

# Diagnóstico ambiental preliminar de la Central Termoeléctrica de Paipa

## RESUMEN

Este trabajo, realizado por el ingeniero Carlos M. Martínez Mora, como uno de los requisitos para optar al título de Magister Scientiae en ingeniería ambiental y dirigido por el ingeniero Jorge Ricardo Bernal, tuvo como objetivo analizar las condiciones actuales de operación de la Central Termoeléctrica de Paipa y establecer las bases para la preparación del expediente ambiental exigido por el Código de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

Se estableció que en el momento operan tres unidades de generación de 33, 66 y 74 megavatios. Se utiliza el agua del río Chicamocha, para condensación y transferencia de calor hacia el ambiente. El combustible utilizado es carbón mineral, cuyas emisiones contaminadoras son cenizas y óxidos de azufre. Se llevó a cabo un programa de muestreo de calidad del agua y se hizo un estimativo de calidad del aire, mediante la aplicación de un modelo de dispersión. Definido el estado actual o de referencia, se realizó un análisis de los efectos predecibles que podría causar sobre la calidad ambiental, la instalación de una cuarta unidad generadora de 150 megavatios. Se hacen varias recomendaciones tendientes a minimizar tales posibles efectos negativos.

El objeto del trabajo fue identificar, evaluar y analizar las condiciones actuales de operación de la Central Termoeléctrica de Paipa, que servirá como base para la preparación del expediente exigido por el Código de los Recursos Naturales Renovables.

Se utilizó la información pertinente disponible en el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL); La Central Termoeléctrica de Paipa (Termopaipa); el Instituto de Meteorología, Hidrología y Adecuación de Tierras (Himat); Carbones de Colombia (Carbocol) y el municipio de Paipa.

Se elaboró un programa de muestreos y medición de variables químicas, físicas y biológicas, para determinar el estado actual que se toma como referencia, y para definir la clase y ubicación de la red de monitoreo de la calidad del aire y del agua, dentro del área de influencia de la Central Termoeléctrica de Paipa.

Fueron seleccionados los sitios para la instalación de estaciones monitoras de aguas, en las que se tomaron muestras para su análisis en el laboratorio.

Se efectuó una medición en la chimenea de la Unidad I, para establecer la calidad de las emisiones a la atmósfera, mediante un modelo de dispersión. Se hizo un estimativo de la concentración de partículas en los alrededores de la Termoeléctrica.

Se revisaron las disposiciones legales vigentes: el decreto 2811 de 1984 (Código de los recursos naturales); el decreto 1541 de 1978 (Utilización de aguas no marítimas); el decreto 2 de 1982 (Regulación de la calidad del aire) y la ley 56 de 1981 (Relaciones entre los municipios y las entidades propietarias de obras).

Una vez definido el estado actual de referencia, se realizó un análisis sobre los efectos predecibles que podría causar la instalación de una cuarta unidad.

Como el expediente ambiental debe contener el análisis de todas las variables que se relacionan con la opera-

**CARLOS MAGNO MARTÍNEZ MORA,**  
Ingeniero mecánico

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de *Magister Scientiae* en ingeniería ambiental.

Director: Jorge Ricardo Bernal  
Ingeniero químico M.Sc.

ción de la Central, se prepararon y adaptaron unos términos de referencia, con el fin de que ICEL y la Electrificadora de Boyacá adelanten la contratación de los estudios complementarios.

**GENERALIDADES DE LA TERMOELÉCTRICA**

**Ubicación de la central**

La Central Termoeléctrica de Paipa está ubicada en la planicie central de la Cordillera Oriental en el departamento de Boyacá, a 2.576 metros de altura sobre el nivel del mar, distante 2,8 km del municipio de Paipa, sobre la margen izquierda del río Chicamocha

**Descripción de la Central**

La Central Termoeléctrica utiliza, para su funcionamiento, el carbón como combustible principal, y *Fuel oil* y *ACPM*, como combustibles de arranque y auxiliares. Posee tres unidades de generación de 33, 66 y 74 megavatios. La Central se encuentra integrada al sistema eléctrico nacional por intermedio de la Electrificadora

de Boyacá y el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL), que forma parte de Interconexión Eléctrica S.A. (ISA).

La energía generada es consumida, en parte, por el propio departamento, y su excedente vendido al sistema nacional, por medio de líneas de transmisión a 230.000 voltios.

Por razones de orden técnico del sistema interconectado, se ha considerado la posibilidad de instalar una cuarta unidad con capacidad 150.000 kilovatios, que se ubicaría junto a las plantas actuales. Esto duplicaría la potencia eléctrica instalada, con el consiguiente incremento del uso del aire, agua y combustibles, lo cual acentuará el impacto y los posibles efectos sobre el entorno.

Teniendo en cuenta tales razones, el estudio se orientó hacia la finalidad de proveer información necesaria para la implantación de un programa de seguimiento de las características ambientales, que permita evaluar los

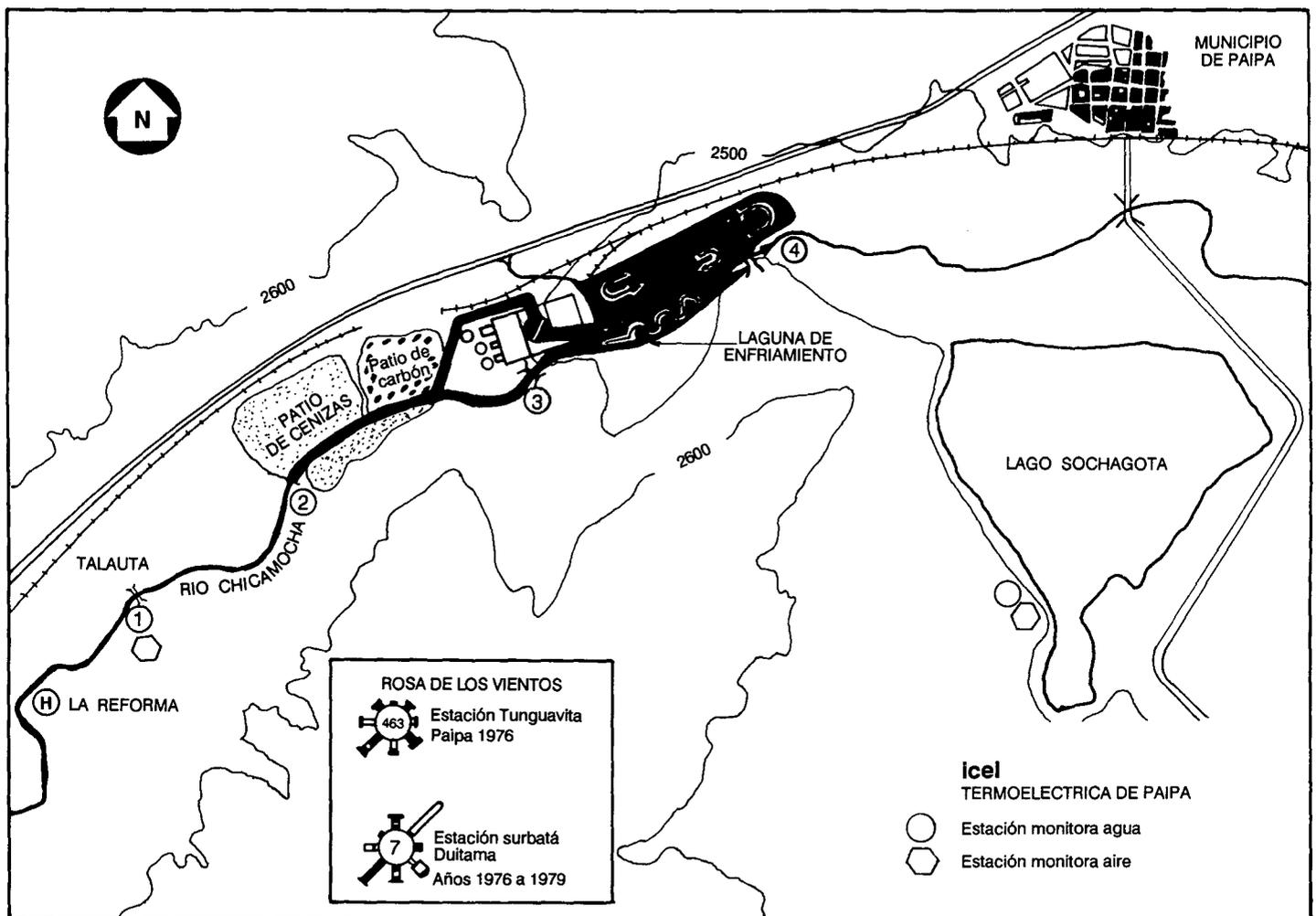


FIGURA 1

cambios que se presenten y su significado en cuanto a la calidad del ambiente.

**CONDICIONES ACTUALES DE OPERACIÓN**

**Medio terrestre**

El sistema terrestre está localizado en la Cordillera Oriental del altiplano Cundiboyacense, a 2.580 m de altitud, cuyas coordenadas son: 5 grados 46 minutos Norte y 73 grados 09 minutos Oeste, dentro del área climática de influencia ecuatorial.

En términos generales, el clima está regulado principalmente por el régimen de vientos y la topografía de la región, en gran parte determinados por la cuenca del río Chicamocha.

La región está situada en un piso térmico frío; la temperatura ambiente en el sitio tiene un promedio de 14<sup>0</sup> C y una presión atmosférica de 565 mm. Hg.

Dentro de la región existen dos estaciones meteorológi-

cas: "Tunguavita", en Paipa a 2.540 m de altitud, y "Surbatá", en Duitama, a 2.532 m de altitud.

**Medio aéreo**

El medio aéreo está compuesto por las masas de aire, asociadas a la meteorología de la zona.

El Ministerio de Salud posee en Boyacá 3 estaciones monitoras de la calidad del aire; una de ellas se encuentra en el municipio de Nobsa.

La información meteorológica tiene su origen en datos de las estaciones que funcionan en Duitama y Paipa.

**Medio acuático**

El medio acuático en el área de la planta está conformado, de manera general, por el cauce y la hoya del río Chicamocha o "Grande", el cual se forma por la confluencia de los ríos Chulo, Tuta y otros afluentes menores, que se agregan a medida que el río desciende por el valle que toma el nombre genérico de "Valle de Soga-

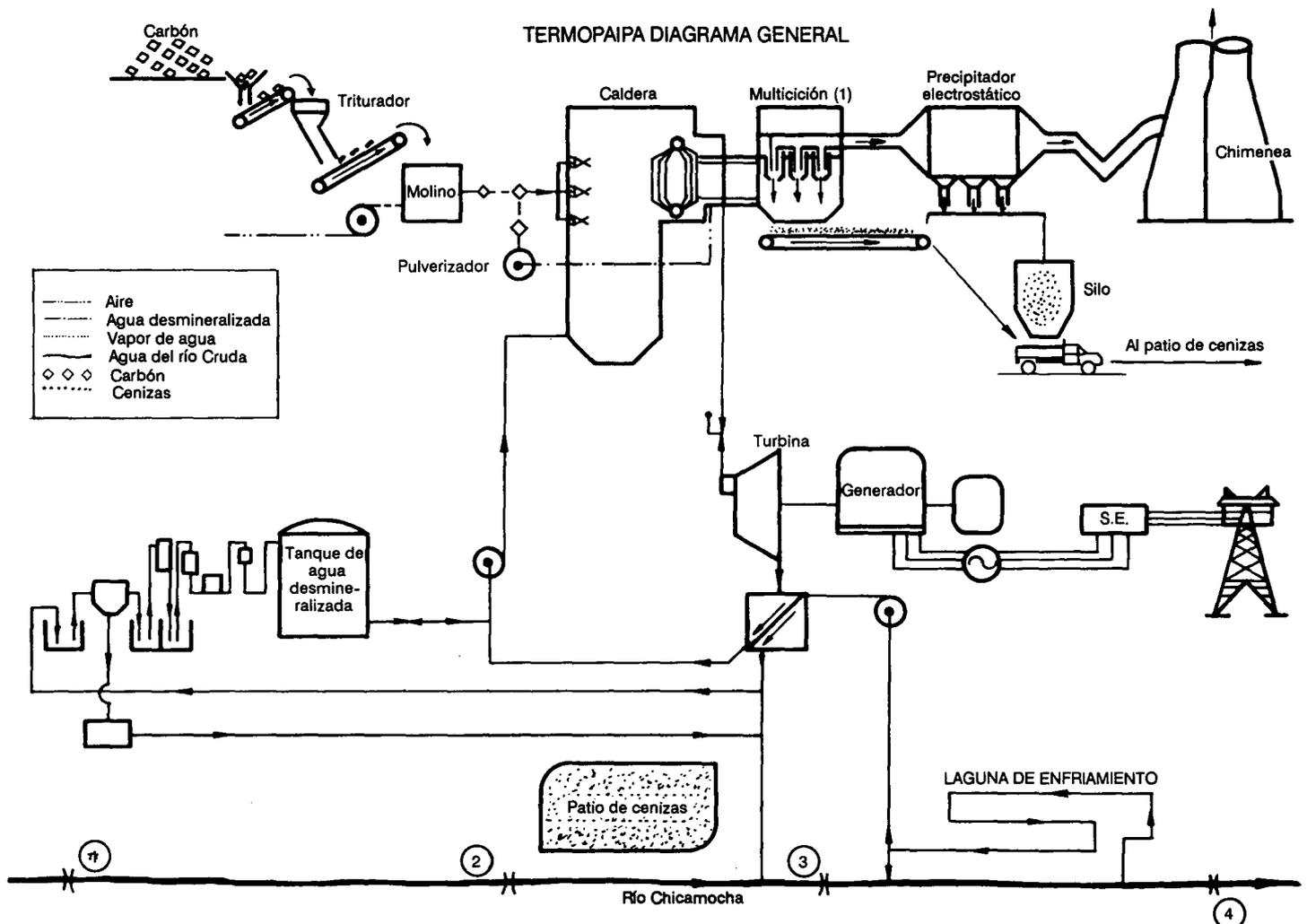


FIGURA 2

moso".

También forman parte del ecosistema acuático los embalses existentes: La playa (HIMAT) y el lago de enfriamiento de Termopaipa.

El lago de enfriamiento de la Central Termoeléctrica, está destinado a transferir al ambiente el calor del proceso, que es tomado por el agua del río, en su paso por los condensadores de cada una de las unidades térmicas de la Central.

La entrega de calor del aire se realiza, en el lago, por medio de un recorrido que efectúa el agua en canalizaciones internas construidas dentro del embalse, de manera que la mezcla de agua se realiza gradualmente y permite la transferencia del calor al aire por intermedio de su superficie de exposición, de 58,1 hectáreas.

Para la determinación de la cantidad y la calidad del agua, se ubicaron las estaciones de monitoreo y medición y se establecieron cuatro estaciones principales.

El río recibe constantemente gran cantidad de nutrientes y sólidos disueltos, que permiten el crecimiento de las comunidades de bacterias y hongos que, con la ayuda de la temperatura, se reproducen en forma acelerada.

En el lago de enfriamiento de la Central Térmica se ha desarrollado una vegetación acuática, compuesta por algas y el llamado buchón de agua (*Eichornia crassipes*), planta que se considera maleza y que se ha tratado de combatir sin éxito.

En la generación del vapor de agua para uso en el ciclo termodinámico y la posterior obtención de energía eléctrica, se usa agua desmineralizada en un circuito cerrado. La planta posee sistemas de tratamiento que operan bajo un estricto control de calidad, pues de ello depende la duración de la caldera, los equipos mecánicos y la eficiencia del proceso.

En la operación de condensación, el agua de la caldera transfiere grandes cantidades de calor al agua del río, que se estiman en 1.300 kcal/hora/kw. En el caso de Termopaipa, representan 227,5 Mcal/hora.

### Combustibles

La Central Termoeléctrica de Paipa utiliza carbón como combustible, que procede de diferentes zonas del departamento de Boyacá.

Los efectos sobre la calidad del aire en el área de influencia dependerán en parte, de la composición fisicoquímica del carbón.

Para determinar las características de los diferentes tipos de carbón que ingresan a la Central, se escogieron como los más representativos, los carbones de Paipa, Tópaga y Corrales, a los que se realizó análisis.

### Area de influencia

Se determinó el área de influencia de la Central mediante los diversos factores físicos, químicos y biológicos de los cuales se tuvo conocimiento.

La ley 56 de 1981, en su artículo sexto, determina que también estarán en el área de influencia de la Central, los municipios donde tenga lugar la explotación del carbón que se use en la Central; dicha área deberá ser definida en el estudio socioeconómico.

Según el Decreto No. 2 de 1982, la Central está ubicada dentro del área urbana del municipio de Paipa.

La presencia de industrias en el área, genera una contaminación de fondo, que se debe tener en cuenta en el monitoreo y análisis de la calidad del aire.

### Las cenizas

Las cenizas son subproducto de la combustión del carbón. En la Central Térmica se recogen en precipitadores electrostáticos y en colectores ciclónicos. La disposición se efectúa en un patio adyacente al de almacenamiento de carbón, ubicado a lado y lado del río Chicamocha.

El volumen de cenizas acumulado en el patio ha sobrepasado su capacidad de almacenamiento y, en algunos puntos, la altura de las cenizas es tal, que facilita la acción de los vientos sobre las partículas más finas, dispersándolas hacia las áreas adyacentes a la Central.

Ha existido siempre la preocupación de dar utilización a las cenizas pero, debido al alto contenido de carbón presente en ellas (sin quemar), han surgido problemas técnicos para su empleo a nivel industrial.

La cantidad de cenizas que se recoge y almacena en la planta es de 150 toneladas por día, lo que da una idea de la magnitud del problema; el espacio disponible dedicado a ese propósito, se encuentra saturado.

### Aportes importantes del proyecto

Como contribuciones del proyecto se destacan:

- Creación de la base de datos.
- Diseño de la red de monitoreo ambiental.
- Especificación de los equipos para cada estación.
- Instalación de las estaciones en el río Chicamocha,

con el fin de llevar el monitoreo, en forma periódica, de la calidad de sus aguas.

- Toma de muestras de la calidad de las aguas del río Chicamocha, análisis e interpretación de resultados.
- Realización del muestreo isocinético en la Unidad I.
- Análisis de muestras integradas de los diversos tipos de carbón y cenizas.
- Recolección, selección y agrupación de gran parte de la información de utilidad para el diagnóstico ambiental.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Recapitulación

El trabajo desarrollado consistió fundamentalmente en: la creación de la base de datos; el diseño y fijación de las estaciones de monitoreo de la calidad de agua y aire y la selección de los equipos para las estaciones de monitoreo de la calidad del aire.

La evaluación ambiental total de la Central tendrá como punto de referencia la investigación aquí desarrollada.

Será de utilidad, para la evaluación ambiental, la información sobre la calidad del agua y del aire, relacionada con la Central Termoeléctrica de Paipa.

Se espera que el ICEL y la Electrificadora de Boyacá acojan las recomendaciones pertinentes y realicen la instalación y complementación de las estaciones para el monitoreo de la calidad ambiental, dentro del área de influencia.

Con los datos que se obtengan del seguimiento de los parámetros ambientales, se reforzará el conocimiento sobre la influencia de la Central en el ambiente.

Una evaluación ambiental integral deberá contener, además de los temas tratados en el presente estudio, investigaciones complementarias, socioeconómicas de seguimiento de fenómenos críticos, como el de las cenizas, el calentamiento y control de la temperatura del río e investigaciones sobre la vegetación acuática y su relación con la calidad de las aguas del río Chicamocha.

### Estado Actual de referencia

#### Medio terrestre

##### Conclusiones.

- a. El ecosistema terrestre está delimitado por el sitio de la planta y por los municipios en donde se realiza la explotación del carbón que provee a Termopaipa.

- b. El ecosistema terrestre se ve afectado por el transporte de combustibles y por la disposición de cenizas luego del proceso de combustión. Este problema es el más crítico en la Central.

##### Recomendaciones

- a. Habilitar el ferrocarril para el transporte del carbón.
- b. Estudiar la posibilidad del transporte de cenizas en los vagones que se empleen para la movilización del carbón, de manera que las cenizas se puedan ubicar en socavones de minas improductivas o en cualquier área susceptible de ser rellenada.
- c. Medir y estudiar las características de las cenizas en cada uno de los compartimientos y tolvas de los precipitadores electrostáticos, con miras a determinar la asociación de inquemados con el tamaño de las mismas, y así obtener alguna fracción de cenizas utilizables en la industria cementera.
- d. Para el transporte del carbón se propone la adecuación de patios alternos de almacenamiento temporal en Tunja o Samacá y en el área de Duitama, para luego transportarlo por ferrocarril hasta el patio de carbón de Termopaipa.
- e. Se deberá estudiar, también, lo referente a la erosión en las bases de las estructuras metálicas de las líneas de transmisión de la electricidad.

#### Medio acuático

##### Conclusiones

- a. El agua del río Chicamocha, a su paso por la planta, recibe el impacto térmico causado por la Central.
- b. El río ingresa a la zona de influencia de la Central, con una carga de materia orgánica y bacterias, que se altera por la acción de la temperatura.
- c. El río Chicamocha, en los períodos de sequía, sufre disminución de sus caudales, con la consiguiente alteración de la calidad de sus aguas.
- d. Se comprobó la modificación del contenido de oxígeno disuelto en las aguas del río, en función de las variaciones de la temperatura.

##### Recomendaciones

- a. Complementar las estaciones de monitoreo de calidad del agua en el río Chicamocha, dotándolas de los instrumentos necesarios.
- b. Las estaciones de monitoreo deberán estar provistas de instrumentos de tecnología actualizada y, en lo posible, instrumentos con sensores remotos.

- c. Crear el laboratorio de ingeniería ambiental en la Central, o complementar los laboratorios de aguas y de carbón existentes.
- d. La vegetación acuática (jacintos) deberá ser evaluada y, de resultar viable, utilizarla en la alimentación animal o en la preparación de abonos.
- e. Para el monitoreo de los coliformes, se deberán tomar muestras periódicas del agua del río, con el fin de identificar su origen.
- f. Reparar las compuertas del dique del lago de enfriamiento e integrarlas a la programación de control del río Chicamocha, de manera que se complementen las demás acciones propuestas, ya que al permanecer inactivas se constituyen en un obstáculo para desarrollar medidas de control.
- g. El jacinto de agua no debe verse únicamente como un enemigo al que hay que combatir, sino como una especie que se debe conocer y tratar de aprovechar.

### Medio aéreo

#### Conclusiones

- a. La Central contribuye a la contaminación por partículas y óxidos de azufre en la región; sin embargo, los valores medidos y calculados para las emisiones de partículas y óxidos de azufre, no alcanzan a superar las normas establecidas por el Ministerio de Salud.
- b. El patio de cenizas, por su cercanía a la planta y su capacidad limitada para el almacenamiento, constituye un foco de contaminación.

#### Recomendaciones

- a. Para aminorar la contaminación por partículas, se deberá proveer a la Unidad I de un precipitador electrostático.
- b. Los combustibles se deberán mezclar en proporciones adecuadas, según las características fisicoquímicas de los diversos carbones, de manera que se logre la disminución del contenido de los agentes contaminantes.
- c. Para evaluar la cantidad de contaminantes, se deberán instalar las estaciones de monitoreo de calidad del aire.
- d. Se estudiarán los aspectos técnicos para optimizar la combustión del carbón, mejorar la eficiencia de la caldera y reducir los inquemados.

### Ampliación de la Central

#### Conclusiones

- a. La implantación de una cuarta unidad traerá como consecuencia la alteración de las vías de comunicación, como la carretera y el ferrocarril.
- b. La disposición de las acometidas de las nuevas redes de Interconexión Eléctrica saturarían el poco espacio disponible.
- c. Se incrementará la producción y acumulación de cenizas en casi el doble.

#### Recomendaciones:

- a. Realizar el estudio socioeconómico que señala la ley 56 de 1981.
- b. Definir el área de influencia total de la Central.
- c. Se deberá tener especial cuidado con la acumulación de las líneas eléctricas.
- d. La unidad que se instale para ampliar la Central, deberá optimizar las condiciones de combustión, de manera que las cenizas que se produzcan posean bajos inquemados.
- e. Para el diseño de la caldera se deberán tener en cuenta las condiciones de altitud (presión y temperatura del sitio de la planta).

### Medio acuático

#### Conclusión

- a. El análisis de la cantidad y calidad de las aguas, hace prever que estas se afectarán debido al mayor consumo en la planta.

#### Recomendación

- a. Para aminorar los efectos sobre el río y la atmósfera circundante, se deberá proveer a la Central de una torre de enfriamiento de sistema cerrado, para evitar las pérdidas por evaporación.

### Medio aéreo

#### Conclusión

- a. Se incrementarán las emisiones de partículas y óxidos de azufre.

#### Recomendaciones

- a. Dotar a la cuarta unidad, de un precipitador electrostático de control de emisiones de partículas, y de un absorbedor para el control de las emisiones de óxidos de azufre. La ley considera que se debe hacer un estudio cuando la Central consuma combustibles en el orden de 2.000 millones de kilocalorías por día.

- b. Construir una chimenea con altura mínima de 100 m.
- c. Preparar mezclas de carbones, de manera que se puedan controlar previamente los contaminantes.
- d. Hacer seguimiento a la calidad del aire, mediante la instalación de las estaciones de monitoreo.
- e. Los conductores para las líneas de electricidad ubica-  
das dentro del área de influencia de contaminación por óxidos de azufre, deberán ser de aleaciones especiales, resistentes a la corrosión.
- f. Se puede anticipar que, de tenerse en cuenta las presentes recomendaciones, se podrá instalar la cuarta unidad. De lo contrario, sería contraproducente, ya que se obtendrían resultados perjudiciales para el ambiente.