBA | 14 | 8.45 | 7.29 | 11.2 | 11.2 | 22.3 | 8.76 | 15.4 | 0.00 | 3.00 | 0.022 | 0.002 | 0.20 | 0.00 | 0.011 | 0.02 | 0.16 |
| QUIBBA | 14 | 9.15 | 7.15 | 11.7 | 11.7 | 22.4 | 11.9 | 11.1 | 0.00 | 3.00 | 0.022 | 0.002 | 0.20 | 0.00 | 0.011 | 0.02 | 0.16 |
| JUAN AMARILLO | 15 | 11.00 | 8.5 | 20.5 | 19.5 | 61.1 | 0.02 | 76 | 0.02 | 6.00 | 0.091 | 0.015 | 0.05 | 0.006 | 0.141 | 0.08 | 0.86 |
| JUAN AMARILLO | 15 | 11.30 | 8.21 | 18.4 | 19.6 | 69.7 | 0.35 | 77 | 0.02 | 6.00 | 0.091 | 0.015 | 0.05 | 0.006 | 0.141 | 0.08 | 0.86 |
| JUAN AMARILLO | 15 | 12.00 | 7.19 | 21.2 | 19.5 | 69.1 | 0.67 | 79 | 0.02 | 6.00 | 0.091 | 0.015 | 0.05 | 0.006 | 0.141 | 0.08 | 0.86 |
| JUAN AMARILLO | 15 | 12.30 | 7.68 | 20.3 | 19.5 | 70 | 0.43 | 80 | 0.02 | 6.00 | 0.091 | 0.015 | 0.05 | 0.006 | 0.141 | 0.08 | 0.86 |
| JUAN AMARILLO | 15 | 13.00 | 7.29 | 20.8 | 20.5 | 71 | 0.37 | 81 | 0.02 | 6.00 | 0.091 | 0.015 | 0.05 | 0.006 | 0.141 | 0.08 | 0.86 |

Tabla-11.5 Resultados del Muestreo de Calidad de Agua del río (3)

| RIO | Dureza mg/LCaCO3 | SO4 mg/L | S- µg/L | NO3 mg/L | Mo mg/L | NH4 | Fenol mg/L | NO2 mg/L |
|--|------------------|----------|---------|----------|---------|-------|------------|----------|
| BOGOTA CIERRE | 0.00 | 33 | 510 | 9.0 | 0.16 | 60.19 | 0.073 | 0.021 |
| BOGOTA CIERRE | 0.01 | 33 | 510 | 9.1 | 0.17 | 60.20 | 0.073 | 0.021 |
| BOGOTA CIERRE | 0.02 | 33 | 510 | 9.2 | 0.18 | 60.21 | 0.073 | 0.021 |
| BOGOTA CIERRE | 0.03 | 33 | 510 | 9.3 | 0.19 | 60.22 | 0.073 | 0.021 |
| BOGOTA CIERRE | 0.04 | 33 | 510 | 9.4 | 0.20 | 60.23 | 0.073 | 0.021 |
| BOGOTA CORTIJO | 15.01 | 21 | 120 | 2.4 | 0.00 | 14.28 | 0.016 | 0.027 |
| BOGOTA CORTIJO | 15.02 | 21 | 120 | 2.5 | 0.01 | 14.29 | 0.016 | 0.027 |
| BOGOTA CORTIJO | 15.03 | 21 | 120 | 2.6 | 0.02 | 14.30 | 0.016 | 0.027 |
| BOGOTA CORTIJO | 15.04 | 21 | 120 | 2.7 | 0.03 | 14.31 | 0.016 | 0.027 |
| BOGOTA CORTIJO | 15.05 | 21 | 120 | 2.8 | 0.04 | 14.32 | 0.016 | 0.027 |
| BOGOTA DESPUES DE LA DESCARGA PTE METALICO | 4.17 | 30 | 400 | 8.8 | 0.00 | 96.05 | 0.092 | 0.064 |
| BOGOTA DESPUES DE LA DESCARGA PTE METALICO | 4.18 | 30 | 400 | 8.9 | 0.01 | 96.06 | 0.092 | 0.064 |
| BOGOTA DESPUES DE LA DESCARGA PTE METALICO | 4.19 | 30 | 400 | 8.10 | 0.02 | 96.07 | 0.092 | 0.064 |
| BOGOTA DESPUES DE LA DESCARGA PTE METALICO | 4.20 | 30 | 400 | 8.11 | 0.03 | 96.08 | 0.092 | 0.064 |
| BOGOTA DESPUES DE LA DESCARGA PTE METALICO | 4.21 | 30 | 400 | 8.12 | 0.04 | 96.09 | 0.092 | 0.064 |
| BOGOTA LISBOA | 9.79 | 7 | 9 | 0.3 | 0.00 | 1.01 | 0.004 | 0.012 |
| BOGOTA LISBOA | 9.80 | 7 | 9 | 0.3 | 0.00 | 1.02 | 0.004 | 0.012 |
| BOGOTA LISBOA | 9.81 | 7 | 9 | 0.3 | 0.00 | 1.03 | 0.004 | 0.012 |
| BOGOTA LISBOA | 9.82 | 7 | 9 | 0.3 | 0.00 | 1.04 | 0.004 | 0.012 |
| BOGOTA LISBOA | 9.83 | 7 | 9 | 0.3 | 0.00 | 1.05 | 0.004 | 0.012 |
| BOGOTA PTE CUNDINAMARCA | 11.52 | 25 | 202 | 3.4 | 0.00 | 24.19 | 0.020 | 0.067 |
| BOGOTA PTE CUNDINAMARCA | 11.53 | 25 | 202 | 3.5 | 0.01 | 24.20 | 0.020 | 0.067 |
| BOGOTA PTE CUNDINAMARCA | 11.54 | 25 | 202 | 3.6 | 0.02 | 24.21 | 0.020 | 0.067 |
| BOGOTA PTE CUNDINAMARCA | 11.55 | 25 | 202 | 3.7 | 0.03 | 24.22 | 0.020 | 0.067 |
| BOGOTA PTE CUNDINAMARCA | 11.56 | 25 | 202 | 3.8 | 0.04 | 24.23 | 0.020 | 0.067 |
| BOGOTA PTE LA VIRGEN | 11.29 | 7 | 20 | 1.6 | 0.01 | 4.80 | 0.006 | 0.064 |
| BOGOTA PTE LA VIRGEN | 11.30 | 7 | 20 | 1.7 | 0.02 | 4.81 | 0.006 | 0.064 |
| BOGOTA PTE LA VIRGEN | 11.31 | 7 | 20 | 1.8 | 0.03 | 4.82 | 0.006 | 0.064 |
| BOGOTA PTE LA VIRGEN | 11.32 | 7 | 20 | 1.9 | 0.04 | 4.83 | 0.006 | 0.064 |
| BOGOTA PTE LA VIRGEN | 11.33 | 7 | 20 | 1.10 | 0.05 | 4.84 | 0.006 | 0.064 |
| BOGOTA SAN BERNARDINO | 9.3 | 27 | 258 | 6.1 | 0.00 | 18.49 | 0.087 | 0.144 |
| BOGOTA SAN BERNARDINO | 9.4 | 27 | 258 | 6.2 | 0.01 | 18.50 | 0.087 | 0.144 |
| BOGOTA SAN BERNARDINO | 9.5 | 27 | 258 | 6.3 | 0.02 | 18.51 | 0.087 | 0.144 |
| BOGOTA SAN BERNARDINO | 9.6 | 27 | 258 | 6.4 | 0.03 | 18.52 | 0.087 | 0.144 |
| BOGOTA SAN BERNARDINO | 9.7 | 27 | 258 | 6.5 | 0.04 | 18.53 | 0.087 | 0.144 |
| BOGOTA TIBITOC | 10.85 | 0 | 23 | 1.1 | 0.01 | 0.40 | 0.002 | 0.076 |
| BOGOTA TIBITOC | 10.86 | 0 | 23 | 1.2 | 0.01 | 0.40 | 0.002 | 0.076 |
| BOGOTA TIBITOC | 10.87 | 0 | 23 | 1.3 | 0.01 | 0.40 | 0.002 | 0.076 |
| BOGOTA TIBITOC | 10.88 | 0 | 23 | 1.4 | 0.01 | 0.40 | 0.002 | 0.076 |
| BOGOTA TIBITOC | 10.89 | 0 | 23 | 1.5 | 0.01 | 0.40 | 0.002 | 0.076 |
| FUCHA CON ALAMEDA | 7.85 | 45 | 680 | 69.5 | 0.00 | 56.99 | 0.114 | 0.136 |
| FUCHA CON ALAMEDA | 7.86 | 45 | 680 | 69.6 | 0.01 | 56.99 | 0.114 | 0.136 |
| FUCHA CON ALAMEDA | 7.87 | 45 | 680 | 69.7 | 0.02 | 56.99 | 0.114 | 0.136 |
| FUCHA CON ALAMEDA | 7.88 | 45 | 680 | 69.8 | 0.03 | 56.99 | 0.114 | 0.136 |
| FUCHA CON ALAMEDA | 7.89 | 45 | 680 | 69.9 | 0.04 | 56.99 | 0.114 | 0.136 |

Tabla-11.5 Resultados del Muestreo de Calidad de Agua del río (4)

| RIO | Dureza mg/LCaCO3 | SO4 mg/L | S- µg/L | NO3 mg/L | Mo mg/L | NH4 | Fenol mg/L | NO2 mg/L |
|-------------------------------|------------------|----------|---------|----------|---------|-------|------------|----------|
| TUNJUELO 100m ABAJO DE YOMASA | 1.88 | 10 | 352 | 8.6 | 0.29 | 22.83 | 0.040 | 0.224 |
| TUNJUELO 100m ABAJO DE YOMASA | 1.88 | 10 | 352 | 8.6 | 0.29 | 22.83 | 0.040 | 0.224 |
| TUNJUELO 100m ABAJO DE YOMASA | 1.88 | 10 | 352 | 8.6 | 0.29 | 22.83 | 0.040 | 0.224 |
| TUNJUELO 100m ABAJO DE YOMASA | 1.88 | 10 | 352 | 8.6 | 0.29 | 22.83 | 0.040 | 0.224 |
| TUNJUELO 100m ABAJO DE YOMASA | 1.88 | 10 | 352 | 8.6 | 0.29 | 22.83 | 0.040 | 0.224 |
| TUNJUELO SAN BENITO | 9.3 | 32 | 138 | 3.9 | 0.00 | 9.75 | 0.032 | 0.005 |
| TUNJUELO SAN BENITO | 9.3 | 32 | 138 | 3.9 | 0.00 | 9.75 | 0.032 | 0.005 |
| TUNJUELO SAN BENITO | 9.3 | 32 | 138 | 3.9 | 0.00 | 9.75 | 0.032 | 0.005 |
| TUNJUELO SAN BENITO | 9.3 | 32 | 138 | 3.9 | 0.00 | 9.75 | 0.032 | 0.005 |
| TUNJUELO SAN BENITO | 9.3 | 32 | 138 | 3.9 | 0.00 | 9.75 | 0.032 | 0.005 |
| TUNJUELO USME | 11.8 | 10 | 85 | 2.4 | 0.00 | 9.74 | 0.085 | 0.006 |
| TUNJUELO USME | 11.8 | 10 | 85 | 2.4 | 0.00 | 9.74 | 0.085 | 0.006 |
| TUNJUELO USME | 11.8 | 10 | 85 | 2.4 | 0.00 | 9.74 | 0.085 | 0.006 |
| TUNJUELO USME | 11.8 | 10 | 85 | 2.4 | 0.00 | 9.74 | 0.085 | 0.006 |
| TUNJUELO USME | 11.8 | 10 | 85 | 2.4 | 0.00 | 9.74 | 0.085 | 0.006 |
| TUNJUELO ISLA PONTON SAN JOSE | 7.48 | 69 | 941 | 15.3 | 0.00 | 42.38 | 0.137 | 0.146 |
| TUNJUELO ISLA PONTON SAN JOSE | 7.48 | 69 | 941 | 15.3 | 0.00 | 42.38 | 0.137 | 0.146 |
| TUNJUELO ISLA PONTON SAN JOSE | 7.48 | 69 | 941 | 15.3 | 0.00 | 42.38 | 0.137 | 0.146 |
| TUNJUELO ISLA PONTON SAN JOSE | 7.48 | 69 | 941 | 15.3 | 0.00 | 42.38 | 0.137 | 0.146 |
| TUNJUELO ISLA PONTON SAN JOSE | 7.48 | 69 | 941 | 15.3 | 0.00 | 42.38 | 0.137 | 0.146 |
| QUIBBA | 8.29 | 0 | 19 | 1.3 | 0.00 | 0.00 | 0.002 | 0.001 |
| QUIBBA | 8.29 | 0 | 19 | 1.3 | 0.00 | 0.00 | 0.002 | 0.001 |
| QUIBBA | 8.29 | 0 | 19 | 1.3 | 0.00 | 0.00 | 0.002 | 0.001 |
| QUIBBA | 8.29 | 0 | 19 | 1.3 | 0.00 | 0.00 | 0.002 | 0.001 |
| QUIBBA | 8.29 | 0 | 19 | 1.3 | 0.00 | 0.00 | 0.002 | 0.001 |
| JUAN AMARILLO | 0.00 | 25 | 266 | 11.0 | 0.00 | 41.96 | 0.064 | 0.226 |
| JUAN AMARILLO | 0.00 | 25 | 266 | 11.0 | 0.00 | 41.96 | 0.064 | 0.226 |
| JUAN AMARILLO | 0.00 | 25 | 266 | 11.0 | 0.00 | 41.96 | 0.064 | 0.226 |
| JUAN AMARILLO | 0.00 | 25 | 266 | 11.0 | 0.00 | 41.96 | 0.064 | 0.226 |
| JUAN AMARILLO | 0.00 | 25 | 266 | 11.0 | 0.00 | 41.96 | 0.064 | 0.226 |

2.3. Consideraciones

1). Ríos

Los resultados suplementarios de calidad de agua fueron esencialmente iguales a los de las pruebas realizadas por el Acueducto. En el río Bogotá se detecta Cr⁺⁶ (Cromo Hexavalente) cerca de Tibitoc debido al vertimiento de las curtiembres. Los demás ítems son satisfactorios en general. No se detecta Cr⁺⁶ aguas arriba del área urbana. Aunque algunos ítems presentan valores que ligeramente sobrepasan los estándares para aguas residuales, la contaminación en la descarga del río se encuentra en un nivel satisfactorio. Sin embargo, la calidad del agua se degrada dramáticamente a su paso por el área urbana. El valor de Oxígeno Disuelto (OD) en esta sección es cero debido a la descarga de aguas residuales sin tratamiento de los ríos urbanos. El río Juan Amarillo fluye a través de la parte norte del área urbana (área residencial) y presenta un alto valor de turbiedad de 50 NTU. Sin embargo, los valores de otros contaminantes se encuentran dentro de los estándares para agua residual. El río Tunjuelo fluye por la parte sur del área urbana de Bogotá y presenta valores de turbiedad de 200 NTU en su cuenca media. En la zona hay una alta presencia de industrias en las que se incluyen curtiembres y plantas de procesamiento de metal y de comida. Los valores de Cr⁺⁶ son altos y están entre 0,1~0,3 mg/l. Los valores de NH₄ también son altos y se atribuyen a las características anaeróbicas de la sedimentación del río.

2). Pozos

A través del área de estudio varios pozos exceden los valores estándar para Fe, Mn y NH₄. Aunque el valor estándar para Fe se establece en 0,5 mg/l, la mayoría de los pozos muestreados exhiben valores entre 1 y 10 mg/l. De manera similar el valor estándar para Mn se establece en 0,15 mg/l, pero varios pozos presentan valores entre 0,05 y 0,3 mg/l. Es claro que los valores de Fe y Mn son el resultado de la geología del área. Comparando las condiciones geográficas, los valores de Mn en el Cuaternario son mucho mayores que los del Cretáceo.

En general la calidad del agua es buena, aunque la calidad del agua subterránea en las áreas tributarias aguas arriba (formación Cretácea) presentan altas concentraciones de Fe y Mn.

Los métodos de tratamiento para el agua subterránea son: oxidación y oxidación-reducción o absorción. El método específico a ser utilizado será estudiado en detalle en el Estudio de Factibilidad.

El valor de NH₄ es alto, pero no se considera que sea debido a la contaminación del río. La infiltración de agua superficial no está en una escala proporcional con la cantidad de azufre (sulfuro de hidrógeno) presentado en las muestras de agua subterránea. Incluso se detecta contenido de azufre en lugares considerablemente distantes a las fuentes de contaminación del río. En general no hay pautas específicas o estándares de agua potable para azufre, por lo que se deben estudiar en el futuro.

La concentración de Ba (Bario) en el área de estudio se ha detectado con altos valores. El valor de toxicidad de Ba no ha sido plenamente establecido, por lo que es necesario estudiarlo con más detalle. Tampoco se conoce su valor en el agua tratada.

En pozos vecinos al río Tunjuelo se detectó Cr⁺⁶, lo que indica que la contaminación del río se infiltró en el acuífero.

PARTE 12

INSTALACIONES DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

**Informe Final
(Informe Soporte)**

Parte 12 Instalaciones del Sistema de Alcantarillado

Tabla de Contenidos

| | Página |
|---|---------------|
| Tabla de Contenidos..... | i |
| Listado de Tablas y Figuras | ii |
| PARTE 12. INSTALACIONES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO | 12-1 |
| CAPITULO 1. INSTALACIONES PARA EL DRENAJE DE AGUAS RESIDUALES Y TRATAMIENTO..... | 12-1 |
| 1.1. Resumen..... | 12-1 |
| 1.2. Situación Actual del Sistema de Alcantarillado en el Área Urbana de Bogotá | 12-1 |
| CAPITULO 2. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EL SALITRE | 12-3 |
| CAPITULO 3. PROYECTOS ACTUALES Y FUTUROS DE LA INFRAESTRUCTURA DE ALCANTARILLADO | 12-4 |
| CAPITULO 4. SITUACIÓN DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO EN LOS MUNICIPIOS CIRCUNDANTES DE BOGOTA D.C..... | 12-6 |

Lista de Tablas y de Figuras

Listado de Tablas

| | |
|--|------|
| Tabla-12. 1 Población Proyectada..... | 12-2 |
| Tabla-12. 2 Volumen Promedio de Alcantarillado | 12-2 |
| Tabla-12. 3 Estado Actual de Tuberías de Recolección | 12-3 |
| Tabla-12. 4 Resumen del Proyecto del Sistema de Alcantarillado y su Progreso | 12-5 |
| Tabla-12. 5 Situación Actual de las PTAR de la CAR (1)..... | 12-8 |
| Tabla-12. 5 Situación Actual de las PTAR de la CAR (2)..... | 12-9 |

Listado de Figuras

| | |
|---|------|
| Figura-12. 1 Sistema de Alcantarillado en el Área Urbana de Bogotá | 12-2 |
| Figura-12. 2 Vista de la PTAR El Salitre | 12-3 |
| Figura-12. 3 Flujo de Tratamiento en la PTAR El Salitre | 12-4 |
| Figura-12. 4 Descripción de los Proyectos de Infraestructura de Aguas Residuales..... | 12-5 |
| Figura-12. 5 Ubicación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales..... | 12-7 |

PARTE 12. INSTALACIONES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

CAPITULO 1. INSTALACIONES PARA EL DRENAJE DE AGUAS RESIDUALES Y TRATAMIENTO

1.1. Resumen

En el caso de la cuenca del río Bogotá, el área de interés en este estudio, se estipula en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), la responsabilidad del Acueducto en el tratamiento de aguas residuales para el área urbana de Bogotá. El área restante es responsabilidad de la CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca). Entre el Acueducto y la CAR no hay un sistema de cooperación mutuo para el manejo del alcantarillado. El porcentaje de cobertura del servicio de alcantarillado en Bogotá es de 85%~90%. Sin embargo, la definición de cobertura del servicio de alcantarillado en Colombia esta referido al número de personas que disponen del servicio dividido entre la población total del área. En otras palabras, es equivalente a la tasa de recolección de aguas residuales por alcantarillas. Sin embargo no toda el agua residual recolectada recibe tratamiento. El sistema principal de recolección de aguas residuales y tratamiento, es el Salitre (La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR) y es la única en su tipo en la ciudad. La planta fue construida con fondos del DAMA (antigua SDA) y su manejo fue asignado al Acueducto. El DAMA es responsable por los costos de mantenimiento, mientras que el Acueducto es responsable de su operación, administración. Del mismo modo, se ha decidido que la CAR asuma la expansión de PTAR, y la construcción de la PTAR Canoa, como plan futuro.

El Acueducto realiza el mantenimiento del alcantarillado en el área urbana de Bogotá (tuberías de aguas residuales, red troncal de alcantarillado) con sus propios fondos (derivados de los impuestos por el servicio de agua y alcantarillado) e invierte en equipos, operación y mantenimiento.

Por otro lado, la CAR con sus propios fondos construyó y administró estaciones de tratamiento de agua de pequeña escala, en dos ubicaciones y 27 más empleando los fondos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), distribuidas en 24 de los principales municipios de Cundinamarca. Sin embargo, el tratamiento de aguas residuales del área rural manejada por la CAR, es llevado a cabo en el mismo lugar (pozos sépticos, tanques sépticos, excusados, etc.).

Teniendo en cuenta la densidad de población, la instalación de un servicio de alcantarillado no sería factible en términos de costos, aunque el sistema de aguas residuales actual es poco apropiado y contribuye a la contaminación de ríos y las aguas subterráneas.

1.2. Situación Actual del Sistema de Alcantarillado en el Área Urbana de Bogotá

La tasa de servicio de alcantarillado en el área urbana de Bogotá esta entre el 85% ~90%. El servicio de mantenimiento del alcantarillado esta siendo realizado de forma adecuada. pero la tasa de cubrimiento debe ser la “población que es beneficiada por alcantarillado/población”, no tiene en cuenta que no toda el agua residual recibe algún tipo de tratamiento. La mayoría del agua residual recolectada es vertida al río Bogotá sin previo tratamiento. En la PTAR el Salitre se realiza un proceso primario, donde la tasa de remoción de DBO es cercana al 65%.

La Figura-12.1 presenta la situación del sistema de alcantarillado en el área urbana de Bogotá. Los siguientes tres afluentes principales en el área urbana de Bogotá, así como el área de Soacha está bajo la jurisdicción del Acueducto. El área de Soacha fue transferida al ACUEDUCTO en 2005, por lo que aún no se tiene el inventario completo de tubería de alcantarillado.

- (a) Sistema Salitre
- (b) Sistema Fucha
- (c) Sistema Tunjuelo
- (d) Sistema Soacha

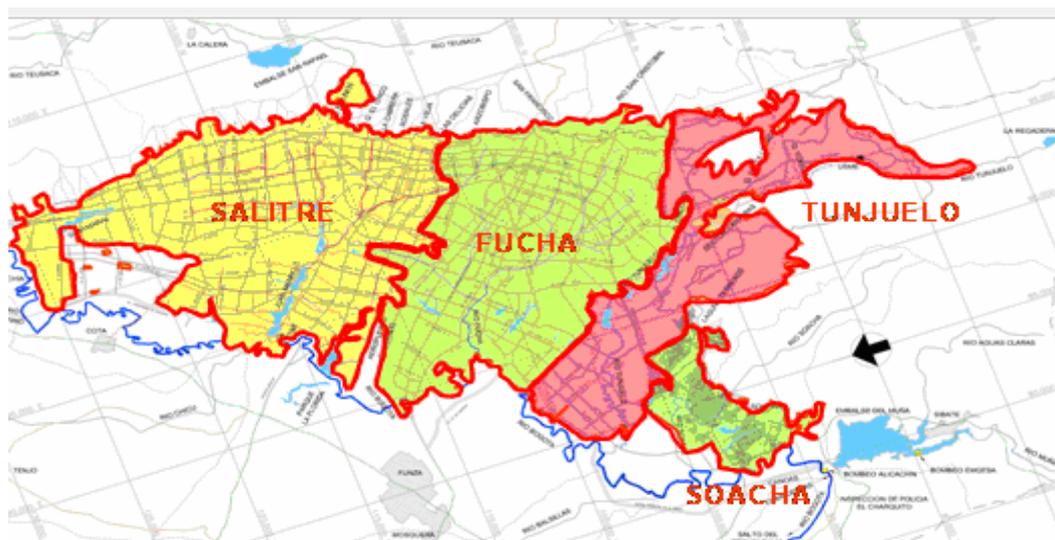


Figura-12. 1 Sistema de Alcantarillado en el Área Urbana de Bogotá

Fuente: Acueducto

Las Tablas-12.1 y 12.2 presentan la población y el volumen de agua residual dentro del respectivo sector de tratamiento de aguas residuales.

Tabla-12. 1 Población Proyectada

Unidades: personas

| Sector | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | Valor de Saturación |
|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Salitre | 2.038.102 | 2.246.180 | 2.490.869 | 2.800.546 | 3.171.965 | 3.306.934 |
| Fucha | 2.287.190 | 2.611.238 | 2.767.524 | 2.933.240 | 3.153.876 | 3.496.275 |
| Tunjuelo | 2.117.618 | 2.448.870 | 2.775.736 | 3.047.517 | 3.298.957 | 3.422.820 |
| Soacha | 353.026 | 434.528 | 506.890 | 568.670 | 617.775 | 793.255 |
| Total | 6.795.936 | 7.740.816 | 8.541.019 | 9.349.973 | 10.242.572 | 11.019.284 |

Fuente: Acueducto, Aspectos Técnicos Análisis del Saneamiento del Río Bogotá, May 2006

Tabla-12. 2 Volumen Promedio de Alcantarillado

Unidades: m³/s

| Sector | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | Valor de Saturación |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| Salitre | 5.9 | 6.4 | 7.1 | 7.8 | 8.5 | 10.8 |
| Fucha | 7.5 | 8.3 | 9.0 | 9.5 | 9.9 | 10.7 |
| Tunjuelo + Soacha | 5.7 | 6.4 | 7.2 | 7.8 | 8.2 | 8.3 |
| Total | 19.1 | 21.1 | 23.3 | 25.1 | 26.6 | 29.8 |

Fuente: Acueducto, Aspectos Técnicos Análisis del Saneamiento del Río Bogotá, May 2006

Estos sistemas de alcantarillado operan básicamente de manera separada. Debido a que las tuberías secundarias son sistemas de alcantarillado combinados, es decir que el agua lluvia se mezcla con el agua residual. Cuando la descarga aumenta, particularmente en temporada de lluvia, es desviada a ríos o estanques reguladores que inundan las instalaciones construidas a lo largo de las tuberías de alcantarillado de intercepción. Varios son los problemas que se han presentado como resultado de este método de conexión.

La Tabla-12.3 presenta el estado actual de las tuberías de recolección.

Tabla-12. 3 Estado Actual de Tuberías de Recolección

| Sector | Tuberías de recolección de agua residual conectadas al drenaje de agua lluvia | Drenaje de agua lluvia conectado a las tuberías de recolección de agua residual |
|----------|---|---|
| Salitre | 37% | 42.5% |
| Fucha | 22.4% | 56% |
| Tunjuelo | 15.2% | 90% |

CAPITULO 2. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EL SALITRE

La planta de Tratamiento de aguas residuales el Salitre, PTAR, es la única en su tipo en Bogotá. La SDA tiene los derechos de propiedad de la planta de tratamiento, sin embargo es la operación, administración y mantenimiento ha sido dada en concesión al Acueducto. A continuación se realiza una breve descripción de la PTAR el Salitre.

- Población Servida: 2.1 millones
- Método de Tratamiento: Tratamiento primario de primer grado (precipitación inducida químicamente y tanque de sedimentación)
- Capacidad de Tratamiento: 4 m³/s en promedio, máximo 9,94 m³/s
- Eficiencia del Tratamiento: Eliminación del 40% de DBO (220 mg/l → 130 mg/l), 60% de SST (sólidos solubles totales) (150 mg/l → 60 mg/l)
- Tratamiento de Lodos: 135 ton/día por tratamiento anaeróbico
- Producción de Biogas: 15.000 m³/día

La planta de tratamiento el Salitre opera 24 horas al día con un sistema operativo dividido en tres turnos con 65 empleados. El costo mensual operacional y de mantenimiento esta cerca de los Col\$ 1.200 millones (aprox. US\$ 600.000) y es pagado por el SDA al acueducto.

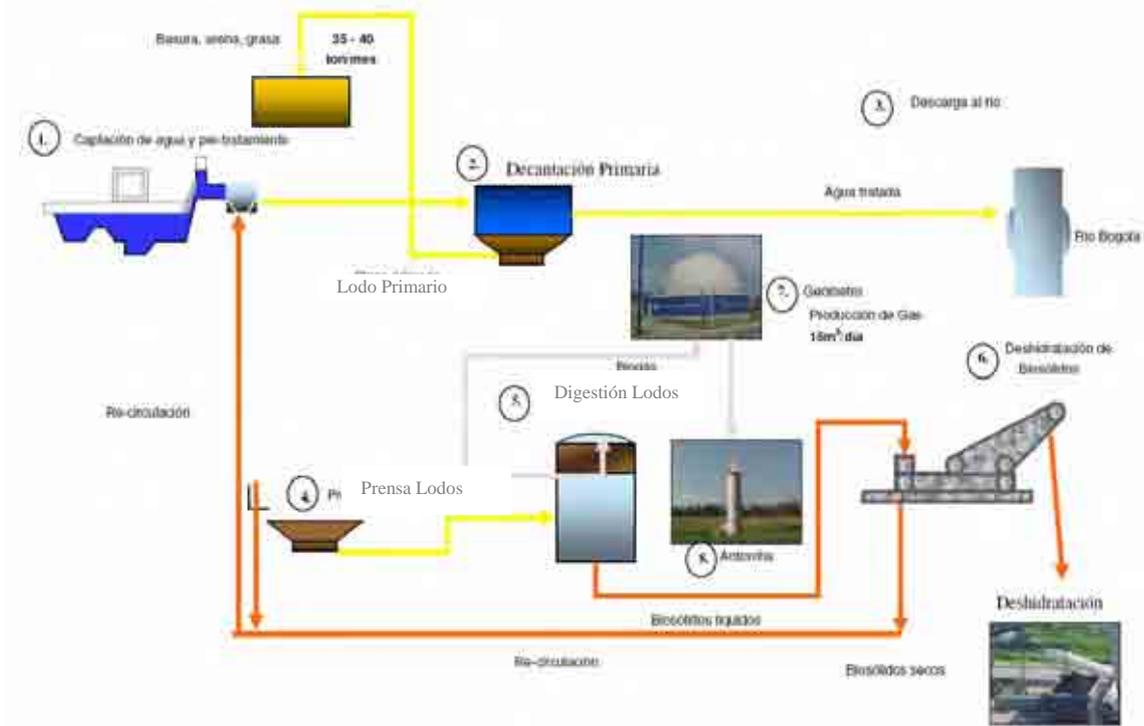
Un desglose de estos gastos se presenta a continuación:

- **Costo Operativo:** 70% (Químicos 63%, Transporte y Eliminación 22%, Electricidad y combustible 14%, Laboratorio y Análisis de Agua 1%)
- **Costo Administrativo:** 25% (Gastos de Personal 54%, Artículos de Consumo 25%, Seguro 11%, Impuestos 0%)
- **Mantenimiento:** 4%



Figura-12. 2 Vista de la PTAR El Salitre

Fuente: Acueducto



Fuente: Acueducto, PTAR El Salitre

Figura-12. 3 Flujo de Tratamiento en la PTAR El Salitre

Los siguientes problemas han sido detectados por el Acueducto, para el sistema el Salitre:

- Incapacidad para controlar el volumen de recolección de agua cuando llueve.
- Incapacidad para recolectar toda el agua residual durante la época seca.
- Mezcla significativa de tierra y arena debido a la estructura de la bocatoma y lentitud de captación.
- Baja capacidad de los interceptores de IRB y Tibabuyes. Factor que debe seguir siendo revisado en el futuro.

Los siguientes factores son señalados como responsables de los problemas antes mencionados:

- La tubería de recolección de aguas residuales están conectadas con las tuberías de recolección de agua lluvia y al contrario.
- Pérdida de capacidad de las bombas de captación en la PTAR, además de su ubicación excesivamente alta que impide la recolección de aguas residuales en época seca.
- Durante la época de lluvias el nivel del río Bogotá aumenta, lo que presiona el nivel del río Salitre impidiendo la salida de agua residual.

La principal troncal de alcantarillado ya ha sido concluida y es ahora un circuito de agua abierto de aproximadamente 800 m. al lado del punto de captación de la PTAR el Salitre. Esta troncal se divide en 4 tramos. El primer y segundo tramo son sistemas de tuberías combinadas. Durante la temporada de lluvias el volumen de captación adicional es controlado mediante desagüe

CAPITULO 3. PROYECTOS ACTUALES Y FUTUROS DE LA INFRAESTRUCTURA DE ALCANTARILLADO

Para mejorar la cobertura del alcantarillado del área metropolitana de Bogotá, el Acueducto esta actualmente ejecutando y planeando para el futuro, los proyectos descritos a continuación.

La Figura-12.4 presenta las áreas donde se implementarán los proyectos y la Tabla-3.1 presenta un resumen de los proyectos y su estatus de implementación.

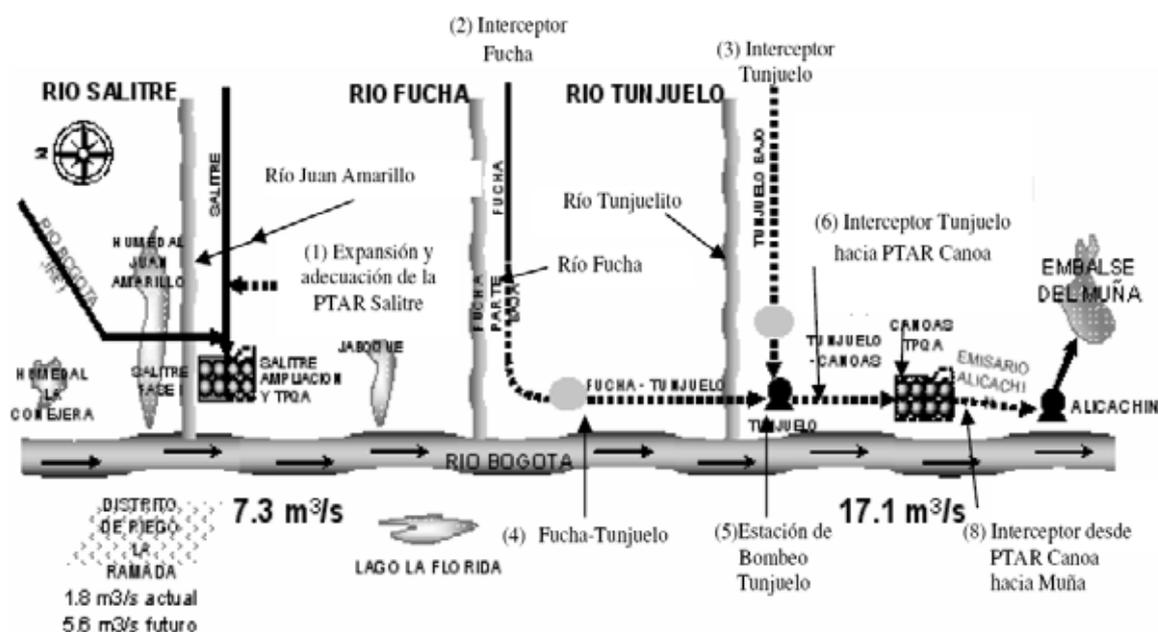


Figura-12. 4 Descripción de los Proyectos de Infraestructura de Aguas Residuales

Tabla-12. 4 Resumen del Proyecto del Sistema de Alcantarillado y su Progreso

| No. | Instalaciones | Plan General | Cantidad Estimada en Millones de US\$ | Progreso |
|-----|--------------------------------------|--|---------------------------------------|---|
| (1) | Expansión y adecuación de El Salitre | (1) Expansión de las instalaciones para el actual tratamiento primario de 4 m ³ /s a 8 m ³ /s. (2) Construcción de instalaciones para un segundo tratamiento con capacidad de 8m ³ /s. | 200 (Fondos de la CAR) | Fecha de Construcción 2008~2010 Diseño y construcción combinadas bajo un único Contrato "llave en mano". El propietario de las instalaciones existentes es la SDA y los fondos de construcción serán provistos por la CAR. El Acueducto opera las instalaciones. El acuerdo institucional con las agencias implicadas aún no ha finalizado. |
| (2) | Interceptor de Fucha | Construcción de la línea principal de alcantarillado para conectar la tubería recolección para el sector de Fucha. | (Fondos del Acueducto) | Terminado. |
| (3) | Interceptor de Tunjuelo | Construcción de la línea principal de alcantarillado para conectar la tubería de recolección del sector del Tunjuelo. | (Fondos del Acueducto) | Son cuatro secciones, de las cuales la primera y segunda aguas arriba están terminadas. La cuarta sección, aguas abajo,, esta actualmente en construcción. La tercera sección esta programada para terminar su construcción aproximadamente en el 2008-2009. |
| (4) | Interceptor Fucha-Tunjuelo | Conecta el sistema de alcantarillado de Fucha con la estación de bombeo Tunjuelo. | 70 (Fondos del Acueducto) | Fecha de Inicio: Feb. 2007. Fecha de Terminación: año 2009. -33 meses- |
| (5) | Estación de bombeo Tunjuelo | Alcantarillado desde los sectores de Fucha y Tunjuelo a la PTAR Canoa. Capacidad 17.1 m ³ /s | 90 (Fondos del Acueducto) | Programa de Construcción: en licitación 2007, Fecha inicio de Construcción: 2007, Fecha de Terminación: 2011 |

| | | | | |
|-----|---|--|---|--|
| (6) | Interceptor Tunjuelo | Tubería de conducción de la estación de Bombeo Tunjuelo a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Canoa. | 100 (Fondos del Acueducto) | Preparación de la licitación 2007. El diseño básico será terminado en el 2007. Licitación en 2008. El contrato incluye detalles de diseño y construcción. |
| (7) | Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Canoa | (1) Tratamiento Primario. Capacidad 18 l/s (2) Tratamiento Secundario. Capacidad 18 l/s | (1) 350 (2) 350 (Fondos de la CAR y otros fondos) | El diseño básico estará terminado en el 2007. Fecha de Construcción 2009 – 2014. Sin embargo, el abastecimiento de fondos no ha sido considerado todavía. |
| (8) | Estación de Bombeo Canoa | Construcción de la estación de Bombeo en la Planta de Tratamiento. La Descarga se usa para la hidroeléctrica del Embalse del Muña. | 50 (Fondos de la CAR y otros fondos) | Proyecto de la CAR. Diseño del plan de restauración ambiental del embalse del Muña Fuente: SDA. Aspectos Técnicos en el Análisis del Saneamiento del Río Bogotá. 06 |

CAPITULO 4. SITUACIÓN DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO EN LOS MUNICIPIOS CIRCUNDANTES DE BOGOTA D.C.

La CAR ejecuta directamente la construcción, control, manejo y mantenimiento de la red de aguas residuales a las afueras de Bogotá. En 1991 la CAR implementó el proyecto CAR-BID para mejorar la calidad del agua en la sabana de Bogotá. El proyecto fue financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con un costo de U.S.\$ 55,6 millones. Por otro lado, se construyeron 27 estaciones de tratamiento de aguas residuales de pequeña escala en 24 municipios.

LA CAR se encarga de la planeación y ejecución del proyecto. Una vez finalizado, se le entrega la estación de tratamiento al gobierno del municipio, quien se encarga de su manejo y mantenimiento. La capacidad promedio de tratamiento es de 50 l/s. Las únicas áreas que se benefician de la red de alcantarillado son las áreas urbanas de los municipios. En áreas rurales se realiza tratamiento de tipo pozo séptico, tanques, excusados, etc.

Los siguientes problemas se presentaron durante la implementación de los proyectos:

- El área que recibe tratamiento es pequeña
- La preparación de la red de tuberías de recolección de aguas residuales esta retrasada
- La baja capacidad de tratamiento de las estaciones se suman al problema de la baja eficiencia del tratamiento.
- Existen algunas instalaciones cuyos proyectos presentan problemas técnicos.
- Como el manejo y mantenimiento de las estaciones requiere de una considerable inversión de dinero, el Municipio no estará de acuerdo con las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

Debido a estos problemas y la incapacidad de los municipios para cubrir los gastos y los aspectos técnicos, las instalaciones se encuentran prácticamente abandonadas.

Por lo tanto, la CAR firmo un acuerdo con la compañía privada ESSERE para el manejo y mantenimiento de las estaciones de tratamiento de agua subterránea en Octubre del 2005. El término del contrato es por 2 años con opción de renovación cada año después de este tiempo. La compañía estará encargada únicamente del manejo y mantenimiento de las estaciones, cada municipio es responsable de la red troncal y de los interceptores. La configuración de la red es de tipo conjunto.

La Figura-12.5 muestra la ubicación de las estaciones de tratamiento.

La situación actual de la PTAR de la CAR se presenta en la Tabla-12.5.

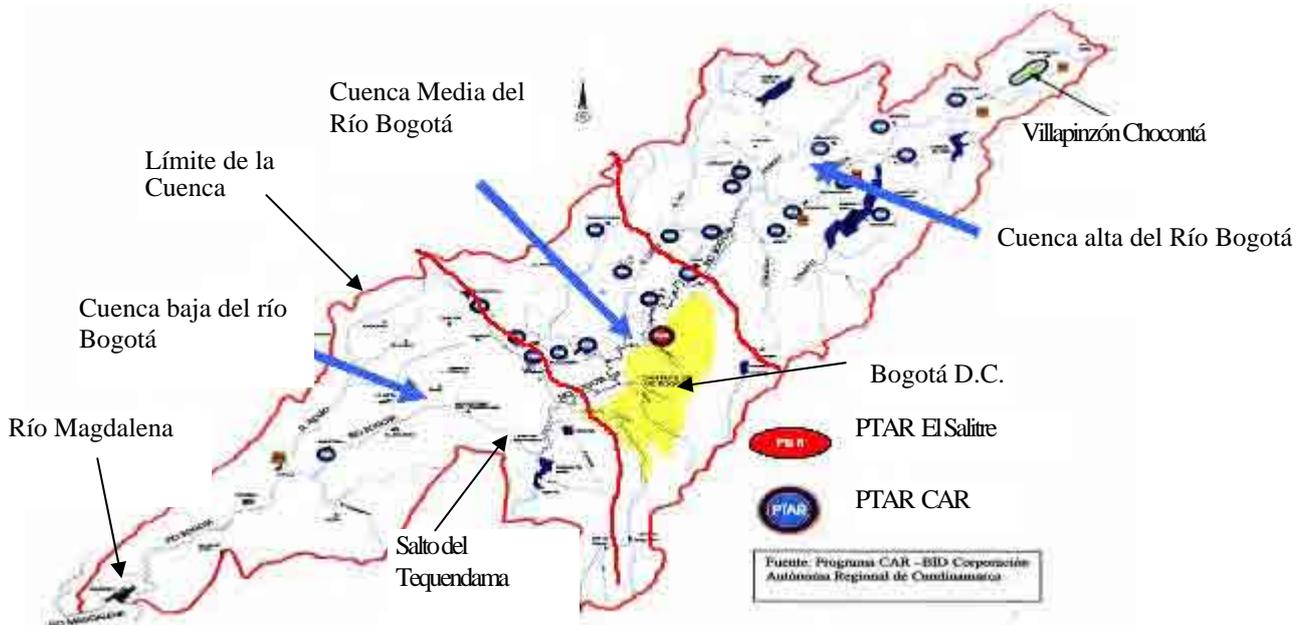


Figura-12. 5 Ubicación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

La mayoría de las PTAR fueron construidas a mediados de 1990. Sin embargo, la tasa de operación no es satisfactoria, ya que depende de la baja tasa de recolección de aguas residuales, y de un mal mantenimiento, porque la construcción de la tubería de recolección de agua subterránea y la red de alcantarillado principal, son cargas de cada municipio.

Un aspecto importante es que los desechos industriales del área de Villapinzón a lo largo del río Bogotá son vertidos sin ningún tipo de tratamiento al río Bogotá.

El BID financia un nuevo préstamo a la CAR en Octubre del 2006, para mejorar la calidad del agua del río Bogotá. En este proyecto, se incluye las mejoras a las PTARs construidas en el primer programa CAR-BID.

Tabla-12. 5 Situación Actual de las PTAR de la CAR (1)

| No. | Municipio | Población Servida | Costo de Construcción por BID millones US\$ | Sistema de Tratamiento y Capacidad | Situación Actual |
|-----|------------|-------------------|---|--|---|
| 1 | Anapoima | 10.000 | 5.000 | Combinación del sistema UASB y en estanque de estabilización. Capacidad de tratamiento designada: 38 l/s | Finalizado en 1991. No fue manejada antes de ser transferida a la compañía privada. Después de la mejora en las instalaciones, la capacidad de operación es de 12 l/s (1/3 de su capacidad inicial). Actualmente atiende 6500 personas, se planea una mejora de las instalaciones |
| 2 | Bojacá | ---- | 500 | Sistema OD, Capacidad de tratamiento 8 l/s | Construida por la CAR. Manejo del Municipio. Buen estado de operación |
| 3 | Cajicá | 41.000 | 500 | Método de estaque de estabilización. Capacidad de tratamiento designada: 115 l/s. Área del estanque: 13000 m ² | Finalizado en 1996. Operación actual 13 l/s. El estado de la operación y mantenimiento no es bueno. Crece una gruesa flora acuática |
| 4 | Chía I | 23.500 | 200 | Sistema de estanque de estabilización. Capacidad de Tratamiento diseñada: 100 l/s. Área del estanque: 33000 m ² | Finalizado en 199. Operación actual: 35 l/s. Existe un problema estructural para las mejoras planeadas a las instalaciones |
| 5 | Chocontá | 15.000 | 1.000 | Sistema de estanque de estabilización. Capacidad de Tratamiento diseñada: 18 l/s. | Terminada en 1997. Operación actual: 136 l/s. Eliminación DBO de 110 a 37 mg/l (68%). Hay un problema en el diseño de un canal |
| 6 | Cogua | 6.100 | 700 | Sistema: estanque de estabilización. Capacidad de Tratamiento Diseñada: 17,5 l/s | Operación Actual: 16 l/s. Buen estado de operación |
| 7 | Cota | 4.500 | 160 | Sistema OD, Capacidad de tratamiento Diseñada 5 l/s | Terminada en 1981, antes del programa CAR-BID. Lo maneja el municipio. Operación actual 5 l/s. Eliminación de DBO de 80% |
| 8 | El Rosal | ----- | 450 | Sistema OD, Capacidad de Tratamiento diseñada: 26,4 l/s | Operación Actual: 18,5 l/s. |
| 9 | Facatativa | 120.000 | 7.000 | Sistema OD, Capacidad de Tratamiento Diseñada 560 l/s | Terminada en 1997. Con una ampliación de sus instalaciones. Atiende 161600 personas. Operación actual: 359 l/s. Eliminación DBO del 65% |
| 10 | Funza | 122.000 | 8.500 | Sistema OD de 6 canales. Capacidad de Tratamiento Designado: 240 l/s | Terminada en 1997. La eficacia de la aeración no es buena. Actualmente esta mejorando sus instalaciones. Atiende 23900 personas. Operación Actual: 60 l/s. Eliminación DBO 90-95% |
| 11 | Gachancipa | 5.000 | 500 | Sistema: estanque de estabilización. Capacidad de Tratamiento Diseñada: 20 l/s. Área del estanque: 36.000 m ² | Población atendida: 2.300. Operación Actual: 6 l/s. Eliminación BOD 70%. Buen estado de operación |
| 12 | Guatavita | 6.000 | 400 | Sistema OD. Capacidad de Tratamiento diseñada: 8 l/s | Operación completa sin problema. Eliminación DBO 95%. Alto costo operativo |
| 13 | La Calera | 2.100 | 2.200 | Sistema SBR. Capacidad de Tratamiento diseñado: 32 l/s | Operación actual: 24 l/s. Buen estado de operación |
| 14 | Madrid I | 25.000 | 1.900 | Sistema: Estanque de Estabilización. Capacidad de tratamiento diseñada: 50 l/s | Terminada en 1998. Operación actual: 25 l/s. Eliminación DBO 86%. Obras actuales a terminar en 2008. Buen estado de operación |
| 15 | Madrid II | Idem | 1.300 | Idem | Idem |
| 16 | Mosquera | ----- | 4.000 | Sistema: Estanque de Estabilización. Capacidad de tratamiento diseñada: 120 l/s | Terminada en 1997. Operación actual: 50 l/s. Eliminación DBO 80% |

Tabla-12.5 Situación Actual de las PTAR de la CAR (2)

| No. | Municipio | Población Servida | Costo de Construcción por BID millones US\$ | Sistema de Tratamiento y Capacidad | Situación Actual |
|-----|--------------|-------------------|---|---|---|
| 18 | Sesquilé | 1.400 | 400 | Sistema: Estanque de Estabilización. Capacidad de tratamiento diseñada: 5,8 l/s. Área del Estanque: 10.000 m ² | Operación Actual: 5 l/s |
| 19 | Sopó | 7.000 | 550 | Sistema: Estanque de estabilización. Capacidad de tratamiento diseñada: 20 l/s | Población atendida: 5.400. Operación Actual 8 l/s. Eliminación DBO 75% |
| 20 | Subachoque | 4.200 | 350 | Sistema: Estanque de estabilización. Capacidad de tratamiento diseñada: 14,6 l/s | Terminada en 1996. Operación actual: 7 l/s. Eliminación DBO 76% |
| 21 | Suesca | 8.000 | 500 | Sistema: Estanque sedimentación. Capacidad de tratamiento diseñado: 18l/s | Población atendida: 1.500. Operación actual: 6 l/s. Opera un estanque de 2. Sin mantenimiento. Crecen algas |
| 22 | Tabio | 8.000 | 500 | Estanque de sedimentación. Capacidad de tratamineto diseñada: 17 l/s | Financiado por el programa CAR-BID |
| 23 | Tenjo | 5.900 | 800 | Sistema: RAP. Capacidad de tratamiento diseñado: 12,7 l/s | Terminada en 1990. Operación actual: 8 l/s |
| 24 | Tocancipa | 5.300 | 1.200 | Sistema: Estanque de estabilización. Capacidad de tratamiento diseñado: 26 l/s. Área del estanque: 16.700 m ² | Terminada en 199. Financiado por el programa CAR-BID. Población atendida: 3.600. Operación actual: 10 l/s |
| 25 | Zipaquirá I | 39.500 | 650 | Sistema: Estanque de estabilización. Capacidad de tratamiento diseñada: 132 l/s. Área del estanque: 66.500 m ² | Terminada en 1991. Financiado por el programa CAR-BID. Operación actual: 44 l/s tasa de operación insatisfactoria |
| 26 | Zipaquirá II | 50.000 | 700 | Sistema: Estanque de estabilización. Capacidad de tratamiento diseñada: 200 l/s. Área del estanque: 67.700 m ² | Terminada en 1992. Operación actual: 29 l/s. Tasa de operación insatisfactoria |
| 27 | Ubaté | 18.000 | | Sistema: RAP. Capacidad de tratamiento diseñado: 60 l/s | Terminada en 1997. Operación Actual: 40 l/s |
| 28 | Cucunbá | 900 | | Sistema: Estanque de estabilización. Capacidad de tratamiento diseñada: 2 l/s | Terminada en 1990. Operación actual: 2,1 l/s |
| 29 | Saboyá | 700 | | Sistema: Estanque de estabilización. Capacidad de tratamiento diseñada: 4 l/s | |
| 30 | San Miguel | 400 | | Sistema: Estanque de sedimentación. Capacidad de tratamiento diseñada: 1 l/s | Eliminación de DBO 76% |
| 31 | Lenguazaque | 1.200 | | Metodo de lodos activado. Área de las instalaciones: 2,5 l/s | Eliminación de DBO 98% |

PARTE 13

ANÁLISIS AMBIENTAL Y SOCIAL

**Informe Final
(Informe Soporte)**

**Parte 13 Consideraciones Sociales y Ambientales en Áreas Dentro y Cerca de los Lugares del
Proyecto**

PARTE 13. CONSIDERACIONES SOCIALES Y AMBIENTALES EN ÁREAS DENTRO Y
CERCA DE LOS LUGARES DEL PROYECTO 13-1

PARTE 13. CONSIDERACIONES SOCIALES Y AMBIENTALES EN ÁREAS DENTRO Y CERCA DE LOS LUGARES DEL PROYECTO

| Región | | | No. | Condiciones del Lugar | Requerimientos de Consideración Ambiental y Social | |
|-------------------|--------|---------------|--------------------|-----------------------|--|---|
| Proyecto Oriental | Bogotá | San Cristóbal | Vitelma | E-1 | Tanque de distribución Vitelma. Existe un pozo propiedad del Acueducto. Se requieren instalaciones de tratamiento. | Propiedad del Acueducto. Existe un área apropiada para la ubicación de las instalaciones de tratamiento. No hay residentes cerca del lugar, por lo que las consideraciones sociales son mínimas. |
| | | | | VI-1 | Esta área cubre desde el tanque de distribución de Vitelma hasta al área boscosa al sur oriente (lado de la montaña). La totalidad del terreno es propiedad del Acueducto. El área del proyecto incluye una casa de guardabosques. No se necesita deforestar y hay electricidad. Existen vías apropiadas para el transporte del equipo de perforación. Sin embargo el área de construcción cercana a las vías es inadecuada. | El terreno es propiedad del Acueducto, por lo que no es necesario obtener terrenos. El área esta dentro de la zona de protección forestal, por lo que se necesita un permiso ambiental. El guardia del Acueducto es el único residente en el área. El lugar de implementación es un potrero cercano a la casa del guardabosque. No es necesario deforestar. |
| | | | | VI-2 | Igual que el anterior | Igual que el anterior |
| | | | | VI-3 | Igual que el anterior | Igual que el anterior |
| | | | | VI-4 | Igual que el anterior | Igual que el anterior |
| | | | | VI-5 | Igual que el anterior | Igual que el anterior |
| | Bogotá | Santa Fe | Santa Isabel | SI-1 | Propiedad del Acueducto. Al lado de la vía. El acceso al área no es un aspecto. Sin embargo, se requiere trabajos al terreno para asegurar el espacio y conservar la montaña. | El lugar es propiedad del Acueducto, pero se ubica en zona de protección forestal, y por lo tanto necesita un permiso ambiental. El lugar es un terreno abierto, potrero, aunque habrá necesidad de talar algunos árboles. |
| | | | Casa Molinos | CM-1 | El área esta cerca a la bocatoma de la Planta de tratamiento San Diego. Al lado de la vía. Propiedad del Acueducto. Potrero. | Propiedad del Acueducto. En área de protección forestal. Se requiere permiso de perforación. No se requiere deforestación. |
| | | | | CM-2 | A 150 m del punto CM-1. El lugar es un potrero deforestado. El área de construcción es apropiada, aunque las vías de acceso están sin pavimentar. | Propiedad del Acueducto. En área de protección forestal. Se requiere permiso de perforación. No se requiere reasentamiento. |
| | | | | CM-3 | A 300 m. del punto CM-1. Las condiciones para el transporte de los equipos no son buenas. La pendiente de la montaña es adyacente a la vía. No se requiere deforestación. Sin embargo, se requiere trabajos al terreno para asegurar el espacio y conservar la montaña. | Propiedad del Acueducto. En área de protección forestal. Se requiere permiso de perforación. Se requieren trabajos de deforestación (bosque secundario) y del terreno para las vías de acceso y las obras de construcción. No se requiere reasentamiento. |
| | | | Tanque el Silencio | TS-1 | A 50 m. del tanque el Silencio (capacidad: 30.000 m ³). Potrero. Existe una vía de acceso son pavimentar. El espacio es adecuado para los trabajos de construcción. | El área se ubica cerca del tanque El Silencio. Propiedad del Acueducto quien realiza el mantenimiento. En área de protección forestal. Se requiere permiso de perforación. No se requiere reasentamiento. No se requieren otras consideraciones de tipo social y ambiental. |
| | | | | TS-2 | Igual que el anterior | Igual que el anterior |
| | | | | TS-3 | En el área del Tanque el Silencio (capacidad: 30.000 m ³). A 400 m. al sur y 100 m. al oriente de una vía despavimentada. El área es plana y potrero. No se requiere deforestación. Próximo a la pendiente de la montaña. | Igual que el anterior |

| | | | | | |
|--------|-----------|-------------------------|------|---|---|
| Bogotá | Chapinero | Río Arzobispo | RA-1 | Al otro lado de la vía del Parque Nacional. Ubicado en área de protección forestal. La vía es bastante congestionada. Aunque el punto es al lado de la vía no hay suficiente espacio para los trabajos. Propiedad del Acueducto. Hay una casa de guardabosque en el área. | La construcción en el Parque Nacional no es posible. El punto se ubica cerca de una vía de tráfico pesado y cerca de la pendiente de la montaña, por lo que hay poco espacio para los trabajos de construcción. Se requiere trabajos al terreno para asegurar el espacio y conservar la montaña. |
| | | Paraíso | E-3 | El punto se ubica unos metros abajo del tanque el Paraíso III, propiedad del Acueducto. El área esta forestal y se ubica a lo largo de la pendiente pronunciada de la montaña. Existe una vía pavimentada que lleva a una vía despavimentada. Hay viviendas de bajos ingresos legalizadas en el área. Se dispone de gas y electricidad. Cada vivienda trata su agua independientemente. | El punto está en el límite del área del tanque Paraíso III. No se requiere reasentamiento. Se requiere un poco de deforestación. La elevación es de 2.825 m.s.n.m., fuera del área de protección forestal. El sitio está lejos del área residencial. Se asume que los trabajos de construcción no causaran un impacto negativo. |
| | | Rubio | E-4 | El punto esta cerca del tanque Pardo Rubio III (capacidad: 90 m ³). Cerca del lugar se ubica una línea de transmisión de alto voltaje. Hay una vía de grava de aproximadamente 100 m. que alimenta una vía pavimentada, apropiada para el acceso de los equipos de construcción. | No se requiere deforestación. Algunas viviendas se dispersan por el área, sin embargo no se necesita reasentamiento. Todas las viviendas están legalizadas. No se requieren otras consideraciones de tipo social y ambiental. Cerca al lugar solía ubicarse una instalación postmortem. |
| | | Universidad Politécnico | UP-1 | El punto se ubica dentro del campus universitario, cubierto con concreto y utilizado como parqueadero y cancha de microfútbol. | Propiedad de la Universidad. No se puede asegurar un espacio adecuado para los trabajos de construcción. Se requiere una nueva evaluación. |
| | | Quebrada La Vieja | VC-1 | Área vacante, amplia y de superficie plana. Se dispone de suficiente espacio. No se requiere deforestación ni reasentamiento. Existen vías de acceso para el mantenimiento de un acueducto que pasa por el área. | Propiedad del Acueducto. En área de protección forestal. Se requiere permiso de perforación. Cerca del lugar se ubican residencias de clase alta. Se deben tomar medidas para prevenir un impacto sonoro. |
| | | | VC-2 | Al lado de la vía. No se requiere deforestación. Por el área pasa una quebrada. Hay suficiente espacio para los trabajos de construcción. | Igual que el anterior |
| | | | VC-3 | Se ubica dentro de los límites de la propiedad del Acueducto, cerca del túnel Chigaza-Usaquén. No se requiere deforestación. Terreno plano y potrero. No se requiere reasentamiento. Existen vías de acceso para el mantenimiento de un acueducto que pasa por el área. | Propiedad del Acueducto. En área de protección forestal. Se requiere permiso de perforación. Deben considerarse los trabajos de construcción y un área para una edificación para no afectar la operación y mantenimiento del acueducto. No hay áreas residenciales cercanas. |
| | | Quebrada Rosales | RC-1 | El punto se ubica en frente del Metropolitan Club. Propiedad Privada actualmente vacante. Se dispone de suficiente espacio para los trabajos de construcción. No se requiere deforestar. El lugar es cercano a la carrera 5 ^{ta} y a condominios de clase alta. | El punto se ubica dentro del área de protección forestal, que ha sido convertida en área residencial. Se deben tomar medidas de seguridad y para prevenir un impacto sonoro. No se requiere deforestar. |
| | | | RC-2 | Propiedad privada a 100 m. de la vía. La vía es despavimentada pero puede ser utilizada para el acceso de la maquinaria. Terreno vacante. Espacio suficiente para los trabajos de construcción y almacenaje. En el lugar se ubica una casa devastada que no ha sido terminada. | Es necesario adquirir el terreno. En área de protección forestal. Se requiere permiso de perforación. Se requiere deforestación. El sitio se ubica lejos del área residencial por lo que no se requieren otras consideraciones de tipo social y ambiental. |
| | | | RC-3 | Propiedad privada. Adyacente a una vía pavimentada. No se requiere deforestación. Suficiente espacio para los trabajos de construcción. El terreno requiere de trabajos de adecuación. | En área de protección forestal. Se requiere permiso de perforación. No se requieren otras consideraciones de tipo social y ambiental. |

| | | | | | |
|--|---------|-----------------------|---|--|--|
| | Usaquén | Chico | RC-4 | Propiedad privada. Suficiente espacio plano para la construcción. Hay una casa cerca al lugar. El propietario de la casa tiene actitud de cooperar. El terreno es potrero, pero cerca de 20 árboles deben ser despejados. Cerca a una quebrada. | En área de protección forestal. Se requiere permiso de perforación. Hay una casa cerca al lugar. El propietario de la casa tiene actitud de cooperar. Se deben tomar medidas de seguridad y para prevenir un impacto sonoro. La vía tiene poco tráfico. |
| | | | CH-1 | Adyacente a la carretera a la Calera. Se requiere una vía de acceso desde este punto. En el lado contrario de la carretera hay una quebrada. Se cuenta con espacio suficiente para los trabajos de construcción. | Propiedad privada en área de protección forestal. Se requiere permiso de perforación, la construcción de una vía de acceso, alguna deforestación y trabajos de adecuación del terreno. No se requiere reasentamiento. |
| | | | CH-2 | 20 m. al oriente de la entrada del tanque Chico. Adyacente a una vía pavimentada. Se cuenta con suficiente espacio para los trabajos de construcción. | Propiedad privada en área de protección forestal. Se requiere permiso de perforación. No se requiere reasentamiento ni otras consideraciones de tipo social o ambiental. |
| | | CH-3 | 70 m. al oriente del tanque Chico. Existe una vía desgravada para su mantenimiento. La vía puede ser adecuada para el transporte del equipo de construcción. El terreno tiene cierta inclinación. Se requiere deforestar y trabajo de adecuación del terreno. | Propiedad del Acueducto en área de protección forestal. Se requiere permiso de perforación. Se requiere deforestar (bosque secundario) y trabajo de adecuación del terreno. El área se ubica dentro del límite del predio del Acueducto. No existen problemas aparentes para la construcción. | |
| | | Escuela de Caballería | EC-1 | Se ubica dentro del terreno de la Escuela de Caballería. Suficiente espacio para los trabajos de construcción. Cerca a la carrera 7 ^{ma} . Muy útil para el transporte de los equipos. La ubicación presenta ventajas para la distribución de agua en caso de emergencia. El área presenta excelentes condiciones geológicas. | Se requiere un permiso militar para perforar. Fuera del área de protección forestal. Suficiente espacio para los trabajos de construcción, si los trabajos no afectan el entrenamiento militar. No se requieren otras consideraciones de tipo social y ambiental. |
| | | | EC-2 | Igual que el anterior | Se requiere un permiso militar para perforar. El punto se ubica dentro del área de protección forestal |
| | | | EC-3 | Igual que el anterior | Igual que EC-1 |
| | | Tanque Santana | TA-1 | Terreno propiedad del Acueducto. Anteriormente había un tanque. Adyacente a un área residencial de altos ingresos y una escuela militar. Existe una vía pavimentada que facilita el acceso. Suficiente espacio para los trabajos de construcción. | No se ubica dentro del área de protección forestal. Se deben tomar medidas de seguridad y para prevenir un impacto sonoro para el área residencial adyacente. |
| | | | TA-2 | Propiedad del Acueducto. Adyacente a residencias de clase alta. Espacio limitado para los trabajos de construcción. | Igual que el anterior |
| | Usaquén | La Aguadora | E-5 | En este lugar la perforación ya está bastante avanzada. Se ubica a 300 m, del tanque Santa Ana. Terreno propiedad del Acueducto. Cerca de una vía en buenas condiciones ideal para el acceso al área. Área forestal adyacente a condominios de clase alta. | Propiedad del Acueducto. Fuera del área de protección forestal. Fue necesario obtener un permiso de perforación de la SDA. Se deforestó un área de aproximadamente 10 m x 30 m. No se presentó ningún impacto sobre el tráfico local ni quejas de los residentes. Los lodos residuales se trataron en un pozo de lodos y se siguieron los estándares del IDEAM para este tipo de obra. |
| | | | E-6 | Se ubica cerca del tanque Santa Ana. Cerca de un área residencial de clase alta y hacia la montaña. En el área no hay viviendas. Los trabajos de construcción se planean cerca de la vía pavimentada. Se requiere deforestar bosque secundario. | Propiedad del Acueducto. Suficiente espacio disponible. Se deben tomar medidas de seguridad y para prevenir un impacto sonoro para el área residencial adyacente. |
| | | Bosque Medina | E-7 | Área residencial próxima a la carrera 7 ^{ma} . Tráfico pesado. En el pasado se ubicaba una planta de cemento en el lugar, sin embargo ahora esta vacante. Allí se ubica un guardia. El área la rodean altos edificios de oficinas y lujosos condominios residenciales. | El área del proyecto es propiedad privada. Se asume que en el futuro un edificio será construido en este lugar. En el área inmediatamente vecina se están construyendo 4 grandes edificios. Considerando las obras de construcción de estos edificios, el ruido y la vibración de los trabajos de perforación no será un problema. |

| | | | | | |
|------------|---------|-----------------|------|--|---|
| Bogotá D.C | Usaquén | Bosque de Pinos | E-8 | El terreno, ubicado sobre la carrera 7 ^{ma} , es propiedad del Colegio Pureza de María. Se encuentra en buenas condiciones y el esta vacante detrás de la cancha de fútbol. Es vecino de un área residencial de clase alta. | El sitio es propiedad del Colegio. Se requiere un arreglo para adquirir o arrendar el terreno. El lugar tiene electricidad y fácil acceso, sin embargo se debe planear detalladamente la prevención contra el ruido y la vibración y los pozos de residuos para que no afecte a los estudiantes. |
| | | | E-9 | El acceso al área se realiza por una vía de 100 m de grava, desde la carrera 7 ^{ma} . El lugar se utiliza actualmente como deposito de materiales de construcción. El área es de alrededor de 1.000 m ² . La montaña detrás del lugar fue usada como cantera. No hay viviendas en la zona. | El terreno es propiedad privada. Existen vías de acceso y electricidad. El sitio queda a 100 m. de la vía donde no se presentan viviendas. No se esperan problemas en cuanto a la construcción y las medidas para satisfacer a los residentes son menores. |
| | | Cerro Norte | E-10 | Sobre la carrera 7 ^{ma} . Antiguamente una cantera. El lugar cuenta con suficiente espacio vacío. Alrededor se construyen edificios de apartamentos y oficinas. Sobre la montaña prevalecen algunas viviendas de bajos ingresos. | El área del proyecto es propiedad privada. Se requiere llegar a un acuerdo para obtener o arrendar el terreno. Con certeza, en el futuro, se harán más construcciones en la zona. Al otro lado de la carrera 7 ^{ma} prevalecen viviendas de bajos ingresos. |
| | | | E-11 | El área se ubica en la misma cantera de E-10. | Igual que el anterior |
| | | Soratama | E-12 | Al lado de la carrera 7 ^{ma} . El lugar se utiliza actualmente como deposito de materiales de construcción. Propiedad de una compañía llamada Servita, administrada por 5 personas. Al lado del sitio se ubica una otrora cantera. La superficie de la montaña esta desnuda. | El lugar es propiedad de una compañía llamada Servita. Se requiere un arreglo para obtener ó arrendar las tierras. Existen vías de acceso para la maquinaria de construcción y materiales. Cerca del área no hay residencias, por lo que los vecinos no se verán involucrados. |
| | | Soratama | E-13 | Antigua cantera de roca a lo largo de la carrera 7 ^{ma} . La pendiente no es tan pronunciada en esta parte de la montaña. Se presentan viviendas de ingresos medios y bajos. | El sitio es propiedad privada. Se requiere un arreglo para obtener ó arrendar las tierras. Al otro lado de la Carrera 7 ^{ma} se construye una vivienda de medianos ingresos. La vía presenta alto tráfico. |
| | | La Salle | E-14 | En el lugar se encuentra la operación piloto conocida como La Salle. Se ubica en un terreno amplio de propiedad privada adyacente a la carrera 7 ^{ma} . El terreno a 50 m. al oriente de la entrada es propiedad del Acueducto. Allí se ubica un pozo (saltante). Las instalaciones de tratamiento se construirán usando este pozo. | Se asume que en el futuro un condominio será construido en esta área, pero el Acueducto es propietario del terreno cerca del pozo. Por lo tanto no se requiere adquirir el terreno. No se requiere reasentamiento. El lugar cuenta con un pozo perforado e instalaciones de tratamiento. Se cuenta con espacio suficiente. No se requieren consideraciones ambientales ni sociales. |
| | | Codito | E-15 | Terreno vacante en la mitad de un área residencial de bajos ingresos densamente construida. Cerca del tanque Codito I. Propiedad privada. Vías de acceso. Potrero. Al otro lado de la vía, también hay una alta densidad de viviendas. | Se requiere un arreglo para obtener ó arrendar las tierras. El tráfico en la vía es pesado. Colinda con un área residencial. Se requieren consideraciones ambientales y sociales, en cuanto a tráfico, ruido, vibración, medidas de seguridad e instalación de equipos durante la construcción. |
| | | | CO-2 | 2 km. al oriente de la carrera 7 ^{ma} . Vías de acceso. La vía presenta un tráfico pesado. Terreno vacante en buen estado. Se presentan alrededor de 20 árboles de 30 cm. de diámetro. Se cuenta con suficiente espacio de construcción. Existen viviendas de bajos ingresos (estratos 2 y 3). El lugar se encuentra entre los tanques Codito II y Codito III. Debajo del concreto hay una tubería de distribución propiedad del Acueducto. | El terreno es propiedad privada rodeada por alambre de púas, se encuentra en buen estado. Es necesario talar algunos árboles. Debido al tráfico pesado en la vecindad, se debe tener consideraciones para los residentes en el área. Existe suficiente espacio para los trabajos de construcción. |

| | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|------|---|---|
| Bogotá D.C | Suba | Suba | E-16 | Se planea como Proyecto Piloto. Existe en el lugar un pozo propiedad del Acueducto, en el parqueadero de un restaurante. | El pozo puede utilizarse directamente, pero necesita instalaciones de tratamiento. Se cuenta con suficiente espacio para la construcción. El terreno es propiedad de un restaurante. Se requieren medidas de seguridad y de prevención del ruido durante la construcción. |
| | | Tanque Suba | E-17 | Se planea como Proyecto Piloto. Propiedad privada de un colegio militar. En el lugar existe un pozo, pero no es apropiado actualmente. Se necesitan instalaciones de tratamiento. Cuenta con vías de acceso. Muy buena ubicación para el Proyecto Piloto. | Se necesita un permiso del colegio para el uso del terreno. No se requiere reasentamiento ni ningún otro tipo de consideración social o ambiental. |
| | | | ST-1 | Se planea como Proyecto Piloto. Terreno propiedad del Acueducto. Cerca del tanque Suba (90.000 m ³) y de un edificio administrativo. Potrero. Se necesitan algunos trabajos para la adecuación del terreno, pero se cuenta con suficiente espacio disponible. Adyacente a una vía de tráfico pesado de donde puede salir una vía de acceso. | El terreno es propiedad del Acueducto, pero adyacente a condominios de clase alta. Se requiere prevención contra ruido y vibración. |
| | | | ST-2 | Igual que el anterior. No se planea como Proyecto Piloto. | No se requieren consideraciones ambientales ni sociales. |
| | | | ST-3 | Igual que el anterior. No se planea como Proyecto Piloto. | Igual que el anterior |
| Bogotá Rural | Bogotá Rural | Bogotá Rural | Y-1 | Al lado de la carrera 7 ^{ma} . Se utiliza como depósito de tubos de 3 m de diámetro. Cuenta con suficiente espacio para la construcción, pero el terreno es propiedad de la empresa American Pipe. Cerca de viviendas de bajos ingresos. | Se requiere un acuerdo para adquirir o arrendar el terreno. Se cuenta con suficiente espacio para la construcción. No se requieren consideraciones ambientales ni sociales. |
| | | | Y-2 | Área maderera. Hacia el sur se ubican viviendas de bajos ingresos. El lugar se ubica a 50 m. al oriente de la carrera 7 ^{ma} . El lado oriental de la vía está designado como área de protección forestal, aunque se realiza tala. Un pastizal, producto de la tala, yace en la parte izquierda del área. | El terreno es propiedad privada. Se divide por una pared de ladrillo y un potrero en buen estado. No se requieren consideraciones ambientales ni sociales, pero si un arreglo con el propietario para arrendar el terreno. |
| | | | Y-3 | Un gran potrero vecino a una subestación. Al oriente de la carrera 7 ^{ma} . Al lado oriental hay un lugar adecuado, pero designado como área de protección forestal. Es necesario confirmar. | Se requiere un arreglo con el propietario para arrendar o adquirir el terreno. No se requieren consideraciones ambientales ni sociales. |
| | | | Y-4 | Se ubica al oriente de la carrera 7 ^{ma} , al lado de un terreno de paint ball. El área disponible es insuficiente. Adyacente a un parqueadero, un establo y un restaurante. | Tráfico pesado. Área para la construcción muy pequeña. Terreno propiedad privada. Se requiere un arreglo con el propietario para arrendar o adquirir el terreno. |
| | | | Y-5 | Se ubica al oriente de la carrera 7 ^{ma} , en un potrero plano. Al lado opuesto de la vía se presenta una pendiente gradual. No hay residentes en el área. | El terreno es propiedad privada. No se requieren consideraciones ambientales ni sociales. |
| | | | Y-6 | Se ubica al oriente de la carrera 7 ^{ma} , en un potrero plano. | El terreno es propiedad privada. No se requieren consideraciones ambientales ni sociales. |
| | | | Y-7 | Se ubica al oriente de la carrera 7 ^{ma} , en un potrero plano. | El terreno es propiedad privada. El terreno tiene letreros que dicen "No se vende", "No se arrienda" y "No se permuta". No se requieren otras consideraciones ambientales ni sociales. |
| | | | Y-8 | Se ubica al oriente de la carrera 7 ^{ma} , en un amplio potrero plano. | El terreno es propiedad privada. No se requieren consideraciones ambientales ni sociales. |

| | | | | | | |
|------------|----------------|-----------------------|-----------------------|------|--|---|
| | | | | Y-9 | Se ubica al oriente de la carrera 7 ^{ma} , en un amplio potrero plano donde pasta ganado. Adyacente a “Casa de Eventos”. A lo largo de la parte oriental de la vía la montaña presenta una pendiente pronunciada. | El terreno es propiedad privada. No se requieren consideraciones ambientales ni sociales. |
| | | | | Y-10 | Se ubica al oriente de la carrera 7 ^{ma} . Propiedad privada. Adyacente a una cancha de fútbol y a Bavaria. En la cercanía hay una estación de buses y el Colegio Miguel Antonio Caro. | El terreno es propiedad privada. No hay suficiente espacio para la construcción. Cerca de edificios comerciales y un colegio. Se requiere consideración social durante la construcción. |
| | | | | Y-11 | Se ubica al oriente de la carrera 7 ^{ma} . Área desierta, al lado de un potrero en buena condición. El terreno tiene letreros que dicen “No se vende”, “No se arrienda” y “No se permuta”. | Se desconoce quien es el propietario del terreno. Se necesitan trabajos de adecuación del terreno. |
| | | | | Y-12 | Se ubica al oriente de la carrera 7 ^{ma} . Terreno vacante cerca de la vía. Adyacente a una bodega, un parqueadero de camiones, etc. | El terreno es propiedad privada. Potrero vacante pero no para pastoreo. No hay residentes. No se requieren otras consideraciones ambientales ni sociales. |
| | | | Olaya Herrera | OH-1 | Se ubica cerca a una vía despavimentada, aunque el acceso es bueno. Sin embargo queda relativamente lejos. 10 m. abajo de la torre de alto voltaje. Potrero sin necesidad de deforestar. El orden público en el lugar no es muy bueno. | Se ubica dentro del área de protección forestal. Se desconoce quien es el propietario. Se necesita permiso de perforación y de construcción dada su cercanía a la torre de alto voltaje. No se necesita reasentamiento ni otras consideraciones ambientales o sociales. |
| Bogotá D.C | Ciudad Bolívar | Ciudad Bolívar | | B-1 | Potrero cerca a una quebrada y una vía despavimentada. | El terreno es propiedad privada fuera del área de protección forestal. Solo algunos aspectos sociales y ambientales deben ser tenidos en cuenta durante la construcción. Se requiere un arreglo con el propietario para arrendar o adquirir el terreno. |
| | | | | EX-2 | Se planea como Proyecto Piloto. JICA perforó un pozo que ya está terminado. Las condiciones son iguales a B-1. | Se cuenta con un pozo perforado. No ocurrieron problemas de consideración ambiental ni social. |
| | | | | B-2 | Igual que B-1 | Igual que B-1 |
| | | | | B-3 | Igual que el anterior | Igual que el anterior |
| | | | | B-4 | Igual que el anterior | Igual que el anterior |
| | | | | B-5 | Igual que el anterior | Igual que el anterior |
| Soacha | Soacha | Soacha | | S-1 | Área densamente poblada por viviendas de bajos recursos. El lugar se encuentra en un potrero. El terreno es propiedad privada. Las viviendas llegan prácticamente hasta el potrero. El Acueducto distribuye agua a algunas partes de Soacha, pero el municipio controla la red de abastecimiento. El agua siempre se encuentra en abastecimiento bajo. | Durante la construcción se deben tomar consideraciones menores de tipo ambiental y social. El terreno es propiedad privada, por lo que se requiere un arreglo con el propietario para arrendar o adquirir el terreno. |
| | | | | EX-1 | Cancelado. Ubicado en el área de los Cerros Sur igual que S-1 a S-6. Presenta excelentes condiciones: potrero, espacio suficiente, condiciones hidrogeológicas. No hay arreglo con el propietario. | Había un pozo exploratorio planeado, pero debido a diferencias con el propietario se canceló la actividad. Igual que en S-1 no se requieren otras consideraciones ambientales ni sociales. |
| | | | | S-2 | Igual que S-1 | Igual que S-1 |
| | | | | S-3 | Igual que el anterior | Igual que el anterior |
| | | | | S-4 | El propietario es el mismo de S-1, 2 y 3. El lugar es más cercano al centro de los Cerros. No hay viviendas ilegales en la propiedad. | Igual que el anterior |
| | | | | S-5 | Igual que el anterior | Igual que el anterior |
| | S-6 | Igual que el anterior | Igual que el anterior | | | |
| Chia | Chia | Chia | | Y-13 | Al oriente de la carrera 7 ^{ma} . Adyacente a un restaurante. El lugar del proyecto es un potrero rodeado por alambre de púas. | El terreno es propiedad privada. Cerca del lugar hay un restaurante; se requiere una consideración del manejo de la construcción. |

| | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|--|--|------|---|--|---|
| Proyecto Yerbabuena | Chia | | | Y-14 | Al oriente de la carrera 7 ^{ma} . El lugar del proyecto es un potrero. No hay residentes en el área. | No se requieren consideraciones ambientales ni sociales. | |
| | | | | Y-15 | Potrero cercano a la cabina de peaje, Al oriente de la carrera 7 ^{ma} . | Igual que el anterior. | |
| | | | | Y-16 | Al oriente de la carrera 7 ^{ma} . Próximo a una cancha de fútbol y un potrero. Área de piedemonte gradual. | El terreno es propiedad de una compañía. No se requiere reasentamiento. Existe una vía de acceso cerca del lugar. No se requieren consideraciones ambientales ni sociales. | |
| | | | | Y-17 | Al oriente de la carrera 7 ^{ma} . Potrero ubicado al lado de la vía. | El terreno es propiedad privada. No se requiere reasentamiento. Hay una vía de acceso cerca del lugar. No se requieren consideraciones ambientales ni sociales. | |
| | | | | Y-18 | 300 m. al oriente de la carrera 7 ^{ma} . De este punto hacia el norte, la pendiente de la montaña se reduce gradualmente. | No se requieren consideraciones ambientales ni sociales. | |
| | | | | Y-19 | Potrero a 600 m al oriente de la carrera 7 ^{ma} . Se ubica dentro del área designada para pruebas agrícolas de una Universidad. | El terreno es propiedad de una Universidad. Se deben considerar las medidas de seguridad durante la construcción e implementación del proyecto. No se requieren otras consideraciones ambientales ni sociales. | |
| | | | | Y-20 | Al oriente de la carrera 7 ^{ma} , en terreno de una universidad teológica femenina, próxima a la Universidad Católica. | El terreno es propiedad de la Universidad. Se deben considerar las medidas de seguridad durante la construcción e implementación del proyecto. No se requieren otras consideraciones ambientales ni sociales. | |
| | Y-21 | Al oriente de la Autopista norte. Potrero encerrado por paredes. | El terreno es propiedad privada. No se requiere reasentamiento. No se requieren otras consideraciones ambientales ni sociales. | | | | |
| | Y-22 | Al oriente de la Autopista norte. Terreno propiedad del Instituto Caro y Cuervo, detrás de una cancha de fútbol. | Se necesita un arreglo con el propietario para arrendar el terreno. El terreno es propiedad del Instituto. Se deben considerar las medidas de seguridad durante la construcción e implementación del proyecto. | | | | |
| | Proyecto Yerbabuena | Sopo | Sopo | Sopo | Y-23 | 500 m. al oriente de la Autopista norte. El lugar es un potrero próximo al Colegio Trinidad del Monte. | El terreno es propiedad privada. No se requiere reasentamiento, ni otras consideraciones de tipo social o ambiental. |
| | | | | | Y-24 | Potrero localizado 250 m. al oriente de la Autopista norte. | El terreno es propiedad de una compañía. El terreno es propiedad privada. No se requiere reasentamiento, ni otras consideraciones de tipo social o ambiental. |
| Y-25 | | | | | Potrero localizado 250 m. al oriente de la Autopista norte. | El área del proyecto es potrero. No se requiere deforestar. El terreno es propiedad de una compañía. No se requieren otras consideraciones de tipo social ni ambiental. | |
| Y-26 | | | | | Se ubica en un campo de cultivos a 200 m al oriente de la Autopista norte. En frente de un Colegio. | El lugar del proyecto es un campo de cultivos. No se requiere deforestar. El terreno es propiedad privada. No se requieren otras consideraciones de tipo social ni ambiental. | |
| Y-27 | | | | | Se ubica 400 m al oriente de la Autopista norte. Se cuenta con una vía despavimentada disponible para el servicio. El terreno es un potrero ubicado en el pie de la montaña. Hay un pozo perforado. | El terreno es propiedad privada. No se requieren otras consideraciones de tipo social ni ambiental. | |
| Y-28 | | | | | Se ubica 150 m. al oriente de la Autopista norte. Tiene acceso por una vía despavimentada. Potrero vacante. | El terreno es propiedad privada. No se requieren otras consideraciones de tipo social ni ambiental. | |
| Y-29 | | | | | Se ubica 100 m. al oriente de la Autopista norte. Potrero al lado de la vía. | El terreno es propiedad privada. No se requieren otras consideraciones de tipo social ni ambiental. | |