

2005



EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA DE BOGOTA

DESARROLLO HIDROELECTRICO DE LOS RIOS NEGRO Y HUMEA

INFORME DE FACTIBILIDAD

VOLUMEN II

PROYECTO QUETAME

CONSORCIO

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

BOGOTA, JULIO 1982

09861

R/166

333.914
E221 pgi
volumen II
1982
BOGOTA

DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD
INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA
ECONOMIA Y FERTILIDAD

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA



333.97409861
ESSd
v.2
51



EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA DE BOGOTA

DESARROLLO HIDROELECTRICO DE LOS RIOS NEGRO Y HUMEA

INFORME DE FACTIBILIDAD

VOLUMEN II

PROYECTO QUETAME

CONSORCIO

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

BOGOTA, JULIO 1982

PROYECTO QUETAME

GÓMEZ, CAJALAO Y ASOCIADOS INTEGRAL

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

DATOS GENERALES

Caudal de Diseño : 110 m³/s. Salto Bruto Máximo : 483 m. Capacidad Instalada : 420 MW. Generación Media Anual : 1 664 GWh-año. $F_p = 0.45$. Energía Confiable : 1 402 GWh-año. Energía Primaria : 1 314 GWh-año.

DATOS HIDROLOGICOS

Area de la Hoya Hidrográfica : 1 325 km². Precipitación Media : 1 430 mm. Caudal Medio del Río Negro : 39 m³/s. Volumen Anual de Sedimentos : 3,10 Mm³/año. Caudal Medio del Río Blanco en el Sitio de Desviación : 33 m³/s.

EMBALSE

Area : 895 ha. Volumen Total : 450 Mm³. Volumen Util Inicial : 345 Mm³. Nivel Máximo : Cota 1 428. Nivel Mínimo : Cota 1 365.

DESVIACION

Capacidad : 1 260 m³/s. Longitud del Túnel : 865 m. Diámetro : 9,3 m. Sección : Herradura. Altura de la Atagüa : 30 m. Descarga de Fondo : Compuertas.

DESVIACION DEL RIO BLANCO Y AFLUENTES

Caudal Medio Desviado : 14,9 m³/s. Longitud de la Conducción : 16 km. Sección : Túnel en herradura de 4,0 x 4,0 m. Pendiente : 0,2%. Presas de Captación : Río Blanco y Río Chiquito : Concreto con bocatoma sumergida. Río Taguaté : Presa "India" con canal de limpia. Aducción del Río Chiquito : Túnel de 2,6 km y 2,8 m de diámetro.

REBOSADERO

Capacidad : 7 500 m³/s. Tipo : Dos túneles. Sección : Herradura 13,3 x 13,3 m. Longitud Total : 1 600 m. Compuertas : 2 de 18,0 x 18,0 m.

PRESA

Tipo : Enrocado con Núcleo. Altura : 188 m. Volumen Total : 9,25 Mm³

CONDUCTO DE CARGA

Un túnel superior de 9 100 m de longitud. Sección : Herradura 6,3 x 6,6 m. Pozo de Presión : 450 m de longitud y sección circular de 5,1 m. Sector Blindado : 120 m de longitud y 4,3 m de diámetro. Distribuidor : 163 m de 2 m de diámetro.

CASA DE MAQUINAS

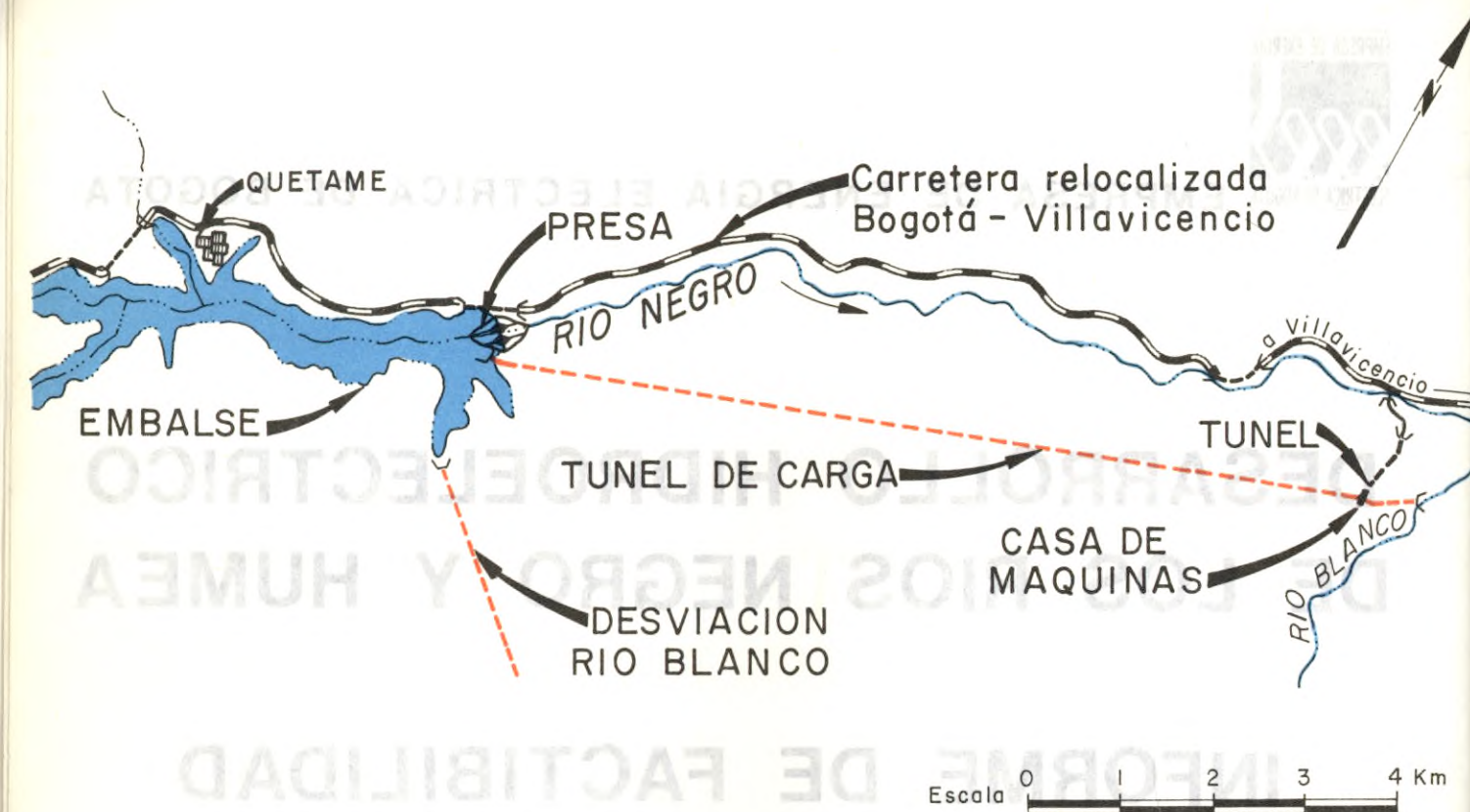
Tipo : Subterránea. Turbinas : 4 unidades Pelton de 109 MW. 4 Generadores sincrónicos de 110 MVA. 7 Transformadores de 85 MVA.

TUNEL DE DESCARGA

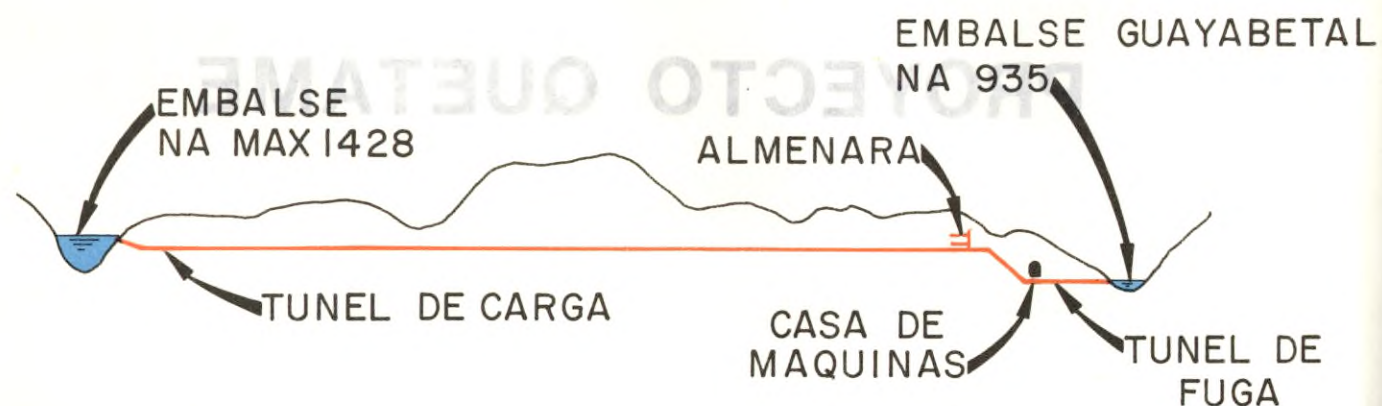
Longitud : 640 m. Sección : Herradura de 8,1 x 8,1 m.

COSTO DEL PROYECTO

US \$ 372 millones.



PLANTA



PERFIL

PROYECTO QUETAME

VOLUMEN II

INDICE

<u>CAPITULO</u>	<u>PAGINA</u>
I INTRODUCCION	II.I.1
II DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA	II.II.1
2.1 Localización	II.II.1
2.2 Accesos	II.II.1
2.3 Hidrografía y Orografía	II.II.1
2.4 Hidrología General	II.II.2
2.5 Vegetación y Suelos	II.II.3
2.6 Población	II.II.3
III CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA	II.III.1
3.1 Climatología	II.III.1
3.2 Caudales Medios Mensuales	II.III.2
3.3 Crecientes	II.III.4
3.4 Sedimentos	II.III.7
IV GEOLOGIA Y MATERIALES DE CONSTRUCCION.	II.IV.1
4.1 Introducción	II.IV.1
4.2 Condiciones Geotécnicas en el Sitio de Presa.	II.IV.2
4.3 Condiciones Geotécnicas en el Túnel de Desviación.	II.IV.7
4.4 Condiciones Geotécnicas en el Túnel de Carga.	II.IV.7
4.5 Condiciones Geotécnicas en la Casa de Máquinas y Túnel de Descarga.	II.IV.9
4.6 Condiciones Geotécnicas en el Embalse.	II.IV.10

<u>CAPITULO</u>	<u>PAGINA</u>	
4.7	Condiciones Geotécnicas en el Túnel de Aducción del Río Blanco.	II.IV.11
4.8	Riesgo Sísmico	II.IV.13
4.9	Materiales para Construcción	II.IV.14
V	POTENCIA Y ENERGIA	II.V.1
5.1	Introducción	II.V.1
5.2	Volumen del Embalse de Quetame	II.V.1
5.3	Capacidad Instalada en la Central de Quetame.	II.V.3
5.4	Derivación del Río Blanco	II.V.3
5.5	Producción Energética	II.V.4
5.6	Costos de Potencia y Energía	II.V.5
VI	ESQUEMA GENERAL E INFRAESTRUCTURA	II.VI.1
6.1	Localización y Accesos	II.VI.1
6.2	Esquema del Proyecto	II.VI.1
6.3	Hidrología y Sedimentos	II.VI.2
6.4	Generación	II.VI.2
6.5	Embalse	II.VI.3
6.6	Carreteras y Vías de Acceso	II.VI.3
VII	PRESA Y OBRAS ANEXAS	II.VII.1
7.1	Presa	II.VII.1
7.2	Rebosadero	II.VII.5
7.3	Desviación y Descarga de Fondo	II.VII.6
VIII	CONDUCCION Y OBRAS DE GENERACION	II.VIII.1
8.1	Obras de Captación	II.VIII.1
8.2	Conducción	II.VIII.2
8.3	CASA DE MAQUINAS	II.VIII.4
8.4	Obras de Descarga	II.VIII.8
8.5	Subestación	II.VIII.9

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

CUADROS

3.1	Proyecto Quetame - Serie Histórica de Caudales Reconstruidos Estocásticamente en el Sitio de Presa.
-----	---



- 3.2 Desviación Río Blanco-Serie Histórica de Caudales Reconstruídos Estocásticamente en el Sitio de Presa.
- 5.1 Generación Hidroeléctrica del Proyecto Quetame.
- 5.2 Efecto de la Desviación del Río Blanco.
- 5.3 Generación Hidroeléctrica del Sistema Completo.
- 5.4 Costos de Potencia y Energía
- 6.1 Características Generales Proyecto Quetame.
- 10.1 Principales Características Ambientales de los Proyectos.
- 10.2 Identificación de los Efectos Ambientales de los Proyectos.
- 11.1 Proyecto Quetame - Presupuesto Resumen.
- 12.1 Proyecto Quetame - Programa de Construcción.
- 12.2 Proyecto Quetame - Programa de Desembolsos.

FIGURAS

- 3.1 Crecientes de Diseño para la Presa de Quetame.
- 5.1 Configuración del Proyecto Quetame.
- 5.2 Derivación del Río Blanco.
- 5.3 Generación Hidroeléctrica en la Central de Quetame.
- 5.4 Proyecto Quetame - Contribución Energética en el Sistema Agregado.

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

- Q-1 Proyecto Quetame - Embalse y Conducción
- Q-2 Proyecto Quetame - Presa y Obras Anexas - Planta
- Q-3 Proyecto Quetame - Presa - Sección Típica
- Q-4 Proyecto Quetame - Presa - Cortina de Inyecciones y Detalles.
- Q-5 Proyecto Quetame - Rebosadero Cortes y Detalles
- Q-6 Proyecto Quetame - Túnel de Desviación y Descarga de Fondo.
- Q-7 Proyecto Quetame - Bocatoma y Conducción - Cortes y Detalles.
- Q-8 Proyecto Quetame - Zona de Casa de Máquinas y Secciones de Túneles.
- Q-9 Proyecto Quetame - Casa de Máquinas, Planta y Cortes.
- Q-10 Proyecto Quetame - Desviación del Río Blanco - Planta y Perfil.
- Q-11 Proyecto Quetame - Desviación del Río Blanco - Presa.
- Q-12 Proyecto Quetame - Desviación Río Blanco - Presa Río Chiquito y Taguaté.
- Q-13 Proyecto Quetame - Relocalización Carretera Bogotá-Villavicencio.
- Q-14 Proyecto Quetame - Programa de Construcción.
- Q-15 Proyecto Quetame - Embalse y Conducción - Mapa Geológico.
- Q-16 Proyecto Quetame - Sitio de Presa - Mapa Geológico.
- Q-17 Proyecto Quetame - Casa de Máquinas - Mapa Geológico.
- Q-18 Proyecto Quetame - Túnel de Aducción Río Blanco - Mapa Geológico.

1	Presentación	1
2	1.1. El mundo de hoy	2
3	1.2. El mundo de mañana	3
4	1.3. El mundo de hoy y mañana	4
5	1.4. El mundo de hoy y mañana	5
6	1.5. El mundo de hoy y mañana	6
7	1.6. El mundo de hoy y mañana	7
8	1.7. El mundo de hoy y mañana	8
9	1.8. El mundo de hoy y mañana	9
10	1.9. El mundo de hoy y mañana	10
11	1.10. El mundo de hoy y mañana	11
12	1.11. El mundo de hoy y mañana	12
13	1.12. El mundo de hoy y mañana	13
14	1.13. El mundo de hoy y mañana	14
15	1.14. El mundo de hoy y mañana	15
16	1.15. El mundo de hoy y mañana	16
17	1.16. El mundo de hoy y mañana	17
18	1.17. El mundo de hoy y mañana	18
19	1.18. El mundo de hoy y mañana	19
20	1.19. El mundo de hoy y mañana	20
21	1.20. El mundo de hoy y mañana	21
22	1.21. El mundo de hoy y mañana	22
23	1.22. El mundo de hoy y mañana	23
24	1.23. El mundo de hoy y mañana	24
25	1.24. El mundo de hoy y mañana	25
26	1.25. El mundo de hoy y mañana	26
27	1.26. El mundo de hoy y mañana	27
28	1.27. El mundo de hoy y mañana	28
29	1.28. El mundo de hoy y mañana	29
30	1.29. El mundo de hoy y mañana	30
31	1.30. El mundo de hoy y mañana	31
32	1.31. El mundo de hoy y mañana	32
33	1.32. El mundo de hoy y mañana	33
34	1.33. El mundo de hoy y mañana	34
35	1.34. El mundo de hoy y mañana	35
36	1.35. El mundo de hoy y mañana	36
37	1.36. El mundo de hoy y mañana	37
38	1.37. El mundo de hoy y mañana	38
39	1.38. El mundo de hoy y mañana	39
40	1.39. El mundo de hoy y mañana	40
41	1.40. El mundo de hoy y mañana	41
42	1.41. El mundo de hoy y mañana	42
43	1.42. El mundo de hoy y mañana	43
44	1.43. El mundo de hoy y mañana	44
45	1.44. El mundo de hoy y mañana	45
46	1.45. El mundo de hoy y mañana	46
47	1.46. El mundo de hoy y mañana	47
48	1.47. El mundo de hoy y mañana	48
49	1.48. El mundo de hoy y mañana	49
50	1.49. El mundo de hoy y mañana	50
51	1.50. El mundo de hoy y mañana	51
52	1.51. El mundo de hoy y mañana	52
53	1.52. El mundo de hoy y mañana	53
54	1.53. El mundo de hoy y mañana	54
55	1.54. El mundo de hoy y mañana	55
56	1.55. El mundo de hoy y mañana	56
57	1.56. El mundo de hoy y mañana	57
58	1.57. El mundo de hoy y mañana	58
59	1.58. El mundo de hoy y mañana	59
60	1.59. El mundo de hoy y mañana	60
61	1.60. El mundo de hoy y mañana	61
62	1.61. El mundo de hoy y mañana	62
63	1.62. El mundo de hoy y mañana	63
64	1.63. El mundo de hoy y mañana	64
65	1.64. El mundo de hoy y mañana	65
66	1.65. El mundo de hoy y mañana	66
67	1.66. El mundo de hoy y mañana	67
68	1.67. El mundo de hoy y mañana	68
69	1.68. El mundo de hoy y mañana	69
70	1.69. El mundo de hoy y mañana	70
71	1.70. El mundo de hoy y mañana	71
72	1.71. El mundo de hoy y mañana	72
73	1.72. El mundo de hoy y mañana	73
74	1.73. El mundo de hoy y mañana	74
75	1.74. El mundo de hoy y mañana	75
76	1.75. El mundo de hoy y mañana	76
77	1.76. El mundo de hoy y mañana	77
78	1.77. El mundo de hoy y mañana	78
79	1.78. El mundo de hoy y mañana	79
80	1.79. El mundo de hoy y mañana	80
81	1.80. El mundo de hoy y mañana	81
82	1.81. El mundo de hoy y mañana	82
83	1.82. El mundo de hoy y mañana	83
84	1.83. El mundo de hoy y mañana	84
85	1.84. El mundo de hoy y mañana	85
86	1.85. El mundo de hoy y mañana	86
87	1.86. El mundo de hoy y mañana	87
88	1.87. El mundo de hoy y mañana	88
89	1.88. El mundo de hoy y mañana	89
90	1.89. El mundo de hoy y mañana	90
91	1.90. El mundo de hoy y mañana	91
92	1.91. El mundo de hoy y mañana	92
93	1.92. El mundo de hoy y mañana	93
94	1.93. El mundo de hoy y mañana	94
95	1.94. El mundo de hoy y mañana	95
96	1.95. El mundo de hoy y mañana	96
97	1.96. El mundo de hoy y mañana	97
98	1.97. El mundo de hoy y mañana	98
99	1.98. El mundo de hoy y mañana	99
100	1.99. El mundo de hoy y mañana	100
101	1.100. El mundo de hoy y mañana	101

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 determinó el esquema básico del proyecto de Quetame, el cual, en términos generales, coincide con el desarrollo inicialmente propuesto por el Estudio del Sector de Energía Eléctrica (ESEE) en cuanto a localización de las obras. Este esquema consta de las siguientes partes :

- Una presa de enrocado de 188 m de altura, con núcleo de arcilla, localizada aguas abajo de la Quebrada Estaquecá en la cota 1 438.
- Desviación del río Blanco Sur al embalse por medio de un túnel de 18.6 km de longitud.
- Una conducción en túnel de 9.6 km de longitud y una central subterránea localizada a la cota 945 inmediatamente aguas arriba de la confluencia de los ríos Negro y Blanco Sur, en las inmediaciones de la población de Guayabetal.

Durante la Etapa de Factibilidad se determinaron tanto la altura definitiva de la presa como la localización y características de la central.

En este Volumen II del Informe de Factibilidad, se presentan los resultados finales de la Factibilidad Técnica del Proyecto de Quetame, los cuales incluyen sus aspectos generales, las características técnicas, los presupuestos y los programas de construcción.

En el Volumen I de este informe se describe su interrelación con los pro



yectos de Guayabetal y Humea, y en los Apéndices A a E se presentan en detalle los estudios específicos ejecutados, las metodologías utilizadas y la información básica recopilada en las áreas de hidrología, sedimentos, materiales, geotecnia, energía, ecología y socioeconomía.

El presente estudio de factibilidad se realizó en el mes de agosto del 2010, en el marco del convenio suscrito entre el Municipio de Guayabetal y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Guayabetal (EAGUA). El estudio tiene como objetivo principal determinar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el sector de Guayabetal, con el fin de mejorar la calidad del agua que se suministra a la población y proteger el medio ambiente.

El estudio se realizó en el marco del convenio suscrito entre el Municipio de Guayabetal y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Guayabetal (EAGUA). El estudio tiene como objetivo principal determinar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el sector de Guayabetal, con el fin de mejorar la calidad del agua que se suministra a la población y proteger el medio ambiente.

El estudio se realizó en el marco del convenio suscrito entre el Municipio de Guayabetal y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Guayabetal (EAGUA). El estudio tiene como objetivo principal determinar la viabilidad técnica, económica y ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en el sector de Guayabetal, con el fin de mejorar la calidad del agua que se suministra a la población y proteger el medio ambiente.

CAPITULO II

Descripción general de la zona

CAPITULO II

DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA

2.1 LOCALIZACION

El Proyecto de Quetame está localizado en el departamento de Cundinamarca, sobre la vertiente oriental de la cordillera Oriental. La presa está emplazada sobre el río Negro a unos 3 km de la población de Quetame, a 64 km al oriente de Bogotá y a 56 km de Villavicencio; su ubicación se muestra en el Plano I-2.

La cuenca del río Negro hasta el Proyecto Quetame incluye los municipios de Fómeque, Choachí, Ubaque, Chipaque, Cáqueza, Une, Fosca y Quetame. El embalse está localizado entre los municipios de Cáqueza y Quetame.

De acuerdo con el Estudio del Sector de Energía Eléctrica (ESEE) el programa 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 Proyecto de Quetame, y referenciado al abscisado de la carretera, el sitio de presa está localizado en el kilómetro 64 y el de casa de máquinas en el kilómetro 77, frente a la población de Guayabetal.

Para llegar a los sitios de desviación del río Blanco y sus afluentes se utiliza la carretera que se desprende de la vía principal en Puente Quetame y que conduce a la población de Gutiérrez. De allí se sigue por un carretable, actualmente en construcción, y luego por caminos de herradura hasta los diferentes sitios.

2.3 HIDROGRAFIA Y OROGRAFIA

Los ríos que se aprovecharán para el proyecto son el río Negro, el

cual, en el Departamento del Meta cambia su nombre a río Guayuriba, y el río Blanco Sur que desemboca al río Negro aguas abajo del sitio de presa. 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 en 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 períodos, 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 1 430 mm y en la del río Blanco de 2 000 mm.

El área de la cuenca del río Negro hasta el lugar de emplazamiento de la presa es de 1 325 km² y dado que el caudal medio del río es igual a 39 m³/s, su rendimiento corresponde a 29 litros por km². El río Blanco hasta el sitio de su desviación tiene un área de drenaje de 840 km² con un rendimiento de 39 litros por km². El histograma de caudales medios mensuales se presenta en el Plano I-3.

2.5 VEGETACION Y SUELOS

Prácticamente toda la hoya hidrográfica del río Negro, pero especialmente la zona circundante al embalse de Quetame y la zona inundable, presenta una acentuada erosión de los suelos tanto superficial como de movimientos masivos.

Es notable la desprotección vegetal de la zona circundante y la intensa actividad agrícola de los suelos que aún presentan alguna fertilidad. Adicionalmente, las fuertes pendientes del terreno propician aún más el desarrollo de procesos erosivos. La vegetación arbórea ha sido prácticamente eliminada en el embalse y sólo quedan empobrecidos cultivos de los campesinos de la zona, por lo cual la pérdida de biomasa vegetal será prácticamente nula.

2.6 POBLACION

Aguas arriba del Proyecto Quetame la cuenca del río Negro está densamente poblada, casi en su totalidad con zonas de minifundio, y existen centros urbanos importantes tales como Fómeque, Choachí, Cáqueza, Chipaque, etc.

El embalse inundará la inspección de policía de Puente Quetame que cuenta con unas 90 viviendas y cuya población se estima en 400 personas. En la zona rural sólo se inundarán unas 20 casas.

Faint, illegible text on the left page, possibly bleed-through from the reverse side.

CAPITULO III

Climatología e hidrología

Faint, illegible text on the right page, likely bleed-through from the reverse side.

CAPITULO III

CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA

3.1 CLIMATOLOGIA

Debido a 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 3 000 y 1 000, y el resto 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, del 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 Quetame, cuyo embalse está localizado a 1 428 metros sobre el nivel del mar, la precipitación media anual es de unos 1 430 mm, y varía desde 1 000 mm/año en el páramo, hasta unos 2 700 mm/año en la zona de la presa. (Véase Plano I-3).

3.2 CAUDALES MEDIOS MENSUALES

3.2.1 Generalidades

Sobre el río Negro-Guayuriba sólo existen dos estaciones hidrométricas con un período adecuado de registros. En el área del proyecto Quetame, aguas arriba de la desembocadura del río Sáname, y a 6 km del sitio de presa, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), ha venido operando la estación de Oro Poldruido desde 1957. La estación de Puente Carretera, operada 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, próxima a la presa de Quetame, Caseteja, vecina al sitio de presa de Guayabetal y El Palmar, sobre el río Blanco, cerca de su desembocadura en el río Negro. Además, durante el período de los estudios se instalaron cinco estaciones limnimétricas cuya localización se muestra en el Apéndice A.

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 de los ríos Negro, Guatiquía y Guavio, y la información de lluvias puntuales de 50 estaciones dispuestas en la zona. Además, se determinaron las características morfométricas más significativas de las cuencas con registros hidrológicos y de aquellas 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 multianual, y los caudales medios mensuales, se utilizó un modelo de regresión múltiple en el cual se consideraron éstas variables como dependientes, y mediante un análisis de correlación, se definieron cuáles eran las variables independientes más signi-

ficativas 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 limnimétrica 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 Quetame se presentan en los Cuadros 3-1 y 3-2.

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 por el 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 Chicolatales, 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 al 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 período de vida útil de los proyectos, 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 medidoras de lluvia, de propiedad del Himat o de la Empresa de Acueducto y Alcantarrillado de Bogotá, algunas de ellas con registros de varios años; sin embargo, se observa una descompensación en la ubicación de las estaciones, ya que éstas no se encuentran distribuidas 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 localizadas 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 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 (minutos)	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 la hoya del río Negro-Guayuriba o cerca de la misma, se halló una curva

promedia que relaciona el porcentaje de precipitación con el tiempo, a partir de tormentas intensas y de duración considerable registradas. Con base en éstas curvas, se encontró una 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 períodos 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 período 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 del Proyecto Quetame.

	Período de Retorno (años)						
Período de Retorno	2.33	5	20	25	50	100	500
Precipitación Total (mm).	39	46	57	58	64	69	80

Para lluvias con período de retorno menor o igual a 50 años, se dedujeron las pérdidas, que para el Proyecto Quetame se evaluaron en 10 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 tormentas. 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, en tonces, 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 crecida máxima probable, obteniéndose los siguientes valores:

	Tiempo (Horas)					
Tiempo (horas)	1	2	3	4	5	6
Precipitación (mm)	19	20	24	48	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 o 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 períodos 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 período 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 Quetame. Produce un caudal pico de 1 260 m³/s y un volumen de 45 Mm³ en 30 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 amortiguación obtenida, las obras de desviación deben ser adecuadas para pasar el caudal pico de la creciente con un período 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 7 480 m³/s y un volumen de 231 Mm³ en 30 horas. En la Figura 3-1 se presenta la CMP para el Proyecto Quetame. 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 doctor 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 evaluar el transporte de sólidos en suspensión, se utilizó la información suministrada por los siguientes tipos de muestras:

- Concentraciones de muestras integradas, tomadas durante los aforos líquidos (integrador US-D49).
- Concentraciones puntuales, tomadas a diferentes profundidades (muestreador USP-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, podían 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 período de registros, y para estar del lado conservativo, se utilizará la fórmula:

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

en la cual G_{ss} es el gasto sólido en suspensión en ton/día, y Q el caudal en m^3/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. Este valor está de acuerdo con la clasificación de Maddock para concentraciones de sedimentos en suspensión de valores comparables.

Con los resultados anteriores se obtuvo que el volumen anual de sedimentos acumulado en el embalse de Quetame, sería del orden de $3.10 Mm^3$. Esta cifra incluye el aporte correspondiente a la desviación del Río Blanco. Por lo tanto, para un período de 50 años, el volumen de sedimentos acumulados sería de unos $155 Mm^3$, los cuales pueden ser acomodados adecuadamente en el embalse.

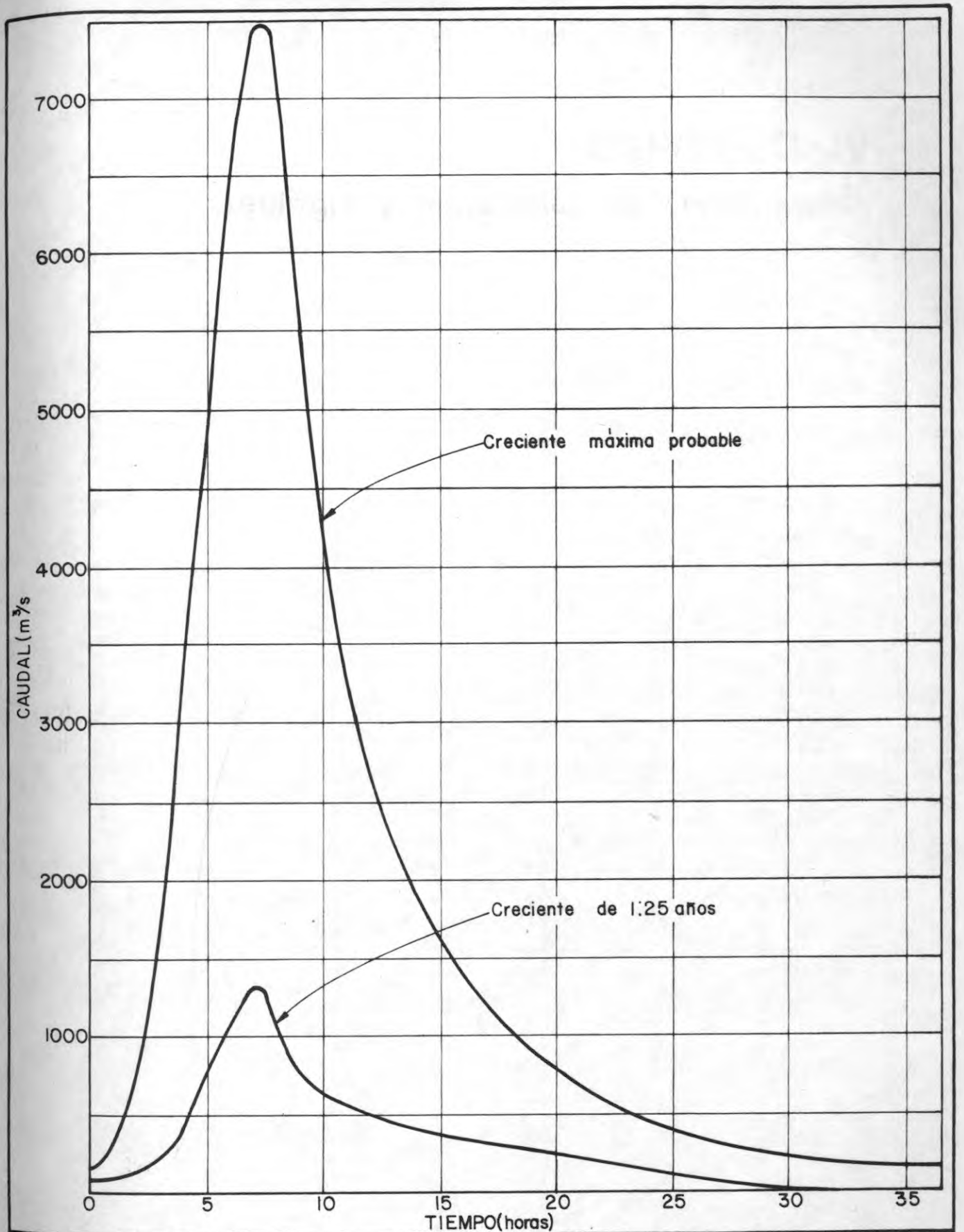
CUADRO 3-1
 PROYECTO QUETAME
 SERIE HISTORICA DE CAUDALES RECONSTRUIDOS
 ESTOCASTICAMENTE EN EL SITIO DE PRESA
 (m³/s)

Año	Enero	Feb.	Mar.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ag.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1964	7.44	7.49	8.82	26.26	46.72	86.84	71.84	57.48	46.43	21.81	21.81	16.76
1965	13.94	6.86	9.89	33.48	83.73	90.45	118.69	64.45	52.45	39.30	31.27	35.70
1966	9.19	6.57	14.40	24.04	20.99	32.34	50.31	45.86	44.54	39.39	25.76	40.14
1967	9.26	8.21	11.59	29.81	80.45	100.88	69.99	65.75	33.49	21.19	24.54	8.54
1968	1.96	5.52	5.25	31.37	29.17	73.41	107.57	45.79	22.54	30.49	17.54	9.01
1969	12.80	9.18	10.85	44.51	46.03	79.40	85.90	75.41	39.05	49.56	42.10	27.04
1970	31.95	12.17	16.90	34.95	58.99	113.53	82.52	71.23	62.48	76.18	37.12	20.73
1971	9.46	7.85	21.11	32.54	62.73	58.71	104.83	51.89	38.50	31.48	37.68	28.28
1972	22.45	11.31	23.23	45.63	137.29	73.61	106.91	46.51	39.02	29.36	31.97	11.17
1973	5.67	7.63	8.31	20.46	42.35	55.33	49.85	47.59	64.08	44.90	30.56	26.89
1974	25.34	13.75	23.95	38.31	52.74	60.12	52.40	49.89	33.83	34.82	32.98	18.24
1975	6.22	7.73	17.33	22.92	51.33	69.95	54.24	54.13	38.22	26.72	36.24	39.92
1976	27.43	11.20	21.22	42.59	86.25	70.90	58.46	58.20	35.70	41.03	36.14	12.16
1977	4.59	7.90	21.49	22.32	27.80	59.83	55.24	41.44	38.48	42.02	24.49	13.24
1978	7.53	8.06	8.14	33.94	39.26	93.88	64.81	60.04	47.98	31.12	21.06	11.61
Prom	13.02	8.76	14.83	32.21	57.72	74.61	75.57	55.71	42.45	38.72	30.08	22.83

CUADRO 3-2

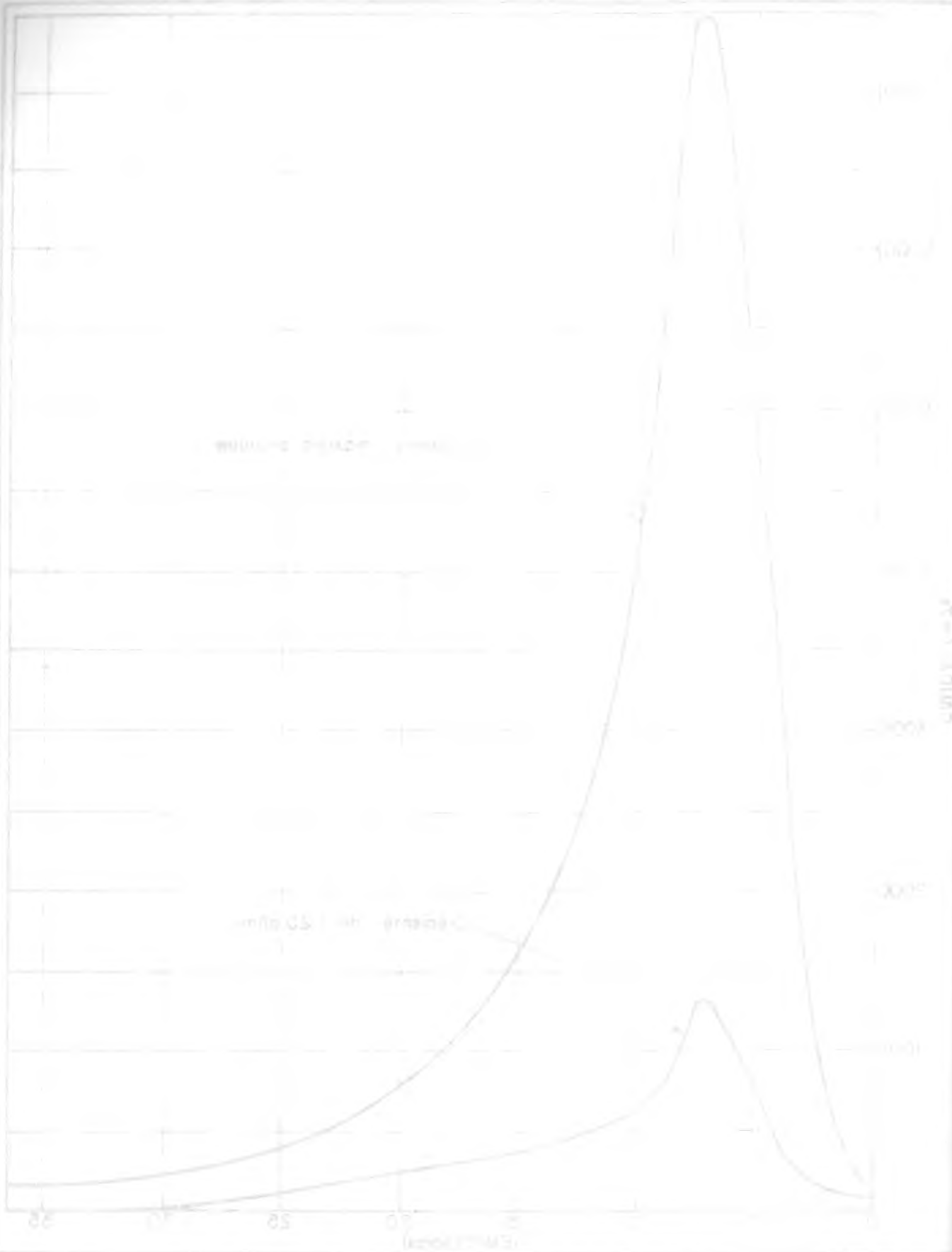
DESVIACION RIO BLANCO
 SERIE HISTORICA DE CAUDALES RECONSTRUIDOS
 ESTOCASTICAMENTE EN EL SITIO DE PRESA
 (m3/s)

Año	Enero	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
1964	9.35	6.30	7.37	23.61	41.87	73.12	83.14	48.80	36.92	48.71	26.82	17.72
1965	11.36	5.84	7.17	28.07	43.48	50.25	108.62	43.85	35.98	33.26	14.03	23.84
1966	10.64	6.24	13.72	21.55	20.85	42.46	48.95	50.36	40.62	45.70	37.82	26.65
1967	9.71	6.53	9.60	22.19	53.73	71.61	60.04	60.80	41.90	22.78	12.83	8.49
1968	2.98	4.87	4.03	31.44	18.53	47.71	100.34	55.93	22.62	28.68	24.01	8.06
1969	10.64	7.78	7.93	32.03	51.13	73.53	91.44	57.57	39.13	52.22	27.56	15.92
1970	21.34	8.60	15.98	23.71	30.86	75.82	89.86	75.82	71.04	75.65	33.00	12.36
1971	5.14	5.58	8.23	35.91	39.26	43.04	100.07	54.29	45.00	26.23	20.91	18.98
1972	15.97	9.64	13.64	38.39	60.81	63.63	71.40	39.45	30.40	28.82	19.75	9.74
1973	7.72	7.17	10.22	16.89	41.15	53.80	38.09	37.84	70.91	41.19	22.43	17.28
1974	7.57	7.46	10.09	25.05	41.79	37.33	43.78	42.96	38.21	29.59	25.83	14.20
1975	5.85	7.00	14.87	15.35	46.46	47.93	35.80	47.72	36.82	35.51	39.73	26.66
1976	18.32	7.87	11.88	43.90	51.39	77.65	68.61	41.92	34.24	30.47	32.81	8.59
1977	5.84	5.99	7.53	25.16	47.57	61.50	44.28	41.96	41.17	23.81	13.96	8.39
1978	4.53	6.42	8.17	34.28	33.44	83.20	44.79	54.05	33.75	26.18	19.92	13.53
Prom	9.80	6.89	10.03	27.84	41.49	60.17	68.61	0.22	41.25	36.59	24.76	15.99



CAPITULO IV

Geología y materiales de construcción



PROYECTOS DE DISEÑO
PARA LA PRESA DE OQUAME

INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO DE DISEÑO DE LA PRESA DE OQUAME
AUTOR: DR. ROBERTO A. GARCIA
CO-AUTORES: DR. CARLOS A. GARCIA, DR. CARLOS A. GARCIA
AYUDANTES: DR. CARLOS A. GARCIA, DR. CARLOS A. GARCIA
FECHA: JULIO 95



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 fueron 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 las galerías de exploración.

4.1.2 Sismología y Geomorfología

Por medio de un subcontrato suscrito con Woodward Clyde Assoc., se llevó a cabo un estudio preliminar de evaluación de riesgo sísmico y geomorfología denominado " Preliminary Evaluation of Seismic Hazards and of Erosion and Sediment 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 4.8 de este capítulo se pre-

senta 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 4.9 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

Bajo este ítem se han considerado el tipo de roca, discontinuidades, ensayos de agua a presión, perforaciones y galerías de exploración (Véase Plano Q-16).

4.2.1 Tipo de Roca

El cañón del Río Negro en el sitio de presa tiene forma de V, con pendientes entre 60° y 90°; allí los dos flancos del cañón del Río Negro, que serán los estribos de la presa, presentan un gradiente muy similar, reflejo de la composición y características de la litología aflorante. Sin embargo, el flanco derecho es un tanto más vertical, dado el sistema de diaclasas y fracturación allí presentes (Véase Plano Q-16).

Se trata de la Formación Puente La Balsa (Esq 2), afectada por la Falla Río Negro, la cual ha deformado y fracturado intensamente la roca, con posterior sellamiento de la mayoría de estas fracturas.

En la zona más aguas arriba de la presa se exponen cuarcitas grises, meta-conglomerado y meta-arenisca, de colores gris claro a oscuro, de dureza alta, fuertes, altamente endurecidos, baja a nula meteorización y alteración, solidez alta, y niveles angostos de pizarra filítica gris oscura, estable, dureza alta y solidez moderada.

En los análisis petrográficos de las muestras extraídas en el sitio de presa por las perforaciones PQ-1 (muestras PQ-1 (1) y PQ-1 (2)), PQ-2 (muestra PQ-2 (2)) y de la superficie (muestra NRC - 383), se describen como cuarcita a meta-arenisca con glomerática (pizarrosa) y conglomerado arenoso cuarzo, con textura recristalizada, generalmente con deformación cataclástica sobrepuesta y la matriz constituida por material silíceo y/o limo-arcilloso (pizarroso). Todos los ejemplares muestran evidencias de carbonato siderítico, lo que sugiere la presencia de actividad hidrotermal sobrepuesta.

Los depósitos sueltos en las laderas y en el cauce del río son de un espesor pequeño. Se considera que los depósitos de pendiente tienen una potencia entre 1 y 8 metros y los aluviales entre 6 y 15 metros, con base en observaciones de campo.

4.2.2 Discontinuidades

La estratificación y/o foliación de estas rocas aflorantes corresponden a dos superficies de debilidad; sin embargo, el intenso replegamiento y fracturamiento hace difícil, si no imposible, determinar una dirección específica.

Para el análisis del diaclasamiento, se hicieron proyecciones estereográficas polares para los datos obtenidos en la margen derecha, margen izquierda y en las tres galerías de exploración. De los cálculos estadísticos se deduce que las diaclasas medidas en las laderas del valle se complementan con las de las galerías, y con esto se puede concluir la existencia de dos sistemas conjugados principales y uno menor de diaclasamiento. La orientación de los sistemas se da en azimut del buzamiento y su inclinación:

Sistema I	Az 220°/80° - 90° a Az 230°/80° - 90° y Az 40°/80° - 90° a Az 50°/80° - 90°
Sistema II	Az 250°/80° - 90° y Az 65°/80° - 90°
Sistema III (menor)	Az 200°/80° - 90° y Az 20°/80° - 90°

Es muy interesante anotar cómo el diagrama estereográfico para cada margen y las galerías, muestran un desarrollo predominante de diaclasas principalmente NW, que coincide con la dirección de la Falla Río Negro, y además con buzamientos altos (80° a 90°).

Se han clasificado las diaclasas en abiertas y rellenas, abiertas sin relleno y cerradas. De los registros geológicos de las galerías, se puede generalizar que hasta los 22 metros se presentan diaclasas cerradas, en menor porcentaje las rellenas con cuarzo, calcita y material arcilloso; entre los 24 y 50 m predominan diaclasas cerradas y algunas abiertas y vacías; posteriormente, a mayor profundidad (entre 50 a 60 m), se encontraron cataclastitas con alto porcentaje de diaclasas abiertas con relleno.

En las perforaciones PQ-1 y PQ-2 el recobro es muy bajo, hasta profundidades de 80 y 50 metros respectivamente. Por debajo de este intervalo, el recobro y calidad de la roca mejora un tanto; sin embargo, las texturas cataclásticas aún se conservan. El índice de calidad de la roca (RQD) es bajo, lo cual le comunica a la roca una calidad de regular. Para la fundación de la presa se deberán remover los depósitos no consolidados, además de efectuar 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 que aún conserve una permeabilidad alta.

A pesar de estas condiciones geotécnicas adversas, la roca del sitio de presa del Proyecto Quetame es muy competente, como lo comprueban los escarpes que ha formado allí el río, que en algunos sectores son verticales o aún negativos. La estabilidad de los cortes de la carretera por la margen derecha del río, y la estabilidad de los caminos y galerías construidos durante este estudio, son obras que muestran un comportamiento satisfactorio de toda la roca de los estribos de la presa. Se requerirá, pues, el diseño de una pantalla de inyecciones de cemento que los impermeabilice apropiadamente. La mayor interrupción tectónica detectada allí es, como se mencionaba anteriormente, la Falla Río Negro, la cual coincide con el mismo curso del río.

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 PQ-1, PQ-2 y PQ-4.

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 disminuyendo 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/cm^2 por metro de sondeo hasta alcanzar un límite máximo de 10 kg/cm^2 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 agua a presión y la 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.

La permeabilidad de la roca en el sitio de presa se puede considerar de baja a media. Analizando cada una de las perforaciones, se observa que las mayores permeabilidades están dadas en sus primeros 50 a 80 metros, en donde no obturó el diafragma, y por debajo de esta profundidad disminuyó hasta 6.1 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, y se interpreta como una zona o volumen de roca afectada más intensamente por el fallamiento y descompresión litostática.

4.2.4 Perforaciones

Para investigar las condiciones del subsuelo en el sitio de presa, se ejecuta un programa de 7 perforaciones (PQ-1 a PQ-7) que suma en total 580 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 que se incluye en el Apéndice C se indican los datos más importantes de cada perforación. En el plano Q-16 se muestra la localización de las perforaciones y en el Anexo 1 del Apéndice C se incluyen los registros detallados de cada una.

4.2.5 Galerías de Exploración

Con el objeto de conseguir datos adicionales sobre la calidad de la roca en el subsuelo, se excavaron 115 m de longitud, con sección de 3 m² aproximadamente y techo en forma de bóveda.

La galería GQ-1 se localiza en la margen izquierda, tiene una cota de piso en el portal de 1 347.5 m y azimut 75° en los primeros 50 m y luego se desvía con una longitud de 10 m y con azimut de 138° (Véase Plano Q-16).

La galería GQ-2 se localizó en la margen izquierda, tiene una cota de piso en el portal de 1 273.5 m y azimut 100°, con una longitud total de 31 m.

La galería GQ-3 se localizó en la margen derecha y tiene una cota de piso en el portal de 1 265.2 m y azimut de 58°, con una longitud registrada de 24 m.

La excavación de dichas galerías se ejecutó por sistema de vola

dura.

Las propiedades mecánicas de la roca son alta dureza y solidez (muy compacta). El grado de meteorización-oxidación que presenta la roca en las galerías está confinado a las paredes de diaclasas.

Geométrica y geotécnicamente, la roca en las galerías 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 regular capacidad de autosoporte, su coeficiente de sobre-excavación es medianamente alto y las infiltraciones relativamente bajas.

4.3 CONDICIONES GEOTECNICAS EN EL TUNEL DE DESVIACION

La excavación del túnel de desviación por el estribo izquierdo del Río Negro atravesará igualmente filita, pizarra y cuarcita de la Formación Puente La Balsa (Esq 2) que, de acuerdo con el estado de los núcleos extraídos en las perforaciones PQ-1 y PQ-2 , tienen una fracturación menos intensa por debajo de la cota 1 370 metros. Por otra parte, los afloramientos de roca a lo largo de la margen derecha del Río Negro, nivel similar al que tendrá el túnel de conducción, están severamente fracturados sólo en algunos sectores. Todos estos factores geotécnicos hacen prever que la excavación de tal obra no va a encontrar grandes dificultades .

4.4 CONDICIONES GEOTECNICAS EN EL TUNEL DE CARGA

El túnel de carga del Proyecto Quetame es una excavación de 9.6 km de longitud que va por la margen derecha del Río Negro, desde la Quebrada Estaquecá hasta la loma Jabonera frente a la Quebrada Blanca (Véase Plano Q-15).

El primer tramo, contemplado geotécnicamente, está comprendido entre el portal de entrada y la Quebrada Vijagual, de 3 km de longitud, se excavará en cuarcita, pizarra y filita de la Formación Areniscas de Gutiérrez (Dg) y de la Formación Puente La Balsa (Esq2). Las condiciones de la roca, por su grado de frac-

turación, por infiltraciones, brechas de falla, replegamientos, etc., van a crear dificultades más frecuentes del K 0.0 al K2.0 del túnel. De aquí al contacto discordante con la Formación Areniscas de Gutiérrez (Dg) (K 3.6), la roca, principalmente pizarra con algunos bancos de arenisca cuarzosa, tendrá un grado de fracturación más moderado y se presentarán ligeras sobre-excavaciones, terreno estable e incremento del flujo de agua, condiciones que exigirían, para estabilizarlas, pernos de anclaje, malla y concreto neumático.

Del K 3.6 al K 7.9, el túnel de carga atravesará la Formación Areniscas de Gutiérrez (Dg), y la Formación Lutitas de Portachuelo (Dlp), que son lutitas negras y grises, pizarrosas, generalmente bien litificadas, impermeables, duras y competentes.

La disposición estructural de las Areniscas de Gutiérrez del K 3.6 al K 4.4 produce un sinclinal comprimido, que interrumpe en su parte axial la Falla Fundación. Esta falla tiene una brecha y zona de fracturación de unos 2.0 m de espesor, que fractura severamente los bancos de arenisca cuarcítica (Dg) produciendo, muy probablemente, bolsas de arena locales, desprendimientos de roca y concentración de flujos de agua. Características similares a las arriba descritas tendrán en el túnel las dos brechas de falla a la derecha de la Quebrada Jabonera (una de ellas denominada así) pero se considera que esta última puede llegar a tener una brecha de espesor no inferior a 50 m.

Entre el K 6.3 y el K 7.7, la excavación encontrará un tramo formado exclusivamente por Lutitas de Portachuelo (Dlp), dispuestas en un sinclinal comprimido, limitado por las fallas Jabonera y Los Pobres. Es una roca dura, sólida, masiva, con muy buenas condiciones geotécnicas.

En el tramo del K 7.7 al K 9.7, el túnel de carga se excavará a través de bancos de cuarcita de 1-3 m de espesor, intercalados por capas de argilita rojo-violácea, gris y negra, secuencia que tiene una inclinación alta, superior a los 60°, una fracturación moderada, con diaclasas maestras, que se concentran en el sector de las abscisas K8.5 a K9.0. La disposición general de las capas por excavar del sector indicado favorece la estabilidad de las paredes y techo del túnel, pero conlleva dificultades para la

construcción del pozo de carga y de la almenara porque estas o bras son excavaciones verticales que van paralelas a las capas, las cuales tenderán a desprenderse en los sectores donde que - den "cuñas" de roca de un tipo, por ejemplo argilita en contac - to con un plano de estratificación de cuarcita.

4.5 CONDICIONES GEOTECNICAS EN LA CASA DE MAQUINAS Y TUNEL DE DESCARGA

La caverna de máquinas (Véase Plano Q-17) podrá estar ubica da en la Formación Areniscas de Gutiérrez (Dg), dispuesta en capas de 0.6 - 2 m de espesor, con buzamientos entre 75° y 90°, con un rumbo predominante sur-norte. El diaclasamiento más importante, junto con las diaclasas maestras que buzanan 35° al ESE y que tiene un módulo de 1 a 3 diaclasas/10 m, tienden a crear un "blocking" con los planos de estratificación que en su - perficie se observa más o menos severo. Esto sugiere que en la masa de roca correspondiente a la caverna de máquinas, pue - den encontrarse volúmenes de roca que habrán de tratarse en forma especial mediante un pernado intenso, soportes de ace - ro, concreto armado, etc., por estar afectada de esa forma.

La otra alternativa que se ha considerado mucho más atractiva, es la de localizar la central subterránea en filita gris de la For - mación Guayabetal (E.sq 1); en este caso la roca se muestra más homogénea y los planos de foliación representan planos de debilidad mejor sellados que la estratificación de la arenisca - cuarcítica de la Formación Areniscas de Gutiérrez (Dg). Al ser las filitas rocas de menor solidez y cristalinidad que la cuar - cita, los efectos tectónicos han generado más deformación de tipo flexura, que fracturas y/o diaclasamiento. El recobro de las perforaciones en filita ha mostrado una mejor calidad que en el caso de la cuarcita, y más aún en el caso de una cen - tral subterránea en donde las excavaciones serán de mayor ta - maño.

El túnel de descarga tiene 700 m de longitud y va de la caverna de máquinas a la margen izquierda del Río Blanco, dos kilóme - tros aguas arriba de la confluencia con el Río Negro. Se excava rá Areniscas de Gutiérrez, constituida por intercalaciones de

arenisca cuarcítica y lutitas pizarrosas grises y rojizas, filita gris y cuarcita de la Formación Guayabetal (E_{sq} 1) puestas en contacto en discordancia angular, en donde es posible encontrar una zona de unos 5 a 10 metros, equivalentes a la zona de meteorización antigua.

Los portales de entrada y salida de este túnel de descarga se excavarán en la Formación Areniscas de Gutiérrez (Dg) y filitas de la Formación Guayabetal (E_{sq} 1). Por la pendiente tan empinada y la alta competencia de la roca que se observa en esos dos sitios, los depósitos de roca sueltos poseen espesores y áreas reducidos, condición geotécnica que favorece la estabilidad misma de la boca toma y del portal de salida del túnel de descarga.

4.6 CONDICIONES GEOTECNICAS EN EL EMBALSE

El área que inundará el embalse del proyecto, de unas 895 ha, está constituida por rocas fino-granulares (lutitas silíceas, arenisca fina y lutita arcillosa principalmente) del Grupo Cáqueza en su parte media (Kc 2). Los flancos del Río Negro y sus afluentes, así como sus valles aluviales, están cubiertos en buena parte por depósitos coluviales (Q_{col}), suelos residuales, terrazas y depósitos aluviales (Véase Plano Q-15). Tanto la moderada resistencia a la erosión de las rocas Cretáceas allí presentes, como la masa y geometría de los depósitos rocosos no consolidados descritos, producen el material que las corrientes transportan a lo largo de la cuenca, ya en suspensión o como carga de fondo. Este fenómeno, asociado a los derrumbes activos, a la pobre cubierta vegetal de las laderas, a la deforestación y a las actividades humanas (industriales y agrarias), han creado una serie de factores que están aumentando continuamente la tasa de erosión de la cuenca y, por consiguiente, afectan la vida útil del embalse del Proyecto Quetame. Por ello es de especial interés estudiar y definir las obras de diversa índole, tendientes a corregir y estabilizar o disminuir el aporte de sedimentos a dicho embalse.

En otro aspecto, se concluye que por las rocas predominantemente arcillosas que lo conforman, las pocas discontinuidades tectónicas de importancia regional y la ausencia de cuerpos rocosos calcáreos de gran volumen, el embalse de Quetame es altamente impermeable.

Las zonas potencialmente inestables corresponderán a los coluviones y terrazas que quedarán parcialmente sumergidos, o en la línea variable del embalse, que ya sea por aumento en la humedad y/o variación del nivel freático u oleaje, inestabilizarán a estos depósitos. Este caso será más complejo en los sectores donde se presenta el nivel lutítico arcilloso y/o depósitos cuya composición sea arcillosa. En otras partes donde el embalse esté sobre rocas más silíceas, se estima que no presente zonas inestables.

4.7 CONDICIONES GEOTECNICAS EN EL TUNEL DE ADUCCION DEL RIO BLANCO

El túnel de aducción del Río Blanco al Río Negro (véase Plano Q-18) tiene la finalidad de aumentar el caudal y generación del Proyecto Quetame. Esta conducción se trata de un túnel de 18.6 km de longitud, con dirección general N 40° E, y que captará los caudales de los ríos Chiquito, Blanco y Taguaté, hacia el embalse de Quetame. El túnel proyectado será en forma de herradura, revestido en concreto, con un diámetro interno de 4.0 m, para conducir un caudal máximo de 20 m³/s . Las rocas a través de las cuales cruza el túnel se pueden clasificar en tres unidades geotécnicas que enumeradas a partir del Río Blanco hacia el embalse de Quetame serían: Formación Areniscas de Gutiérrez (Dg), Formación Guayabetal (Esq 1) y Formación Lutitas de Quebrada Honda (JKiqh).

En la Formación Areniscas de Gutiérrez (Dg) quedarán ubicadas las estructuras de tomas de agua de los ríos Chiquito, Blanco y Taguaté. Esta unidad se extiende desde la Loma de San Antonio , entre la confluencia de los ríos Taguaté y Blanco, hasta la Quebrada El Cobre. Por consiguiente, unos 11.5 km de túnel se habrán de excavar en esta litología.

La unidad está constituida predominantemente por capas de arenisca silícea , dura , de color blanco a amarillento, con espesores que varían entre 0.5 y 4 m; presentan además intercalaciones de argilitas verdes y violáceas con espesores de hasta 0.6 m.

Las Areniscas de Gutiérrez son rocas duras, competentes y

de buena capacidad de autosoporte. Exceptuando los tramos tectónicamente afectados, las excavaciones practicadas serán en roca sana y además del revestimiento en concreto no requerirán de soportes metálicos.

Las rocas de la Formación Guayabetal (E_{sq1}) están constituidas por filitas verdes, negras, violáceas y grises y por bancos de meta-areniscas verdosas de hasta 1.5 m de espesor.

La unidad aflora a partir de la quebrada El Cobre y se extiende hasta la traza de la Falla Jabonera. Un total de 5.8 km de túnel se excavarán en esta unidad.

A pesar de ser las rocas más antiguas en el área estudiada, son las menos afectadas tectónicamente. Las filitas son exfoliables y están afectadas levemente por la meteorización.

La Formación Quebrada Honda (JK_{iqh}) conforma el portal de salida y un km del extremo NE del túnel. Está constituida por gruesas capas de lutitas de color negro mate, con alto contenido de material carbonoso, fácilmente deleznable y generalmente meteorizadas. Ocurren además, intercalaciones de limolitas en paquetes de hasta 1 m de espesor, capas de caliza fosilíferas, masivas, capas de areniscas sucias y frecuentes bancos conglomeráticos de varios metros de espesor. Teniendo en cuenta las características litológicas de las rocas de esta unidad, el estado actual de los afloramientos a lo largo del cañón de la quebrada Honda, la presencia de varias zonas de cizalladuras amplias ocasionadas por las fallas de Quiña y de la Jabonera y la tendencia general de estos tipos de rocas a distenderse y derrumbarse al ser liberados de la presión de confinamiento, se considera que en el tramo del túnel excavado en esta unidad se habrán de presentar problemas de inestabilidad, todo lo cual hará necesaria la utilización frecuente de soportes metálicos y láminas de acero para garantizar la seguridad de la obra.

Para investigar más detalladamente las características geotécnicas de las rocas a profundidad, se recomienda ejecutar al menos 3 perforaciones con taladro de diamante siguiendo el alineamiento del túnel proyectado.

Por las consideraciones antes expuestas, se recomienda diseñar una entrega en canal al embalse provista con disipadores de energía y proteger las paredes del cañón de la Quebrada Honda con el objeto de prevenir socavaciones y derrumbes.

El alineamiento del túnel cruzará varias fallas, agrupadas en dos sistemas. El conjunto de fallas más antiguo tiene dirección general NS y buzamientos mayores a 75° , y el segundo con rumbo $N 30^\circ - 45^\circ W$ y buzamientos entre 75° y 90° .

Las fallas que se interceptarán en el alineamiento del túnel son Falla Cerinza, Falla Santa Rosa, Falla Espinal, Falla El Cobre y Falla Jabonera. Estas fracturas regionales tienen espesores de 60 a 100 m, dependiendo de las rocas que estén afectando y la intersección del túnel - zona de falla. En el caso de rocas duras y cristalinas como son las Areniscas de Gutiérrez (Dg) y la Formación Guayabetal (Esq 1), las zonas de falla presentan milonitización y brechamiento, representado en bloques, para lo cual será necesario principalmente pernado sistemático. En el caso de rocas blandas tales como lutitas de la Formación Quebrada Honda (JKiqh), la deformación es mayor y los esfuerzos residuales deben ser mayores, para lo cual se necesitarán soportes metálicos, tales como arcos de acero.

4.8 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 observaron fallas en los sitios de presa de Guayabetal y Humea.
- 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 incurrido en la Cordillera Oriental tienen epicentros profundos, intermedios y superficiales y se suceden con frecuencia moderada.

El mayor terremoto registrado en la reunión 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.q. el terremoto de Medina del 22 de diciembre de 1923), lo que sugiere que estos eventos no son poco comunes.

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

4.9 MATERIALES PARA CONSTRUCCION

Los materiales para la construcción de las obras consistirán básicamente en el enrocamiento, filtros y núcleo para la presa y agregados para los concretos de las distintas estructuras.

4.9.1 Materiales para Enrocamiento

El material para el enrocado de la presa estará conformado por las areniscas cuarcíticas de la formación denominada Areniscas de Gutiérrez, que afloran a 1 km aguas arriba del eje de la presa,

y que se ha llamado Zona No.3. Se tomaron muestras de roca ya explotada y clasificada para ensayos en la cantera del Ministerio de Obras Públicas, que se encuentra al lado de la carretera. Las propiedades índice obtenidas fueron las siguientes :

-	Peso específico bulk	2.63
-	Peso específico aparente	2.68
-	% absorción	4.85
-	% desgaste	38
-	% pérdida en ensayo de sanidad	
	1 1/2"	2.1 - 0.7
	3/4"	4.4 - 3.0
	3/8"	7.3 - 8.4

Con el ensayo de rotura de granos (Marsal y Resendiz) la roca se clasifica como del tipo 3 y con el de Desleimiento - Durabilidad se obtuvo un Índice de Durabilidad DI = 98 %.

Las propiedades índices de la roca indican que la roca de la zona de préstamo No.3 se puede utilizar como material de enrocado para los espaldones de la presa y para protección de taludes como rip-rap.

4.9.2 Materiales para Filtros y para Concretos

Los materiales para filtros y para concretos deberán obtenerse por trituración de las areniscas cuarcíticas de la zona No.3, ya que los materiales aluviales de las playas del río se encuentran demasiado contaminados por la presencia de lutitas.

4.9.3 Materiales para el Núcleo Impermeable

El material para el núcleo impermeable de la presa será el depósito coluvial que se encuentra en la margen derecha del Río Negro, a unos 3 km aguas arriba del eje de la presa. Esta zona se ha denominado Zona de Préstamo No.2 y su descripción detallada se presenta en el Anexo VIII, Materiales de Construcción. Sus características principales son las siguientes :

-	Pasa tamiz No.200	38%
-	Humedad Natural de la matriz entre	6% - 31%

- Límite Líquido entre 19% - 67 %
- Límite Plástico entre 13% - 40 %
- Índice de plasticidad medio 17%

La zona estudiada tiene un volumen comprobado de 2 Mm³ que es aproximadamente tres veces el volumen requerido para la construcción del núcleo.

CAPITULO V

Potencia y energía

CAPITULO V
POTENCIA Y ENERGIA

5.1 INTRODUCCION

El proyecto Quetame tiene un especial significado dentro de la producción energética del sistema de los ríos Negro-Guayuriba y Huamea, debido a su localización en la parte alta de la hoya del río Negro, produciendo una regulación de sus caudales y de los provenientes de la hoya del río Blanco, lo cual será aprovechado ventajosamente en los proyectos identificados aguas abajo. Adicionalmente, su construcción disminuirá en forma notoria el efecto de los sedimentos tanto sobre la capacidad de los embalses como sobre la vida útil de los equipos generadores de dichos proyectos, debido al alto grado de sedimentos detectados en la hoya. En la Figura 5-1 se muestra la representación esquemática del proyecto, incluyendo la posible desviación del río Blanco hacia el embalse de Quetame.

En este capítulo se presentan los estudios efectuados para definir los parámetros básicos del proyecto Quetame, a partir del análisis de la producción energética para diferentes capacidades instaladas y de las funciones de costos correspondientes a las diferentes obras.

5.2 VOLUMEN DEL EMBALSE DE QUETAME

Tal como se explicó en el capítulo de energía del Volumen I, al analizar el efecto de los volúmenes útiles de los embalses sobre la distribución intranual de los afluentes hidrológicos y por consiguiente, sobre la energía firme que puede generarse en los diferentes sitios, se encontró que los beneficios netos se incrementan con el aumento de los volúmenes útiles de los embalses en cualquiera de los sitios estudiados. Este efecto es especialmente importante en el embalse de Quetame que resultó ser el más eficiente

te en cuanto a la contribución al almacenamiento energético total, gracias a su ubicación física dentro del sistema, lo cual muestra la conveniencia de conseguir el máximo volumen útil posible en este sitio.

No obstante lo anterior, se consideró como una limitante física de importancia que restringe el volumen máximo de este embalse, la localización de la población de Quetame sobre la cota 1 440, debido a los altos costos y al problema social que se producirían al trasladar dicha población a otro sitio equivalente. Por consiguiente, se adoptó como nivel máximo normal del embalse la cota 1428, la cual preserva al pueblo contra inundaciones y proporciona un margen adecuado con respecto a la estabilidad del terreno en las cercanías de dicha población. Para este nivel adoptado se dispone de un volumen total en el embalse de 450 Mm³.

Para la selección del nivel mínimo de operación se hicieron consideraciones tanto de arrastre y depositación de sedimentos, como de operación de las turbinas de la central. En cuanto al aspecto de sedimentos, se determinó no solamente su magnitud sino también las características de depositación a lo largo del embalse durante la vida útil del proyecto, considerando el aporte que tendría la desviación del río Blanco. Dada la importancia de la operación del proyecto durante los primeros años, se estudió la pérdida en la capacidad del embalse a los 10 años y a los 50 años como término de la vida útil. La selección de turbinas tipo Pelton para la central de Quetame limita la variación máxima del salto neto que actúa sobre ellas a un 20% aproximadamente, lo que conduce a tomar como nivel mínimo de operación la cota 1 365.0. Teniendo en cuenta los requerimientos de sumergencia de las captaciones y los estudios de sedimentos, se estima que éstos alcanzarán la cota de captación aproximadamente hacia el final de la vida útil del proyecto.

La selección del nivel mínimo de operación en la cota 1 365.0, permite disponer de unos volúmenes útiles de 345, 340 y 280 Mm³, en el período inicial, a los 10 y a los 50 años respectivamente, cuando no se considera la desviación del río Blanco y de 345, 335 y 270 Mm³ para los mismos períodos, si se considera el efecto de la desviación.

5.3 CAPACIDAD INSTALADA EN LA CENTRAL DE QUETAME

Con base en los criterios generales adoptados para la selección de la capacidad instalada en los distintos proyectos descritos en el capítulo de energía del Volumen I, se encontró que los costos de instalación de la central de Quetame permiten generar hidroelectricidad con un factor de planta promedio relativamente bajo (0.45), disponiéndose de potencia para turbinar vertimientos potenciales y liberar en períodos de tiempo relativamente cortos la energía almacenada en el embalse útil para atender las metas de generación en el sistema.

Por lo tanto, en la central de Quetame se instaló una potencia de 420 MW, correspondiente a un caudal de diseño de 110 m³/s y a un salto neto de diseño de 433 m.

5.4 DERIVACION DEL RIO BLANCO

Con miras a mejorar la generación hidroeléctrica en el sistema, aprovechando el salto disponible en Quetame, se analizó la posibilidad de desviar por gravedad parte de los caudales del río Blanco hacia el embalse de Quetame, a través de un túnel de unos 16 km de longitud, lo cual es posible debido a las características topográficas favorables en la parte alta de la hoya del río Blanco.

De acuerdo con las simulaciones efectuadas en las etapas iniciales de los estudios, se pudo establecer que el volumen útil del embalse de Quetame, generalmente ocioso en los períodos de verano, se podría utilizar para regular una porción de los caudales provenientes de la parte alta de la cuenca del río Blanco. Esta regulación permite incrementar tanto la confiabilidad como la producción de energía en los proyectos Quetame y Guayabetal, ya que se consigue regular parte del caudal de este último proyecto en el embalse de Quetame.

Las simulaciones que no consideran la desviación del río Blanco muestran que el embalse de Quetame se mantiene frecuentemente lleno durante los meses de invierno y, por consiguiente, no sería indispensable la desviación de la totalidad de los caudales del río Blanco durante ese período, pues tienen una alta probabilidad de

ser vertidos en Quetame. En consecuencia, se seleccionó una capacidad de 20 m³/s, que permite desviar la mayor parte de los caudales de verano, disminuyendo en esta forma los costos de la desviación, que se consigue con un túnel de sección mínima constructiva. Con dicha capacidad se desvían en promedio unos 11.0 m³/s durante el período de verano (aproximadamente un 80% de los caudales del período) y unos 15.0 m³/s a nivel multianual; lo anterior permite incrementar casi en un 40% el caudal del río Negro en el sitio de Quetame. En la Figura 5-2 se presenta el comportamiento intranual de la derivación.

El efecto de esta derivación sobre la generación eléctrica se presenta en el numeral siguiente, donde se muestra su conveniencia, puesto que mejora las características de operación de las centrales de Quetame y Guayabetal.

5.5

PRODUCCION ENERGETICA

La importancia del proyecto Quetame dentro del sistema total y las relativas facilidades para su construcción, permiten su ejecución como una primera etapa dentro de la secuencia del desarrollo del sistema estudiado. Con este objeto, se analizó su comportamiento durante el período inicial del aprovechamiento, con las características del embalse alcanzadas a los 10 años de la vida útil y bajo el supuesto de que se realiza la derivación del río Blanco hacia el embalse de Quetame con una capacidad de 20.0 m³/s. Dadas estas características, el proyecto Quetame produciría las energías presentadas en el Cuadro 5-1 y tendría los comportamientos intranuales mostrados en la Figura 5-3.

En el Cuadro 5-2 se presentan los beneficios energéticos obtenidos al efectuar la desviación del río Blanco, apreciándose que en la central de Quetame se consigue incrementar la producción de energías primaria, confiable y promedia en aproximadamente 43%, 52% y 40% respectivamente.

En la Figura No.5.1 se muestran las características generales del desarrollo inicial del aprovechamiento hidroeléctrico del río Negro al considerar la desviación del río Blanco. Igualmente, en el Cuadro No.5.1 y en la Figura No.5.4 se muestra el aporte de la cen

tral de Quetame a la producción hidroeléctrica del sistema, para las condiciones de los embalses correspondientes a 50 años de operación, notándose que el proyecto Quetame genera el 24% y el 28% de las energías confiable y promedia del sistema completo, respectivamente.

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 Humea, 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 promedia 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.

La comparación de los costos unitarios de potencia y la energía muestra claramente la ventaja económica de la desviación del río Blanco al Embalse de Quetame, pues permite reducir los costos de la generación promedia del proyecto de 35.8 milésimas de dólar a 31.4 milésimas de dólar. Esta ventaja se observa asimismo en el costo de la capacidad instalada que disminuye de US\$ 1.024 por kilovatio a US\$ 886 por kilovatio.

El proyecto Quetame, a pesar de ser el que presenta los mayores costos índices de energía y potencia, dentro de los tres proyectos estudiados es competitivo económicamente con otros proyectos actualmente en estudio en el país. Debe resaltarse, además, que este desarrollo es el que tendrá que construirse con anterioridad o simultáneamente, con los otros tres proyectos pues su embalse es el que provee la regulación del río Negro.

CUADRO 5-1

GENERACION HIDROELECTRICA
DEL PROYECTO QUETAME (*)

<u>Energía Promedia</u>		<u>Energía Confiable</u>		<u>Energía Primaria</u>		<u>Energía Vertida</u>
MW Continuos	(**) F.P.	MW Continuos	F.P.	MW Continuos	F.P.	MW Continuos
190	0.45	160	0.38	150	0.36	10

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

Capacidad Instalada	420	MW
Volumen Util	335	Mm3
Nivel máximo de operación	1 428	msnm
Nivel mínimo de operación	1 365	msnm

(**) F.P : Factor de Planta.

CUADRO 5-2

EFFECTO DE LA DESVIACION DEL RIO BLANCO
PROYECTO QUETAME (*)

	Energía Promedia		Energía Confiable		Energía Primaria	
	MW Continuos	(**) F.P.	MW Continuos	F.P.	MW Continuos	F.P.
Sin desviación	135	0.32	105	0.25	105	0.25
Con desviación	190	0.45	160	0.38	150	0.36
Aporte de la desviación.	55		55		45	

(*) Para el período inicial de 10 años.

Volumen Util en el Embalse de Quetame :

- Sin desviación 340 Mm3
- Con desviación 335 Mm3

Capacidad instalada en la central de Quetame 420 MW

(**) F.P : Factor de Planta.

CUADRO 5-3

GENERACION HIDROELECTRICA DEL
SISTEMA COMPLETO (*)

CONTRIBUCION DEL PROYECTO QUETAME

	<u>Energía Promedia</u>		<u>Energía Confiable</u>		<u>Energía Vertida</u>
	MW <u>Continuos</u>	F. P.	MW <u>Continuos</u>	F.P.	MW <u>Continuos</u>
Quetame	190	0.45	155	0.37	10
Sistema Com pleto.	690	0.53	650	0.50	72.5

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

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




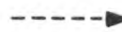



F.P :Factor de Planta.

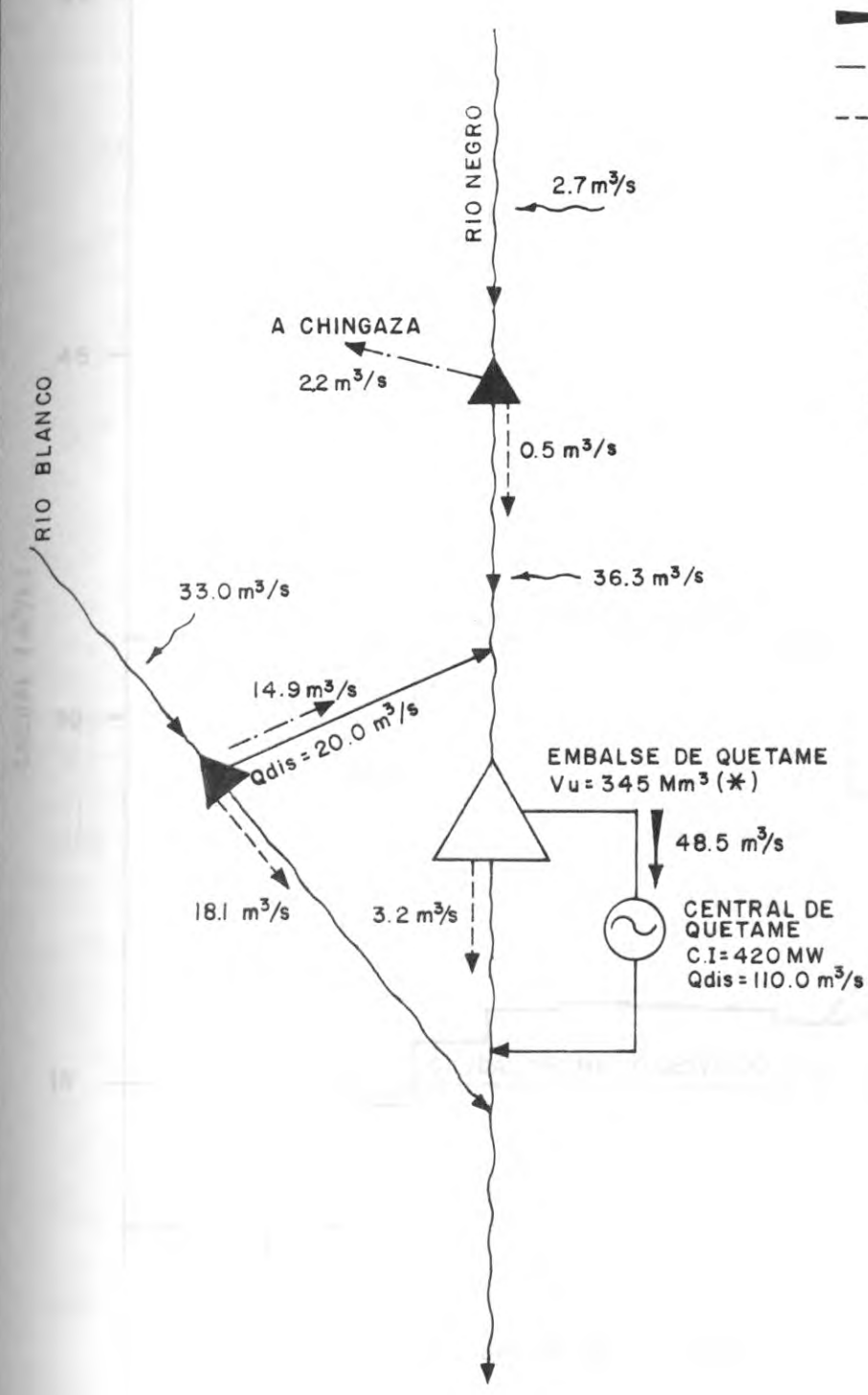
CUADRO 5-4
 COSTOS DE POTENCIA Y ENERGIA
 PROYECTO QUETAME

RÍO BLANCO


	Con Desviación del Río Blanco	Sin Desviación
Costo Total - US\$ Millones	372	302
Costo Anual-US\$ Millones	52.1	42.3
Capacidad Instalada - MW	420	295
Energía Promedio Anual-GWh/año	1664	1180
Costo por kW instalado-US\$/kW	886	1024
Costo del kWh- US\$ Mils/kWh.	31.4	35.8

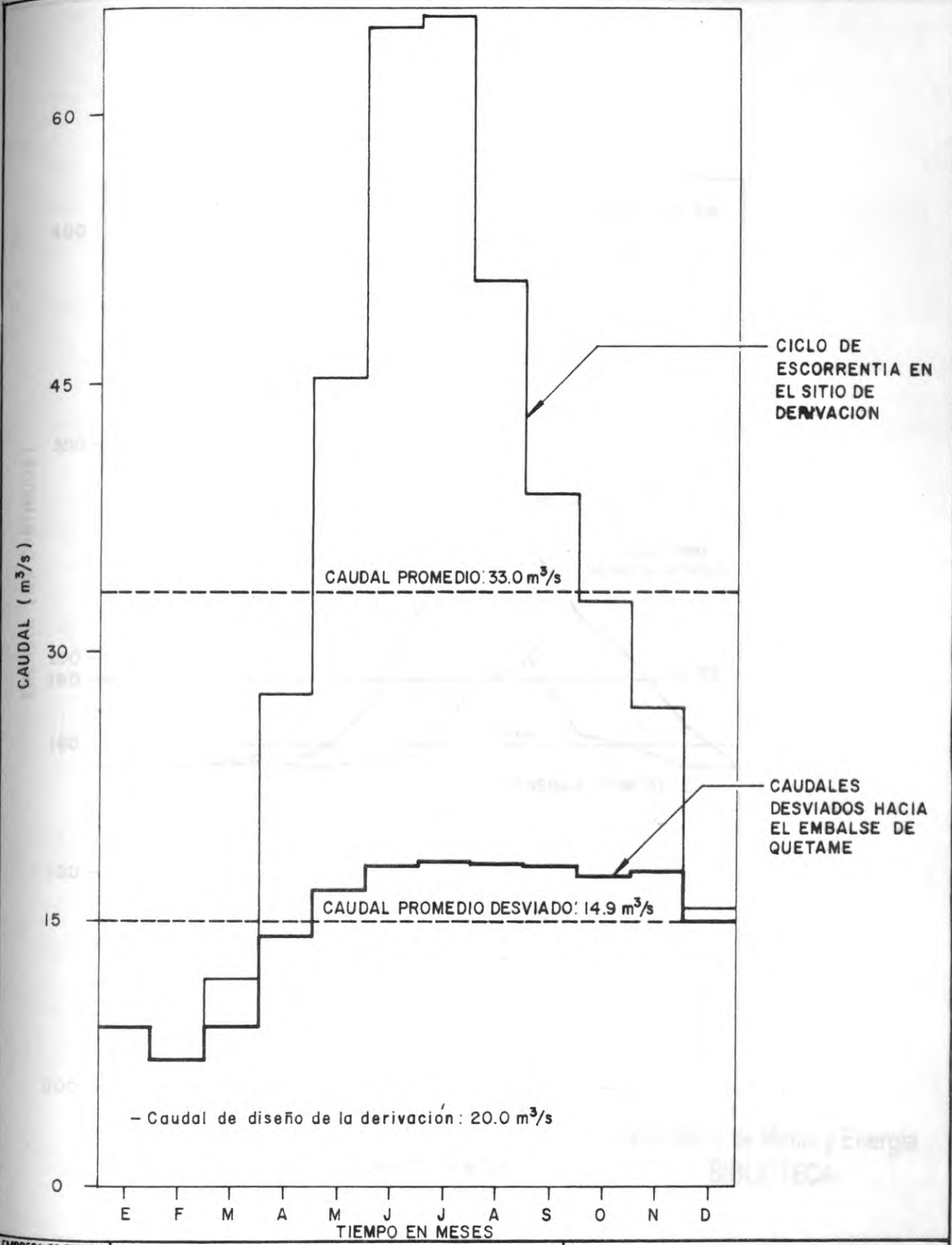
CONVENCIONES

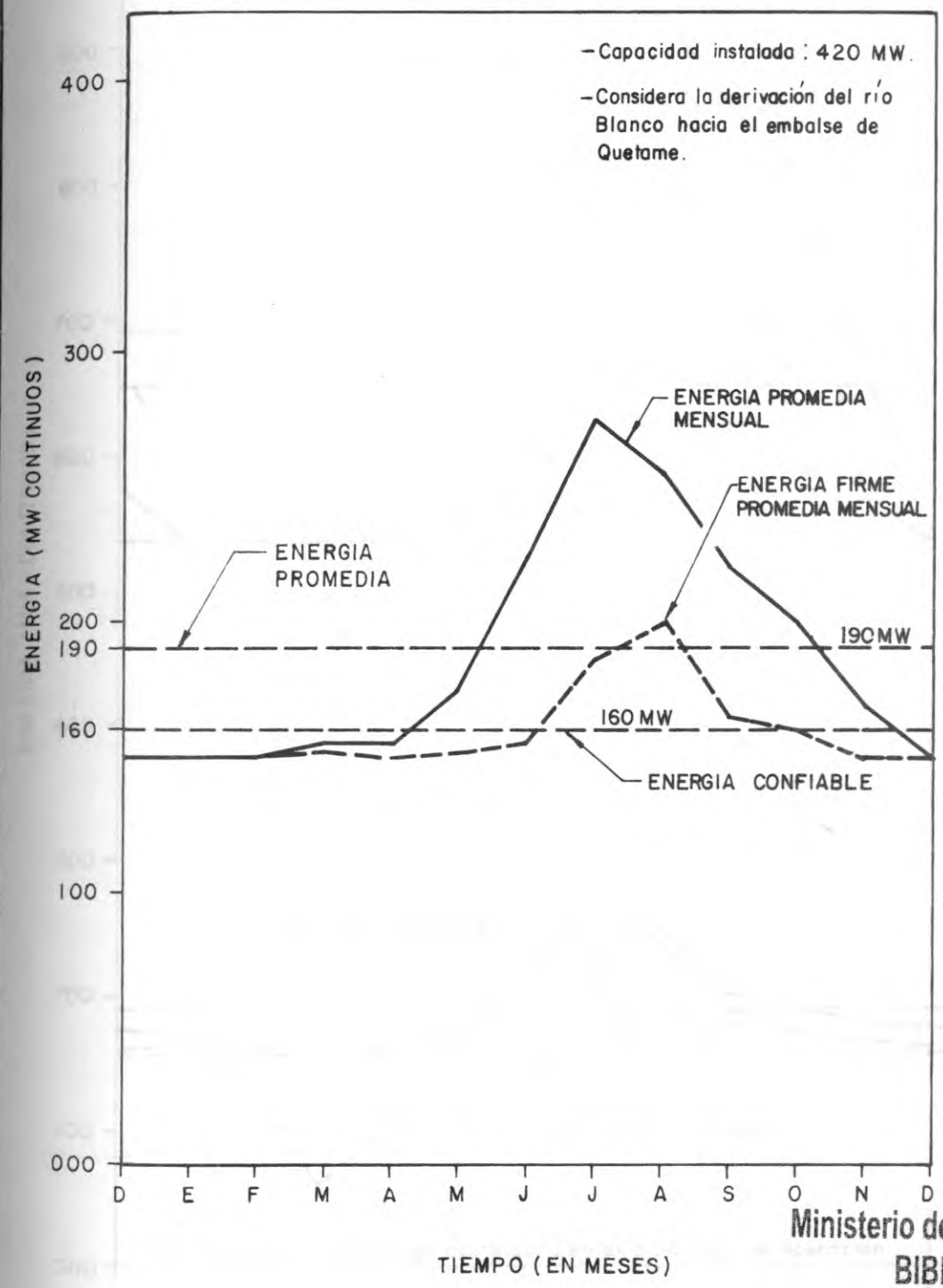
-  Caudal de hoya propia.
-  Caudal turbinado
-  Caudal desviado
-  Caudal vertido
-  Embalse regulador
-  Embalse no regulador
-  Central hidroeléctrica
- Vu Volumen útil
- Qdis Caudal de diseño
- CI Capacidad instalada



* Condiciones correspondientes a 10 años de operación.

	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá CONTRATO 3280 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA	CONFIGURACION DEL PROYECTO QUETAME	
	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS - INTEGRAL	FECHA JULIO 1982	ARCHIVO:





Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA



Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
CONTRATO 3280
PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA

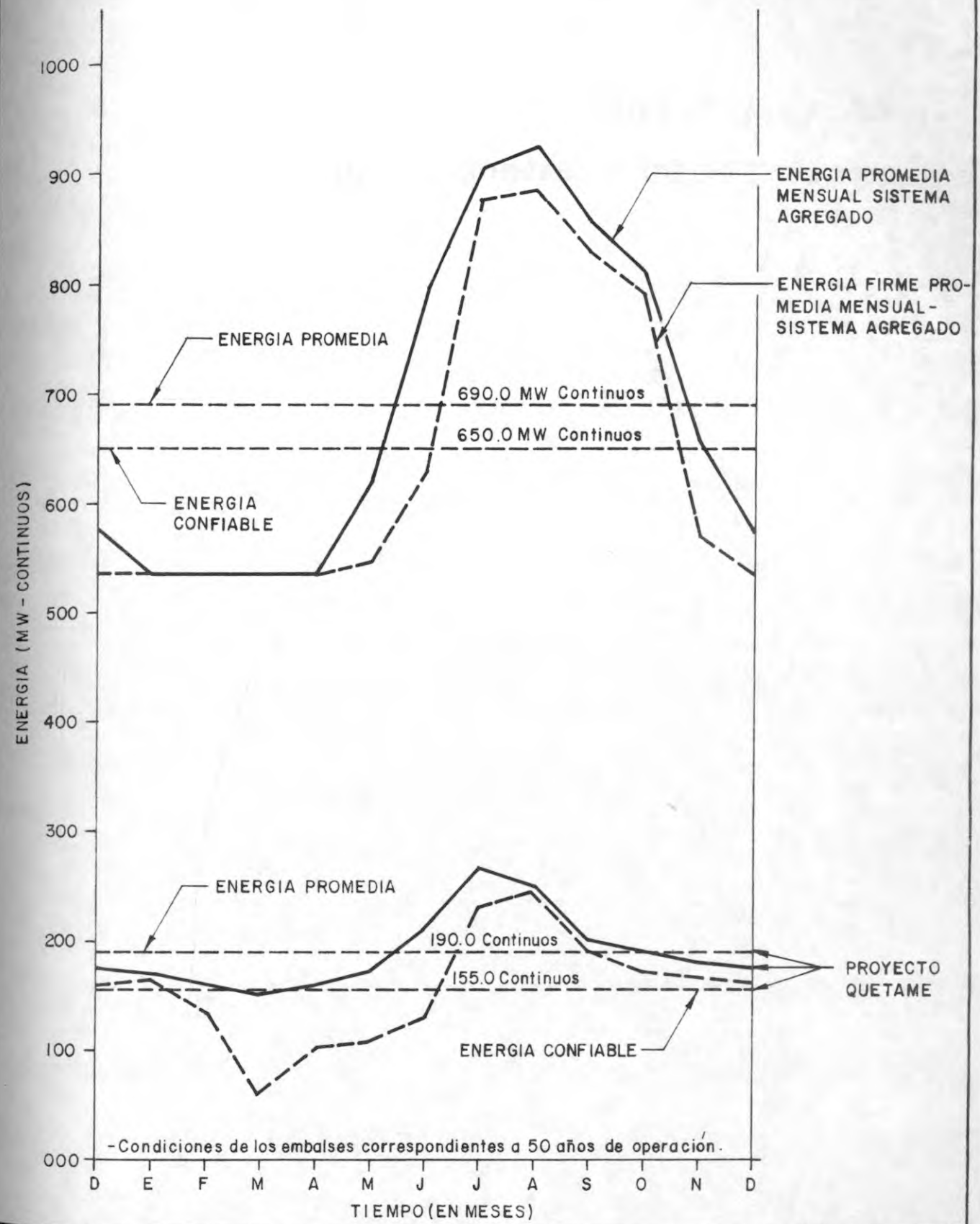
GENERACION HIDROELECTRICA
EN LA CENTRAL DE QUETAME

GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS - INTEGRAL

FECHA: JULIO 1982

ARCHIVO:

FIGURA: 5-3



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

PROYECTO QUETAME
 Contribución energética en el sistema agregado

FECHA: Julio 1982 ARCHIVO: FIGURA: 5-4

AMC
1982



ESTRUCTURA (VER VER ANEXO 2)



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

CAPITULO VI

Esquema general e infraestructura

[Faint, illegible text covering the right page, likely the main body of the chapter.]

CAPITULO VI

ESQUEMA GENERAL E INFRAESTRUCTURA

6.1 LOCALIZACION Y ACCESOS

La presa del Proyecto Quetame está localizada en un estrecho cañón situado 3 km aguas abajo del Caserío de Puente Quetame, K 64 de la carretera Bogotá-Villavicencio. La central subterránea se encuentra unos 2 kilómetros aguas arriba de la confluencia de los ríos Negro y Blanco y a un kilómetro del municipio de Guayabetal. Actualmente el acceso a esta zona se hace por la carretera pavimentada que conduce de Bogotá a Villavicencio.

6.2 ESQUEMA DEL PROYECTO

El Proyecto Quetame desarrolla el Río Negro entre las cotas 1428 y 945 mediante las siguientes obras (Véase Plano Q-1) :

- a. Una presa de 188 m de altura que con un nivel máximo de agua en la cota 1428, crea un embalse de 450 Mm³ e inunda alrededor de 895 ha.
- b. Un túnel de aducción para conducir al embalse los ríos Blanco, Taguaté y Chiquito. La longitud del túnel del Blanco-Taguaté-Embalse es de 16 km y la del túnel del Río Chiquito es de 2.6 km. La capacidad máxima de la desviación será de 20 m³/s.
- c. Un túnel de carga revestido en concreto, de 9 km de longitud y 6.4 m de diámetro; un pozo inclinado de 450 m de longitud y 5.10 m de diámetro; un tramo de túnel blindado de 120 m de largo y 4.30 m de diámetro y, por último, el distribuidor que tiene 163 m de longitud. La conducción tiene una longitud total de 9 860 m y lleva el agua a la central subterránea que tiene un salto máximo de 483 m.
- d. Una central subterránea que alojará cuatro unidades Pelton de 108 MW cada una tendrá un túnel de descarga de 640 m que restituirá el agua al cauce del Río Blanco muy cerca de su desembocadura al Río Negro.

- e. La construcción de 45 km. de carreteras, de los cuales 18 km se requieren para relocalizar el tramo de la carretera Bogotá a Villavicencio que será inundado por el embalse.

6.3 HIDROLOGIA Y SEDIMENTOS

De los estudios de hidrología y sedimentos se obtuvieron los resultados que aparecen a continuación :

El área de drenaje hasta el sitio del proyecto es de 1 325 km² y la precipitación media anual en la cuenca es de 1 430 mm.

El caudal medio del Río Negro en el sitio de presa es de 39 m³/s y será aumentado con un aporte máximo de 20 m³/s con la desviación del Río Blanco y sus afluentes, los ríos Taguaté y Chiquito. La creciente máxima probable del Río Negro ha sido estimada en 7 500 m³/s y la creciente para el diseño de la desviación durante la construcción, cuya frecuencia es de 1 : 25 años, es de 1 260 m³/s.

El acarreo total de sólidos del río se ha estimado en 3.1 Mm³ anuales, de los cuales 2.3 Mm³/año corresponden a sedimentos en suspensión.

6.4 GENERACION

Para determinar la energía firme, la energía primaria, la energía promedio, la energía confiable y la capacidad instalada en la central, se tuvo en cuenta la disminución del volumen útil del embalse debida a la sedimentación en 10 y en 50 años. En consecuencia, se hicieron estudios de generación para un periodo inicial de 10 años y para el periodo de vida útil del proyecto que es de 50 años. La fluctuación del salto máximo se fijó en un 20% aproximadamente y los niveles máximos anuales de embalse y mínimo de operación se fijaron a las cotas 1 428 y 1 365, respectivamente.

Los resultados del estudio de generación se resumen a continuación.

Periodo Inicial de 10 años :

- Energía promedio	190 MW continuos, $f_p = 0.45$
- Energía confiable	160 MW continuos, $f_p = 0.38$
- Energía primaria	150 MW continuos, $f_p = 0.36$

Periodo de 50 años :

- Energía promedio	190 MW continuos, $f_p = 0.45$
- Energía confiable	155 MW continuos, $f_p = 0.37$
- Energía primaria	150 MW continuos, $f_p = 0.36$

Capacidad instalada 420 MW

6.5 EMBALSE

El embalse creado por la presa tendrá un volumen total de 450 Mm³ a la cota 1 428 y un volumen útil de 360 Mm³ a la cota 1365, el cual se reducirá a 335 Mm³ a los 10 años - y a 270 Mm³ a los 50 años, debido a la acumulación de sedimentos. El área inundable será de 895 ha. La creación del embalse inundará la inspección de Puente Quetame y 17.6 km la carretera que será necesario relocalizar. La zona inundada no tiene tierras de alto potencial agrícola ó que estén en explotación intensiva (Véase Plano Q-1).

6.6 CARRETERAS Y VIAS DE ACCESO

La ejecución de las obras del Proyecto Quetame implicará la construcción de 45 km de carretera, de los cuales 18 km corresponden a la relocalización de la carretera Bogotá a Villavencio y 27 km a las vías de acceso local y de construcción.

6.6.1 Carretera Bogotá-Villavencio

El embalse de Quetame inundará la actual vía a Villavencio en una longitud aproximada de 14 km, por lo cual será necesario relocalizarla a partir del km 50. Teniendo en cuenta que era necesario reducir costo en puentes y túneles para el mismo tramo, y evitar un acceso adicional a la población de Quetame, se escogió un trazado por la margen derecha del embalse hasta el km 56 a -

proximadamente, donde se construirá un puente de 230 m de longitud para seguir de allí en adelante por la margen izquierda (Véase Plano Q-12).

La longitud total de la relocalización es de 17.6 km, de los cuales 16 km corresponden a la vía en sí, y 1.6 km a los túneles y puentes. El mismo tramo empalma con la carretera actual, aproximadamente 2 km aguas abajo del puente La Balsa. Las especificaciones del nuevo tramo se ajustan a las de la nueva carretera denominada " Autopista al Llano ", que se construirá en un futuro.

6.6.2 Vías de Acceso

Las vías de acceso a las obras del proyecto que será necesario construir, son las siguientes :

- a. Carretera a la población de Fosca y región del Río Sáname, con una longitud aproximada de 5.8 km. (Véase plano Q-12).
- b. Carretera de acceso a las obras de desviación del Río Blanco, con una longitud aproximada de 14 km. Esta vía sale de Gutiérrez, aprovechando un ramal existente, el cual es necesario continuar para llegar a los sitios de captación de los ríos Taguaté, Blanco y Chiquito. Esta carretera requerirá la construcción de puentes sobre los ríos Taguaté y Blanco.
- c. Carreteras de construcción y acceso a la casa de máquinas, al portal de salida del túnel de fuga, la subestación, la almenara y los pozos de cables y aireación. Para conectar esta red de vías con la carretera Bogotá-Villavicencio se requiere construir un puente sobre el Río Negro, aguas arriba de Guayabetal. La longitud total de las carreteras citadas es de 7 km aproximadamente.

CUADRO 6-1
CARACTERISTICAS GENERALES
PROYECTO QUETAME

NIVEL MAXIMO DEL EMBALSE	msnm	1 428
VOLUMEN UTIL DEL EMBALSE	Mm ³	360
AREA DEL EMBALSE	Ha	895
SALTO BRUTO MAXIMO	m	483
SALTO DE DISEÑO	m	444
LONGITUD DE CONDUCCION	km	9.1
CAUDAL DE DISEÑO	m ³ /seg	
- Con desviacion		110
- Sin desviacion		78
CAPACIDAD INSTALADA	MW	
- Con desviacion		420
- Sin desviacion		295
GENERACION MEDIA ANUAL	GWh-año	
- Con desviación		1 664
- Sin desviación		1 180
FACTOR DE CARGA PROMEDIO		
- Con desviación		0.45
- Sin desviación		0.44
COSTO TOTAL - US \$ Millones		
- Con desviación		372
- Sin desviación		302
COSTOS DE ENERGIA - US\$ Mils/kWh		
- Con desviación		31.4
- Sin desviación		35.8
COSTO DE POTENCIA - US \$/KW		
- Con desviación		886
- Sin desviación		1 024

Faint, illegible text on the left page, possibly bleed-through from the reverse side.

CAPITULO VII

Presa y obras anexas

Faint, illegible text on the right page, likely bleed-through from the reverse side.

CAPITULO VII

PRESA Y OBRAS ANEXAS

7.1 PRESA

7.1.1 Consideraciones de Diseño

El embalse requerido para obtener la generación de energía propuesta, requiere una presa de 188 m de altura medidos sobre la cota más baja de cimentación. El diseño preliminar de la presa del proyecto Quetame se basó en las características geológicas y topográficas del sitio, y en la disponibilidad de materiales de construcción. Estas características se pueden resumir en los siguientes parámetros de diseño :

- a. El sitio de presa es un cañón estrecho con pendientes transversales de 0.7 H : 1 V, lo cual implica una relación entre la longitud de la cresta y la altura de la presa de 1.5 aproximadamente. Aunque el estribo izquierdo es ligeramente más inclinado que el derecho, se puede describir el sitio como un cañón estrecho en forma de V simétrica. Topográficamente, el sitio es muy favorable para el emplazamiento de una presa, bien sea de gravedad o de arco de concreto (Véase Plano Q-7).
- b. Geológicamente, el sitio está localizado en el Paleozoico, que consiste de rocas metamórficas, duras, fracturadas, las cuales forman una estructura muy compleja, con un gran número de fallas; el río corre por una falla antigua no activa y recrystalizada, que separa dos litologías diferentes : (Véase Plano Q-17).
 - El estribo izquierdo consiste de rocas metamórficas del grupo Quetame, que se clasifican como filitas y pizarras grises oscuras muy fracturadas, con algunas intercalaciones de areniscas cuarcíticas.
 - El estribo derecho está totalmente formado por las areniscas de Gutiérrez, que son más bien cuarzos con intercalaciones de pizarras y conglomerado basal cuarcítico.

- c. Las características geotécnicas del sitio debidas a la intensa fracturación y al intemperismo típico tropical, hacen descartar la posibilidad del emplazamiento de una presa de arco que transfiera los empujes a los estribos que están cruzados por fallas y cuyo comportamiento es imprevisible. Sin embargo, para cualquier estructura del tipo de gravedad se encuentran condiciones geotécnicas favorables, aunque será necesario un tratamiento adecuado de los estribos para el control de las infiltraciones.
- d. La zona de la presa de Quetame tiene un nivel de actividad sísmica entre moderado y alto. La falla más importante sigue el cauce del río, es antigua e inactiva y no ofrece riesgos de desplazamientos. Sin embargo, existen fallas regionales activas localizadas dentro de una distancia de 40 km del sitio de presa, con epicentros históricos a profundidad, cuyos efectos tendrán que tenerse en cuenta para el diseño de la estructura. (Véase Plano Q-17).
- e. El lecho del río presenta una capa delgada de depósitos aluviales recientes, consistentes en grandes bloques en matriz de arena y grava; estos depósitos tendrán que ser removidos por lo menos bajo el área del núcleo y considerando su poco espesor, preferiblemente bajo toda el área de la presa.
- f. El material más abundante en la zona de la presa de Quetame es la roca que, como ya se dijo, está compuesta de cuarcitas duras de excelente calidad para enrocamiento, o como agregados para concretos. Por otra parte, unos 3 km aguas arriba del sitio de presa se encuentra un depósito coluvial o Talus de Ladera de gravas, en matriz de arcilla, adecuado para la construcción de un núcleo impermeable. Este depósito se investigó.

7.1.2 Tipo de Presa

Considerando la gran altura de la presa, 188 m, y las condiciones geológicas y geotécnicas descritas en el punto anterior, el sitio es adecuado para el emplazamiento de una presa del tipo gravedad. Por la disponibilidad de materiales y por razones económicas, la presa será del tipo de escollera con núcleo central impermeable. El volumen total de la presa será de 9 millones de

metros cúbicos, de los cuales un millón corresponde al núcleo. (Véase Plano Q-3).

7.1.3 Sección Típica

La sección de la presa será zonificada para aprovechar las ventajas de los materiales procesados y al mismo tiempo reducir al mínimo la necesidad de procesamiento. Tentativamente, y teniendo en cuenta la sismicidad de la zona, se han proyectado taludes relativamente conservadores de 2 H : 1 V aguas arriba y 1.8 H : 1 V aguas abajo; la ataguía de desviación está parcialmente incorporada al talud de aguas arriba. Las zonas de la presa, como se muestra en los planos Q-3 y Q-4, son las siguientes :

- a. Núcleo. Consiste en material de Talus de Ladera de gravas arcillosas con un mínimo de 25% de finos y tamaño máximo de 6". Este material se colocará con la humedad natural de la zona de préstamo que está aproximadamente un 2% por encima del óptimo.
- b. Transiciones. A ambos lados del núcleo se colocarán zonas de transición, con una gradación tal que no permitan la fuga de finos del núcleo hacia los espaldones; las zonas de transición tendrán dos capas de gradación diferentes, la más gruesa hacia el lado externo.
- c. Espaldones. A ambos lados de las zonas de transición se colocará un enrocado de tamaño relativamente pequeño (máximo de 30") y bien compactado que será el soporte principal de la presa y tendrá deformaciones compatibles con las del núcleo.
- d. Enrocado. La parte externa de los espaldones estará formada por los tamaños gruesos del enrocado hasta de 70", con especificaciones menos exigentes, tanto en gradación como en compactación.

7.1.4 Fundación

Considerando el poco espesor de los depósitos aluviales en el lecho del río, éstos se removerán totalmente bajo el área de cons

trucción de la presa. Bajo el área del núcleo, y para proporcionar una superficie pareja, se ha previsto un bloque de concreto en la zona del cauce, de unos 5 m de altura.

No se ha proyectado una excavación geométrica en los estribos para el contacto con el núcleo. Se eliminarán las salientes de roca y se rellenarán las cárcavas y huecos con concreto dental hasta proporcionar una superficie adecuada de contacto entre el núcleo y la roca, la cual se revestirá con concreto lanzado o gunita inmediatamente antes de la colocación del núcleo de arcilla.

7.1.5 Inyecciones

Considerando la alta fracturación de la roca en los estribos y las numerosas fallas presentes en el sitio, se ha previsto un sistema de inyecciones extenso y confiable compuesto de las siguientes obras :

- a. Toda la zona de contacto entre el núcleo y la roca se tratará por medio de un manto de inyecciones de consolidación de 10 m de profundidad y baja presión, las cuales servirán para retener la lechada de las inyecciones más profundas posteriores (Véase el Plano No.Q-4).
- b. Se construirán tres niveles de galerías en ambos estribos para permitir la inyección en los estribos a profundidad, sin gran longitud de perforación, y al mismo tiempo para que obren como galerías de drenaje, con sus huecos respectivos durante la operación de la presa. (Véase Plano Q-4).
- c. Desde las galerías se inyectará una cortina corta-flujo, de tal manera que los estribos tengan tratamiento hasta una profundidad de 80 m (Plano Q-4).

7.1.6 Cresta

Se ha seleccionado un ancho de cresta de 12 m que permitirá el tránsito de camiones pesados hacia las obras de bocatoma y vertederos. La longitud de cresta será de 280 m.

7.1.7 Atagüa de Desviación

La atagüa, con un volumen de 250 000 m³, también se construirá de enrocado, con un núcleo inclinado aguas arriba y de características similares a aquel de la presa principal. Para la construcción de la atagüa se prevé excavar los depósitos aluviales recientes, por lo tanto la pre-atagüa deberá tener un sistema de tablestacado corta-flujo o como alternativa, pozos de bombeo que mantengan seca el área de excavación.

7.2 REBOSADERO

El rebosadero estará localizado en la margen derecha para aprovechar la depresión formada por la Quebrada Estaquecá y allí localizar la estructura de compuertas del rebosadero; de esta manera, se obtiene un mejor alineamiento de la descarga con la dirección general del río (Plano Q-5).

La posibilidad de construir un rebosadero con canal abierto se descartó dado lo empinado de los taludes del cañón del río, lo cual crearía cortes cuyas alturas alcanzarían más de 200 m, y que pese a la buena calidad de la roca presentarían riesgos de inestabilidad y costos excesivos de construcción.

El esquema seleccionado es un rebosadero en túnel que constará de una estructura de concreto a la cota 1 410 con 2 compuertas radiales de 18 m de altura y 18 m de ancho. Inmediatamente después de la estructura de control la descarga se hará por medio de dos túneles en forma de herradura de 13.3 m de altura por 13.3 m de ancho cuya longitud será de 800 m. Estos túneles que se han diseñado para una descarga máxima de 7 500 m³/s, funcionarán a flujo libre. En los primeros 70 m la pendiente de los túneles será de 100% y posteriormente continuarán con una pendiente del 2.8% hasta el deflector donde se efectúa la descarga al cauce del Río Negro. A espacios regulares los túneles estarán provistos de ranuras de aireación que proveerán el suficiente suministro de aire que impedirá cavitación del piso y las paredes de los túneles.

El sitio seleccionado para recibir la descarga de los túneles es

una zona relativamente ancha del cauce del río, la cual garantizará que la erosión producida por los chorros de descarga no ocasionen grandes derrumbes en la ladera del cañon.

7.3 DESVIACION Y DESCARGA DE FONDO

La desviación se hará mediante una ataguía de 30 m de altura y un túnel de desviación. La ataguía será de enrocado con núcleo impermeable. El túnel de desviación tendrá una longitud de 865 m con pendiente del 2.54 % y su sección será en herradura, de 9.3 x 9.3 m y revestida en concreto, cuya capacidad será de 1 260 m³/s.

La descarga de fondo estará localizada en el túnel de desviación y tendrá dos compuertas de 1.5 m de ancho por 2.5 m de alto, localizadas en el extremo aguas abajo del tapón de concreto. La capacidad de la descarga de fondo permitirá regular los caudales durante el llenado del embalse, y también efectuar el desembalse en caso de alguna falla o imprevisto que implique efectuar reparaciones durante la construcción ó en el periodo de operación de la central (Plano Q-6).

1. Introducción

2. Marco teórico

3. Metodología

4. Resultados

5. Conclusiones

6. Bibliografía

CAPITULO VIII

Conducción y obras de generación

El presente capítulo describe el proceso de conducción y ejecución de las obras de generación de energía eléctrica. Se detallan los aspectos técnicos, económicos y legales que intervienen en este tipo de proyectos, desde la concepción inicial hasta la puesta en marcha y el mantenimiento posterior.

Se abordan temas como la selección de tecnologías de generación, el diseño de las instalaciones, los procedimientos de licitación y contratación, así como los aspectos de seguridad y medio ambiente que deben considerarse durante todo el ciclo de vida de la obra.

CAPITULO VIII

CONDUCCION Y OBRAS DE GENERACION

8.1 OBRAS DE CAPTACION

Las obras de captación de la central están conformadas por una bocatoma, un túnel horizontal, un pozo de compuertas y un pozo inclinado (Plano Q-7).

La bocatoma está ubicada en una plazoleta a la cota 1 350, cerca del contrafuerte derecho de la presa, y está conformada por una estructura sumergida con aducción frontal y con rejas coladeras verticales de unos 170 m² de área, divididas en 4 módulos removibles de 3.0 m de ancho por 14 m de altura. Esta estructura se ha diseñado para operar con un nivel mínimo del embalse a la cota 1 365, y dispone de guías que permiten instalar, en caso necesario y con niveles mínimos del embalse, una compuerta plana de emergencia, de 5.6 m de ancho por 7.0 m de altura.

El túnel horizontal y el pozo inclinado, ambos revestidos en concreto reforzado, con diámetro de 5.6 m y con 120 m de longitud y 30 m de profundidad, respectivamente, conectan la bocatoma con el túnel de carga. Al final del túnel horizontal se encuentra localizado el pozo de compuertas desde el cual se opera una compuerta de cierre principal y otra auxiliar.

El pozo de compuertas, en su extremo superior, está ubicado en una plazoleta a la cota 1 438, tiene una profundidad de 85 metros, una sección de excavación ovalada de 8.0 m de ancho por 12.0 m de largo, revestida en concreto reforzado y dividida por tabiques en tres fosos para albergar en uno de ellos la compuerta auxiliar, en otro la compuerta principal y para utilizar el tercero como ducto de aireación. Este pozo dispone, a nivel de plazoleta, de un piso para mantenimiento de las compuertas, y de una estructura exterior para operación de las mismas, equipada con un puente grúa para el montaje de los equipos, para la operación de la compuerta auxiliar y para eventuales reparaciones de la principal.

La compuerta principal puede ser cerrada contra el flujo; tiene 4.0 m de ancho por 5.6 m de altura, libres, y es del tipo de ruedas o rodillos, operada por un servomotor desde la plazoleta. Por otra parte, la compuerta auxiliar es de iguales dimensiones que la principal, cierra sin flujo y es operada por el puente-grúa de la estructura exterior.

Para el llenado de las conducciones se dispuso en el pozo de compuertas de un "by-pass", con una válvula operada desde la estructura exterior, el cual permite un llenado lento de las conducciones y también abrir las compuertas con presiones equilibradas.

Es conveniente anotar que la bocatoma se localizó a la cota 1 350, con el fin de reservar un embalse muerto tal que permita almacenar los sedimentos durante unos 40 años y con la finalidad adicional de reducir los niveles de operación del embalse a un rango tal que presente variaciones de salto tolerables por el tipo de turbinas seleccionado.

Por otra parte, el esquema de captación adoptado, con bocatoma sumergida y pozo de compuertas, se consideró como el más adecuado al tener en cuenta la esbeltez que sería necesario dar a una estructura alternativa con compuertas incorporadas.

En cuanto respecta a la disposición del túnel horizontal y del pozo inclinado, previstos para conectar la bocatoma con el túnel de carga, ésta se debe a la necesidad de cruzar el túnel de carga adecuadamente por debajo de los túneles vertedero, tanto como a la finalidad de obtener una menor presión estática para las compuertas de cierre.

8.2 CONDUCCION

La conducción de la Central está conformada por el túnel de carga, el pozo de presión, el túnel blindado y el distribuidor (Plano Q-7).

El túnel de carga se inicia en la abscisa 150, tiene una longitud de 9 100 m, pendiente negativa de 0.5%, sección en forma de herradura revestida en concreto lanzado, de 6.4 m de diámetro, y

sus alineamientos horizontal y vertical se han diseñado para obtener un techo de roca del 100% de la presión estática máxima. El túnel de carga dispone, en su extremo de aguas abajo, de una almenara con dos cámaras de expansión localizadas en las cotas 1 335 y 1 450, comunicadas entre sí por un pozo vertical de 8.0 m de diámetro y con el túnel de carga por un pozo también vertical, de 5.0 m de diámetro y unos 65 m de altura, en cuyo extremo superior se dispone de un orificio restringido. Dichas cámaras tienen una sección transversal de unos 45 m² de área y una longitud de unos 170 m.

Teniendo en cuenta que el tramo inicial del túnel de carga cruza por debajo de los túneles vertedero, se ha considerado conveniente, con el fin de impedir fugas, revestir los 300 m iniciales en concreto reforzado con inyecciones de consolidación sistemáticas.

Desde el punto de vista constructivo, se consideraron dos ventanas de construcción para el túnel de carga y una para la almenara. La ventana No. 1 tiene una longitud de unos 100 m, se utiliza para excavar el túnel desde su extremo de aguas arriba, y se taponará con concreto una vez concluidos los trabajos. La ventana No. 2 tiene una longitud de unos 350 m, se utiliza para excavar el túnel desde su extremo de aguas abajo, y en ella se ha dispuesto un tapón de concreto con una tubería embebida de 0.90 m de diámetro, con tapa en su extremo exterior, que se utilizaría para inspección del túnel. Por su parte, la ventana No. 3 tiene una longitud de unos 100 m, llega a la cámara superior de la almenara y sirve a la vez como túnel de aireación de ésta.

El túnel de carga estará unido, en su extremo de aguas abajo, con un pozo inclinado a 48° con la horizontal, de 450 m de longitud y con sección revestida en concreto simple, de 5.1 m de diámetro y que a su vez se une con un túnel horizontal de 120 m de longitud y 4.3 m de diámetro, revestido en lámina de acero embebida en concreto y que al final, para conformar el distribuidor, se divide en cuatro ramales de 2 m de diámetro para alimentar sendas unidades generadoras. Con el fin de evitar infiltraciones hacia la zona de casa de máquinas, se escogió una longitud de blindaje que fuese a-

proximadamente una tercera parte de la presión estática y, además, en el extremo de aguas arriba de este túnel blindado se dispuso una cortina de inyecciones (Plano Q-8).

8.3 CASA DE MAQUINAS

8.3.1 Obras Civiles

Están constituídas por un túnel de acceso, dos cavernas, dos pozos verticales y los necesarios túneles de construcción (Planos Q-8 y Q-9).

El túnel de acceso, de 740 m de longitud, 38 m² de sección y 10.2% de pendiente, comunica la caverna principal con una plaza exterior ubicada en la cota 1 030.

La caverna principal, conformada por una zona de unidades generadoras y otra de montaje, tiene 99 m de longitud, 20 m de ancho y 33 m de altura, y pueden distinguirse en ella tres 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; un piso intermedio a nivel de los accesos a los cojinetes guía y mecanismo de operación de las turbinas, y un piso inferior donde van las fundaciones de las válvulas esféricas y las plataformas de inspección de los rodetes y toberas de las turbinas.

Por encima del piso principal se disponen las estructuras que conforman el camino de rodadura del puente-grúa, y el cielo raso 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 descarga.

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 de neutro de los generadores van en el piso intermedio.

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

La caverna de transformadores, de 79 m de longitud, 11 m de ancho y 15 m de alto, quedará 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 tendrán 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.

En uno de los extremos de la caverna y a nivel del techo de las celdas de transformadores estará la caverna de los equipos de ventilación y acondicionamiento de aire, la cual, también interconectará la caverna de transformadores con dos pozos verticales : uno de salida de cables y otro de admisión de aire exterior para ventilación de la Central.

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 saldrán los cables aislados en aceite, a 230 kV, los cuales serán llevados hasta la base del pozo vertical y hasta la plazoleta de la subestación, localizada en la cota 1 420. En el pozo de cables se disponen las necesarias escaleras y plataformas metálicas, que conforman las estructuras de soporte de guías de un ascensor eléctrico automático, para acceso directo a la central y para una salida de emergencia desde ésta.

8.3.2 Equipos Mecánicos

a. Turbinas

La Central tendrá cuatro turbinas del tipo Pelton de eje vertical y de seis chorros, diseñadas para una potencia de 109 MW cuando operan con un salto neto de unos 444 m, un caudal de $28 \text{ m}^3/\text{s}$ y una velocidad sincrónica de 277 rev/min. Cada turbina contará con una válvula de entrada del tipo esférico de 2.00 m de diámetro, que opera con agua de tubería de presión y será controlada mediante un regulador de velocidad electrohidráulico.

b. Puente Grúa

Para montaje y mantenimiento de los equipos de la Central, se proveerá un puente grúa de 220 toneladas de capacidad y 19 m de luz, provisto de monorriel de 20 toneladas, desplazable independientemente del carro de la grúa, y sin gancho auxiliar.

8.3.3 Sistemas Auxiliares

a. Agua de Refrigeración

Para refrigerar las unidades y el aire de ventilación, se bombearán unos 600 l/s de agua de los canales de descarga, que circularán por los intercambiadores de calor requeridos, y descargará a los fosos de turbinas.

b. Ventilación y Aire Acondicionado

La Central contará con unidades de manejo y acondicionamiento de aire que tomarán unos $220\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ de aire a través del pozo previsto para tal fin y lo distribuirán así: un 30% para el pozo de cables y un 70% para la casa de máquinas. Del aire de casa de máquinas se utilizarán un 10% para aireación de las turbinas y el resto saldrá por el túnel de acceso. El acondicionamiento del aire se hará mediante serpentines alimentados con agua de los canales de descarga. El sistema previsto resulta favorable puesto que las capacidades involucradas no requerirán recirculación de aire dentro de la Central.

c. Aire Comprimido

Para el suministro de aire comprimido en la Central, incluyendo frenado de los generadores, se dispondrá 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.

d. Agua Potable y Aguas Negras

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

e. Otros

En la Central se proveerán los sistemas y equipos necesarios para protección contra incendio y para reparaciones menores (máquinas, herramientas).

8.3.4 Equipos Eléctricos

a. Generadores

Los generadores serán sincrónicos, de eje vertical, con capacidad nominal de 110 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 serán 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 serán de fase segregada, en ducto y con conductores de aluminio, y cuyas capacidades continua y de corto circuito estarán de acuerdo con las capacidades de los generadores y del sistema.

b. Transformadores de Potencia

Cada grupo de dos generadores estará conectado, a través de interruptores, con un banco de tres transformadores monofásicos de dos devanados, clase FOW, con capacidad individual de 85 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 conectarán a la subestación exterior por medio de dos circuitos trifásicos de cables monopoles de 230 kV, aislados con aceite, que saldrán por el pozo respectivo hasta la estructura de salida de cables. Cada circuito de cables tendrá una longitud aproximada de 450 m.

d. Servicios Auxiliares

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

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

e. Equipo de Control y Protección

En servicio normal de la Central, estará controlada desde el centro de despacho de la Empresa de Energía Eléctrica. Las señales de control y supervisión llegarán a través de los canales de comunicación a la unidad terminal remota (RTU). Cada unidad contará 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 contarán con equipos de protección electrónico, tanto principal como de respaldo.

8.4 OBRAS DE DESCARGA

Las obras de descarga están conformadas por cuatro canales co-

CAPITULO II

lectores que entregan el caudal turbinado a un túnel de descarga de 640 m de longitud, con pendiente negativa de 0.2% y sección sin revestir en forma de herradura, de 8.1 m de ancho por 8.1 m de altura. Este túnel conduce, a flujo libre y bajo condiciones normales de operación, un caudal de $110 \text{ m}^3/\text{s}$, con una velocidad aproximada de 2.4 m/s y con una altura de flujo de 5.7 m. En el diseño de este túnel se ha previsto un área libre de unos 13.0 m^2 , con el fin de evacuar ondas debidas a variaciones bruscas del caudal. El túnel descargará por medio de una estructura de disipación al embalse de Guayabetal, con flujo normal y aproximadamente en la cota 940, que corresponde a un nivel del embalse con creciente con recurrencia aproximada de 50 años (Plano Q-8).

8.5 SUBESTACION

Subestación de 230 kV

La Central está conectada a una subestación exterior de 230 kV, del tipo de interruptor y medio, instalada en una plazoleta de 60 m x 130 m aproximadamente, localizada en la cota 1 420. De esta subestación saldrán dos líneas de transmisión hacia la ciudad de Bogotá y dos hacia la subestación de Guayabetal. Próxima a la zona de la subestación se construirá el edificio de mando de la Central con sus oficinas respectivas (Plano Q-8)

1. El presente informe tiene por objeto describir y analizar el estado actual de la obra de desviación del Río Blanco, así como las obras que se proyectan para completar el proyecto.

2. La obra de desviación del Río Blanco se inició en el año 1960, con el fin de evitar las inundaciones que sufría la zona de cultivo que rodea al pueblo de Río Blanco, al ser inundado por las aguas del río durante las temporadas de lluvias.

3. La obra se ha desarrollado en varias etapas, iniciando con la construcción de la presa de regulación de aguas, la cual tiene una capacidad de almacenamiento de 10 millones de metros cúbicos.

4. Posteriormente se construyó el canal de desviación, el cual tiene una longitud de 10 kilómetros y una capacidad de conducción de 100 metros cúbicos por segundo.

5. Actualmente se encuentra en marcha la construcción de la obra de desviación definitiva, la cual consistirá en la construcción de un canal de desviación de 15 kilómetros de longitud, con una capacidad de conducción de 150 metros cúbicos por segundo.

6. La obra de desviación definitiva se proyecta para ser completada en el año 1975, lo que permitirá a la zona de cultivo que rodea al pueblo de Río Blanco, disponer de un sistema de riego permanente, evitando así las inundaciones que sufría anteriormente.

7. La obra de desviación definitiva se proyecta para ser financiada por el Estado, a través del Fondo de Inversión y Fomento, lo que permitirá a la zona de cultivo que rodea al pueblo de Río Blanco, disponer de un sistema de riego permanente, evitando así las inundaciones que sufría anteriormente.

CAPITULO IX

Desviación Río Blanco

Este capítulo describe el proyecto de desviación del Río Blanco, incluyendo una descripción general de la obra, los objetivos del proyecto, el alcance del estudio y el método de trabajo utilizado.

El proyecto de desviación del Río Blanco tiene como objetivo principal evitar las inundaciones que sufría la zona de cultivo que rodea al pueblo de Río Blanco, al ser inundado por las aguas del río durante las temporadas de lluvias.

La obra de desviación se ha desarrollado en varias etapas, iniciando con la construcción de la presa de regulación de aguas, la cual tiene una capacidad de almacenamiento de 10 millones de metros cúbicos. Posteriormente se construyó el canal de desviación, el cual tiene una longitud de 10 kilómetros y una capacidad de conducción de 100 metros cúbicos por segundo.

Actualmente se encuentra en marcha la construcción de la obra de desviación definitiva, la cual consistirá en la construcción de un canal de desviación de 15 kilómetros de longitud, con una capacidad de conducción de 150 metros cúbicos por segundo. La obra de desviación definitiva se proyecta para ser completada en el año 1975, lo que permitirá a la zona de cultivo que rodea al pueblo de Río Blanco, disponer de un sistema de riego permanente, evitando así las inundaciones que sufría anteriormente.

La obra de desviación definitiva se proyecta para ser financiada por el Estado, a través del Fondo de Inversión y Fomento, lo que permitirá a la zona de cultivo que rodea al pueblo de Río Blanco, disponer de un sistema de riego permanente, evitando así las inundaciones que sufría anteriormente.

CAPITULO IX

DESVIACION DEL RIO BLANCO

9.1 GENERALIDADES

La desviación del Río Blanco y sus afluentes, ríos Chiquito y Taguaté, hacia el embalse de Quetame, aportará un caudal medio anual de $14.9 \text{ m}^3/\text{s}$. Las obras de captación y conducción se describen a continuación.

9.2 RIO CHIQUITO

9.2.1 Captación

La captación estará localizada en la cota 1 750 y consistirá en una bocatoma de fondo de concreto-gravedad de 8 m de altura y 20 metros de longitud. El canal de toma estará provisto de rejas espaciadas a 5 cm que evitarán la entrada de gravas gruesas a la conducción. Se ha diseñado, además un canal de limpia que permitirá la evacuación periódica de los sedimentos que se acumulen frente a la entrada del túnel.

9.2.2 Conducción

La conducción consistirá de un pozo vertical revestido en concreto de 2.0 m de diámetro y 230 m de profundidad y un túnel de 2.80 m de diámetro con solera de concreto y 2.6 km de longitud. El túnel descargará en el pondaje de la toma del Río Blanco.

9.3 RIO BLANCO

9.3.1 Captación

La captación del Río Blanco estará localizada en la cota 1 453.5 y consistirá en una bocatoma de fondo, de concreto gravedad de 12.5 m de altura y 65 m de longitud. El canal de toma estará provisto de rejas espaciadas a 5 cm que evitarán la entrada de gravas gruesas. Se ha diseñado además un canal de limpia que permitirá la evacuación periódica de los sedimentos que se acumulen

En frente a la entrada del túnel, ésto se hará por medio de una compuerta de 3.0 x 4.0 m.

9.3.2 Conducción

La conducción consistirá de un túnel de 16 km de longitud y 4.0 m de diámetro, con una pendiente del 0.2 % que descargará el agua en el embalse de Quetame a la cota 1 420.

A este túnel se le adicionará el caudal del Río Taguaté captado mediante un pozo de 23 m; en el numeral siguiente se explica la captación del Río Taguaté.

9.4 RIO TAGUATE

Debido a las condiciones de cimentación de las obras de toma, un depósito aluvial de espesor considerable, se escogió una presa vertedora tipo " Presa India " que se adapta muy bien a este tipo de cimentación, es sencilla y de fácil construcción. La presa consiste en un muro vertedor de concreto de 6.0 m de altura sobre el nivel de la fundación, confinado 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.

La estructura de captación, localizada sobre la margen izquierda, comprende un canal de aducción a la cota 1 472, una toma controlada y un pozo vertical de 23 m de altura que conecta con el túnel del Río Blanco.

CAPITULO X

Aspectos ambientales

El presente capítulo trata de los aspectos ambientales que se relacionan con el desarrollo sostenible, considerando los impactos ambientales de las actividades humanas y las medidas necesarias para mitigarlos.

En primer lugar, se debe tener en cuenta que el desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas.

Los aspectos ambientales se refieren a aquellos factores que pueden ser afectados por las actividades humanas, tales como el agua, el aire, el suelo, la flora y la fauna. Es importante evaluar los impactos ambientales de las actividades humanas y tomar medidas para mitigarlos.

En conclusión, los aspectos ambientales son fundamentales para el desarrollo sostenible. Es necesario evaluar los impactos ambientales de las actividades humanas y tomar medidas para mitigarlos, con el fin de garantizar un futuro sostenible para las generaciones futuras.



El desarrollo sostenible requiere un enfoque integral que considere los aspectos económicos, sociales y ambientales. La mitigación de impactos ambientales es una parte esencial de este enfoque.

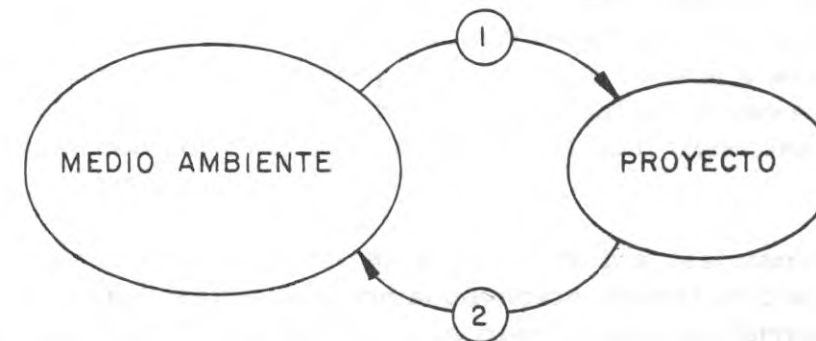
Las actividades humanas pueden tener impactos significativos en el medio ambiente. Es importante evaluar estos impactos y tomar medidas para mitigarlos, con el fin de garantizar un futuro sostenible.

En conclusión, los aspectos ambientales son fundamentales para el desarrollo sostenible. Es necesario evaluar los impactos ambientales de las actividades humanas y tomar medidas para mitigarlos, con el fin de garantizar un futuro sostenible para las generaciones futuras.

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 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 el proceso de relativa importancia, el cual es de la elevada producción de sedimentos en su 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 mayor 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 a-

plicar 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.3o.) y por el otro, ordena 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

Con el fin de identificar las principales fuentes de sedimentos se realizó un estudio del potencial de erosión de la cuenca del Río Negro. Como es sabido, los principales factores que influyen sobre la erodabilidad del suelo son la resistencia litológica, la actividad tectónica, la cantidad e intensidad de la precipitación, las pendientes del terreno, la cobertura vegetal y el uso del suelo. La predominancia e interacción de tales factores se evaluó en la cuenca del Proyecto Quetame, la cual tiene una superficie de 1 325 km².

El proceso erosivo dominante es el de los deslizamientos sobre cauces ocasionados por socavación lateral en zonas de lutitas cretáceas. Gran parte de la cuenca está conformada por lutitas generadoras de flujos masivos de tierra de muy lento desplazamiento, los cuales al ser intersectados por quebradas se convierten en fuentes de suministro continuo de sedimentos. Es común observar taludes sin protección vegetal hasta de 50 m de alto en tales intersecciones.

Aunque los deslizamientos no son grandes, sí representan un gran aporte para los cientos de kilómetros de cauces donde esto ocurre.

Existen además otros procesos que, como el de la erosión laminar, causada principalmente por la intensa actividad agrícola en la zona, generan grandes cantidades de sedimentos. La parte probablemente más estable de toda el área es la ubicada por encima de la cota 2 500 m. En ella se encuentran suelos orgánicos de espesor apreciable los cuales, conjugados con la menor precipitación y la menor pendiente, son menos susceptibles a la erosión.

10.2.2. Vegetación

La cobertura vegetal de la cuenca puede distribuirse aproximadamente en las siguientes categorías :

COBERTURA VEGETAL

Tipo	Porcentaje
Cultivos	20
Pastos	31
Rastrojo	26
Vegetación de Páramo	9
Bosque Natural	14
TOTAL	100

Las áreas de cultivos agrícolas se encuentran concentradas principalmente en la parte media de la cuenca. Los principales cultivos identificados son: el maíz, el frijol, el tomate, la ahuyama, la cebolla, la papa, la arveja y el haba. En menor proporción se encuentran el café, la yuca, la remolacha y la caña. Como puede apreciarse, los principales productos son de corto plazo (4 - 8 meses) y se cultivan limpiando completamente el suelo, favoreciendo así la erosión. Estas zonas agrícolas registran la mayor densidad de población y el mayor número de explotaciones por hectárea (minifundio).

Por encima de la cota 1 900 m disminuye la agricultura para dar paso a la ganadería productora de leche. Por debajo de esta cota (1 900 m) los pastos son estacionales y se destinan a la ganadería de ceba y levante. A partir de los 3 100 m, se presentan pastos naturales poco productivos los cuales, son utilizados en ganadería extensiva.

Las áreas de rastrojo se encuentran dispersas por toda la cuenca, principalmente en aquellos sitios que por condiciones de pendiente, fertilidad o clima, no pueden ser mejor aprovechados.

Los bosques naturales existentes son bosques degradados (sin ma-

deras comerciales de importancia) y se encuentran en las partes altas de la zona oriental y en las cabeceras del Río Sáname.

La erosión laminar que se presenta en la cuenca admite tres formas fundamentales de control : técnicas apropiadas de conservación de suelos en las áreas agrícolas y pecuarias, manejo racional de los bosques naturales y programas de reforestación en las zonas de rastrojo y de agricultura marginal.

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

Con excepción de pequeñas vegas ubicadas a lo largo del Río Negro, el embalse de 9 km² no inundará tierras de potencial agrícola significativo. Más aún, los escarpados suelos de la zona del embalse y su región aledaña presentan un alto grado de erosión superficial. Por otra parte, la calidad de las aguas del Río Negro será afectada principalmente en la etapa constructiva del proyecto por el inevitable arrastre de sólidos provenientes de los sitios de construcción de la presa, los túneles, las carreteras y las áreas de préstamo de materiales. Esta carga de sólidos se sumará a las ya elevadas concentraciones existentes en las aguas. Durante

la fase operativa del proyecto se presentará un efecto benéfico para los sectores ubicados aguas abajo del embalse por el efecto sedimentador y depurador de este último. No se espera el desarrollo de condiciones eutróficas en el embalse debido principalmente al corto tiempo de retención del agua (88 días en promedio), a la alta relación profundidad - tiempo y a la bajísima cantidad de biomasa vegetal inundada.

Los tramos de los ríos Blanco y Negro, ubicados aguas abajo del lugar de desviación y del sitio de presa respectivamente, se verán afectados por la disminución de su caudal natural, lo cual será particularmente visible en las épocas de baja precipitación. Debe señalarse, sin embargo, que por la configuración encañonada de ambos cauces, el aprovechamiento actual y potencial de estas aguas es prácticamente nulo y por tanto, el efecto no es muy significativo.

10.3.3 Medio Biológico

En lo relacionado con el medio biológico, los reconocimientos realizados mostraron una región con flora y fauna, terrestre y acuática, extremadamente pobres. La intensidad de las actividades antrópicas en la zona ha eliminado casi por completo los elementos del entorno natural y, por tal razón, los efectos de la realización del proyecto probablemente no tendrán un impacto negativo apreciable. Por el contrario, se creará la posibilidad de fomentar el desarrollo del recurso ictiológico en el nuevo cuerpo de agua léntico.

10.3.4 Medio Humano

El mayor efecto de la construcción del proyecto será la inundación de la población de Puente Quetame. Esta población, con carácter de Inspección de Policía, está localizada sobre la carretera Bogotá-Villavicencio y consta de una población aproximada de 500 habitantes. Su mayor actividad económica es en el sector comercial. Considerando que en los alrededores de la cabecera municipal existen posibilidades de expansión urbana, dadas sus características topográficas, los habitantes que deseen continuar sus actividades comerciales podrán hacerlo en dicha zona. Asimismo, estas personas disfrutarán de los bienes y servicios que proporcio

na Quetame y tendrán acceso a la nueva localización de la carretera Bogotá-Villavicencio.

Con respecto a la población rural, el número de viviendas directamente afectadas por el embalse es de aproximadamente 25. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las tierras actualmente dedicadas a usos agrícolas o que potencialmente podrían ser utilizadas con este fin, son muy pocas.

Debido a la formación del embalse, deberán relocalizarse 14 km de la carretera Bogotá-Villavicencio, comprendidos entre el K50 y el K 64 del abscisado del MOPT. La alternativa seleccionada, sobre la margen izquierda del embalse, además de ser la más económica, tiene las ventajas de no presentar interferencias durante su construcción con la carretera central y de no aislar a la población de Quetame, ya que pasará cerca a su zona urbana.

Por otra parte, deben señalarse también los problemas derivados de las actividades de construcción de las obras y de la gran afluencia de población durante este periodo. Este generará una mayor demanda de servicios públicos y educacionales y un posible incremento en los precios de los bienes de consumo.

Finalmente, debe mencionarse que el Proyecto Quetame generará algún desarrollo turístico en la región, principalmente por su cercanía a la ciudad de Bogotá y por el alto volumen de tráfico en la vía que lo atraviesa.

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

4. *[Faint text, likely a header or title]*

<p><i>[Faint header text]</i></p>	<p><i>[Faint header text]</i></p>	<p><i>[Faint header text]</i></p>	<p><i>[Faint header text]</i></p>
<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>
<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>
<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>
<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>
<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>	<p><i>[Faint text]</i></p>

[Faint text]

CAPITULO XI

Costos y presupuesto

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 Quetame, 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 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 adquisi-

ción de tierras, relocalización de habitantes, construcción y relocalización 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 un 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 No. 11.1 se presenta el presupuesto resumido del Proyecto Quetame.

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	0.5 %
	<hr/>
TOTAL	14.0 %

CUADRO 11.1
PROYECTO QUETAME
PRESUPUESTO RESUMEN

ITEM	Costo Miles de US \$
1. <u>Infraestructura</u>	
- Obra Civil	26 980
- Equipos	<u>300</u>
Subtotal	27 280
2. <u>Presa y Obras Anexas</u>	
- Obra Civil	112 590
- Equipos	<u>3 900</u>
Subtotal	116 490
3. <u>Conducción</u>	
- Obra Civil	47 710
- Equipos	<u>4 500</u>
Subtotal	52 210
4. <u>Central</u>	
- Obra Civil	17 220
- Equipos	<u>58 940</u>
Subtotal	76 160
5. <u>Desviaciones del Rfo Blanco</u>	
- Obra Civil	25 305
- Equipos	<u>405</u>
Subtotal	25 710
TOTAL OBRA CIVIL	229 815
TOTAL EQUIPOS	68 045
TOTAL COSTO DIRECTO	297 860
IMPREVISTOS (15%)	44 680
INGENIERIA Y ADMINISTRACION (10%)	29 460
TOTAL COSTO DE CONSTRUCCION	372 000
COSTO POR KILOVATIO INSTALADO	US\$ 886
COSTO ENERGIA PROMEDIO	US\$ Mils/kWh 31.4
COSTO ENERGIA CONFIABLE	US\$ Mils/kWh 38.3

1.1	1.1.1	1.1.2	1.1.3	1.1.4	1.1.5	1.1.6	1.1.7	1.1.8	1.1.9	1.1.10	1.1.11	1.1.12	1.1.13	1.1.14	1.1.15	1.1.16	1.1.17	1.1.18	1.1.19	1.1.20	1.1.21	1.1.22	1.1.23	1.1.24	1.1.25	1.1.26	1.1.27	1.1.28	1.1.29	1.1.30	1.1.31	1.1.32	1.1.33	1.1.34	1.1.35	1.1.36	1.1.37	1.1.38	1.1.39	1.1.40	1.1.41	1.1.42	1.1.43	1.1.44	1.1.45	1.1.46	1.1.47	1.1.48	1.1.49	1.1.50	1.1.51	1.1.52	1.1.53	1.1.54	1.1.55	1.1.56	1.1.57	1.1.58	1.1.59	1.1.60	1.1.61	1.1.62	1.1.63	1.1.64	1.1.65	1.1.66	1.1.67	1.1.68	1.1.69	1.1.70	1.1.71	1.1.72	1.1.73	1.1.74	1.1.75	1.1.76	1.1.77	1.1.78	1.1.79	1.1.80	1.1.81	1.1.82	1.1.83	1.1.84	1.1.85	1.1.86	1.1.87	1.1.88	1.1.89	1.1.90	1.1.91	1.1.92	1.1.93	1.1.94	1.1.95	1.1.96	1.1.97	1.1.98	1.1.99	1.1.100
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------

CAPITULO XII

Programas de construcción y desembolsos

El presente capítulo describe los programas de construcción y desembolsos que se ejecutaron durante el periodo comprendido entre el 1 de enero de 1980 y el 31 de diciembre de 1981. Los datos se refieren a los recursos asignados y a los recursos ejecutados, así como a los recursos comprometidos y a los recursos cancelados.

Los recursos asignados se refieren a los recursos que se han asignado a los programas de construcción y desembolsos, pero que no necesariamente se han ejecutado. Los recursos ejecutados se refieren a los recursos que se han ejecutado durante el periodo comprendido entre el 1 de enero de 1980 y el 31 de diciembre de 1981.

Los recursos comprometidos se refieren a los recursos que se han comprometido durante el periodo comprendido entre el 1 de enero de 1980 y el 31 de diciembre de 1981. Los recursos cancelados se refieren a los recursos que se han cancelado durante el periodo comprendido entre el 1 de enero de 1980 y el 31 de diciembre de 1981.

Los datos se refieren a los recursos asignados y a los recursos ejecutados, así como a los recursos comprometidos y a los recursos cancelados. Los datos se refieren a los recursos asignados y a los recursos ejecutados, así como a los recursos comprometidos y a los recursos cancelados.

CAPITULO XII

PROGRAMAS DE CONSTRUCCION Y DESEMBOLSOS

12.1 GENERALIDADES

En este Capítulo se presenta el programa de construcción de las obras que conforman el proyecto Quetame, así como 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 esta razón no incluye el tiempo requerido para la elaboración de los diseños de licitación, ni de la aprobación del crédito de las entidades financieras.

12.2 PROGRAMA DE CONSTRUCCION

La duración total de la construcción abarca un lapso de 81 meses, incluidos los 10 meses de licitación y contratación de las obras civiles.

En el Proyecto Quetame se destacan dos actividades críticas que afectan todo el programa de construcción. Estas actividades son: la relocalización del tramo inundable de la carretera Bogotá a Villavicencio y la construcción de la presa.

Como la carretera existente pasa por el sitio de presa de Quetame, la primera actividad del programa es la construcción del tramo relocalizado de 17.6 km, cuya duración es de 24 meses. Para cumplir con este objetivo y garantizar, tanto el tránsito a Villavicencio como el paso de los vehículos de construcción, es necesario hacer la licitación de la carretera y adjudicar el contrato respectivo con la debida anticipación.

La ruta crítica de todo el programa es la construcción de la presa, la cual tomará 59 meses, a partir de febrero del Año 2, incluidas la adecuación de las fuentes de materiales, la preparación de los estribos, las inyecciones y la colocación de los rellenos. Esta

Última actividad tomará 24 meses, a partir de mayo del Año 3; el rendimiento para la colocación del relleno se estimó en 10 000 m³/día.

La desviación se efectuará en febrero del Año 2 con el fin de aprovechar la época de caudales más bajos del río. El llenado del embalse se iniciará a mediados de mayo del Año 7 y las primeras unidades se pondrán en marcha en junio del mismo año; las unidades restantes entrarán en servicio con intervalos de dos meses.

En el plano Q-14 se muestra el programa de construcción detallado, en el cual se indican con distintas convenciones las etapas de licitación, adjudicación y contrato; la fabricación y transporte, y la construcción o montaje. Un programa resumido se presenta en la Figura 12-1.

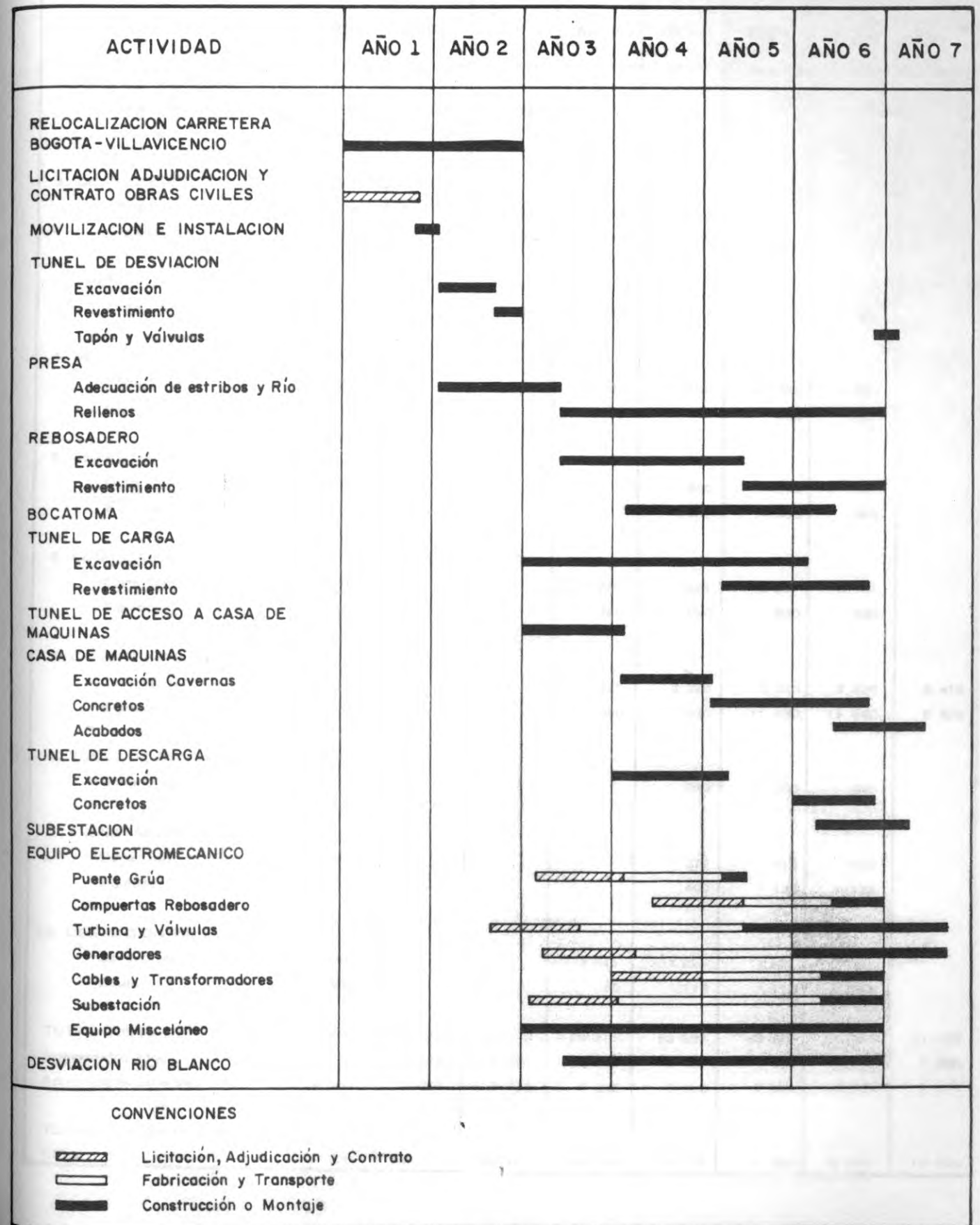
12.3

PROGRAMA DE DESEMBOLSOS

Con base en el programa de construcción descrito en el numeral anterior, se preparó un programa de desembolsos anuales para el período de construcción de las obras. Dicho programa no incluye la escalación de los costos durante este período, ni los costos de financiación de los préstamos.

En el Cuadro 12-2 se presenta el resumen del programa de desembolsos.

CUADRO 12.1
 PROYECTO QUETAME
 PROGRAMA DE CONSTRUCCION



CONVENCIONES

- [Barra hachurada] Licitación, Adjudicación y Contrato
- [Barra blanca] Fabricación y Transporte
- [Barra sólida] Construcción o Montaje

CUADRO 12.2
PROYECTO QUETAME
PROGRAMA DE DESEMBOLSOS

ITEM	TOTAL	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7
1. INFRAESTRUCTURA								
Obra Civil	26 980	13 490	13 490					
Equipos	300	150	150					
2. DESVIACION								
Obra Civil	10 130		3 980	4 340	1 810			
Equipos	500		195	215	90			
3. PRESA								
Obra Civil	68 130		12 700	13 855	13 855	13 860	13 860	
4. REBOSADERO								
Obra Civil	34 330			4 185	10 050	10 050	10 045	
Equipos	3 400			415	995	995	995	
5. OBRAS DE CAPTACION								
Obra Civil	2 700				800	1 200	700	
Equipos	1 500				445	665	390	
6. CONDUCCION								
Obra Civil	42 015			10 925	10 925	10 925	9 240	
Equipos	3 000			680	820	820	680	
7. CASA DE MAQUINAS								
Obra Civil	15 315			3 225	3 225	3 225	3 225	2 415
Equipos	56 190			11 830	11 830	11 830	11 830	8 870
8. TUNEL DE DESCARGA								
Obra Civil	3 005				1 030	1 030	945	
9. SUBESTACION								
Obra Civil	1 905				270	815	820	
Equipos	2 750				400	1 175	1 175	
10. DESVIACION RIO BLANCO								
Obra Civil	25 305			3 645	7 220	7 220	7 220	
Equipos	405			60	115	115	115	
TOTAL COSTO DIRECTO	297 860	13 640	30 515	53 375	63 880	63 925	61 240	11 285
Imprevistos 15%	44 680	2 045	4 575	8 045	9 580	9 590	9 150	1 695
Administración e Ing. 10%	29 460	1 350	3 020	5 305	6 315	6 320	6 035	1 115
TOTAL COSTO CONSTRUCCION :	372 000	17 035	38 110	66 725	79 775	79 835	76 425	14 095

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Observaciones
100-01
100-02
100-03
100-04
100-05
100-06
100-07
100-08
100-09
100-10
100-11
100-12
100-13
100-14
100-15
100-16
100-17
100-18
100-19
100-20
100-21
100-22
100-23
100-24
100-25
100-26
100-27
100-28
100-29
100-30
100-31
100-32
100-33
100-34
100-35
100-36
100-37
100-38
100-39
100-40
100-41
100-42
100-43
100-44
100-45
100-46
100-47
100-48
100-49
100-50

ANEXO 1

Datos básicos

ANEXO No. 1

INFORMACION BASICA
PROYECTO QUETAME

POTENCIA Y ENERGIA

Capacidad instalada		420	MW
Generación Primeros 10 años :			
- Energía Promedio	($f_p = 0.45$)	190	MW continuos
- Energía Confiable	($f_p = 0.38$)	160	MW continuos
- Energía Primaria	($f_p = 0.36$)	150	MW continuos
Generación 50 años :			
- Energía Promedio	($f_p = 0.45$)	190	MW continuos
- Energía Confiable	($f_p = 0.37$)	155	MW continuos
- Energía Primaria	($f_p = 0.36$)	150	MW continuos

HIDROLOGIA

Río Negro

Area de la cuenca	1325	km ²
Precipitación media anual	1430	mm
Caudal medio	39	m ³ /s
Creciente máxima probable	7500	m ³ /s
Volumen anual de sedimentos	3.10	Mm ³ /año

Río Blanco y Afluentes

Area de la cuenca	840	km ²
Precipitación media anual	2000	mm
Caudal medio	33	m ³ /s
Aporte anual de sedimentos	0.35	Mm ³ /año

NIVELES PRINCIPALES Y SALTOS

Cresta de la presa	1438
Nivel fundación del núcleo	1250
N.A. máximo normal	1428
N.A. mínimo	1365

Nivel eje de turbinas	945	
Salto máximo bruto	483	m
Salto mínimo bruto	420	m
Salto neto de diseño	444	m

EMBALSE

Area	895	ha
Volumen total	450	Mm3
Volumen útil inicial	360	Mm3
Volumen útil a los 10 años	335	Mm3
Volumen útil a los 50 años	270	Mm3

DESVIACION DEL RIO BLANCO

Cota de desviación	1452	
Caudal medio desviado	15	m3/s
Capacidad máxima de desviación	20	m3/s
Longitud de la conducción	16	km
Diámetro de la conducción	4.0	m
Pendiente	0.2	%

DESVIACION DEL RIO CHIQUITO

Longitud de la conducción	2.6	km
Diámetro de la conducción	2.8	m

PRESA

Tipo	Enrocado con núcleo	
Altura	188	m
Ancho de la cresta	12	m
Longitud de la cresta	280	m
Talud aguas arriba	2.0 H : 1.0 V	
Talud aguas abajo	1.8 H : 1.0 V	
Volúmenes		
- Núcleo impermeable	1' 060 000	m3
- Filtros y transiciones	440 000	m3
- Enrocado	7' 500 000	m3
- Atagüía y berma	250 000	m3
- Total	9' 250 000	m3

DESVIACION Y DESCARGA DE FONDO

Atagüía

- Tipo Enrocado con núcleo
- Altura 30 m

Túnel de Desviación

- Longitud total 865 m
- Sección Herradura 9.3 x 9.3 m
- Capacidad 1260 m³/s
- Pendiente 2.54 %

Descarga de Fondo

- Localización Túnel de desviación
- Tipo Compuertas
- Capacidad máxima 140 m³/s

REBOSADERO

- Tipo En túneles
- Control Gola de concreto con compuertas
- Caudal de Diseño 7500 m³/s

Túneles

- Número 2
- Sección Herradura 13.3 x 13.3 m
- Longitud total 1600 m

Compuertas

- Tipo Radial
- Número 2
- Dimensiones 18.0 x 18.0 m

BOCATOMA

Estructura de Rejas

- Tipo Torre semicircular
- Altura 16.5 m
- Diámetro 5.6 m

Túnel de Captación

- Diámetro	5.6	m
- Longitud	120	m

Pozo Intermedio

- Diámetro	5.6	m
- Longitud	30	m
- Inclinación	45°	

Pozo de Compuertas

- Sección	Semiovalada 8x12m
- Altura	85 m
- Compuertas	Principal y auxiliar
- Dimensiones	5.6x 4.0 m

CONDUCCION DE CARGA

Túnel

- Sección	Herradura modificada
- Dimensiones	6.4 m
- Longitud	9100 m
- Pendiente	0.5 %
- Capacidad de diseño	112 m ³ /s

Pozo de Presión

- Sección	Circular
- Diámetro	5.1 m
- Longitud	450 m
- Inclinación	48°

Blindaje

- Diámetro	4.3 m
- Longitud	120 m

Distribuidor

- Diámetro	2 m
- Longitud total	163 m

CASA DE MAQUINAS

Tipo	En caverna
Capacidad instalada	420 MW
Número de unidades	4

Turbinas

- Tipo
- Número de unidades
- Descarga nominal
- Salto neto de diseño
- Potencia nominal por unidad
- Velocidad sincrónica

Pelton, eje vertical
4
28 m³/s
444 m
109 MW
277 rpm

Generadores

- Tipo
- Número de unidades
- Voltaje nominal
- Potencia nominal
- Velocidad sincrónica
- Factor de potencia

Sincrónico, eje vertical
4
13.8 kV
110 MVA $\Delta t_{60^{\circ}\text{C}}$
277 rpm
0.95 en retardo

Transformadores

- Tipo
- Número de unidades
- Voltaje de alta
- Voltaje de bajas
- Potencia nominal
- Enfriamiento

Monofásico
7
230 kV
13.8 kV
85 MVA $\Delta t_{65^{\circ}\text{C}}$
FOW

Túnel de Fuga

- Sección
- Longitud

Herradura 8.1x8.1m
640 m

Túnel de Acceso

- Sección
- Dimensiones
- Longitud
- Pendiente

Herradura modificada
5.6 x 7.5 m
740 m
10.2 %

CARRETERAS

Relocalización Bogotá-Villavicencio

Longitudes :

- Carretera
- Túneles
- Puentes
- Total

16 km
1.2 km
0.4 km
17.6 km

ANEXO 2

Carreteras Secundarias
- Longitud

26.8 km

SUBESTACION

Patio de Conexiones

- Localización

Margen izquierda del
río Blanco

ANEXO 2

Presupuesto detallado

ANEXO No.2
PRESUPUESTO
PROYECTO QUETAME

<u>No.</u>	<u>I t e m</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 relocalizaciones.				
	Embalse	ha	1 100	1 500	1 650
	Relocalizaciones	SG			1 700
	Subtotal 1.1.1				3 350
1.1.2	Campamentos	SG			5 000
	Subtotal 1.1.2				5 000
1.1.3	Carreteras				
	Relocalizada Bogotá-Vilavicencio:				
	Pavimentada	km	16	400 000	6 400
	Túneles	m	1 200	4 500	5 400
	Puentes	m	410	10 000	4 100
	De acceso a :				
	Río Blanco (Obras Captación.)	km	14	100 000	1 400
	Fosca	km	5.8	100 000	580
	Subestación y Portales	km	7	100 000	700
	Subtotal 1.1.3				18 580

<u>No.</u>	<u>I t e m</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US \$</u>	<u>Precio Total 1 000 US \$</u>
	Tapón de concreto	m3	1 600	100	160
	Galería de acceso cámara de compuertas.	ml	130	1 500	195
	Galería de acceso	ml	110	1 200	130
	Túnel by-pass	m3	1 170	60	70
	Pozo compuerta	m3	175	170	30
	Inyecciones	ml	430	70	30
	Subtotal 2.1.1				10 130
2.1.2	Presa y Ataguía				
	Excavaciones :				
	Fondo del río	m3	108 000	7.5	810
	Cimentación	m3	18 000	10	180
	Enroscado	m3	7'500 000	7	52 500
	Núcleo	m3	1'060 000	5	5 300
	Filtros y transiciones	m3	440 000	16	7 040
	Galerías de inyecciones y drenaje.	ml	1 855	750	1 390
	Inyecciones	ml	13 000	70	910
	Subtotal 2.1.2				68 130
2.1.3	Rebosadero				
	Excavación :				
	A tajo abierto	m3	550 000	6	3 300
	En túnel	m3	300 000	50	15 000
	Galería aireación	ml	800	1 500	1 200
	Concreto				
	Gola	m3	5 800	100	580
	Pilas y muros	m3	21 000	120	2 520
	Revestimiento túnel y solera.	m3	60 000	160	9 600
	Estructura de salida	m3	950	90	90
	Acero de refuerzo	ton	1 000	1 500	1 500
	Pernos	ml	18 000	30	540
	Subtotal 2.1.3				34 330
	Subtotal 2.1				112 590

<u>No.</u>	<u>I t e m</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US \$</u>	<u>Precio Total 1 000 US \$</u>
1.1.4	Energía de Construcción Obra Civil	SG			50
	Subtotal 1.1.4				50
	Subtotal 1.1				26 980
1.2	<u>Equipos</u>				400
1.2.1	Energía de Construcción Subestación	SG			300
	Subtotal 1.2				300
	Total Item 1				27 280
2.	PRESA Y OBRAS ANE- XAS.				
2.1	<u>Obra Civil</u>				
2.1.1	Desviación y manejo del río.				
	Túnel de Desviación.				350
	Excavación :				350
	En portales	m3	3 000	10	30
	En túnel	m3	81 000	60	4 860
	Concreto :				
	Portales	m3	625	160	100
	Revestimiento	m3	15 500	160	2 480
	Solera	m3	4 000	180	720
	Neumático	m3	1 360	280	380
	Acero de refuerzo	ton	270	1 500	405
	Soportes de acero	ton	90	2 500	225
	Pernos	m1	3 800	30	115
	Manejo del río.	SG		1 500	200
	Descarga de Fondo				2 700

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US \$</u>	<u>Precio Total 1 000 US \$</u>
2.2	<u>Equipos</u>				
2.2.1	Desviación :				
	Compuertas	SG			400
	Compuerta pozo	SG			100
	Subtotal 2.2.1				500
2.2.2	Rebosadero				
	Compuertas, guías y ma- lacates.	SG			3 400
	Subtotal 2.2.2				3 400
	Subtotal 2.2				3 900
	Total Item 2				116 490
3.	CONDUCCION				
3.1	<u>Obra Civil</u>				
3.1.1	Bocatoma				
	Excavación :				
	A tajo abierto	m3	87 500	4	350
	Túnel de captación	m3	5 000	70	350
	Pozo intermedio	m3	1 750	140	245
	Pozo de compuertas	m3	6 700	100	670
	Concreto :				
	Estructura de captación	m3	1 500	200	300
	Revestimiento túnel cap- tación.	m3	1 300	160	205
	Revestimiento pozo in- termedio.	m3	660	160	105
	Revestimiento pozo com- puertas.	m3	1 850	160	295
	Acero de refuerzo	ton	120	1.500	180
	Subtotal 3.1.1				2 700

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US \$</u>	<u>Precio Total 1 000 US \$</u>
3.1.2	Túnel de Carga				
	Excavación	m3	340 000	60	20 400
	Concreto :				
	Solera	m3	8 000	160	1 280
	Neumático	m3	24 300	280	6 810
	Pernos	ml	18 200	30	545
	Inyecciones	ml	4 000	70	280
	Soportes de acero	ton	950	2 500	2 380
	Subtotal 3.1.2				31 695
3.1.3	Almenara				
	Excavación :				
	Cámaras	m3	18 000	140	2 520
	Pozo elevador	m3	6 000	140	840
	Tanque superior	m3	4 650	140	650
	Concreto :				
	Cámaras	m3	6 000	160	960
	Pozo elevador	m3	2 000	160	320
	Tanque superior	m3	2 000	160	320
	Subtotal 3.1.3				5 610
3.1.4	Pozo de Presión				
	Excavación	m3	13 700	140	1 920
	Concreto	m3	4 500	160	720
	Subtotal 3.1.4				2 640
3.1.5	Túnel Blindado				
	Excavación	m3	3 000	70	210
	Concreto	m3	1 500	160	240
	Soportes de acero	ton	32	2 500	80
	Subtotal 3.1.5				530

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US \$</u>	<u>Precio Total 1 000 US \$</u>
3.1.6	Distribuidores				
	Excavación	m3	3 000	70	210
	Concreto	m3	1 500	160	240
	Subtotal 3.1.6				450
3.1.7	Ventanas de Construcción				
	Excavación	m3	15 400	70	1 080
	Subtotal 3.1.7				1 080
3.1.8	Túnel de Descarga				
	Excavación	m3	43 000	56	2 410
	Concreto solera	m3	2 600	160	415
	Obras de descarga	m3	1 200	90	108
	Acero de refuerzo	ton	48	1 500	72
	Subtotal 3.1.8				3 005
	Subtotal 3.1				47 710
3.2	<u>Equipos</u>				
3.2.1	Bocatoma				
	Equipo captación	SG			1 500
	Subtotal 3.2.1				1 500
3.2.2	Túnel Blindado y Distribuidor.	SG			3 000
	Subtotal 3.2.2				3 000
	Subtotal 3.2				4 500
	Total Item 3				52 210

No.	Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario US \$	Precio Total 1 000 US \$
4.	CENTRAL				108
4.1	<u>Obra Civil</u>				300
4.1.1	Casa de Máquinas				1 908
	Excavaciones Exteriores :				7 200
	En Plazoleta	m3	26 000	2.5	65
	Varios	SG			35
	Excavaciones subterráneas :				1 300
	Caverna principal	m3	41 000	47	1 930
	Caverna transformadores	m3	13 000	47	610
	Pozo de cables y aireación	m3	13 000	110	1 430
	Túnel de acceso	m3	28 000	58	1 625
	Túneles de construcción y otras galerías.	m3	20 000	58	1 160
	Concretos				700
	En túnel de acceso	m3	3 000	140	420
	Primarios	m3	5 000	190	950
	Secundarios	m3	2 500	200	500
	Neumático	m3	1 400	280	390
	Varios	SG			700
	Acero de refuerzo	ton	1 000	1 500	1 500
	Elementos metálicos	ton	250	1 760	440
	Estructura de aireación	SG			50
	Pernos de roca	ml	45 000	30	1 350
	Tensoros	ml	500	118	60
	Varios	SG			2 100
	Subtotal 4.1.1				15 315

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US \$</u>	<u>Precio Total 1 000 US \$</u>
4.1.2	Subestación				
	Excavación	m3	66 000	2.5	165
	Patio de conexiones	SG			1 000
	Edificio de mando	SG			500
	Varios	SG			240
	Subtotal 4.1.2				1 905
	Subtotal 4.1				17 220
4.2	<u>Equipos</u>				
4.2.1	Casa de Máquinas				
	Turbinas y reguladores	un	4	2'625 000	10 500
	Válvulas de admisión	un	4	1'000 000	4 000
	Puente grúa	un	1	400 000	400
	Equipo auxiliar	SG			2 600
	Generadores	un	4	3'930 000	15 800
	Transformadores	un	7	415 000	2 905
	Juego de barras	SG			1 000
	Equipo de control y protección.	SG			1 000
	Servicios auxiliares	SG			830
	Cables de 230 Kv	SG			655
	Interruptores de máquina	SG			1 730
	Transporte y montaje de equipo.	SG			14 770
	Subtotal 4.2.1				56 190
4.2.2	Subestación				
	Subestación de 230 Kv, 3 campos de interruptores cada uno.	SG			2 100
	Varios	SG			650
	Subtotal 4.2.2				2 750
	Subtotal 4.2				58 940
	Total Item 4				76 160

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US \$</u>	<u>Precio Total 1 000 US \$</u>
5.	DESVIACIONES DEL RIO BLANCO.				
5.1	<u>Obra Civil</u>				
5.1.1	Captación Río Chiquito				
	Presa y bocatoma	SG			550
	Túnel y pozo	SG			3 900
	Subtotal 5.1.1				4 450
5.1.2	Captación Río Taguaté				
	Presa y bocatoma	SG			795
	Túnel y pozo	SG			90
	Subtotal 5.1.2				885
5.1.3	Captación Río Blanco				
	Presa y bocatoma	SG			1 230
	Subtotal 5.1.3				1 230
5.1.4	Túnel del Río Blanco				
	Excavación :				
	En portal	m3	550	10	5
	En túnel	m3	217 000	70	15 190
	Concreto :				
	Portales	m3	188	160	30
	Solera	m3	7 200	180	1 295
	Soportes de acero	ton	888	2 500	2 220
	Subtotal 5.1.4				18 740
	Subtotal 5.1				25 305
5.2	<u>Equipos</u>				
5.2.1	Captación Río Chiquito				
	Compuertas deslizantes	SG			120
	Subtotal 5.2.1				120

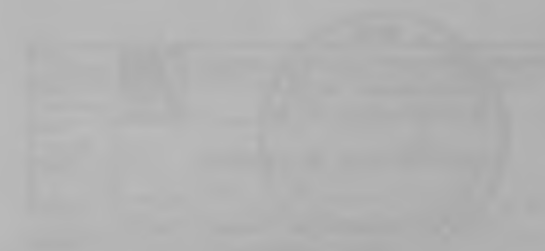
ANEXO 3

<u>No.</u>	<u>Item</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario US \$</u>	<u>Precio Total 1 000 US \$</u>
5.2.2	Captación Río Taguaté Compuerta radial	SG			120
	Subtotal 5.2.2				120
5.2.3	Captación Río Blanco Compuertas	SG			165
	Subtotal 5.2.3				165
	Subtotal 5.2				405
	Total Item 5				25.710
	TOTAL OBRA CIVIL				229 815
	TOTAL EQUIPO				68 045
	TOTAL COSTO DIRECTO				297 860
	IMPREVISTOS (15 %)				44 680
	ADM. INGENIERIA (10 %)				29 460
	TOTAL COSTO DE CONSTRUCCION				372 000
	COSTO POR KW INSTALADO				US\$ 886
	COSTO DE ENERGIA PROMEDIO				US\$ mils/kWh 31.4
	COSTO DE ENERGIA CONFIABLE				US\$ mils/kWh 38.3

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

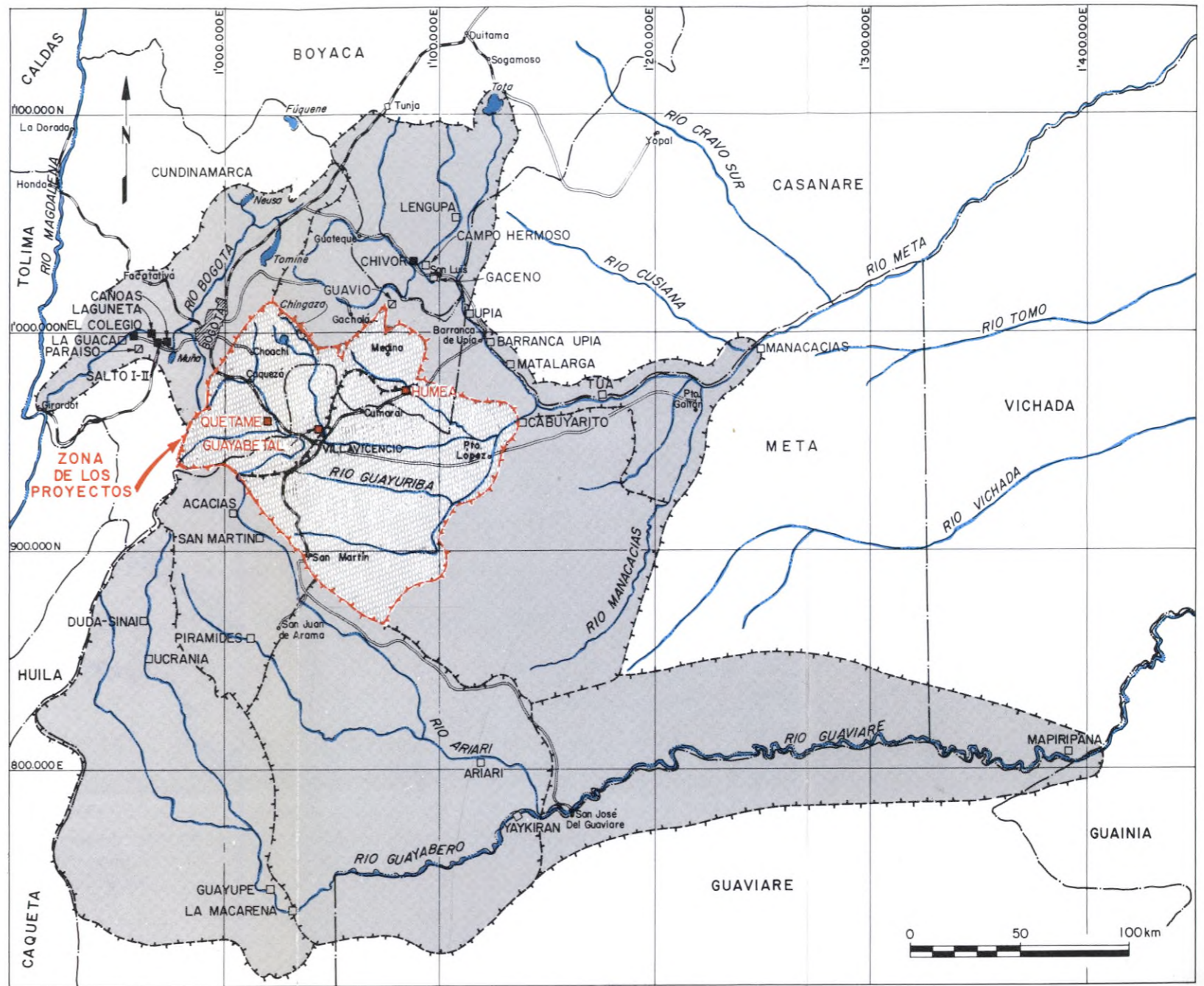
ANEXO 3

Planos





MAPA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA



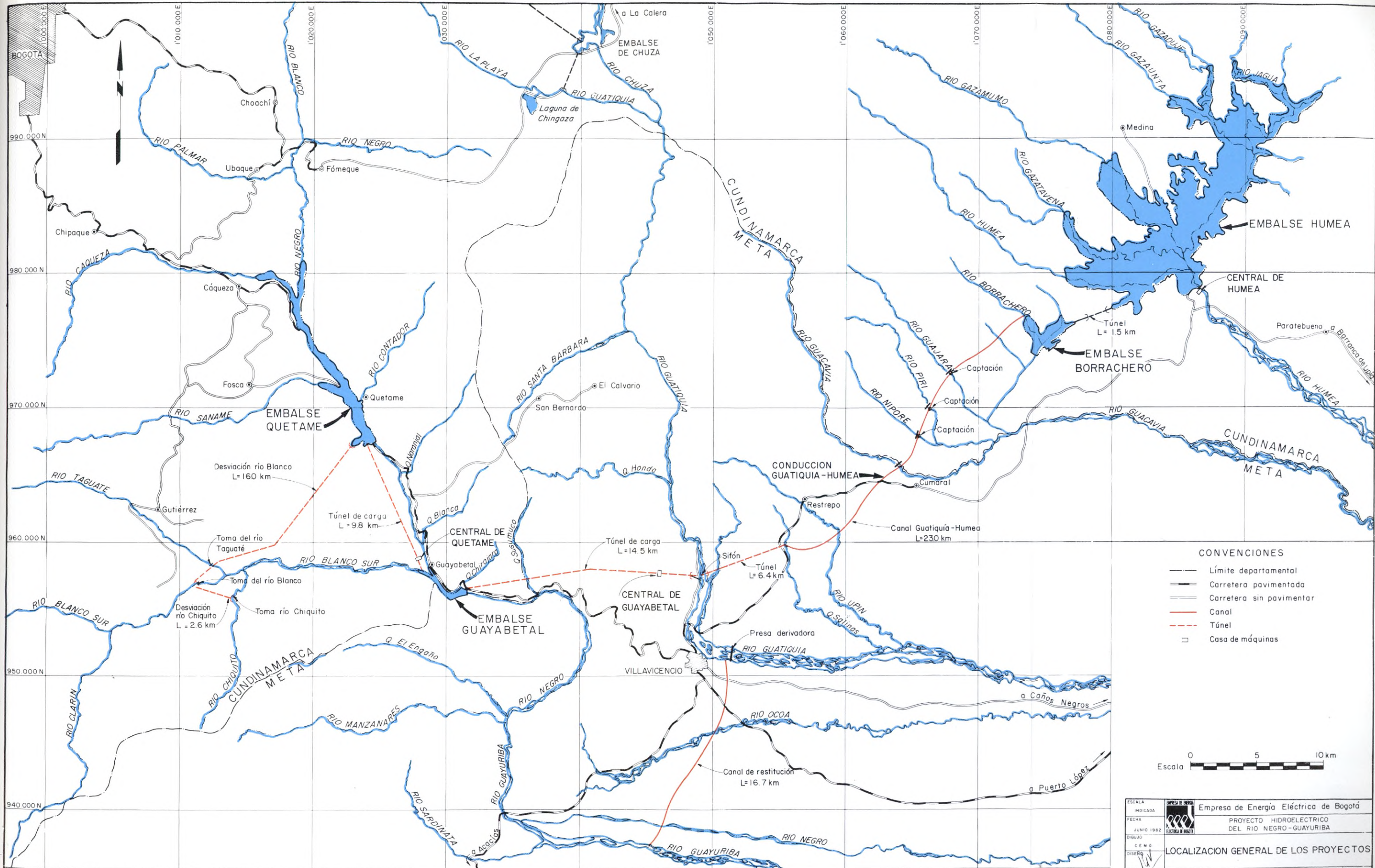
PROYECTOS HIDROELECTRICOS
ZONA ESTUDIADA POR LA E.E.E.B.

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: D. I. C. P.	REGION DE LOS ESTUDIOS	
APROBADO:	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.	
ARCHIVO: 318-077-0597 C	INTEGRAL LTDA.	
		PLANO I-1

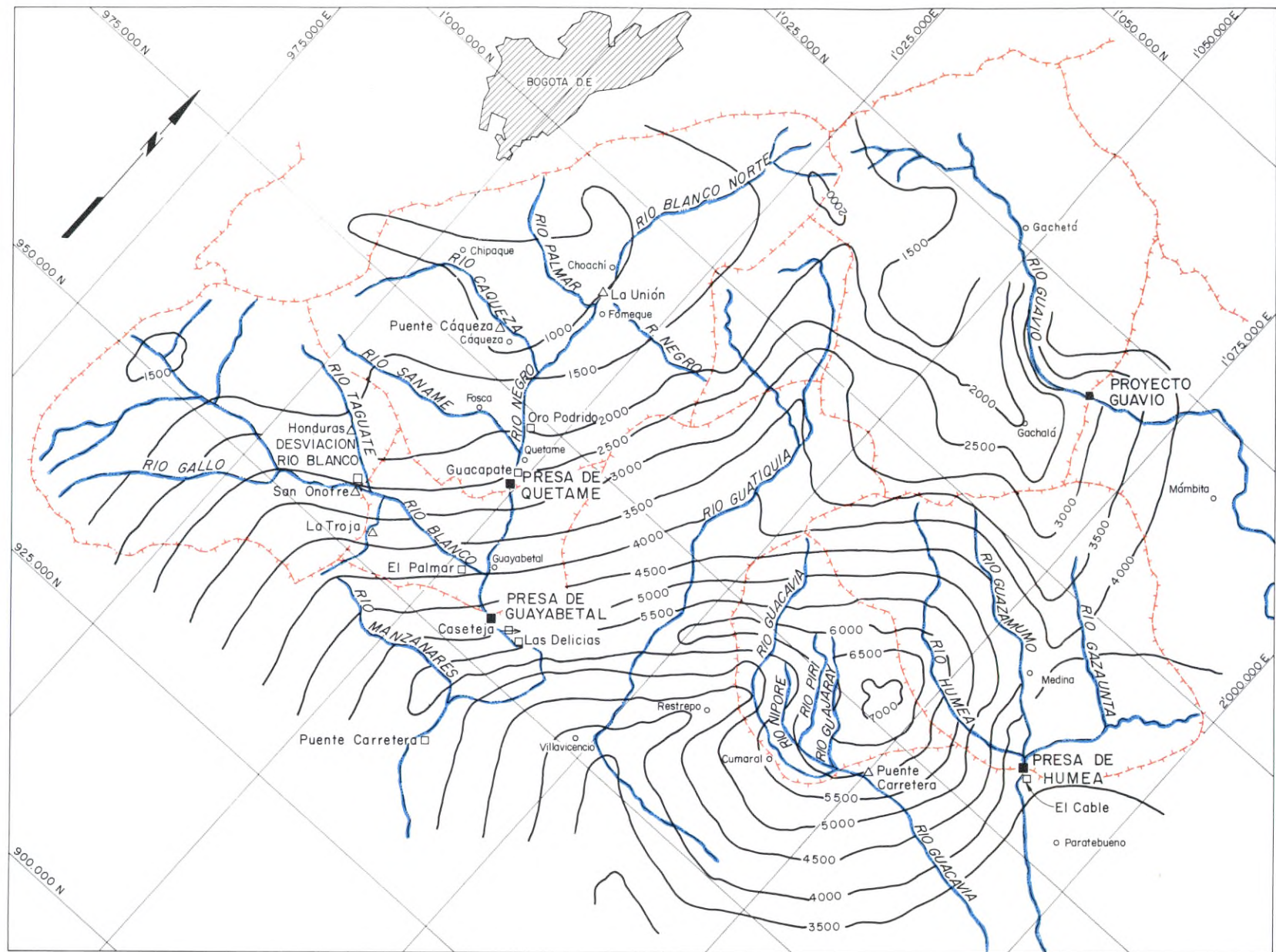


CONVENCIONES

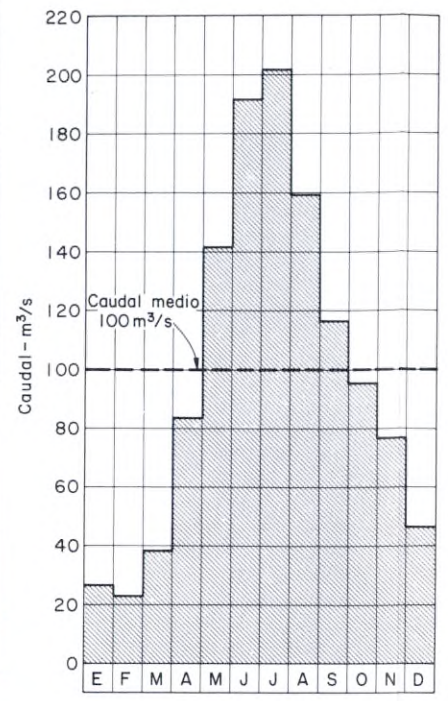
- Límite departamental
- Carretera pavimentada
- Carretera sin pavimentar
- Canal
- - - Túnel
- Casa de máquinas



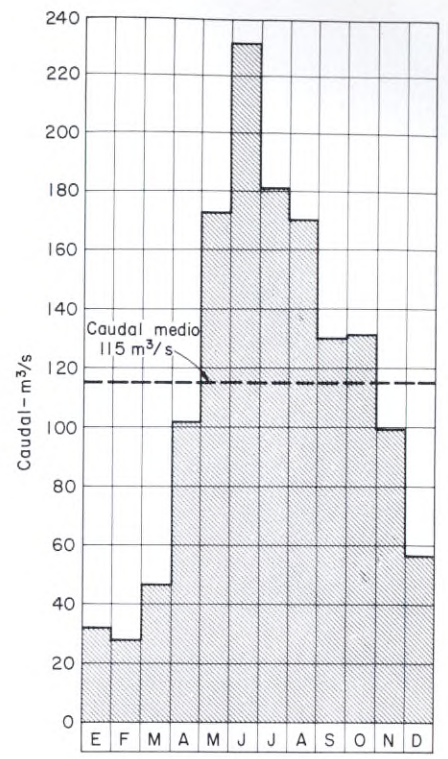
ESCALA INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO	C E M G	LOCALIZACION GENERAL DE LOS PROYECTOS
DISENIO		
APROBO		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
ARCHIVO	318-175-1535 C	
		PLANO 1-2



DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA PRECIPITACION MULTIANUAL



CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PROYECTO GUAYABETAL
SITIO DE PRESA 2/



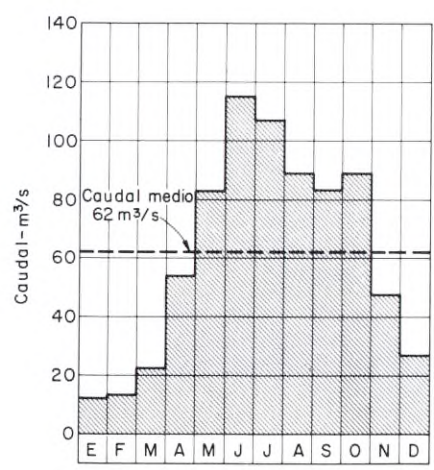
CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PROYECTO HUMEA
SITIO DE PRESA

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

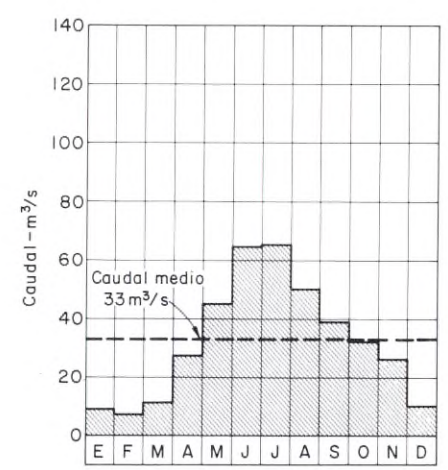
NOTAS:

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.

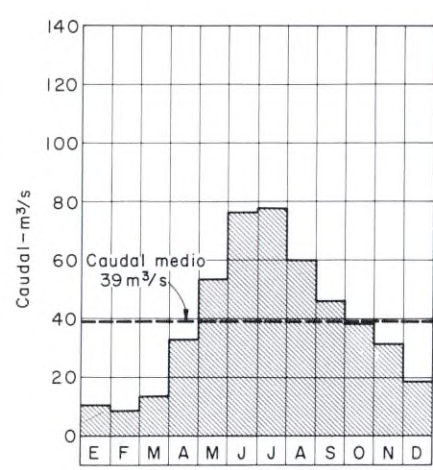
- 1/ No incluye desviación del río Blanco.
- 2/ No incluye desviación hacia el acueducto de Bogotá.



CAUDALES MEDIOS MENSUALES
RIO GUACAVIA
ESTACION PUENTE CARRETERA

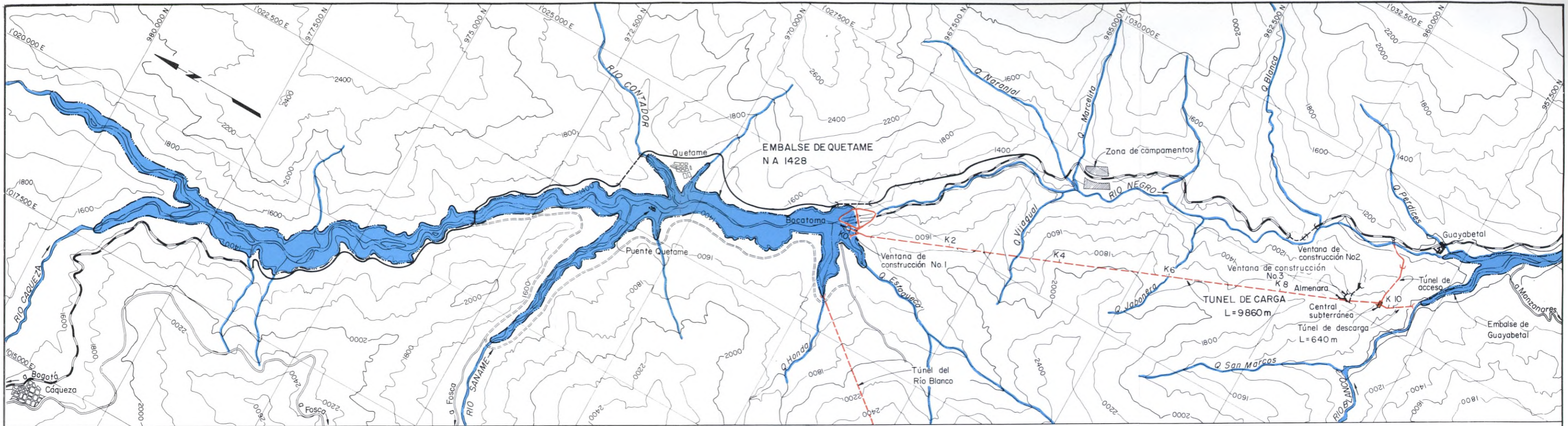


CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PROYECTO QUETAME
SITIO DE DESVIACION DEL RIO BLANCO

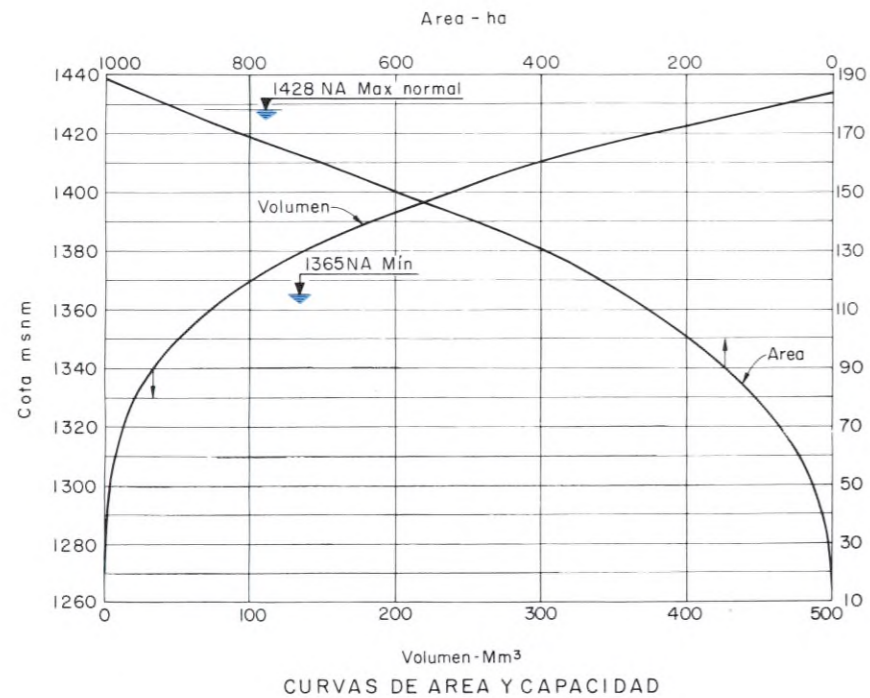


CAUDALES MEDIOS MENSUALES
PROYECTO QUETAME
SITIO DE PRESA 1/ 2/

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

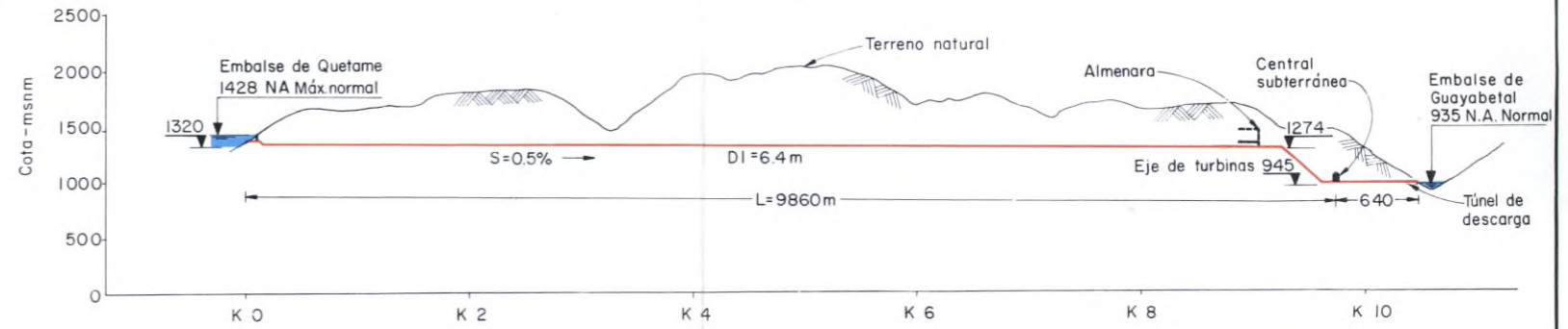


PLANTA



COTA m	AREA ha	VOLUMEN Mm³
1440	1016	561
1430	915	464
1420	815	378
1410	705	302
1400	598	237
1390	494	182
1380	392	138
1370	318	103
1360	252	74
1350	203	51
1340	143	34
1330	102	22
1320	60	14
1310	45	8
1300	30	5
1290	19	2
1280	8	0.8
1270	4	0.2
1260	0	0

CURVAS DE AREA Y CAPACIDAD



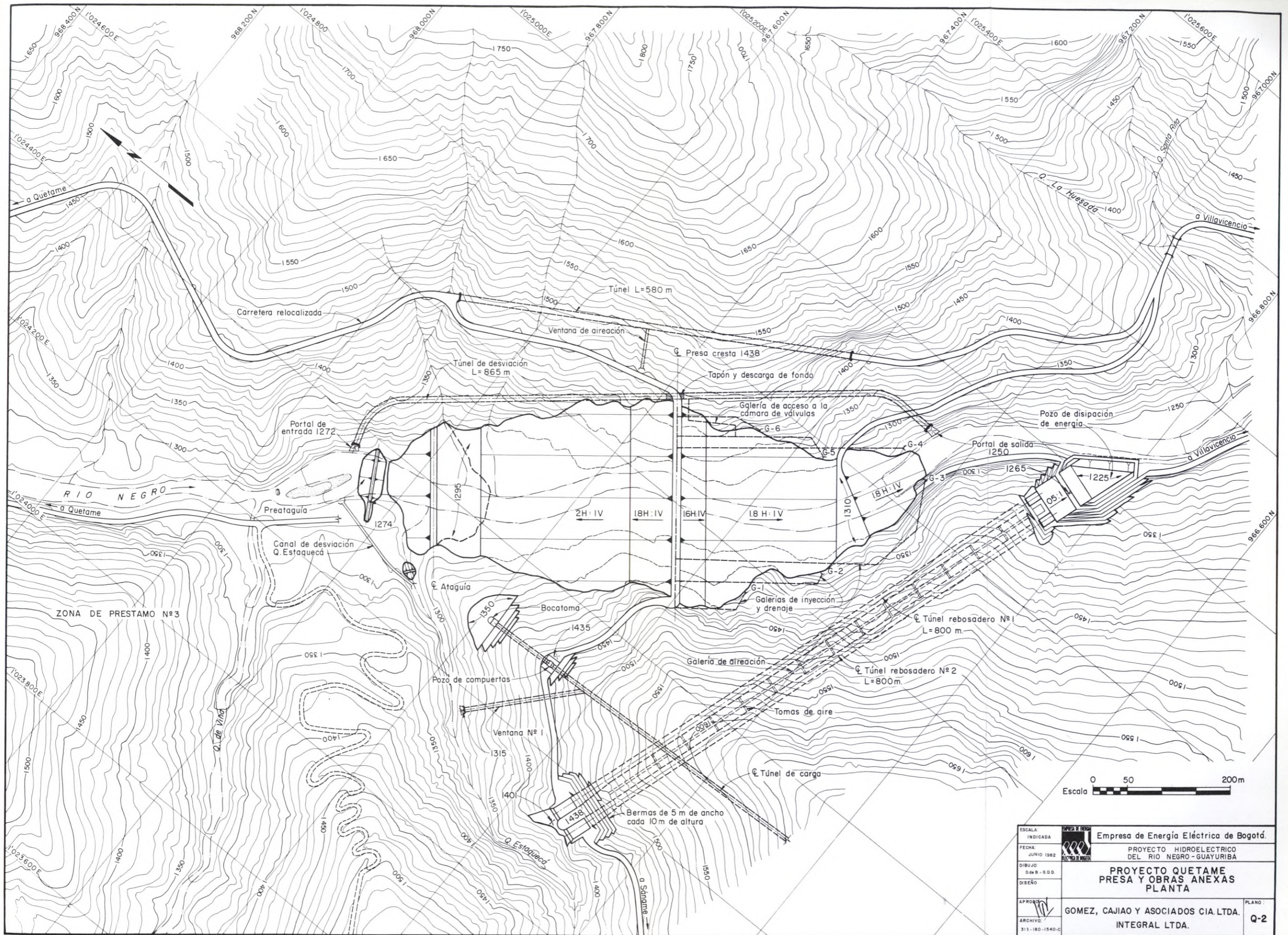
PERFIL CONDUCCION

CONVENCIONES

- Carretera existente pavimentada
- Carretera existente sin pavimentar
- Carretera proyectada pavimentada
- Carretera proyectada sin pavimentar



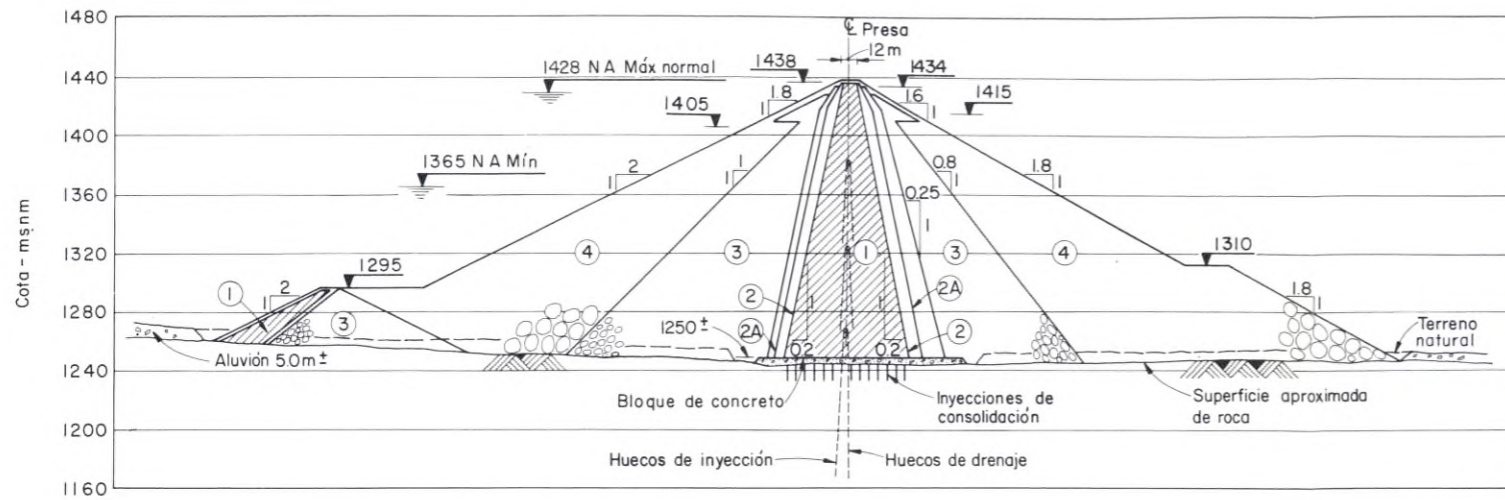
ESCALA INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO: C.D.D. C.E.M. de D.	<p align="center">PROYECTO QUETAME EMBALSE Y CONDUCCION</p>	
DISEÑO:		
APROBADO:	<p align="center">GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.</p>	PLANO: Q-1
ARCHIVO: 318-190-1561-C		



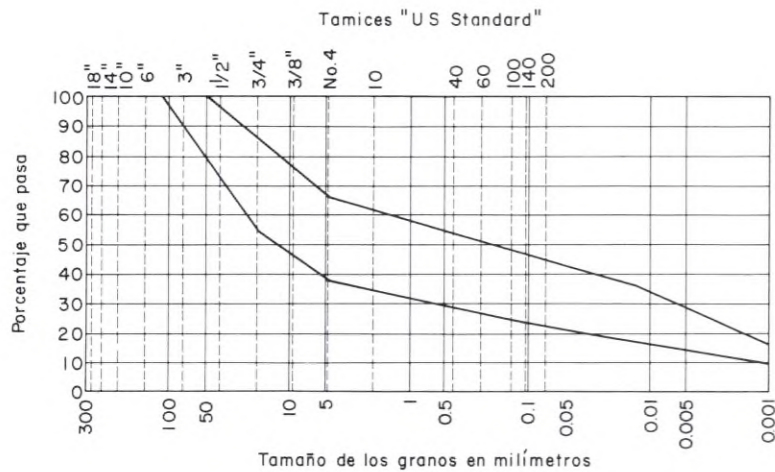
ESCALA INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá.
FECHA		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO	Diseño - G.D.D.	PROYECTO QUETAME PRESA Y OBRAS ANEXAS PLANTA
DISEÑO		
APROBADO		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
ARCHIVO	313-180-1540-C	PLANO: Q-2

ZONAS DE LA PRESA

- ① NUCLEO IMPERMEABLE. Gravas arcillosas de la zona de préstamo No.2. Máximo tamaño 6". - Finos (Pasando # 200) mínimo 25%.
- ② ZONA TRANSICION. Procedencia: trituración de cuarcita de la zona de préstamo No.3 o material aluvial.
- ②A ZONA TRANSICION. Procedencia: trituración de cuarcita de la zona de préstamo No.3 o material aluvial.
- ③ ENROCADO FINO. Tamaño máximo 30". Procedencia: cuarcitas de la zona de préstamo No.3
- ④ ENROCADO GRUESO. Tamaño máximo 70". Procedencia: cuarcitas de la zona de préstamo No.3



SECCION MAXIMA

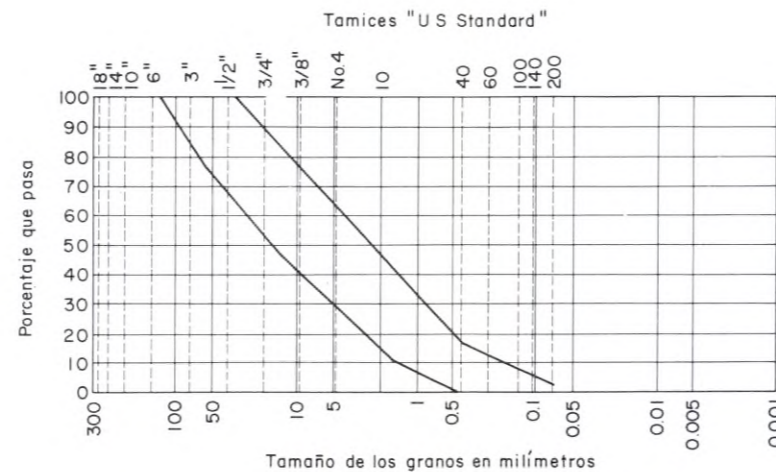


PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO	ARCILLA
	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina		

GRADACION ZONA 1

- Tamaño máximo 30 pulgadas
 - 50% o más, menor de 12 pulgadas
 - 30% o menos, menor de 1 pulgada
 - 6% o menos, menor del tamiz No. 200

GRADACION ZONA 3

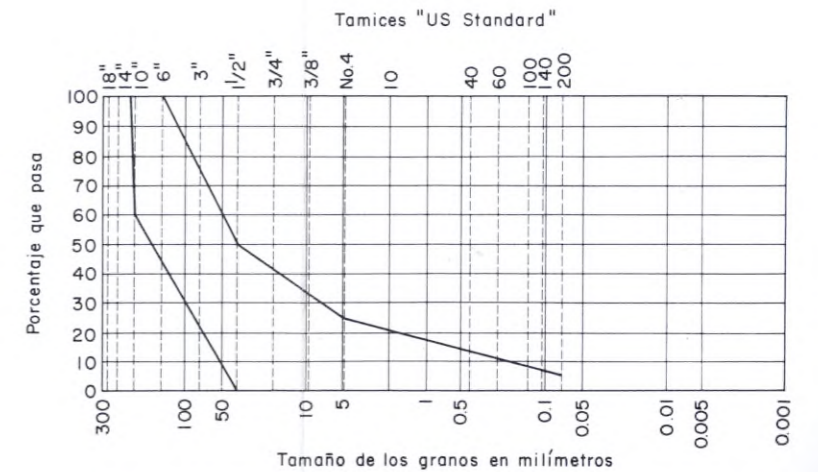


PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO	ARCILLA
	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina		

GRADACION ZONA 2

- Tamaño máximo 70 pulgadas
 - 30% o menos, menor de 1 pulgada
 - 2% o menos, menor del tamiz No. 200

GRADACION ZONA 4

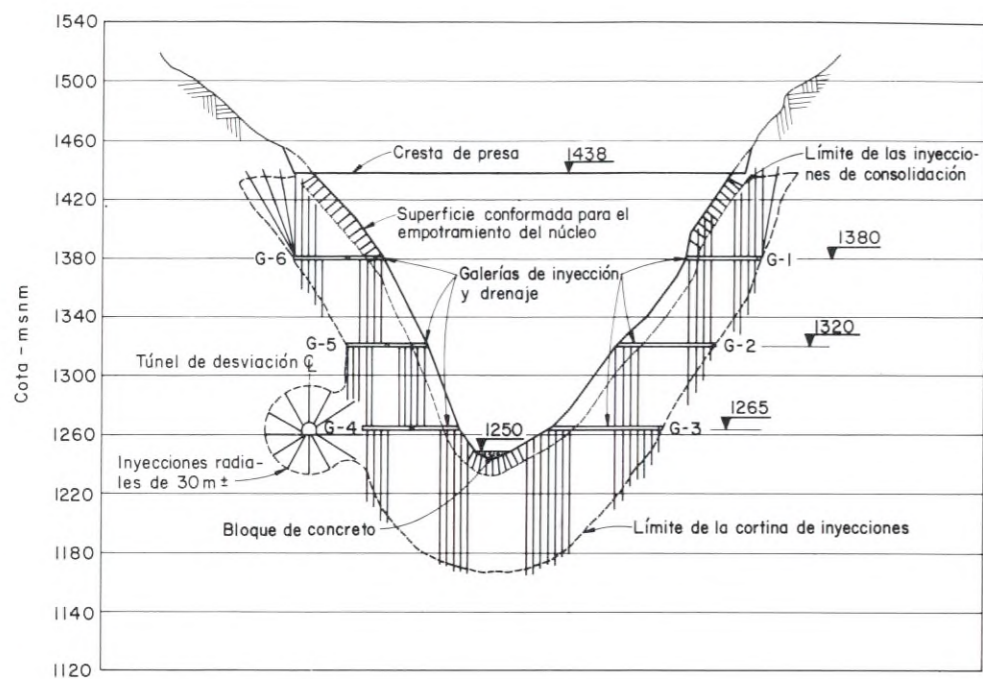


PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO	ARCILLA
	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina		

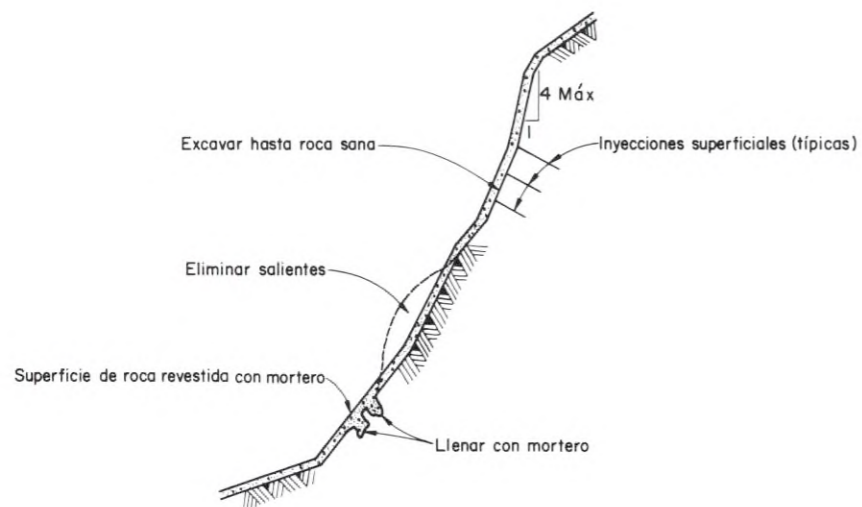
GRADACION ZONA 2A



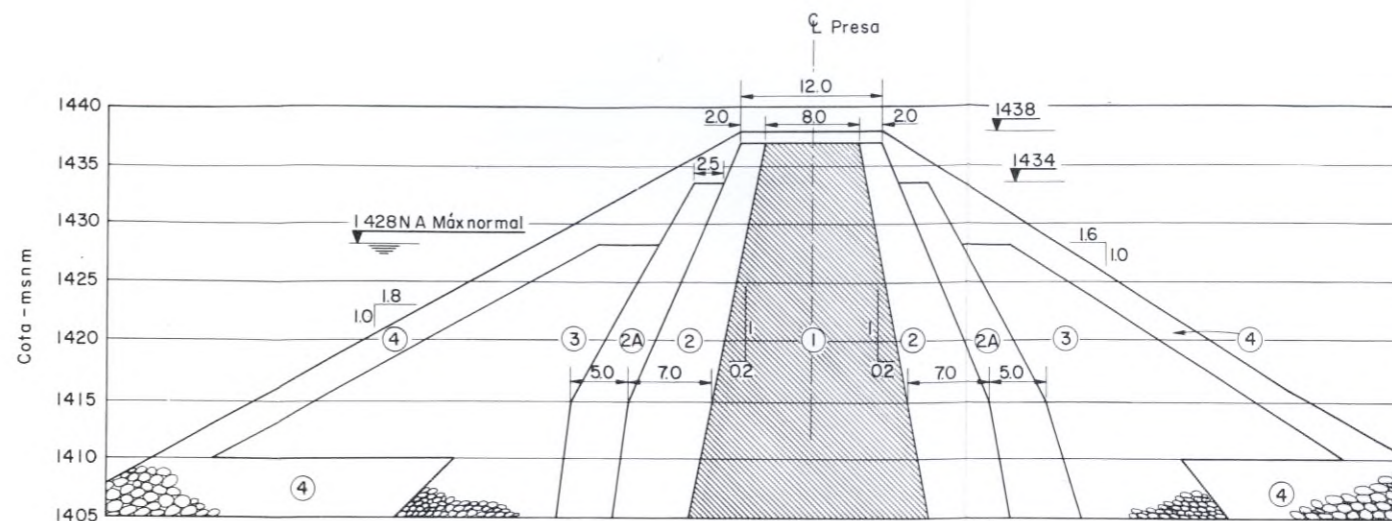
ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá	
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA	
DIBUJO: C.E.M. 56 D.	PROYECTO QUETAME PRESA SECCION TIPICA		
DISEÑO:	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.		PLANO: Q-3
ARCHIVO: 318-177-1537C	INTEGRAL LTDA.		



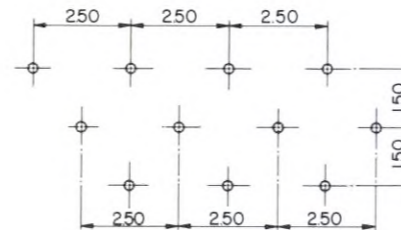
CORTINA DE INYECCIONES
Escala B



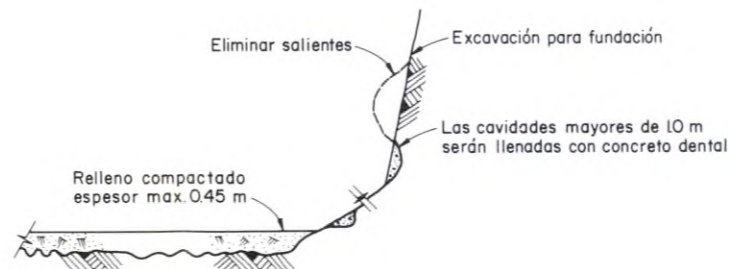
FUNDACION DE LAS ZONAS 1 Y 2
Sin escala



DETALLE DE CRESTA
Escala A



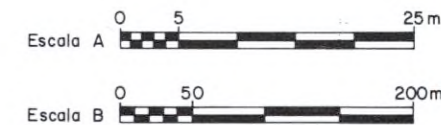
DETALLE DE LAS INYECCIONES DE CONSOLIDACION EN LA BASE DEL NUCLEO
Sin escala



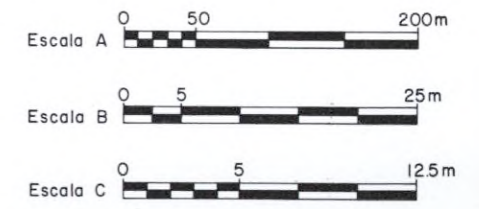
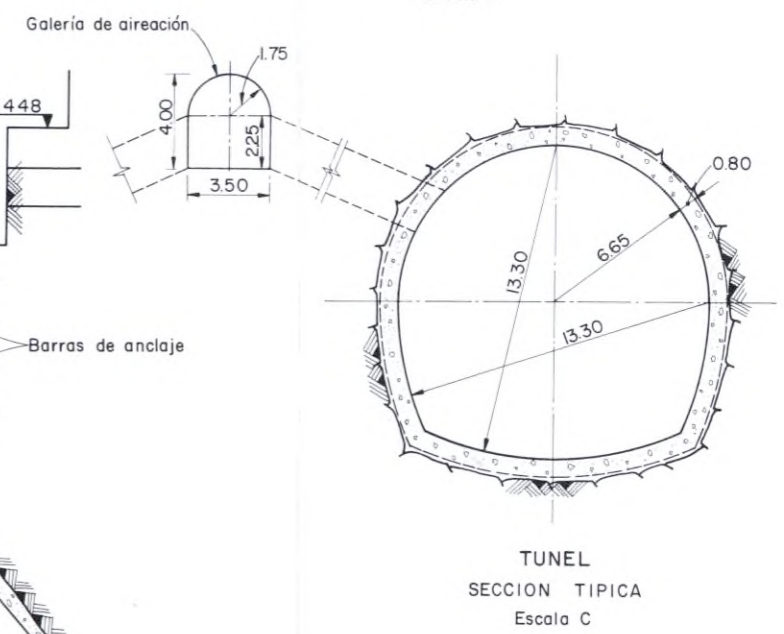
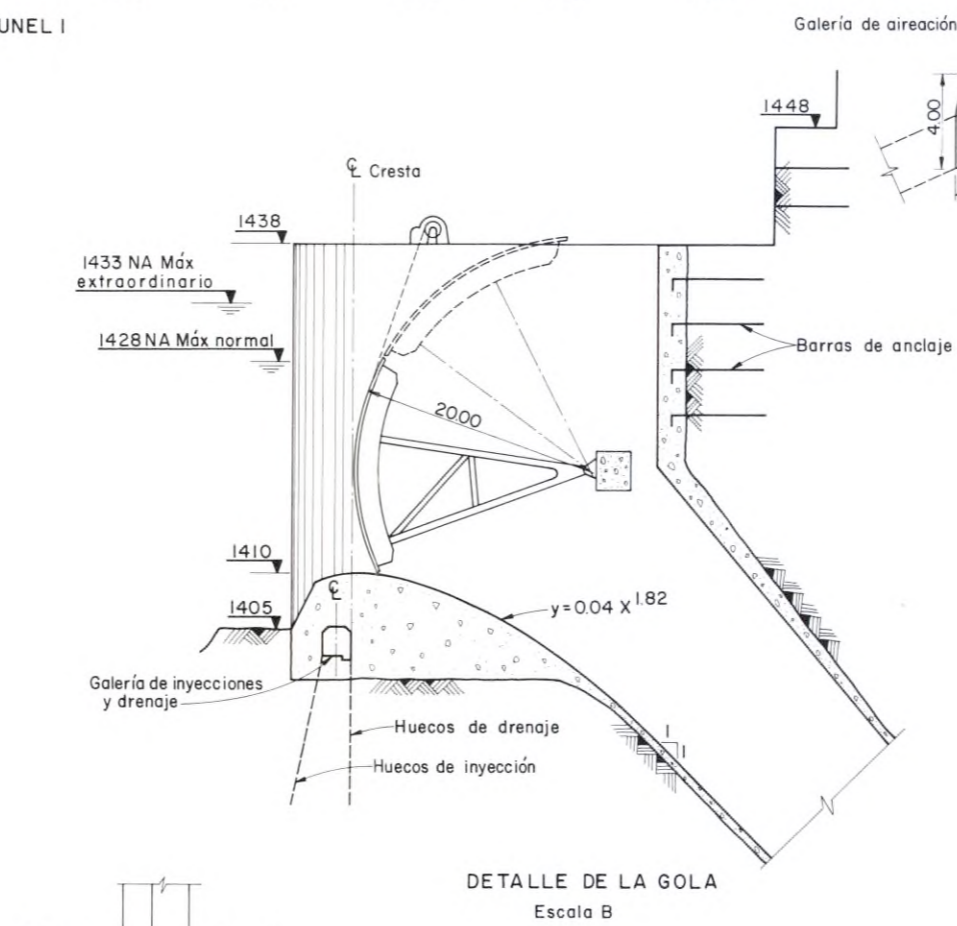
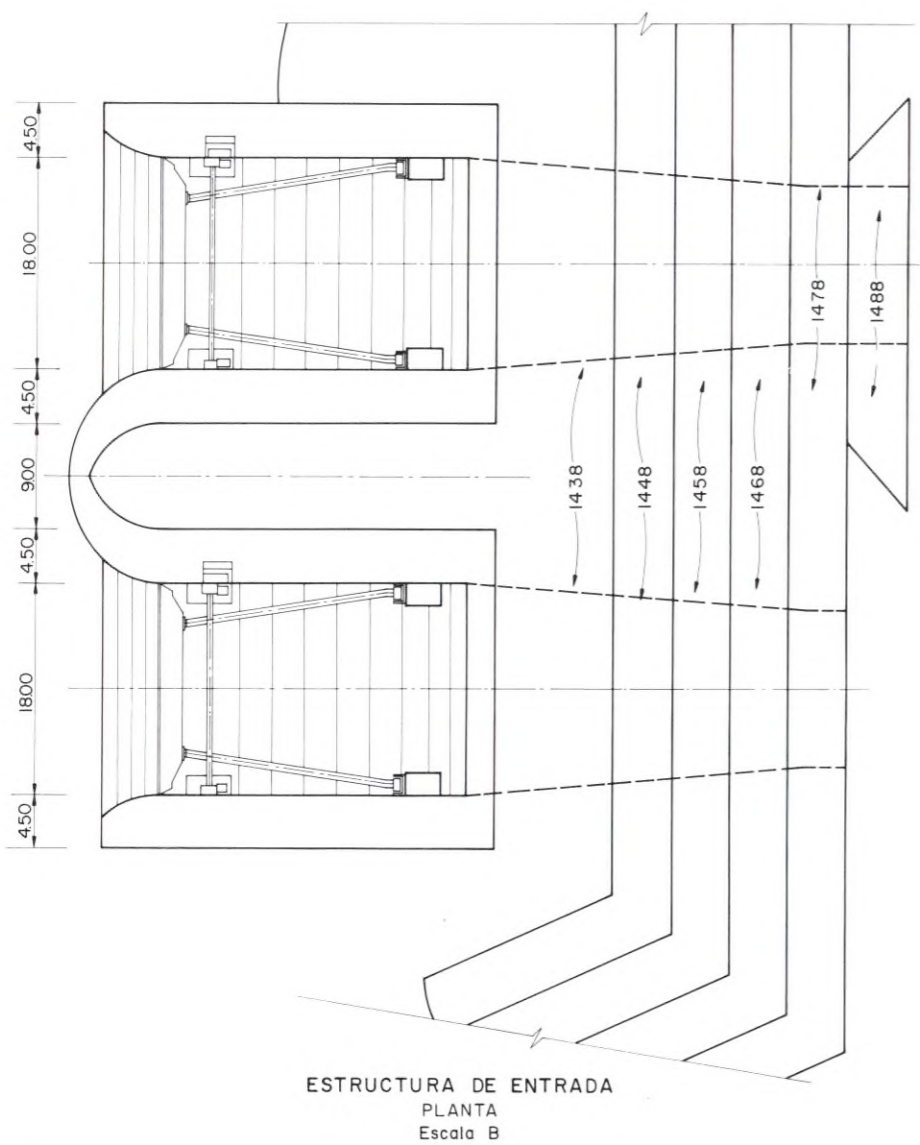
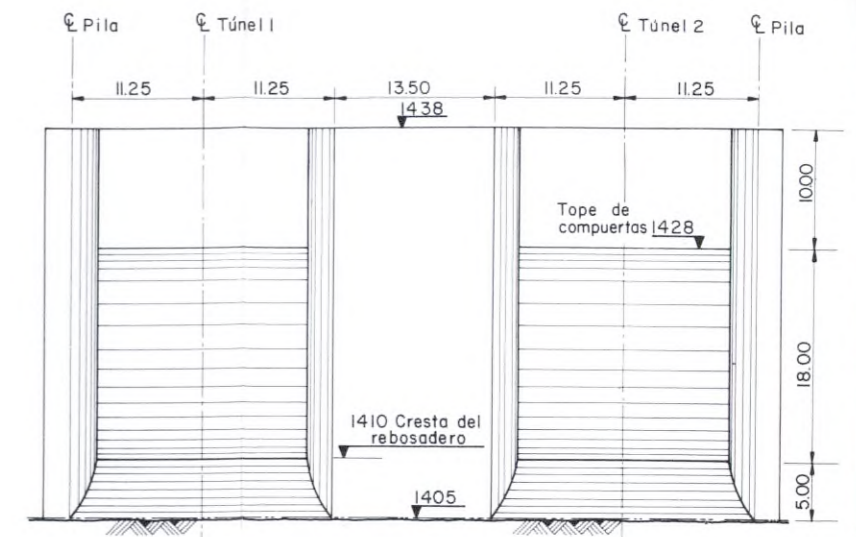
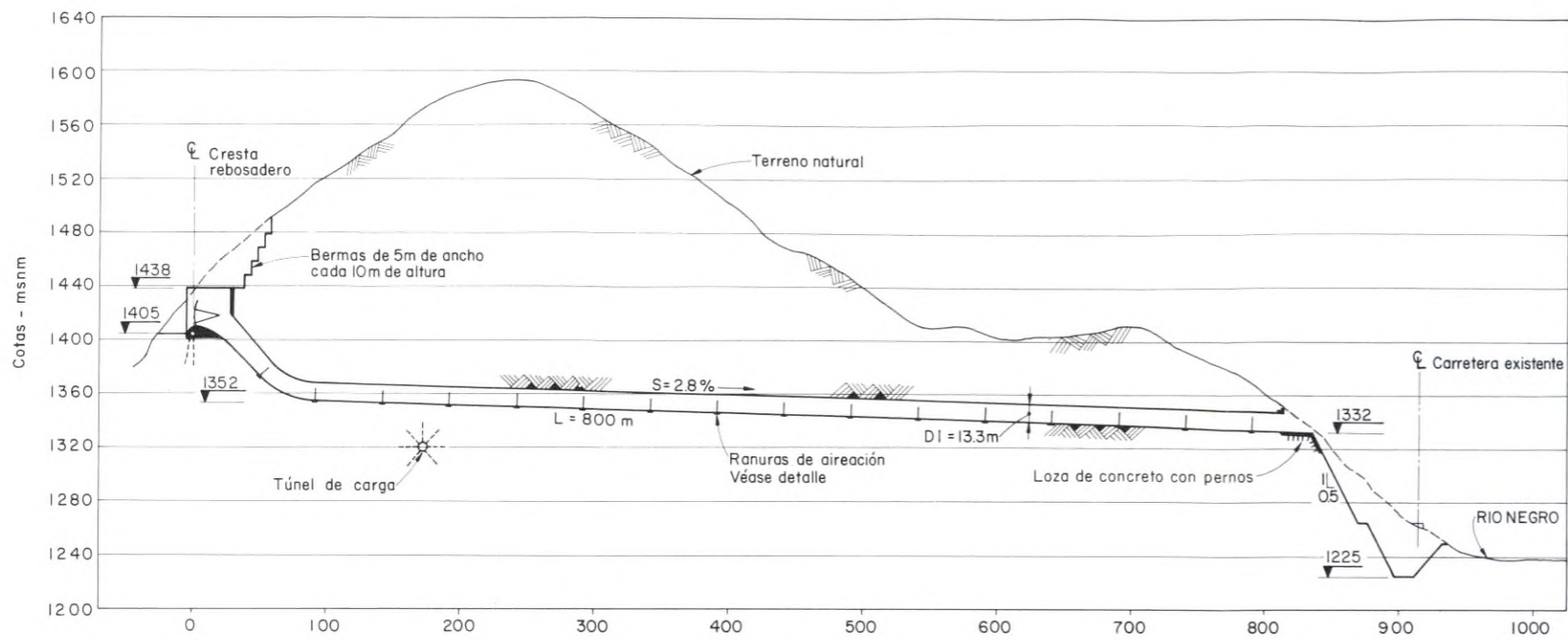
FUNDACION DE LA ZONA 3
Sin escala

NOTAS

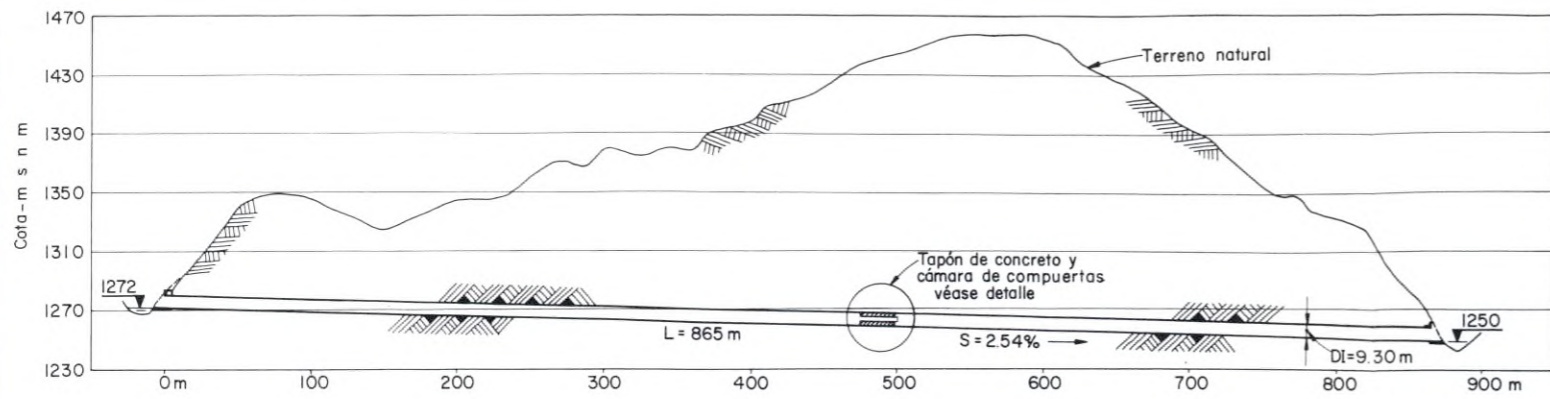
- 1 - Las inyecciones de consolidación tendrán una longitud aproximada de 10m.
- 2 - La profundidad de la cortina de inyecciones se ha estimado como el 40% de la cabeza hidrostática máxima o mínimo 50m, a lo largo del perfil; estas profundidades podrán variar de acuerdo con las pruebas que se realicen durante la construcción de la cortina.
- 3 - Se ha previsto una sola cortina de inyecciones localizada a lo largo del perfil del terreno por el eje del núcleo.
- 4 - Se han previsto seis galerías de inyección, tres en cada estribo, desde las cuales se ejecutarán las inyecciones de los estribos. Las inyecciones de la parte del río se ejecutarán desde la superficie.



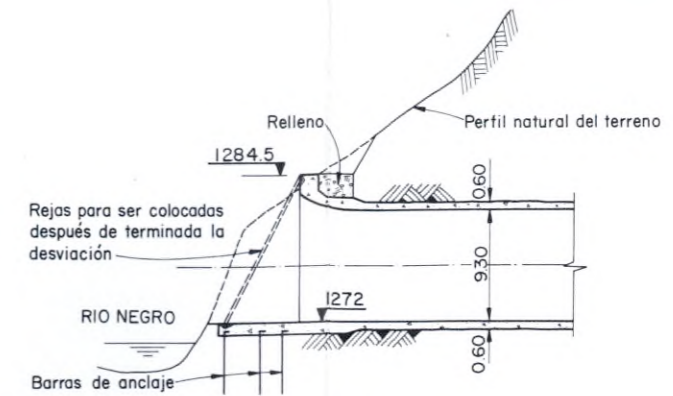
ESCALA INDICADA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO: D. de B.	PROYECTO QUETAME PRESA
DISEÑO:	CORTINA DE INYECCIONES Y DETALLES
APROBADO:	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
ARCHIVO: 318-178-1538C	INTEGRAL LTDA.
	PLANO: Q-4



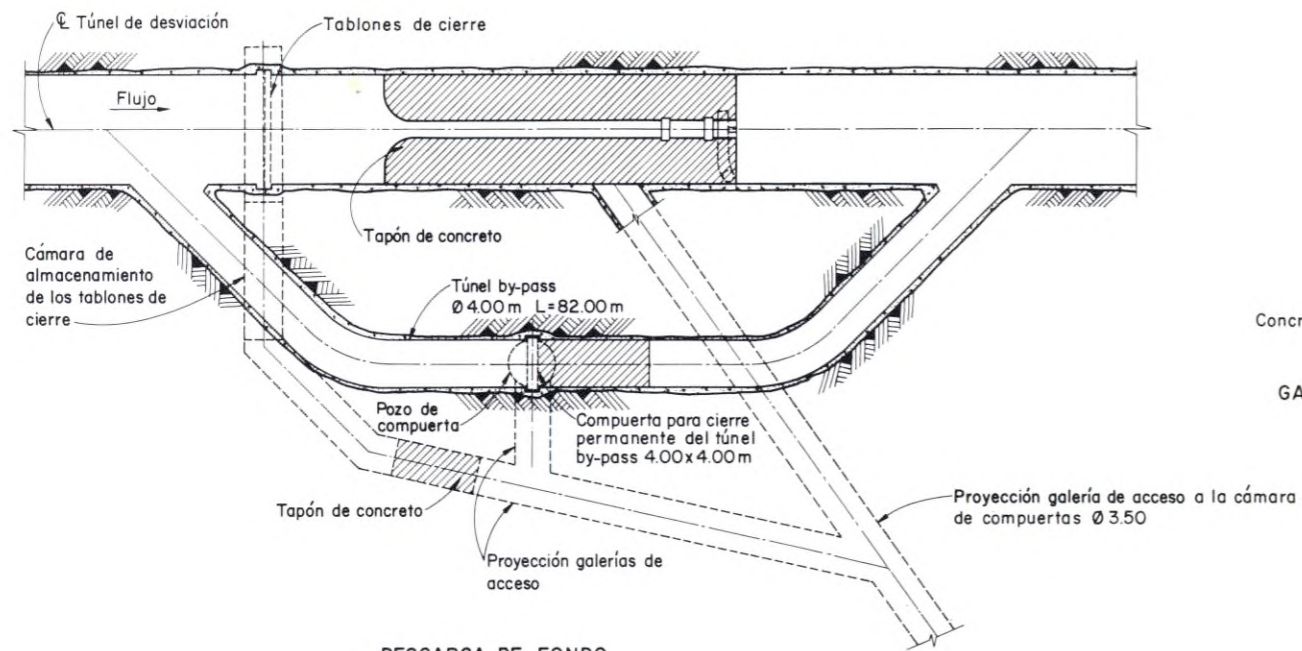
ESCALA: INDICADA	EMPRESA DE ENERGIA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá	PLANO:
FECHA: JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA		
DIBUJO: CMG de T.	PROYECTO QUETAME REBOSADERO CORTES Y DETALLES		
DISEÑO:			
APROBADO:	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.		
ARCHIVO: SIB-IRI-1545 C	INTEGRAL LTDA.		Q-5



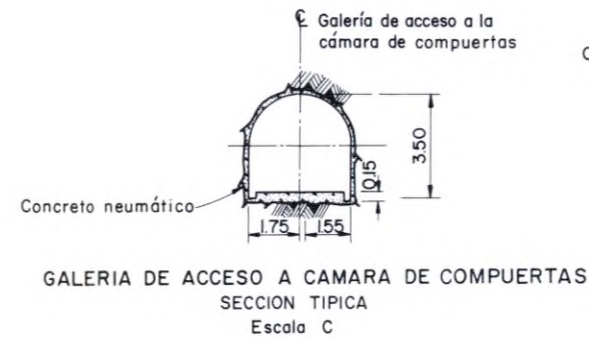
TUNEL DE DESVIACION
PERFIL
Escala A



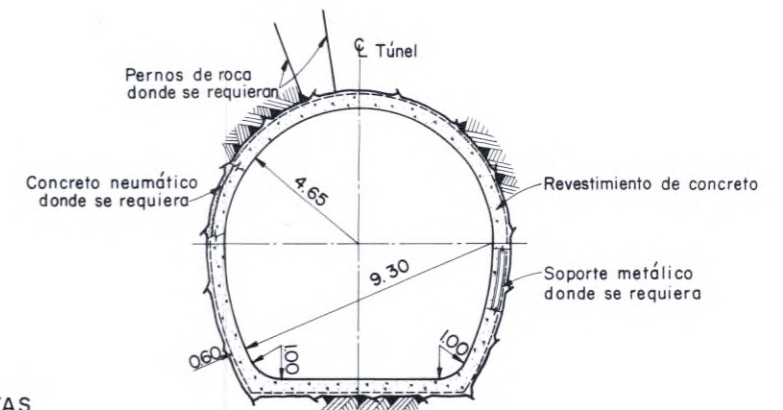
TUNEL DE DESVIACION
PORTAL DE ENTRADA
Escala B



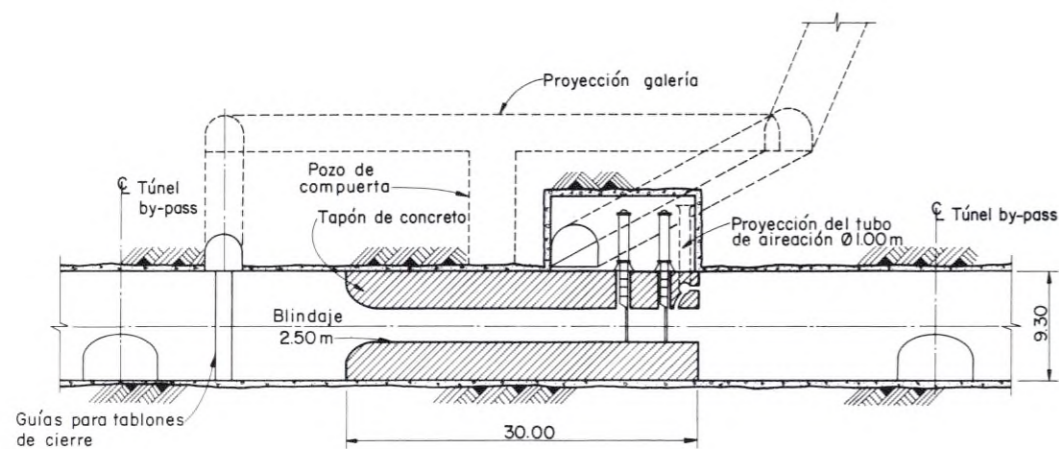
DESCARGA DE FONDO
PLANTA
Escala B



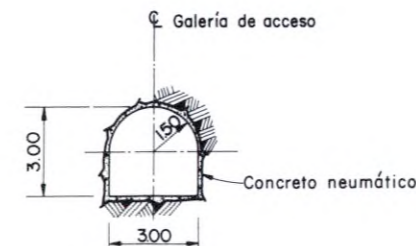
GALERIA DE ACCESO A CAMARA DE COMPUERTAS
SECCION TIPICA
Escala C



TUNEL DE DESVIACION
SECCION TIPICA
Escala C

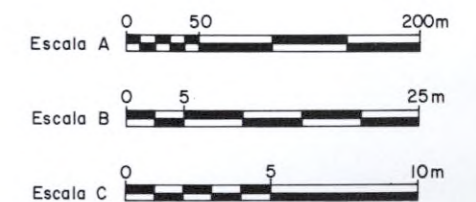


DESCARGA DE FONDO
CORTE LONGITUDINAL POR EL EJE
Escala B

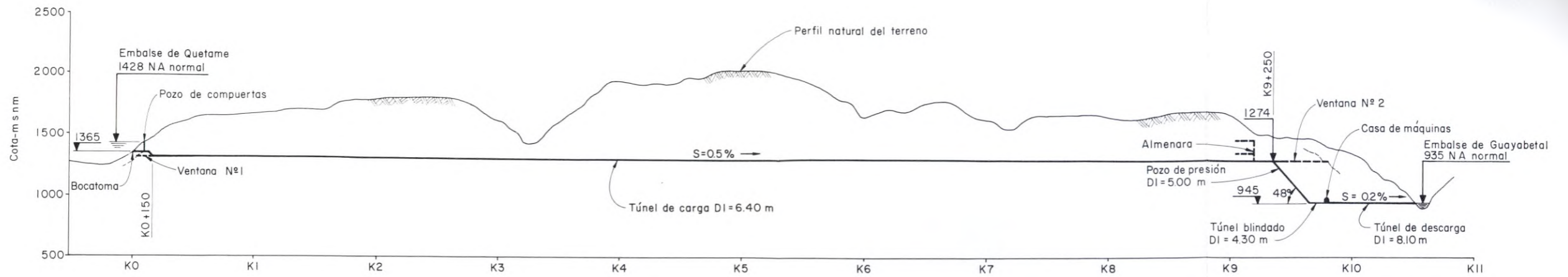


GALERIAS DE ACCESO
SECCION TIPICA
Escala C

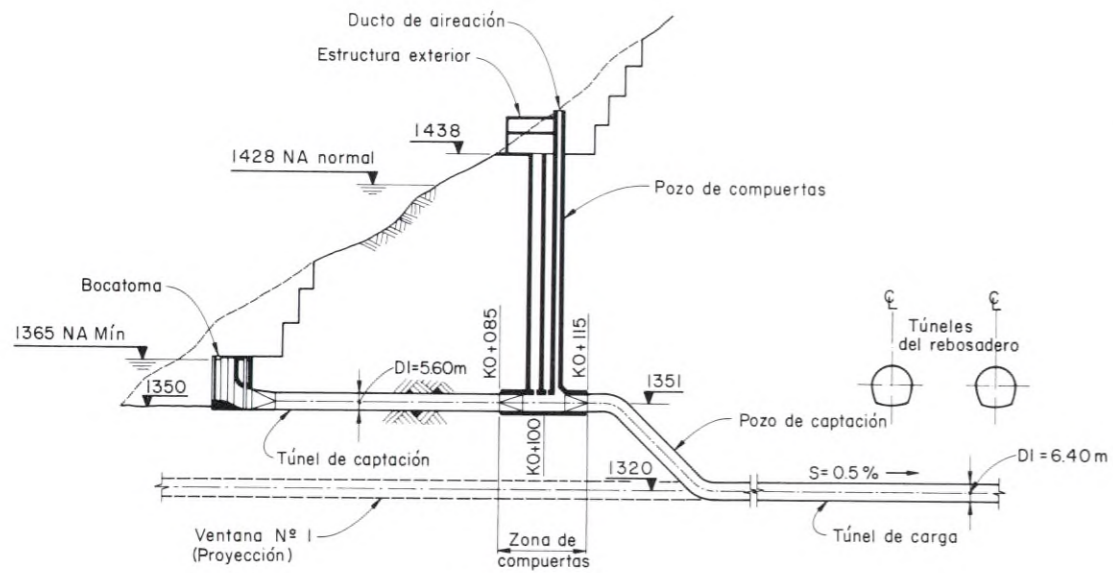
Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA



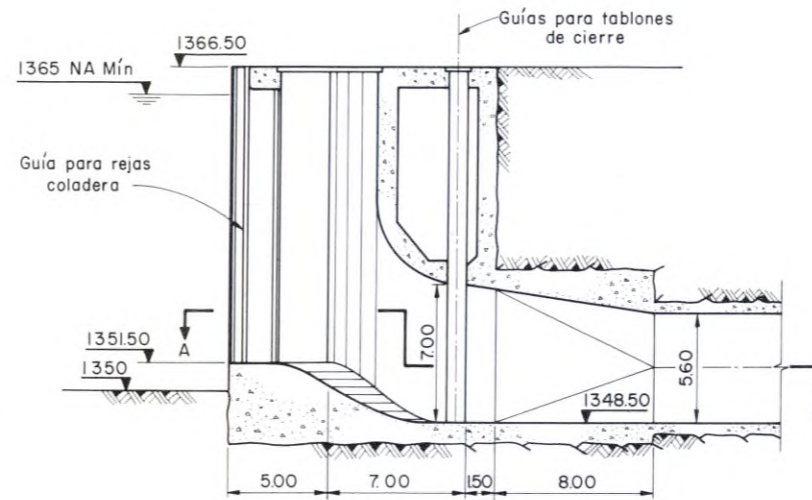
ESCALA: INDICADA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA
DIBUJO: D. de B.	PROYECTO QUETAME
DISEÑO:	TUNEL DE DESVIACION Y DESCARGA DE FONDO
APROBADO:	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.
ARCHIVO: 318-179-1539 C	INTEGRAL LTDA.
	PLANO: Q-6



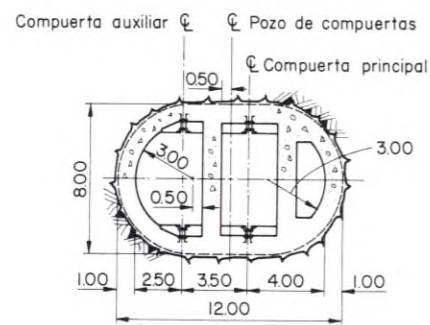
PERFIL CONDUCCION
Escala A



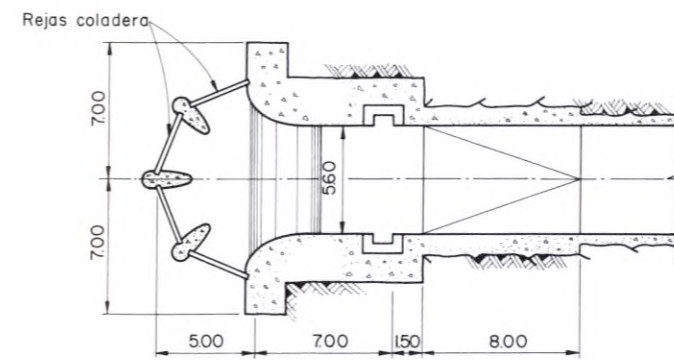
OBRAS DE CAPTACION
Escala B



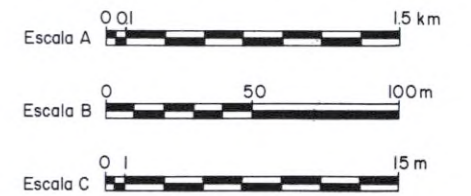
ESTRUCTURA DE CAPTACION
Escala C



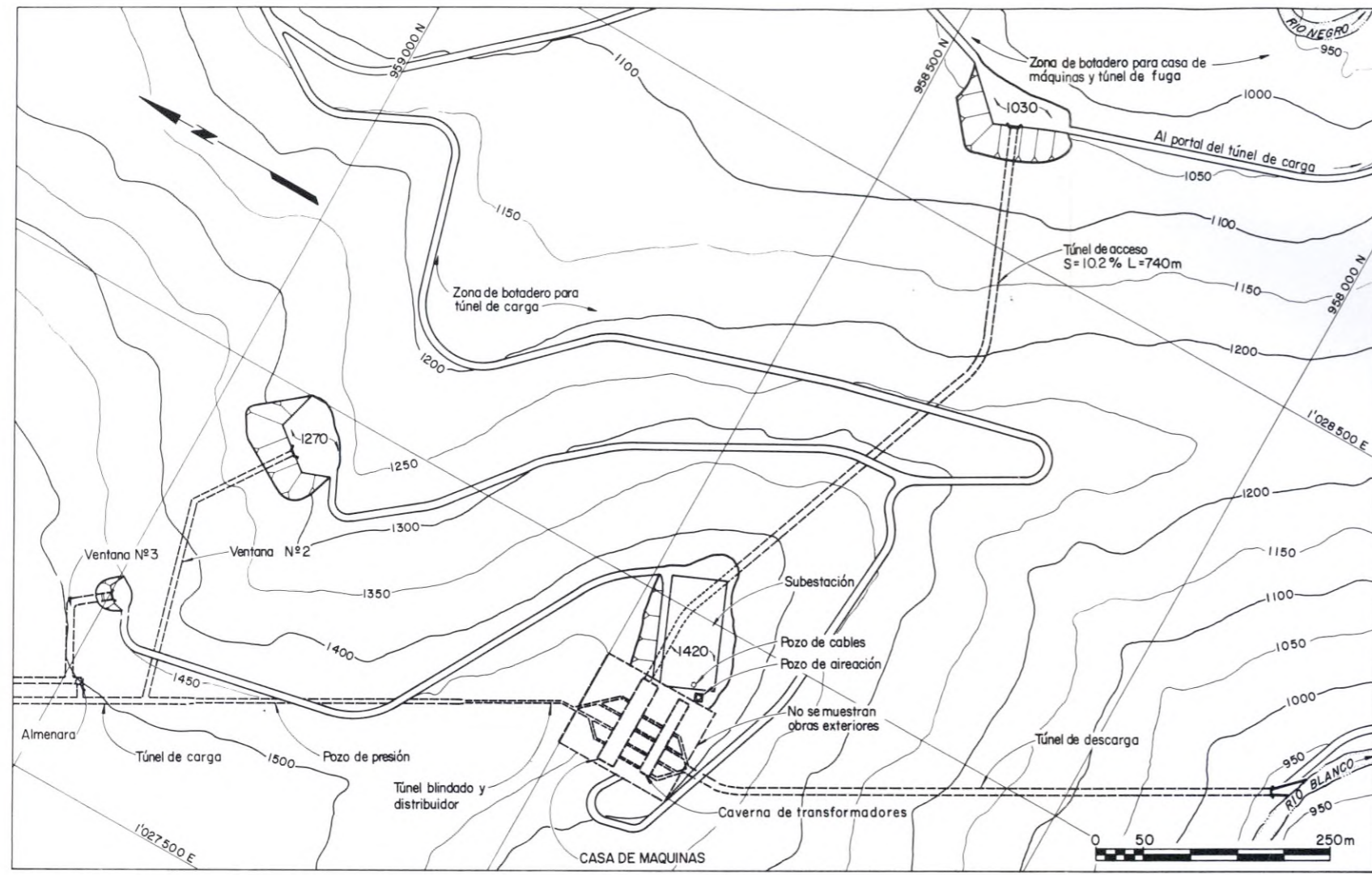
POZO DE COMPUERTAS
Escala C



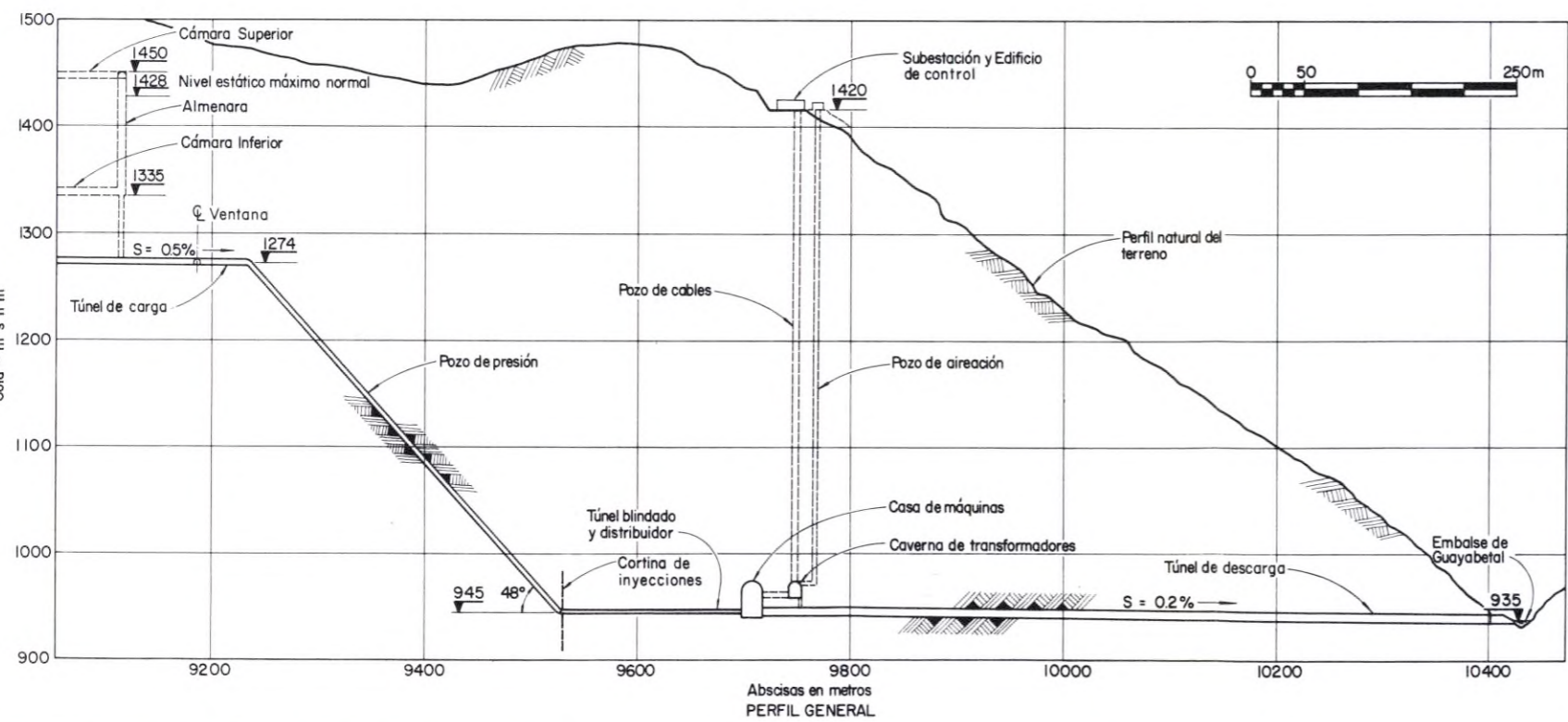
CORTE A-A
Escala C



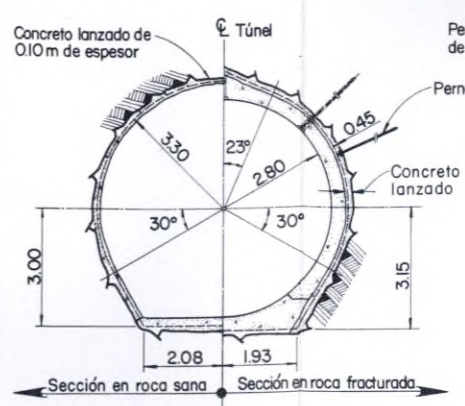
ESCALA INDICADA	EMPRESA DE ENERGIA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA	
DIBUJO: S. D. D.	PROYECTO QUETAME BOCATOMA Y CONDUCCION CORTES Y DETALLES	
DISEÑO: INTEGRAL		
APROBADO: [Signature]	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.	PLANO: Q-7
ARCHIVO: 318-187-1958-C		



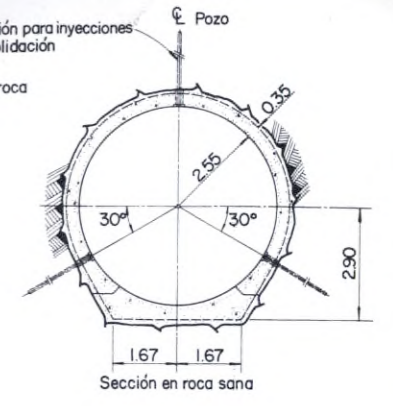
PLANTA GENERAL



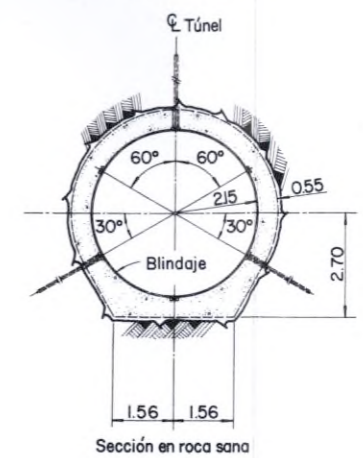
PERFIL GENERAL



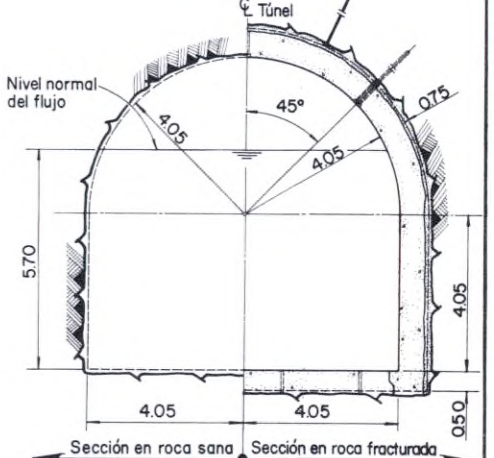
TUNEL DE CARGA



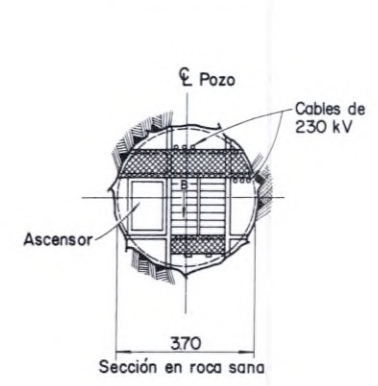
POZO DE PRESION



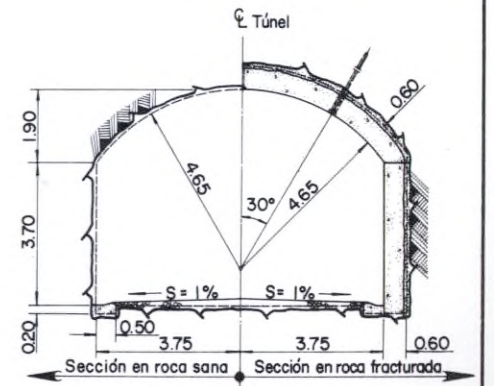
TUNEL BLINDADO



TUNEL DE DESCARGA



POZO DE CABLES



TUNEL DE ACCESO

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 sistemáticos 1 Capa de concreto lanzado
Descompuesta	1 Capa de concreto lanzado	Malla de refuerzo Entibado metálico 2 Capas de concreto lanzado



ESCALA INDICADA: 1:1000

FECHA: JUNIO 1982

DIBUJO: G.M.R.

DISENO: INTEGRAL

APROBADO: [Signature]

ARCHIVO: 318-189-1580-C

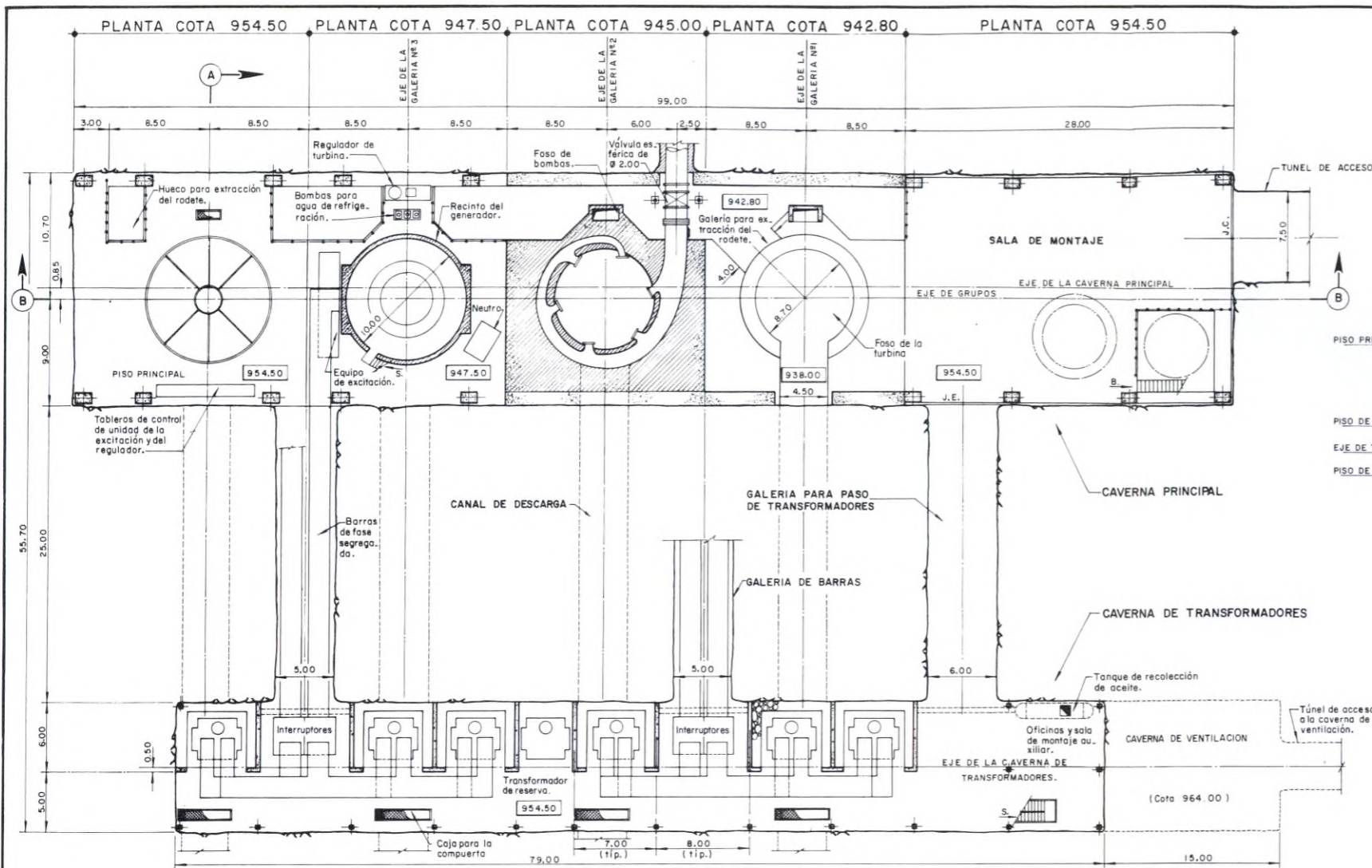
Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá

PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA

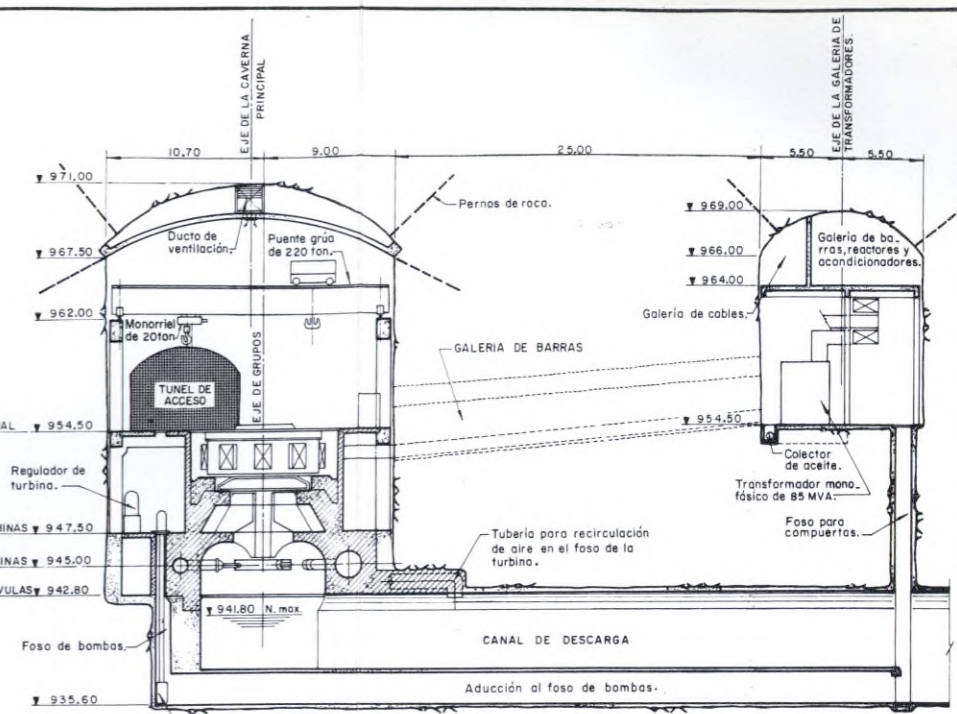
PROYECTO QUETAME ZONA DE CASA DE MAQUINAS Y SECCIONES DE TUNELES

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

PLANO: Q-8



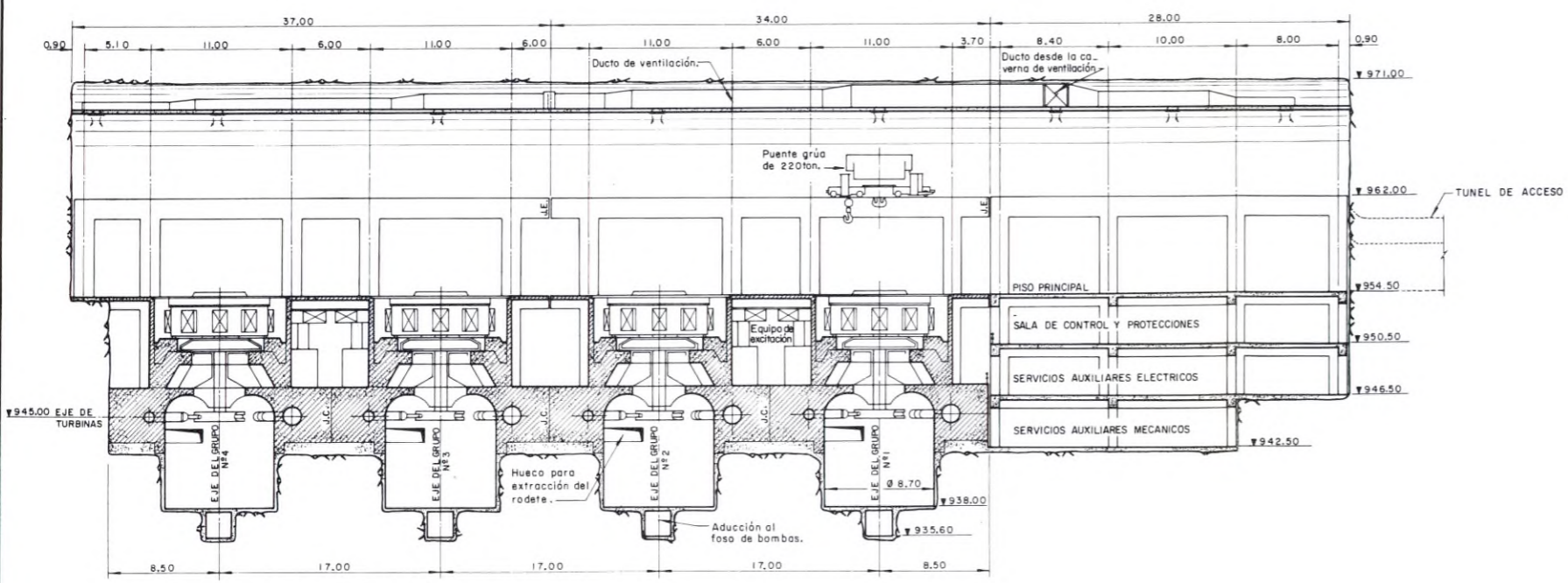
PLANTA



SECCION A

CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

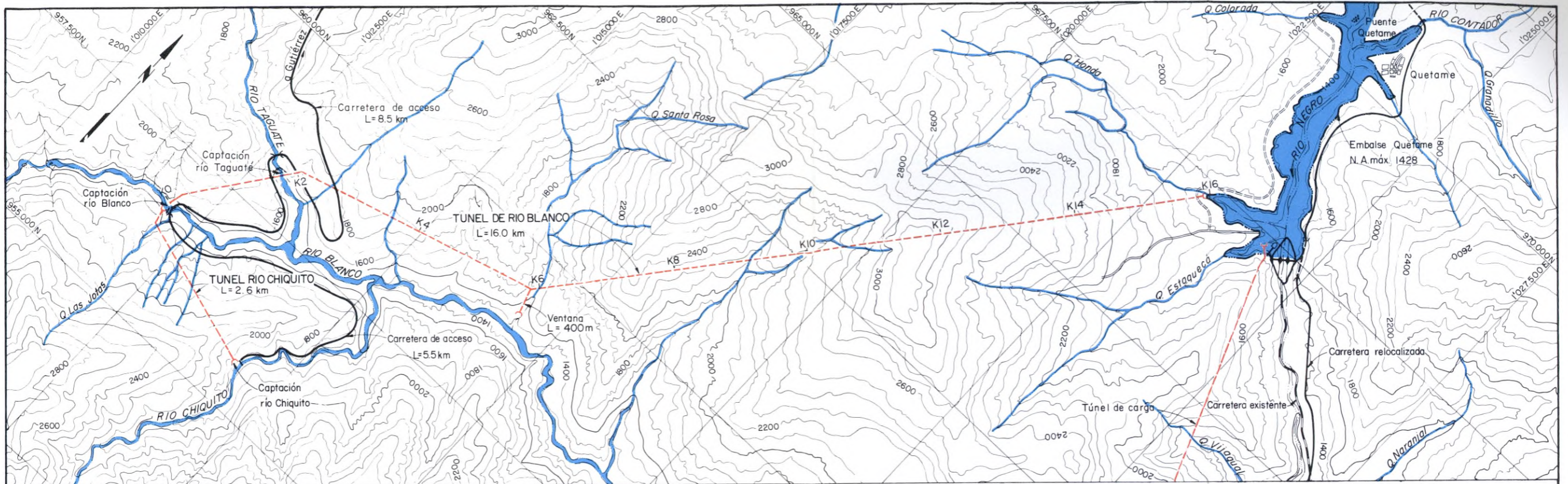
TURBINAS	GENERADORES	TRANSFORMADORES
Nº de unidades: 4	Nº de unidades: 4	Nº de unidades: 7
Tipo: Pelton de eje vertical	Tipo: Síncrono de eje vertical	Tipo: Monofásico
Potencia nominal: 108 MW	Potencia nominal: 110MVA Δt60°C	Potencia nominal: 85 MVA Δt65°C
Velocidad sincrónica: 277 rpm	Velocidad sincrónica: 277 rpm	Enfriamiento: FOW
Salto neto de diseño: 444 m	Factor de potencia: 0,95 en retardo	Voltaje de alta: 230 kV
Descarga nominal: 28 m³/s	Voltaje nominal: 13,8 kV	Voltaje de baja: 13,8 kV



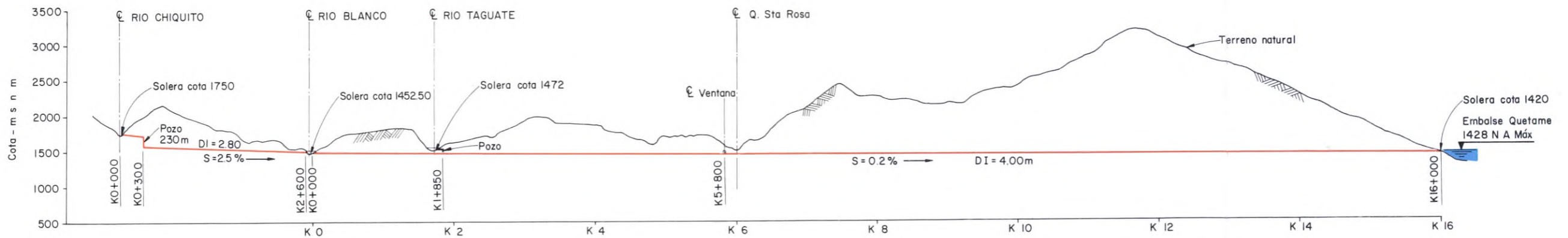
SECCION B



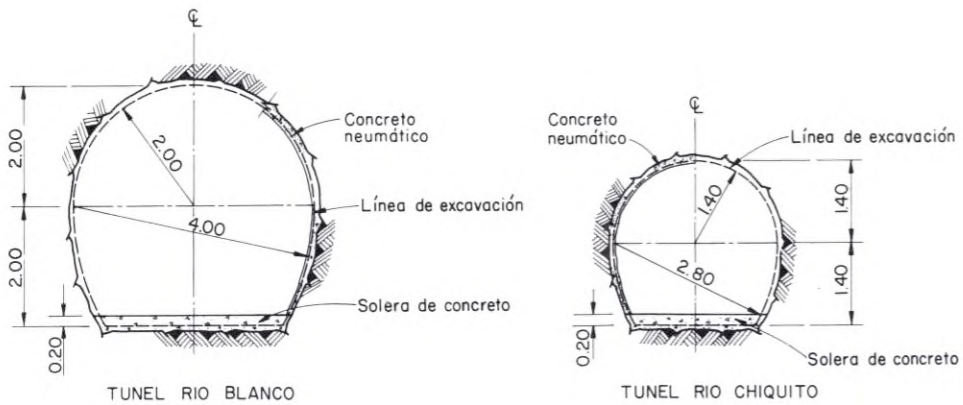
ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO-GUAYURIBA	
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO QUETAME CASA DE MAQUINAS PLANTA Y CORTES	
DIBUJO: E. Saldarriaga de A.	DISEÑO: INTEGRAL	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.	
ARCHIVO: 318-222-1594 C	PLANO: Q-9		



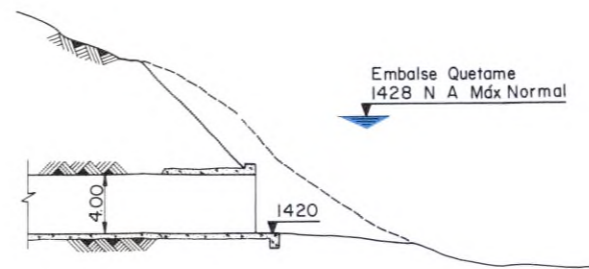
PLANTA
Escala A



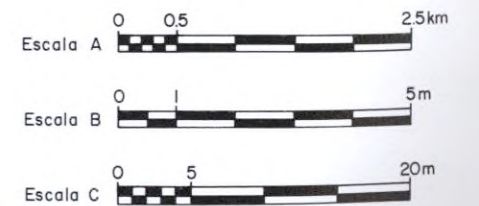
PERFIL
Escala A



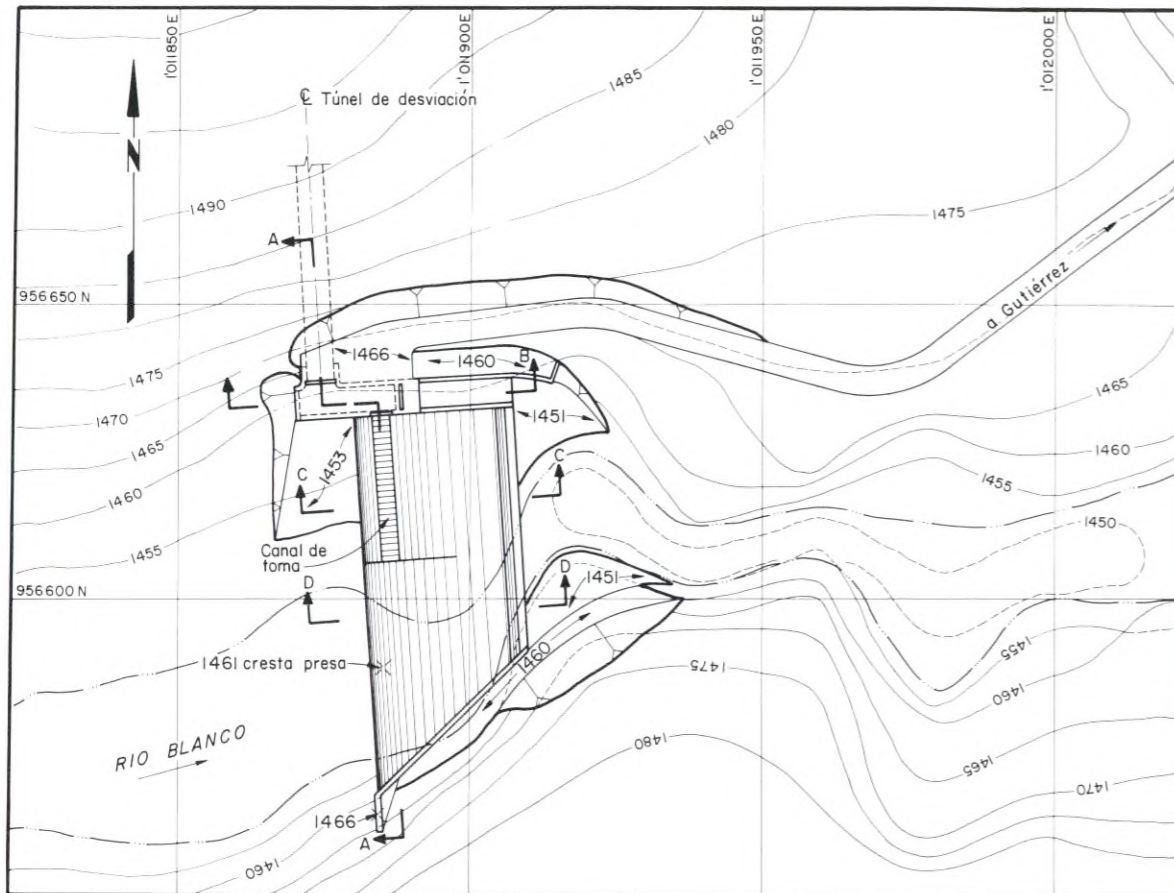
SECCIONES TÍPICAS
Escala B



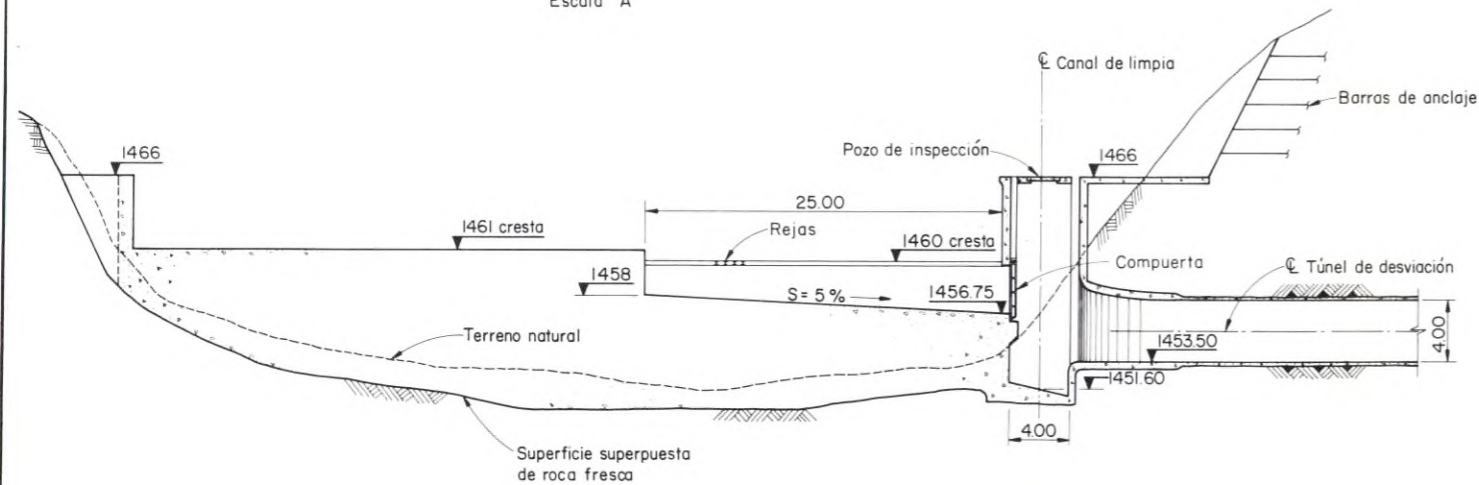
PORTAL DE SALIDA
Escala C



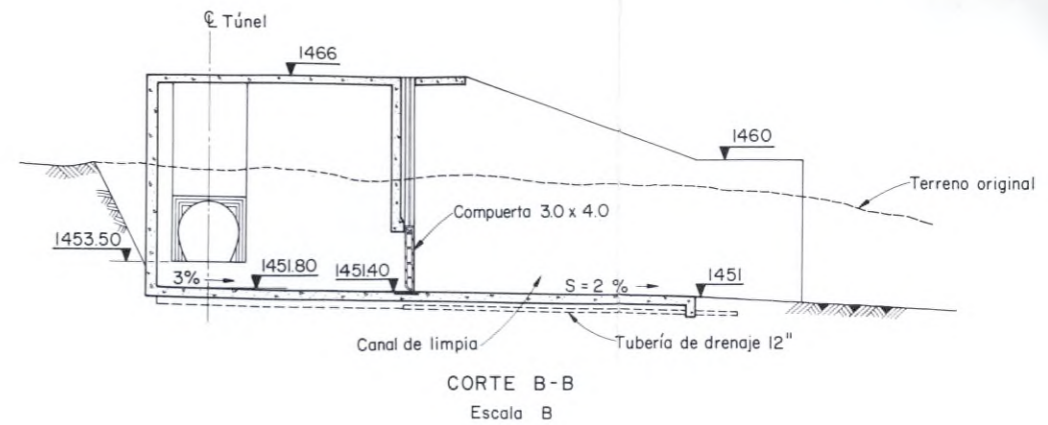
ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá	PLANO: Q-10
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA	
DIBUJO: A. G. de G. D. de B.	PROYECTO QUETAME DESVIACION RIO BLANCO PLANTA Y PERFIL		
DISEÑO:			
APROBADO:	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.		
ARCHIVO: 318-192-1563-C	INTEGRAL LTDA.		



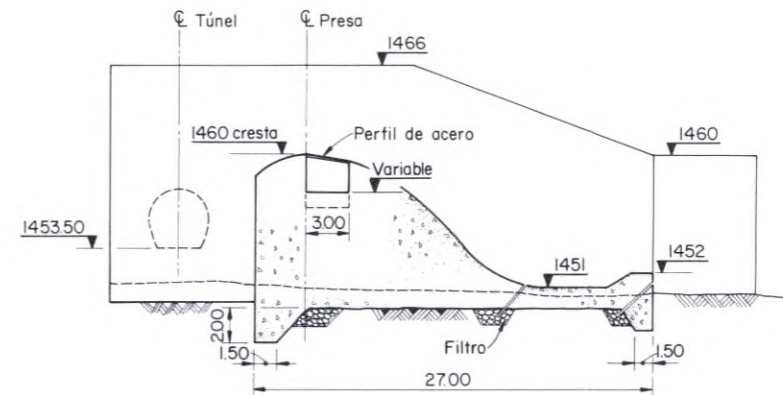
PLANTA
Escala A



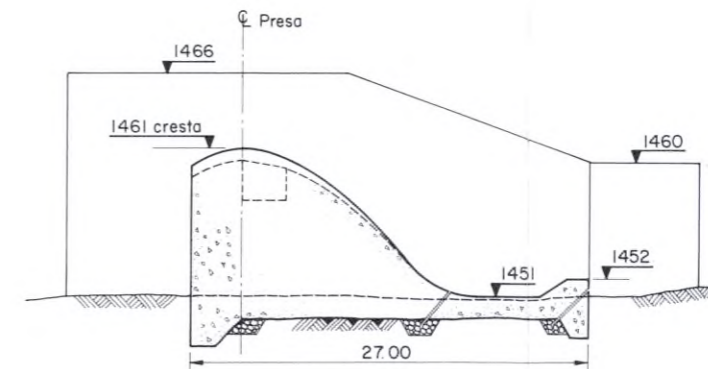
CORTE A-A
Escala B



CORTE B-B
Escala B



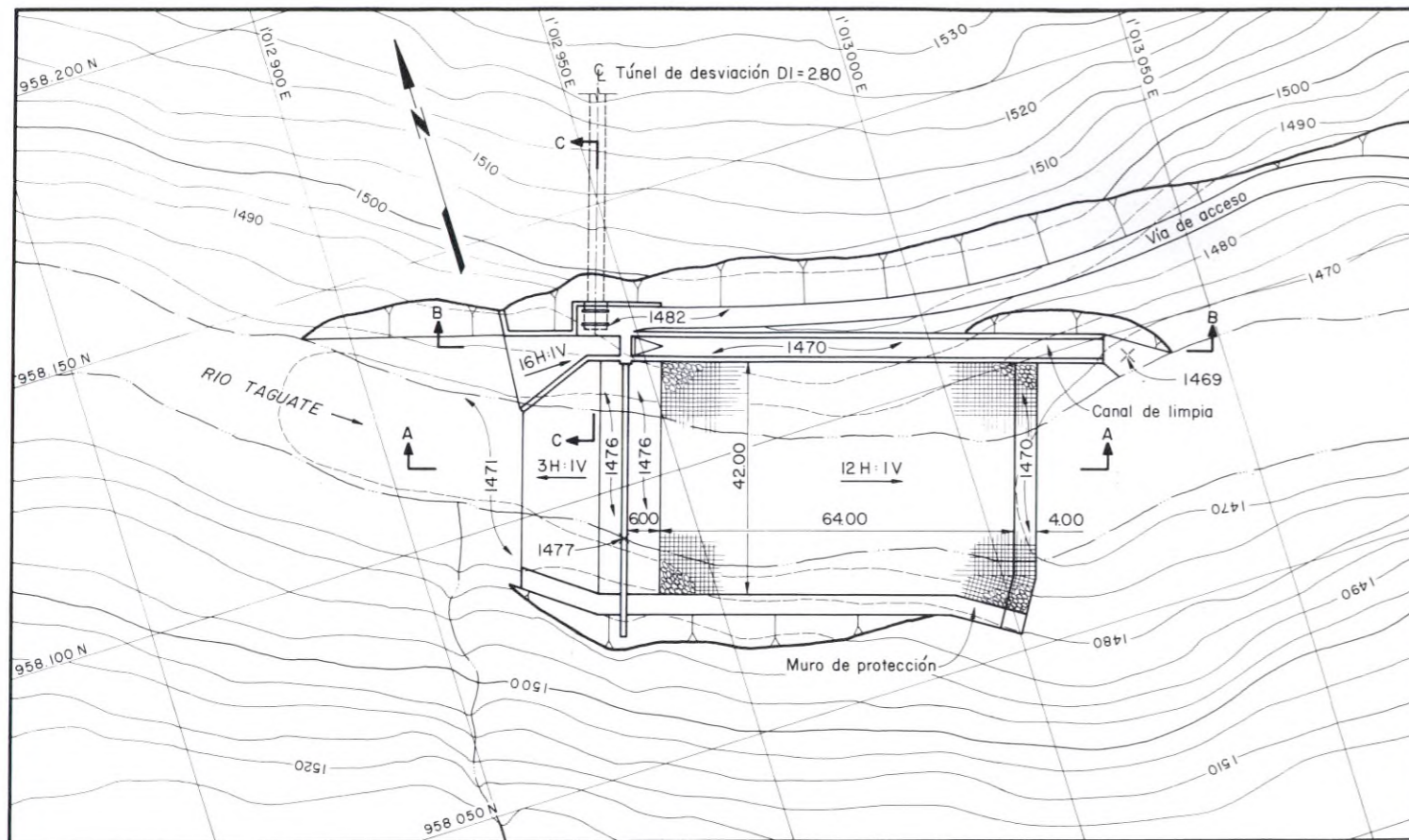
CORTE C-C
Escala B



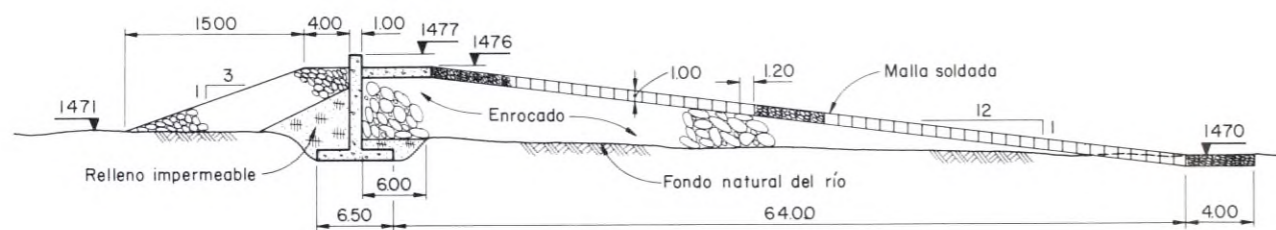
CORTE D-D
Escala B



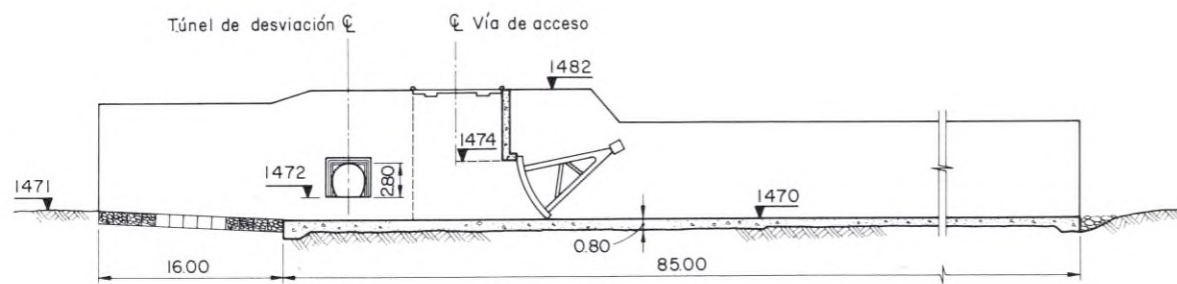
ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO: D. de B.		PROYECTO QUETAME DESVIACION RIO BLANCO PRESA
DISEÑO:		
APROBADO:		
ARCHIVO: 318-231-1608-C		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
		PLANO: Q-11



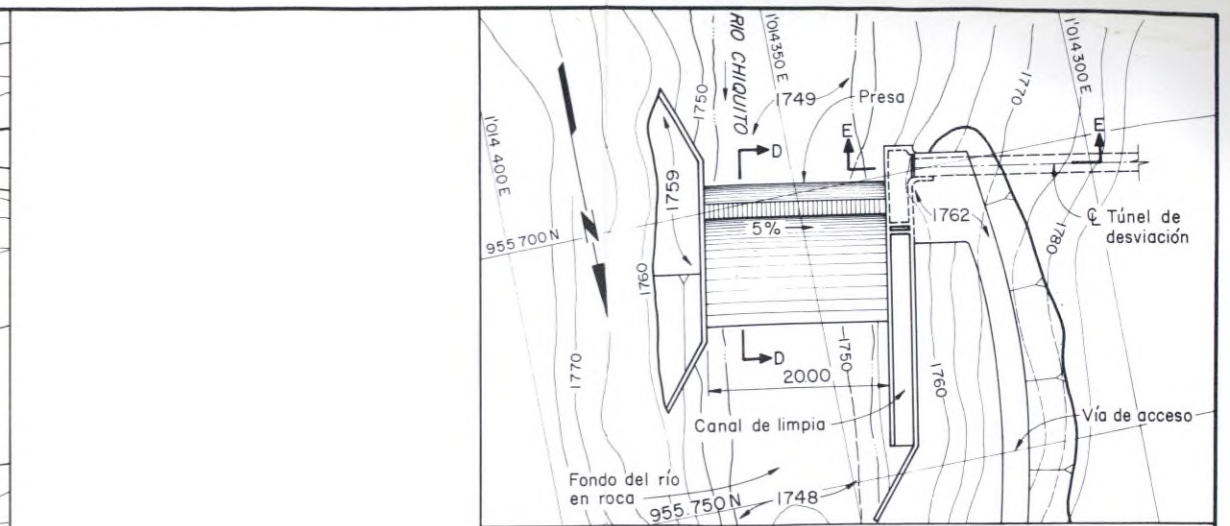
PRESA DE DESVIACION - RIO TAGUATE
PLANTA
Escala A



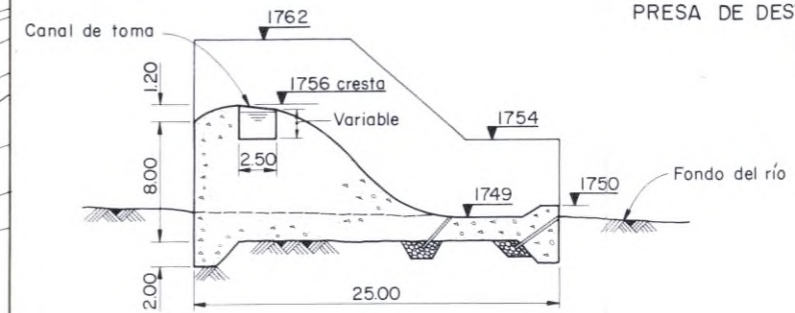
CORTE A-A
Escala C



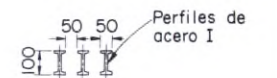
CORTE B-B
Escala C



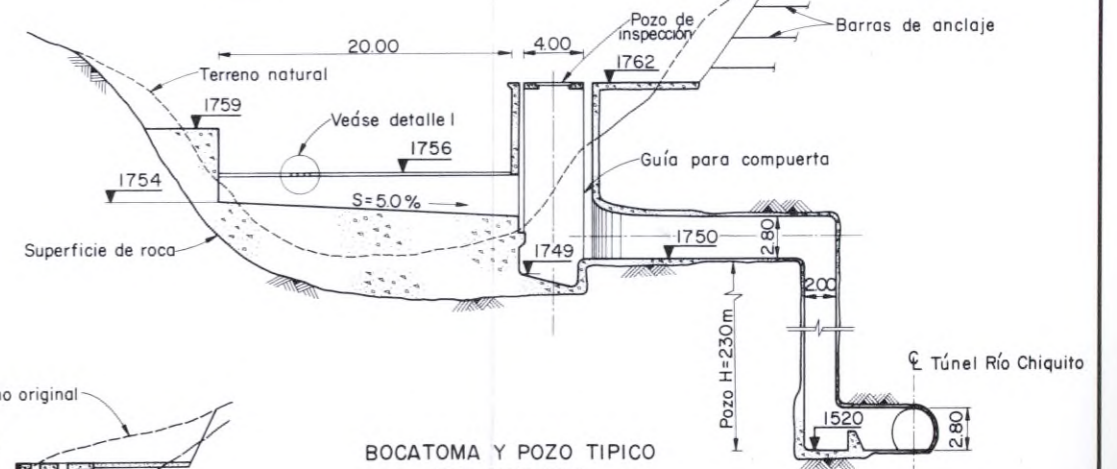
PRESA DE DESVIACION - RIO CHIQUITO
PLANTA
Escala A



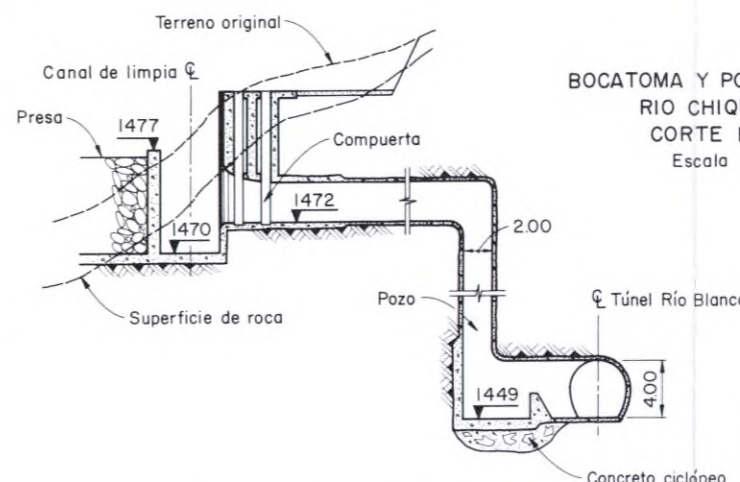
CORTE D-D
Escala B



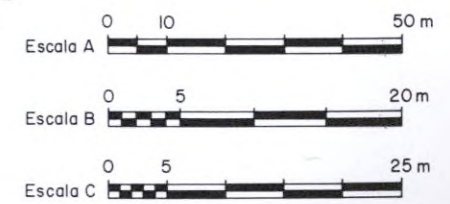
DETALLE I
Nota: Las medidas de los perfiles de acero I, están dadas en mm



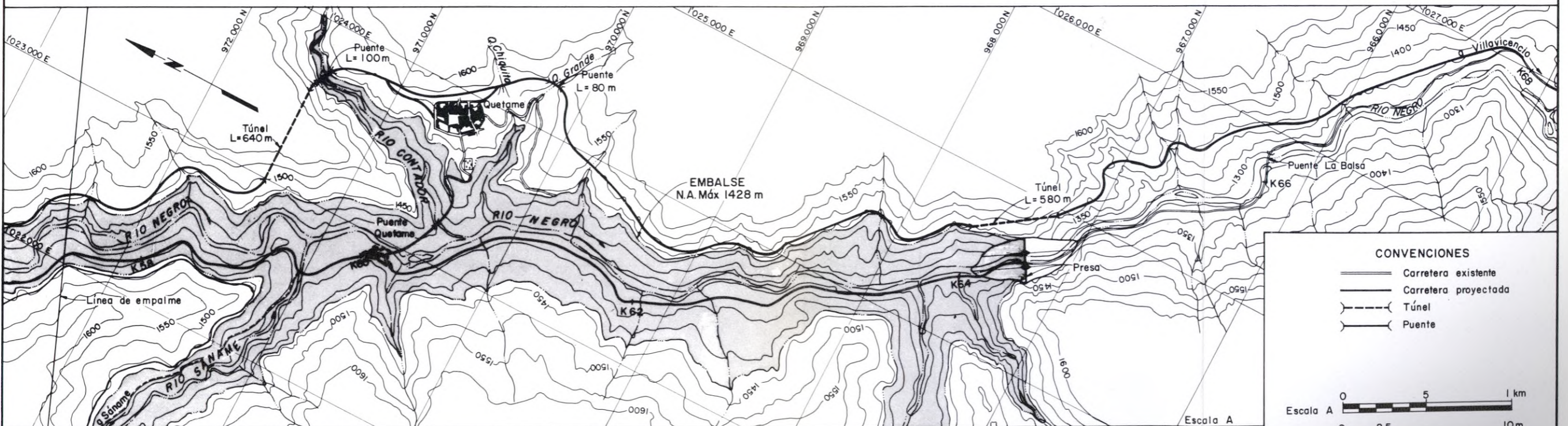
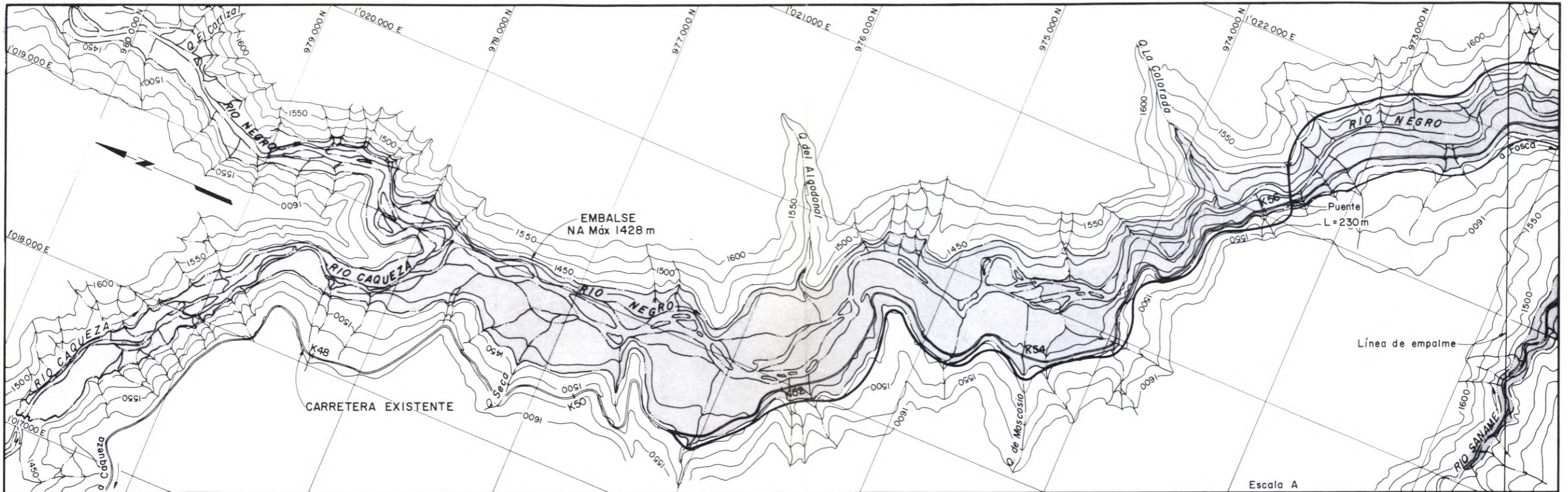
BOCATOMA Y POZO TIPICO
RIO CHIQUITO
CORTE E-E
Escala B



BOCATOMA Y POZO TIPICO
RIO TAGUATE
CORTE C-C
Escala B



ESCALA INDICADA	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DISEÑO: G. D. D.	PROYECTO QUETAME DESVIACION RIO BLANCO PRESAS RIO CHIQUITO Y TAGUATE
APROBADO: [Signature]	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
ARCHIVO: 318-228-1599-C	PLANO: Q-12

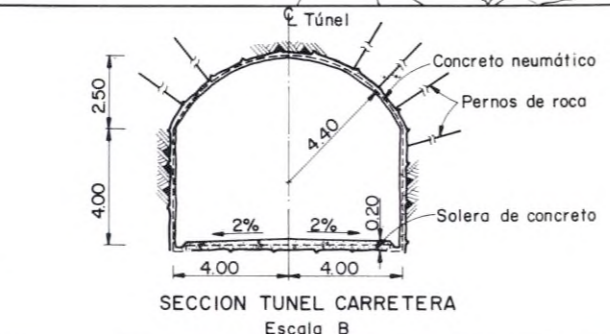
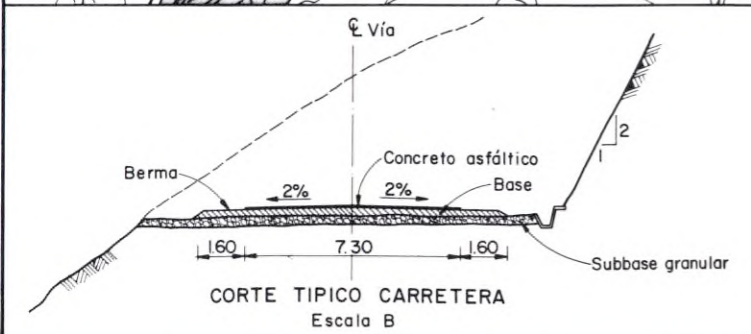


CONVENCIONES

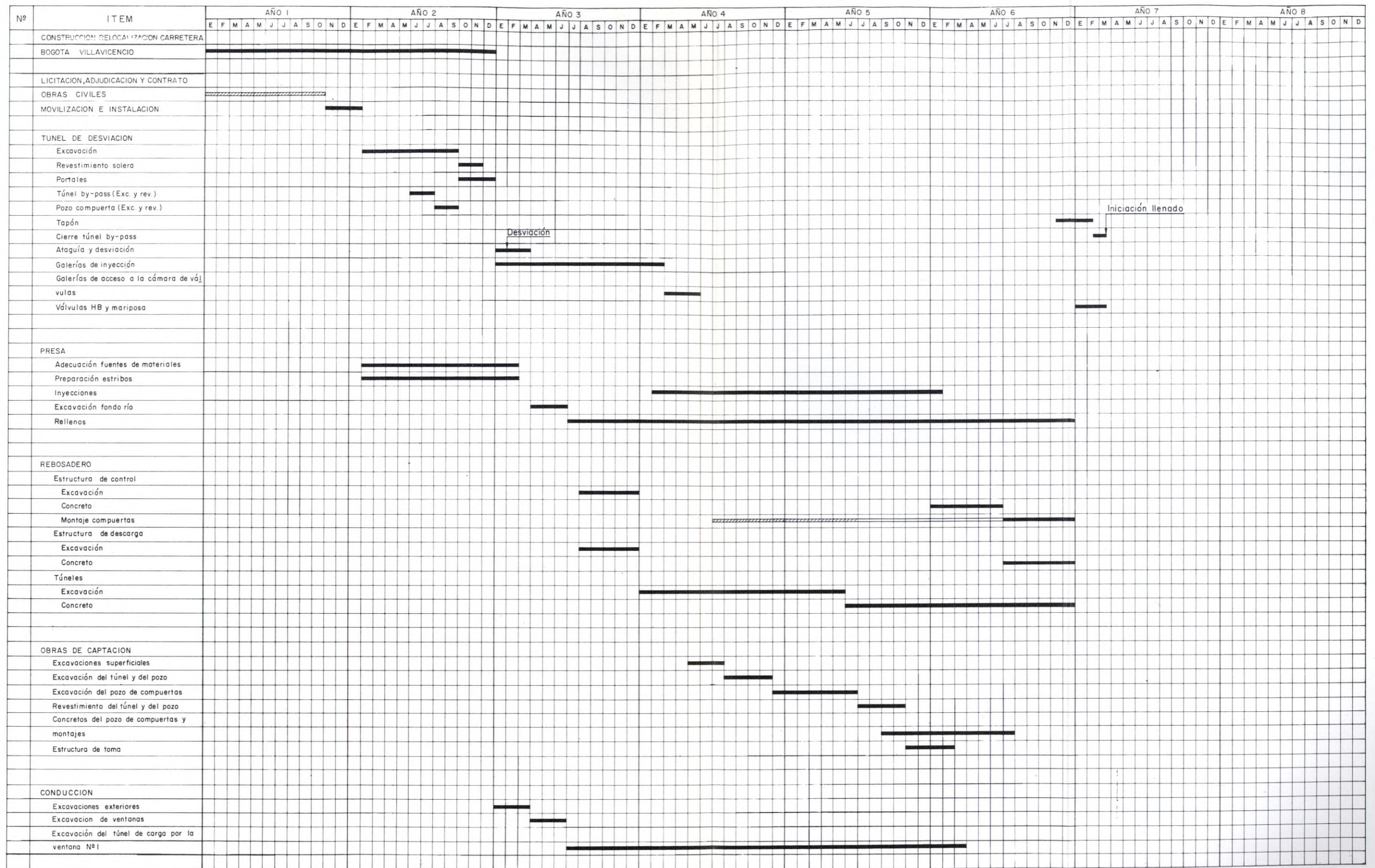
- Carretera existente
- Carretera proyectada
- - - Túnel
- Puente

Escala A: 0 5 1 km

Escala B: 0 2.5 10 m

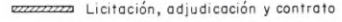
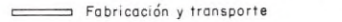
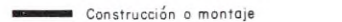




ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá	
FECHA: JUNIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA	
DIBUJO: G.E.T.T.		PROYECTO QUETAME	
DISEÑO:		RELOCALIZACION CARRETERA BOGOTA - VILLAVICENCIO	
APROBADO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.	
ARCHIVO: 318-174-1534 C		INTEGRAL LTDA.	
		PLANO:	Q-13

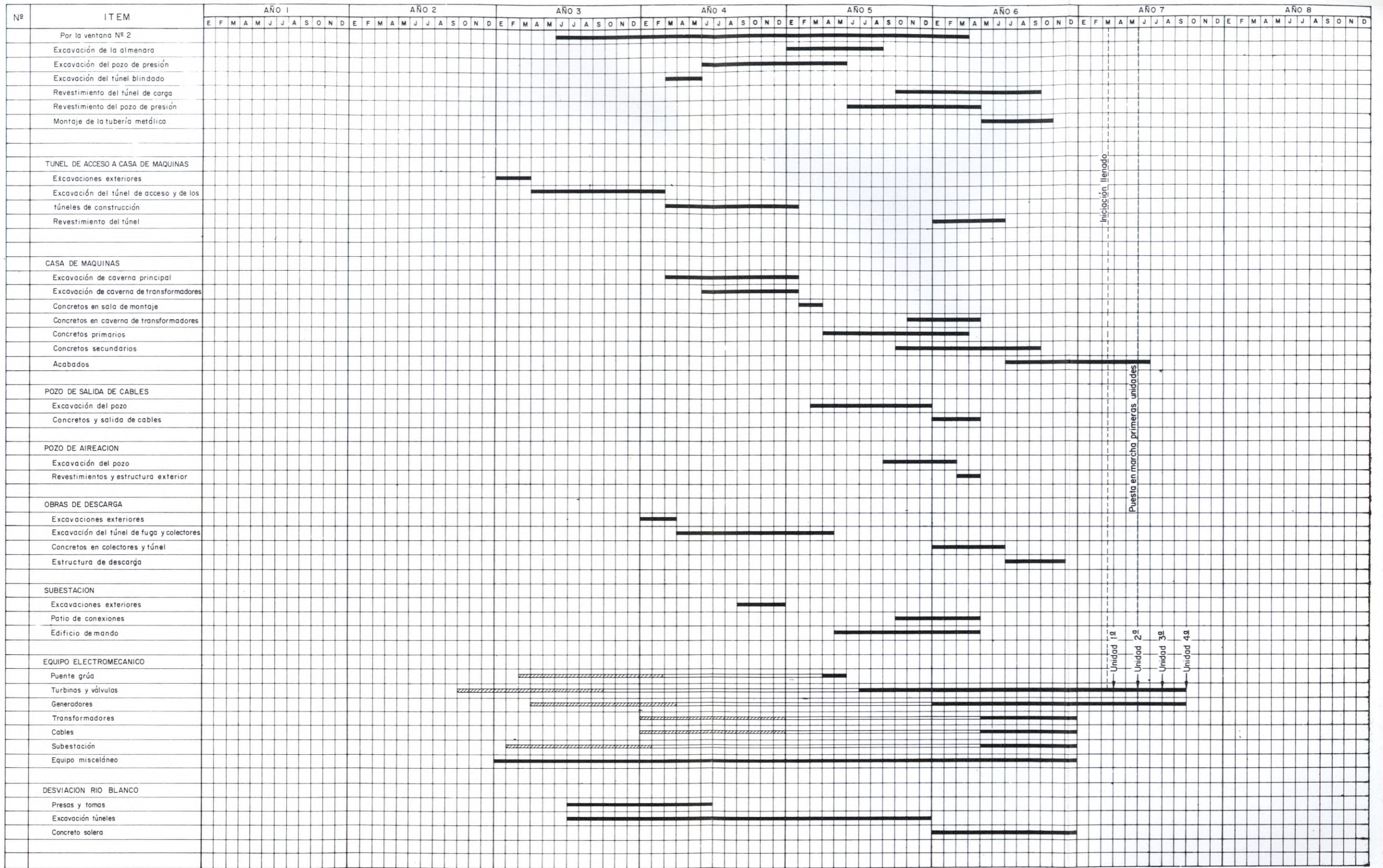




Iniciación llenado

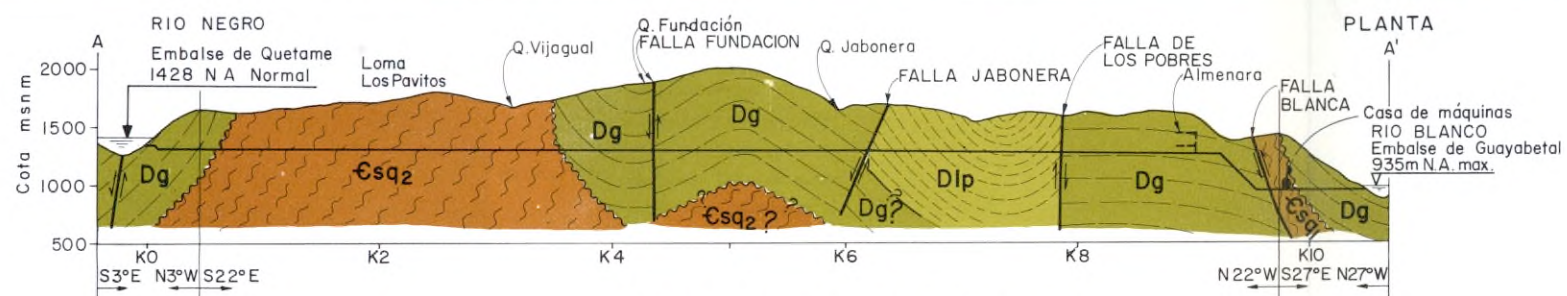
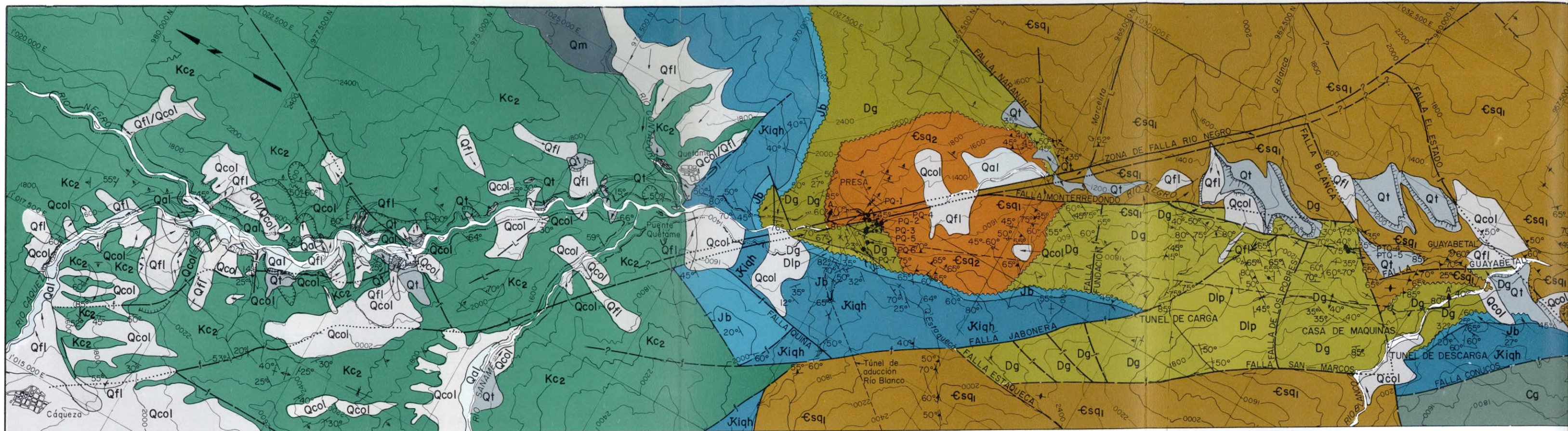
Desviación

- CONVENCIONES**
-  Licitación, adjudicación y contrato
 -  Fabricación y transporte
 -  Construcción o montaje

ESCALA:		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA:	JUNIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO:	C.E.M. de D.	PROYECTO QUETAME PROGRAMA DE CONSTRUCCION HOJA 1 DE 2
DISEÑO:		
APROBADO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
ARCHIVO:	318-191-1562-C	
PLANO:		Q-14



ESCALA:	 Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
FECHA:		PROYECTO QUETAME
JUNIO 1982 DIBUJO: C.E.M. de D. DISEÑO:		PROGRAMA DE CONSTRUCCION HOJA 2 DE 2
APROBACION  ARCHIVO: 318-191-1262-C	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.	PLANO: Q-14
		INTEGRAL LTDA.



CORTE GEOLOGICO A-A' GENERALIZADO

CONVENCIONES ESTRATIGRAFICAS

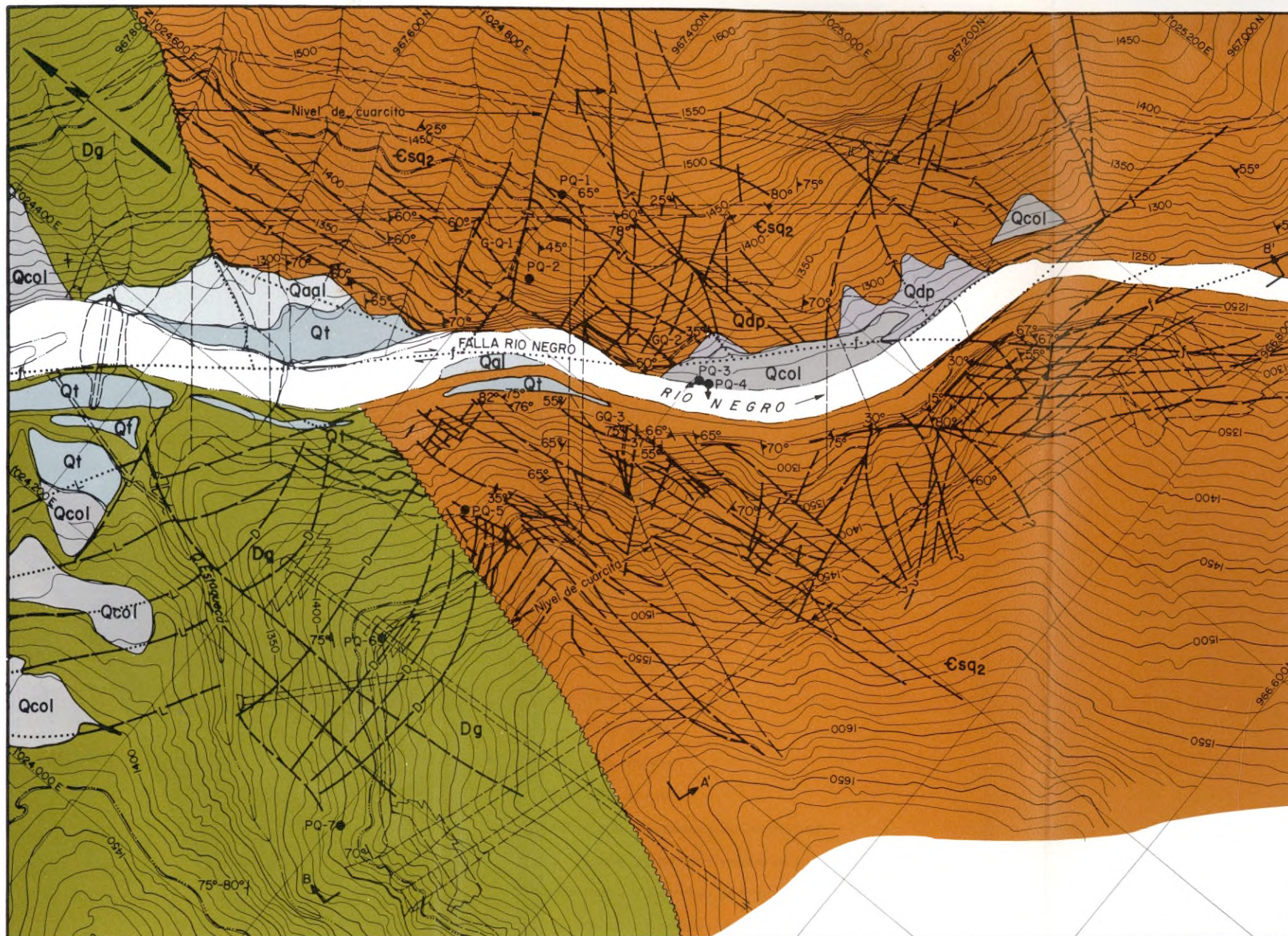
ERA	UNIDAD	DESCRIPCION
CUATERNARIO	Qal	DEPOSITOS ALUVIALES - Bloques, cantos y gravas sueltas en una matriz limo - arenosa
	Qcol/Qfl	SUELO COLUVIAL - Depósitos de fragmentos tamaño bloque a grava en matriz areno-arcillosa FLUJOS DE LODO - Depósitos de bloques y guijos en una masa limo-arenosa, muestran dirección de flujo
	Qm	DEPOSITOS GLACIARES (Morrenas) - Bloques de material heterogéneo en matriz areno-arcillosa
CRETACEO	Qt	TERRAZAS - Depósitos de grava, arena y limo, formando superficies planas en uno o en varios niveles
	Kc2	GRUPO CAQUEZA - Lutita silicea, arenisca cuarzosa y lutita arcillosa negra
JURASICO	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 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 algunas capas de lutita, limolita y arenisca
CARB	Cg	FORMACION CAPAS ROJAS DEL GUATUQUIA - Arenisca, limolita y arcillolita verde y roja, caliza y conglomerado oligomíctico
CAMBRICO-SILURICO	Dip	FORMACION LUTITAS DE PORTACHUELO - Lutita laminar a masiva y argilita, algo pizarrosas; arenisca de grano fino
	Dg	FORMACION ARENISCAS DE GUTIERREZ - Cuarzita con intercalaciones de pizarra gris, verde y negra, conglomerado basal cuarcítico
	Esq2 Esq1	GRUPO QUETAME - FORMACION PUENTE LA BALSA - Pizarra gris oscura, laminar con intercalaciones de meta arenisca gravuca gris oscura y cuarzita hacia la base FORMACION GUAYABETAL - Filita gris violácea, con intercalaciones esporádicas de filita verde y cuarzita gris

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

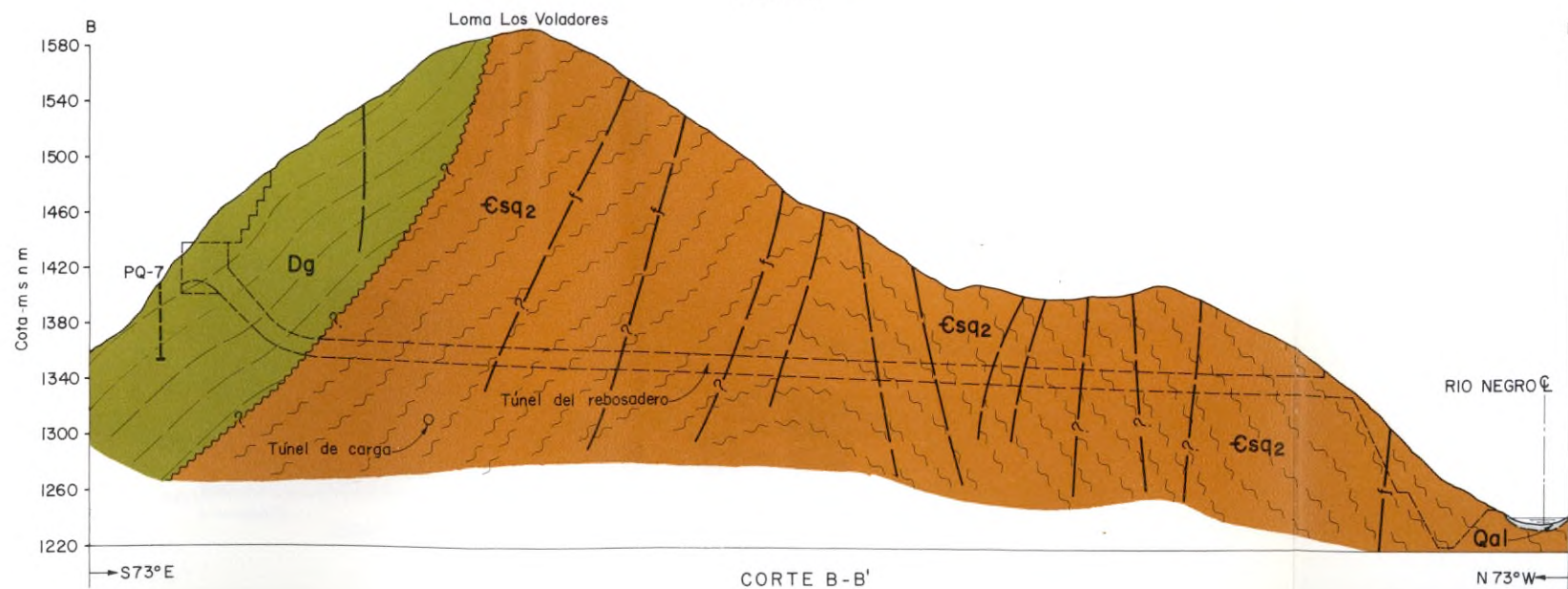
	Contacto geológico		PQ-2 Perforación vertical
	Contacto discordante		PQ-3 Perforación inclinada
	Falla		Contorno del embalse
	Falla inferida		
	Falla cubierta		
	Falla de rumbo		
	Lineamiento fotogeológico		
	Rumbo y buzamiento de estratificación		
	Rumbo y buzamiento vertical de estratificación		
	Estratificación invertida		
	Rumbo y buzamiento de foliación		
	Rumbo y buzamiento vertical de foliación		
	Rumbo y buzamiento fotogeológico		
	Diaclasa vertical		
	Eje anticlinal		
	Eje sinclinal		
	Derrumbe activo		
	Corte geológico		



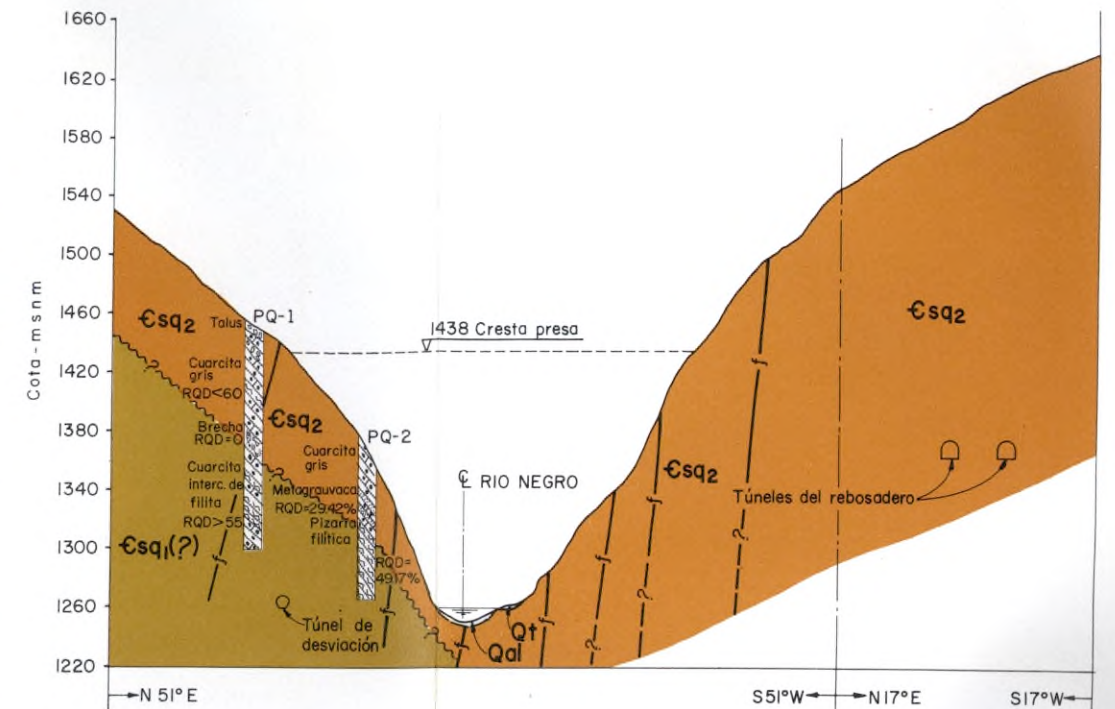
ESCALA INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA	JULIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO	G. D. D. C. J. G. R.	PROYECTO QUETAME EMBALSE Y CONDUCCION MAPA GEOLOGICO
DISEÑO		
APROBADO		
ARCHIVO	118-184-1551-6	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
		PLANO Q-15



PLANTA



CORTE B-B'



CORTE A-A

CONVENCIONES ESTRATIGRAFICAS

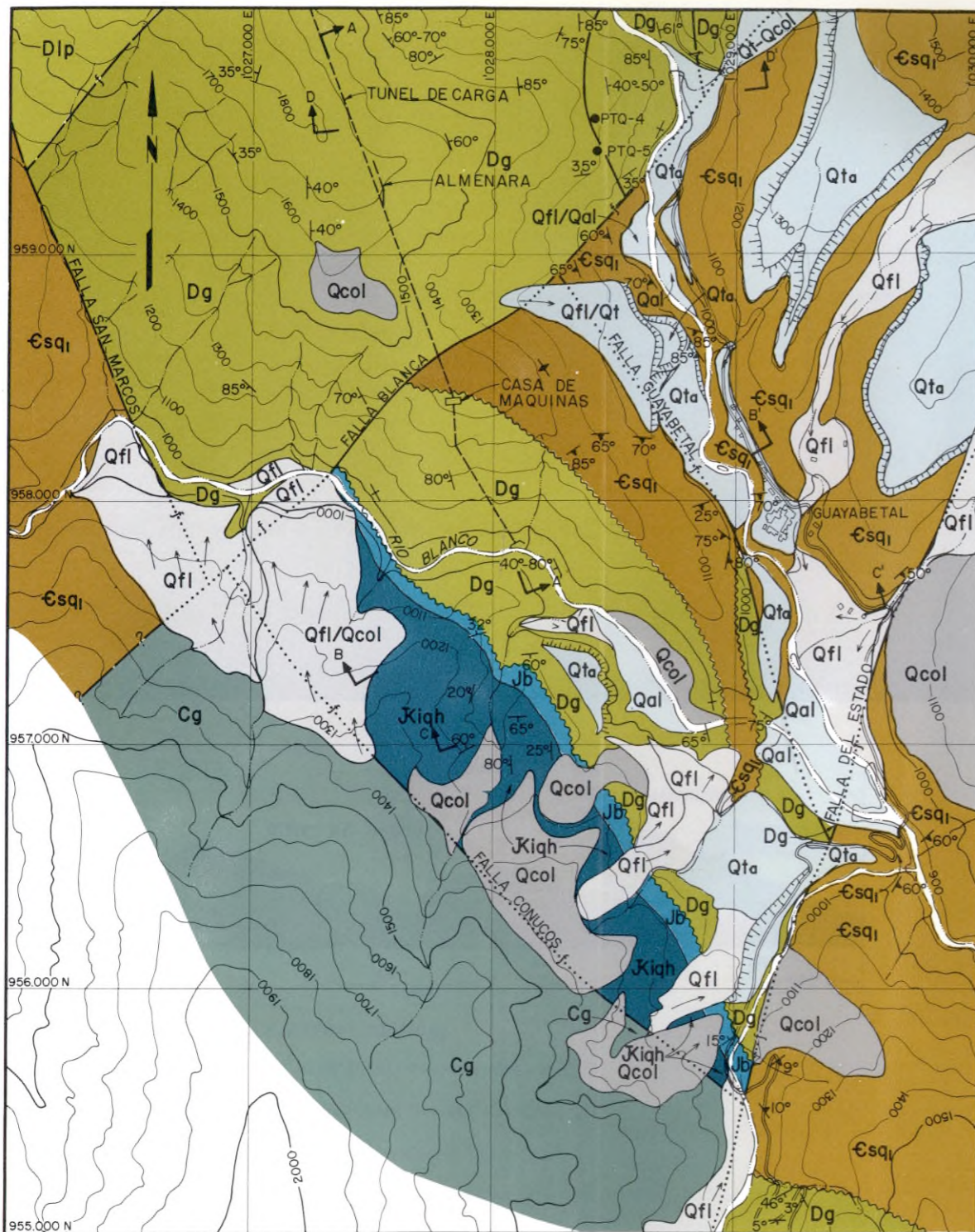
- Qal** DEPOSITOS ALUVIALES-Bloques, cantos y gravas sueltas en matriz limo-arenosa
- Qaa1** ABANICO ALUVIAL-Depósitos de grava, arena y limo formando superficies inclinadas
- Qcol** SUELO COLUVIAL-Depósitos de fragmentos tamaño bloque a grava en matriz areno-arcillosa
- Qdp** DERRUBIOS DE PENDIENTE-Bloques de arenisca gris clara a gris verdosa, cuarzosos, en matriz areno arcillosa.
- Qt** TERRAZAS-Depósitos de grava, arena y limo, formando superficies planas en uno o varios niveles
- Dg** FORMACION ARENISCAS DE GUTIERREZ-Cuarcita con intercalaciones de pizarra gris, verde y negra, conglomerado basal cuarcítico
- Esq2** FORMACION PUENTE LA Balsa-Pizarra gris oscura, con intercalaciones de meta-arenisca grauvaca gris oscura y cuarcita hacia la base
- Esq1** FORMACION GUAYABETAL-Filita gris-violeta, con intercalaciones esporádicas de filita verde y cuarcita gris.

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

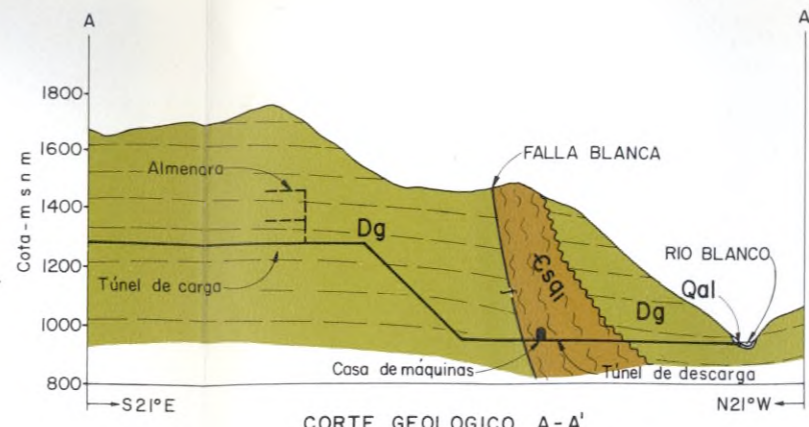
- Contacto geológico
- - - Contacto geológico inferido
- ~ ~ ~ Contacto geológico discordante
- f- Falla
- f- Falla inferida
- f- Falla cubierta
- ≡f≡ Falla de rumbo
- Lineamiento
- D- Diaclasamiento
- ∠45° Rumbo y buzamiento de estratificación
- ∠50° Rumbo y buzamiento vertical de estratificación
- ∠50° Rumbo y buzamiento de foliación
- ∠ Rumbo y buzamiento vertical de foliación
- ↕ Anticlinal
- ↕ Buzamiento fotogeológico
- PQ-1 Perforación vertical
- PQ-4 Perforación inclinada
- ==== Galería de exploración
- ∠ Contorno de las obras
- ∠ Contorno del embalse
- ∠ Corte geológico



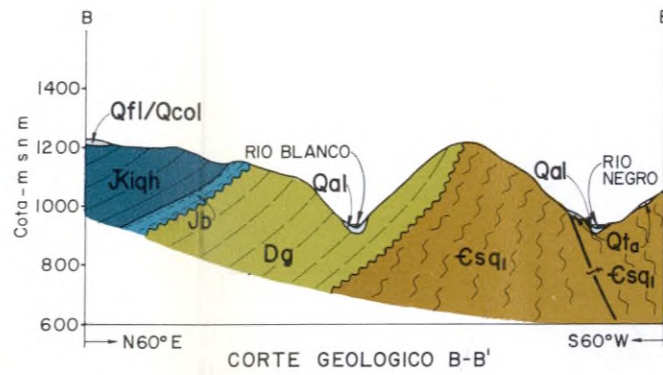
ESCALA INDICADA	IMPRESA DE BOGOTÁ	Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO 1982	PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA	
DIBUJO: C. J. G. R.	PROYECTO QUETAME SITIO DE PRESA MAPA GEOLOGICO	
APROBADO:	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.	FIGURA Q-16
ARCHIVO: 318-276-1866G		



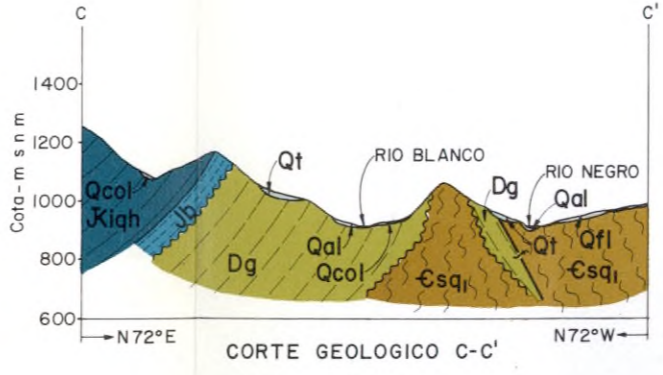
PLANTA



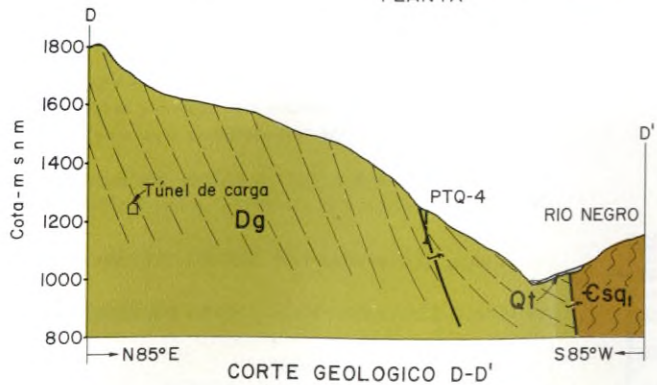
CORTE GEOLOGICO A-A'



CORTE GEOLOGICO B-B'



CORTE GEOLOGICO C-C'



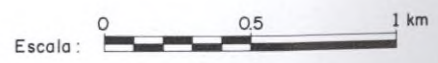
CORTE GEOLOGICO D-D'

CONVENCIONES ESTRATIGRAFICAS

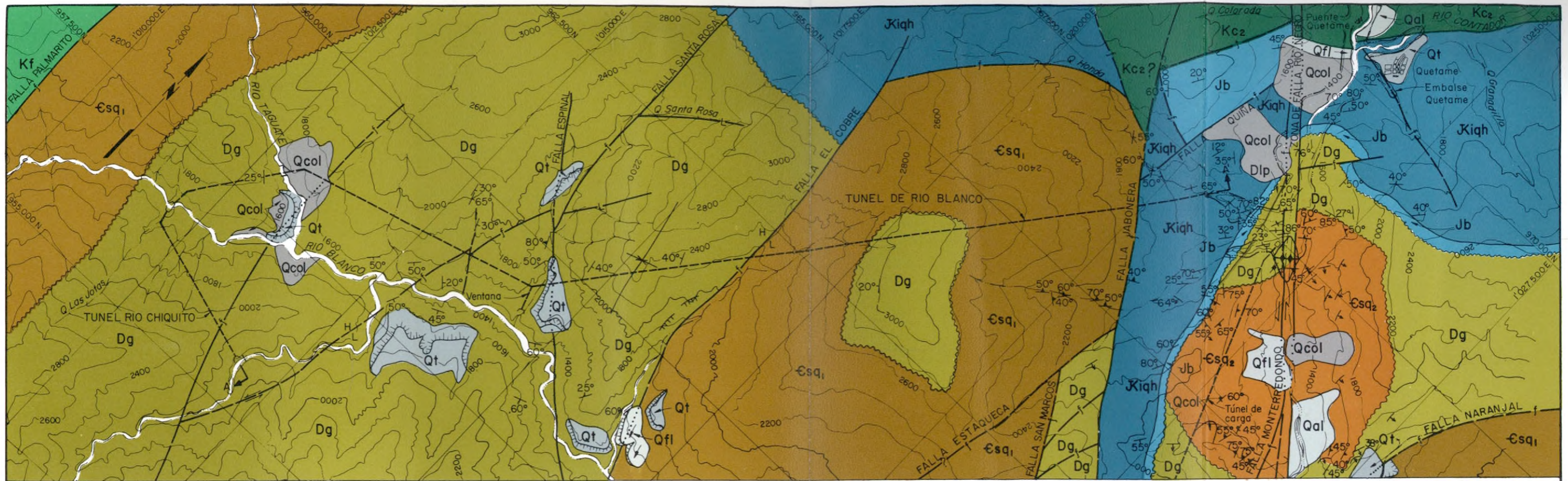
- Qal** DEPOSITOS ALUVIALES- Bloques, cantos y gravas sueltas en una matriz limo-arenosa
- Qcol** SUELO COLUVIAL- Depósitos de fragmentos tamaño bloque a grava en matriz areno-arcillosa
- Qfl** FLUJOS DE LODO- Depósitos de bloques y guijos en una matriz limo-arenosa, muestran dirección de flujo
- Qta** TERRAZAS- Depositos de grava, arena y limo, formando superficies planas en uno o en varios niveles
- Kiqh** FORMACION QUEBRADA HONDA- En la base: Conglomerado polimíctico regularmente seleccionados, calizas y margas gris oscuras con variaciones graduales. Hacia el tope lutita arcillosa fisible. El nivel inferior es probablemente una 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 algunas capas de lutita, limolita y arenisca
- Cg** FORMACION CAPAS ROJAS DEL GUATQUIA- Arenisca, limolita y arcillolita verde y roja, caliza y conglomerado oligomictico
- Dg** FORMACION ARENISCAS DE GUTIERREZ- Cuarzita con intercalaciones de pizarra gris, verde y negra, conglomerado basal cuarcítico
- Esqi** FORMACION GUAYABETAL- Filita gris violácea, con intercalaciones esporádicas de filita verde y cuarzita gris

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

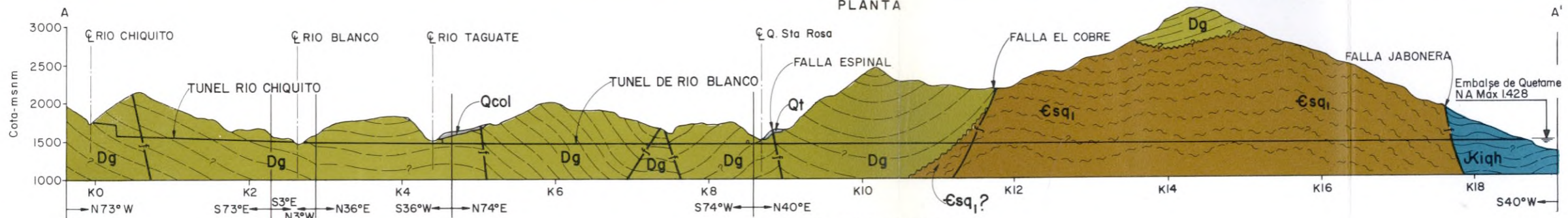
- Contacto geológico
- ~ Discordancia
- f- Falla
- f-- Falla inferida
- f... Falla cubierta
- == Falla de rumbo
- 75° Rumbo y buzamiento de estratificación
- + Rumbo y buzamiento vertical de estratificación
- 30° Rumbo y buzamiento de foliación
- x Rumbo y buzamiento vertical de foliación
- A Derrumbe activo
- ^ Corte geológico
- PTQ-5 Perforación



ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO- GUAYURIBA
DIBUJO: C. J. G. R.	PROYECTO QUETAME CASA DE MAQUINAS MAPA GEOLOGICO	
APROBADO:		GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA. INTEGRAL LTDA.
ARCHIVO: 318-267-1847-0		



PLANTA



CORTE GEOLOGICO GENERALIZADO AA'

CONVENCIONES ESTRATIGRAFICAS

CUATERNARIO	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
	Qfi	FLUJOS DE LODO - Depósitos de bloques y guijos en una masa limo - arenosa, muestran dirección de flujo
	Qt	TERRAZAS. - Depósitos de grava, arena y limo, formando superficies planas en uno o en varios niveles
CRETACEO	Kf	FORMACION FOMEQUE - Lutita negra con capas de arenisca cuarcítica y caliza.
	Kc2	GRUPO CAQUEZA. - Lutita silícea, arenisca cuarzosa y lutita arcillosa negra.
JURASICO	Kiqh	FORMACION QUEBRADA HONDA. - En la base: Conglomerado polimíctico 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)
	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
DEVONIANO	Dlp	FORMACION LUTITAS DE PORTACHUELO. - Lutita laminar a masiva y argilita, algo pizarrosas, arenisca de grano fino
	Dg	FORMACION ARENISCAS DE GUTIERREZ. - Cuarzita masiva con intercalaciones de pizarra gris, verde y negra, conglomerado basal cuarcítico
CAMBRO-SILURIANO	Esq2	GRUPO QUETAME - { FORMACION PUENTE LA Balsa. - Pizarra gris oscura, laminar, con intercalaciones de meta-arenisca-grauvaca gris oscura y cuarzita hacia la base FORMACION GUAYABETAL. - Filita gris violácea, con intercalaciones esporádicas de filita verde y cuarzita gris
	Esq1	

CONVENCIONES ESTRUCTURALES

	Contacto geológico
	Contacto discordante
	Falla
	Falla inferida
	Falla cubierta
	Falla de rumbo
	Lineamiento fotogeológico
	Rumbo y buzamiento de estratificación 45°
	Rumbo y buzamiento vertical de estratificación 50°
	Estratificación invertida
	Rumbo y buzamiento de foliación 30°
	Rumbo y buzamiento vertical de foliación 50°
	Rumbo y buzamiento fotogeológico 20°
	Diaclasa vertical
	Anticlinal
	Sinclinal
	Derrumbe activo
	Corte geológico



ESCALA: INDICADA		Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá
FECHA: JULIO 1982		PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO NEGRO - GUAYURIBA
DIBUJO: G.D.D.	PROYECTO QUETAME	
DISEÑO:	TUNEL DE ADUCCION RIO BLANCO	
APROBADO:	MAPA GEOLOGICO	
ARCHIVO: 318-195-1564-G	GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. LTDA.	PLANO Q-18
	INTEGRAL LTDA.	



MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01001161

BIBLIOTECA

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

333.91409861 E55d V.2 Ej.1

FECHA PEDIDO	PRESTADO A	FECHA DEVUELTO