



EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA DE BOGOTA

DESARROLLO HIDROELECTRICO DE LOS RIOS NEGRO Y HUMEA

INFORME DE FACTIBILIDAD

VOLUMEN III

PROYECTO GUAYABETAL

CONSORCIO

GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. - INTEGRAL LTDA.

BOGOTA, JULIO 1982

333.910986L

ESSd

Ej. 2

24 MAR. 1983

RJ 166

BUSOTA

DESARROLLO HIDROELECTRICO DE LOS RIOS GUAYABETA Y RUMEA

INFORME DE FACTIBILIDAD

VOLUMEN I

PROYECTO GUAYABETA



Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA



EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA DE BOGOTA

DESARROLLO HIDROELECTRICO DE LOS RIOS NEGRO Y HUMEA

INFORME DE FACTIBILIDAD

VOLUMEN III

PROYECTO GUAYABETAL

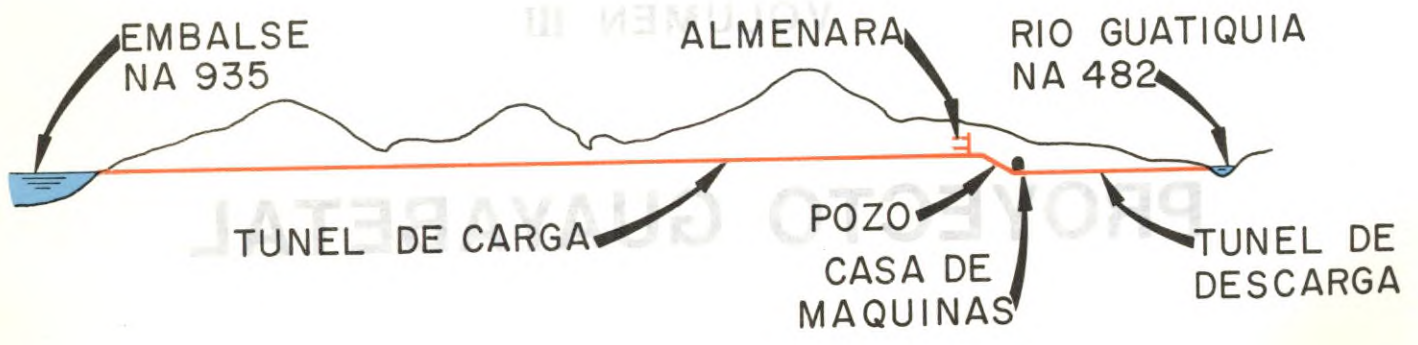
CONSORCIO

GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. - INTEGRAL LTDA.

BOGOTA, JULIO 1982



PLANTA



PERFIL

PROYECTO GUAYABETAL

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

DATOS GENERALES	Caudal de Diseño : 125 m ³ /s. Salto Bruto Máximo : 440 m. Salto Neto de Diseño : 409 m. Capacidad Instalada : 430 MW. Generación Media Anual : 2 497 GWh-año. Energía Confiable : 2 278 GWh-año. Energía Primaria : 1 708 GWh-año. Factor de Planta Promedio : 0.66.
DATOS HIDROLOGICOS	Area de la Hoya Hidrográfica : 2 462 km ² . Precipitación Media Anual : 2 000 mm. Caudal Medio del Río : 100 m ³ /s. Volumen Anual de Sedimentos : 3.3 Mm ³ .
EMBALSE	Area : 90 ha. Volumen Total Inicial : 20 Mm ³ . Volumen Util : 0. Nivel Máximo : cota 935. Nivel Mínimo : cota 935.
DESVIACION	Capacidad : 2 000 m ³ /s. Longitud de los Túneles : 2 de 225 m cada uno. Sección : Herradura de 10 x 10 m. Atagüfa : En concreto de 27 m de altura.
REBOSADERO	Tipo : Vertedero sobre la presa. Sección Central : con 2 compuertas de 17 x 21 m. Sección Lateral : sin control. Capacidad Máxima : 10 600 m ³ /s.
PRESA	Tipo : Gravedad de concreto. Altura : 97 m. Volumen : 265 000 m ³ . Taludes : 0.75 H : 1 V aguas abajo.
CONDUCCION	Túnel de Carga : Longitud 13 800 m. Sección : Herradura modificada 7.4 x 7.3 m. Pozo Elindado Inclinado de : 380 m y 4.80 m de diámetro. Distribuidor de : 3.40 m de diámetro en una longitud de 50 m y de 2.40 m de diámetro en 250 m de longitud.
CASA DE MAQUINAS	Tipo : Subterránea. Capacidad Instalada : 430 MW. Turbinas : 4 Pelton de 111 MW. 4 Generadores sincrónicos de 113 MVA. 7 Transformadores monofásicos de 87 MVA.
TUNEL DE DESCARGA	Longitud : 3 900 m. Sección : Herradura de solera plana de 6.70 x 6.70.
CANAL DE RESTITUCION AL RIO GUAYURIBA	Longitud : 16.6 km. Caudal Diseño : 40 m ³ /s. Sección del Canal : Trapezoidal. Pendiente : 1‰.
COSTO DEL PROYECTO	US \$ 332 millones.

VOLUMEN III

INDICE

<u>CAPITULO</u>	<u>PAGINA</u>
I INTRODUCCION	III.I.1
II DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA	III.II.1
2.1 Localización	III.II.1
2.2 Accesos	III.II.1
2.3 Hidrografía y Orografía	III.II.1
2.4 Hidrología General	III.II.2
2.5 Vegetación y Suelos	III.II.2
2.6 Población	III.II.3
III CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA	III.III.1
3.1 Climatología	III.III.1
3.2 Caudales Medios Mensuales	III.III.2
3.3 Crecientes	III.III.4
3.4 Sedimentos	III.III.7
IV GEOLOGIA Y MATERIALES DE CONSTRUCCION.	III.IV.1
4.1 Introducción	III.IV.1
4.2 Condiciones Geotécnicas en el Sitio de Presa.	III.IV.2
4.3 Condiciones Geotécnicas en el Túnel de Desviación.	III.IV.7
4.4 Condiciones Geotécnicas en los Túneles de Conducción, Descarga y la Casa de Máquinas.	III.IV.8
4.5 Condiciones Geotécnicas en el Embalse.	III.IV.13

<u>CAPITULO</u>	<u>PAGINA</u>
4.6 Riesgo Sísmico	III.IV.13
4.7 Materiales para Construcción	III.IV.14
 V POTENCIA Y ENERGIA	 III.V.1
5.1 Introducción	III.V.1
5.2 Volumen del Embalse	III.V.1
5.3 Capacidad Instalada	III.V.3
5.4 Producción Energética	III.V.3
5.5 Canal de Restitución Guatiquía-Guayuriba.	III.V.4
5.6 Costos de Potencia y Energía	III.V.4
 VI ESQUEMA GENERAL E INFRAESTRUCTURA.	 III.VI.1
6.1 Localización y Accesos	III.VI.1
6.2 Esquema del Proyecto	III.VI.1
6.3 Hidrología y Sedimentos	III.VI.2
6.4 Generación	III.VI.2
6.5 Embalse	III.VI.3
 VII PRESA Y OBRAS ANEXAS	 III.VII.1
7.1 Presa	III.VII.1
7.2 Rebosadero	III.VII.4
7.3 Descarga de Fondo	III.VII.5
 VIII CONDUCCION Y OBRAS DE GENERACION	 III.VIII.1
8.1 Obras de Captación	III.VIII.1
8.2 Obras de Conducción	III.VIII.3
8.3 Casa de Máquinas	III.VIII.4
8.4 Obras de Descarga	III.VIII.10
8.5 Subestación	III.VIII.11
 IX CANAL DE RESTITUCION AL RIO GUAYURIBA.	 III.IX.1

<u>CAPITULO</u>	<u>PAGINA</u>
9.1 Generalidades	III.IX.1
9.2 Estructura de Bifurcación	III.IX.1
9.3 Captación	III.IX.2
9.4 Canal	III.IX.2
 X ASPECTOS AMBIENTALES	 III.X.1
10.1 Generalidades	III.X.1
10.2 Estado Ambiental de la Cuenca Hidrográfica.	III.X.2
10.3 Impacto Ambiental del Proyecto	III.X.4
 XI COSTOS Y PRESUPUESTO	 III.XI.1
11.1 Generalidades	III.XI.1
11.2 Precios Unitarios	III.XI.1
11.3 Presupuestos	III.XI.1
11.4 Costos de Energía y Capacidad Instalada.	III.XI.2
 XII PROGRAMAS DE CONSTRUCCION Y DESEMBOLOSOS.	 III.XII.1
12.1 Generalidades	III.XII.1
12.2 Programa de Construcción	III.XII.1
12.3 Programa de Desembolsos	III.XII.2

CUADROS

3.1	Proyecto Guayabetal - Serie Histórica de Caudales Reconstruidos Estocásticamente en el Sitio de Presa.
5.1	Subsistema-Quetame-Guayabetal. Efecto del Embalse de Guayabetal sobre la Producción de Energía.

- 5.2 Generación del Subsistema Quetame-Guayabetal.
- 5.3 Generación Hidroeléctrica del Sistema Compuesto.
- 5.4 Proyecto Guayabetal - Costos de Potencia y Energía.
- 6.1 Proyecto Guayabetal - Características Generales.
- 9.1 Caudales Restituídos al Río Guayuriba.
- 10.1 Principales Características Ambientales de los Proyectos.
- 10.2 Identificación de los Efectos Ambientales de los Proyectos.
- 11.1 Proyecto Guayabetal - Presupuesto Resumen
- 12.1 Proyecto Guayabetal - Programa de Construcción.
- 12.2 Proyecto Guayabetal - Programa de Desarrollos.

FIGURAS

- 3.1 Crecientes de Diseño para la Presa de Guayabetal.
- 5.1 Configuración del Subsistema Quetame-Guayabetal.
- 5.2 Subsistema Quetame-Guayabetal. Generación Hidroeléctrica Promedia.
- 5.3 Subsistema Quetame-Guayabetal. Generación Hidroeléctrica Firme Promedia.



INDICE DE PLANOS

- I-1 Región de los Estudios
- I-2 Localización General de los Proyectos
- I-3 Información Hidrológica
- I-4 Mapa Geológico Regional

- G-1 Proyecto Guayabetal - Esquema General - Central Subterránea.
- G-2 Proyecto Guayabetal - Presa y Obras Anexas - Planta y Cortes.
- G-3 Proyecto Guayabetal - Presa - Rebosadero - Cortes y Detalles - Cortina de Inyecciones.
- G-4 Proyecto Guayabetal - Túnel de Desviación y Descarga de Fondo.
- G-5 Proyecto Guayabetal - Captación y Túnel de Carga - Planta, Cortes y Detalles.
- G-6 Proyecto Guayabetal - Central Subterránea - Zona de Casa de Máquinas.
- G-7 Proyecto Guayabetal - Central Subterránea - Planta
- G-8 Proyecto Guayabetal - Central Subterránea - Secciones.
- G-9 Proyecto Guayabetal - Esquema General - Central Superficial.
- G-10 Proyecto Guayabetal - Central Superficial - Planta y Secciones.
- G-11 Proyecto Guayabetal - Canal de Restitución al Río Guayuriba.
- G-12 Proyecto Guayabetal - Programa de Construcción
- G-13 Proyecto Guayabetal - Embalse y Conducción - Mapa Geológico.
- G-14 Proyecto Guayabetal - Sitio de Presa - Mapa Geológico.
- G-15 Proyecto Guayabetal - Central Subterránea - Mapa Geológico.

1-1	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-2	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-3	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-4	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-5	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-6	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-7	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-8	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-9	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-10	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-11	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-12	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-13	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-14	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-15	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-16	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-17	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-18	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-19	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-20	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-21	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-22	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-23	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-24	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-25	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-26	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-27	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-28	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-29	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas
1-30	Proyecto Guayabeta - Sistema General - 2 Entradas

CAPITULO I

Introducción

CAPITULO I

INTRODUCCION

En diciembre de 1980 el Consorcio Gómez, Cajiao y Asociados e Integral Ltda., presentó a la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá el Informe de Prefactibilidad del Desarrollo Hidroeléctrico de los Ríos Negro-Guayuriba y Hoyas Vecinas. En dicho informe se recomendaron para estudio a nivel de Factibilidad los proyectos de Quetame y Guayabetal sobre el Río Negro y el de Humea sobre el río del mismo nombre.

En la Etapa de Prefactibilidad se definió un esquema básico, en el cual, el sitio de presa coincide con el inicialmente propuesto por el Estudio del Sector de Energía Eléctrica (ESEE), para la localización de la central se cambió al desarrollar el salto hacia el río Guatiquía. El esquema consta de las siguientes partes :

- Una presa vertedero de concreto gravedad, de 97 m de altura, localizada aguas abajo de la quebrada Chirajara.
- Una conducción en túnel de 14.5 km de longitud, una central subterránea localizada en la cota 495 y un túnel de descarga de 3.9 km de longitud que restituye el agua al río Guatiquía unos 4 km aguas arriba de Villavicencio.
- Un canal de restitución de 16.6 km de longitud que restituirá caudales de verano al río Guayuriba.

Se ha considerado, asimismo, localizar la central en superficie, con lo cual se incurriría en un mayor costo. La decisión final para la selección entre las dos alternativas requerirá estudios geotécnicos más detallados, pero para propósitos de factibilidad se presenta la alternativa en caverna. En la alternativa de central superficial, las obras de presa y conducción serían idénticas a las descritas para la central en caverna. La conducción tendría un tramo blindado en el último tramo de 3.9 km.

En este volumen, Volumen III del Informe de Factibilidad, se presen
tan los resultados finales de la factibilidad técnica del proyecto Guaya
betal, los cuales incluyen sus aspectos generales, características téc
nicas, presupuestos y programas de construcción.

En el Volumen I de este informe, se describe su interrelación con los
proyectos de Quetame y Humea, y en los Apéndices A a E, se presen
tan en detalle los estudios específicos ejecutados, las metodologías uti
lizadas y la información básica recopilada en las áreas de hidrología y
sedimentos, geotecnia, materiales, energía, ecología y socioeconómi-
ca.

CAPITULO II

DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA

2.1 LOCALIZACION

El Proyecto Guayabetal está localizado en el Departamento de Cundinamarca y Meta sobre la vertiente oriental de la Cordillera Oriental. La presa está localizada sobre el Río Negro a unos 4 Km de la población de Guayabetal, a 82 km al oriente de Bogotá y a 38 km de Villavicencio; su localización se muestra en el Plano I-2.

La cuenca del Río Negro hasta el Proyecto Guayabetal incluye : los municipios de Fómeque, Choachí, Ubaque, Chipaque, Cáqueza, Une, Fosca, Quetame, Gutiérrez y Guayabetal. El embalse está localizado en los municipios de Gutiérrez y Guayabetal.

De acuerdo con el Estudio del Sector de Energía Eléctrica , (ESEE) el Proyecto está localizado en la Cuenca 2 de la Zona 3, Región II.

2.2 ACCESOS

La carretera Bogotá-Villavicencio constituye la vía de acceso al sitio de presa del Proyecto Quetame, y referenciado al abscisado de la carretera, las obras están localizadas en el kilómetro 82, unos cinco kilómetros aguas abajo de la población de Guayabetal.

Para el acceso al portal de salida del túnel de descarga de la central se utiliza un carreteable que parte de Villavicencio y sube por la margen derecha del Río Guatiquía. Su distancia de la población es de 4 km .

2.3 HIDROGRAFIA Y OROGRAFIA

El río que se aprovechará para el Proyecto es el Río Negro, el cual en el Departamento del Meta cambia su nombre a Río Guayuriba. El Río Guayuriba es afluente del Río Meta que, a su vez,

desemboca en el Río Orinoco. Los principales afluentes del Río Negro son los ríos Blanco Norte que nace en el Páramo de Chingaza, y los ríos Cáqueza y Blanco Sur que nacen en el Páramo de Sumapaz. La hoya de estos ríos limita por el norte con la cuenca del Río Bogotá, por el occidente con las del Río Bogotá y el Río Sumapaz, por el sur con la del Alto Ariari y por el oriente con la del Río Guatiquía.

En correspondencia con su localización geográfica en la Cordillera Oriental, la zona del proyecto tiene escarpado relieve con la mayor parte de su área, con pronunciadas pendientes y cañones profundos donde corren los ríos principales. Las cabeceras de los ríos están localizadas en las partes más altas de la Cordillera, a elevaciones superiores a los 3 000 metros sobre el nivel del mar. Las pendientes de los ríos son muy pronunciadas y en el caso del Río Negro, su pendiente es de 11% entre su nacimiento y la cota 2 000, y se reduce a 2% en su tramo inferior.

2.4 HIDROLOGIA GENERAL

La distribución anual de las lluvias se presenta en dos periodos, uno de alta precipitación que abarca los meses de abril a noviembre y uno relativamente seco que incluye los meses de diciembre a abril. El mes de abril puede considerarse como de transición. El mes más lluvioso es julio y el más seco, febrero.

La intensidad de las lluvias en el área del proyecto varía notablemente con la altura. En la cuenca del Río Negro, hasta el sitio de presa la precipitación media anual es de 2 000 mm.

El área de la cuenca del Río Negro hasta el lugar de emplazamiento de la presa es de 2 460 km² y dado que el caudal medio del río es de 100 m³/s, su rendimiento corresponde a 41 litros/km². El histograma de caudales medios mensuales se presenta en el plano I-3.

2.5 VEGETACION Y SUELOS

Prácticamente toda la hoya del Río Negro presenta una acentuada erosión de los suelos, tanto superficial como de movimientos masivos. Es notable la desprotección vegetal de la zona del Proyecto

Quetame y la intensa actividad agrícola de los suelos que aún presentan alguna fertilidad. Aguas abajo de dicho embalse, hasta el sitio de presa de Guayabetal, las zonas cultivadas son prácticamente inexistentes debido a lo abrupto de la topografía. Cerca al sitio de presa existe una pequeña zona boscosa, actualmente en periodo de extinción.

2.6 POBLACION

Aguas arriba del Proyecto Quetame la cuenca del Río Negro está densamente poblada, casi en su totalidad en zonas de minifundio y existen centros urbanos importantes tales como Fόμεque, Choachí, Cáqueza, Chipaque, etc, aguas abajo de dicho proyecto, debido a lo escarpado del terreno, la zona está prácticamente deshabitada. La población de esta zona se encuentra congregada en el pueblo de Guayabetal, el cual se encuentra localizado por encima de la cota de inundación del embalse.

1. Introducción
2. Objetivos
3. Metodología
4. Resultados
5. Conclusiones

El presente trabajo tiene como objetivo principal...
Se utilizaron los siguientes métodos...
Los resultados obtenidos demuestran que...
En conclusión, se puede afirmar que...

CAPITULO III

Climatología e hidrología



CAPITULO III

CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA

3.1 CLIMATOLOGIA

A causa de su topografía, el clima de la región es muy variado y depende de los pisos térmicos, asociados con la elevación sobre el nivel del mar.

En la hoya del Río Negro-Guayuriba la gama de climas va desde los páramos, a más de 3 000 m de altura, hasta las tierras cálidas del Pie de Monte de los Llanos Orientales, a 500 m de altitud. De la hoya del río hasta el Pie de Monte, el 82% está comprendido entre las cotas 1 000 y 500.

El patrón general que caracteriza el comportamiento de las lluvias en la hoya del proyecto, se origina principalmente en los Vientos Alisios predominantes en los cuadrantes NE y SE, que chocan con la barrera topográfica de la Cordillera Oriental, actuando en conjunto con el desplazamiento del Frente Intertropical de Convergencia (FIC).

Los fenómenos anteriormente descritos determinan los periodos estacionales lluviosos y secos. El periodo lluvioso ocurre de mayo a noviembre, y el seco o de verano, de diciembre a abril. Los mayores registros de lluvias, de orden de 5 500 mm/año, se presentan en la zona del Pie de Monte y van disminuyendo hacia el centro de la cordillera, lo cual refleja el efecto de la barrera topográfica sobre los Vientos Alisios.

En el Proyecto Guayabetal, cuyo embalse está localizado a 935 metros sobre el nivel del mar, la precipitación media anual es de unos 2 000 mm, y varía desde 1 000 mm/año en el páramo, hasta unos 4 700 mm/año en la zona de la presa.



3.2 CAUDALES MEDIOS MENSUALES

3.2.1 Generalidades

Sobre el Río Negro-Guayuriba sólo existen dos estaciones hidrométricas con un periodo adecuado de registros. Cerca del sitio del Proyecto Quetame, aguas arriba de la desembocadura del Río Sáname, y a 6 Km del sitio de presa de Quetame, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) ha venido operando la estación de Oro Podrido desde 1957. La estación de Puente Carretera, operado por el Himat, cuenta con 11 años de registros y está localizada al final del cañón del río, donde éste entra a los Llanos Orientales. A mediados de 1980 el Himat instaló las estaciones de Guacapate, cerca del sitio de presa de Quetame, Caseteja, cerca del sitio de presa de Guayabetal, y El Palmar sobre el Río Blanco, cerca de su desembocadura en el Río Negro. Además, durante el periodo de los estudios se instalaron 5 estaciones limnimétricas.

3.2.2 Caudales Medios Mensuales

Con el fin de tener un estimativo de los caudales en los sitios específicos de los proyectos, se llevó a cabo un estudio de regionalización de caudales del cual fue posible obtener una reconstrucción estadística de las series históricas de caudales mensuales en los sitios de interés.

En dicho estudio se utilizó la información de 11 estaciones limnimétricas localizadas en las hoyas del Río Negro, Guatiquía y Guavio, y la información de lluvias puntuales de 50 estaciones dispuestas en la zona, cuya localización se muestra en el Apéndice A. Además, se determinaron las características morfométricas más significativas de las cuencas con registros hidrológicos, y de aquéllas sobre las cuales se hizo inferencia regional. La metodología adoptada fue la siguiente:

Para inferir en cada uno de los sitios de interés el caudal medio mensual, y los caudales medios mensuales, se utilizó un modelo de regresión múltiple, en el cual se consideraron estas variables como dependientes, y mediante un análisis de correlación se definieron cuáles eran las variables independientes más significativas en el aporte de información, tanto estadísticamente como por su sentido físico.

Para la reconstrucción estadística de las series históricas a nivel mensual se utilizó el modelo de Matalas, con la modificación de Young y Pizano, empleando su forma condicional. La reconstrucción de los caudales en los sitios de presa de los proyectos de Quetame, Guayabetal, y en los sitios de desviación del Río Blanco, se hizo con base en los registros históricos de la estación limnométrica Oro Podrido, por ser ésta la estación más cercana al sitio de interés, y con mejores registros de caudales en cuanto a longitud y calidad. Los valores de caudales reconstruidos para el periodo 1957-1980 en el sitio de presa de Guayabetal se presentan en el Cuadro 3-1.

3.2.3 Generación de Series Sintéticas

Con el fin de estudiar el comportamiento del sistema conformado por los diferentes proyectos ante distintas situaciones hidrológicas, se utilizaron modelos multivariados de la hidrología estocástica, los cuales permitieron generar series de caudales en los sitios de los proyectos, de tal forma que preservaran algunas características estadísticas de las series históricas de caudales. Para generar las trazas de caudales sintéticos, se tomó la información histórica existente y series de caudales reconstruidas estocásticamente en los sitios de los proyectos, usando modelos multivariados de tipo autorregresivo de primer orden.

Para considerar los caudales que se supone van a ser desviados en su totalidad de la parte alta de la hoya del Río Guatiquía hacia Bogotá dentro del Proyecto Chingaza, se reconstruyeron los registros faltantes de las series históricas en los sitios de Leticia y Chuza-Campamento. Para el estudio de las desviaciones parciales que se realizarán de las aguas de las quebradas: La Carbonera, Chorrerregado, Colorada, Siberia, Blanca, Mangón, Calostros, Chocúa, Carrasales y Chocolatales, localizadas en la parte alta de la hoya del Río Negro, se reconstruyó en forma agregada la serie de caudales mensuales, los cuales serán drenados parcialmente por un canal colector que descarga el túnel de conducción del Proyecto Chingaza.

Con el modelo de generación de series sintéticas de caudales se obtuvieron series para cada sitio considerado, cada una con una longitud de registros equivalentes al periodo de vida útil de los proyec-

tos, que fueron grabadas en un banco de información hidrológica al cual tiene acceso el modelo que simula la operación del sistema.

3.3 CRECIENTES

3.3.1 Información Disponible

En cuanto a los datos de precipitación, la hoya del Río Negro- Guayuriba cuenta con un apreciable número de estaciones medidores de lluvia, de propiedad del Himat o de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, algunas de ellas con registros de varios años de precipitación; sin embargo, se observa una descompensación en la ubicación de las estaciones, ya que éstas no se encuentran distribuidas de forma tal que proporcionen un cubrimiento completo de la cuenca.

En cuanto a los datos de caudales, se obtuvieron registros a nivel diario de un gran número de estaciones limnimétricas ubicadas sobre afluentes del Río Negro-Guayuriba. De las estaciones ubicadas directamente sobre este río, solamente se emplearon los registros de las estaciones limnigráficas de Oro Podrido (23 años de registros) y Puente Carretera (11 años de registros).

3.3.2 Análisis de Lluvias

A partir de los datos de precipitación diaria se realizó un análisis de la frecuencia de lluvias máximas anuales en las estaciones con registros más amplios, en o cerca de la hoya del Río Negro-Guayuriba. Para cada intervalo de recurrencia se relacionó la precipitación de una determinada duración (P_D) con la precipitación de un día ($P_{24 \text{ hr}}$). De estas relaciones, y de las obtenidas en estaciones estudiadas en otras zonas del país, se encontraron las siguientes relaciones:

Duración	30'	60'	90'	120'	150'	180'	210'
$P_D/P_{24 \text{ hr}}$	0.38	0.52	0.62	0.70	0.75	0.78	0.81

Como segundo paso, para cada estación pluviográfica existente, en o cerca de la hoya del Río Negro-Guayuriba, se halló una curva promedio que relaciona el porcentaje de precipitación con el tiempo, a partir de tormentas intensas y de duración considerable registradas.

Con base en éstas, se encontró una curva representativa de las lluvias típicas de la región, de la cual se dedujo una duración de la lluvia igual a 3.5 horas.

En la hoya del Río Negro-Guayuriba, debido a su gran extensión, se seleccionaron las lluvias puntuales de diferentes periodos de retorno de las estaciones más confiables. A cada una de estas estaciones se les asignó un peso para determinar de esta forma, para cada periodo de retorno, las lluvias de diseño promedias sobre la hoya hasta el sitio de presa. En la tabla siguiente se muestran las precipitaciones totales de diseño sobre la hoya hasta el sitio de Proyecto Guayabetal.

	Periodo de Retorno (Años)						
Período de Retorno (años)	2.33	5	20	25	50	100	500
Precipitación Total (mm)	45	53	65	67	72	78	91

Para lluvias con periodo de retorno menor o igual a 50 años, se dedujeron las pérdidas que, para el Proyecto Guayabetal, se evaluaron en 12 mm/hora.

3.3.3 Precipitación Máxima Probable (PMP)

Para estimar una tormenta con características de PMP, se utilizaron tres métodos: el de Hershfield, el de la relación precipitación contenido de humedad, y el de transposición de tormentos. A estos métodos se les ajustó la línea de interpolación que los representaba más adecuadamente. Para definir la duración de la PMP se aprovechó la poca información pluviográfica que se tenía en algunas estaciones cercanas a la hoya del Río Humea. Se consideró razonable, entonces, utilizar una duración de 6 horas para la tormenta con características de PMP. A esta precipitación se le dedujeron las pérdidas, las cuales se evaluaron en 5 mm/hora.

Una vez calculados los incrementos horarios de precipitación y deducidas las pérdidas, se reordenaron éstos para la secuencia que produjera la condición más desfavorable para la ocurrencia de la creciente máxima probable, la cual presenta los siguientes valores:

	Tiempo (horas)					
Tiempo (horas)	1	2	3	4	5	6
Precipitación Neta (mm)	17	20	22	52	29	19

3.3.4 Crecientes de Diseño

En el estudio de crecientes de la hoya del Río Negro-Guayuriba se determinó inicialmente un hidrograma unitario adimensional para la estación Puente Carretera, con base en el análisis de crecientes en ese sitio. Posteriormente, para la determinación de hidrogramas unitarios en el sitio de presa, ó en las diferentes subhoyas componentes se transpuso el hidrograma unitario adimensional de Puente Carretera a estos sitios por medio de relaciones adecuadas que tienen en cuenta las principales características morfométricas de las áreas de interés. Las lluvias obtenidas para diferentes periodos de retorno fueron aplicadas a los hidrogramas unitarios deducidos para obtener las crecientes de diseño.

3.3.4.1 Creciente de Diseño para Obras de Desviación

Aplicando la lluvia de 25 años al hidrograma unitario para toda la hoya hasta el sitio de presa, y posteriormente agregando el caudal base, se obtuvo el hidrograma de creciente para un periodo de retorno de 25 años. Esta creciente, presentada en la Figura 3.1, se determinó como adecuada para la definición de las características de las obras de desviación del Proyecto Guayabeta. Produce un caudal pico de 2 465 m³/s y un volumen de 115 Mm³ en 36 horas. Para el dimensionamiento de las obras de desviación se efectuaron varias alternativas de tránsito de la creciente por el embalse creado por la ataguía, pero dada la muy poca amortización obtenida, se resolvió diseñar los conductos de desviación para pasar el caudal pico de la creciente con un periodo de retorno de 25 años.

3.3.4.2 Creciente de Diseño para el Rebosadero

En la obtención de la creciente máxima probable para el diseño del rebosadero se consideró la presencia del embalse, por lo cual fue necesario estimar independientemente las crecientes aportadas por las subhoyas de los afluentes que desembocan directamente sobre

el embalse. Para hallar la Creciente Máxima Probable fue necesario aplicar, entonces, la PMP a los hidrogramas unitarios de cada subhoya. A la suma de las crecientes obtenidas para las subhoyas, se le añadió la creciente generada sobre el embalse, y el caudal base correspondiente al sitio de proyecto.

Esta creciente produce un caudal pico de 10 620 m³/s y un volumen de 453 Mm³ en 30 horas. En la Figura 3.1 se presenta la CMP para el Proyecto Guayabetal. Para el dimensionamiento del rebosadero se efectuaron varias alternativas de tránsito de la creciente por el embalse, pero dada la poca amortiguación obtenida, se resolvió diseñar el rebosadero para pasar el caudal pico de la CMP.

3.4 SEDIMENTOS

Con el fin de estimar el aporte de sedimentos al embalse, se llevó a cabo un programa intensivo de diferentes tipos de muestreo, siguiendo los lineamientos propuestos por el Consultor Dr. Hsieh Wen Shen. Los resultados de estas mediciones han permitido obtener estimativos que, aunque muy preliminares, se consideran adecuados para tomar decisiones en esta Etapa de Factibilidad, puesto que se han calculado muy conservativamente.

Para obtener el estimativo de transporte de sólidos en suspensión, se utilizó la información suministrada por los siguientes tipos de muestreos :

- Concentraciones de muestras integradas, tomadas durante los aforos líquidos.
- Concentraciones puntuales, tomadas a diferentes profundidades (muestreador P-61).
- Concentraciones de muestras superficiales, tomadas en canastilla durante los aforos.
- Concentraciones obtenidas para niveles altos del río, mediante muestreadores I-25 localizados en las márgenes de los ríos.

- Concentraciones diarias de muestras superficiales tomadas por los observadores de las estaciones hidrométricas.

Las cuatro últimas concentraciones se compararon con las obtenidas por integración y se concluyó que para propósitos prácticos eran similares y que, por lo tanto, podrían incluirse en la elaboración de las curvas de transporte de sólidos en suspensión.

Una vez ajustadas las curvas de gasto sólido en suspensión vs. caudal por métodos convencionales, se concluyó, basados en las recomendaciones del Profesor Shen que, dado el corto periodo de registros, y para estar del lado conservativo, se utilizara la fórmula Gss :

$$G_{ss} = 0.38 Q^{2.47}$$

en la cual Gss es el gasto sólido en suspensión en ton/día y Q el caudal medio diario, en m³/s.

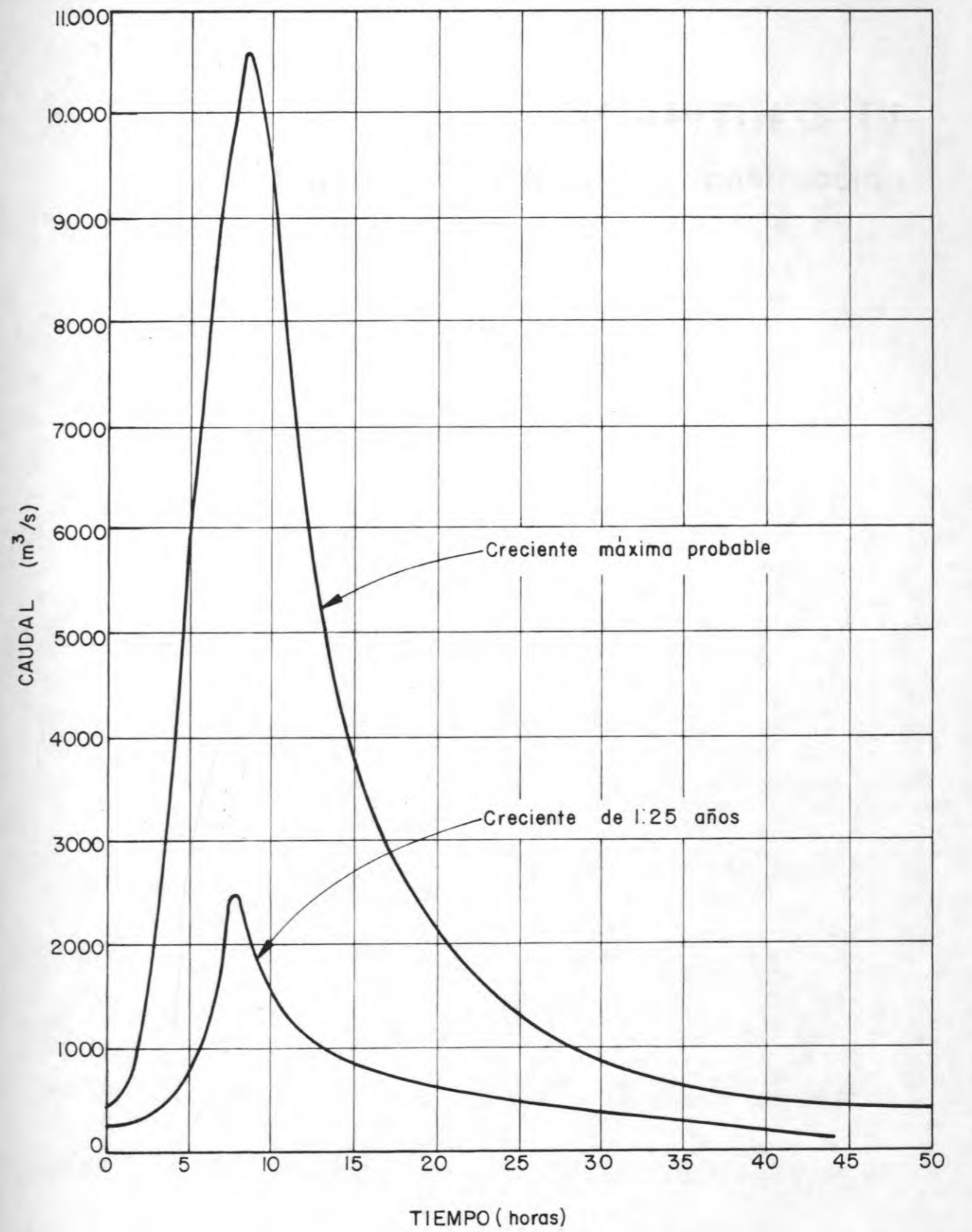
El arrastre de fondo se evaluó utilizando las ecuaciones de Toffaleti y Meyer-Peter-Muller, que utilizan curvas granulométricas del material del lecho del río y la pendiente de la línea de energía, la cual, en este caso, se tomó igual a la del lecho del río en los sitios de aforo. De acuerdo con el Profesor Shen, se generalizaron los resultados anteriores, adoptando como arrastre de fondo un 25% del material transportado en suspensión para estar, asimismo en el lado conservativo.

Con los resultados anteriores se obtuvo que el volumen anual de sedimentos acumulado en el embalse de Guayabeta, sería del orden de 3.29 Mm³. Esta cifra incluye el aporte correspondiente entre la desviación del Río Blanco y su desembocadura. Por lo tanto, el volumen de sedimentos alcanzará el nivel de la bocatoma en aproximadamente unos 5 años. Se diseñó el sistema de descargas de fondo y el sistema de bocatomas de manera apropiada para minimizar el problema de los sedimentos en el embalse.

CUADRO 3.1

PROYECTO GUAYABETAL
 SERIE HISTORICA DE CAUDALES RECONSTRUIDOS
 ESTOCASTICAMENTE EN EL SITIO DE PRESA
 (m³/s)

Año	Enero	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1964	20.66	22.67	23.00	97.71	113.48	202.12	171.85	149.28	111.64	108.95	71.94	41.73
1965	29.20	17.02	29.51	96.97	142.64	173.61	291.75	166.39	109.54	94.30	81.69	65.81
1966	24.44	17.32	42.96	65.80	64.56	123.22	125.06	132.77	98.42	96.87	74.39	73.57
1967	21.24	20.15	25.10	64.60	148.32	229.59	199.06	173.27	112.50	76.47	73.80	30.46
1968	9.69	18.05	15.06	118.53	109.43	200.88	267.05	145.59	65.74	79.39	64.44	28.40
1969	29.37	23.00	25.01	88.63	137.84	227.03	223.20	190.59	96.99	119.64	75.55	49.85
1970	58.91	26.95	79.48	80.14	123.45	209.30	234.36	211.50	143.13	176.12	92.07	45.16
1971	18.73	20.03	38.91	97.06	180.64	147.56	258.55	159.15	149.80	93.89	74.16	52.15
1972	44.08	27.84	73.81	121.73	255.13	177.58	197.10	121.38	85.62	96.98	69.32	36.89
1973	16.21	22.36	30.84	59.35	119.27	153.44	141.66	141.25	159.73	105.44	70.80	59.54
1974	46.72	28.18	57.29	107.70	124.85	118.26	170.51	124.61	114.90	97.52	79.20	48.95
1975	15.75	19.19	58.51	49.49	114.02	163.96	115.88	141.60	96.90	75.43	99.46	73.59
1976	50.57	24.54	42.11	105.48	192.06	230.94	194.73	145.76	86.34	114.50	90.22	39.58
1977	14.20	21.45	39.63	59.37	129.41	189.82	177.37	135.86	116.89	93.68	62.71	31.11
1978	17.28	20.79	21.87	89.03	126.91	198.01	152.65	156.13	105.41	72.72	64.28	33.67
Prom.	27.80	21.97	40.21	86.77	138.80	183.02	194.72	152.99	110.24	100.13	76.27	47.36



Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá

CONTRATO 3280

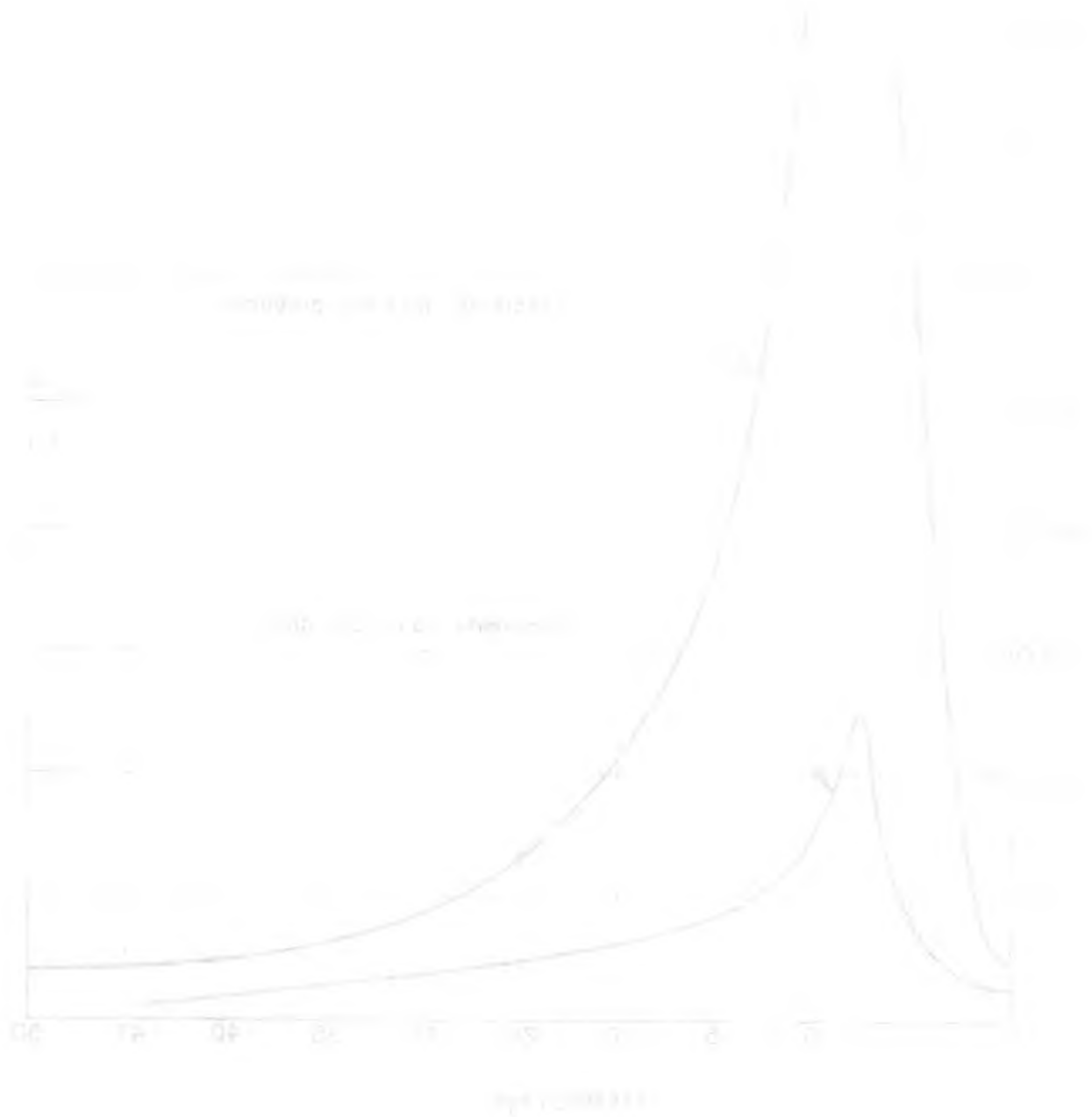
PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA

GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS - INTEGRAL

CRECIENTES DE DISEÑO
PARA LA PRESA DE GUAYABETAL

FECHA: JULIO / 82

FIGURA: 3.1



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUATEMALA
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
 PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN
 GUATEMALA, GUATEMALA - GUATEMALA
 JULIO 1988

CAPITULO IV

Geología y materiales de construcción

Este capítulo trata sobre la geología y los materiales de construcción. Se describe la importancia de la geología en la selección de materiales y en el diseño de estructuras. Se detallan las propiedades de los materiales de construcción y cómo estas se ven afectadas por las condiciones geológicas. Se discuten los métodos de evaluación de riesgos geológicos y las estrategias de mitigación. El capítulo concluye con recomendaciones para la práctica profesional en este campo.

CAPITULO IV

GEOLOGIA Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

4.1 INTRODUCCION

4.1.1 Geología

Los estudios e investigaciones geológicas para este proyecto se iniciaron con la etapa de Prefactibilidad en febrero de 1980 y continuaron sin interrupción hasta julio de 1982. El enfoque y sistematización de los trabajos adelantados fue inicialmente un reconocimiento de campo con la información bibliográfica existente; posteriormente se adelantó la cartografía geológica del área de influencia del proyecto con el fin de obtener las mejores inferencias estructurales y estratigráficas. Con los datos anteriores se procedió a detallar los sitios de las obras del proyecto. La información anterior fue complementada y comprobada, por medio de perforaciones, galerías y apiques.

En el presente capítulo se resumen los resultados de los principales aspectos geotécnicos del proyecto, los cuales se presentan en detalle en el Apéndice C. En dicho apéndice se incluyen, además, los registros de las perforaciones y de la galería de exploración.

4.1.2 Sismología y Geomorfología

Por medio de un subcontrato suscrito con Woodward Clyde Asoc. se llevó a cabo un estudio preliminar de evaluación de riesgo sísmico y geomorfología denominado "Preliminary Evaluation of Seismic Hazards and of Erosion and Sediments Sources (Geomorphology) Río Negro-Guayuriba Project".

Los aspectos geomorfológicos del estudio fueron complementados con reconocimientos de campo, tanto por el grupo de geología como por el de estudios ambientales y sus conclusiones se presentan en el Apéndice C, Geología y en el Apéndice E, Aspectos Ambientales. En el Artículo 4.6 de este capítulo se presenta un resumen de los aspectos relacionados con riesgo sísmico.

4.1.3 Materiales de Construcción

Los estudios de materiales para construcción del proyecto, incluyeron reconocimientos geológicos, toma de muestras de roca, excavación de apiques, pruebas de laboratorio y cuantificación del volumen disponible en las diversas zonas. En el artículo 4.7 de este capítulo se presenta un resumen del resultado de las investigaciones, las cuales se presentan en detalle en el Apéndice D.

4.2 CONDICIONES GEOTECNICAS EN EL SITIO DE PRESA

Se han considerado aquí, el tipo de roca, discontinuidades, ensayos de agua a presión, perforaciones y galería de exploración (Véase Plano G-14).

4.2.1 Tipo de Roca

El cañón del río Negro en el sitio de presa tiene forma de V con pendientes entre 45° y 90°; allí los dos flancos del cañón del río Negro (de unos 3 km de longitud), que serán los estribos de la presa (Véase Plano G-14), presentan un gradiente muy similar, reflejo de la homogeneidad litológica del sitio. Están constituidos por filita sericítica gris plomiza, con intercalaciones esporádicas de filita clorítica verde y cuarcita gris y verde; con blastos de tamaño arcilla, con texturas lepidoblásticas, recrystalizada, con dos direcciones de foliación, correspondiendo una a la estratificación de la roca y una segunda foliación, tipo S, que predomina sobre la anterior con desarrollo de minerales micáceos - laminares (clorita y/o sericita) a lo largo de estos planos (Véase Análisis Petrográficos PC-2 (1), PC-2 (2), GC-1A y GC-1B).

De las observaciones anotadas en los registros de perforación (perforaciones PC-1 a PC-7) y de los levantamientos geológicos de superficie, se colige que macroscópicamente la filita es de color gris clara, en y cerca a superficie, y con tono más oscuro a profundidad y/o en fractura fresca, laminar, dura a moderadamente dura, moderadamente fuerte, compacta, delgadamente laminada y se considera una roca sólida ("Soundrock"). Presenta además brillo sedoso en los planos de clivaje (a lo largo de la foliación y/o estratificación) y fractura astillosa-acicular. En partes se encuentra con segregaciones y/o venas de cuarzo y de carbonato (transversales a la foliación - estratificación).

que producen texturas ptigmáticas, neisosas y/o crenulaciones, generando una foliación convoluta que le comunica un aspecto de mayor grado de metamorfismo. La meteorización es incipiente a nula en este sitio. Los depósitos sueltos en las laderas y en el cauce del río son de un espesor relativamente pequeño. Se considera que los depósitos de pendiente tengan una potencia entre 0 y 8 m y los aluviales entre 6 y 10 m.

4.2.2 Discontinuidades

Como se comentó anteriormente, esta roca contiene dos direcciones de foliación, y en ambos casos con orientación de minerales micáceos, los cuales le comunican dos superficies de debilidad que se pueden considerar como discontinuidades, y que se interceptan formando ángulo agudo (entre 15° y 25°) con dirección/rumbo que oscila entre N 10°W a N 10°E y buzamientos paraverticales (70° a 90°) que conforman flexuras locales.

Para el análisis del diaclasamiento se hicieron diagramas rosa y proyecciones estereográficas - polares, para los datos obtenidos en la margen derecha, margen izquierda y en la galería de exploración GC-1. De los cálculos estadísticos, se deduce que las diaclasas medidas en las laderas del valle se complementan con aquellas de la galería, y con esto se puede concluir la existencia de tres sistemas conjugados principales de diaclasamiento (la orientación de los sistemas se da en azimut del buzamiento y su inclinación):

- Sistema I Az 335° a Az 10°/30° - 50° y Az 175° a Az 185°/20° - 40°
- Sistema II Az 340° a Az 350°/ 85° - 90° y Az 145° a Az 160°/ 70° - 80°
- Sistema III Az 35° a Az 50°/ 80° - 90° y Az 215° a Az 225°/ 80° - 90°

Es muy interesante notar que el diagrama estereográfico para la margen derecha muestra la mayor cantidad de sistemas, mientras los diagramas para la margen izquierda y la galería exponen aquellos con menor desarrollo en la margen derecha.

Para este sitio, además, se han clasificado los sistemas de diaclasas de acuerdo con su forma y relleno:

Sistema I

Son cerradas, paredes rugosas o ligeramente onduladas y continuas hasta por 2 metros y frecuencia o espaciamiento hasta 1.5 m.

Sistema II

En su mayoría abiertas, con relleno de arcilla plástica y venas de cuarzo y calcita, paredes ligeramente rugosas y espaciamiento entre 0.6 a 1.0 m, algunas espaciadas hasta 20 m.

Sistema III

Cerradas, paredes lisas, planas y con espaciamiento entre 0.6 y 1.0 m.

De la clasificación anterior cabe anotar que el Sistema II, por sus características, se generó por esfuerzos de compresión y los Sistemas I y III por esfuerzos de tensión, aunque aquellos del Sistema I pueden estar exagerados por efectos de descompresión litostática, ya que en este sitio presentan orientación paralela a la superficie topográfica.

Al interceptarse los tres sistemas de diaclasamiento se forman bloques romboédricos con promedios de 0.6 a 1.0 m de lado.

Zonas de cizallamiento y/o de fracturación intensa se reconocieron en algunas perforaciones (Véase registros de perforación PC-1 a PC-7); sin embargo, deben corresponder a zonas confinadas, es decir, de poca extensión, ya que los ensayos de permeabilidad no marcan un aumento para estas zonas. En otros casos algunas zonas de cizallamiento están soldadas por inyecciones hidrotermales de cuarzo lechoso blanco, y en los sectores de mayor espesor, producen fracturación zonal en la roca encajante paralela a las inyecciones. No se reconocieron fallas regionales en este sitio. Para la fundación de la presa habrá que remover, pues, los depósitos no consolidados, además de tratamiento dental para el volumen de rocas con mayor fracturación en la zona de descompresión y/o inyecciones de impermeabilización en donde la fracturación sea menor, pero aún se conserve una permeabilidad alta. En cuanto a la excavación en superficie habrá que tener precaución en los cortes paralelos al sistema I de diaclasamiento y/o foliación de la roca. Se considera que la roca expuesta en el sitio de presa de Chirajara es de buena calidad geotécnica.

4.2.3 Ensayos de Agua a Presión

Con el objeto de determinar la permeabilidad de los estribos y de la fundación de la presa se efectuaron ensayos de agua a presión en las perforaciones PC-1 a PC-6, tres en el estribo izquierdo (PC-1, PC-2 y PC-3) y tres en el estribo derecho (PC-4, PC-5 y PC-6).

Las pruebas de agua a presión se ensayaron en cada sondeo por tramos de 3 m de longitud progresivamente de abajo hacia arriba, empleando permeámetros de doble empaque de tipo mecánico.

En cada sección ensayada se hicieron cinco lecturas de caudal a diferentes presiones manométricas, primero incrementando la presión hasta alcanzar la máxima especificada y luego disminuyéndola, con el fin de determinar la variación del caudal con la variación de presión.

Para el valor de la presión manométrica se usó el criterio americano de aplicar 0.25 Kg/cm² por metro de sondeo hasta alcanzar un límite máximo de 10 Kg/cm², que es la presión máxima según Lugeon.

Para profundidades mayores se fijó el límite de 10 Kg/cm² como presión manométrica máxima.

El valor de la presión neta se calculó según el caso, teniendo en cuenta la posición del nivel freático, la altura del tramo ensayado desde la superficie al centro del probador y la localización del manómetro con respecto a la superficie.

En los registros de perforación se presentan los resultados de los ensayos de agua a presión-variación de la absorción en unidades Lugeon con la profundidad para cada uno de los sondeos ensayados. Igualmente se puede observar el efecto del índice de calidad de roca (RQD) con respecto a la absorción de agua.

4.2.3 La permeabilidad de la roca en el sitio de presa se puede considerar de baja a muy baja. Analizando cada una de las perforaciones, se observa que las mayores permeabilidades están dadas en las perforaciones PC-1, PC-5 y PC-6, con valores altos (mayores a 30 U.L.) en sus primeros 5.5 m, y por debajo de esta profundidad disminuyen hasta 0.0 U.L. En los sondeos PC-2, PC-3 y PC-4, se presentan valores de 17.3 U.L. a 34.0 U.L. en los primeros 16 m de la perforación,

y luego, por debajo de éstos, valores menores a 7 U.L. y en general menores a 1.0 U.L.

Al comparar estos datos con los índices de calidad de la roca (RQD), coinciden en mostrar menor calidad en los sectores donde hay mayor permeabilidad, lo cual se interpreta como una zona o volumen de roca afectada por descompresión litostática. Por debajo de la zona de descompresión litostática, no existe relación en la disminución de índice de calidad de la roca (RQD) con aumento en las unidades Lugeon.

Para la fundación de la presa, habrá que remover pues, los depósitos no consolidados, además de tratamiento dental para el volumen de roca más fracturada en la zona de descomposición y/o inyecciones de impermeabilización en donde la fracturación sea menor, pero aún se conserve una permeabilidad alta. En cuanto a excavación en superficie habrá que tener precaución para cortes paralelos al sistema I de diaclasamiento y/o a la foliación.

4.2.4 Perforaciones

Para investigar las condiciones del subsuelo en el sitio de presa se ejecutó un programa de 7 perforaciones que sumaron en total 508 m de longitud.

Las perforaciones se ejecutaron en diámetro Nx al comienzo de cada sondeo y en Bx en el tramo final.

En el Cuadro Resumen de Perforaciones (Ver Apéndice C, Figura 123), se indica para cada una de las perforaciones los datos más importantes de cada una. En el Plano G-14, se muestra la localización de las perforaciones y en el Anexo 1 se incluyen los registros detallados de cada una.

4.2.5 Galería de Exploración (GC-1)

Con el objeto de obtener datos adicionales sobre la calidad de la roca en el subsuelo, se construyó una galería de 35 m de longitud, con sección de 3.5 m², y techo en forma de bóveda.

La galería GC-1 se localiza en la margen izquierda, tiene una cota de

piso en el portal de 928.48 m y azimut 24° en los primeros 24 m, y luego se bifurca en dos ramales de 6 m y 5 m con azimutes de 2° y 105° respectivamente.

La excavación de dicha galería se efectuó por sistema de voladura. Las propiedades mecánicas de la roca son alta dureza y solidez, muy compacta.

El grado de meteorización - oxidación que presentan las rocas en la galería está confinado a algunas paredes de diaclasas.

Geoméricamente y geotécnicamente la roca en la galería muestra continuidad con respecto a las observaciones y resultados de las perforaciones y levantamientos geológicos de superficie.

Para propósitos de excavación de túneles, la roca muestra buena capacidad de autosoporte, coeficiente de sobre-excavación bajo, e infiltraciones de muy poco volumen (en época de lluvia) a nulo.

4.3 CONDICIONES GEOTECNICAS EN LOS TUNELES DE DESVIACION

Se contempla construirse túneles de desviación en ambos estribos con una longitud total de 450 m. Las condiciones geotécnicas del área de la excavación presentan en general las mismas características y calidad descritas para el sitio de presa. La disposición normal de los túneles con respecto a la foliación/estratificación ofrece una situación favorable para su excavación y en el caso de la presencia de diaclasas pertenecientes al sistema I, paralelas al alineamiento, se presentarán desprendimientos y sobre-excavaciones, los cuales deben tratarse y/o evitarse con un pernado sistemático.

Los portales de entrada y salida se localizan a unos 65 m aguas arriba y 120 m aguas abajo del eje de presa, en un talud con pendiente entre 60° y 90° . El volumen de descapote se estima debe estar en el orden de unos 2 a 3 m.

Para la excavación de estos portales debe estimarse la presencia de roca fracturada por efectos de descompresión, para los 15 a 20 m más cercanos a superficie, los cuales probablemente necesitarán refuerzos con marcos de acero.

4.4 CONDICIONES GEOTECNICAS EN LOS TUNELES DE CONDUCCION Y DESCARGA Y EN LA CASA DE MAQUINAS

El túnel de carga del proyecto Guayabetal (Véase Plano G-13), es una excavación de 14.5 km de longitud, que parte cerca de la quebrada Chirajara, por la margen izquierda del río Negro, hasta la central subterránea, localizada a la cota 495 m.s.n.m. El túnel de descarga de 3.9 km de longitud, parte de la central subterránea hasta la margen derecha del río Guatiquía, en otra cuenca diferente.

La excavación del túnel de carga desde el portal hasta el K 5.6 (Véase Perfil Geológico, Plano G-13), se desarrollará a través de filita sericitica gris plomiza, con intercalaciones de filita clorítica verde y cuarcita, más o menos frecuentes.

La disposición transversal de la foliación al alineamiento del túnel y las características ya comentadas para esta litología, sugieren que la excavación de este sector requiera refuerzos solamente en zonas muy reducidas, tales como los primeros metros (100-200m) y pernos sólo en sectores donde se observen cuñas potencialmente inestables. En el K 5.2 el túnel interceptará la Falla Río Negro, la cual puede tener hasta unos 250 m de zona de cizallamiento y deformación; sin embargo, observaciones de este fenómeno en el proyecto Quetame, permiten deducir que la roca ha sido soldada y no se espera que se presenten flujos de arena, lo cual sugiere que se requieran marcos metálicos y pernado sistemático para su soporte.

Entre las abscisas K 5.6 y K 6.4, el túnel se excavará en pizarra y meta-arenisca grauvasca (véase Análisis Petrográficos PQ-1 y NRC - 381) de la Formación Puente La Balsa (Esq 2). Esta unidad litológica también se excavará normalmente a la foliación; el diaclasamiento es reducido, sin embargo, los planos de clivaje (a lo largo de la foliación/estratificación) poseen menor coeficiente de fricción; por lo tanto, se podrán presentar desprendimientos de lajas que en casos deberán ser controlados con pernado local y/o con arcos de acero. La meteorización en algunos niveles de meta-arenisca arcósica pueden presentar solidez baja, para lo cual será necesaria la aplicación de gunita o cemento lanzado. El tiempo de autosoporte para esta unidad puede estar entre 1 y 3 semanas.

Del K 6.4 al K 7.0 aproximadamente, el túnel de carga se excavará



en Areniscas de Gutiérrez (Dg), afectadas allí por una inversión producida en las capas de tal formación, la cual consta de arenisca conglomerática y conglomerado cuarcítico dispuestos en capas y bancos masivos de alta dureza, consistencia y solidez. Los planos de estratificación, así como el diaclasamiento normal a la estratificación, son las principales discontinuidades que presenta esta formación. Estas características exigirán un pernado sistemático del techo en varios tramos de este sector para controlar los desprendimientos, así como mayor desgaste en la maquinaria empleada para la excavación. Los recobros e índice de calidad obtenidos de perforaciones efectuadas en este tipo de roca para el Proyecto Quetame, han mostrado valores entre 45% y 60%, como consecuencia de una roca prácticamente cristalina sometida a grandes esfuerzos tectónicos a través del tiempo geológico. Es, por lo tanto, posible que se presenten sobre-costos para soportes metálicos y pernos, en un 30% de este tramo.

Las areniscas cuarcíticas se interrumpen sobre el alineamiento del túnel de carga en el K 8.0, con la Formación Lutitas de Portachuelo (Dlp), extendiéndose hasta el K 9.4 aproximadamente. Esta unidad está constituida por lutitas pizarrosas y areniscas cuarcíticas sucias, con disposición similar a la Formación Areniscas de Gutiérrez, e igualmente están afectadas por la inversión; presentan carácter pizarroso laminar y masivo, resistencia alta, solidez moderada, y son altamente compactas. La perforación PTG-4 muestra pizarras y lutitas negras, silíceas, poco fracturadas. Por su carácter pizarroso, el diaclasamiento que se ha desarrollado es menos regular que en las areniscas del tramo anterior; sin embargo, dados el bajo coeficiente de fricción en rocas de este tipo y la solidez moderada, se necesitará la aplicación de concreto neumático, además de que para soportar algunos bloques sueltos será necesario emplear arcos de acero. El soporte total para este tramo se estima con los datos obtenidos en un 15%.

Del K 9.5 aproximadamente hasta el K 13.9, la excavación del túnel se hará en limolitas, areniscas y argilitas que pertenecen a la Formación Capas Rojas del Guatiquía (Cg), rocas generalmente masivas, duras, tenaces, competentes, de solidez moderada baja a baja y que presentan buzamientos entre 30° y 45° con respecto a la dirección del túnel. Este tramo tendrá pocas dificultades dada la buena calidad de la roca y su disposición estructural. En el túnel de carga de Chivor I (Ingetec, 1980), se atravesó esta misma unidad litológica, y allí solo fue necesario revestimiento con concreto neumático por desprendimiento

de roca en tramos muy cortos y marcos de acero en una zona de falla en calizas. El pernado fué mínimo y se colocó esporádicamente para soportar bloques potencialmente inestables que fueran a ocasionar sobre-excavaciones.

En el sector comprendido entre las abscisas K 13.9 y K 14.1 se encontrarán nuevamente Lutitas de Portachuelo (Dlp), fracturadas por fallas menores y diaclasamiento, de manera que este sector tendrá dificultades frecuentes por desmejoramiento de las condiciones originales de la roca. A continuación se presenta una faja angosta (300 m de espesor) de roca Jurásica, perteneciente a la Formación Brecha de Buenavista (Jb). Dados los costos de blindaje en la unidad lutítica que constituyen los últimos kilómetros del túnel, se ha considerado la localización de la casa de máquinas en la unidad Brecha de Buenavista; para tal efecto se ha investigado en los sondeos PTG-1, PTG-2 y PTG-7, la composición, constitución y contactos de tal unidad para la ubicación de la central subterránea y del pozo de carga. Esta unidad tiene disposición transversal al alineamiento de conducción y buzamiento de 60° a 70° al oriente y está constituida (Véase Plano G-15 y Registros de Perforación PTG-1, PTG-2 y PTG-7) por tres niveles litológicos :

- Nivel Inferior (Jb-1) : arenisca argilácea cuarzosa, gris, dura, solidez alta y diaclasamiento espaciado (RQD \pm 60%); arenisca cuarzosa conglomerática a conglomerado cuarzoso a polimictico, dureza y solidez altas, granos y guijos redondeados con matriz silíceo bien cementada, fracturación moderada (RQD \pm 65%); algunas diaclasas abiertas y rellenas con calcita. El espesor de este nivel tiene al menos 100 m.
- Nivel Intermedio (Jb-2) : con espesor de unos 20 m, constituido por caliza cristalina, gris oscura, con intercalaciones de margas y limolitas calcáreas, moderadamente duras y fracturación moderada a intensa en algunos niveles angostos, con índice de calidad promedio de \pm 55%.
- Nivel Superior (Jb-3) : con espesor mínimo de unos 80 m, ya que se encuentra en contacto fallado contra la Formación Quebrada Honda (JKiqh). Está constituido por limolita silíceo, negra, de textura granular fina, masiva, dureza moderada que aumenta a profundidad, solidez intermedia a baja, estructura paralela de masiva a laminar, con venas de carbonato y fracturación moderada a alta en algunos intervalos. El índice de calidad (RQD) es muy variable (\pm 20% a 80%).

La excavación de la central subterránea debe hacerse en el nivel inferior (Jb-1), en donde se presenta una roca más masiva, de dureza alta y competencia aceptable, con recobro y calidad promedio superior al 65%. Sin embargo, dado el volumen de la excavación para una central subterránea, como efectos de la misma en funcionamiento (vibraciones), se deberá programar un Pernado sistemático y mallas de acero con concreto lanzado para el soporte de bloques y cuñas de roca que se encuentren limitados por discontinuidades estructurales (estratificación y diaclasas), y angostas zonas de cizallamiento que pueden presentarse en las rocas yacentes en esta provincia geológica, dados los eventos geotectónicos que han sufrido. La disposición de la central se deberá hacer con su eje longitudinal transversal a la estratificación.

A partir de la abscisa K 13.8 hay un pozo inclinado a 48° y de 380 m de longitud para llegar a la central subterránea. En este caso se excavará subparalelamente a la estratificación de la unidad inferior (Jb-1), lo cual generará la inestabilidad de cuñas de roca limitadas por los planos de estratificación y diaclasas normales a ésta; sin embargo, se estima que el tiempo de autosoporte para esta litología es largo y los soportes requeridos serán pocos. En la excavación del túnel y pozos de carga de Chivor, a pesar de que allí se encuentra una litología un tanto más arcillosa (argilita rojiza y gris) con respecto a la observada aquí, no hubo que soportar, y se presentan zonas de alteración a lo largo de los planos de estratificación, para lo cual serán necesarios pernos y concreto lanzado, para evitar aflojamiento de bloques y aumento en la alteración.

Para el túnel de descarga, desde la caverna de máquinas hasta la abscisa K 0.2, se excavará en los niveles intermedios (Jb-2) y superior (Jb-3). Como se dijo anteriormente, es una roca de masiva a laminar, y por lo tanto, es posible que en los sectores de menor masividad se produzcan deformaciones en las paredes, para lo cual habrá que reforzarlas con arcos de acero, situación que puede aumentar hacia el extremo de este sector, en el nivel superior y al aproximarse a la zona de la Falla Servitá, en donde la fracturación se acentúa. Sin embargo, en el túnel de Chivor, tampoco hubo que soportar ningún sector.

La Falla Servitá será excavada entre las abscisas K 0.2 a K 0.4; allí la zona de falla está constituida principalmente por lutita arcillosa negra, intensamente deformada y cizallada, y por roca alterada (brecha

de falla y arcilla de falla). La excavación de este tramo será difícil y posiblemente el avance deberá hacerse en 1/3 a 1/4 de sección para poder tener un tiempo de autoapoye un poco mayor. En el caso del túnel y pozo de carga de Chivor, fué necesario revestimiento, soporte y entibado con láminas de acero (con promedio del 50% al 100%).

Entre los K 0.4 y K 3.2, el túnel de descarga será excavado en la Formación Quebrada Honda (JKiqh) de composición predominantemente arcillosa, con intercalaciones de bancos y capas de arenisca. Estas rocas Jurásico-Cretáceas están plegadas en una estructura sincliforme, algo asimétrica en el sector comprendido por las Fallas Servitá y Argentina (K 2.7)

De aquí al portal de salida las rocas cretáceas están más plegadas y por consiguiente su grado de fracturación será mayor al tramo anterior.

Se considera, por analogía de excavaciones en las lutitas Cretáceas en otros proyectos ya construídos, que este sector va a presentar diversas dificultades en la construcción del túnel, por desprendimiento de roca, arcilla expansiva, roca incompetente y/o plástica ante esfuerzos litostáticos (inclusive bajos) y por flujos concentrados de agua y gas.

Dada la menor calidad de la roca para la mayor parte de la conducción del túnel de descarga del Proyecto Guáyabeta, se decidió adelantar las perforaciones PTG-5 y PTG-6; la primera en un punto donde se perforó lutita afectada por fallamiento (Falla Argentina) y la segunda en un sector donde no se encontraron efectos cataclásticos o deformacionales sobre el alineamiento del túnel. La roca perforada se trata de lutita arcillosa negra, carbonosa, con delgadas intercalaciones de arenisca cuarzosa; esta asociación produce una litología laminar, dureza baja, moderadamente fuerte y plasticidad alta. En la perforación PTG-5, la roca afectada por la falla cubre unos 40 m con fracturación fina a moderada, para lo cual será necesario el empleo de soportes al menos para un 50% del trayecto y revestimiento con concreto neumático para la totalidad del sector. En el sondeo PTG-6 se obtuvieron muy buenos recobros y el índice de calidad (RQD) está por encima del 90%.

4.5 CONDICIONES GEOTECNICAS EN EL EMBALSE

El área que inundará el embalse de Guayabetal la conforman rocas Paleozoicas cubiertas en parte por depósitos Cuaternarios no consolidados tales como derrubios de pendiente, terrazas, flujos de lodo, aluviones y suelos (Véase Plano G-13). Se presentan igualmente, áreas de roca in situ muy fracturadas, las cuales están afectadas por la erosión de las aguas de lluvia, que en conjunto aportan sedimentos al embalse mismo.

Las terrazas y flujos de lodo en el embalse o en su área de influencia son extensos y potentes. Sobrepasan los 200 m de espesor y se localizan a distintos niveles. Figuran entre los más importantes los de Guayabetal y Quebrada El Estado.

El aporte de sedimentos al embalse del Proyecto Guayabetal tiene una fuente muy importante en los numerosos y potentes derrumbes que existen a lo largo de la cuenca hidrográfica del río Blanco, asociados al fallamiento general que se presenta en esta zona.

4.6 RIESGO SISMICO

Dentro de la realización de la presente investigación, Woodward Clyde Consultants, ejecutaron un estudio preliminar para identificar los principales factores que inciden en la evaluación del riesgo sísmico sobre las obras que contempla el proyecto, con las siguientes conclusiones:

- Existen muchas fallas a lo largo del flanco oriental de la Cordillera Oriental, la mayor parte de las cuales son fallas antiguas. Algunas de éstas, sin embargo, han sido reactivadas durante el Cuaternario y se consideran activas.
- El sistema principal de fallas Cuaternarias tiene rumbo noreste, a lo largo de la base de la cordillera.
- La principal falla Cuaternaria de este sistema en el área del proyecto es la Falla Servitá, que tiene numerosas fallas asociadas, varias de las cuales desplazan depósitos aluviales, coluviales y terrazas recientes.

- Existen además otras fallas en el área del proyecto que probablemente tienen desplazamientos menores del Cuaternario.
- No se observan fallas en los sitios de presa de Guayabetal y Huemea.
- La Falla Río Negro, que cruza el sitio de presa de Quetame, no es activa pues no muestra evidencia de desplazamiento Cuaternario.
- Los terremotos conocidos que han ocurrido en la Cordillera Oriental tienen epicentros profundos, intermedios y superficiales y se suceden con frecuencia moderada.

El mayor terremoto registrado en la región tuvo una magnitud de 7.3 y ocurrió a 100 km de profundidad aproximadamente, cerca a Bogotá.

Este y otros terremotos causaron daños serios en Bogotá y en otras ciudades de la parte oriental de la cordillera (e.g. el terremoto de Medina del 22 de diciembre de 1923), lo que sugiere que estos eventos son comunes.

Grupos de terremotos que hayan afectado a Bogotá parecen tener una recurrencia de aproximadamente 40 - 50 años.

4.7 MATERIALES PARA CONSTRUCCION

Los materiales para la construcción de la obra consistirán básicamente, en agregados para los concretos tanto de la presa como de las demás estructuras.

4.7.1 Materiales para Concretos

A menos de 1 km aguas arriba del sitio de presa se localizó una cantera para la explotación de las filitas grises y moradas de buena calidad, que mediante un proceso de trituración y selección se podrá tener agregados para concretos.

Esta roca tiene las siguientes propiedades índice :

-	Peso específico bulk	2.77 - 2.76	(promedio : 2.77)
-	Peso específico bulk SSS	2.79 - 2.78	(promedio : 2.79)
-	Peso específico aparente	2.83 - 2.82	(promedio : 2.83)
-	Absorción, %	0.7 - 0.8	(promedio : 0.75)
-	Desgaste, %	34 - 23	(promedio : 31)
-	Solidez, %	4.0	

CAPITULO V
Potencia y energía

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

CAPITULO V
POTENCIA Y ENERGIA

5.1 INTRODUCCION

Dentro del desarrollo hidroeléctrico del río Negro-Guayuriba, la construcción del proyecto Guayabetal permite aprovechar el salto disponible entre la central de Quetame y la hoya del río Guatiquía. La operación de esta central requiere la construcción del canal de restitución Guatiquía-Guayuriba, puesto que se debe garantizar el suministro del agua requerida por los distritos de riego localizados aguas abajo de los proyectos sobre el río Guayuriba. En la Figura 5.1 se presenta un esquema del desarrollo considerando los proyectos de Quetame y Guayabetal y la desviación del río Blanco hacia el embalse de Quetame, el cual permite una eficiente utilización del recurso hídrico disponible en la hoya del río Negro.

La selección de los parámetros básicos del proyecto, como son el volumen útil del embalse, la capacidad instalada en la central y la capacidad de las derivaciones, se efectúa a partir del análisis sobre la producción energética, la disponibilidad de potencia en las demás centrales del sistema y las funciones de costos de las diversas obras.

Además se hicieron algunas consideraciones con respecto a su efecto sobre obras existentes y algunos aspectos socioeconómicos.

5.2 VOLUMEN DEL EMBALSE

Con base en la metodología desarrollada para el estudio, presentada en el Volumen I, se analizó inicialmente el efecto del embalse de Guayabetal tanto al operar en forma aislada como dentro del sistema total, considerando una capacidad instalada ilimitada en su correspondiente central y asociando la generación en este sitio básicamente al salto disponible.

La posibilidad de formar un embalse significativo para este proyecto es muy restringida debido a la alta producción de sedimentos detecta

da en la hoya, lo cual comprometería la vida útil del embalse, y a la ubicación de la población de Guayabetal y del puente sobre quebrada Blanca, cuyas relocalizaciones darían lugar a costos que encarecerían apreciablemente el proyecto, además del costo social originado por el traslado de la población. Teniendo en cuenta estas consideraciones se replanteó el estudio efectuado durante la etapa inicial de las simulaciones, descritas en el Volumen I, sobre el efecto del volumen útil del embalse de Guayabetal con relación a la producción energética, para lo cual se estudiaron dos posibilidades: En un primer caso, se consideró un nivel normal del embalse de Guayabetal en la cota 1 020, obteniéndose un volumen útil de 150 Mm³ y un salto neto de 436 m; al aprovechar el salto neto disponible adicional de 24 m, la central de Quetame quedaría en esta forma con una capacidad instalada de 340 MW. Para evitar la relocalización del puente y de la población de Guayabetal, se consideró en un segundo caso, el nivel normal del embalse en la cota 935, con lo cual no se dispone de ningún volumen útil en este embalse, operando la central a filo de agua bajo un salto neto de 409 m; consecuentemente, se incrementó la capacidad de la central de Quetame a 420 MW debido a la disponibilidad de un mayor salto (444 m).

Los resultados de las simulaciones efectuadas se muestran en el Cuadro 5.1 en donde se puede observar que la regulación que proporcionaría el embalse de Guayabetal, permitiría afirmar 60 MW continuos adicionales, lo cual representa un 17% de la generación a filo de agua con una presa de mucho menor altura, siendo menos significativo su efecto en términos de energía promedia y confiable (Véase definición de términos en el capítulo de energía del Volumen I). Estos resultados se presentan para unas capacidades en la central de Guayabetal de 510 MW y 430 MW en el primer y segundo casos respectivamente, resultantes al aplicar los criterios adoptados para la selección de las capacidades instaladas y que se describen más adelante.

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta la incertidumbre existente sobre la magnitud de los costos asociados con la relocalización del puente y de la población, y la alta producción de sedimentos que colmatarían el embalse en un período relativamente corto, se estimó conveniente no disponer de un embalse regulador en el sitio de Guayabetal, al considerar esta central operando a filo de agua con una presa derivadora que, sin afectar el puente y la población, permite aprovechar al máximo el salto existente entre la descarga de la central de Quetame y el río Guatiquía. No obstante, en etapas poste

5.5 riores de los estudios se deberá hacer un análisis detallado sobre los efectos socioeconómicos asociados a la formación de un embalse regulador para este proyecto, que permita confirmar una decisión sobre la altura de la presa.

5.3 CAPACIDAD INSTALADA

Debido a la gran longitud de la conducción para la central de Guayabetal con relación a su salto disponible, lo cual conduce a mayores costos unitarios incrementales de instalación de potencia, si se compara con los de los otros proyectos que conforman este sistema, se vió la conveniencia de adoptar una capacidad instalada que garantice la operación de esta central con un factor de planta relativamente alto, permitiendo al mismo tiempo turbinar en buen grado los caudales re regulados en el embalse de Quetame, los caudales de la hoya propia entre estos dos proyectos y además los caudales de la hoya del río Blanco que no hayan sido desviados hacia el embalse de Quetame.

Después de efectuar algunas simulaciones para diferentes capacidades que permitieran analizar su efecto sobre los caudales vertidos en el sitio de presa, y teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente, se adoptó una capacidad de 430 MW para la central de Guayabetal, valor que no restringe la producción de energía confiable en esta central ni la energía primaria del sistema. Con esta capacidad, la central desviará un caudal máximo de diseño de 125 m³/s hacia el río Guatiquía con un salto neto disponible en el sitio de 409 m.

5.4 PRODUCCION ENERGETICA

En el Cuadro 5.2 se presentan los resultados referentes a la producción de energía en la central de Guayabetal, y su aporte al subsistema Quetame-Guayabetal, para un período inicial de 10 años considerando la desviación del río Blanco hacia el embalse de Quetame. Estos resultados y los presentados en las Figuras 5.2 y 5.3, muestran que la contribución del proyecto Guayabetal a la generación hidroeléccon fiable y el 56% de la energía primaria, con lo cual se incrementan notablemente los factores de planta del sistema. En el Cuadro 5.3 se presenta la contribución de este proyecto en el sistema completo.

5.5 CANAL DE RESTITUCION GUATIQUEIA-GUAYURIBA

Como consecuencia de la disminución de los afluentes hidrológicos en el río Guayuriba originada por la desviación de los caudales hacia el río Guatiquía a través de la central de Guayabetal, los distritos de riego existentes y potenciales en la parte baja de la cuenca del río Negro-Guayuriba verían comprometida la atención de sus necesidades de agua durante los períodos de verano; por lo tanto, se consideró necesario disponer un canal que permita reponer parte de las aguas que fueran desviadas.

A partir de las simulaciones efectuadas sobre la operación del sistema, se encontró que se requeriría un canal con una capacidad de conducción de 40 m³/s para garantizar la atención de la demanda del riego, que se utilizará principalmente durante los períodos de verano, en los cuales se desviará un caudal promedio de 20.0 m³/s. Con este aporte se garantiza como mínimo un caudal de 45 m³/s en los distritos de riego, equivalente al caudal promedio hidrológico de los meses más secos de la cuenca total del río Guayuriba hasta este sitio.

5.6 COSTOS DE POTENCIA Y ENERGIA

Para evaluar la factibilidad económica de los diferentes proyectos y alternativas estudiados para el desarrollo de los ríos Negro y Huemea, se calculó el valor que a precios corrientes tendría el kilovatio-hora generado en los varios proyectos, como también el costo del kilovatio instalado. Estos índices, especialmente el primero, permiten justificar las desviaciones hacia los diferentes proyectos, como también los proyectos de mayor atractivo y prioridad, al mismo tiempo que sirven como guía para comparar estos proyectos con otros que actualmente se encuentran a nivel de estudio y planeación en el país.

El costo total de construcción del proyecto se calculó con base en los costos directos, tal como se explica en el Capítulo XI. Asimismo, en dicho capítulo se presenta la manera como se obtuvo el costo anual del proyecto, el cual, dividido por la generación anual promedio durante el período estudiado, da el costo promedio que tendría la generación del kilovatio-hora. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 5.4.

De los tres proyectos estudiados, el de Guayabetal es el que presen

ta la mayor ventaja económica, pues tiene un costo por kilovatio-hora de 18.6 milésimas de dólar. Este costo lo hace competitivo con cualquier instalación similar en el país. Sin embargo, es importante hacer notar que para la construcción de este proyecto es indispensable contar con el embalse de Quetame, el cual además de regular parcialmente el río Negro, ayuda en el control de sedimentos.

CUADRO 5.1
 SUBSISTEMA QUETAME-GUAYABETAL
 EFECTO DEL EMBALSE DE GUAYABETAL
 SOBRE LA PRODUCCION DE ENERGIA (*)

Volumen Util en Guayabetal (Mm3)	Capacidad Total (MW)	Energía Promedia		Energía Confiable		Energía Primaria	
		(MW) Contin.	F.P.	(MW) Contin.	F.P.	(MW) Contin.	F.P.
150	850	495	0.58	450	0.53	405	0.47
0	850	475	0.56	445	0.52	345	0.41

(*) Se considera la desviación del río Blanco hacia el embalse de Quetame.

F.P. Factor de Planta.

CUADRO 5.2
 GENERACION DEL SUBSISTEMA QUETAME-GUAYABETAL (*)

Central	Energía Promedia		Energía Confiable		Energía Primaria		Energía Vertida
	MW Contin.	F.P.	MW Contin.	F.P.	MW Contin.	F.P.	MW Continuos
Quetame	190	0.45	160	0.38	150	0.36	10
Guayabetal	285	0.66	260	0.60	195	0.45	62
Subsistema	475	0.56	445	0.52	345	0.41	72

(*) Para un período inicial de 10 años, considerando la desviación del río Blanco.

Proyecto	Volumen Util (Mm3)	Capacidad Instalada (MW)
Quetame	335	420
Guayabetal	0	430
		850

F.P. Factor de Planta.

CUADRO 5.3
 GENERACION HIDROELECTRICA DEL SISTEMA COMPLETO (*)
 Contribución del Proyecto Guayabetal

Proyecto	Energía Promedia		Energía Confiable		Energía Vertida
	MW Contin.	F.P. (**)	MW Contin.	F.P.	MW Continuos
Guayabetal	285	0.66	260	0.60	62.0
Sistema Completo	690	0.53	650	0.50	72.5

(*) Para condiciones de los embalses correspondientes a 50 años de vida útil y considerando las desviaciones río Blanco-Quetame, Guayabetal-Humea y Guacavía-Humea.

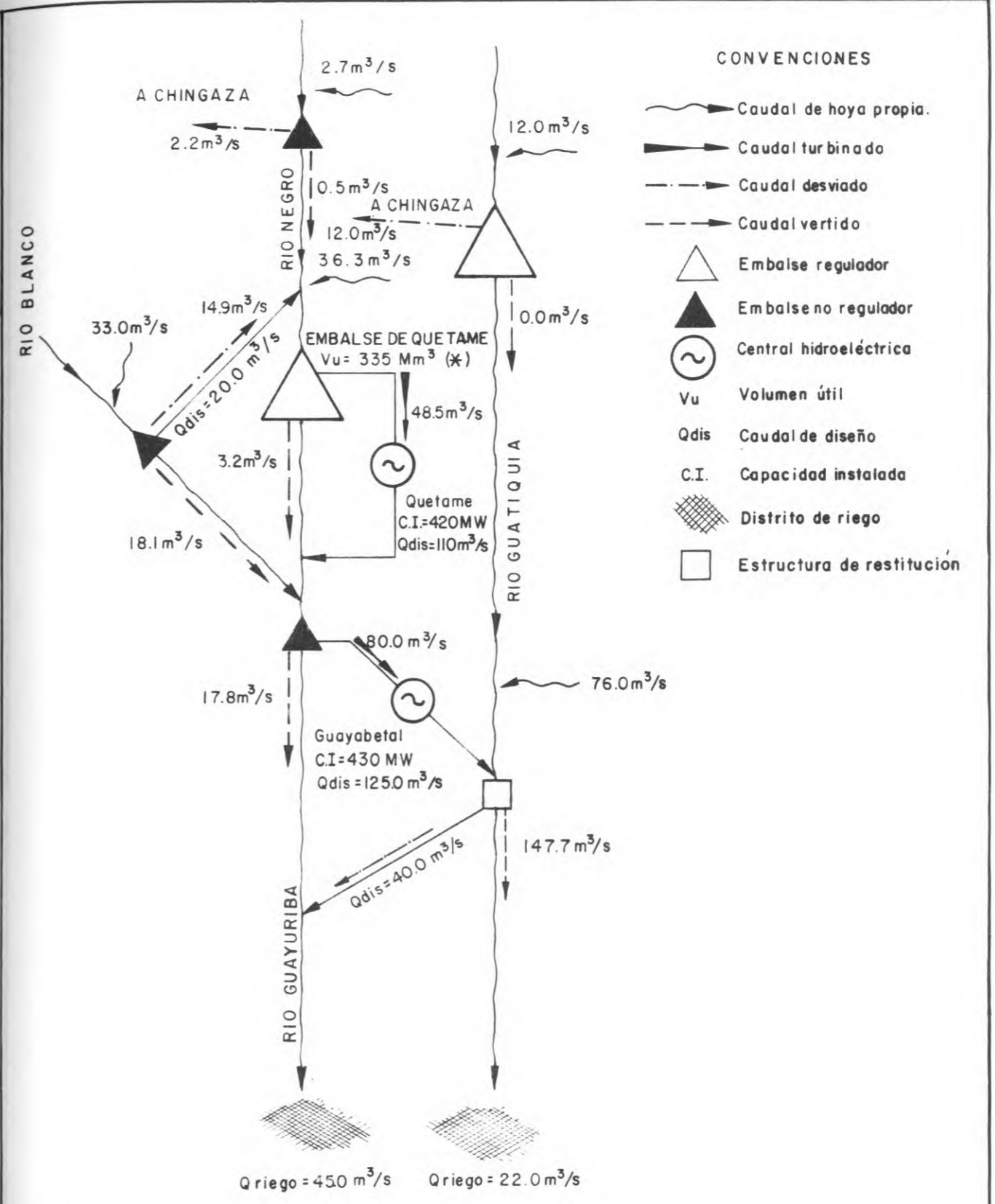
Proyecto	Volumen Util (Mm3)	Capacidad Instalada (MW)
Quetame	270	420
Guayabetal	0	430
Humea	2 400	460
		1 310

F.P. Factor de Planta.

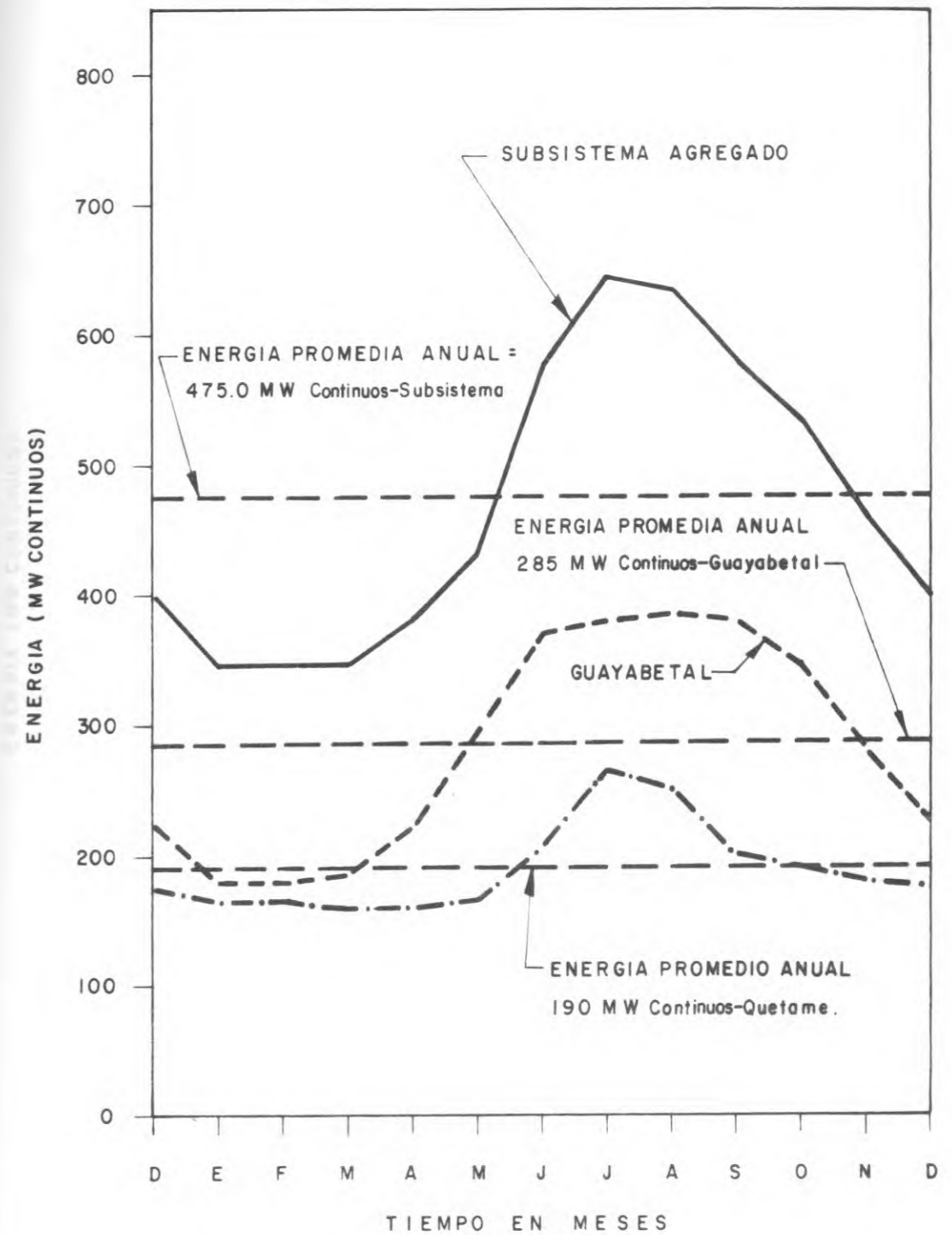
CUADRO 5.4
PROYECTO GUAYABETAL
COSTOS DE POTENCIA Y ENERGIA

	<u>Central Subterránea</u>	<u>Central Superficial</u>
COSTO TOTAL US\$ Millones	332	392
COSTO ANUAL US\$ Millones	46.5	54.9
CAPACIDAD INSTALADA MW	430	400
ENERGIA PROMEDIO ANUAL GWh/año	2 497	2 252
COSTO POR KW INSTALADO US\$ / KW	772	980
COSTO DEL KWh US\$ Mils/KWh	18.6	24.3





* Condiciones correspondientes a 10 años de operación

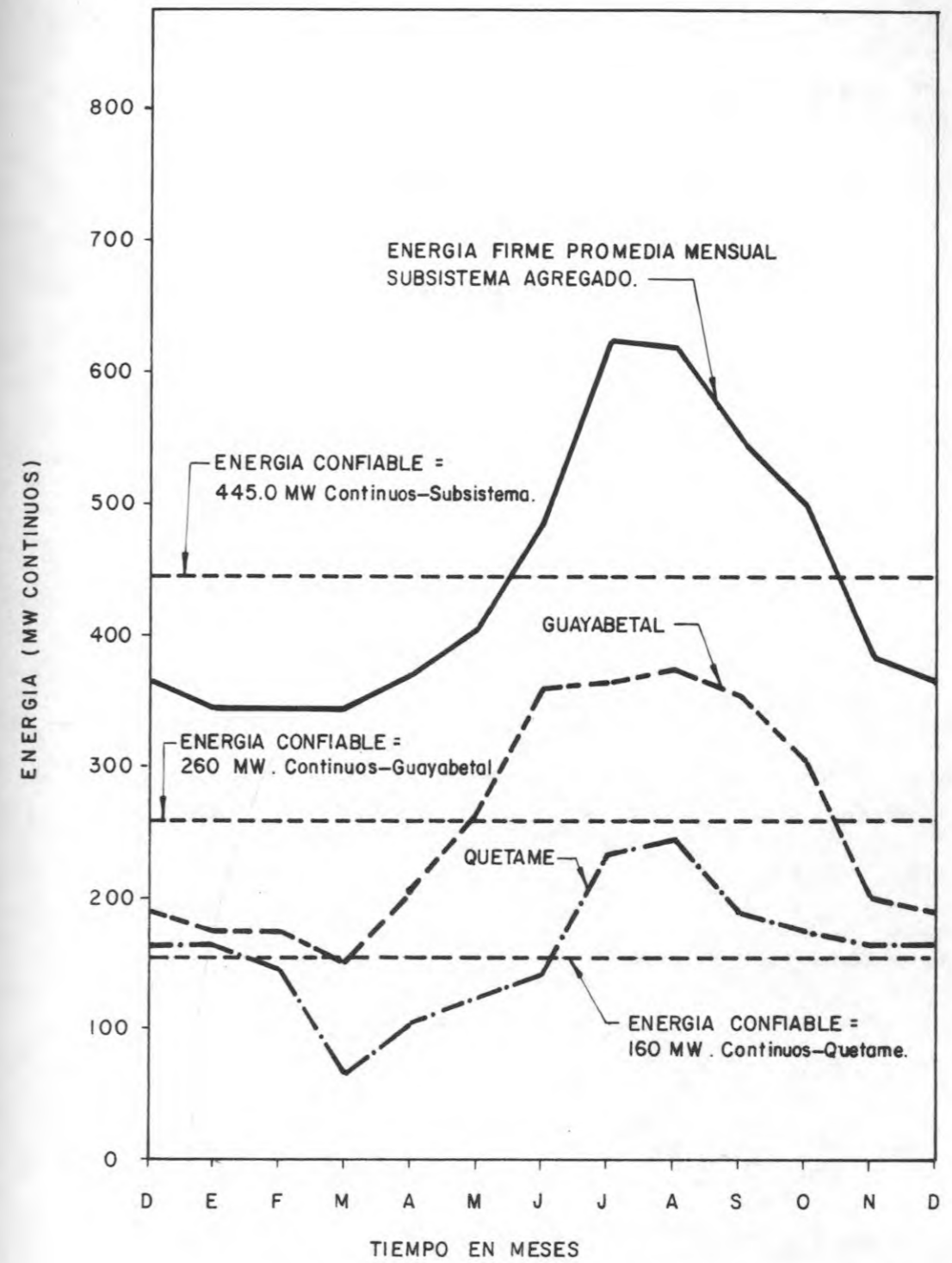


CONDICIONES DE LOS EMBALSES CORRESPONDIENTES



Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
 CONTRATO 3280
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO- GUAYURIBA
 GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS - INTEGRAL

SUBSISTEMA
 QUE TAME- GUAYABETAL
 GENERACION HIDROELECTRICA
 PROMEDIA
 FECHA: JULIO 1982
 ARCHIVA:
 FIGURA: 5-2



CONDICIONES DE LOS EMBALSES CORRESPONDIENTES
A 10 AÑOS DE OPERACION



Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
CONTRATO 3280
PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS - INTEGRAL

SUBSISTEMA QUETAME - GUAYABETAL
GENERACION HIDROELECTRICA
FIRME PROMEDIA

FECHA:
JULIO 1982

ARCHIVA:

FIGURA: 5-3



FIGURE 2.1
 PROFILE OF THE DAM

CAPITULO VI

Esquema general e infraestructura

The text on this page is very faint and mostly illegible. It appears to be a multi-paragraph section of text, possibly describing the general scheme and infrastructure related to the dam profile shown on the opposite page. The text is arranged in several columns.

CAPITULO VI

ESQUEMA GENERAL E INFRAESTRUCTURA

6.1 LOCALIZACION Y ACCESOS

La presa del proyecto Guayabetal, denominada Presa de Chirajara, está localizada cuatro kilómetros aguas abajo de la población de Guayabetal sobre el K 82 de la carretera Bogotá-Villavicencio y a 38 km de Villavicencio. La casa de máquinas está localizada a 4 km de las vegas del río Guatiquía, y para su acceso será necesario construir una carretera que sigue la margen izquierda de la Quebrada Argentina y un túnel de acceso a la central.

6.2 ESQUEMA DEL PROYECTO

El proyecto Guayabetal aprovecha la diferencia en elevación entre el río Negro y el río Guatiquía entre las cotas 935 y 495 respectivamente mediante las siguientes obras (Véase Plano G-1) :

- a. Una presa de concreto de 97 m de altura que con un nivel de agua en la cota 935 crea un embalse de 20 Mm³. Por carecer de embalse de regulación, es central de filo de agua.
- b. Una conducción en túnel de 14,5 km de longitud, dividida en los siguientes tramos : un túnel superior de carga de 13 800 m de longitud y 7.4 m de diámetro; una galería inclinada de 48° y 380 m de longitud y 4.8 m de diámetro, y por último el distribuidor, localizado en su superficie que tiene 300 m de largo. El salto total desarrollado por la conducción es de 440 m.
- c. Una central subterránea que alojará cuatro unidades Pelton de 121 MW cada una. Un túnel de descarga de 3 900 m de longitud y sección en herradura de 6.70 x 6.70 m y un canal que se bifurca para conectar uno de sus ramales a la conducción hacia el proyecto Humea y el otro para descargar directamente al río Guatiquía.
- d. Una estructura de control sobre el río Guatiquía y un canal de 16.6 km de longitud con una capacidad de 40 m³/s para restituir las aguas al río Guayuriba y mantener en éste los caudales normales de verano.

6.3 HIDROLOGIA Y SEDIMENTOS

De los estudios de hidrología y sedimentos se han extractado los resultados que se dan a continuación.

El área de la hoya hasta el sitio de la presa es de 2 462 km, la precipitación media anual tiene un valor de 2 000 mm, y el caudal medio mensual del río Negro es de 100 m³/seg. La creciente de diseño para las obras de desviación tiene un período de recurrencia de 25 años y se estimó en 2 470 m³/seg. La creciente máxima probable con la cual se diseñó el rebotadero se estimó en 10 600 m³/seg. El aporte total de sedimentos al embalse, incluido el aporte en suspensión del embalse de Quetame y el que proviene del río Blanco, aguas abajo de la desviación, es de 3.29 Mm³ anuales, de los cuales 2.55 Mm³ son sedimentos en suspensión.

6.4 GENERACION

En los estudios de generación del proyecto de Guayabetal se tuvo en cuenta que éste operará como una central de filo de agua y se consideró además el efecto del proyecto de Quetame, situado aguas arriba, y el de los caudales desviados hacia ese embalse. Se analizó además el comportamiento de los proyectos Quetame y Guayabetal operando aisladamente y el del sistema completo con el proyecto Humea.

Los resultados de los estudios de generación aparecen en los cuadros siguientes :

Período Inicial de 10 años :

- Energía Promedio 285 MW contínuos, $f_p = 0.66$
- Energía Confiable 260 MW contínuos, $f_p = 0.60$

Período de 50 años :

- Energía Promedio 285 MW contínuos, $f_p = 0.66$
- Energía Confiable 260 MW contínuos, $f_p = 0.60$
- Capacidad Instalada 430 MW

6.5 EMBALSE

El embalse creado por la presa será de filo de agua y tendrá un volumen total de 20 Mm³ a la cota 935 e inundará una zona de 90 ha. Este pequeño embalse no inundará ningún núcleo urbano sino únicamente 20 viviendas que será necesario relocalizar. El potencial agrícola de la zona es bajo y no serán afectadas tierras productivas (Véase Plano G-1).

CUADRO 6.1
CARACTERISTICAS GENERALES
PROYECTO GUAYABETAL

NIVEL MAXIMO DEL EMBALSE	m	935
VOLUMEN UTIL DEL EMBALSE	Mm ³	0
AREA DEL EMBALSE	Ha	90
SALTO BRUTO MAXIMO	m	440
SALTO DE DISEÑO	m	409
LONGITUD DE CONDUCCION	km	14.5
CAUDAL DE DISEÑO	m ³ /seg	
- Central Subterránea		125
- Central Superficial		125
CAPACIDAD INSTALADA	MW	
- Central Subterránea		430
- Central Superficial		400
GENERACION MEDIA ANUAL	GWh-año	
- Central Subterránea		2 497
- Central Superficial		2 252
FACTOR DE CARGA PROMEDIO		
- Central Subterránea		0.66
- Central Superficial		0.69
COSTO TOTAL - US\$ Millones		
- Central Subterránea		332
- Central Superficial		392
COSTOS DE ENERGIA - US\$ Mils/KWh		
- Central Subterránea		18.6
- Central Superficial		24.3
COSTO DE POTENCIA - US \$/KW		
- Central Subterránea		772
- Central Superficial		980

1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

CAPITULO VII

Presa y obras anexas

[Faint, illegible text covering the majority of the right page, likely the start of the chapter content.]

CAPITULO VII
PRESA Y OBRAS ANEXAS

7.1 PRESA

7.1.1 Consideraciones de Diseño

La disposición, tipo y dimensionamiento de las obras del sitio de presa están basadas en consideraciones de carácter hidrológico, topográfico y geológico, cuyas principales características se describen a continuación.

Las características topográficas del área no permiten la creación de un embalse considerable aún con una presa de gran altura, debido a la pronunciada pendiente del río.

El aporte de sedimentos es considerable, del orden de 3 Mm³, anuales una vez descontado el volumen retenido en el embalse de Quetame.

El sitio de presa es un cañón estrecho profundo y simétrico en forma de V, cuya parte inferior tiene pendientes hasta de 1 H : 3 V, pero en promedio las pendientes de ambos son del orden de 1 H : 1 V.

Por lo tanto, desde el punto de vista topográfico el sitio de presa es apto para cualquier tipo de presa ya sea de concreto o de enrocado, con una relación de longitud de cresta a alturas de presa de dos a uno.

Dada la pendiente de los estribos y la altura del cañón, resulta prácticamente imposible excavar un vertedero lateral del tamaño necesario para evacuar la creciente máxima probable.

Geológicamente el sitio de presa está localizado en rocas paleozoicas del Grupo Quetame consistentes en filitas verdes y grises, con inyecciones de poco espesor de cuarcita y esquisto clorítico.

Desde el punto de vista geotécnico las filitas son duras, poco fracturadas, resistentes al intemperismo, y en general de características de alta competencia. No se encontraron fallas en el sitio de presa.

La zona de la presa de Guayabetal tiene un nivel de actividad sísmico entre moderado y alto.

El lecho del río presenta una capa poco profunda de depósitos aluviales, consistente en grandes bloques en matriz de arena y gravas.

7.1.2 Altura de la Presa

Para producir un embalse capaz de almacenar los sedimentos acreados en 50 años, 150 Mm³, se requeriría una presa de 140 m de altura y solo a partir de esta altura se comenzaría a contar con embalse para regulación. Por lo tanto, desde el punto de vista de economía se descartó la posibilidad de construir una presa alta que creara un embalse suficiente para regular los caudales no controlados en Quetame. En vista de lo anterior, la altura de la presa se determinó de tal manera que no se desperdiciara el salto del río Negro entre la descarga más baja posible para la central de Quetame y el sitio de presa de Chirajara, con lo cual se obtuvo el beneficio adicional de no inundar la población de Guayabetal. La presa así determinada tendrá una altura de 97 m con cresta en la cota 948 y creará un embalse cuyo nivel máximo alcanzaría la cota 935.

7.1.3 Tipo de Presa

Desde el punto de vista geotécnico y de disponibilidad de materiales de construcción el sitio es apto para construir una presa de enrocado o de concreto gravedad, que podrían ser comparables económicamente. Sin embargo, dado lo empinado de los taludes del cañón se hace prohibitiva la construcción de un vertedero lateral, lo cual eliminó la alternativa de presa de enrocado y llevó a adoptar una presa de concreto gravedad, que rebosaría a todo lo largo de su cresta. (Planos G-2 y G-3).

7.1.4 Descripción de la Presa

Con el fin de que los caudales de rebose converjan sobre el lecho del río se adoptó una presa curva con un radio de 135 m, lo cual facilita

la geometría del vertedero. Esta geometría se prestaría a considerar la presa como del tipo de arco-gravedad, pero a nivel de prediseño y con el fin de estar del lado conservativo, no se le disminuyó su sección transversal, economía que se evaluará en la etapa de diseño.

Como se mencionó anteriormente, la cresta de la presa estará en la cota 948, unos 97 m por encima del nivel mínimo de cimentación, y tendrá una longitud de 174 m. La sección transversal, es la típica de una presa de gravedad, con la cara de aguas arriba vertical y el talud de aguas abajo con pendiente de 0.75 horizontal a 1.0 vertical. El volumen de concreto de la presa es de 265 000 m³.

Tres galerías a diferentes niveles atravesarán longitudinalmente la presa. Su función será la de permitir la conducción de suplenencia de energía eléctrica a malacates, iluminación, instrumentación y demás servicios y de permitir la inspección general de la presa, estanqueidad de las juntas, funcionamiento de los drenajes, etc. La galería superior servirá de acceso a las compuertas de purga de la boca toma y la galería intermedia será el acceso a las cámaras de compuertas de las descargas de fondo. A lo largo de la línea de cimentación se construirá una galería escalonada que servirá para inyecciones y drenaje.

Las descargas de fondo, el rebosadero y la ataguía de aguas arriba estarán asimismo incorporadas en la presa y se discutirán posteriormente.

7.1.5 Fundación de la Presa

Se ha previsto que una vez removido el material aluvial se excavarán alrededor de 10 m de roca a todo lo largo y ancho de la fundación de la presa, con el fin de asegurar la remoción total de la roca meteorizada.

7.1.6 Inyecciones y Drenaje

El tratamiento principal de la cimentación consistirá en una cortina de inyecciones que se hará desde la galería que se ha previsto a todo lo largo de la línea de cimentación. Las inyecciones tendrán una profundidad máxima de 35 m y un mínimo de 12 m en la cercanía de la cresta de la presa. Una vez terminada la cortina se perforará una serie de huecos verticales para drenaje desde la misma galería de

de inyección. El agua será recolectada en un pozo localizado en la parte más baja de la galería inferior y bombeada hasta la galería intermedia, la cual permite drenaje por gravedad hacia la superficie del terreno.

Se ha previsto, además, aunque es posible que se elimine en el diseño final, un manto de inyecciones de consolidación de unos 8 m de profundidad (Plano G-3).

7.1.7 Desviación y Manejo del Río

La desviación del río se deberá efectuar en el mes de febrero que es el más seco del año y es posible que en caso de desfase su construcción con respecto al proyecto Quetame, se cuente con la ventaja de tener el control de su embalse (Plano G-4).

La desviación se hará por dos túneles de 10 m de diámetro, de 450 m de longitud localizado en ambos estribos, con el fin de reducir su longitud. Aprovechando lo estrecho del cañón se construirá una ataguía de concreto que quedará incorporada en la presa. La preataguía prestará servicios únicamente durante los dos meses de construcción de la ataguía.

7.2 REBOSADERO

El rebosadero localizado en la cresta de la presa, es un canal convergente que tendrá una longitud de 128 m en la cresta y 54 m en el deflector. Las secciones laterales cuyas crestas estarán a la cota 935, serán los rebosaderos de servicio que operarán para caudales normales y crecientes con frecuencias menores de 1 : 10 a los, que son del orden de 4 000 m³/s. Para caudales mayores se operará el rebosadero central que tiene dos compuertas de 21 m de altura y 17 m de ancho, separadas por una pila central de 3.6 m de espesor. La capacidad total de los rebosaderos será de 10 600 m³/s, caudal correspondiente a la creciete máxima probable (CMP).

Aguas abajo de la presa se construirá una estructura de control cuyo fin será el de crear una piscina de amortiguación para la descarga del rebosadero (Plano G-3).

7.3 DESCARGA DE FONDO

Las descargas serán dos conductos circulares de 4 m de diámetro formados dentro de la presa y blindados en toda su longitud. Estarán controlados a la entrada por una compuerta vertical y a la salida por una compuerta inclinada. Las compuertas son cuadradas, tienen una dimensión de 4 m x 4 m y serán operadas por un servomotor (Plano G-4).

El propósito de las descargas de fondo será el de evacuar los sedimentos que se acumulen al frente de la bocatoma del túnel de carga una vez que éstos se aproximen a las cercanías de la presa. La limpieza de sedimentos deberá llevarse a cabo por lo menos una vez al año, preferiblemente al final del invierno, pero cuando aún se cuente con caudales altos como se explica más adelante.

CAPITULO VIII

Conducción y obras de generación

[Faint, illegible text covering the majority of the right page, likely bleed-through from the reverse side.]

CAPITULO VIII
CONDUCCION Y OBRAS DE GENERACION

8.1 OBRAS DE CAPTACION

De acuerdo con los estimativos de transporte de sedimentos para los ríos Negro y Blanco, se espera que en el embalse de Guayabetal se retenga una carga promedio anual de sedimentos de unos 4.4 millones de toneladas, equivalentes a un volumen de más de 3 millones de m³. Como el embalse de Guayabetal tiene una capacidad de solamente 20.0 millones de m³, rápidamente se colmatará, de ahí que sea necesario diseñar medidas para disminuir la entrada de sedimentos, especialmente los gruesos, a la conducción, y efectuar lavados periódicos del material acumulado en el embalse para evitar la obstrucción de la bocatoma, las aberturas del vertedero y los desfuegos de la presa.

Se planea efectuar lavados periódicos, al menos con frecuencia anual, del embalse de Guayabetal, a través de las descargas de fondo del embalse. En este momento sería difícil determinar con seguridad el tiempo requerido para la limpieza del embalse. Sin embargo, se puede estimar aproximadamente el período anual promedio que debería interrumpirse la operación del proyecto para efectuar la limpieza del embalse, para lo cual se aprovecha la experiencia en obras similares en operación y se tiene en cuenta el transporte promedio anual y el tipo de sedimentos, la profundidad y capacidad del embalse y el caudal del río. Dicho período sería del orden de 20 días por año. Las compuertas y conductos de desfogue se han diseñado con capacidad y características adecuadas para permitir un rápido vaciado del embalse y para resistir en cuanto sea posible los daños ocasionados por el arrastre de materiales sólidos a través de ellos.

La captación propiamente dicha se ha localizado inmediatamente aguas arriba de la presa sobre el contrafuerte izquierdo. Se ha dotado de una serie de estructuras anexas para retirar la mayor parte de los sedimentos gruesos y parcialmente las arenas y evitar que continúen por la conducción (Véase Plano G-5). Las medidas para control de entrada de sedimentos son las siguientes :

- Un muro (skimmer wall) de altura variable entre cotas 923.5 y 927 alrededor de la captación, aguas arriba del cual se depositarán los sedimentos más gruesos, que serán deflectados por el muro hacia un conducto que descarga a través de la presa, controlado por una compuerta vertical de purga de 3.5 m de ancho por 5 m de altura.
- A continuación del muro se ha diseñado un canal de 5 m de ancho, a 3.6 m por debajo del nivel de la losa de la captación, donde se depositará una parte del sedimento grueso que alcance a sobrepasar el muro. Estos sedimentos se evacuarán por una compuerta de 2 m de ancho por 3 m de altura que descarga inicialmente por un conducto que entrega luego a un canal (chute) que corre por el lado externo del muro izquierdo del vertedero, y paralelo a él, hasta entregar en el cauce del río.
- Debajo de la losa de la captación se ha diseñado una trampa que evacúa por dos conductos de purga con varias entradas. Cada conducto está controlado por una compuerta de 1.0 m de ancho por 1.5 m de altura, y descarga posteriormente al canal descrito anteriormente.

Las compuertas que controlan las purgas mencionadas normalmente se operarán en forma continua, especialmente las pequeñas, para mayor efectividad en la evacuación de sedimentos depositados. También se harán lavados periódicos a través de las demás compuertas, de acuerdo con las circunstancias, esto es con el transporte real de sedimentos y el caudal del río. La disposición y dimensiones definitivas de las estructuras propuestas deberán refinarse con base en los resultados de modelos hidráulicos representativos.

La captación está provista de rejas coladeras con extensión total de 21 m de ancho por 14 m de altura que se manejarán y limpiarán desde la plataforma a la cota 937. Aguas abajo de las rejas, la captación tiene dos compuertas de guarda y dos de operación normal, en tandem, cada una con un ancho de 3.5 m y 6 m de altura, probablemente del tipo de ruedas fijas, operadas por medio de servomotores, instalados sobre la losa a la cota 948. A continuación de las compuertas se tiene un pozo para aireación e inspección.

Para localizar la captación se han previsto excavaciones para eliminar los materiales sueltos y meteorizados y se planea estabilizar las

paredes en roca por medio de pernos y concreto neumático reforzado.

8.2 OBRAS DE CONDUCCION

Las obras de conducción de la central están conformadas por el túnel de carga, el túnel blindado, el pozo de presión y los distribuidores.

El túnel de carga tiene una longitud de 13.8 km, pendientes negativas del 1% en los primeros 8.8 km y del 1.5% en la longitud restante; sección en forma de herradura de 7.40 m de diámetro, con sus paredes y el piso revestidos en concreto lanzado y concreto reforzado, respectivamente. En las zonas de roca de mala calidad se consideró una sección revestida en concreto reforzado de 6.00 m de diámetro. Tanto el alineamiento horizontal como el vertical se diseñaron para garantizar en todos los puntos un techo de roca igual al 100% de la presión estática máxima, excepto en los últimos 20 metros, que se consideraron revestidos con lámina metálica con diámetro interior de 4.80 m.

En su extremo de aguas abajo, el túnel de carga dispone de una almenara conformada por dos cámaras de expansión localizadas en las cotas 885 y 970, comunicadas entre sí por un pozo vertical de 10.0 m de diámetro y con el túnel de presión por un pozo - también vertical - de 5.20 m de diámetro y 123 m de altura, en cuyo extremo superior dispone de un orificio restringido. Dichas cámaras tienen una sección transversal de unos 36 m² de área y una longitud de 187 m la cámara superior y 173 m la inferior.

Se consideraron tres ventanas para la construcción del túnel de carga con una sección de 23.0 m² de área. La ventana No. 1, con una longitud de 150 m, se utilizará para la construcción del tramo inicial; la ventana No. 2 con una longitud de 750 m, se utilizará para la construcción del tramo intermedio y la ventana No. 3 con una longitud de 1100 m, se utilizará para la construcción del tramo final del túnel, para la construcción de la almenara y para el montaje del blindaje metálico del pozo de presión. La ventana No. 1 se taponará con concreto una vez concluidos los trabajos, en la ventana No. 2 se dispondrá un tapón de concreto con tubería embebida de 0.90 m de diámetro y tapa en su extremo, que se utilizará para la inspección del túnel.

El túnel de carga está unido en su extremo de aguas abajo con una galería inclinada de 48° con la horizontal, dentro de la cual se dispuso una tubería de 4.8 m de diámetro y 380 m de longitud, apoyada sobre silletas y con 4 anclajes. Inmediatamente aguas abajo del codo inferior, la conducción se bifurca conformando los distribuidores con diámetros de 3.40 m cada uno, los cuales a su vez se bifurcan posteriormente en ramales de 2.4 m de diámetro mediante los cuales se alimentan las cuatro unidades generadoras.

La sección de galería dentro de la cual se instalará la tubería de presión, se ha revestido con una capa de concreto lanzado con la finalidad de prevenir desprendimientos de rocas que puedan dañar la tubería y tendrán además, paralelamente a ésta y a lo largo de toda la galería, una escalera de concreto para montaje e inspección.

Se utilizó para los cálculos de la lámina, acero liso convencional, de características similares al de la designación A-537, Clase I de la ASTM, que tiene un esfuerzo de cedencia mínimo de 3 515 kg/cm² (50 000 psi) y para el cual se asumió un esfuerzo de trabajo equivalente al 50% de aquel. Los espesores de la lámina varían entre 20 mm y 46 mm.

Una vez terminada la construcción, la ventana No. 3 se utilizará para inspeccionar la tubería, efectuar la ventilación de la central y como salida de emergencia.

Se requerirá además un túnel de construcción inferior que se desprende del túnel de acceso y llega al codo inferior de la tubería, en el cual se colocará un tapón de concreto con un tubo embebido de 1.50 m de diámetro, que dispondrá de una válvula de solapa de igual diámetro, accionada por un flotador, para impedir la inundación de la central en caso de rotura de la tubería.

8.3 CASA DE MAQUINAS

8.3.1 Obras Civiles

Están constituidas por un túnel de acceso, cuatro cavernas comunicadas por túneles, un pozo inclinado y los necesarios túneles de construcción.

El túnel de acceso, de 1 200 m de longitud, 38 m² de sección y 8% de pendiente, comunica la caverna principal con una plazoleta exterior ubicada en la cota 600.

La caverna principal, conformada por una zona de unidades generadoras y otra de montaje, tiene 112 m de longitud, 17 m de ancho y 35 m de altura, y pueden distinguirse en ella dos pisos : uno principal a nivel del piso del túnel de acceso, de las tapas superiores de los generadores y de la sala de montaje propiamente dicha; y un piso inferior a nivel de los accesos a los cojinetes guía y mecanismo de operación de las turbinas.

Por encima del piso principal se disponen las estructuras que conforman el camino de rodadura del puente grúa, y el cielorraso de concreto en el cual van el ducto de ventilación y los equipos de iluminación. Las cámaras inferiores donde se alojan los rodetes y toberas de las turbinas, se comunican mediante canales que convergen aguas abajo de las cajas para las compuertas de descarga hacia el punto donde arranca el túnel de fuga.

La disposición de equipos en la caverna principal es convencional y ubica todos los tableros de control a nivel del piso principal en tanto que los reguladores de velocidad de la turbina, los tableros de excitación y los gabinetes del neutro de los generadores, van en el piso inferior.

Inmediatamente debajo del área de montaje se disponen los equipos de control y de protecciones de la Central, en tanto que en los dos pisos inferiores a éste se ubican todos los servicios auxiliares, tanto eléctricos como mecánicos.

La caverna de transformadores, de 85 m de longitud, 11 m de ancho y 15 m de alto, queda aguas abajo de la caverna principal y a nivel del piso principal de ésta. La caverna de transformadores se comunica con la principal a través de dos galerías de barras y de una galería de movilización de transformadores, y con los canales de descarga de las turbinas mediante las cajas de operación de las compuertas. En esta caverna se tienen dos pisos : uno, al mismo nivel de la sala de montaje, donde van las celdas que alojan los transformadores y los interruptores de máquina, y el otro piso que está conformado por el techo de las celdas mencionadas y del pasillo de movilización de transformadores.

La disposición de equipos en esta caverna es como sigue : los ductos del barraje llegan por las galerías de barras a los interruptores de máquina alojados en celdas abiertas, de allí se distribuyen por el pasillo exterior a las celdas de transformadores, las cuales son herméticas para la requerida protección anti-incendio con Halon. De la cara superior de los transformadores salen los cables aislados en aceite, a 230 kV, que se llevan por el pozo inclinado hasta la plazuela de cables, localizada en la cota 760. El pozo de cables tiene una estructura para soporte de 106 cables, escaleras de concreto para salida de emergencia, de la central y rieles para un malacate de inspección.

La caverna de válvulas de 71 m de longitud, 8 m de ancho y 18 m de altura queda aguas arriba de la caverna principal y aloja las cuatro válvulas esféricas. Esta caverna tiene acceso vehicular por un ramal que se desprende del túnel de acceso principal y también acceso para peatones por un túnel que llega al piso inferior de la sala de montaje. En el extremo donde llega el túnel de acceso hay un espacio para montaje. Para la instalación de las válvulas se dispone de un puente grúa de 70 toneladas que corre sobre una estructura de concreto.

La caverna de ventilación de 15 m de longitud, 12 m de ancho y 8 m de altura está localizada aguas arriba de la caverna de válvulas. El aire llega por el túnel para la tubería de presión y se lleva a las otras tres cavernas por medio de túneles y pozos. Uno de estos túneles sirve también de acceso desde las otras cavernas. Los vehículos pueden llegar utilizando un ramal del túnel de acceso principal.

8.3.2 Equipos Mecánicos

a. Turbinas

La central tiene cuatro turbinas del tipo Pelton de eje vertical y de seis chorros, diseñadas para una potencia de 121 MW cuando operan con un salto neto de unos 430 m, un caudal de 32.2 m³/s y una velocidad sincrónica de 240 rev/min. Cada turbina cuenta con una válvula de entrada del tipo esférico de 2.2 m de diámetro, que opera con agua de la tubería de presión y es controlada mediante un regulador de velocidad electrohidráulica.

b. Puentes Grúas

Para montaje y mantenimiento de los equipos de la Central, se tiene un puente grúa de 230 toneladas de capacidad y 16.3 m de luz, provisto de un monorriel de 20 toneladas, desplazable independientemente del carro de la grúa, y sin gancho auxiliar. En la caverna de válvulas se cuenta con un puente grúa de 70 toneladas de capacidad y 7 m de luz.

c. Sistemas Auxiliares

Agua de Refrigeración

Para refrigerar las unidades y el aire de ventilación, se bombean de los canales de descarga 700 l/s de agua, que circulan por los intercambiadores de calor, y descarga a los fosos de turbinas.

Ventilación y Aire Acondicionado

La Central cuenta con unidades de manejo y acondicionamiento de aire que toman unos 250 000 m³/h de aire exterior a través del pozo previsto para tal fin y lo distribuyen así : un 30% para el pozo de cables y un 70% para la casa de máquinas. Del aire de casa de máquinas, se utiliza un 10% para aireación de las turbinas y el resto sale por el túnel de acceso. El acondicionamiento del aire se hace mediante serpentines alimentados con agua de los canales de descarga. El sistema previsto resulta favorable puesto que las capacidades involucradas no requieren recirculación de aire dentro de la Central.

Aire Comprimido

Para el suministro de aire comprimido en la Central, incluyendo el necesario para el frenado de los generadores, se dispone de una planta de 4.0 m³/min de capacidad y una red de tuberías, tomas y tanques de almacenamiento de unos 10 m³ de capacidad.

Agua Potable y Aguas Negras

Los servicios sanitarios y generales de la Central son atendidos por sendas plantas de tipo compacto ("Packaged"), con la mínima capacidad comercial, y combinadas con tanque hidroneumático y red de tuberías y tomas.

Otros

La Central tiene los sistemas y equipos necesarios para protección contra incendio y para reparaciones menores (máquinas, herramienta).

d. Compuertas y Operadores

La estructura de captación de la Central tiene, además del indispensable sistema de rejas coladeras, dos compuertas de rodillos operadas con servomotor de aceite, de 4.0 m de ancho y 6.5 m de alto, capaces de cerrar contra el flujo y de resistir una presión máxima de 25 m.c.a., y dos compuertas auxiliares de 4.5 m de ancho y 6.5 m de alto, operadas bajo presiones equilibradas con el puente grúa de operación y mantenimiento, de 25 toneladas de capacidad, que se tiene en la caseta de operación.

Para el sistema de purga de sedimentos de la captación hay dos juegos de compuertas de operación hidráulica, capaces de abrir y cerrar contra flujo y bajo una presión de 30 m.c.a., alojadas en sendas cámaras junto con idénticas compuertas auxiliares.

Uno de los dos juegos tiene compuertas de 1.0 m de ancho y 1.5 m de alto, libres; en tanto que el otro juego tiene compuertas de 2.0 m de ancho y 3.0 m de alto, libres.

Con las compuertas se suministra el blindaje de lámina de acero, correspondiente.

Además de los dos juegos de compuertas descritos atrás, el sistema de purga de sedimentos tiene otro juego de compuertas del tipo de ruedas o rodillos, operadas con servomotor de aceite, de 3.5 m de ancho y 5.0 m de alto, libres, capaces de abrir y cerrar contra flujo, bajo una presión de 32 m.c.a.

Para los canales de descarga de las turbinas se tiene una compuerta de tablero de 5.0 m de ancho y 4.5 m de alto, que opera con presiones equilibradas.

Dos compuertas de tablero, de 5.0 m de ancho y 8.0 m de alto, para el canal de derivación que conduce a la captación de la Central Hidroeléctrica de Humea. Las compuertas se fabrican en dos paneles de

cuatro metros de ancho, los cuales se colocan con ayuda de una grúa camión.

8.3.3 Equipos Eléctricos

a. Generadores

Los generadores son sincrónicos, de eje vertical, con capacidad nominal de 113 MVA a 60° C de elevación de temperatura, factor de potencia 0.95 en retraso y voltaje nominal de 13.8 kV.

Los equipos de excitación son estáticos, a base de tiristores alimentados por pequeños transformadores de potencia trifásicos, secos y conectados directamente a las barras de los generadores.

Las barras de conexión entre los generadores y los transformadores de potencia son de fase segregada, en ducto y con conductores de aluminio, cuyas capacidades continua y de cortocircuito están de acuerdo con las capacidades de los generadores y del sistema.

b. Transformadores de Potencia

Cada grupo de dos generadores está conectado, a través de interruptores, con un banco de tres transformadores monofásicos de dos devanados, clase FOW, con capacidad individual de 87 MVA para una elevación de temperatura de 65° C, y con voltaje de salida de 230 kV.

c. Cables de 230 kV

Los bancos de transformadores se conectan a la subestación exterior por medio de dos circuitos trifásicos de cables monopares de 230 kV, aislados con aceite, que salen por el pozo respectivo hasta la estructura de salida de cables. Cada circuito de cables tiene una longitud aproximada de 700 m.

d. Servicios Auxiliares

Los servicios auxiliares de la Central están divididos en servicios auxiliares de las unidades, servicios generales y sistema de corriente continua.

Como fuente alterna de potencia para casos de emergencia se cuenta con las plantas Diesel que se instalarán durante la etapa de construcción.

e. Equipo de Control y Protección

En servicio normal, la Central está controlada desde el centro de despacho de la Empresa de Energía Eléctrica. Las señales de control y supervisión llegan a través de los canales de comunicación a la unidad terminal remota (RTU). Cada unidad cuenta con un controlador lógico programable a base de microprocesador, para efectuar automáticamente las funciones de arranque y paro de las unidades.

Las unidades y equipos principales cuentan con equipos de protección electrónico, tanto principal como de respaldo.

8.4 OBRAS DE DESCARGA

Las obras de descarga están conformadas por cuatro canales colectores que reciben el caudal que llega de las turbinas y lo entregan a un túnel de descarga de 3 900 m de longitud, con pendiente negativa del 0.13% y sección revestida en forma de herradura de 6.70 m de ancho por 6.70 m de altura y de 40 m² de área interior. Este túnel conduce, a flujo libre y bajo condiciones normales de operación, un caudal de 125 m³/s con una velocidad aproximada de 4.0 m/s y con una altura del flujo de 4.70 m. En el diseño del túnel se ha previsto un área libre de 8.5 m², con el fin de evacuar ondas debido a variaciones bruscas de caudal. El túnel descargará por medio de una estructura de disipación y de un canal de 500 m de longitud al río Guatiquía aproximadamente a la cota 482. En dicho canal se dejarán las provisiones para en un futuro desviar hacia el embalse de Humea el caudal descargado por la central de Guayabetal.

Para realizar la inspección, el mantenimiento y eventuales reparaciones a una de las turbinas, sin afectar la operación de las demás, se han dispuesto en los canales de descarga compuertas de tablero de 4.5 m de ancho por 21.5 m de altura que pueden ser operadas con presiones equilibradas desde la caverna de transformadores mediante un monoriel.

La pendiente del túnel y por consiguiente las dimensiones de su sección típica, así como la cota de las turbinas, se determinaron de mo

do que se aprovechara económicamente el mayor salto posible, es decir, procurando minimizar la suma de los costos anuales por concepto de construcción del túnel y por concepto de pérdidas de energía debidas a la pendiente del túnel.

Teniendo en cuenta la realidad de la formación geológica que atraviesa el túnel de descarga, se consideró para esta etapa de los estudios, una sección revestida en concreto reforzado, con pernos y soportes toda su longitud.

8.5 SUBESTACION

Subestación de 230 kV

La Central está conectada a una subestación exterior convencional de 230 kV, del tipo de interruptor y medio, instalada en tres plazoletas de 40 m x 100 m cada una, localizadas en las cotas 690, 696 y 702. De esta subestación salen dos líneas de transmisión hacia las subestaciones de Quetame y de Humea. Próximo a la zona de la subestación queda el edificio de mando de la Central.

1. INTRODUCCION

2. OBJETIVO

3. ALCANCE

4. METODOLOGIA

5. RESULTADOS

6. CONCLUSIONES

7. RECOMENDACIONES

8. BIBLIOGRAFIA

9. ANEXOS

CAPITULO IX

Canal de restitución al Río Guayuriba

El presente capítulo describe el proyecto de construcción de un canal de restitución al Río Guayuriba. El objetivo principal es mejorar la calidad del agua y reducir la contaminación en el río. El canal se diseñó para permitir el flujo natural del agua y evitar la acumulación de sedimentos y residuos. El proyecto incluye la construcción de una estructura de concreto que permitirá el paso del agua de manera segura y eficiente. Se realizaron estudios de campo para determinar las condiciones del río y las necesidades de la comunidad local. El canal se construyó en un área protegida y se aseguró de no dañar el medio ambiente. El proyecto fue financiado por el gobierno y se espera que mejore la calidad de vida de la comunidad local.

CAPITULO IX

CANAL DE RESTITUCION AL RIO GUAYURIBA

9.1 GENERALIDADES

Los caudales naturales del río Guayuriba se reducirán con la desviación de las aguas del río Negro hacia el río Guatiquía, y posteriormente al embalse de Humea, por medio del proyecto Guayabetal. Esta situación será favorable en los meses de invierno, ya que reduce las inundaciones que normalmente se presentan en esta región. Sin embargo, durante la época de verano se hace estrictamente necesario mantener los caudales mínimos normales que son los requeridos por los actuales usuarios del río para riego u otras necesidades. En el numeral 5.5 del Capítulo V, se explican los criterios que determinaron la capacidad de las obras de restitución y que constan de las siguientes estructuras :

- Una estructura de bifurcación situada a la salida del túnel de descarga de la central de Guayabetal.
- Una captación situada en el río Guatiquía a la cota 400 y a unos 4 km aguas abajo de Villavicencio.
- Un canal de 16.6 km de longitud desde el río Guatiquía hasta el río Guayuriba.
- La localización general de las obras se muestra en el Plano G-7

9.2 ESTRUCTURA DE BIFURCACION

Aguas abajo del portal de salida del túnel de descarga de la central de Guayabetal se construirá una estructura de bifurcación provista de compuertas de regulación. Uno de sus ramales se conectará a la conducción hacia el embalse de Humea. El segundo ramal permitirá descargar caudales al río Guatiquía, ya sea que se requieran para restituir agua al río Guayuriba o que se presenten daños en la conducción mencionada. Los caudales descargados al río Guatiquía se captarán aguas abajo por medio de la estructura que se describe a continuación.

9.3 CAPTACION

La captación se hará por medio de una presa vertedora tipo " Presa India ", localizada en el río Guatiquía a la cota 400.

La presa consiste en un muro vertedor de concreto de 5.0 m de altura sobre el nivel de la fundación, cota 403.5 con una depresión de 0.5 m en la zona adyacente a la bocatoma que asegure la entrada de agua con caudales bajos. El muro vertedor se confinará con espaldones de enrocado, el espaldón de aguas arriba tendrá un talud de 3 H : 1 V y el de aguas abajo un talud de 12 H : 1 V con una protección de enrocado reforzado con malla de acero soldada. (Véase Plano G-11).

La estructura de captación localizada sobre la margen derecha, comprende un canal de limpia, provisto de una compuerta de 4.0 x 6.0 m que permitirá la evacuación de los sedimentos acumulados al frente de la bocatoma.

9.4 CANAL

La restitución del caudal al río Guayuriba, se hará mediante un canal de 16.6 km de longitud y una pendiente del 1%, cuya cota de solera a la entrada es 400. Se diseñó el canal para un caudal de 40.0 m³/s, el alineamiento se desarrolla buscando el corte mínimo. Las dimensiones del canal son : base de 4.0 m, una lámina de agua normal de 2.00 m y taludes de 1.5 H : 1 V. El canal será revestido en concreto debido a que atravesará a lo largo de todo su alineamiento depósitos aluviales.

En el Cuadro No.9.1 se muestra la posible operación del canal durante los meses de noviembre a abril. En este cuadro se observa claramente que con un caudal de diseño de 40 m³/s se tendrían los caudales requeridos para riego aguas abajo de Puente Carretera aún en el período más crítico del verano.



CUADRO No. 9.1
CAUDALES RESTITUIDOS AL RIO GUAYURIBA - m³/s.

Año	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	Caudal río Guayuriba. 1)	Caudal restituido. 2)	Caudal río Guayuriba. 1)	Caudal restituido. 2)	Caudal río Guayuriba	Caudal restituido.	Caudal río Guayuriba.	Caudal restituido.	Caudal río Guayuriba	Caudal restituido	Caudal río Guayuriba.	Caudal restituido
1964	30.1	14.9	30.1	14.9	26.8	18.2	22.0	23.0	39.2	5.8	20.0	25.0
1965	16.5	28.5	33.1	11.9	17.2	27.8	22.0	23.0	34.8	10.2	29.8	15.2
1966	28.1	16.9	11.7	33.3	28.0	17.0	15.8	29.2	24.5	20.5	34.7	10.3
1967	31.4	13.6	29.6	15.4	24.8	20.2	20.4	24.6	20.8	24.2	52.6	0
1968	34.0	11.0	16.3	28.7	15.7	29.3	18.8	26.2	12.8	32.2	6.3	38.7
1969	41.6	3.4	13.8	31.2	17.0	28.0	17.6	27.4	9.6	35.4	33.3	11.7
1970	99.0	0	23.5	21.5	19.7	25.3	17.1	27.9	30.0	15.0	46.7	0
1971	23.3	21.7	23.2	21.8	17.5	27.5	17.3	27.7	5.1	39.9	79.6	0
1972	26.2	18.8	7.3	37.7	20.5	24.5	19.3	25.7	29.2	15.8	102.2	0
1973	19.5	25.5	24.8	20.2	23.5	21.5	17.7	27.3	14.9	30.1	47.1	0
1974	20.2	24.8	10.0	35.0	9.7	35.3	18.8	26.2	30.4	14.6	125.2	0
1975	33.3	11.7	9.5	35.5	20.6	24.4	18.9	26.1	4.4	40.6	26.0	19.0
1976	93.6	0	22.8	22.2	22.9	22.1	17.2	27.8	16.7	28.3	116.8	0
1977	47.0	0	10.6	34.4	22.3	22.7	15.5	29.5	5.2	39.8	44.7	0.3
1978	43.2	1.8	23.8	21.2	19.2	25.8	12.9	32.1	14.3	30.7	39.1	5.9
Prom.	39.1	12.8	19.3	25.7	20.4	24.6	18.1	26.9	19.5	25.5	53.6	8.4

1) Caudal de la hoya entre Guayabetal y Puente Carretera.

2) Caudal restituido al río Guayuriba para asegurar un caudal de 45 m³/s.

Tabla 1. Estado de los recursos naturales en el municipio de San Juan de los Requesenes.

Recursos	Estado	1957	1971	1985	1997	2010	2014	2018
Agua	Abundante	50%	45%	40%	35%	30%	25%	20%
Suelo	Fértil	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%
Aire	Contaminado	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
Vegetación	Deforestada	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Animales	Disminución	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
Minerales	Abundante	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%
Plantas	Abundante	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%
Alimentos	Abundante	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%
Medio ambiente	Degradado	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%

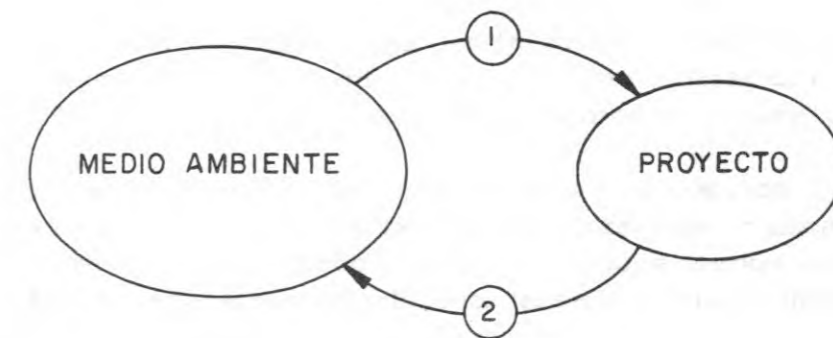
CAPITULO X

Aspectos ambientales

CAPITULO X
ASPECTOS AMBIENTALES

10.1 GENERALIDADES

El análisis de los aspectos ambientales y socioeconómicos del proyecto se realizó teniendo en cuenta las dos formas generales como ocurre en la interacción proyecto-medio ambiente. La Figura siguiente ilustra gráficamente esta doble interacción :



Los efectos del medio ambiente sobre el proyecto (relación (1)), se estudiaron por haberse identificado un proceso de relativa importancia, cual es el de la elevada producción de sedimentos en la cuenca hidrográfica. El numeral 10.2.2 se refiere fundamentalmente a dicho aspecto y a sus posibilidades de mitigación por medio de la reforestación de ciertas zonas.

La evaluación del impacto ambiental del proyecto (relación (2)), tuvo como objetivo la identificación de los principales elementos del medio físico, biológico y humano susceptibles de sufrir alteraciones por la construcción de las obras. Una vez identificados y ponderados los posibles efectos, se analizaron las medidas remediales aplicables a los casos considerados de más importancia.

Este enfoque de la problemática ambiental del proyecto facilita el

cumplimiento cabal de las disposiciones legales vigentes con respecto a proyectos hidroeléctricos. Es así como por ejemplo permite aplicar la Ley 56 de 1981 que establece, por un lado, la obligatoriedad de reponer o compensar los daños o perjuicios causados por la construcción de proyectos (Art. 3^a) y por el otro, ordenar invertir un 2% del valor de las ventas de energía en labores de reforestación y protección de la respectiva cuenca (Art. 12).

10.2 ESTADO AMBIENTAL DE LA CUENCA HIDROGRAFICA

10.2.1 Geomorfología

La cuenca del proyecto Guayabetal (2 462 km²) incluye zonas donde los procesos erosivos son muy intensos. Sobresalen una gran cantidad de deslizamientos superficiales activos en los tramos inferiores del río Blanco y sus afluentes, en la quebrada Blanca y en el río Negro entre las confluencias de los dos tributarios mencionados. Las fotografías aéreas de años anteriores parecen indicar que tal inestabilidad en las filitas de la zona es en gran medida natural.

La erosión laminar en taludes de pendiente pronunciada y con escasa cobertura vegetal, contribuye también pero en menor escala. La parte alta del río Blanco probablemente produce menos sedimentos que los tramos inferiores debido a la densa cobertura vegetal existente por encima de los 2 500 m de elevación.

Aunque se estima que actualmente la hoya del proyecto Guayabetal presenta mayores tasas de erosión y de producción de sedimentos que la del proyecto Quetame, es probable que antiguamente haya sido lo contrario. La evidencia de este proceso histórico pudo observarse en el contraste topográfico entre las dos áreas: depresiones redondeadas y pendientes suaves conforman el paisaje característico en las zonas de lutitas, mientras que las filitas de la cuenca del proyecto Guayabetal forman riscos y taludes de gran pendiente.

10.2.2 Vegetación

La cobertura vegetal de la cuenca, excluyendo la hoya del proyecto Quetame, puede distribuirse aproximadamente en las siguientes categorías:

COBERTURA VEGETAL

<u>Tipo</u>	<u>Porcentaje</u>
Cultivos	2
Pastos	18
Rastrojo	8
Vegetación de Páramo	39
Bosque Natural	<u>33</u>
Total	100

La actividad económica principal de la población de esta cuenca es la ganadería de ceba y levante, la cual se sitúa en las márgenes del río Blanco Sur, en su parte baja.

En la zona media y en la margen derecha del río Blanco Sur, y en el área cercana al sitio de presa de Guayabetal, se encuentran bosques naturales primarios.

Entre las cotas 3 100 y 4 000 m existe una amplia zona de topografía suave con pastos naturales. Ellos se utilizan en ganadería de leche en forma muy extensiva.

Con relación al control de sedimentos puede afirmarse que la parte alta de la cuenca del río Blanco Sur y la zona media, hasta aproximadamente el sitio de desviación, requieren de medidas de manejo preventivo. Lo anterior, por estar actualmente sufriendo procesos de lenta incorporación a la actividad agrícola y ganadera. Estos procesos pueden fácilmente incrementarse en los años futuros, causando una desestabilización en los suelos.

La parte baja del río Blanco Sur y la subcuenca de la quebrada Blanca requerirían de un estudio más profundo para identificar medidas, que utilizando cobertura vegetal, puedan efectivamente contribuir a frenar sus apreciables procesos erosivos. En esta zona, por tanto, el control es más difícil.

10.3 IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO

10.3.1 Metodología

Para la evaluación de los efectos sociales y ambientales del proyecto se tuvieron en cuenta los principales elementos del medio físico, biológico y humano y se confrontaron con las acciones o actividades que comprende el proyecto. Con el fin de establecer la importancia y magnitud de las alteraciones, se consideró su carácter temporal o permanente, probable o improbable y, por supuesto, su naturaleza benéfica o perjudicial. Los cuadros 10.1 y 10.2 resumen las características ambientales más sobresalientes del proyecto y la forma como se afecta el medio ambiente durante las etapas de construcción y operación.

Los literales siguientes incluyen una breve descripción de los efectos considerados más importantes, así como de las medidas tendientes a remediar o mitigar los aspectos negativos y a promover los aspectos benéficos.

10.3.2 Medio Físico

Los elementos del medio físico en la zona del embalse serán afectados en forma similar a lo descrito para el proyecto Quetame, aunque en menor medida debido a lo pequeño del embalse. La diferencia fundamental entre ellos radica en las alteraciones causadas en la región ubicada aguas abajo de los embalses. Para el caso del proyecto Guayabetal, los efectos aguas abajo serán de especial significación debido al transvase de aguas de la hoya del río Negro a la zona del río Guatiquía, ubicada en las cercanías de la ciudad de Villavicencio. Este transvase de 80 m³/s, en promedio, implica una disminución significativa del caudal natural del río Guayuriba. Con el fin de no interferir en las labores de riego actuales (15 m³/s) y potenciales, se ha previsto la construcción de un canal de restitución diseñado para un caudal máximo de 40 m³/s que regrese parte de las aguas turbinadas en la Central de Guayabetal al río Guayuriba. Con este canal se garantizarán caudales mínimos mensuales de aproximadamente 45 m³/s en este río.

10.3.3 Medio Biológico

En la zona del proyecto no se han identificado efectos adversos significativos sobre la flora y fauna debido principalmente a la escasa extensión del embalse proyectado. Indudablemente que la creación del cuerpo de agua léntico implicará transformaciones en el ecosistema existente, algunas de las cuales son más bien de naturaleza benéfica. Aguas abajo del proyecto, se desconoce el efecto que la disminución del caudal pueda causar sobre la pesca de especies ornamentales en el río Guayuriba. Sin embargo, ésta es una actividad que se realiza en muchos de los ríos y caños del piedemonte llanero, lo cual hace menos significativo el posible efecto.

10.3.4 Medio Humano

La población directamente afectada por la construcción del proyecto es la ubicada en el sector rural ya que el embalse no alcanza a inundar la cabecera municipal de Guayabetal. El número de viviendas afectadas sería de aproximadamente 20. En la medida en que el área del embalse es reducida (90 ha.) y de que la zona es de un bajo potencial agrícola, el embalse no afectará tierras productivas.

Por otra parte, los efectos de importancia aguas abajo son los causados sobre las actividades de riego de cultivos con aguas del río Guayuriba. El canal de restitución antes mencionado tendrá como objetivo subsanar este efecto.

CUADRO 10.1
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES
DE LOS PROYECTOS

Características	Proyecto		
	Quetame	Guayabetal	Humea
1. Area del embalse (ha)	895	90	9300
2. Caudal medio del río (m ³ /s)	39	100	115
3. Tiempo de retención (años)	0.24	0.01	1.14
4. Profundidad media (m)	50	22	44
5. Relación profundidad Tiempo	208	2200	39
6. Clase de suelos inundados*	IV,VI, VII	VII	III
7. Grado de erosión del área inundada	Alto	Medio	Bajo
8. Tipo de vegetación del área del embalse **	R, C	R,B,C	P,B,C
9. Viviendas urbanas afectadas	80	-	-
10. Viviendas rurales afectadas	25	20	35
11. Población afectada (aprox.)	650	120	230
12. Indicador del impacto sobre el medio biofísico (ha/MW)	2.1	0.2	20.2
13. Indicador del impacto sobre el medio humano (Viv/MW)	0.25	0.05	0.08

* Según capacidad de uso de las tierras IGAC, escala 1 : 50.000

** R = rastrojos, C= cultivos, B = bosques, P = pastos

CUADRO 10.2
IDENTIFICACION DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DE LOS PROYECTOS

ELEMENTOS DEL MEDIO AMBIENTE	QUETAME		GUAYABETAL		HUMEA	
	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Construcción	Operación
MEDIO FISICO						
1. Calidad del agua	2	+4	1	+4	2	+4
2. Caudales naturales	-	3	-	4	1	3
3. Aguas subterráneas	1	2	1	2	-	2
4. Erosión del suelo	2	-	2	-	2	-
5. Disposición de materiales	1	-	1	-	1	-
6. Calidad del aire	1	-	1	-	1	-
7. Microclima	-	1	-	1	-	2
8. Ruido	2	-	2	-	2	-
MEDIO BIOLOGICO						
1. Recurso Ictiológico	1	+3	1	+3**	1	+5
2. Bosque	-	-	1	-	1	-
3. Vegetación natural	1	3	1	3	1	3
4. Diversidad de especies	-	+2	-	+2	-	+4
5. Plagas	-	1	-	1	-	2
MEDIO HUMANO						
1. Población urbana	4	5	4	-	4	-
2. Población rural	2	5	2	5	2	5
3. Infraestructura social	4	-	4	-	4	-
4. Actividad agrícola	+4	4	+4	1	+4	+4
5. Actividad comercial	+4	-	+4	-	+4	-
6. Usos del agua	-	-	-	2	-	+1
7. Vías de comunicación	1	+3	2	-	2	+2
8. Recreación y Turismo	-	+3	-	+1	-	+4

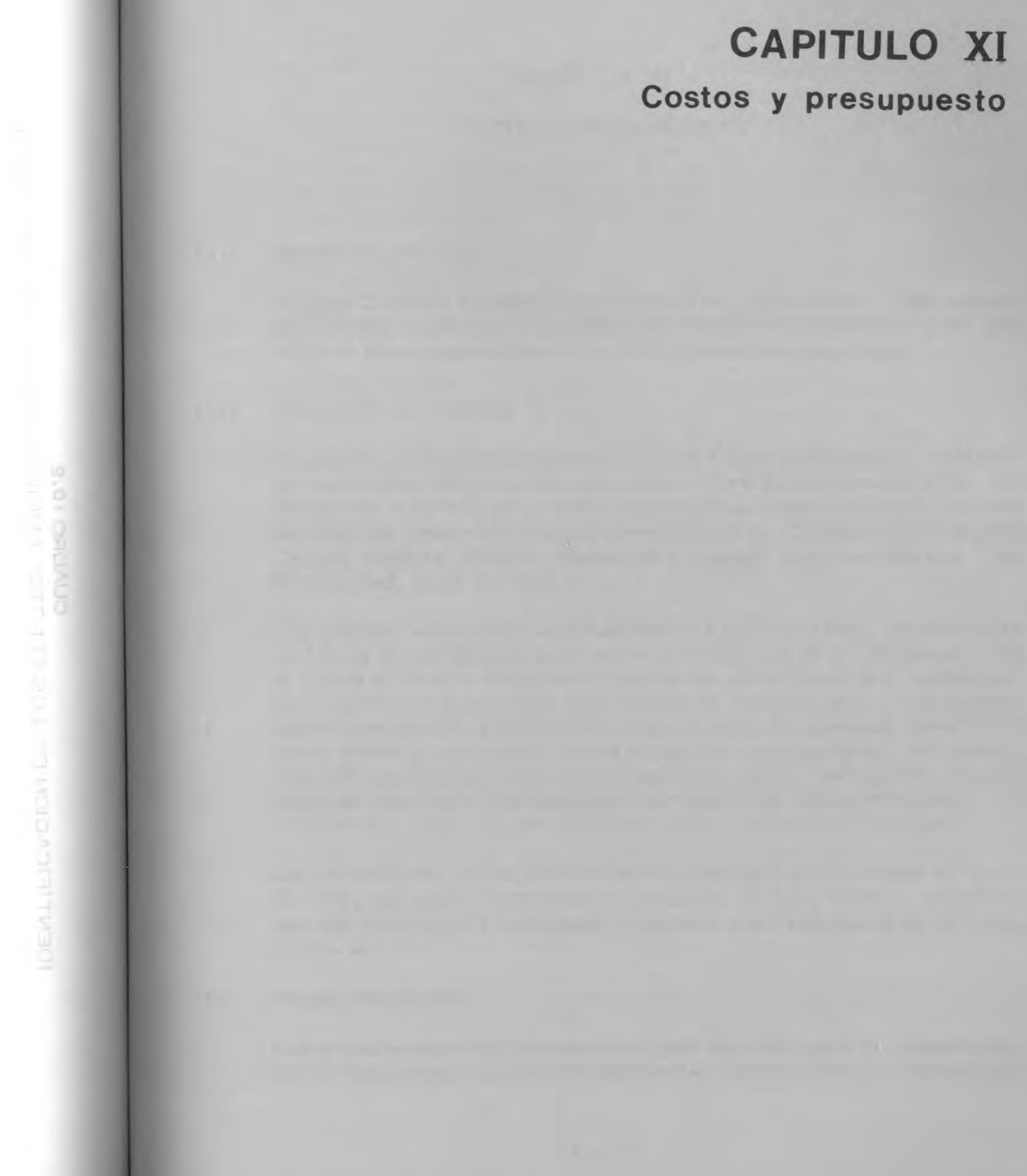
Convenciones: 1 efectos mínimos, 5 efectos máximos, + efecto benéfico.

* incluye el período de llenado.

** positivo en el embalse, negativo en el río

CAPITULO XI

Costos y presupuesto



IDENTIFICACION DE LOS COSTOS

IDENTIFICACION DE LOS COSTOS EJEMPLO 10.5

CAPITULO XI
COSTOS Y PRESUPUESTO

11.1 GENERALIDADES

En este Capítulo se describe el método empleado para determinar los precios unitarios y los costos del Proyecto Guayabetal, y se presenta el presupuesto resumido de los esquemas escogidos.

11.2 PRECIOS UNITARIOS

El estudio de precios unitarios se llevó a cabo mediante un análisis de los precios de proyectos similares. Para ésto se recopiló la información existente en el país, de proyectos hidroeléctricos, los unos en etapa de construcción tales como Chivor II, Chingaza, Mesitas, San Carlos, Betania, Guavio, Salvajina y Jaguas, otros con estudio de factibilidad, Urrá I y Miel I.

Los precios anteriores se actualizaron a julio de 1982, aplicándoles un índice de corrección cuyo valor promedio fue de 11.8% anual. Este índice se dedujo teniendo en cuenta las variaciones que existieron en el período transcurrido para bienes de capital, tanto nacionales como extranjeros, para equipo y para costos del personal obrero y administrativo en el país. Estos datos fueron tomados de publicaciones emitidas por el Banco de la República, Dane, Asociación Colombiana de Ingenieros Contratistas, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Guía Lec de la Construcción y otras publicaciones.

La comparación de los precios seleccionados y actualizados a julio de 1982, llevaron finalmente a la adopción de los precios unitarios que aparecen en el Presupuesto Detallado que se presenta en el Anexo No. 2.

11.3 PRESUPUESTOS

Los presupuestos del Proyecto incluyen partidas para la adquisición de tierras, relocalización de habitantes, construcción y relocaliza-

ción de vías de acceso, campamentos, construcción de obras civiles, adquisición y montaje de equipos electromecánicos, y demás obras complementarias.

Los estimativos de costos están basados en las cantidades de obra resultantes de los esquemas presentados y de los precios unitarios o globales correspondientes.

En los presupuestos se incluyó una partida para imprevistos equivalente al 15% del costo directo de construcción, con el fin de subsanar cualquier omisión y aproximación en los estimativos y para tener en cuenta futuros cambios en el diseño.

Los presupuestos así conformados se adicionarán con una partida para cubrir los gastos de ingeniería previos a la construcción de las obras y los costos de interventoría y administración por parte de la EEEB durante la ejecución del proyecto, cuyo valor se estimó en el 10% del costo directo.

En el Cuadro 11.1 se presenta el presupuesto resumido del Proyecto Guayabetal.

11.4 COSTOS DE ENERGIA Y CAPACIDAD INSTALADA

Para estimar el costo de generación por kilovatio-hora se calcularon los costos anuales de los proyectos, los cuales divididos por la energía promedio generada anualmente da el costo por kilovatio-hora.

Los costos anuales se estimaron, con un criterio conservador, en un 14% del costo total de construcción, con base en los siguientes rubros :

- Rendimiento de la Inversión	10.0 %
- Amortización en 50 años	2.0 %
- Operación y Mantenimiento	1.5 %
- Reparaciones Mayores	<u>0.5 %</u>
Suma	14.0 %

CUADRO 11.1
PROYECTO GUAYABETAL
PRESUPUESTO - RESUMEN

ITEM	Costo Miles de US \$
1. <u>Infraestructura</u>	
- Obra Civil	7 180
- Equipos	<u>300</u>
Subtotal	7 480
2. <u>Presa y Obras Anexas</u>	
- Obra Civil	34 780
- Equipos	<u>5 210</u>
Subtotal	39 990
3. <u>Conducción</u>	
- Obra Civil	120 080
- Equipos	<u>12 480</u>
Subtotal	132 560
4. <u>Central</u>	
- Obra Civil	19 720
- Equipos	<u>61 870</u>
Subtotal	81 590
5. <u>Canal de Restitución</u>	
- Obra Civil	3 540
- Equipos	<u>450</u>
Subtotal	3 990
TOTAL OBRA CIVIL	185 300
TOTAL EQUIPOS	80 300
TOTAL COSTO DIRECTO DE CONSTRUCCION	265 600
IMPREVISTOS (15% ±)	39 800
INGENIERIA Y ADMINISTRACION (10% ±)	26 600
TOTAL COSTO DE CONSTRUCCION	332 000
COSTO POR KILOVATIO INSTALADO	US\$ 772
COSTO ENERGIA PROMEDIO	US\$ Mils/kWh 18.6
COSTO ENERGIA CONFIABLE	US\$ Mils/kWh 20.4

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

CAPITULO XII

Programas de construcción y desembolsos

1. Introducción

2. Objetivos

3. Metodología

4. Descripción de los programas

5. Resultados

6. Conclusiones

7. Anexos

8. Bibliografía

9. Índice

CAPITULO XII
PROGRAMAS DE CONSTRUCCION Y
DESEMBOLSOS

12.1 GENERALIDADES

En este Capítulo se presentan el programa de construcción de las obras y el programa de desembolsos basado en el anterior. El tiempo del programa de construcción se cuenta a partir de la apertura de la licitación de las obras civiles principales y por lo tanto, no incluye el tiempo necesario para la elaboración de diseños de licitación ni de la aprobación del crédito de las entidades financieras.

12.2 PROGRAMA DE CONSTRUCCION

La duración total de construcción, incluyendo la licitación, adjudicación y contratación de las obras civiles será de 66 meses.

Dada la longitud de la conducción, ésta actividad constituye la ruta crítica del programa de construcción. Por esta razón se han considerado tres ventanas de construcción así: la ventana No. 1, de 150 m de longitud, que servirá para excavar desde aguas arriba; la ventana No. 2, de 750 m, la cual intercepta el túnel de carga en la abscisa 8 800 y que servirá para excavar hacia aguas arriba y hacia aguas abajo; la ventana No. 3, de 1 100 m de largo, se requiere para excavar el tramo final del túnel, almenara y para el montaje del blindaje del pozo de presión. La construcción de la conducción se iniciará en febrero del Año 2 y tomará 46 meses a partir de esa fecha.

La construcción de la presa de concreto se iniciará en febrero del Año 2 y tendrá una duración de 43 meses a partir de esa fecha. La colocación del concreto se iniciará en abril del Año 4 y tendrá una duración de 12 meses, a una tasa de 1 000 m³ diarios.

La desviación del río se hará en enero del Año 4, el cierre de compuertas en febrero del Año 6 y la generación se iniciará en marzo de ese mismo año.

El programa de construcción tiene una duración de 66 meses incluí
das la licitación, adjudicación y contratación de las obras civiles.

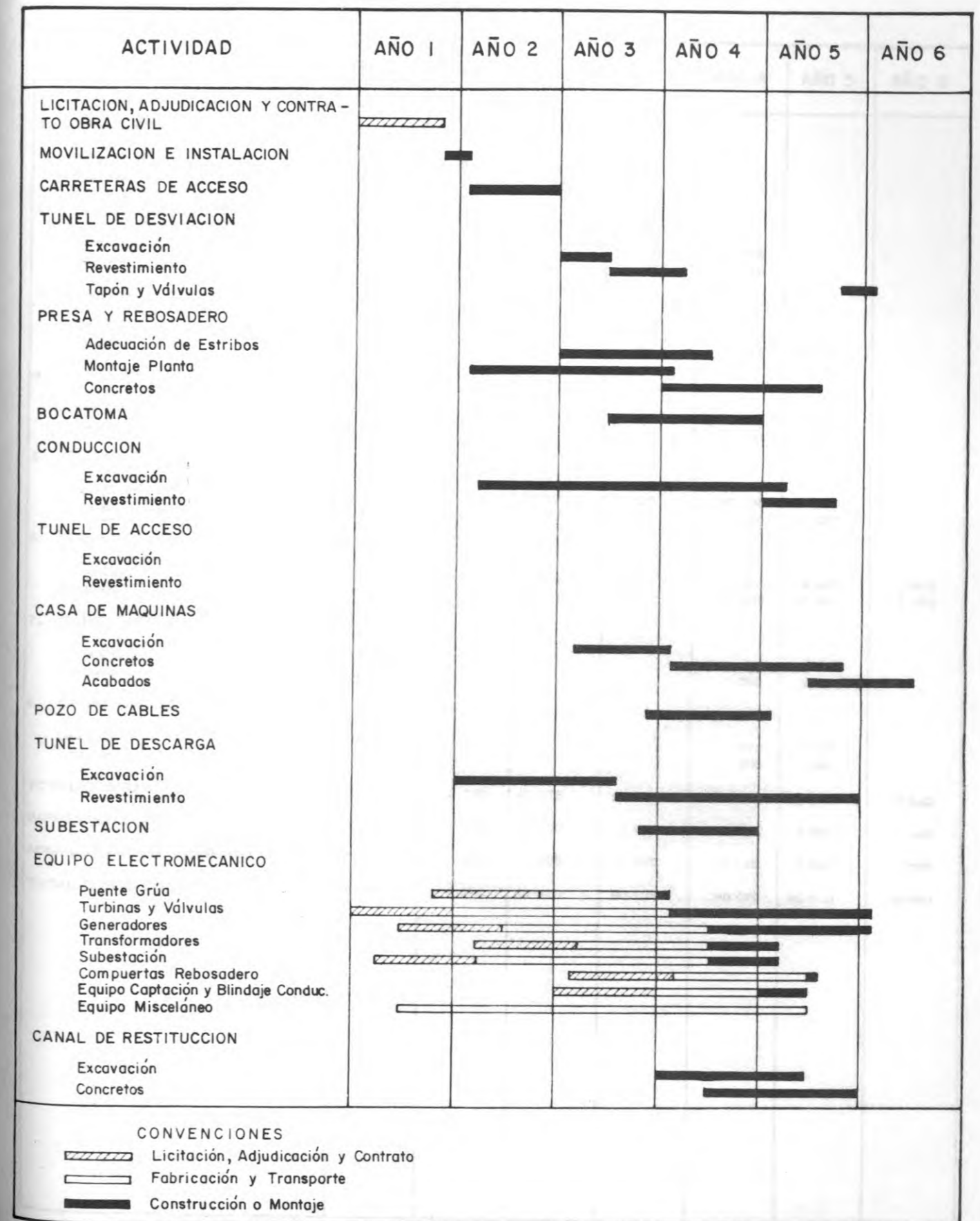
En el Plano G-12 aparece el programa de construcción, en el cual se indican con distintas convenciones la licitación, adjudicación y contrato; la fabricación y transporte, y la construcción o montaje .

12.3 PROGRAMA DE DESEMBOLSOS

Basado en el programa de construcción descrito en el numeral ante
rior se preparó un programa de desembolsos anuales para el perío
do de construcción de las obras. Dichos desembolsos no incluyen ni la escalación de los costos durante este período, ni los costos de financiación de los préstamos. El resumen del programa de desembol
sos se presenta en el Cuadro 12.2

CUADRO 12.1

PROYECTO GUAYABETAL
PROGRAMA DE CONSTRUCCION



CONVENCIONES

- [Hatched bar] Licitación, Adjudicación y Contrato
- [Solid bar] Fabricación y Transporte
- [Solid bar] Construcción o Montaje

CUADRO 12.2

PROYECTO GUAYABETAL
PROGRAMA DE DESEMBOLSOS
MILES DE US \$

ITEM	TOTAL	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
1. INFRAESTRUCTURA							
Obra Civil	7 180	3 590	3 590				
Equipos	300	150	150				
2. TUNELES DE DESVIACION							
Obra Civil	3 770			3 015	755		
Equipos	50			40	10		
3. PRESA							
Obra Civil	31 010			11 625	11 630	7 755	
Equipos	5 150			1 935	1 935	1 280	
4. OBRAS DE CAPTACION							
Obra Civil	3 950			985	1 975	990	
Equipos	2 800			700	1 400	700	
5. CONDUCCION							
Obra Civil	116 130		27 870	30 195	30 195	27 870	
Equipos	9 680		2 325	2 515	2 515	2 325	
6. CASA DE MAQUINAS							
Obra Civil	18 720		3 930	4 305	4 305	4 305	1 875
Equipos	57 670		12 110	13 265	13 625	13 625	5 765
7. SUBESTACION							
Obra Civil	1 000				250	750	
Equipos	4 200				1 050	3 150	
8. CANAL DE RESTITUCION							
Obra Civil	3 540				1 770	1 770	
Equipos	450				200	250	
TOTAL COSTO DIRECTO	265 600	3 740	49 975	68 580	71 255	64 410	7 640
IMPREVISTOS 15%	39 800	560	7 490	10 275	10 680	9 650	1 145
ADMINISTRACION E INGENIERIA 10%	26 600	375	5 005	6 870	7 135	6 450	765
TOTAL COSTO CONSTRUCCION	332 000	4 675	62 470	85 725	89 070	80 510	9 550

ID	Nombre	Categoría	Valor	Unidad	Estado	Fecha	Observaciones	Código
001
002
003
004
005
006
007
008
009
010
011
012
013
014
015
016
017
018
019
020

ANEXO 1

Datos básicos

ANEXO No. 1
INFORMACION BASICA
PROYECTO GUAYABETAL

POTENCIA Y ENERGIA

Capacidad Instalada	430	MW
Energía Promedio Anual ($f_p=0.66$)	285	MW
Energía Confiable Anual ($f_p=0.60$)	260	MW

HIDROLOGIA

Area de la Cuenca	2 462	km ²
Precipitación Media Anual	2 000	mm
Caudal Medio	100	m ³ /s
Creciente Máxima Probable	10 600	m ³ /s
Volumen Anual de Sedimentos	3.30	Mm ³

NIVELES PRINCIPALES Y SALTOS

Cresta de la Presa	948	
Nivel Fundación	851	
N. A. Máximo Normal	935	
N. A. Mínimo	935	
Nivel de Eje de Turbinas	495	
Salto Máximo Bruto	440	m
Salto Mínimo Bruto	440	m
Salto Neto de Diseño	409	m

EMBALSE

Area	90	ha
Volumen Total Inicial	20	Mm ³
Volumen Util	0	

PRESA

Tipo	Gravedad en concreto
Altura Máxima	97 m

Longitud de la Cresta 174 m
 Talud Aguas Arriba Vertical
 Talud Aguas Abajo 0.75 H : 1 V
 Volumen Total 265.000 m³

DESVIACION

Atagüfa

Tipo Concreto
 Altura 27 m
 Volumen 17 500 m³

Túneles de Desviación

Número 2
 Longitud Total 450 m
 Sección Herradura 10 x 10 m
 Pendiente 1.74 %
 Capacidad 2 000 m³/s

DESCARGA DE FONDO

Número 2
 Localización Incorporada en la presa
 Sección Circular blindada
 Diámetro 4.0 m
 Tipo Con dos compuertas
 deslizantes
 Capacidad Máxima 120 m³/s

REBOSADERO

Localización Incorporado en la presa
 Sección Central Con compuertas
 Sección Lateral Sin control
 Capacidad 10 600 m³/s

Compuertas

Tipo Radial
 Número 2
 Dimensiones 17.0 x 21.0 m

BOCATOMA

Estructura de Rejas

Tipo	Rejas Coladeras
Altura	14 m
Ancho	21 m

Compuertas

Tipo	Ruedas Fijas
Número	2 Principales y 2 Auxiliares
Dimensiones	3.5 x 6.0 m
Nivel de Captación	923

CONDUCCION

Túnel de Carga

Longitud	13 800 m
Sección	Herradura modificada
Dimensiones	7.4 x 7.3 m
Pendiente	1 y 1.5 %

Pozo Blindado

Longitud	380 m
Diámetro	4.8 m
Pendiente	48° %

Distribuidor

Diámetro	3.4 y 2.4 m
Longitud Total	300 m

CASA DE MAQUINAS

Tipo	Subterránea
Capacidad Instalada	430 MW
Número de Unidades	4

Turbinas

Tipo	Pelton, Eje Vertical	
Número de Unidades	4	
Descarga nominal	32,2	m ³ /s
Salto Neto de Diseño	409	m
Potencia Nominal por Unidad	121	MW
Velocidad Sincrónica	240	rpm

Generadores

Tipo	Sincrónico, Eje Vertical	
Número de Unidades	4	
Voltaje Nominal	13,8	kV
Potencia Nominal	113	MVA Δt 60°C
Velocidad Sincrónica	240	rpm
Factor de Potencia	0,95	en retardo

Transformadores

Tipo	Monofásico	
Número de Unidades	7	
Voltaje de Alta	230	kV
Voltaje de Bajas	13,8	kV
Potencia Nominal	87	MVA Δt 65°C
Enfriamiento	FOA	

Túnel de Descarga

Sección	Herradura-Revestida	
Dimensiones	6.70 x 6.70 m	
Longitud	3 900	m
Capacidad de Diseño	125	m ³ /s

CANAL DE RESTITUCION AL RIO GUAYURIBA

Sección	Trapezoidal	
Dimensiones	b = 4.0	m
	h = 2.5	m

Taludes	1.5 H : 1.0 V
Longitud	16.6 km
Pendiente	1 ‰
Caudal de Diseño	40 m ³ /s
Nivel de Captación en el Río Guatiquía	400

SUBESTACION

Patio de Conexiones

Localización	Frente a Casa de Máquinas, en margen derecha del río Guatiquía
--------------	----------------------------------------------------------------

CARRETERAS

Relocalización a Manzanares

Longitud	4.1 km
----------	--------

Carreteras Secundarias

Longitud	6.0 km
----------	--------

ANEXO 2

Presupuesto detallado

ANEXO No. 2
PRESUPUESTO

PROYECTO GUAYABETAL

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US\$</u>	<u>Precio Total 1 000 US\$</u>
1.	INFRAESTRUCTURA				
1.1.	<u>Obra Civil</u>				
1.1.1	Adquisiciones y relocali- zaciones.				
	Embalse	ha	120	1 500	180
	Relocalizaciones	S.G.	-	-	500
	Subtotal 1.1.1				680
1.1.2	Campamentos	S.G.	-	-	5 000
	Subtotal 1.1.2				5 000
1.1.3	Carreteras				
	Carreteras de acceso	S.G.	-	-	600
	Carretera a Manzanares	S.G.	-	-	850
	Subtotal 1.1.3				1 450
1.1.4	Energía de construcción Obra Civil	S.G.	-	-	50
	Subtotal 1.1.4				50
	Subtotal 1.1				7 180
1.2	<u>Equipos</u>				
1.2.1	Energía de construcción Subestación	S.G.	-	-	300
	Subtotal 1.2				300
	Total Item 1				7 480
2.	PRESA Y OBRAS ANEXAS				
2.1	<u>Obra Civil</u>				

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US \$</u>	<u>Precio Total 1 000 US\$</u>
2.1.1	Desviación y manejo del río				
	Túneles de desviación				500
	Excavación				50
	- En portales	m3	4 000	5	20
	- En Túnel	m3	38 300	60	2 300
	Concreto				
	- Portales	m3	940	160	150
	- Solera	m3	1 000	180	180
	- Neumático	m3	1 500	280	420
	Acero de refuerzo	ton	32	1 500	48
	Pernos de roca	m1	1 350	30	40
	Ataguías				160
	- Preataguía	m3	3 100	5	16
	- Ataguía aguas abajo	m3	2 900	5	14
	Manejo del río	S.G			200
	Tapones de concreto				80
	- Concreto	m3	3 400	100	340
	- Inyecciones	m1	600	70	42
	Subtotal 2.1.1				3 770
2.1.2	Presa				
	Excavaciones				
	- Material aluvial	m3	6 700	3	20
	- Cimentación presa	m3	65 000	4	260
	Concreto				
	Concreto masivo	m3	260 000	90	23 400
	Pilas y muros	m3	14 000	160	2 240
	Puente	m3	700	200	140
	Acero de refuerzo	ton	320	1 500	480
	Galerías , inyecciones y preparación fundación	S.G.			1 500

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US \$</u>	<u>Precio Total 1 000 US\$</u>
	Instrumentación, juntas sellos, tuberías de enfriamiento, etc.	S.G.			2 500
	Subtotal 2.1.2				30 540
2.1.3	Rebosadero				
	Concreto estructura de control	m3	2 580	120	310
	Subtotal 2.1.3				310
2.1.4	Descarga de Fondo				
	- Concreto detrás blindaje	m3	1 000	160	160
	Subtotal 2.1.4				160
	Subtotal 2.1				34 780
2.2.	<u>Equipos</u>				
2.2.1	Desviación				
	Tablones de cierre	S.G.			50
	Subtotal 2.2.1				50
2.2.2	Rebosadero				
	Compuertas, guías y malacates	S.G.			3 500
	Subtotal 2.2.2				3 500
2.2.3	Descarga de Fondo				
	Blindaje	ton	374	3 500	1 310
	Compuertas guías y malacates	S.G.			350
	Subtotal 2.2.3				1 660
	Subtotal 2.2				5 210
	Total Item 2				39.990

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US \$</u>	<u>Precio Total 1 000 US\$</u>
3.	CONDUCCION				
3.1	<u>Obra Civil</u>				
3.1.1	Bocatoma				
	Excavación superficial	m3	70 000	4	280
	Afirmado	m2	280	7	2
	Concreto				
	- Estructura captación	m3	7 600	200	1 520
	- Masivo	m3	4 100	100	410
	- Neumático	m3	650	200	130
	Muros de mampostería	m2	300	15	5
	Acero de refuerzo	ton	980	1 500	1 470
	Barras de anclaje	m	4 500	30	135
	Subtotal 3.1.1				3 950
3.1.2	Túnel de Carga				
	Excavación	m3	670 000	65	43 550
	Concreto				
	- Solera	m3	21 000	180	3 780
	- Neumático	m3	16 200	280	4 540
	Acero de Refuerzo	ton	420	1 500	630
	Soportes de acero	ton	140	2 500	350
	Subtotal 3.1.2				52 850
3.1.3	Almenara				
	Excavación	m3	31 000	140	4 340
	Concreto				
	- Revestimiento	m3	9 300	240	2 230
	Acero de Refuerzo	ton	400	1 500	600
	Subtotal 3.1.3				7 170

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US\$	Precio Total 1 000 US\$
3.1.4	<u>Pozo blindado</u>				
	Excavación	m3	14 600	160	2 336
	Concreto				
	- Solera y Escaleras	m3	740	200	148
	- Anclajes Tubería	m3	3 560	240	854
	- Silletas	m3	55	70	4
	- Neumático	m3	1 280	280	358
	Acero de Refuerzo	ton	100	1 500	150
	Subtotal 3.1.4				3 850
3.1.5	<u>Distribuidor</u>				
	Excavación	m3	3 880	70	270
	Concreto	m3	2 300	240	550
	Subtotal 3.1.5				820
3.1.6	<u>Ventanas de Construcción</u>				
	Excavación	m3	53 000	70	3 710
	Concreto Neumático	m3	5 500	250	1 380
	Pernos de Roca	m	36 000	30	1 080
	Subtotal 3.1.6				6 170
3.1.7	<u>Túnel de Descarga</u>				
	Excavación	m3	248 000	62	15 380
	Concreto				
	- Revestimiento	m3	80 600	220	17 730
	- Neumático	m3	8 100	250	2 025
	Pernos de Roca	m	115 000	30	3 450
	Soportes de Acero	ton	490	2 500	1 225

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US \$</u>	<u>Precio Total 1000US\$</u>
3.1.7	Acero de Refuerzo	ton	3 400	1 500	5 100
	Subtotal 3.1.7				44 910
3.1.8	Canal de Descarga				
	Excavación	m3	20 000	3	60
	Concreto	m3	2 500	120	300
	Subtotal 3.1.8				360
	Subtotal 3.1				120 080
3.2	<u>Equipos</u>				
3.2.1	Bocatoma				
	Compuertas, guías malacates y blindajes	SG			2 300
	Rejas, rejillas y elementos metálicos varios	SG			500
	Subtotal 3.2.1				2 800
3.2.2	Pozo blindado y distribuidor				
	Blindaje	ton	2 200	3 500	7 700
	Transporte y Montaje	SG			1 980
	Subtotal 3.2.2				9 680
	Subtotal 3.2				12 480
	TOTAL ITEM 3				132 560

GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS
INTEGRAL

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US\$</u>	<u>Precio Total 1 000 US\$</u>
4.0	CENTRAL				
4.1	<u>Obra Civil</u>				126
4.1.1	Casa de Máquinas				100
	Excavaciones Exteriores				60
	- En Plazoleta	m3	44 800	2.5	112
	- Varios	SG			56
	Excavaciones Subterráneas				
	- Caverna Principal	m3	48 400	47	2 275
	- Caverna de Transformadores	m3	11 200	47	525
	- Caverna de válvulas	m3	9 700	47	455
	- Túnel de Acceso	m3	49 600	62	3 075
	- Túnel y Pozo de Aireación	m3	350	110	38
	- Túnel y Pozo de Cables	m3	5 000	110	550
	- Túnel de construcción y galerías	m3	21 800	58	1 260
	Concretos				
	- En túnel de acceso	m3	2 300	140	322
	- Primarios	m3	9 100	190	1 730
	- Secundarios	m3	3 600	200	720
	- En pozo de cables	m3	1 000	210	210
	- Neumático	m3	2 750	250	687
	- Varios	SG			1 100
	Acero de Refuerzo	ton	1 300	1 500	1 950
	Elementos Metálicos	ton	200	1 760	352
	Estructura de Aireación	SG			50
	Pernos de roca	m	30 000	30	900
	Tensoros	m	450	118	53
	Acabados y obras misceláneas	SG			2 300
	Subtotal 4.1.1				18 720

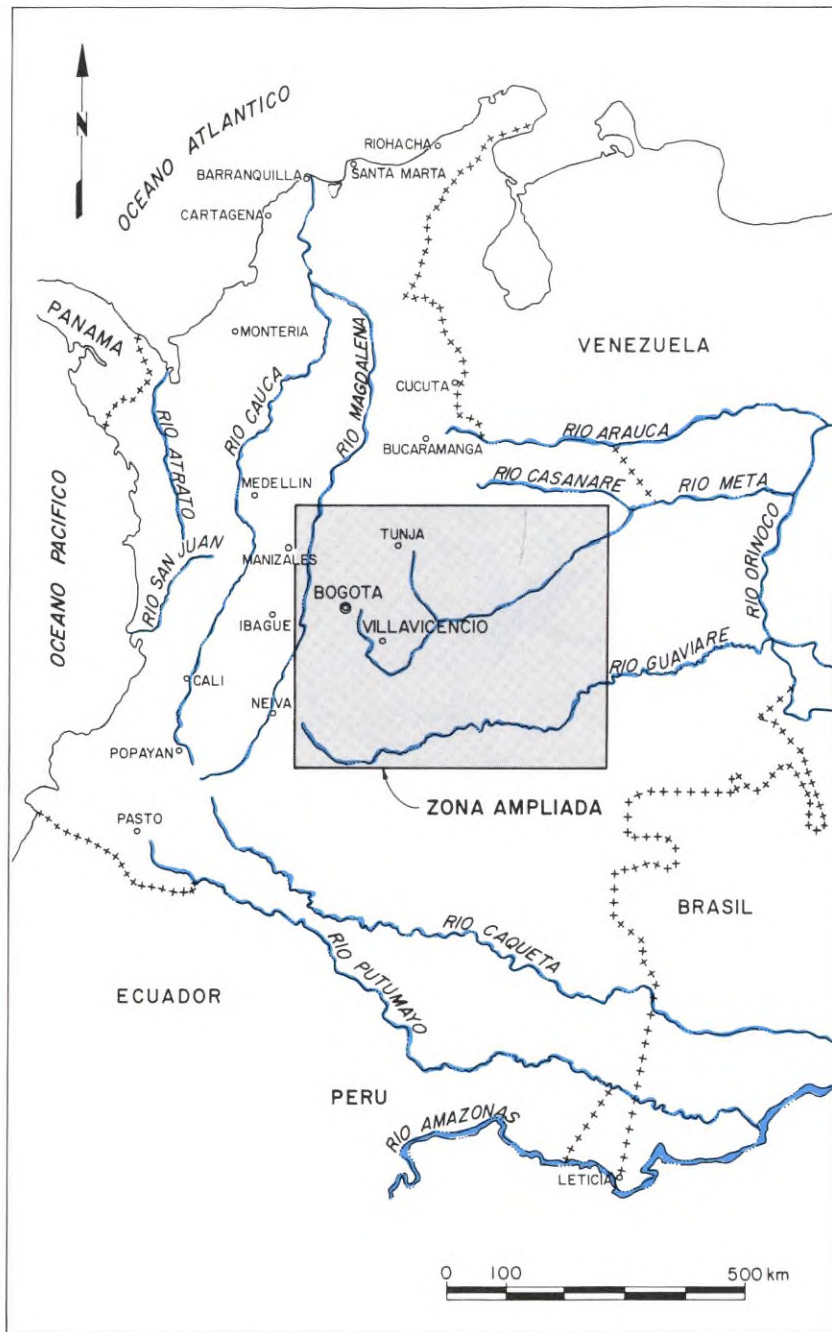
No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio	Precio
				Unitario	Total
				US \$	1 000 US\$
4.1.2	Subestación				
	Excavación	m3	50 000	2.5	125
	Patio Conexiones	SG			500
	Edificio de Mando	SG			250
	Varios	SG			125
	Subtotal 4.1.2				1 000
	Subtotal 4.1				19 720
4.2	<u>Equipos</u>				
4.2.1	Casa de Máquinas				
	Turbinas y Reguladores	Un	4	3' 200 000	12 000
	Válvulas de Admisión	Un	4	1' 000 000	4 000
	Puente Grúa	Un	1	500 000	500
	Equipos Misceláneos	SG			3 080
	Generadores	Un	4	4' 067 000	16 270
	Transformadores	Un	7	430 000	3 010
	Juego de Barras	SG			380
	Equipo de Control y Protec- ción	SG			1 000
	Servicios Auxiliares	SG			730
	Cables de 230 kV	SG			900
	Interruptores de máquina	SG			800
	Transporte y montaje equipo	SG			14 200
	Subtotal 4.2.1				57 670
4.2.2	Subestación				
	Subestación de 230 kV, 3 cam- pos de interruptores cada uno	SG			2 730
	Varios	SG			1 470
	Subtotal 4.2.2				4 200
	Subtotal 4.2				61 870
	TOTAL ITEM 4				81 590

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US\$	Precio Total 1 000US\$
5.0	CANAL DE RESTITUCION AL RIO GUAYURIBA				
5.1	<u>Obra Civil</u>				
5.1.1	Presa de desviación y diques	SG			1 460
5.1.2	Canal				
	Excavación	m3	160 000	2	320
	Concreto neumático	m3	9 400	150	1 410
	Estructuras	SG			350
	Subtotal 5.1				3 540
5.2	<u>Equipos</u>				
5.2.1	Presa de desviación Compuertas y Malacates	SG			300
5.2.2	Canal Compuertas y malacates	SG			150
	Subtotal 5.2				450
	Total Item 5				3 990
	TOTAL OBRA CIVIL				185 300
	TOTAL EQUIPO				80 300
	TOTAL COSTO DIRECTO				265 600
	Imprevistos (15% ±)				39 800
	Administración e Ingeniería (10% ±)				26 600
	TOTAL COSTO DE CONSTRUCCION				332 000
	COSTO POR kW INSTALADO				US\$ 772

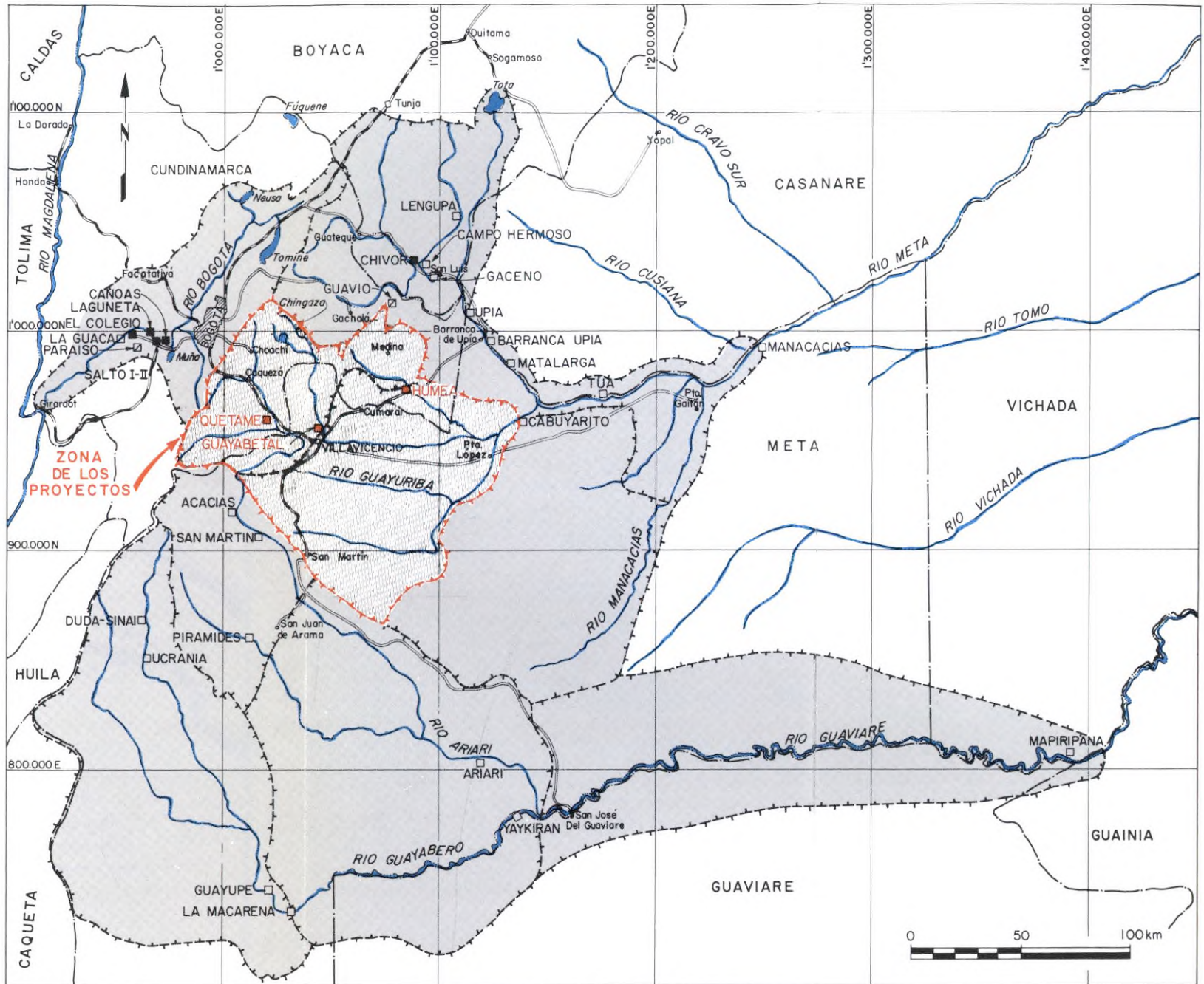
ANEXO 3

Planos





MAPA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA



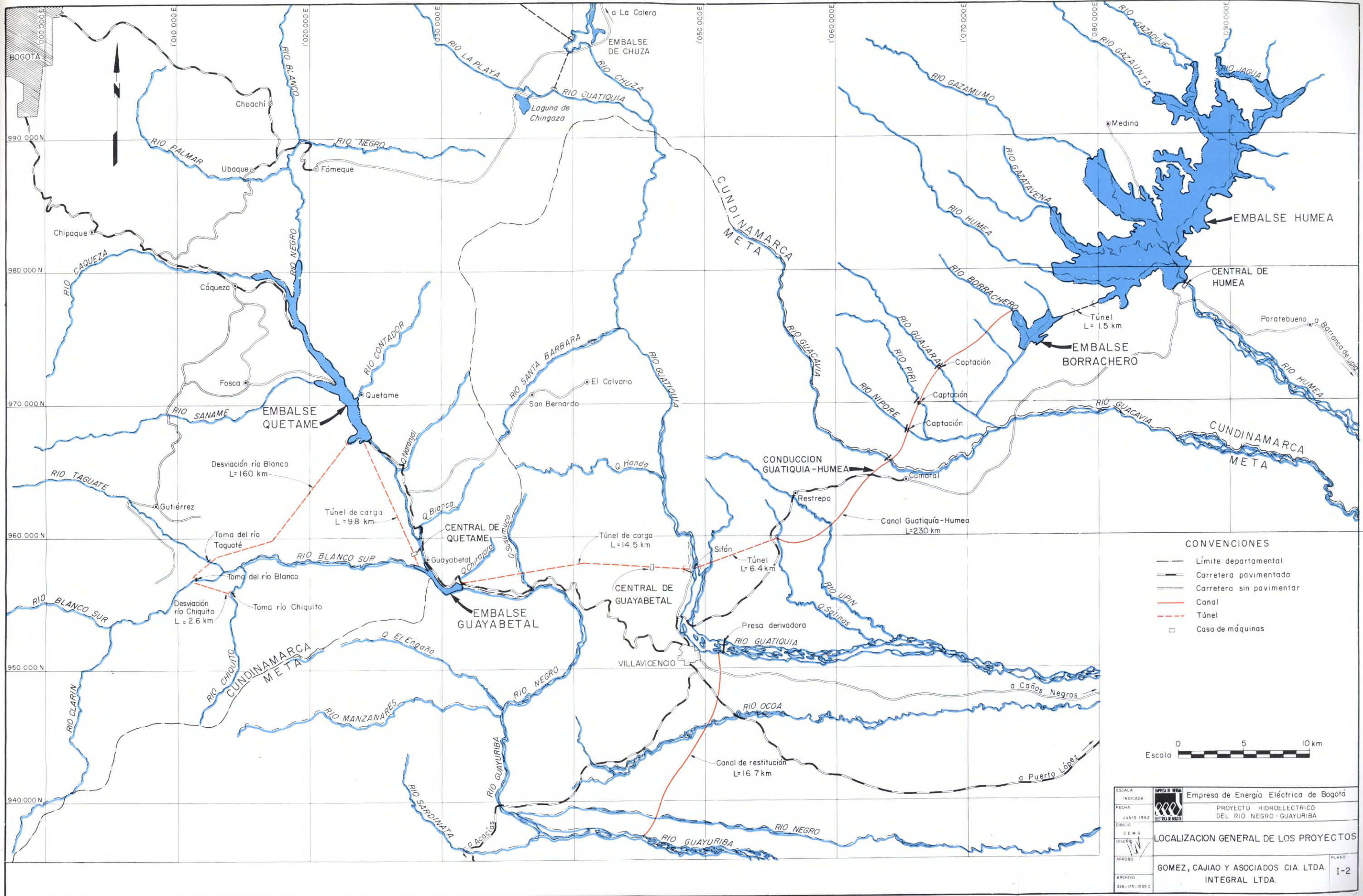
PROYECTOS HIDROELECTRICOS
ZONA ESTUDIADA POR LA E.E.E.B.

CONVENCIONES

- Carretera pavimentada
- Carretera sin pavimentar
- - - Límite departamental
- - - Límite de hoya hidrográfica
- Central construida
- Central en construcción
- Central en estudio

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

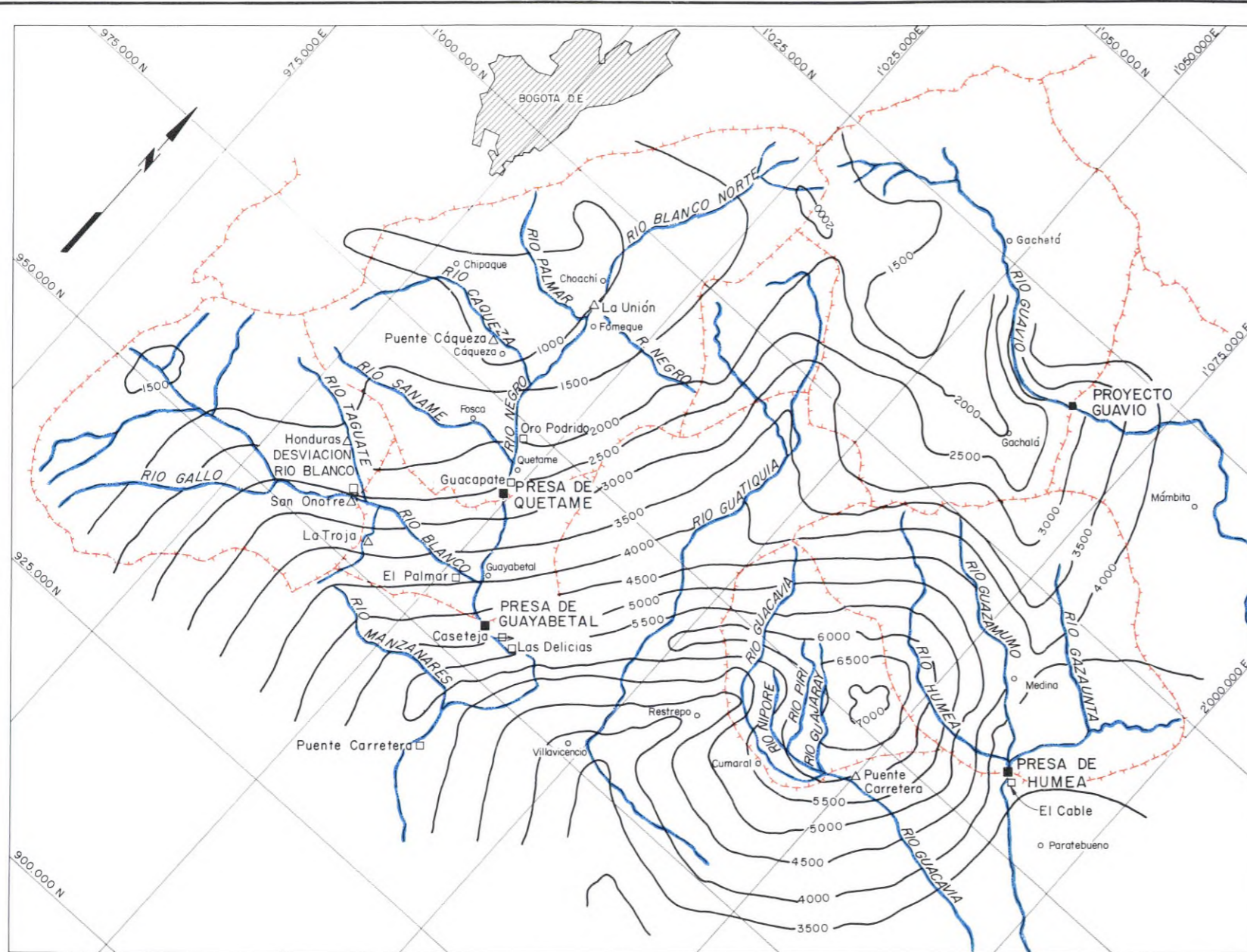
ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO: O. J. C. P.		REGION DE LOS ESTUDIOS
DISENO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
APROBADO:	ARCHIVO: S18-077-0597C	PLANO: I-1



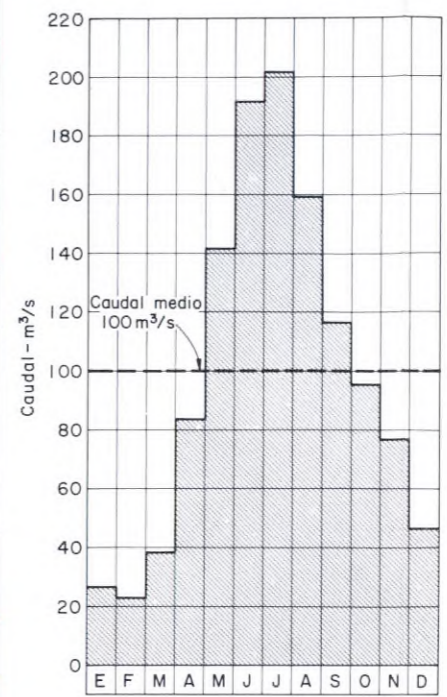
- CONVENCIONES**
- Límite departamental
 - Carretera pavimentada
 - Carretera sin pavimentar
 - Canal
 - - - Túnel
 - Casa de máquinas



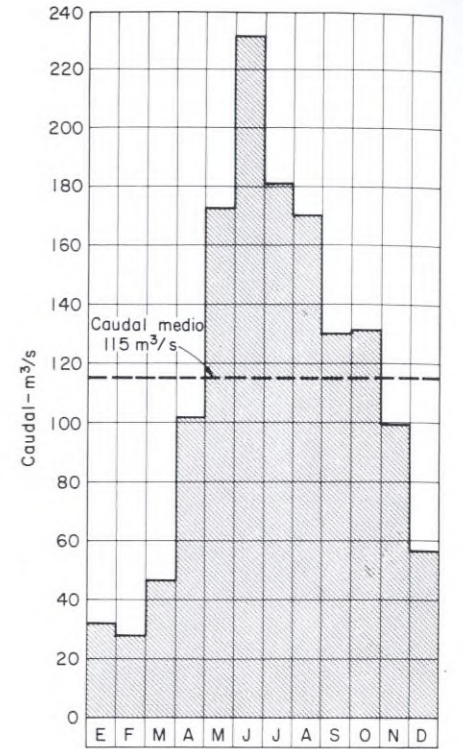
ESCALA INDICADA	EMPRESA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE BOGOTÁ	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
FECHA JUNIO 1982		
DIBUJO C.E.M.G.	LOCALIZACION GENERAL DE LOS PROYECTOS	
APROBADO	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.	PLANO 1-2
ARCHIVO 318-175-1535 C	INTEGRAL LTDA.	



DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA PRECIPITACION MULTIANUAL



CAUDALES MEDIOS MENSUALES PROYECTO GUAYABETAL SITIO DE PRESA 2/



CAUDALES MEDIOS MENSUALES PROYECTO HUMEA SITIO DE PRESA

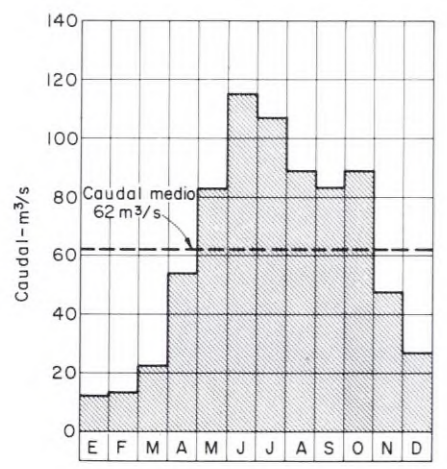
- CONVENCIONES:
- △ Estación limnimétrica
 - Estación limnigráfica
 - ⊞ Estación abandonada

NOTAS:

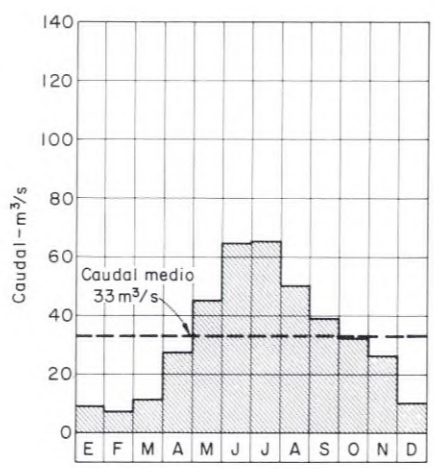
Los caudales medios mensuales multianuales en los sitios de interés se obtuvieron a partir de la serie histórica reconstruida mediante un modelo de regresión múltiple.

1/ No incluye desviación del río Blanco.

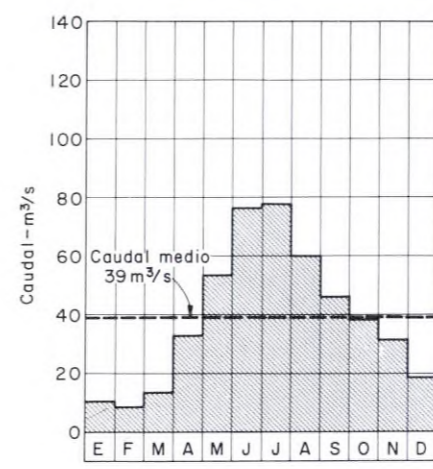
2/ No incluye desviación hacia el acueducto de Bogotá.



CAUDALES MEDIOS MENSUALES RIO GUACAVIA ESTACION PUENTE CARRETERA

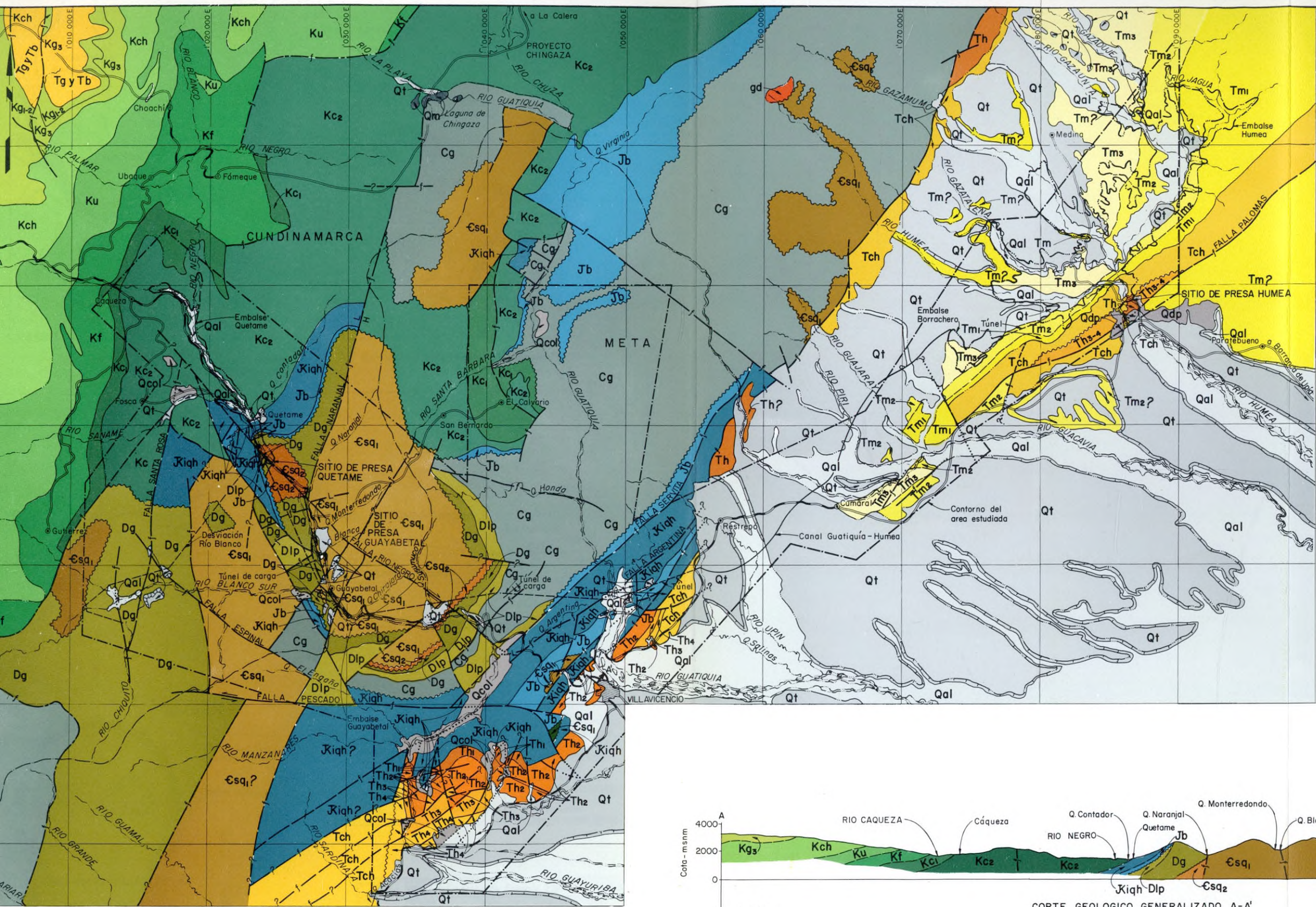


CAUDALES MEDIOS MENSUALES PROYECTO QUETAME SITIO DE DESVIACION DEL RIO BLANCO



CAUDALES MEDIOS MENSUALES PROYECTO QUETAME SITIO DE PRESA 1/ 2/

ESCALA INDICADA	EMPRESA DE ENERGIA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA	
DIBUJO: C.E.M.G. de D.	INFORMACION HIDROLOGICA	
APROBADO: [Signature]	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.	PLANO: I-3
ARCHIVO: 318-176-1536 H	INTEGRAL LTDA.	



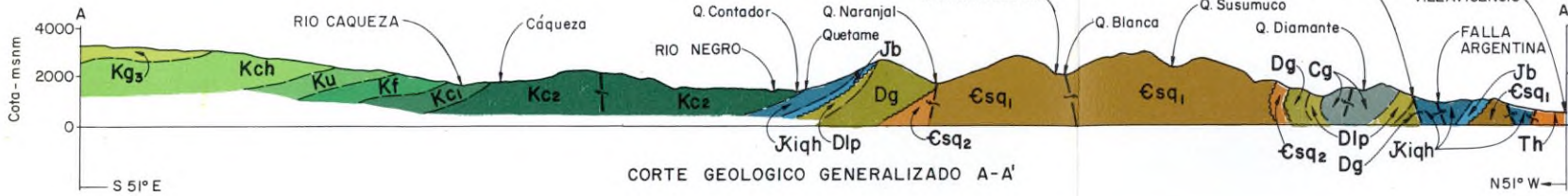
CONVENCIONES ESTRATIGRAFICAS

Qal	DEPOSITOS ALUVIALES - Bloques, cantos y gravas sueltos en matriz limo-arenosa
Qdp / Qcol	SUELO COLUVIAL - Depositos de fragmentos, tamaños bloque a grava, en matriz arena-arcillosa
Qt	TERRAZAS - Depósitos de grava, arena y limo, formando superficies planas en uno o en varios niveles
Qm	DEPOSITOS GLACIARES (MORRENAS) - Grandes bloques de material heterogéneo en una matriz arena-arcillosa
TERCIARIO ANDINO	
Tm	FORMACION GUADALUPE SUPERIOR - Arenisca Tierno: arenisca friable grano grueso a medio
Tm2	FORMACION GUADALUPE MEDIO - Arenisca de Labor: arenisca friable
Tm1	FORMACION GUADALUPE INFERIOR - Pleaners: lilita y Arenisca Dura: arenisca de grano grueso
TgTb	FORMACIONES GUADUAS Y BOGOTA - Arcilla roja, gris y gris-verdosa en la base, arenisca blanca de grano grueso hasta conglomerática, localmente con pequeñas intercalaciones de arcillolito gris rajado clara en la parte media, arcillolito arenoso abrigado con arcillolito violáceo y gris azulada en la parte superior
Tch	FORMACION CHOAPAL - Arcillolitas con intercalaciones de limolitas y esporádicos bancos de arenisca. Hacia la parte media un manto de carbón. Arenisca y arcillolito en la parte inferior, limolita, arcillolito y cintas de carbón en la parte superior
Th4	Arenisca asfáltica
Th3	Lulitas con esporádicas intercalaciones de arenisca
Th2	Areniscas friables, con manifestaciones de carbón; intercalaciones de lulita
Th1	Areniscas duras y lulitas limo-arcillosas
TERCIARIO LLANERO	
MESOZOICO	
Kg1	FORMACION GUADALUPE SUPERIOR - Arenisca Tierno: arenisca friable grano grueso a medio
Kg2	FORMACION GUADALUPE MEDIO - Arenisca de Labor: arenisca friable
Kg3	FORMACION GUADALUPE INFERIOR - Pleaners: lilita y Arenisca Dura: arenisca de grano grueso
Kch	FORMACION CHIPAQUE - Lulita gris oscura con capas de caliza
Ku	FORMACION UNE - Arenisca clara masiva con intercalaciones laminares de lulita arenosa finamente estratificada
Kf	FORMACION FOMEQUE - Lulita negra con capas de arenisca cuarcítica y caliza
Kc1	GRUPO CAQUEZA - Areniscas, arcillolitos y margas Lulita silicea, arenisca cuarzosa y lulita arcillosa negra
Kc2	
Kiah	FORMACION QUEBRADA HONDA - En la base conglomerados palmíticos regularmente seleccionados, calizas y margas gris oscuras con variaciones graduales. Hacia el tope lulita arcillosa, fisible. El nivel inferior está probablemente en transición con la Formación Brecha de Buenavista (Jb)
Jb	FORMACION BRECHA DE BUENAVISTA - Brecha-conglomerado de bloques y guijarros (Paleozoicos) redondeados a angulares en matriz arenosa, localmente con algunos capas de lulita, limolita y arenisca
Cg	FORMACION CAPAS ROJAS DEL GUATIQUE - Arenisca, limolita y arcillolito verde y rojo, caliza y conglomerado oligomítico. Su extremo SW corresponde a las Capas Rojas del Valle del Clarín (Renzi, 1965) y su extremo NE corresponde al Grupo Farallones (Segovia, 1965)
Dip	FORMACION LUTITAS DE PORTACHUELO - Lulita laminar masiva y argilosa, algo pizarrosa; arenisca de grano fino
Dg	FORMACION ARENISCAS DE GUTIERREZ - Arenisca cuarcítica a cuarcita masiva con intercalaciones de pizarra y lulita silicea, conglomerado basal cuarcítico
Esq2	FORMACION PUENTE LA BALSA - Pizarra gris oscura, laminar con intercalaciones de meta-arenisca grauwaca y cuarcita hacia la base
Esq1	GRUPO QUETAME - FORMACION GUAYABETAL - Filita gris violácea, con intercalaciones esporádicas de filita verde y cuarcita gris, venas de cuarzo y clorita
gd	GRANDIORITA LA MINA - Grandiorita gris clara a rosada, textura hipidiomórfica holocristalina

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

	Falla observada		Contacto observado
	Falla fotogeológica		Contacto fotogeológico
	Falla inferida		Contacto inferido
	Falla de rumbo		Contacto discordante
	Eje anticlinal		Escarpes
	Eje sincinal		Límite del área estudiada
	Eje sincinal invertido		

NOTA: Geología según Segovia (1965), Renzi (1965) y G.C.A. (1980, 1981, 1982) modificado



ESCALA INDICADA

FECHA: JULIO 1982

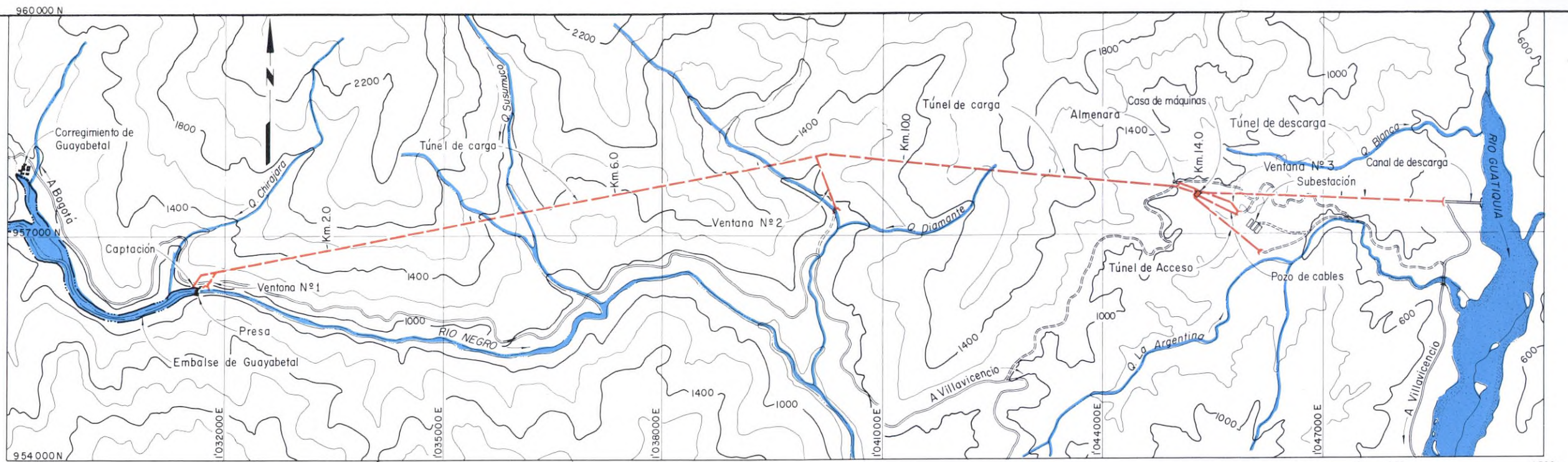
DIBUJO: C. J. B. R.

DIRECCION: GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.

MAPA GEOLOGICO REGIONAL

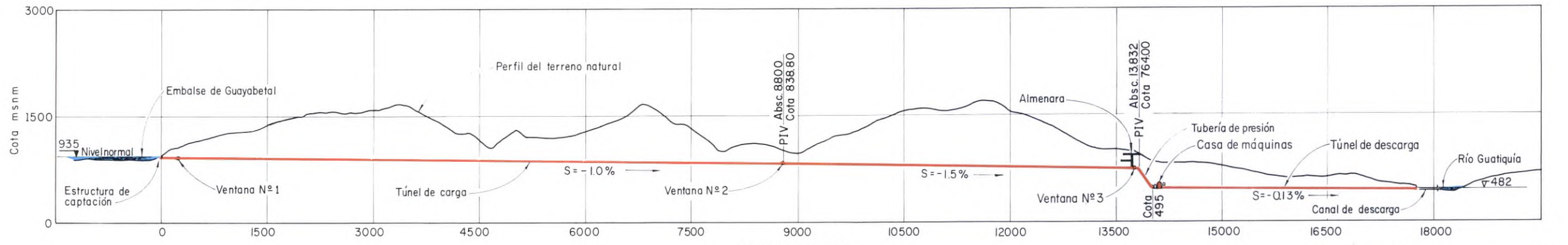
PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA

PLANO: I-4



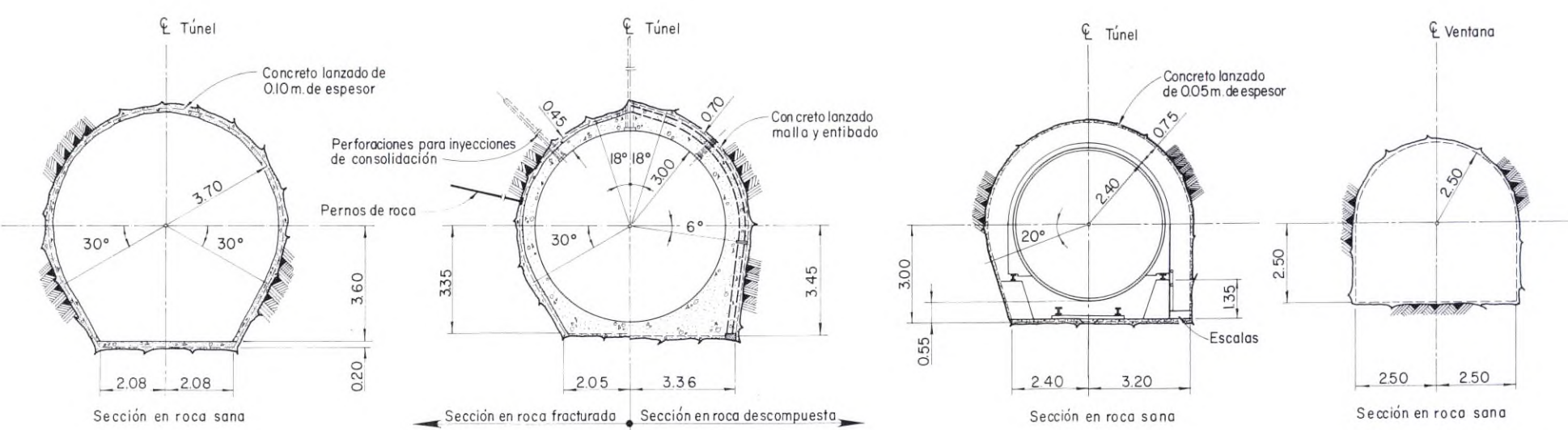
PLANTA GENERAL

Escala 0 500 2500m.



PERFIL GENERAL

Escala 0 500 2500m.



TUNEL DE CARGA

TUBERIA DE PRESION

VENTANAS DE CONSTRUCCION

Escala 0 1 7m.

SOPORTES DE CONSTRUCCION		
TIPO DE ROCA	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO SECUNDARIO
Sana	Ninguno	Pernos donde se requieran
Poco fracturada	1 Capa de concreto lanzado	Pernos donde se requieran 1 Capa de concreto lanzado
Muy fracturada	1 Capa de concreto lanzado	Malla de refuerzo Pernos sistematicos 1 Capa de concreto lanzado
Descompuesta	1 Capa de concreto lanzado	Malla de refuerzo Entibado metalico 2 Capas de concreto lanzado

ESCALA: INDICADA

FECHA: JULIO 1982

DIBUJO: G. G. E.

DISEÑO: INTEGRAL

APROBADO: [Signature]

ARCHIVO: 318-269-1849-C

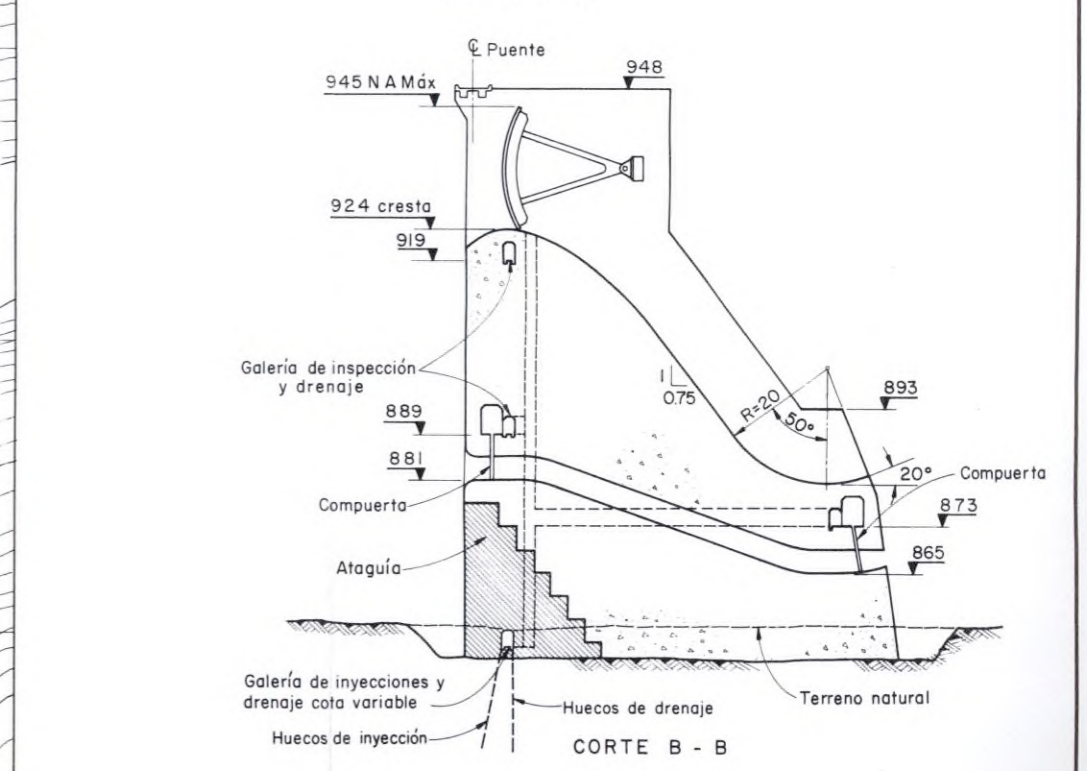
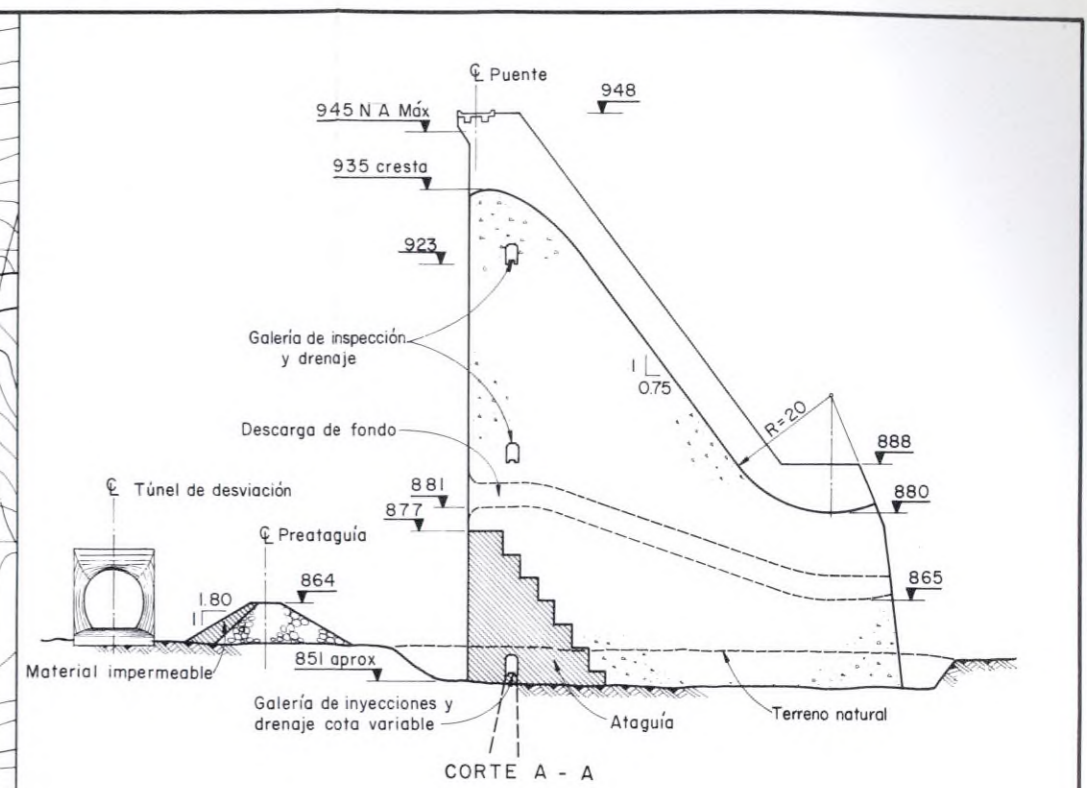
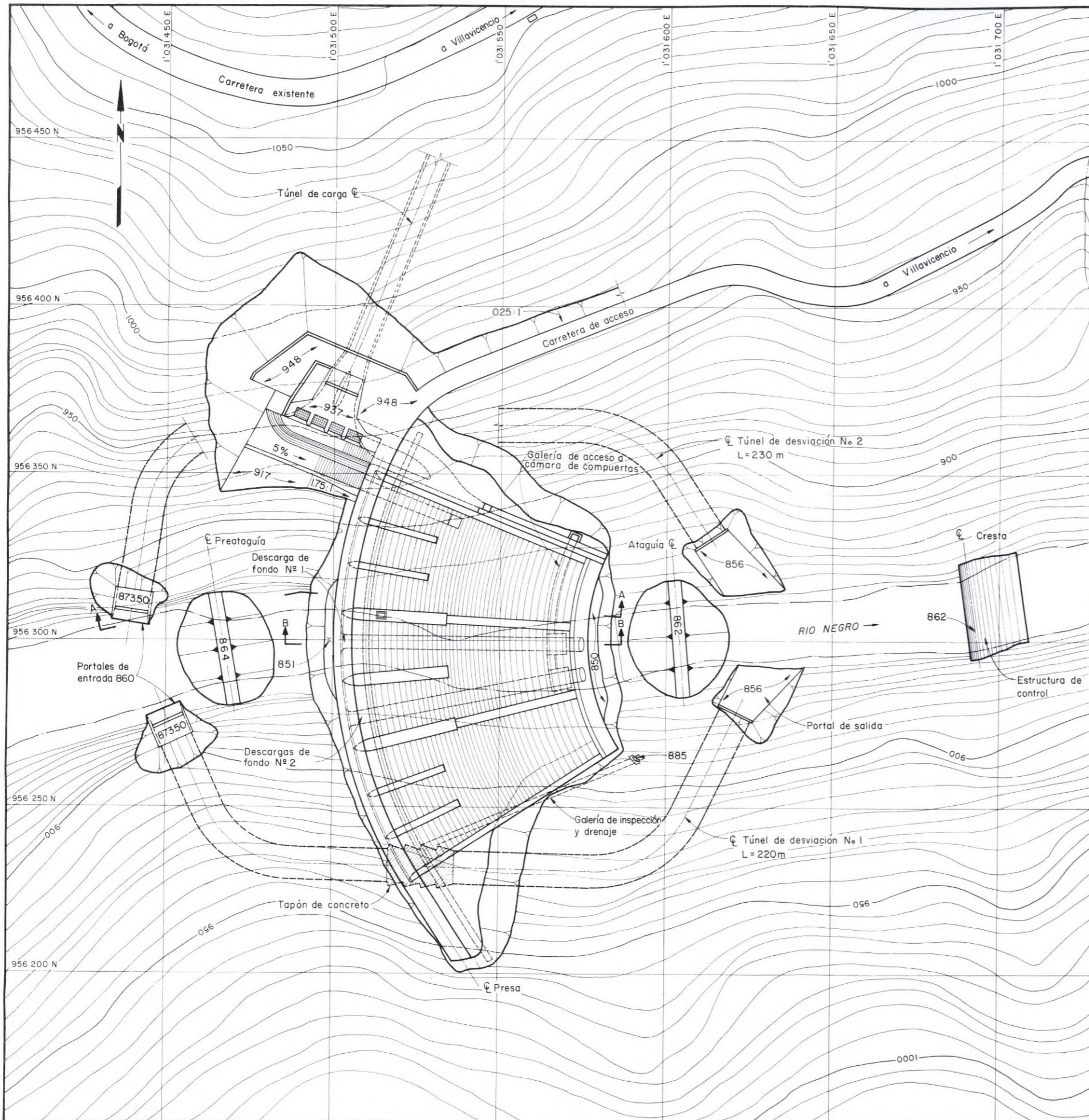
Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá

PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA

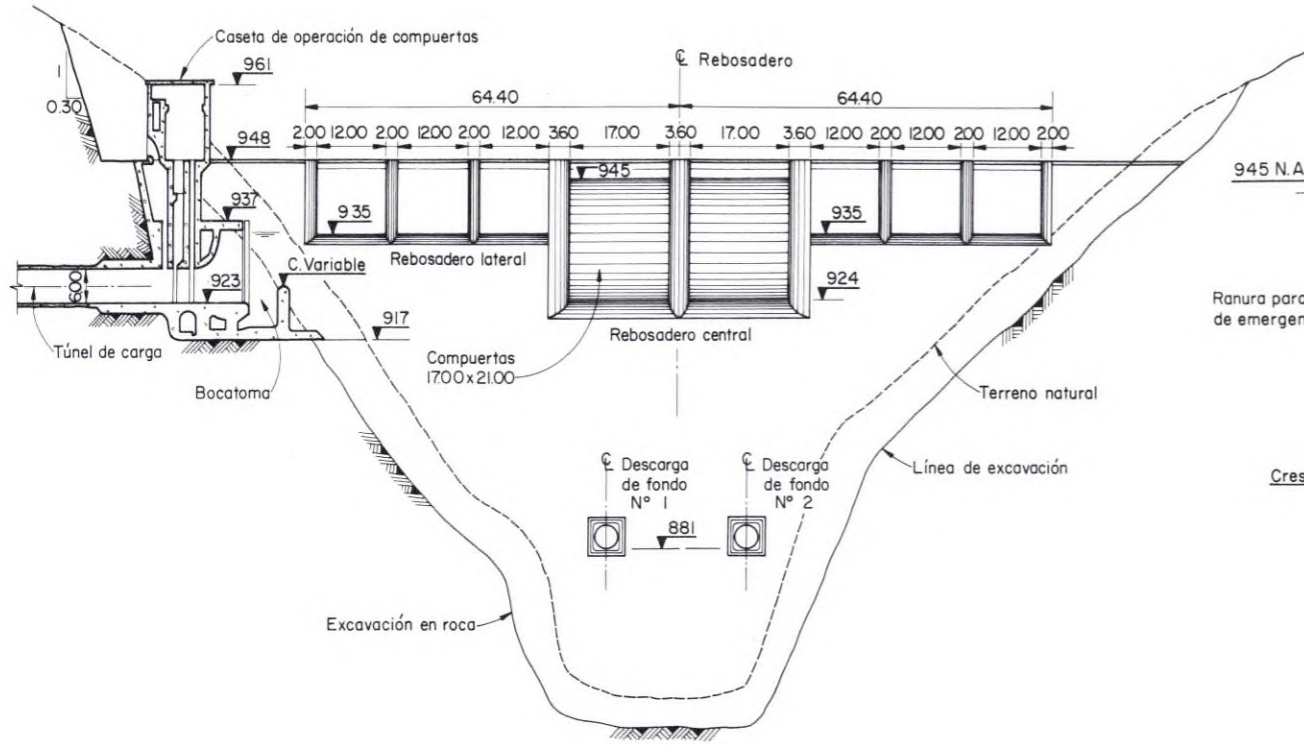
PROYECTO GUAYABETAL ESQUEMA GENERAL CENTRAL SUBTERRANEA

GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.

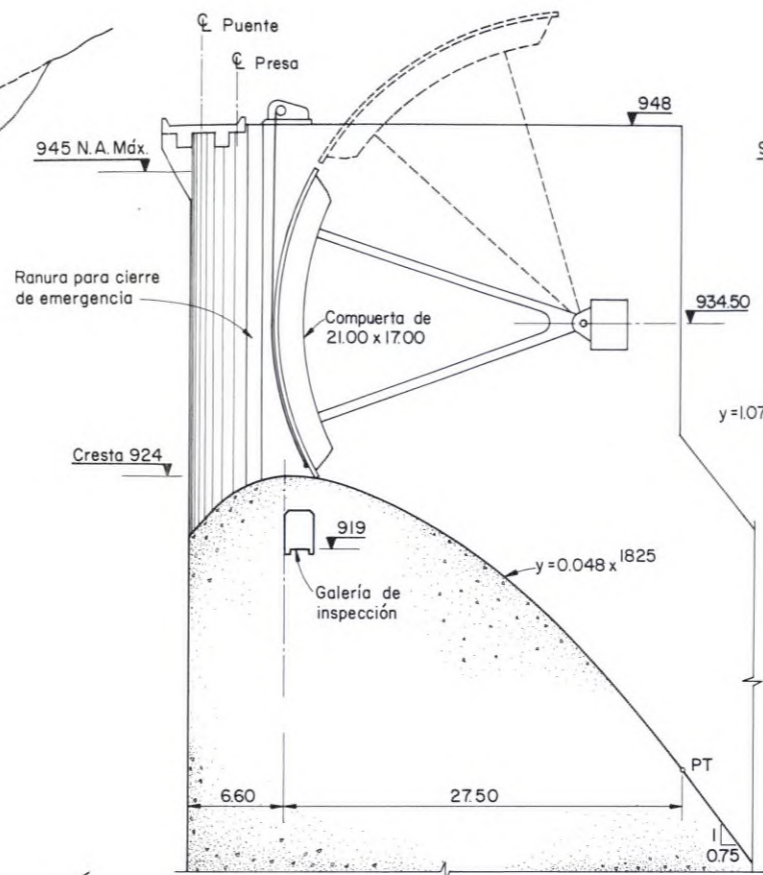
PLANO: G-1



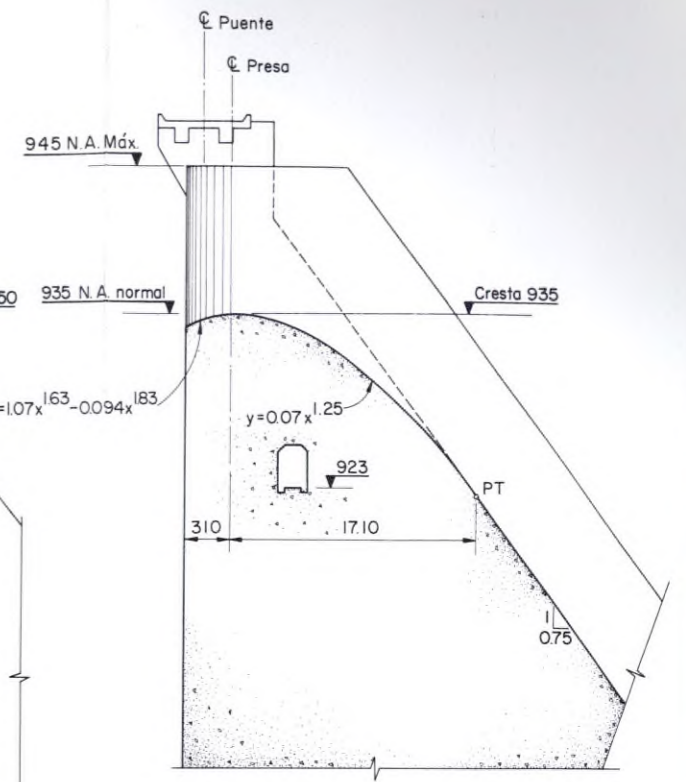
ESCALA INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO	G. D. D.	PROYECTO GUAYABETAL PRESA Y OBRAS ANEXAS PLANTA Y CORTES
DISEÑO		
APROBADO		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
ARCHIVO	318 - 238 - 1704 C	
		PLANO: G-2



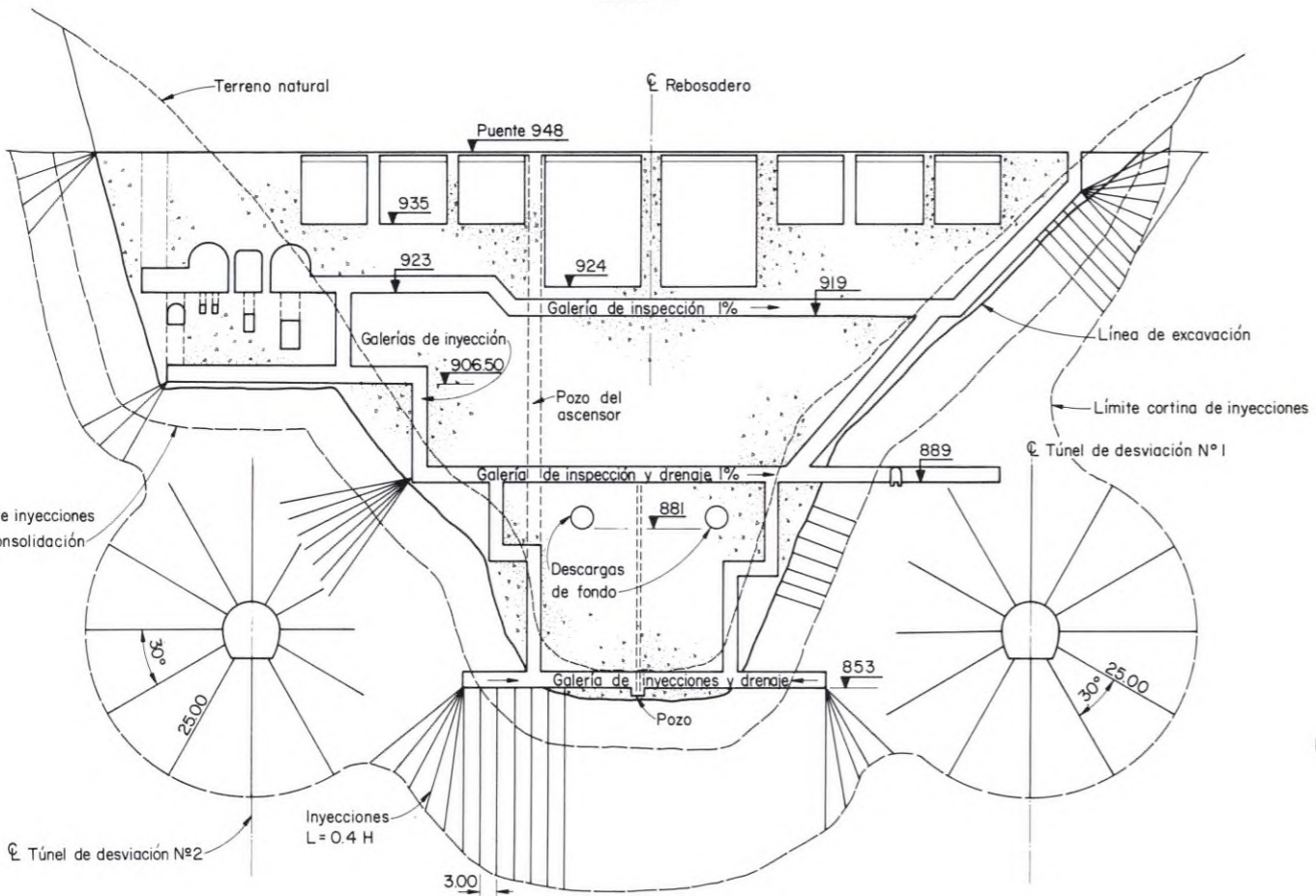
VISTA DE AGUAS ARRIBA
Escala A



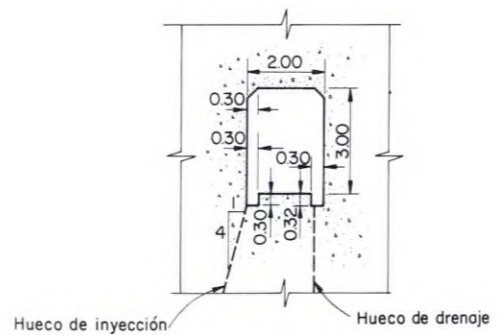
DETALLE REBOSADERO CENTRAL
Escala B



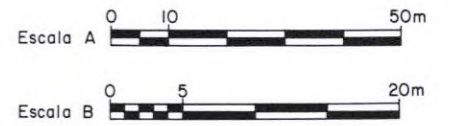
DETALLE REBOSADERO LATERAL
Escala B



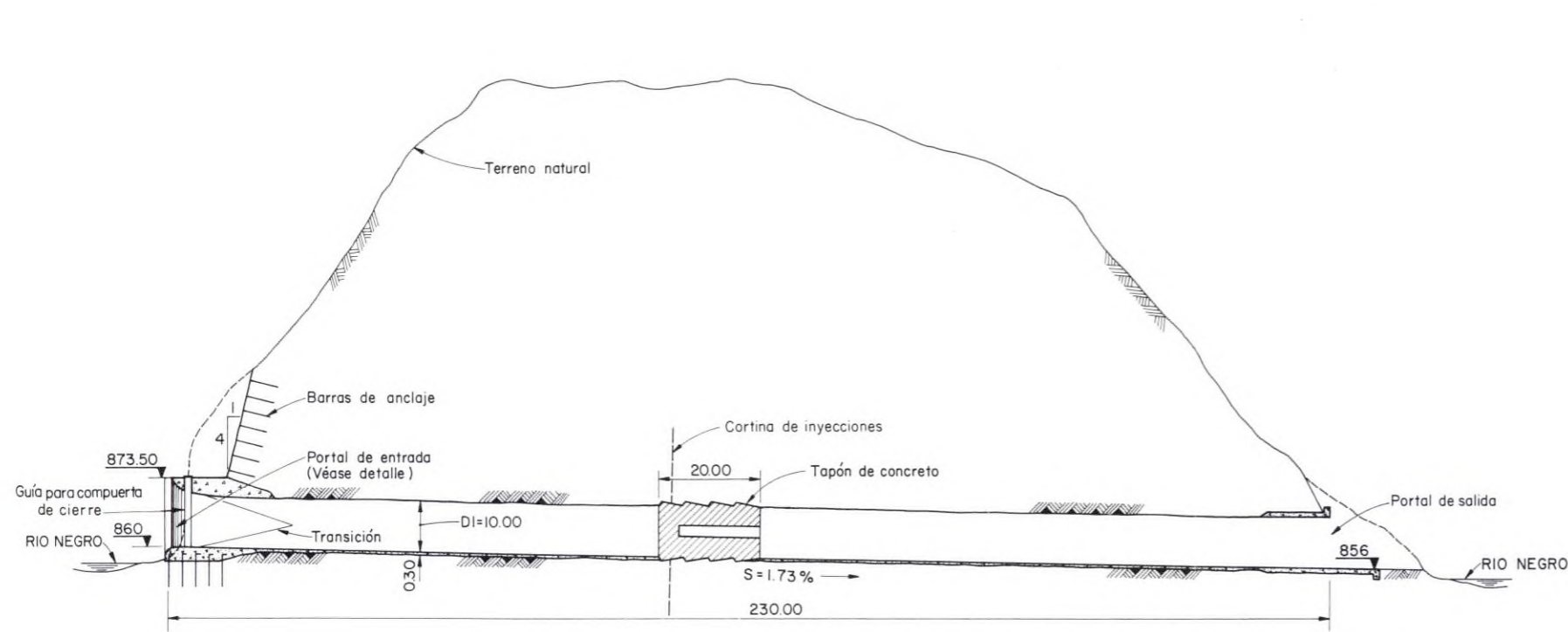
GALERIAS Y CORTINA DE INYECCIONES
CORTE LONGITUDINAL
Escala A



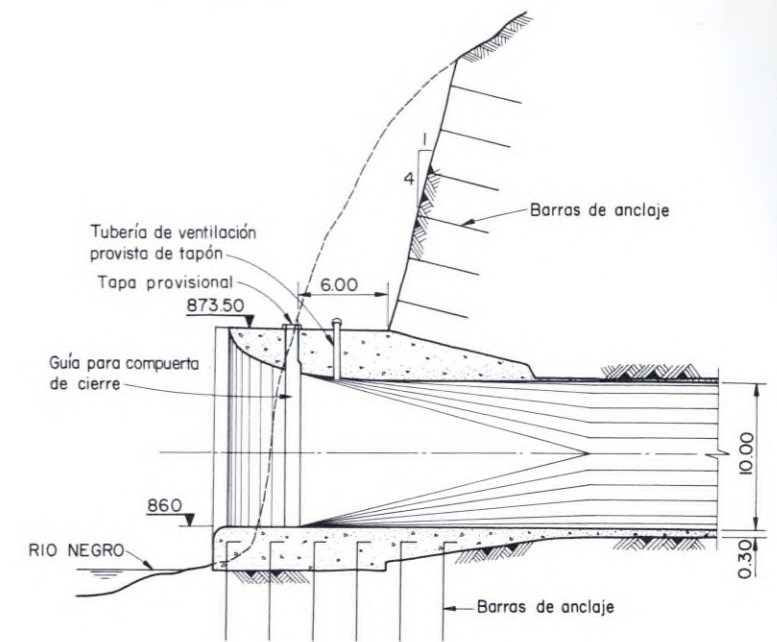
GALERIA DE INYECCION Y DRENAJE
SECCION TIPICA
Sin escala



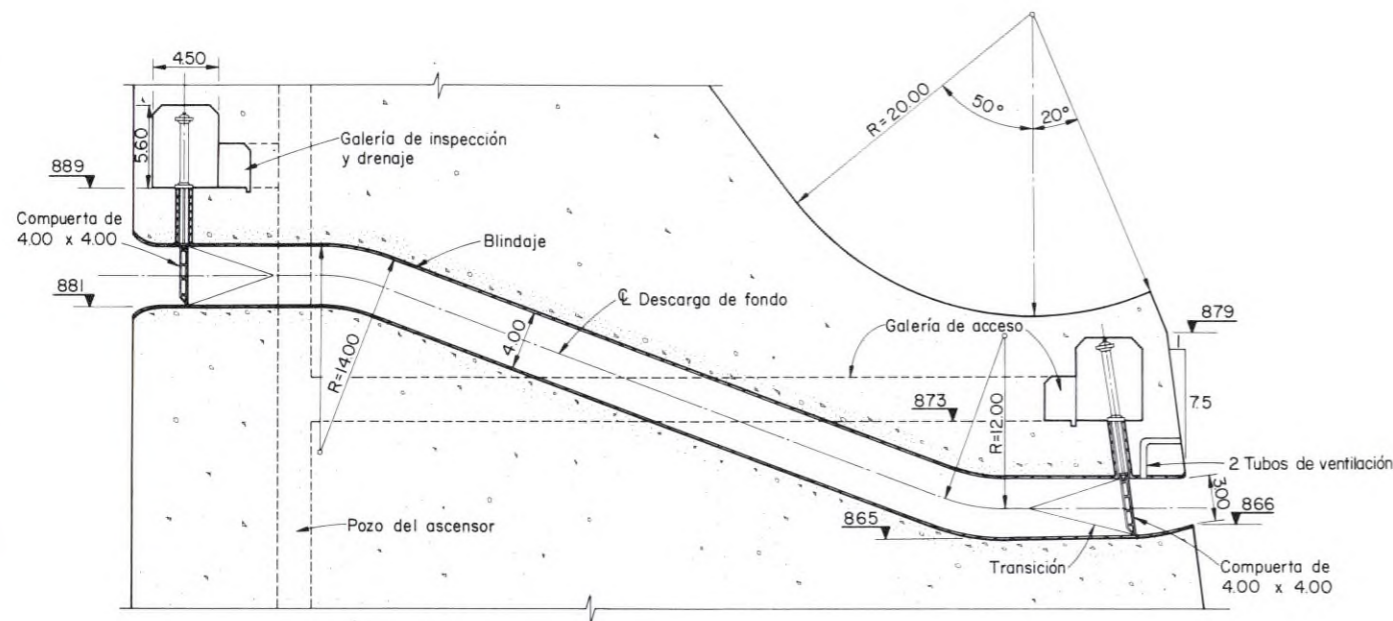
ESCALA INDICADA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO D. de B.	PROYECTO GUAYABETAL
DISEÑO:	PRESA-REBOSADERO-CORTES Y DETALLES CORTINA DE INYECCIONES
APROBADO:	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
ARCHIVO: 318-237-1703 C	INTEGRAL LTDA.
	PLANO G-3



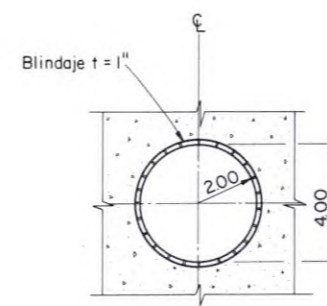
TUNEL DE DESVIACION N° 2
PERFIL
Escala A



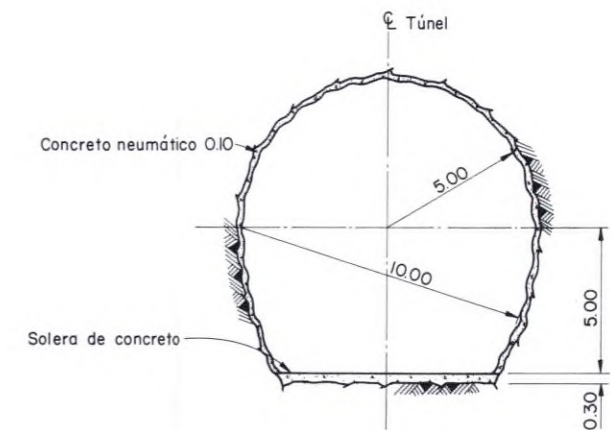
PORTAL DE ENTRADA
TUNELES DE DESVIACION
Escala C



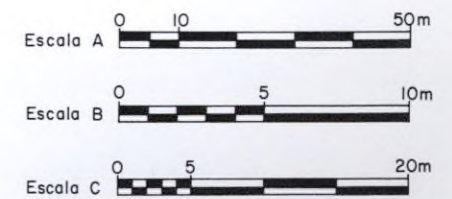
DESCARGA DE FONDO
CORTE LONGITUDINAL
Escala C



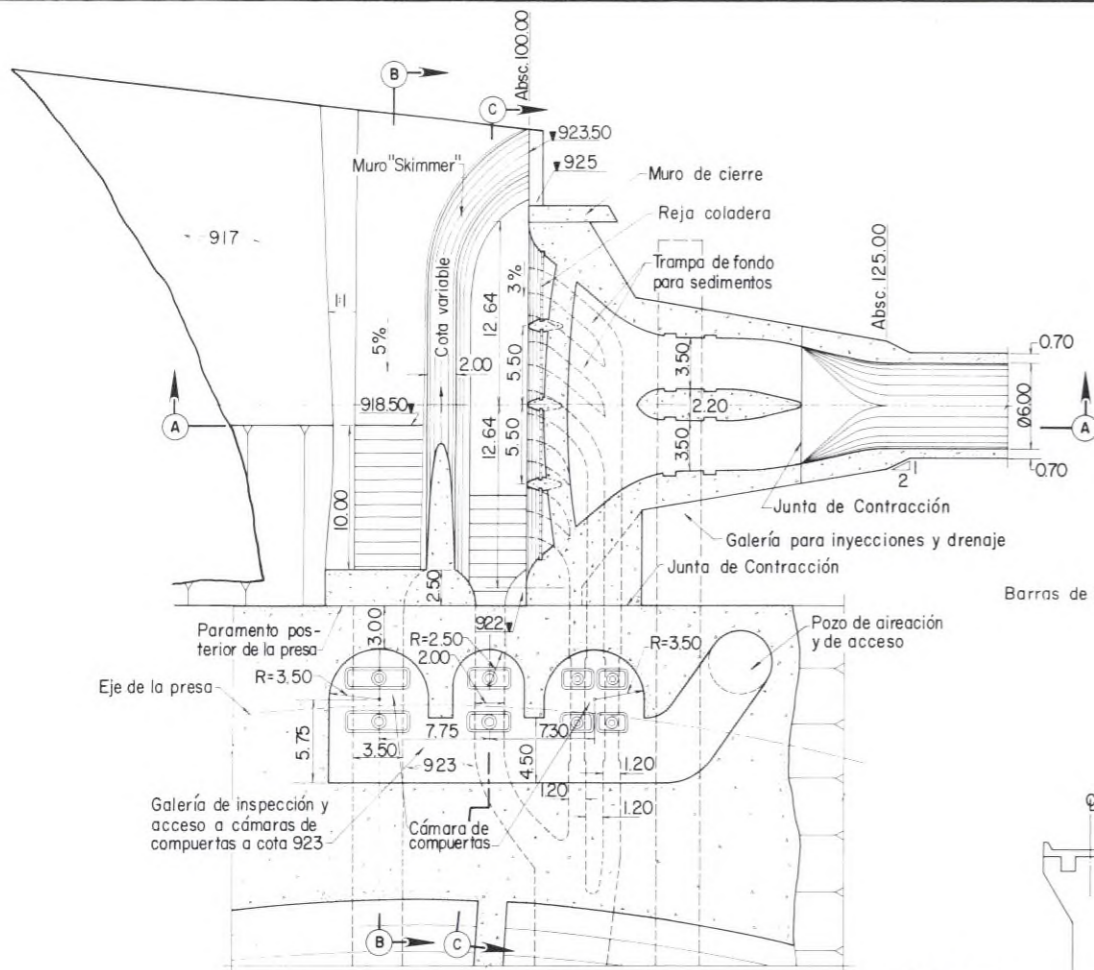
DESCARGA DE FONDO
SECCION TIPICA
Escala B



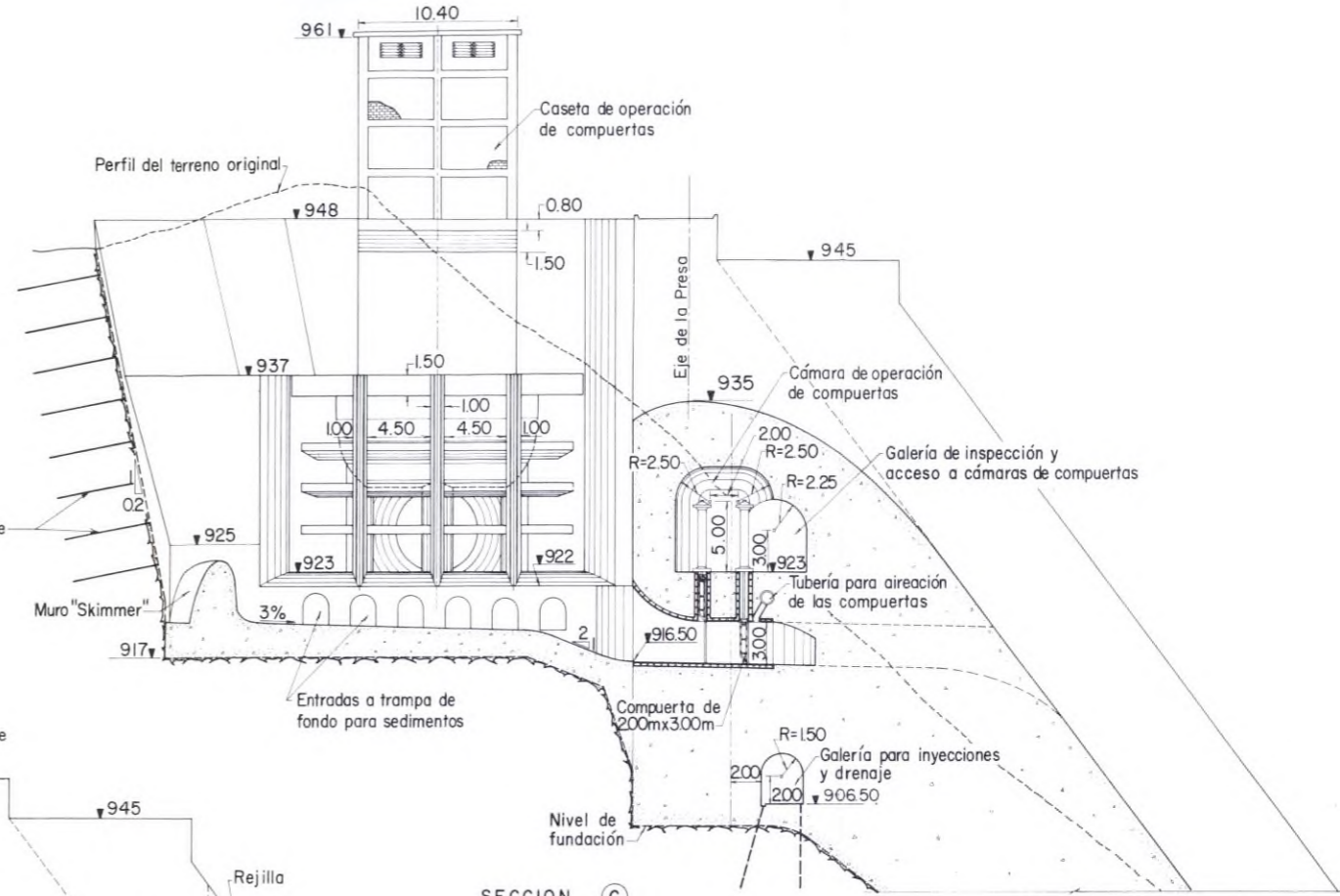
TUNEL DE DESVIACION
SECCION TIPICA
Escala B



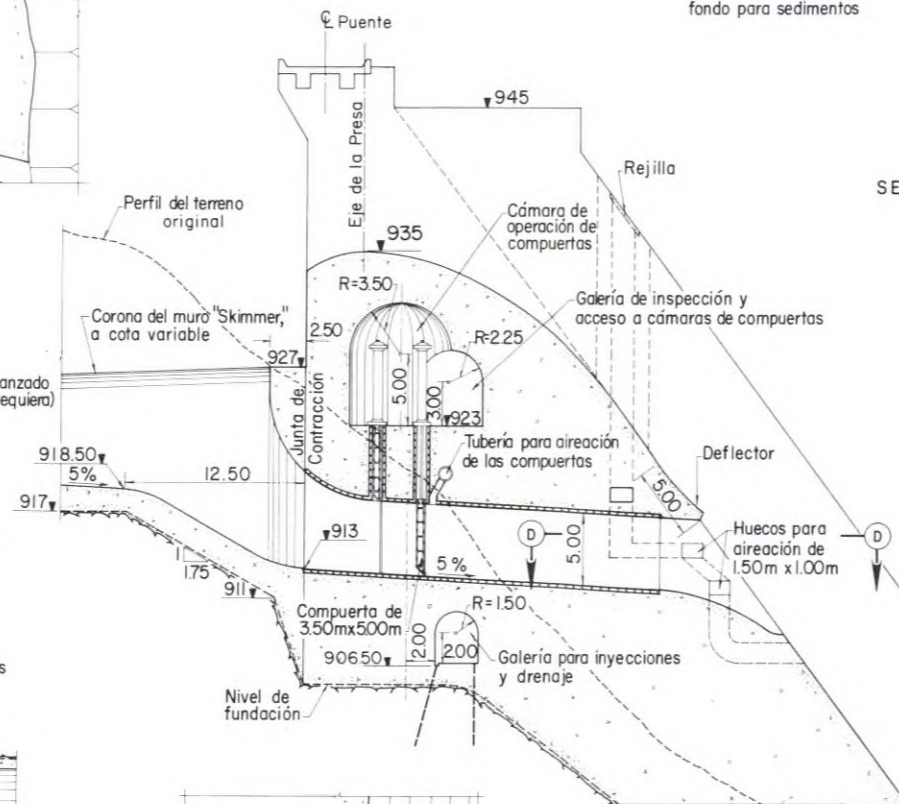
ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO: D. de B.		PROYECTO GUAYABETAL TUNEL DE DESVIACION Y DESCARGA DE FONDO
DISEÑO:		
APROBADO: 		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
ARCHIVO: 318-233-1656-C		INTEGRAL LTDA.
		PLANO: G-4



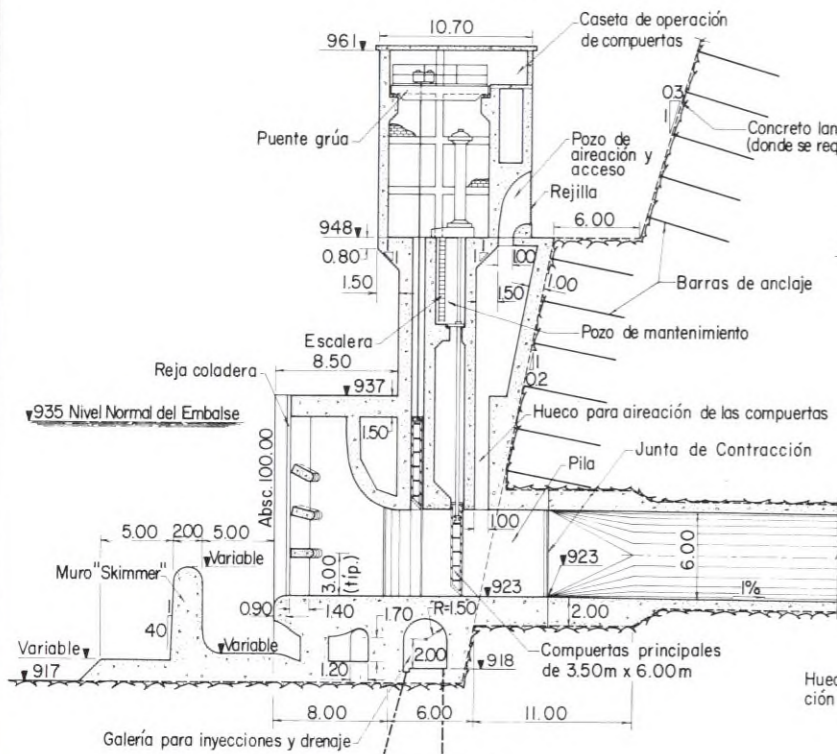
PLANTA A COTA 926
Escala A



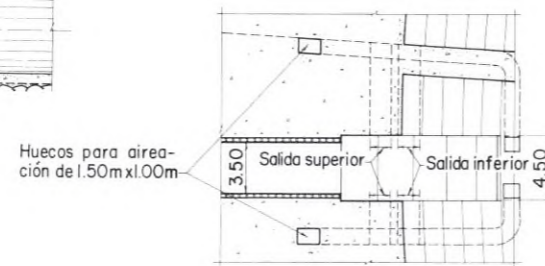
SECCION C
Escala A



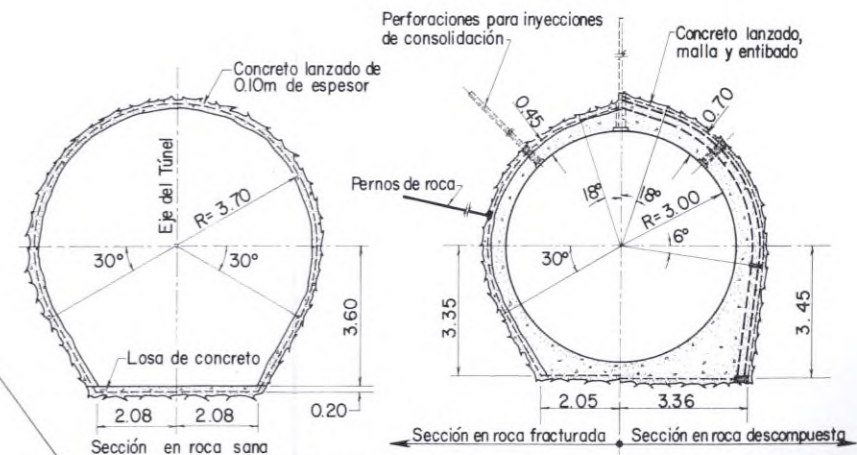
SECCION B
Escala A



SECCION A
Escala A



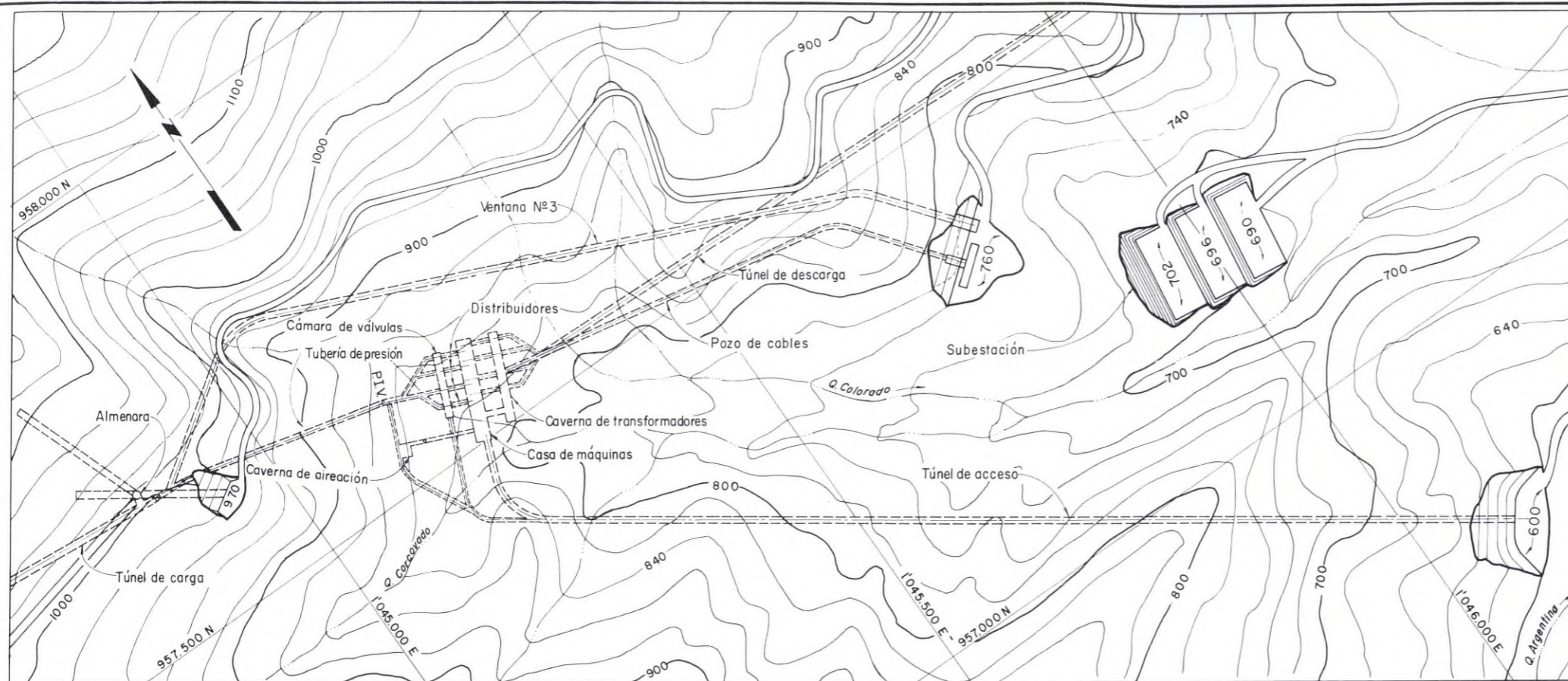
SECCION D
Escala A



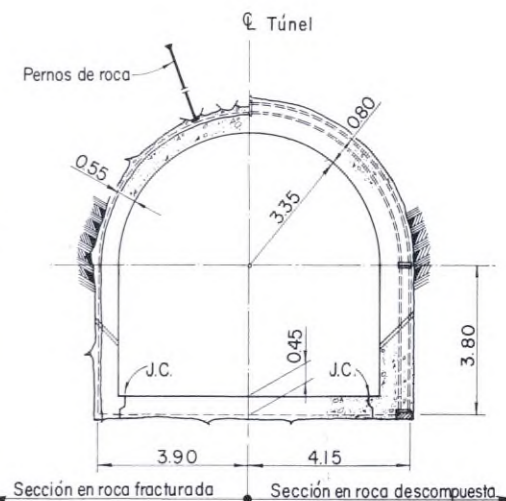
TUNEL DE CARGA



ESCALA INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA:		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO:		PROYECTO GUAYABETAL
DISENO:		CAPTACION Y TUNEL DE CARGA
APROBADO:		PLANTA, CORTES Y DETALLES
ARCHIVO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
		PLANO: G-5

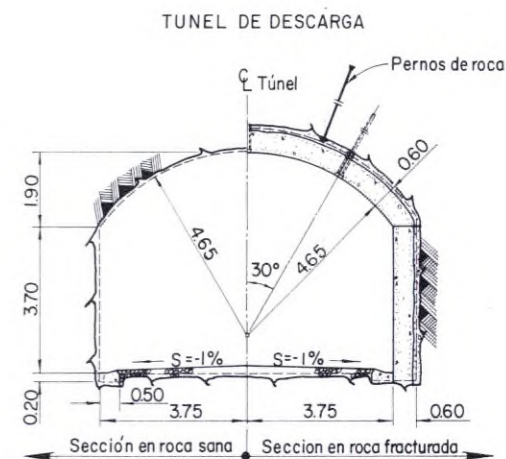


PLANTA GENERAL



Sección en roca fracturada

Sección en roca descompuesta

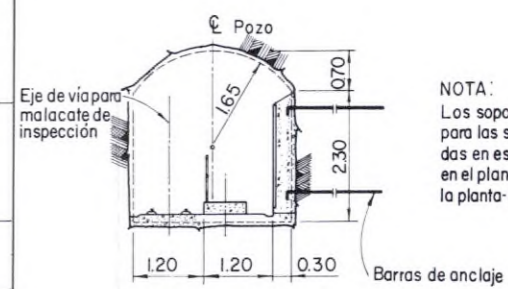


Sección en roca sana

Sección en roca fracturada



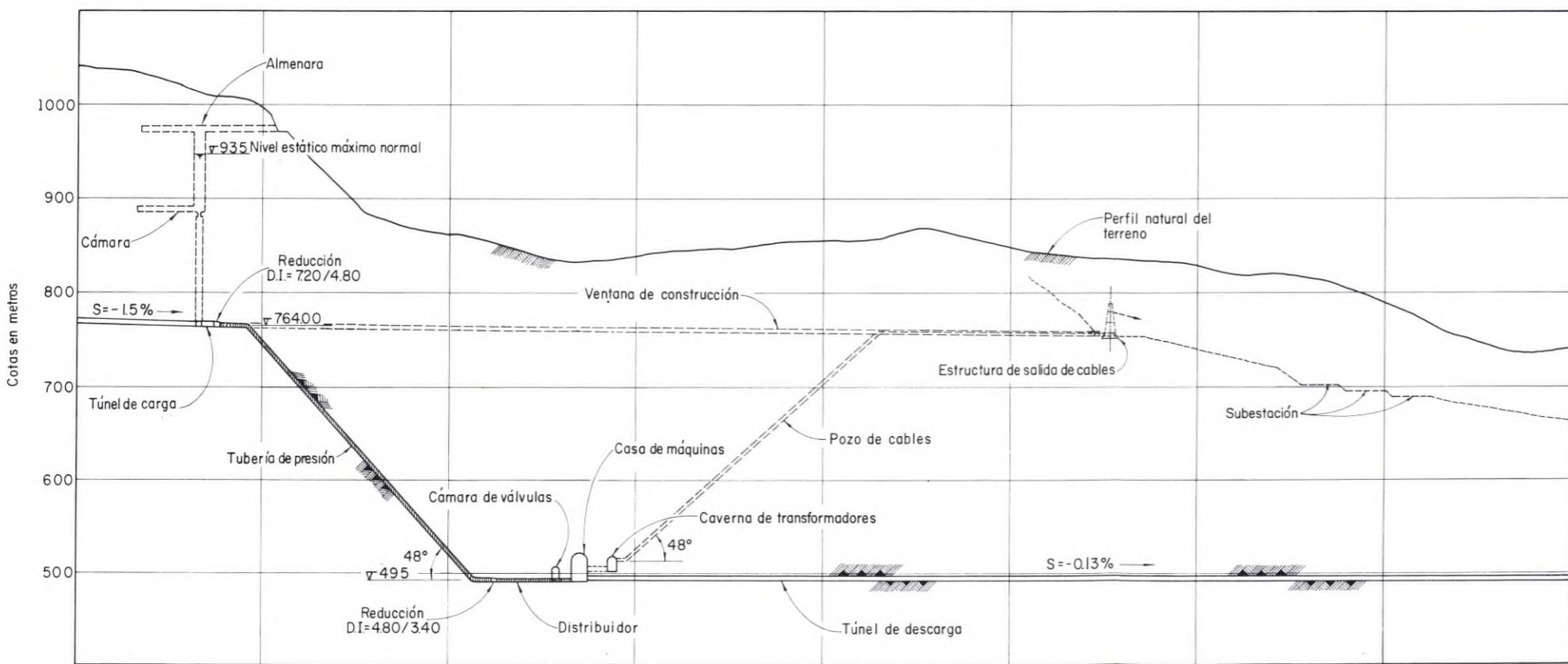
Escala 0 1 7m



Sección en roca sana POZO DE CABLES



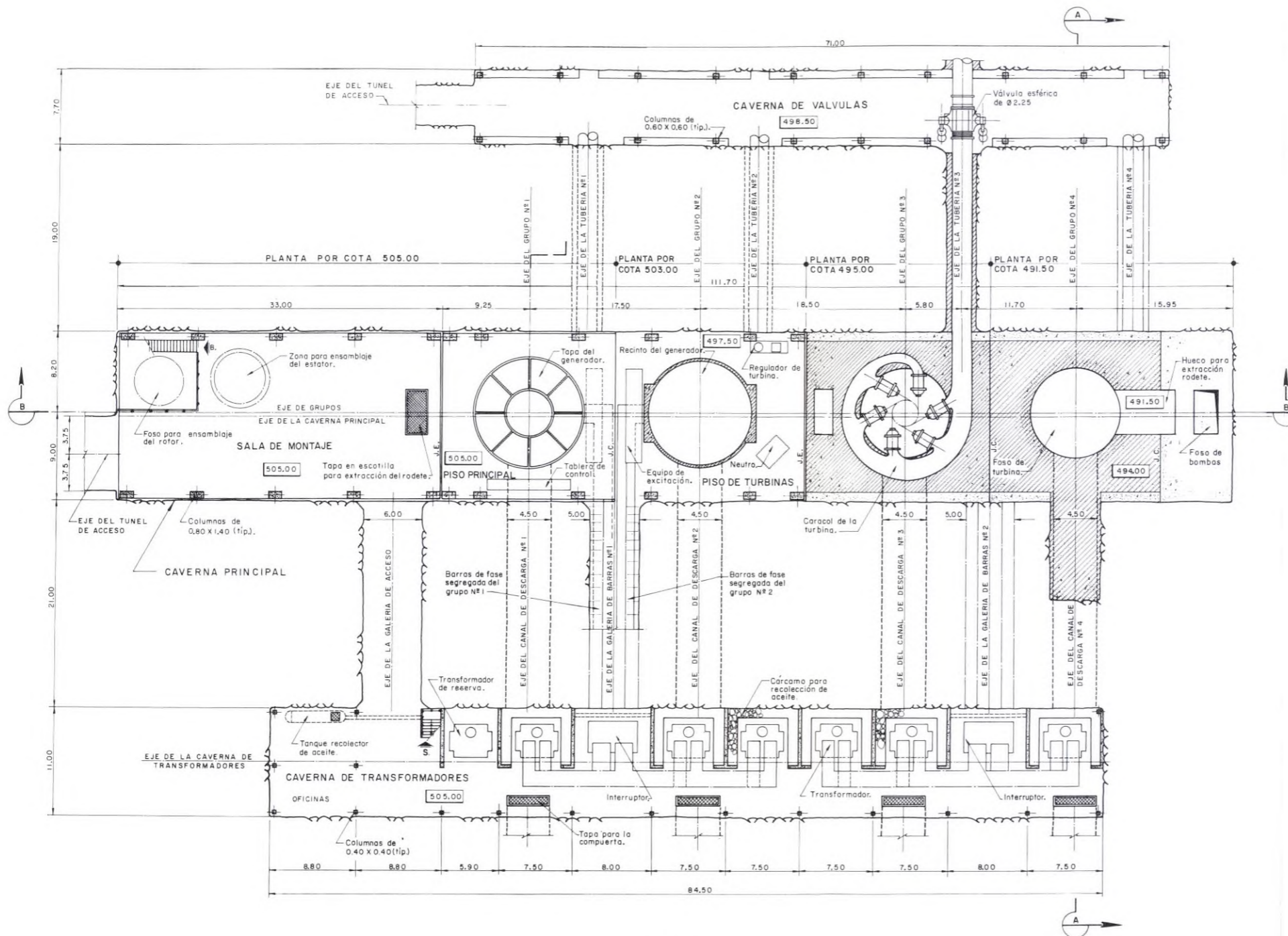
NOTA:
Los soportes de construcción para las secciones mostradas en este plano, se indican en el plano correspondiente a la planta-perfil generales.



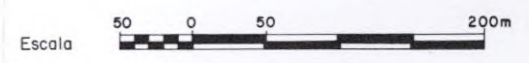
Abscisas en metros
PERFIL GENERAL



ESCALA INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO/82		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DISEÑO: INTEGRAL		PROYECTO GUAYABETAL CENTRAL SUBTERRANEA ZONA DE CASA DE MAQUINAS
APROBADO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
ARCHIVO: 318-277-1867C		FIGURA G-6



PLANTA

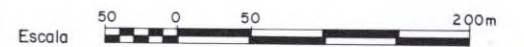
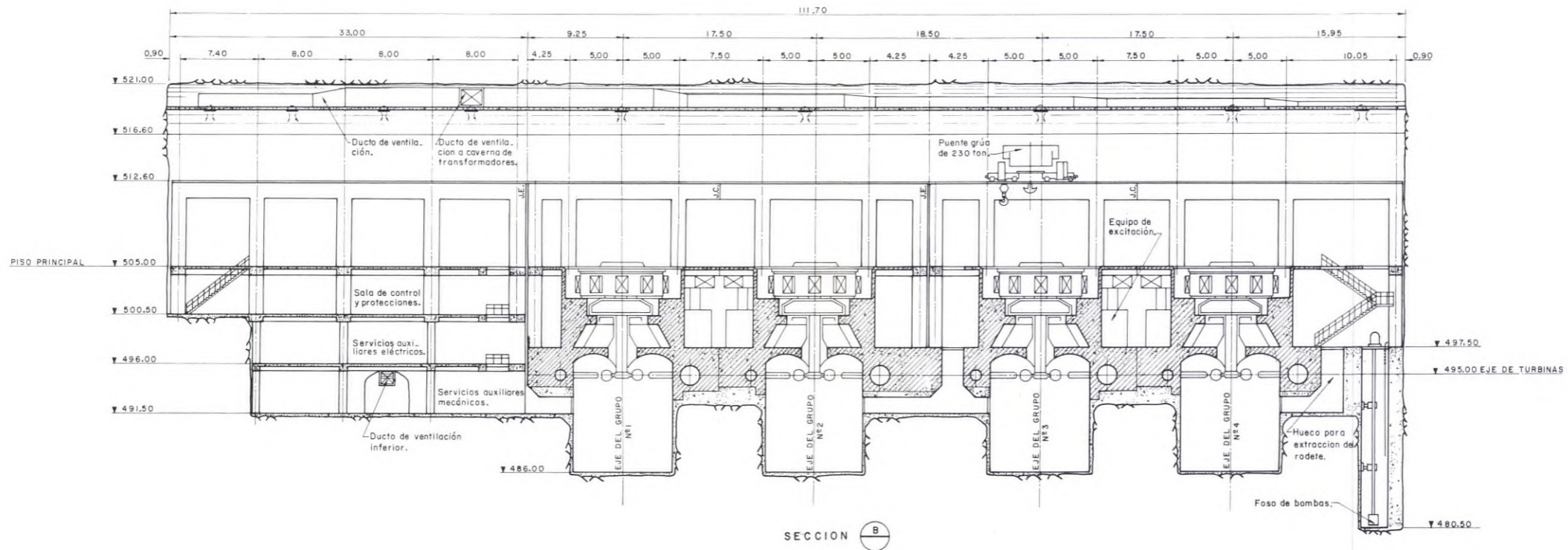
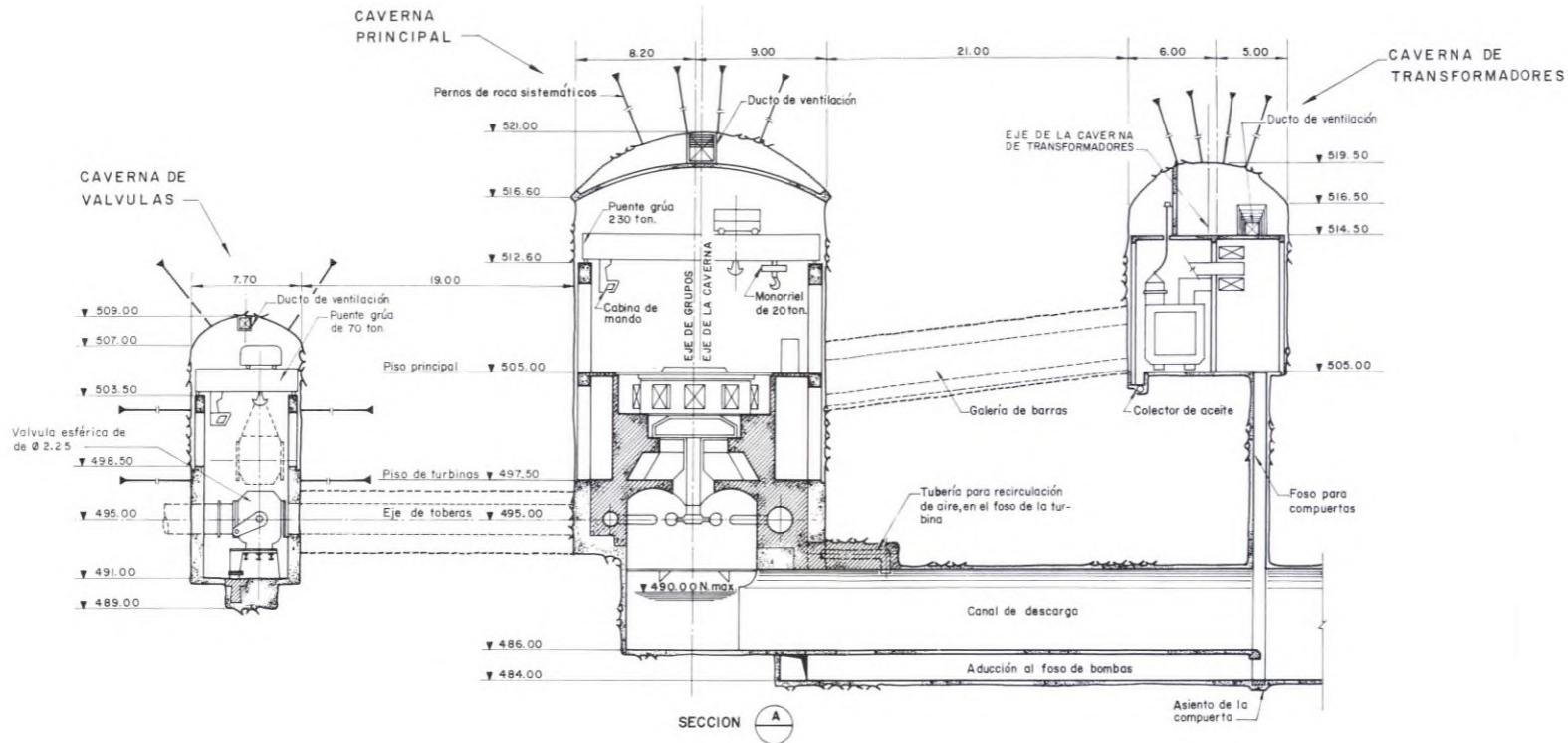


CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

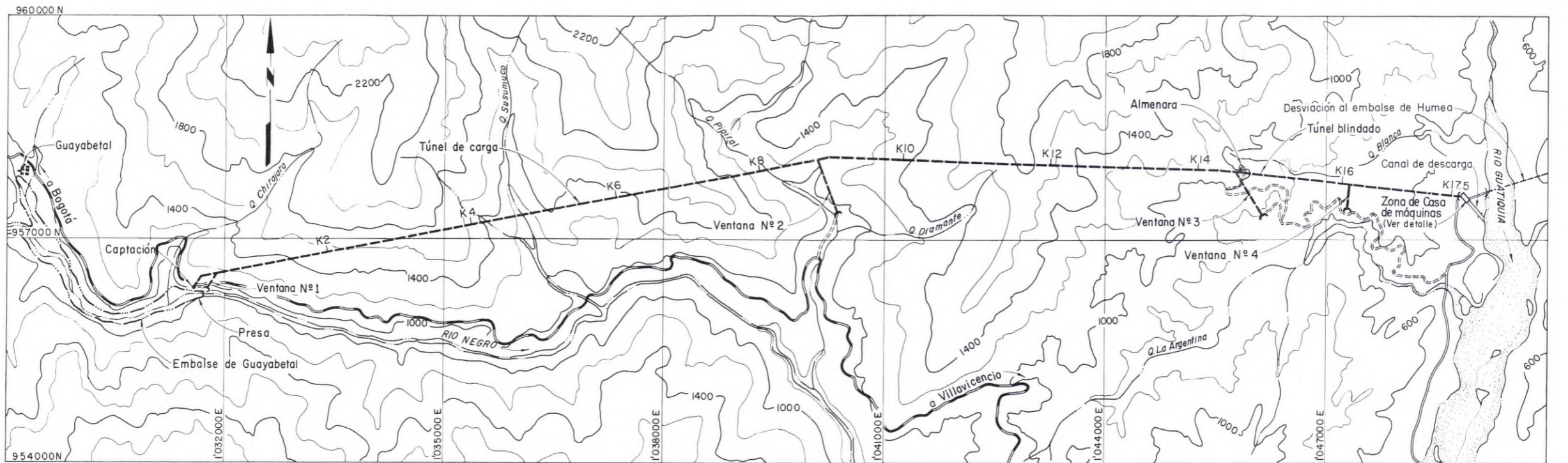
TURBINAS	GENERADORES	TRANSFORMADORES
Nº de unidades : 4	Nº de unidades : 4	Nº de unidades : 7
Tipo: Pelton de eje vertical	Tipo: Sincrónico de eje vertical	Tipo: Monofásico
Potencia nominal : 121 MW	Potencia nominal : 113 MVA, Δt 60°C	Potencia nominal : 87 MVA, Δt 65°C
Velocidad sincronica : 240 r.p.m.	Velocidad sincronica : 240 r.p.m.	Enfriamiento: F.O.W.
Salto neto de diseño : 4,30 m	Factor de potencia : 0,95 en retardo	Voltaje de alta : 230 kv
Descarga nominal : 32,20 m³/s	Voltaje nominal : 13,8 kv	Voltaje de baja : 13,8 kv

CAPACIDAD NOMINAL DE LA CENTRAL : 4 X 109 MW

ESCALA: INDICADOR		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DISEÑO: INTEGRAL	PROYECTO GUAYABETA CENTRAL SUBTERRANEA PLANTA	
APROBADO: ARCHIVO: 318-273-1853-C	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA LTDA. INTEGRAL LTDA.	
		PLANO: G-7

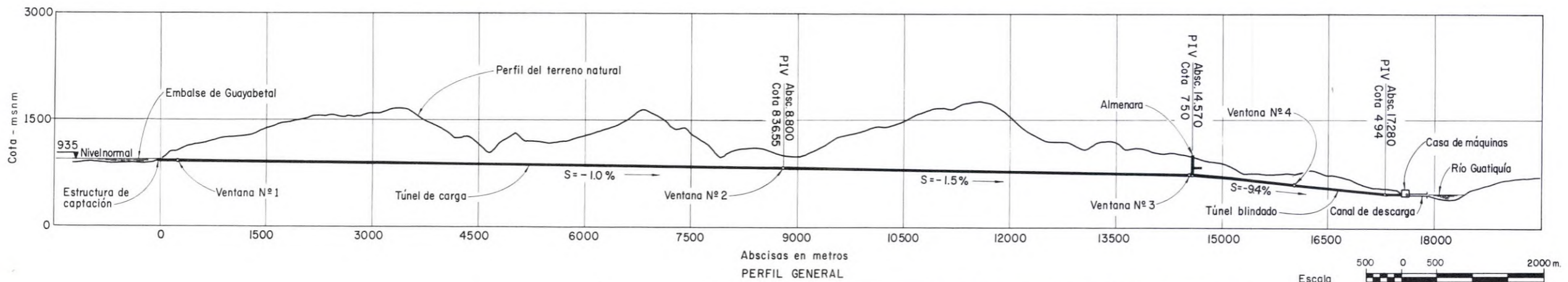


ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO: E. Saldarriaga de A. L. De Los Rios.		PROYECTO GUAYABETAL CENTRAL SUBTERRANEA SECCIONES
DISEÑO: INTEGRAL		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
APROBADO: ARCHIVO: 318-274-1654-C		INTEGRAL LTDA.
		PLANO: G - 8



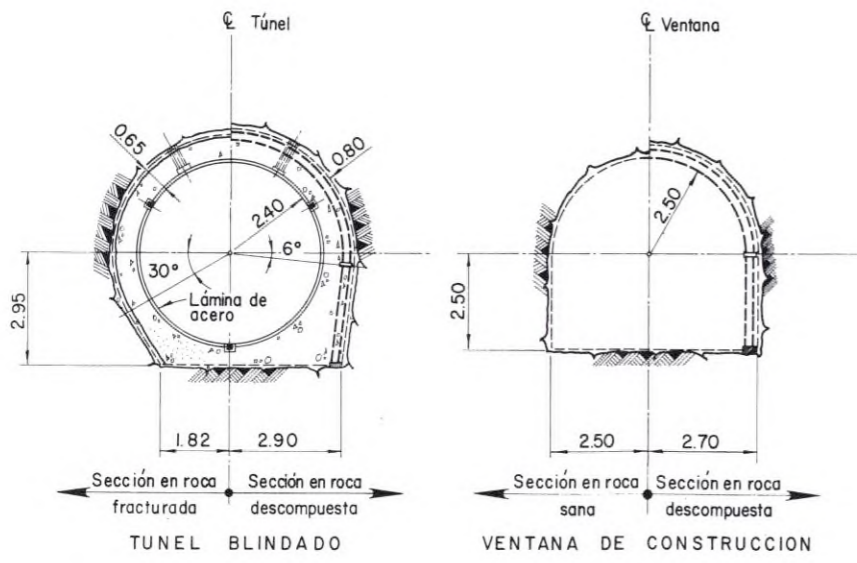
PLANTA GENERAL

Escala 0 500 1000 2000m.



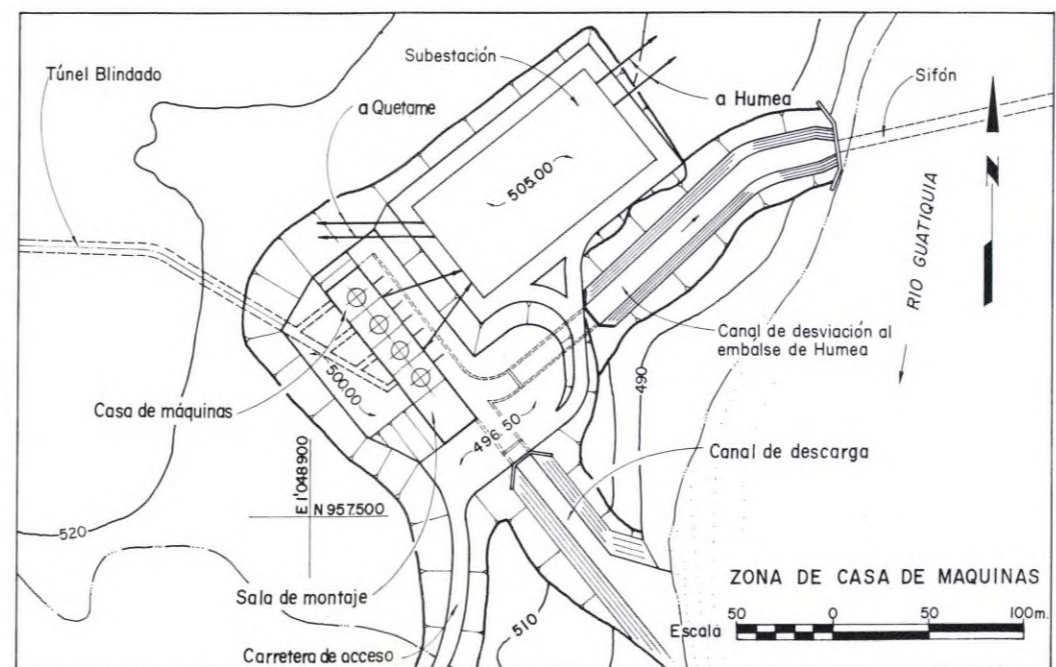
PERFIL GENERAL

Escala 0 500 1000 2000m.



TUNEL BLINDADO VENTANA DE CONSTRUCCION

Escala 0 6m

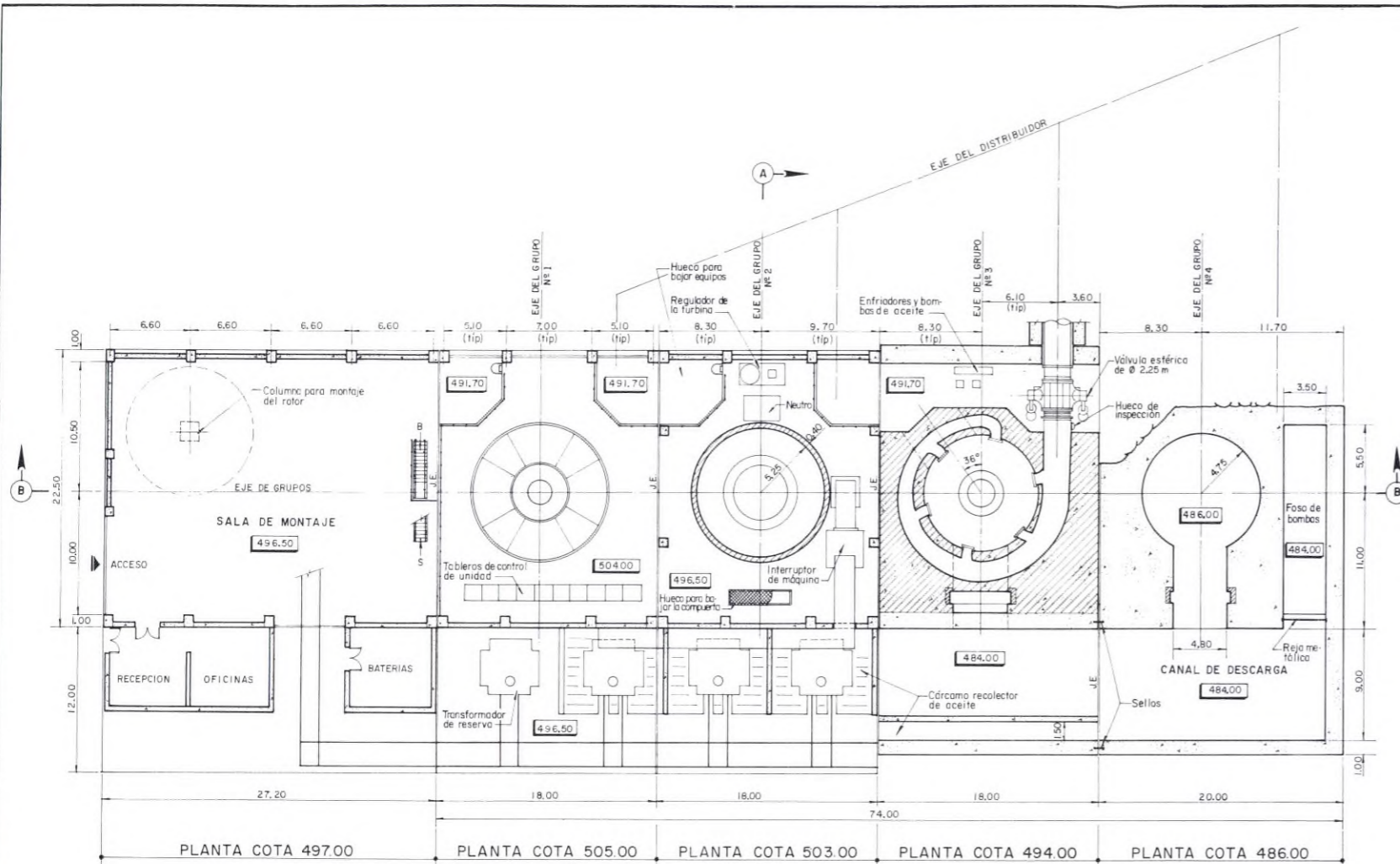


ZONA DE CASA DE MAQUINAS

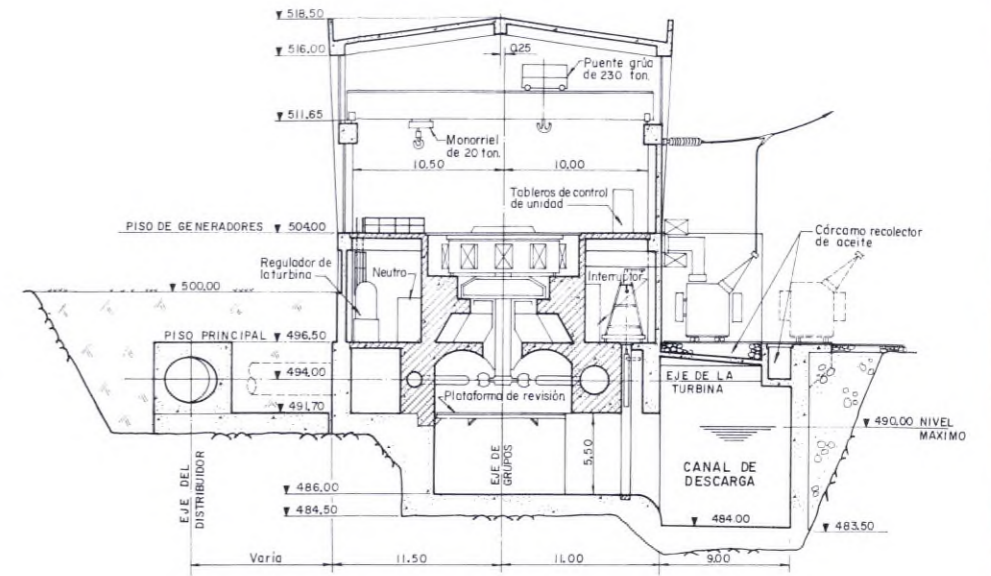
Escala 0 50 100m.

SOPORTES DE CONSTRUCCION DE LOS TUNELES		
TIPO DE ROCA	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO SECUNDARIO
Sana	Ninguno	Pernos donde se requieran
Poco fracturada	1 Capa de concreto lanzado	Pernos donde se requieran 1 Capa de concreto lanzado
Muy fracturada	1 Capa de concreto lanzado	Malla de refuerzo Pernos sistémicos 1 Capa de concreto lanzado
Descompuesta	1 Capa de concreto lanzado	Malla de refuerzo Entibado metálico 2 Capas de concreto lanzado

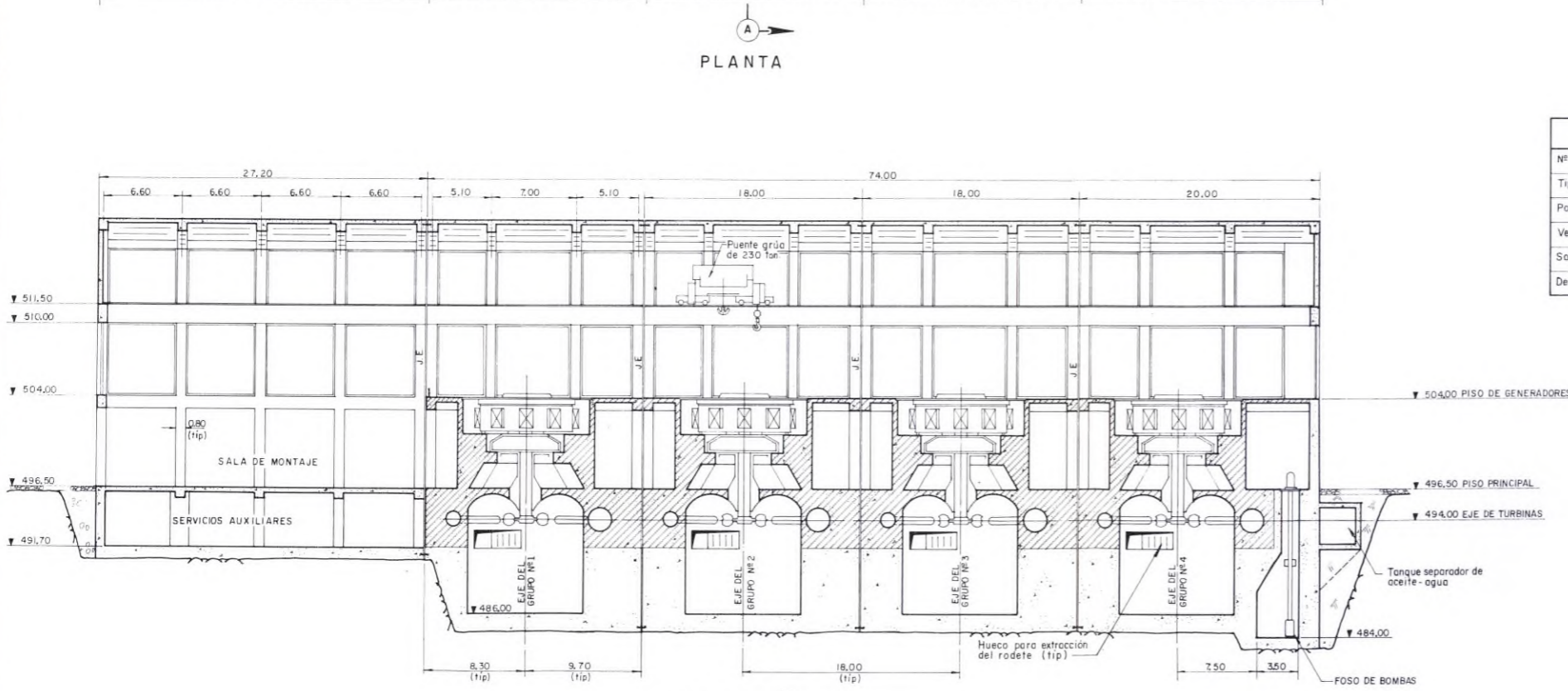
ESCALA INDICADA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
MAYO 1982	
DIBUJO	PROYECTO GUAYABETAL
G. G. E.	ESQUEMA GENERAL
DISEÑO	CENTRAL SUPERFICIAL
INTEGRAL	
APROBADO	
ARCHIVO	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
318-257-1786-C	INTEGRAL LTDA.
	PLANO: G-9



PLANTA



SECCION A



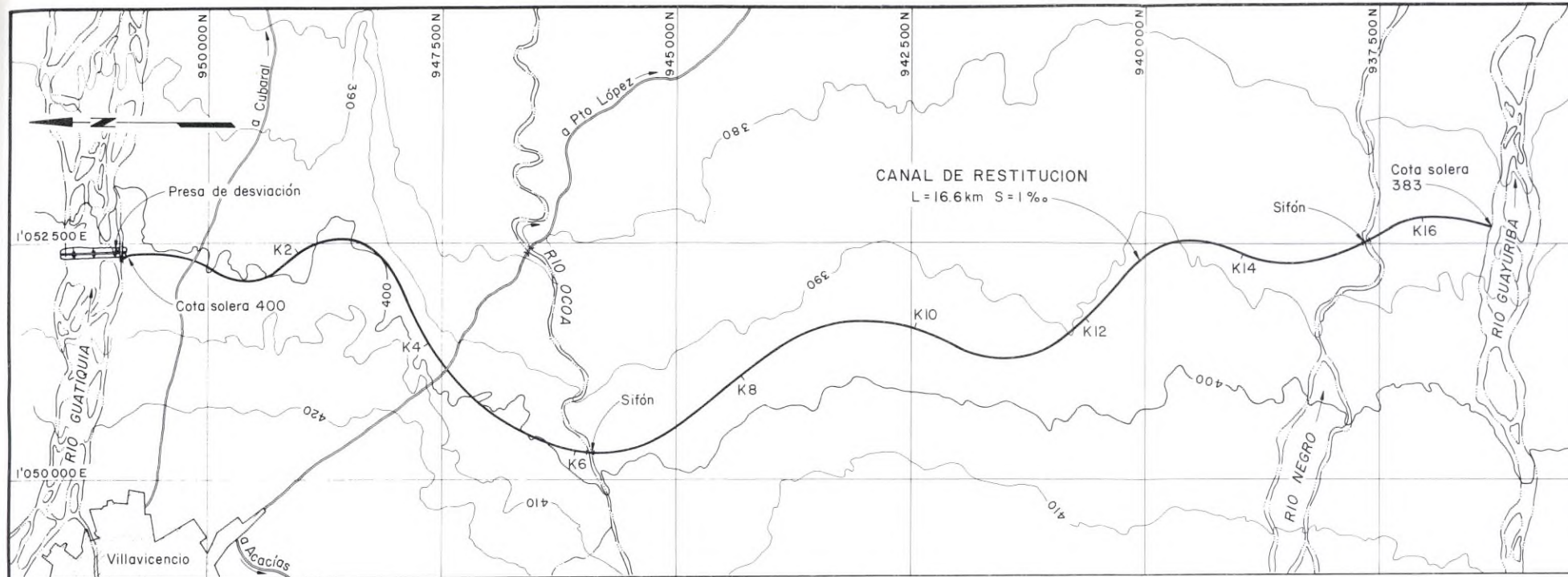
SECCION B

CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

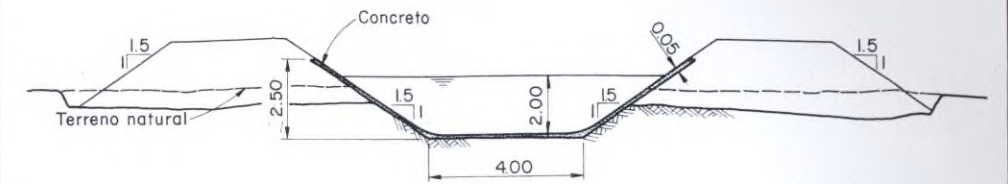
TURBINAS	GENERADORES	TRANSFORMADORES
Nº de unidades: 4	Nº de unidades: 4	Nº de unidades: 7
Tipo: Pelton de eje vertical	Tipo: Síncronica de eje vertical	Tipo: Monofásico
Potencia nominal: 122 MW	Potencia nominal: 113 MVA, Δt 60° C	Potencia nominal: 87 MVA, Δt 65° C
Velocidad sincrónica: 240 r.p.m.	Velocidad sincrónica: 240 r.p.m.	Enfriamiento: F.O.A.
Salto neto de diseño: 427 m	Factor de potencia: 0.95 en retardo	Voltaje de alta: 230 kV
Descarga nominal: 32.50 m³/s	Voltaje nominal: 13.8 kV	Voltaje de baja: 13.8 kV



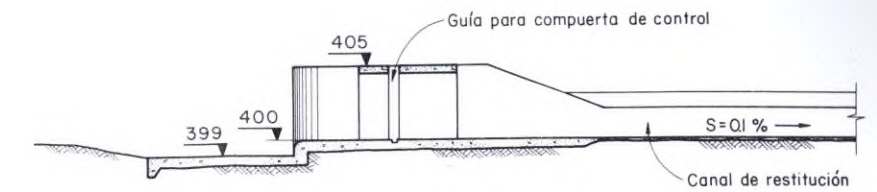
ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO: M. Bueno G.		PROYECTO GUAYABETAL
DISENO: INTEGRAL		CENTRAL SUPERFICIAL
APROBADO: [Signature]		PLANTA Y SECCIONES
ARCHIVO: 318-250-141 c		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
		INTEGRAL LTDA.
		PLANO: G-10



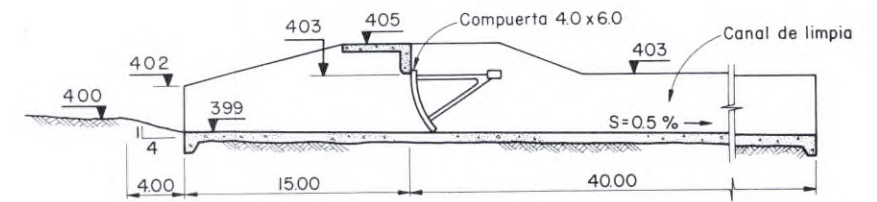
PLANTA
Escala A



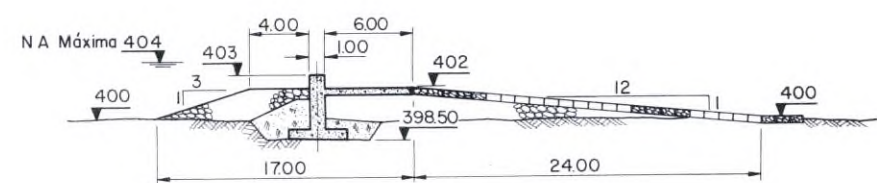
CANAL DE RESTITUCION
SECCION TIPICA
Escala D



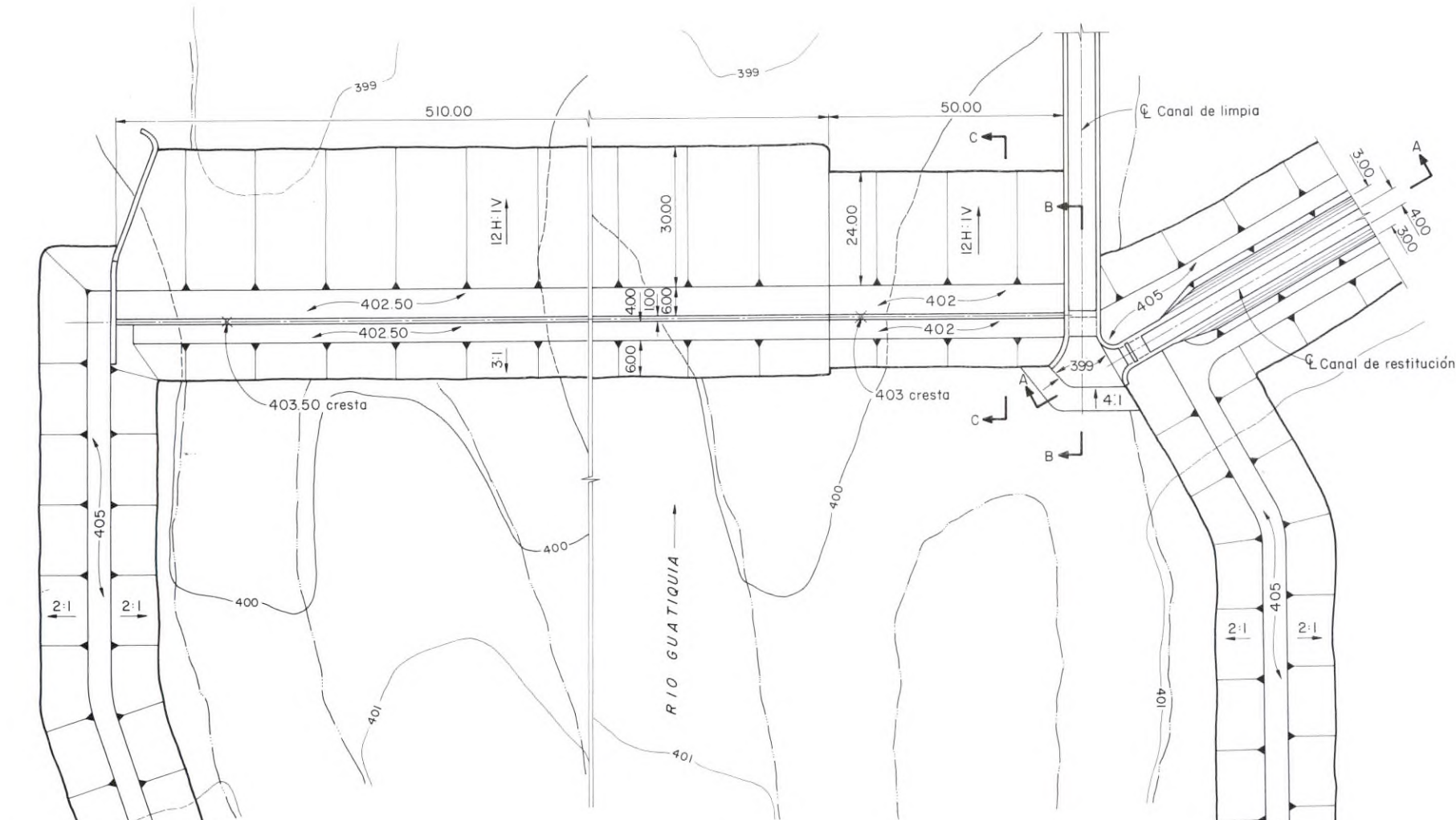
CORTE A - A
Escala C



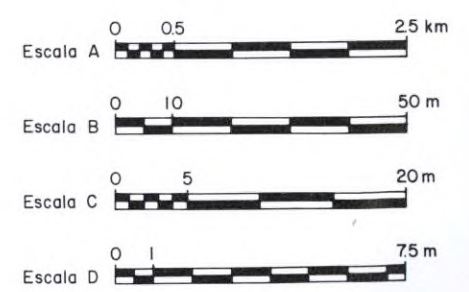
CORTE B - B
Escala C



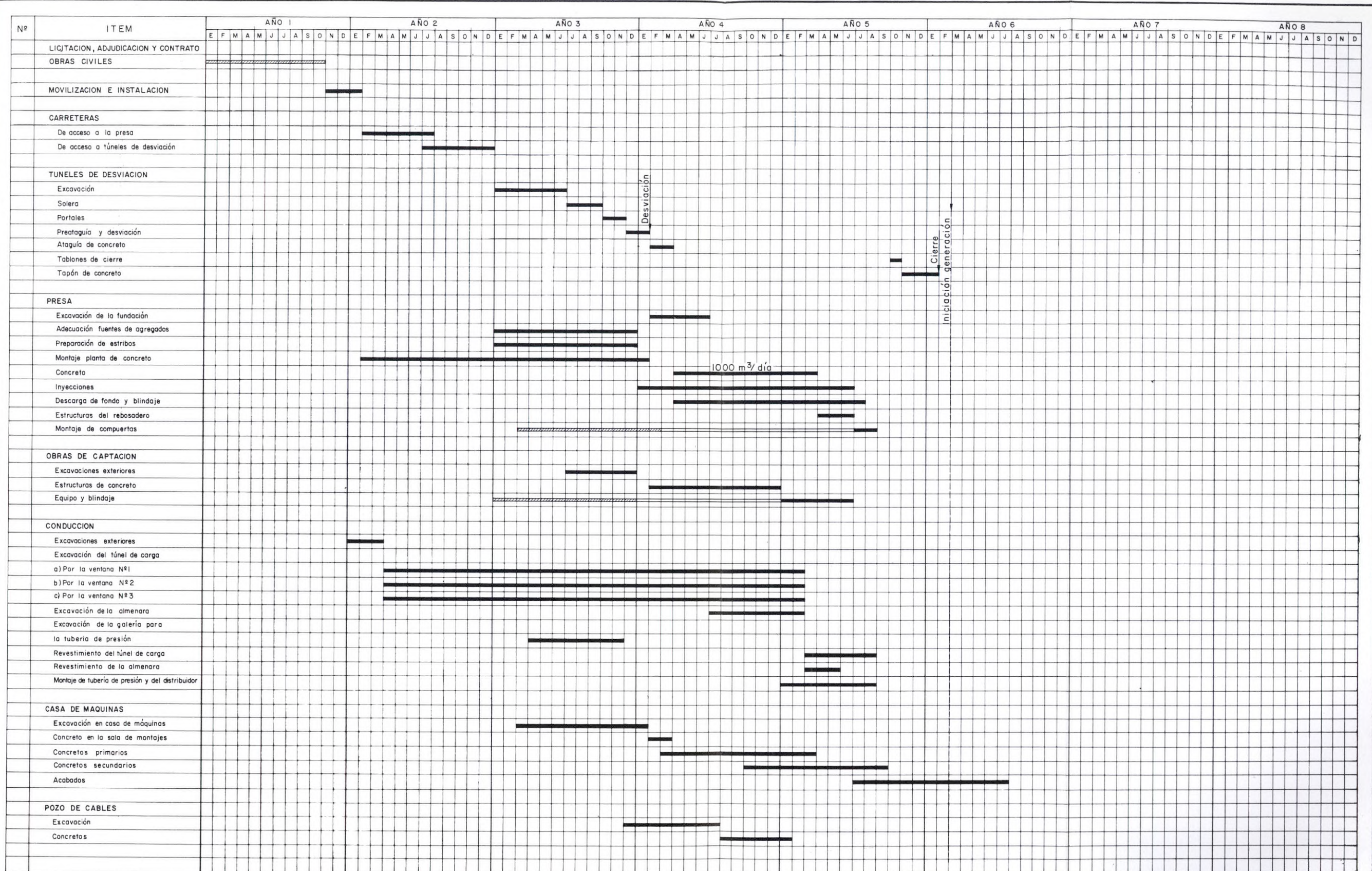
CORTE C - C
Escala C



PRESA DE DESVIACION
PLANTA
Escala B



ESCALA INDICADA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá	PLANO: G-II
FECHA: JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA	
DIBUJO: S. D. D.	PROYECTO GUAYABETAL	
DISENO:	CANAL DE RESTITUCION AL RIO GUAYURIBA	
APROBADO:	PLANTAS Y CORTES	
ARCHIVO: 318-255-1746-C	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.	



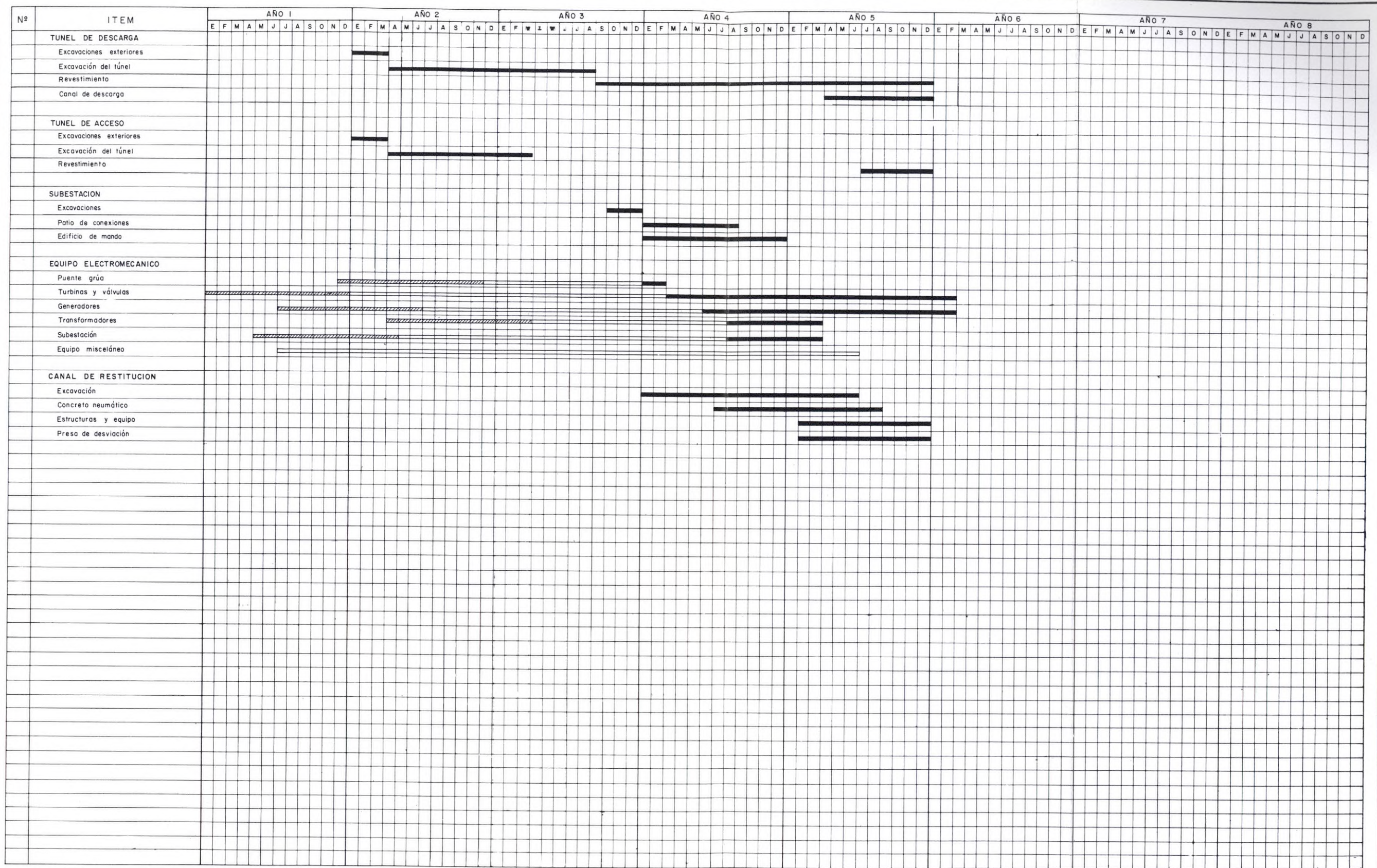
Desviación

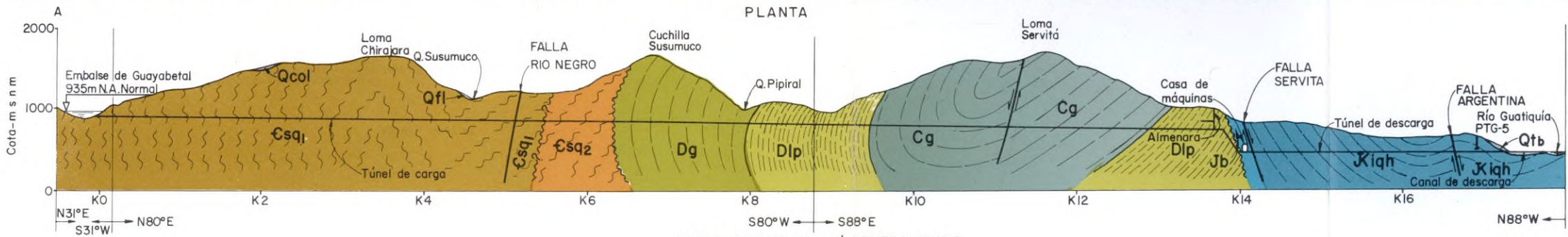
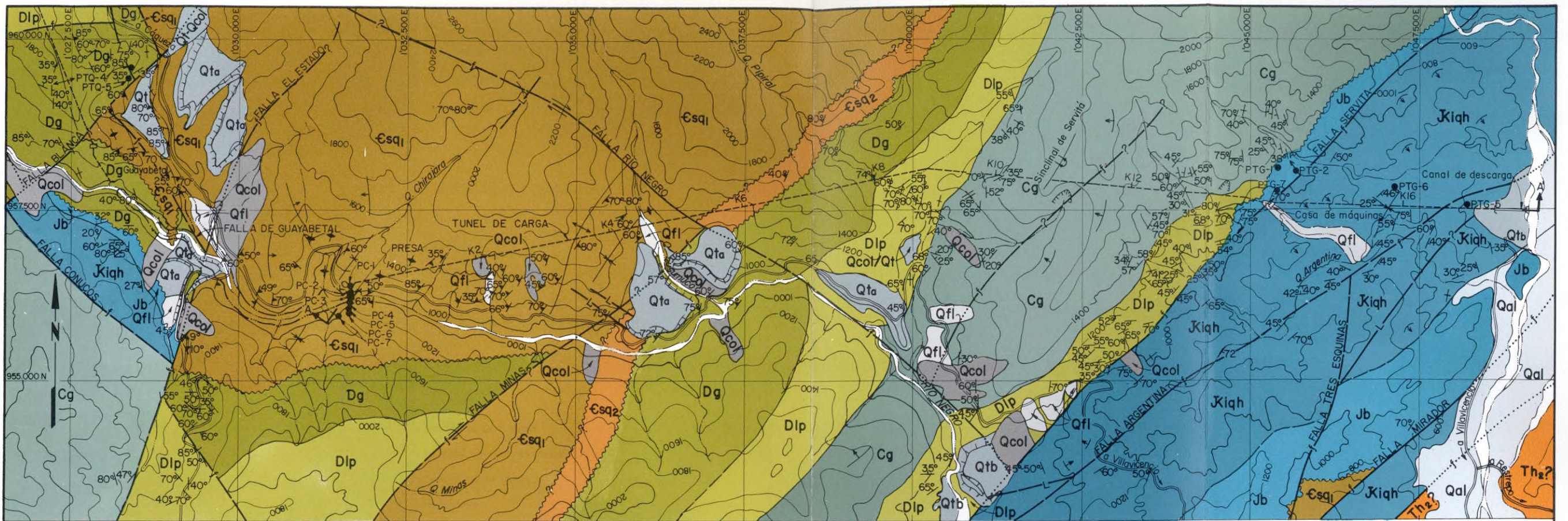
Cierre
Iniciación generación

1000 m³/día

Licitación, adjudicación y contrato [Hatched pattern]
 Fabricación y transporte [Dotted pattern]
 Construcción o montaje [Solid black bar]

ESCALA:		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA:	JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO:	G.E.T.	PROYECTO GUAYABETAL
DISEÑO:		PROGRAMA DE CONSTRUCCION
APROBADO:		HOJA 1 DE 2
ARCHIVO:	318-239-1722 C	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
		FIGURA: G-12





CORTE GEOLOGICO A-A' GENERALIZADO

CONVENCIONES ESTRATIGRAFICAS

CENOZOICO	Qal	DEPOSITOS ALUVIALES- Bloques, cantos y gravas sueltas en matriz limo-arenosa
	Qcol	SUELO COLUVIAL- Depósitos de fragmentos tamaño bloque a grava en matriz areno-arcillosa
	Qfl	FLUJOS DE LODO- Depósitos de bloques y guijos en una masa limo-arenosa, muestran dirección de flujo
	Qta, Qtb	TERRAZAS- Depósitos de grava, arena y limo, formando superficies planas en uno o en varios niveles. Se dividió en terrazas altas (Qta) y en terrazas bajas (Qtb)
MESOZOICO	Th2	GRUPO HUME A - Arenisca cuarcítica, conglomerado y arcillolita, con cintas de carbón
	Kiqh	FORMACION QUEBRADA HONDA- En la base: Conglomerados polimícticos regularmente seleccionados, calizas y margas gris oscuras, con variaciones graduales. Hacia el tope lutita arcillosa fisible. El nivel inferior esta probablemente en transición con la Formación Brecha de Buenavista (Jb)
PALEOZOICO	Jb	FORMACION BRECHA DE BUENAVISTA- Brecha- conglomerado de bloques y guijarros (paleozoicos) redondeados a angulares en matriz arenosa, localmente con algunas capas de lutita, limolita y arenisca
	Cg	FORMACION CAPAS ROJAS DEL GUATIQUEIA- Arenisca, limolita y arcillolita verde y roja, caliza y conglomerado oligomíctico
	Dip	FORMACION LUTITAS DE PORTACHUELO- Lutita laminar a masiva y argilita, algo pizarrosas; arenisca de grano fino
	Dg	FORMACION ARENISCAS DE GUTIERREZ - Cuarcita con intercalaciones de pizarra gris, verde y negra, conglomerado basal cuarcítico
	Csqa2	FORMACION PUENTE LA BALSA- Pizarra gris oscura, laminar, con intercalaciones de meta-arenisca gravaca gris oscura y arcosa rojiza
	Csqa1	GRUPO QUETAME- FORMACION GUAYABETAL- Filita gris violácea, con intercalaciones esporádicas de filita verde y cuarcita gris

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

	Contacto geológico		30° Rumbo y buzamiento de foliación
	Contacto geológico inferido		45° Rumbo y buzamiento de estratificación invertida
	Discordancia		Rumbo y buzamiento vertical de foliación
	Falla		Eje sinclinal
	Falla inferida		Eje sinclinal tumbado
	Falla cubierta		Eje anticlinal
	Falla de rumbo		Buzamiento fotogeológico
	Lineamiento fotogeológico		Derrumbe activo
	75° Rumbo y buzamiento de estratificación		Corte geológico
	Rumbo y buzamiento vertical de estratificación		PTG-6 Perforación vertical
			PTG-2 Perforación inclinada



ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO: C. J. G. R.		PROYECTO GUAYABETAL EMBALSE Y CONDUCCION MAPA GEOLOGICO
DISEÑO:		
APROBADO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
ARCHIVO: 318-230-1603-6		INTEGRAL LTDA.
		FIGURA: G-13



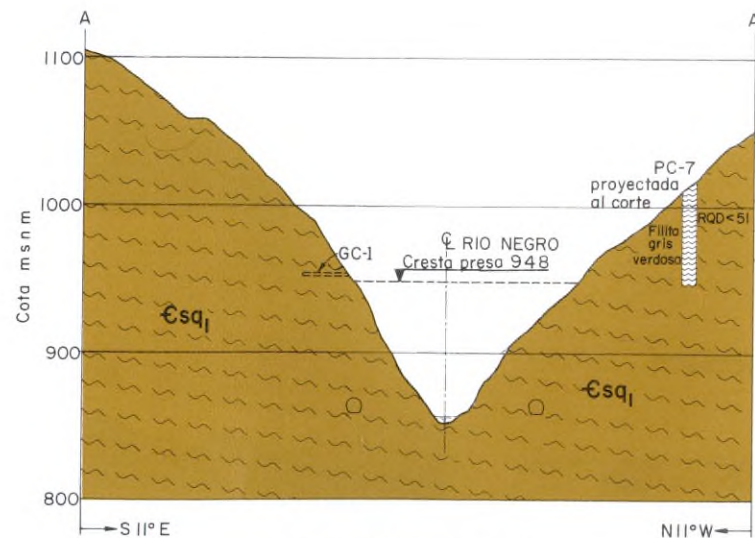
PLANTA

CONVENCIONES ESTRATIGRAFICAS

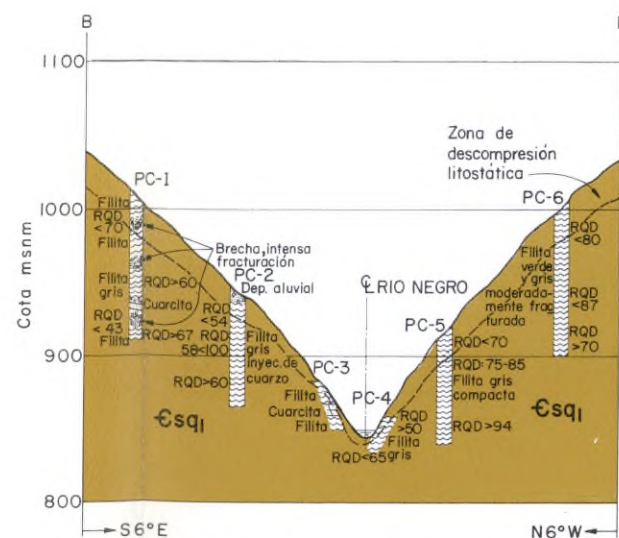
- Qcol** SUELO COLUVIAL - Depósitos de fragmentos tamaño bloque a grava en matriz areno-arcillosa
- Esq1** FORMACION GUAYABETAL - Filita gris, verde y morada, esporádicos niveles de cuarcita gris.

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

- L — Lineamiento
- D — Diaclasamiento
- ⌒ Escarpe
- ↘ 55° Rumbo y buzamiento de foliación
- ✕ Rumbo y buzamiento vertical de foliación
- ↘ 72° Rumbo y buzamiento de diaclasas
- PC-1 Perforación vertical
- PC-3 Perforación inclinada
- GC-1 Galería de exploración
- A — Corte geológico
- Contorno de las obras
- Contorno del embalse



CORTE GEOLOGICO A-A'



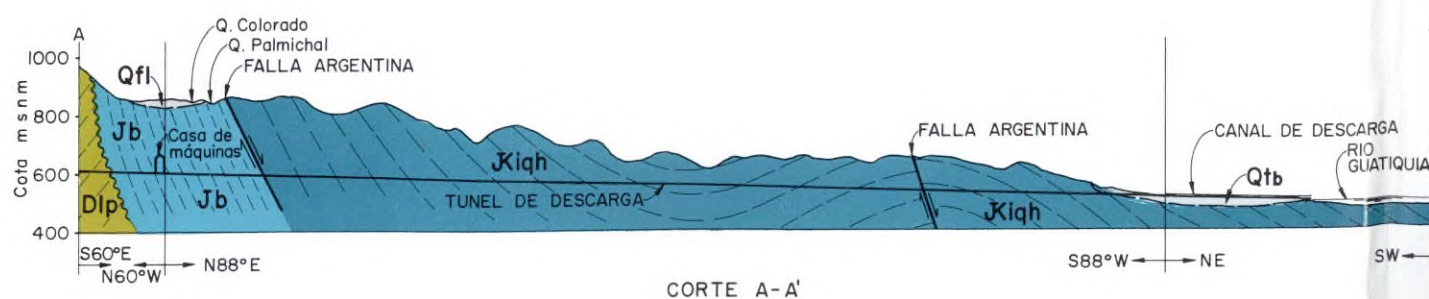
CORTE GEOLOGICO B-B'



ESCALA: INDICADA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
FECHA: JULIO 1982		PROYECTO GUAYABETAL SITIO DE PRESA MAPA GEOLOGICO
DIBUJO: C. J. G. R.		
DISEÑO:		
APROBADO:		
ARCHIVO: 318-234-1685-G	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.	PLANO: G-14



PLANTA



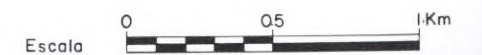
CORTE A-A'

CONVENCIONES ESTADIGRAFICAS

- Qal** DEPOSITOS ALUVIALES - Bloques, cantos y gravas sueltas en una matriz limo - arenosa
- Qcol** SUELO COLUVIAL - Depósitos de fragmentos tamaño bloque a grava en matriz areno-arcillosa
- Qfl** FLUJOS DE LODO - Depósitos de bloques y guijos en una masa limo arenosa; muestran dirección de flujo
- Qtb** TERRAZAS BAJAS - Depósitos de grava, arena y limo, formando superficies planas en uno o en varios niveles
- Kiqh** FORMACION QUEBRADA HONDA - En la base: conglomerado polimictico regularmente seleccionado, calizas y margas gris oscuras, con variaciones graduales. Hacia el tope: lutita arcillosa fisible. El nivel inferior está probablemente en transición con la Formación Brecha de Buenavista
- Jb** BRECHA DE BUENAVISTA - Brecha - conglomerado de bloques y guijarros (Paleozoicos) redondeados a angulares en matriz arenosa, localmente con algunas capas de lutita, limolita y arenisca
- Cg** FORMACION CAPAS ROJAS DEL GUATIQUEIA - Arenisca, limolita y arcillolita verde y roja, caliza y conglomerado oligomictico
- Dlp** FORMACION LUTITAS DE PORTACHUELO - Lutita laminar a masiva y argilita pseudo - metamorfica, arenisca de grano fino y en la parte superior conglomerado

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

- Contacto geológico
- Discordancia
- Falla
- Falla inferida
- Falla cubierta
- Lineamiento fotogeológico
- Rumbo y buzamiento de estratificación
- Rumbo y buzamiento vertical de estratificación
- Sinclinal
- Buzamiento fotogeológico
- Corte geológico
- PTG-6 Perforación vertical
- PTG-2 Perforación inclinada



ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO: CUBR MEG		PROYECTO GUAYABETAL CENTRAL SUBTERRANEA MAPA GEOLOGICO
DISEÑO:		
APROBADO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA
ARCHIVO: 318-282-1872-0		INTEGRAL LTDA.
		PLANO G-15



Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01001376

BIBLIOTECA

Desarrollo hidroeléctrico de los rios Negro y
Humea : informe de factibilidad técnica /
Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá

333.9109861 E55d Ej.1