

**“CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA DEL RIO BOGOTÁ FASE V”**

**CASO DE ESTUDIO TRAMO DESDE LA CONFLUENCIA DEL RIO  
NEUSA HASTA LA INTERSECCIÓN VÍA AUTOPISTA NORTE – CAJICÁ.**

**PROPUESTA DE GRADO  
OPCIÓN TRABAJO DE GRADO**

**RENÉ ORLANDO PINZÓN SOLANO**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C., OCTUBRE DE 2009**

**“CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA DEL RIO BOGOTÁ FASE V”**

**CASO DE ESTUDIO TRAMO DESDE LA CONFLUENCIA DEL RIO  
NEUSA HASTA LA INTERSECCIÓN VÍA AUTOPISTA NORTE – CAJICÁ.**

**RENÉ ORLANDO PINZÓN SOLANO**

**Propuesta de grado presentada como requisito parcial para optar al  
Título de Ingeniero Civil**

**Tutor: Ing. JORGE LUIS CORREDOR RIVERA**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C., OCTUBRE DEL 2009**

Señores

Bogotá, D.C., Octubre 13 de 2009

**COMITÉ DE OPCIÓN DE GRADO  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**  
Ciudad.-

Ref.: Presentación propuesta

En cumplimiento del reglamento de la Facultad para el desarrollo de la Opción de Grado, me permito presentar para los fines pertinentes la propuesta titulada: "Caracterización química del agua del río Bogotá Fase V". Caso de estudio: Tramo desde la confluencia del río Neusa hasta la intersección vía Autopista Norte – Cajicá. El Tutor es el ingeniero Jorge Luis Corredor Rivera.

Atentamente,

---

René Orlando Pinzón Solano  
Código: 98111050  
Estudiante de ingeniería civil

## **APROBACIÓN**

La propuesta de grado titulada “Caracterización química del agua del río Bogotá Fase V”. Caso de estudio: Tramo desde la confluencia del río Neusa hasta la intersección vía Autopista Norte – Cajicá, opción Trabajo de grado, presentada por el estudiante René Orlando Pinzón Solano en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de “Ingeniero Civil” fue aprobada por el tutor:

---

Ing. Jorge Luis Corredor Rivera  
Tutor Universidad Militar Nueva Granada



## TABLA DE CONTENIDO

1. TÍTULO
  2. ÁREAS
  3. ANTECEDENTES
  4. PROBLEMA
  5. MARCO TEÓRICO
  6. JUSTIFICACIÓN
  7. OBJETIVOS: General y específicos
  8. DELIMITACIÓN
  9. METODOLOGÍA
  10. ASPECTO ADMINISTRATIVO: Recursos humanos, institucionales, técnicos y económicos
  11. PRESUPUESTO
  12. ESQUEMA TENTATIVO DEL TRABAJO
  13. CRONOGRAMA
- BIBLIOGRAFÍA

## **CONTENIDO DE LA PROPUESTA**

### **1. TÍTULO**

“Caracterización química del agua del río Bogotá Fase V”. Caso de estudio: Tramo desde la confluencia del río Neusa hasta la intersección vía Autopista Norte – Cajicá.

### **2. AREAS**

Ingeniería ambiental, Recursos Hídricos.

### **3. ANTECEDENTES**

El río Bogotá empezó a estudiarse desde el año 1950 cuando por primera vez se mostró en cifras el problema de contaminación existente, determinándose una gran carga residual crítica. Desde 1950 hasta 1980, se realizaron diferentes y variados estudios acerca de la calidad del agua del río Bogotá. Estos estudios no se realizaron de forma periódica debido a que no se identificó la importancia de este afluente como fuente de suministro y corriente receptora de aguas lluvias y servidas tanto para la ciudad de Bogotá como para los municipios circundantes.

A continuación se muestra un resumen de estudios realizados a lo largo de los años en el río Bogotá en los cuadros 1-3.

**Cuadro 1.** Investigaciones realizadas entre 1980-1991

<b>AÑO</b>	<b>AUTOR</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>
1980 – 1982	CAR - Universidad Nacional	Se hizo un recuento de los datos obtenidos hasta la fecha
1982	Hidroestudios Black & Veatch Int'l – EAAB	Se analizaron los principales aspectos físico-químicos en el sector entre la Laguna del Valle y Tocancipá y se realizó un análisis sapróbico para este tramo
1985	Gaviria – Rodríguez	Evaluación físico-química del agua, mencionando la variación de la calidad del agua del río desde su nacimiento hasta la planta de Tibitóc, por efecto de la contaminación
1987	Galeano	Concluyó que el río presentaba una óptima calidad en su nacimiento, la cual se deterioraba gradualmente, debido a la variedad de descargas realizadas en la zona
1991	Naranjo	Registró para la bocatoma sur (entrada Tibitóc) y la Dársena (salida Tibitóc) valores de algunas variables físico-químicas, incluyendo datos de metales pesados

**Fuente:** Corporación Autónoma Regional, CAR

**Cuadro 2.** Investigaciones realizadas entre 1993 - 1997

<b>AÑO</b>	<b>AUTOR</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>
1993	Mojica	Estudio en la parte alta del río, entre el nacimiento y Tibitóc, encontrando que la calidad del agua sufre una gran alteración a pocos kilómetros del nacimiento.
1997	Tibitoc	La baja calidad del río se conserva en el tramo comprendido entre Villapinzón y Chocontá, debido a la perturbación relacionada con las diversas actividades antrópicas en esta zona

1995	CAR - Programa de saneamiento de la cuenca alta del río Bogotá	Se efectuaron visitas a las curtiembres de Villapinzón y Chocontá, con el fin de establecer la problemática generada por los malos manejos de las curtiembres y sus vertimientos al río
1996	CAR - Programa de aforo y muestreo del río	Compendio de las actividades y resultados obtenidos durante los 12 meses de muestreo del río
1995 - 1997	Fundación al Verde vivo	Resultados de algunos análisis físico-químicos realizados anteriormente sobre la cuenca alta del río Bogotá

**Fuente:** Corporación Autónoma Regional, CAR

### Cuadro 3. Investigaciones entre 1999 - 2001

AÑO	AUTOR	CONCLUSIÓN
1999	CAR	Este programa permitió desarrollar una metodología de concertación entre municipios, empresarios y la autoridad ambiental
2000	Magda Carolina Torres. Universidad de los Andes. Proyecto de grado	Existe una relación inversamente proporcional entre la concentración de OD y la concentración de sulfuros. Hay una emisión de sulfuros a la atmósfera debido a que estos no alcanzan a diluirse. Hay que crear una educación ambiental en la gente
2001	Fundación al Verde Vivo	Análisis superficial de las condiciones ambientales, sociales, institucionales y económicas de la región
2001	Paola Godoy. Universidad de los Andes. Proyecto de grado	Es evidente que los vertimientos de las curtiembres del municipio de Villapinzón afectan la calidad del agua, alterando variables como OD, conductividad, cloruros, SST, Calcio y dureza total
2001	Tatiana Rodríguez. Universidad de los Andes. Proyecto de grado	El río comienza a ser contaminado desde el momento en que pasa por la zona urbana de Villapinzón. Al implantar plantas de tratamiento que usen procesos biológicos, físicos y químicos, se disminuyen los efectos nocivos de los contaminantes en el río
2001	Gobernación de Cundinamarca	La población aledaña a la cuenca sufre en un 44,4% enfermedades diarreicas e infecciones respiratorias agudas ocasionadas por la baja calidad del agua potable

**Fuente:** Corporación Autónoma Regional, CAR, Universidad de los Andes, Fundación al Verde vivo, Gobernación de Cundinamarca.

En la Universidad Militar se inició en el año 2000 la investigación “Identificación y prueba de bioindicadores y recuperadores para la descontaminación de la cuenca alta del río Bogotá”, donde en sus primeras dos fases sobre los aspectos físico-químicos, se hizo un diagnóstico aproximado de las condiciones del río, siendo punto de partida para estudios más profundos. A continuación se presenta un resumen de los estudios realizados en la Universidad Militar “Nueva Granada”.

**Monitoreo de calidad del agua: cuenca alta del río Bogotá, aspectos físico-químicos. Fase I. Jimena Alexandra Jaime Zambrano, Miryam Andrea Mora Pinzón. Agosto de 2002.** En este proyecto se recopiló información bibliográfica mediante la cual se realizó un marco teórico de las diferentes variables físico-químicas, que serviría de plataforma para futuras investigaciones.

Por medio de monitoreos y posteriores ensayos de laboratorio, se estandarizó una metodología, basándose en Standard Methods (“Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales” por APHA, AWWA, WPCI) y el decreto 1594 de 1984.

Presentaron la información de los datos obtenidos en forma gráfica, haciendo un diagnóstico del estado del río, estableciendo rangos de variación de cada parámetro y determinando si se encontraban dentro de los establecidos por las normas. (Jaime J, Mora M. 2002).

**Monitoreo de calidad del agua: cuenca alta del río Bogotá, aspectos físico-químicos. Fase II. Jorge Alberto Mora Gómez, Pedro Antonio Porras Godoy. Diciembre de 2002.** Presentaron resúmenes numéricos que arrojaron la siguiente información: independencia, correlación y el ajuste de los resultados a los comportamientos de tendencias generales.

También se clasificó el grado de importancia de las variables físico-químicas, para encontrar la confiabilidad entre ellos, encontrando que el grupo de variables que demostró una correlación importante fue el amonio, OD, DQO, DBO y pH. Las variables que más se ajustaron a la tendencia general de los valores fueron la temperatura del agua, el pH, el cromo y la DQO.

Se observó que una de las variables más importantes en la calidad del agua es el pH, que interviene en forma significativa en los equilibrios de diferentes sustancias químicas. (Mora J, Porras P. 2002).

#### **4. PROBLEMA**

En el municipio de Cajicá (Cundinamarca) se está construyendo la nueva sede de la Universidad Militar Nueva Granada motivado por el aumento progresivo de los estudiantes en las distintas carreras ofrecidas. El consumo de agua dentro del campus será considerable por lo que alojará cerca de 6000 personas, el municipio de Cajicá no trata el agua sino que la compra a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), lo cual encarece los costos. Por otra parte sería una buena oportunidad para tener una planta de tratamiento de agua potable (PTAP), que prestaría un doble servicio ya que apoyaría la actividad del programa de Ingeniería Civil desde el punto de vista didáctico.

Existe la posibilidad de utilizar el agua del río Bogotá al interior del campus universitario, ya que la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) toma agua en Tibitóc para ser tratada y surtir de este servicio a la ciudad de Bogotá y al municipio de Cajicá. Por lo que es necesario

determinar la calidad del agua del río Bogotá dentro de las instalaciones universitarias, con el fin de identificar el posible uso (consumo, recreación, riego, aseo) y establecer el costo del tratamiento que se requiere para poder cumplir con los parámetros específicos para cada tipo de uso del agua. En donde el tipo de uso está relacionado directamente con las características químicas del afluente, en razón a la presencia de sustancias que dependiendo de su concentración pueden afectar o no la salud de las personas.

Por lo anteriormente mencionado el problema se plantea de la siguiente manera:

¿Cuál es la caracterización química del agua del río Bogotá en el tramo indicado respecto a los siguientes parámetros: turbiedad, sólidos, sulfatos, y prueba de jarras?

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1 Caracterización de la cuenca alta del río Bogotá**

La cuenca hidrográfica del río Bogotá es una de las 14 cuencas principales con que cuenta el departamento de Cundinamarca; se extiende diagonalmente sobre el territorio departamental y ocupa un área de 6107 km<sup>2</sup>.

La cuenca alta del río Bogotá, para algunas entidades, está localizada en la parte central del país, en el centro del departamento de Cundinamarca, y ocupa un área de 4305 kms<sup>2</sup>. Está comprendida entre dos puntos extremos: el nacimiento del río Bogotá en el Municipio de Villapinzón, hasta el embalse de Tibitóc. La delimita una línea envolvente formada por el divorcio de las

aguas con dos cuencas adyacentes: la Orinoquense al oriente y la Magdalenense al occidente.

### **5.1.1 Río Bogotá**

El río Bogotá nace al nororiente de la región de Villapinzón, a 3300 m.s.n.m. y sus aguas fluyen hacia el suroeste para desembocar al río Magdalena en Girardot a 280 m.s.n.m. Se encuentra localizado entre las coordenadas planas 1.055.000N; 1.035.000E; 1.080.000N y 1.065.000E. Nace en la laguna del Valle, páramo de Gaucheneque a 3200 m.s.n.m. (Rivero G, Uribe M. 2003).

## **5.2 Muestreo**

**5.2.1 Muestreo manual.** Las muestras manuales generalmente se toman en un período corto de tiempo y también son llamadas muestras puntuales. Para la selección del recipiente, es necesario tener presente para qué tipo de muestra se va a utilizar, ya que en algunos casos se requieren reactores para estabilizar las muestras por lo que pueden tener alguna reacción con el recipiente. (Maskew.1990).

**5.2.2 Muestreo automático.** Con los nuevos avances tecnológicos se ha incrementado la oferta de gran variedad de equipos para tomar las diferentes muestras automáticamente, bajo una adecuada programación mediante un computador. Este muestreo puede programarse a intervalos fijos o continuos en tiempos que oscilan entre las 12 y 24 horas de operación, descargándose en recipientes individuales o en uno en común para obtener muestras simples o compuestas. (Maskew.1990).

### **5.2.3 Tipo de muestras**

Existen muestras simples o puntuales, compuestas e integradas según se requiera para cada tipo de estudio y caracterización.

**5.2.3.1 Muestras puntuales.** Son las tomadas instantáneamente y analizadas por separado. En general, la mayoría de muestras en ingeniería ambiental son de este tipo. (Sawyer. 2001).

**5.2.3.2 Muestras compuestas.** Se usan principalmente para evaluar la eficiencia de los equipos de tratamiento de las aguas residuales, donde es conveniente trabajar con un promedio de los resultados. Estas muestras se recolectan a intervalos regulares, generalmente cada una o dos horas, y se reúnen en una gran muestra en un periodo de 24 horas. (Sawyer. 2001).

**5.2.3.3 Muestras integradas.** Para ciertos propósitos, es mejor analizar mezclas de muestras puntuales tomadas simultáneamente en diferentes puntos, o lo más cercanas posible. Un ejemplo de la necesidad de muestreo integrado ocurre en ríos o corrientes que varían en composición a lo ancho y profundo de su cauce.

La recolección de muestras integradas requiere generalmente de equipos diseñados para tomar muestras de una profundidad determinada sin que se contamine con la columna de agua superior (botella de Kemerer). Generalmente se requiere conocer el volumen, movimiento, y composición de varias partes del cuerpo de agua a ser estudiado. (Maskew.1990).

### **5.2.4 Identificación de la muestra**

La identificación de la muestra debe estar en un rótulo adherido al recipiente (la cinta de enmascarar es útil para ello), con tinta indeleble y debe contener como mínimo:

- Número de la muestra
- Sitio de muestreo
- Fecha y hora de recolección
- Nombre del recolector.
- Municipio y vereda.

No olvidar anotar en las observaciones todos los detalles que contribuyan a un tratamiento correcto de la muestra, por ejemplo, proceso que se lleva a cabo, apariencia del agua, estado del tiempo, dificultades durante el muestreo.(APHA, 1976).

### **5.3 Turbiedad**

En el control de calidad, el valor de medición “turbiedad” es un parámetro determinante en muchas aplicaciones. Esto es cierto para el procesamiento del agua potable y las aguas residuales, para la elaboración de bebidas y en el campo químico desde la galvanización hasta la industria petroquímica.

Los sólidos no disueltos en masas líquidas como, por ejemplo, algas, lodos, microbios u otras partículas absorben y dispersan la luz que los atraviesa.

Al aumentar el número de las partículas aumenta el grado de turbiedad también a simple vista. La forma, las dimensiones y la composición de las partículas influyen en el grado de turbidez. En el pasado, para la medición de la turbidez se utilizaba simplemente la luz que atravesaba el líquido. Sin embargo, la medición de la luz difusa en un ángulo de 90°, sobre todo para

los intervalos inferiores de medición, ha demostrado ser la técnica predominante y es reconocida actualmente como la técnica más avanzada en todo el mundo. Los aparatos de medición que aplican este método se denominan nefelómetros o turbidímetros.

#### **5.4 Prueba de Jarras**

La prueba de jarras permite determinar parámetros de diseño y control bajo condiciones estandarizadas, de las diferentes combinaciones de dosis de coagulante, concentración, pH, tiempo de mezcla rápida, gradiente de velocidad así como el tiempo de sedimentación, después de las cuales se mide la turbiedad del sobrenadante (agua clarificada) que es el parámetro que permite determinar las mejores condiciones que se obtienen de los ensayos, pudiendo también medirse otros parámetros que se crean necesarios como el color, pH, alcalinidad.

#### **5.5 Sólidos**

Todos los contaminantes del agua, con excepción de los gases disueltos, contribuyen a la "carga de sólidos". Pueden ser de naturaleza orgánica y/o inorgánica. Proviene de las diferentes actividades domésticas, comerciales e industriales. La definición generalizada de sólidos es la que se refiere a toda materia sólida que permanece como residuo después de una evaporación y secado de una muestra de volumen determinado, a una temperatura de 103°C a 105°C. Los métodos para la determinación de sólidos son empíricos, fáciles de realizar y están diseñados para obtener información sobre los diferentes tipos de sólidos presentes.

- a) Sólidos Totales (ST): Consisten en la cantidad de materia que queda como residuo después de una evaporación entre los 103° C a 105° C.
- b) Sólidos Volátiles (SV): Los sólidos Totales sometidos a combustión a una

temperatura de 600° C, durante 20 minutos, transforman la materia orgánica a CO<sub>2</sub> Y H<sub>2</sub>O. Esta pérdida de peso se interpreta en términos de materia orgánica o volátil (SV), los sólidos que no volatilizan se denominan sólidos fijos (SF).

c) Sólidos suspendidos (SS): Constituyen uno de los límites que se fijan a los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Los SS se determinan como la cantidad de material retenido después de filtrar un determinado volumen de muestra (50 ml ) a través de crisoles "GOOCH" o filtros de fibra de vidrio que utilizan como medio filtrante. En la actualidad se prefiere utilizar filtros de membrana con un tamaño de poro de aproximadamente 1.2 micrómetros ( $1.2 \times 10^{-6}$  metros).

d) Sólidos Sedimentables: Los sólidos sedimentables son el grupo de sólidos cuyos tamaños de partícula corresponde a 10 micras o más y que pueden sedimentar.

## **5.6 Sulfatos**

El sulfato (SO<sub>4</sub>) se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de miligramos por litro. Las aguas residuales del drenado de minas de hierro pueden aportar grandes cantidades de sulfato debido a la oxidación de la pirita.

No existe un límite o rango de concentración óptimo de sulfatos para la mayor parte de la fauna acuática, pues existen especies animales que habitan en fuentes de agua que contienen desde unas trazas de sulfatos hasta varios miles de miligramos por litro. Sin embargo, para los propósitos de consumo, se acepta una concentración máxima de 250 ppm

concentraciones mayores a esta provocan efectos laxantes y pueden ocasionar irritación gastrointestinal.

La medición del ion de sulfato por método turbidimétrico parte del supuesto de que la dispersión de un rayo de luz ocasionada por el precipitado de sulfato de bario, es directamente proporcional a la concentración del ion de sulfato en la muestra. Pese a que las curvas de calibración no son exactamente lineales y al hecho mismo de que las mediciones fotométricas se realizan con un fotómetro y no con un nefelómetro, esta forma de medir los sulfatos tiene un grado aceptable de fiabilidad y de reproducibilidad.

Normalmente se puede medir con bastante aproximación concentraciones entre 5 y 60 ppm, con celdas de dos centímetros de camino óptico. Como es de esperar si el camino óptico es mayor se pueden medir rangos de concentración aun mas finos entre dos y veinte ppm.

## **6. JUSTIFICACIÓN**

El agua es un bien que se está agotando en todo el planeta debido a la contaminación de los afluentes naturales y su uso incorrecto; aunque en Colombia existen muchas fuentes de agua estas deben tratar de reutilizarse al máximo para hacerle el menor daño posible al medio ambiente. Uno de los afluentes más importantes del país es el río Bogotá el cual pasa por el Campus de Cajicá donde se construye la nueva sede de la Universidad Militar Nueva Granada este afluente se ve afectado aguas arriba por los vertimientos de otros municipios.

Para el río Bogotá se han efectuado una gran cantidad de estudios técnicos sobre la calidad del agua pero para el tramo ubicado en el Campus Universitario se requiere información más detallada de las características

químicas del agua con el fin de determinar el nivel de calidad del agua y estudiar su posible uso dentro de las instalaciones universitarias aprovechando el afluente en el funcionamiento interno del Campus universitario.

## **7. OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Realizar una caracterización química del agua del río Bogotá para detectar la presencia o no de trazas de sólidos, turbiedad, sulfatos, nitritos y prueba de jarras.

### **Objetivos específicos**

- Identificar la ubicación adecuada donde se van a desarrollar los muestreos del proyecto a partir de visitas técnicas al campus universitario con el fin de obtener la información requerida para su posterior análisis.
- Establecer una caracterización química del río Bogotá en el campus Cajicá de la Universidad Militar Nueva Granada a partir de muestreos en el sitio, analizando las muestras obtenidas en el laboratorio de calidad de aguas respecto a sólidos, turbiedad, sulfatos, nitritos y prueba de jarras. para detectar las sustancias que pueden afectar la salud humana.
- Señalar el posible uso del agua del río Bogotá dentro de las instalaciones del campus universitario de acuerdo con los resultados arrojados en el laboratorio, con el fin de aprovechar este afluente en el funcionamiento de la universidad.
- Expresar en un informe final los resultados de la investigación.

## **8. DELIMITACIÓN**

### **Geográfica**

La investigación se realizará en el Campus de la Universidad Militar Nueva Granada sobre el río Bogotá en el tramo comprendido entre la confluencia del río Neusa hasta la intersección vía Autopista Norte – Cajicá.

### **Cronológica**

La investigación tendrá una duración de 360 horas.

### **Conceptual**

Introducción

1. Planteamiento del problema.
2. Marco teórico.
3. Visitas técnicas para toma de muestras.
4. Caracterización química del agua del río Bogotá en el tramo indicado.
5. Análisis e interpretación de resultados

Conclusiones.

Recomendaciones.

Bibliografía.

## **9. METODOLOGÍA**

La metodología se llevara a cabo de la siguiente forma:

- Recopilar información, haciendo consultas en Internet y bibliográficas.
- Realizar visitas técnicas

- Tomar muestras de agua en diferentes puntos del tramo para su posterior análisis.
- Caracterización química del agua.
- Análisis de la calidad del agua.
- Análisis de resultados y conclusiones
- Elaboración de informe final

## **10. ASPECTO ADMINISTRATIVO**

Para el desarrollo del proyecto se debe contar con los siguientes aspectos

### **Recursos Humanos**

- Ing. Jorge Luis Corredor Rivera. Tutor de la Universidad Militar Nueva Granada
- Ing. Aurora Velasco Rivera
- René Orlando Pinzón Solano. Estudiante Ingeniería Civil Universidad Militar Nueva Granada

### **Recursos Institucionales**

- Universidad Militar “Nueva Granada”.

### **Recursos Técnicos**

- Computador.
- Software: Microsoft Office (word, excel), Internet.
- Fotocopiadora.
- Laboratorios Universidad Militar Nueva Granada

- **Recursos Económicos**

La investigación se realizará con recursos económicos propios del estudiante.

## 11. PRESUPUESTO

<b>PRESUPUESTO TENTATIVO DE LA INVESTIGACIÓN</b>				
<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V. TOTAL</b>
Internet	Hora	150	\$ 1300	\$ 195.000
Impresiones	Unidad	180	\$ 300	\$ 54.000
Papelería (carpetas de presentación, encuadernación, resma de papel, etc.)	Global	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Fotocopias	Unidad	100	\$50	\$ 5000
Reactivos e implementos de laboratorios				\$ 350.000
<b>Subtotal</b>				<b>\$ 649.000</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS*</b>				
Transporte				\$45.000
<b>Costo total</b>				<b>\$ 709.000</b>

## **12. ESQUEMA TENTATIVO DEL TRABAJO**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

**FORMULACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

**ANTECEDENTES**

**JUSTIFICACIÓN**

**OBJETIVOS**

**OBJETIVO GENERAL**

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

#### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **3. VISITAS TÉCNICAS PARA TOMA DE MUESTRAS**

#### **4. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL AGUA DEL RÍO BOGOTÁ EN EL TRAMO INDICADO.**

#### **5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**BIBLIOGRAFÍA**

### 13. CRONOGRAMA

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES									
ÍTEM	ACTIVIDADES	1 mes		2 mes		3 mes		4 mes	
		15	30	45	60	75	90	105	120
1	Recopilar información, haciendo consultas en Internet y bibliográficas.	■	■						
2	Realizar visitas técnicas		■	■		■		■	
3	Tomar muestras de agua en diferentes puntos del tramo para su posterior análisis.		■	■		■		■	
4	Caracterización química del agua.			■		■		■	■
5	Análisis de la calidad del agua.			■		■		■	
6	Análisis de resultados y conclusiones						■	■	■
7	Elaboración de informe final						■	■	■

## **BIBLIOGRAFÍA**

**APHA, AWWA, WPCF.** "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". USA. 1976.

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, CAR.** Programa de monitoreo de la calidad del agua del río Bogotá desde el municipio de Villapinzón hasta la planta de tratamiento de Tibitóc. Zipaquirá: CAR, 2001.

**ENCICLOPEDIA WIKIPEDIA,** "Carbonatos", consultado el 1 de abril 2009, en <http://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato>.

**FUNDACIÓN AL VERDE VIVO.** Estudios físico-químicos de la calidad del agua del río Bogotá de 1958 hasta 1997. Bogotá, 1999. 59 p.

**JAIME ZAMBRANO, Jimena Alexandra. MORA PINZÓN, Myriam Andrea.** Monitoreo de calidad del agua: cuenca alta del río Bogotá, aspectos físico-químicos. Fase V. Bogotá, 2002. il: Tesis (Ingeniería civil). Universidad Militar "Nueva Granada".

**MASKEW FAIR, Gordon.** Ingeniería sanitaria y de aguas residuales. México. Editorial Limusa, 1990.

**MORA GÓMEZ, Jorge Alberto. PORRAS GODOY, Pedro Antonio.** Monitoreo de calidad del agua: cuenca alta del río Bogotá, aspectos físico-químicos. Fase VI. Bogotá, 2002. il: Tesis (Ingeniería civil). Universidad Militar "Nueva Granada".

**RIVERO PARDO, Giovanni. URIBE IBARRA, Maritza Lucia.** Monitoreo de calidad del agua: cuenca alta del río Bogotá, aspectos físico-químicos. Fase VII. Bogotá, 2003. il: Tesis (Ingeniería civil). Universidad Militar "Nueva Granada".

**ROMERO R., J. A.** Acuiquímica. Bogotá. Escuela Colombiana de Ingeniería. 1996.

**SAWYER, C. N. et al.** Química para Ingeniería Ambiental. Bogotá. Editorial Mc Graw Hill. 2001.