

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

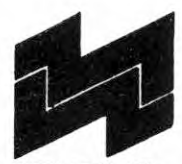
PROYECTO DEL RIO GUAVIO

ISA

1974

333.914
IN46
EJ.1

333.914
181pg
1974



ISA Interconexión Eléctrica S. A.

515
(506-515)

PROYECTO DEL RIO GUAVIO

ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO

INGETEC
BOGOTA, COLOMBIA
AGOSTO, 1974



Sitio de la presa de Ubalá



INGETEC
INGENIEROS CONSULTORES

CARRERA 9 Nº 17-46 BOGOTÁ, COLOMBIA
APARTADO AEREO 5099
APARTADO NACIONAL 4750
CABLES: INGETEC
TELEFONO: 43 00 01

DT09.3/6246

Octubre 4, 1974

Señor Doctor
GERMAN JARAMILLO OLANO
Gerente Encargado
Interconexión Eléctrica S.A.
La Ciudad.



Ref.: Proyecto del Río Guavio - Aná-
lisis de Alternativas de Apro-
vechamiento Hidroeléctrico.

Estimado doctor Jaramillo:

Tenemos el agrado de presentar a usted el informe titulado "Proyecto del Río Guavio - Análisis de Alternativas de Aprovechamiento Hidroeléctrico", que hemos realizado en cumplimiento del contrato No. 156 del 30 de agosto de 1971, suscrito entre ISA e Ingetec.

El análisis de las alternativas de desarrollo hidroeléctrico del río Guavio nos ha llevado a la conclusión de que la variante óptima consiste en la regulación del río Guavio mediante el embalse de Gachalá, creado con la presa de Ubalá; la desviación al embalse de los ríos Batatas y Chivor; y el aprovechamiento energético de los caudales en la caída entre el embalse y el río Guavio frente a la población de Mámbita.

Con respecto a la presa sobre el río Guavio se ha determinado que la que se ha denominado Ubalá 0, con una altura de 240 metros sobre el lecho del río Guavio y un almacenamiento útil de 976 millones de metros cúbicos, proporciona la óptima variante de regulación, la cual permite regular casi en su totalidad la afluencia al embalse, cuyo promedio es de 71.3 m³/s.

Hemos llegado a la conclusión de que, con el actual estado de costos de obras civiles, materiales y equipos, el aprovechamiento técnico y económico más aconsejable es el que hemos denominado Mámbita II, total-

mente subterráneo. Sería necesario que se presentaran modificaciones sustanciales en los costos que se han supuesto para que hubiera una ventaja a favor de la alternativa Mámbita I, con tubería de carga y casa de máquinas superficiales. La alternativa Chivor III, en la que se desvía el río Guavio hacia el embalse de La Esmeralda para un aprovechamiento paralelo a Chivor I y II, es económicamente menos atractiva. De todas maneras se supone la eventual desviación de los ríos Negro y Rucio al Bata.

La instalación de potencia se ha calculado para un factor de capacidad de 0.48 con respecto a la generación de estiaje de siete meses. En nuestro concepto este es un factor de capacidad demasiado alto. La instalación final, para el criterio indicado debiera corresponder a un factor de capacidad de 0.35 a 0.40.

Los resultados para cada alternativa, que ponen de relieve las ventajas de la recomendación sobre la adopción de Mámbita II, son:

	<u>Mámbita I</u>	<u>Mámbita II</u>	<u>Chivor III</u>
Instalación, MW	1.408	1.517	1.323
Presupuesto, millones de US\$	459	469	496
Costo unitario del KW, US\$	326	309	375

El alcance de los estudios, estipulado en la Cláusula Segunda del contrato, debía llegar hasta determinar la factibilidad técnica y económica del proyecto. Sin embargo, según el Otrosí No. 4 del 30 de abril de 1974, se modificó el alcance de los trabajos, para que éstos se limitaran a los necesarios para determinar la mejor alternativa de desarrollo del río Guavio y definir las características básicas correspondientes, que permitieran juzgar sobre su pre-factibilidad técnica y económica, y se suministrara la información necesaria para comparar este proyecto con otros que estuvieran a igual nivel de estudio.

Consideramos que el nivel a que se han llevado los estudios ha ido más allá del de pre-factibilidad, y que, en lo que hace al análisis económico, queda demostrada la factibilidad económica, tanto de la presa de Ubalá 0, como de la alternativa de desarrollo de Mámbita II.

En cuanto a la factibilidad técnica de la presa de Ubalá 0 hemos llegado a las siguientes conclusiones:

1. Las rocas que forman los estribos son competentes para que sobre ellas se apoye una presa de enrocado.
2. No se ha encontrado ninguna zona a través de la cual puedan ocurrir pérdidas importantes de agua durante la operación del embalse, como consecuencia de la presencia en la región de calizas cársticas.
3. Existen en las cercanías de la presa fuentes de materiales para núcleo de características aceptables, en cantidad suficiente y de fácil explotación.
4. No existen depósitos aluviales de materiales para filtros y agregados para concreto, cuyas propiedades sean recomendables para usarlos en las estructuras importantes del proyecto. Los materiales obtenibles podrían utilizarse en la etapa inicial de construcción, mientras se organiza la explotación de canteras. Todos los materiales de filtros y agregados deberán producirse por trituración.
5. En las vecindades del sitio de presa existen rocas competentes de las cuales pueden obtenerse los materiales para la construcción de los enrocamientos de la presa.

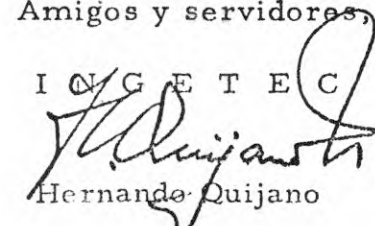
En relación con el desarrollo de Mámbita II, los reconocimientos geológicos de campo, complementados con fotointerpretación, han permitido anticipar las condiciones geotécnicas que se encontrarían durante la realización de las excavaciones para los túneles y pozos y para la caverna de máquinas. Se considera, sin embargo, que para confirmar la factibilidad técnica de construcción de estas estructuras es conveniente realizar unos pocos sondeos profundos que permitan comprobar las apreciaciones basadas en los estudios geológicos ya practicados.

Los resultados de los estudios están incluidos no solo en el informe propiamente dicho, sino en los siete apéndices que acompañamos (A, B, C, D, E, F y G), que incluyen toda la información geológica, de suelos, hidrológica, topográfica y los informes de los varios consultores que han intervenido en este estudio.

Quedamos a la entera disposición de ISA para aclarar o ampliar las conclusiones de este informe.

Amigos y servidores,

INGETEC


Hernando Quijano

Anexo: Lo anunciado
cc: Dr. Alvaro Ochoa
HQ/BMdP. -

INTERCONEXION ELECTRICA S.A.

PROYECTO DEL RIO GUAVIO

ANALISIS DE

ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO

INDICE GENERAL

TEXTO DEL INFORME

APENDICES

- A - INFORMES DE CONSULTORES
- B - GEOLOGIA GENERAL
- C - PRESA DE UBALA - GEOLOGIA
- D - ALTERNATIVAS DE MAMBITA I Y DE MAMBITA II -
GEOLOGIA
- E - REGISTROS DE EXPLORACIONES DEL SUBSUELO
- F - HIDROLOGIA
- G - TOPOGRAFIA

INTERCONEXION ELECTRICA S. A.

PROYECTO DEL RIO GUAVIO

ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE
APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO

CONTENIDO DEL INFORME

	<u>PAGINA</u>
I <u>INTRODUCCION</u>	I-1
A. EL PROYECTO DEL RIO GUAVIO	I-1
B. ANTECEDENTES	I-3
C. INVESTIGACIONES BASICAS	I-4
1. Topografía	I-4
2. Hidrología	I-5
3. Investigaciones Geológicas	I-6
II <u>PRESAS Y EMBALSES</u>	II-1
A. GENERALIDADES	II-1
B. EMBALSE DE GACHALA	II-2
1. Alternativas de Altura de Presa	II-2
2. Características de las Obras	II-3
3. Desviaciones al Embalse de Gachalá	II-6

	<u>PAGINA</u>
C. EMBALSE DE GACHETA	II-7
1. Altura de la Presa	II-7
2. Características de las Obras	II-8
III <u>ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO</u>	III-1
A. GENERALIDADES	III-1
B. APROVECHAMIENTOS DE MAMBITA	III-1
1. Características del Aprovechamiento Mámbita I	III-2
2. Características del Aprovechamiento Mámbita II	III-4
C. APROVECHAMIENTO DE MEDINA	III-7
1. Características de las Obras	III-7
2. Comparación Medina-Mámbita I	III-9
D. APROVECHAMIENTO DE CHIVOR III	III-9
1. Desviación Guavio-Chivor	III-11
2. Aprovechamiento Chivor III	III-12
IV <u>GEOLOGIA</u>	IV-1
A. GEOLOGIA GENERAL	IV-1
B. GEOLOGIA DE LOS SITIOS DE PRESA	IV-2
1. Sitio de Presa de Ubalá	IV-2

	<u>PAGINA</u>
2. Sitio de Presa de Gachetá	IV-6
3. Sitio de Presa El Cobre	IV-6
C. GEOLOGIA DE LAS ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO	IV-7
1. Alternativa de Mámbita I	IV-7
2. Alternativa de Mámbita II	IV-10
3. Alternativa de Medina	IV-11
4. Alternativa Chivor III	IV-12
V <u>REGULACION Y GENERACION</u>	V-1
A. GENERALIDADES	V-1
B. APROVECHAMIENTO DE CAUDALES Y REGULACION	V-2
1. Caudales Aprovechables en las Alternativas de Mámbita	V-2
2. Caudales Aprovechables en la Alternativa Chivor III	V-3
C. GENERACION	V-3
VI <u>ANALISIS ECONOMICO</u>	VI-1
A. CRITERIOS DE ANALISIS	VI-1
1. Tasa de Interés	VI-1
2. Demanda	VI-1

	<u>PAGINA</u>
3. Factor de Capacidad	VI-1
4. Generación Primaria	VI-2
5. Evaluación de Beneficios	VI-2
B. PRESUPUESTOS	VI-3
1. Presas	VI-3
2. Túneles	VI-3
3. Tuberías	VI-4
4. Casa de Máquinas	VI-4
5. Líneas de Transmisión	VI-5
6. Carreteras	VI-5
7. Ingeniería e Imprevistos	VI-5
8. Intereses Durante la Construcción	VI-6
C. COMPARACION ECONOMICA	VI-6
1. Costos y Beneficios	VI-6
2. Comparación Mámbita-Chivor III	VI-7
3. Comparación Mámbita I-Mámbita II	VI-8
4. Comparación de Variantes de Regulación	VI-9
VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	VII-1

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro</u>	<u>Título</u>
1	Presas y Embalses
2	Embalse de Gachalá - Area y Capacidad
3	Embalse de Gachetá - Area y Capacidad
4	Alternativas de Aprovechamiento - Conducciones y Accesos
5	Caudales del Río Guavio en el Sitio de la Presa de Ubalá, (incluyen afluencias de los Ríos Chivor y Batatas) - Caudales Medios Mensuales
6	Caudales Regulados
7	Características Energéticas
8	Presupuesto de Embalses
9	Presupuesto de la Desviación de los Ríos Chivor y Batatas
10	Presupuesto del Aprovechamiento Mámbita I
11	Presupuesto del Aprovechamiento Mámbita II
12	Presupuesto del Aprovechamiento Chivor III
13	Presupuesto de la Desviación del Río Guavio al Embalse de La Esmeralda
14	Generación y Presupuestos del Aprovechamiento de Ubalá
15	Resumen de Presupuestos
16	Beneficios

Cuadro

Título

- | | |
|----|---|
| 17 | Información Básica sobre las Alternativas de Mámbita con la Presa Ubalá 0 |
| 18 | Presupuestos Detallados del Embalse de Gachalá con la Presa Ubalá 0, de las Desviaciones al Embalse y de los Aprovechamientos de Mámbita. |



LISTA DE GRAFICOS

<u>Gráfico</u>	<u>Título</u>
1	Curva Diferencial de Masas e Hidrograma de Caudales - Caudales del Río Guavio - Presa de Ubalá, incluyendo los Ríos Batatas y Chivor
2	Beneficios de Proyectos de Generación
3	Períodos de Construcción

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Título</u>
1	Localización General del Proyecto
2	Alternativas de Aprovechamiento - Planta General
3	Alternativas de Aprovechamiento - Perfiles
4	Alternativas Mámbita I y Mámbita II - Planta y Perfiles
5	Alternativas Mámbita I y II - Area de Mámbita
6	Carretera de Acceso Santa María - Mámbita
7	Alternativa Chivor III - Planta y Perfil
8	Alternativa de Medina - Planta y Perfil
9	Embalse de Gachalá - Planta
10	Presa de Ubalá 0 - Planta y Perfiles
11	Presa de Ubalá 0 - Obras Anexas - Detalles
12	Presas de Ubalá 1, 2 y 3 - Plantas
13	Embalse y Presa de Gachetá - Plantas y Secciones

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

A. EL PROYECTO DEL RIO GUAVIO

El río Guavio, perteneciente a la vertiente del Orinoco, nace 40 kilómetros al noreste de la ciudad de Bogotá, entre los 3100 y los 3700 m. s. n. m. y se desarrolla en la ladera oriental de la Cordillera Oriental.

El río desciende rápidamente desde sus cabeceras hasta la cota 1700, tres kilómetros al occidente de la población de Gachetá, y luego recorre cerca de 30 kilómetros, con una pendiente moderada, hasta la cota 1380. En este trayecto el río Guavio aumenta considerablemente su caudal, con la afluencia de los ríos Muchinote, Farallones, Murca, Batatas y Chivor, estos dos últimos entre las cotas 1400 y 1380.

Inmediatamente después, el río empieza un descenso rápido, hasta cerca de la cota 500 en las estribaciones de la cordillera. En este trayecto el río recibe la afluencia de los ríos Negro y Rucio.

Alrededor de la cota 500 afluyen los ríos Trompetas y Batá, y en adelante el río continúa con una pendiente suave, hasta su desembocadura al río Upía, ya en los Llanos Orientales.

La hoya hidrográfica del río Guavio, a la cota 1380, tiene una extensión de 1.400 kilómetros cuadrados. El río en este sitio lleva un caudal medio de 71 m³/s, cuyo valor mensual varía desde 10 m³/s hasta más de 200 m³/s.

Los caudales del río Guavio se pueden usar para generación eléctrica de acuerdo con los siguientes esquemas alternativos principales, los cuales se muestran en las Figuras 2 y 3:

1. Construcción de un embalse de toma, con presa sobre el río Guavio alrededor de la cota 1380, y aprovechamiento de la caída entre este embalse y el río Guavio alrededor de la cota 500, cer-

ca de la población de Mámbita. Existen dos variantes de este aprovechamiento, la primera con casa de máquinas superficial, Mámbita I, y la segunda con casa de máquinas subterránea, Mámbita II. La regulación del río Guavio puede obtenerse con el solo embalse de toma, o en combinación con embalses construídos en la parte alta de la hoya.

2. Con toma del río Guavio alrededor de la cota 1380, se pueden también desarrollar las caídas hasta los ríos Gazaduje y Gazamuno, afluentes del río Humea, o hasta el río Humea propiamente dicho. En este informe se considera únicamente la más atractiva de estas variantes, con restitución en el río Gazaduje a la cota 550. Esta alternativa de aprovechamiento, denominada de Medina, tendría casa de máquinas superficial.

3. La alternativa de Chivor III que consiste en la desviación del río Guavio al embalse de La Esmeralda, el cual se construye actualmente como parte del proyecto de Chivor, y el aprovechamiento de la caída entre este embalse y el río Lengupá a la cota 450. La conducción que desvía el río Guavio al embalse de La Esmeralda, permite captar un caudal adicional de $9 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondiente a los ríos Negro y Rucio. Los caudales del río Guavio pueden captarse en su estado natural, o regulados mediante uno o varios embalses.

Existen dos sitios atractivos, en la hoya del río Guavio, para la construcción de presas: el sitio de presa de Gachetá, con el río a la cota 1590 y un caudal medio de $31 \text{ m}^3/\text{s}$, y el sitio de presa de Ubalá, con el río a la cota 1400 y un caudal promedio de $62 \text{ m}^3/\text{s}$. Abajo de la desembocadura de los ríos Batatas y Chivor no existen sitios atractivos para la localización de una presa.

Se ha denominado Embalse de Gachalá, al embalse creado con la presa de Ubalá. Este embalse puede tener una capacidad útil hasta de 976 millones de metros cúbicos, con una altura de la presa de Ubalá de 240 metros, desde el lecho actual del río.

En el caso de las alternativas de Mámbita y de Medina, los ríos Batatas y Chivor, cuyo caudal medio total es de $9 \text{ m}^3/\text{s}$, se pueden desviar al Embalse de Gachalá, donde estaría la bocatoma de los conductos de carga.

En la alternativa de Chivor III, el sitio de desviación del río Guavio estaría localizado aguas abajo de los ríos Batatas y Chivor; por lo tanto, al construirse la presa de Ubalá, la afluencia al embalse se puede aprovechar, antes de su desviación, mediante una planta de pie de presa.

El embalse de Gachalá puede complementarse con el de Gachetá, siempre y cuando el primero no inunde el sitio de presa del segundo. Esta condición limita la capacidad útil del embalse de Gachalá a 517 millones de metros cúbicos.

La altura de la presa de Gachetá estaría limitada por la cota de la población de Gachetá. La capacidad útil del embalse de Gachetá, teniendo en cuenta esta limitación, es de 324 millones de metros cúbicos. Por lo tanto, al construirse las dos presas, la de Ubalá y la de Gachetá, se dispondría de una capacidad útil de embalse hasta de 841 millones de metros cúbicos.

En estudios anteriores se consideraron adicionalmente otros sitios de presa, los cuales se descartaron a través de las investigaciones realizadas, por no ofrecer ventajas respecto a los sitios seleccionados.

B. ANTECEDENTES

La primera información sobre el Proyecto Hidroeléctrico del río Guavio, se presentó en el informe sobre la factibilidad técnica del Proyecto Hidroeléctrico de Chivor, preparado por Ingetec para la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá en mayo de 1969 ("Chivor Hydroelectric Project - Technical Feasibility and Cost Estimate").

Al pasar el proyecto de Chivor a ser financiado por Interconexión Eléctrica S. A., también pasó el del Guavio a la misma entidad, la cual obtuvo la financiación de los estudios respectivos con el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento.

Consecuentemente ISA suscribió con Ingetec el contrato No. 156 del 30 de agosto de 1971, según el cual se adelantarían los estudios para definir el mejor aprovechamiento para el Proyecto del Río Guavio, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

En desarrollo de este contrato, los consultores presentaron, en abril de 1972, un informe preliminar titulado "Proyecto del Río Guavio - Informe sobre las Alternativas de Aprovechamiento Hidroeléctrico", en el que se planteaban las distintas posibilidades de utilización hidroeléctrica del río Guavio, se definían las que parecían más aconsejables, y se recomendaba intensificar las investigaciones geológicas y del subsuelo en algunos de los sitios considerados para la posible localización de componentes del proyecto.

En este informe se hace un recuento de los estudios que se han adelantado hasta la fecha y se concluye sobre la mejor alternativa de aprovechamiento hidroeléctrico del río Guavio.

C. INVESTIGACIONES BASICAS

1. Topografía

En la iniciación de los estudios se utilizaron los planos en escala 1:25.000, restituidos en 1964 por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", que cubren toda la zona de interés, tanto en las hoyas de los ríos Batá y Guavio, como en las vertientes de los ríos Humea y Upía. También se dispuso de planos de algunas zonas, restituidas a escala 1:10.000, del río Guavio en el trayecto entre la desembocadura del río Farallones y el sitio de El Cobre, del área cubierta por los embalses de Gachetá y del río Farallones, y de una zona alrededor de Mámbita, entre los ríos Guavio y Trompetas.

A comienzos de 1972, se contrató con la firma FACSA la restitución a escala 1:10.000 del resto de la zona, de manera que se pudo conectar la topografía del embalse de Gachetá con la del proyecto de Chivor, incluyendo el río Guavio hasta abajo de la confluencia del río Batá, y éste hasta la población de Santa María.

A mediados de 1972 se contrató, también con FACSA, una restitución del detalle a escala 1:2.000 de la zona del cañón del río Guavio incluyendo el sitio de la presa de Ubalá; de esta zona se hizo un levantamiento previo parcial, con topografía terrestre, mientras se dispuso del plano restituido.

En 1974 FACSA realizó la restitución en escala 1:2.000 de la zona de la presa de Gachetá.

El Apéndice G trae la información básica de topografía más importante en el área del proyecto, tal como triangulaciones en las zonas de las presas de Ubalá y Gachetá y en la zona de Mámbita, planos fotogramétricos en las zonas de las presas, etc.

2. Hidrología

Los estudios hidrológicos de la hoya del río Guavio se iniciaron en el mes de octubre de 1962, por cuenta de la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá, para obtener información sobre una posible desviación de los caudales del río Guavio al embalse de La Esmeralda.

Desde entonces se han instalado siete estaciones fluviométricas, de ellas cuatro sobre el río Guavio, en Chusneque, Puente Ubalá, La Vega y Mámbita, y una en cada uno de los ríos Chivor, Batatas y Negro.

Las estaciones pluviométricas fueron instaladas y operadas inicialmente, desde 1959, por Electraguas, y desde 1970, están bajo la observación del Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología (SCMH), habiéndose ampliado la red en 1972 dentro de un contrato suscrito entre ISA y SCMH. En la actualidad se han completado quince estaciones pluviométricas y dos estaciones climatológicas.

El estudio del transporte de sedimentos en suspensión, se ha venido realizando desde noviembre de 1971, en la estación de afloros del río Guavio en Puente Ubalá.

El Apéndice F trae la información hidrológica recopilada hasta la fecha. En la Figura F-1 de este Apéndice, se muestra la localización de las estaciones fluviométricas y pluviométricas.

Los datos hidrológicos acopilados hasta fines de 1971 fueron analizados por el consultor en hidrología, señor Franklin F. Snyder, con el propósito de definir las crecientes que deberían servir para el establecimiento de las capacidades de túneles de desviación y de rebosadero en las distintas presas consideradas.

El consultor, señor Dwight E. Nunn, colaboró con el señor Snyder en el estudio de las características meteorológicas que permitieron estimar la precipitación máxima probable en la hoya hidrográfica del río Guavio.

Los informes de los consultores Snyder y Nunn se presentan en el Apéndice A "Informes de Consultores".

3. Investigaciones Geológicas

Los estudios geológicos realizados en la zona del proyecto, han consistido en fotointerpretación y en mapeo geológico de campo, empleando planos topográficos de restitución en escala 1:10.000. En los sitios de presa de Gachetá y Ubalá, se han realizado mapeos geológicos más detallados, usando planos topográficos de restitución, en escala 1:2.000. En este último sitio, el mapeo geológico se ha complementado parcialmente con la localización topográfica de contactos geológicos.

Se han llevado a cabo además exploraciones del subsuelo en el sitio de presa de Ubalá, consistentes en excavación de apiques y trincheras y en la ejecución de sondeos con taladro, en los cuales se han realizado ensayos de agua a presión. En algunos de estos sondeos se han instalado piezómetros de tubo abierto que permiten establecer la posición del nivel freático. Además se han excavado apiques en dos posibles zonas de préstamo para material de núcleo y en dos zonas para material de filtro. En estos apiques se han tomado muestras representativas para ejecución de ensayos de laboratorio.

En el área de Mámbita se realizaron exploraciones consistentes en la excavación de apiques y de una trinchera, encaminadas a establecer las condiciones del subsuelo a lo largo del alineamiento propuesto para las tuberías de carga superficiales previstas en la alternativa de desarrollo de Mámbita I y en el sitio donde se construiría la casa de máquinas superficial de esta alternativa. En estas exploraciones se tomaron muestras representativas de los materiales encontrados y se han realizado ensayos de laboratorio.

Durante la realización de los estudios se ha contado con la asesoría del consultor Richard Goodman quien ha llevado a cabo varias visitas al área del proyecto. En el Apéndice A se incluyen los informes presentados por el consultor Goodman.

En los Apéndices B, C y D se describen la geología general de la zona del proyecto y las condiciones geológicas y geotécnicas de las alternativas de desarrollo.

La localización y los registros de sondeos, apiques y trincheras, al igual que los resultados de ensayos de laboratorio, se presentan en el Apéndice E.

C A P I T U L O II

PRESAS Y EMBALSES

A. GENERALIDADES

De las investigaciones realizadas para determinar la localización de posibles presas que permitan regular los caudales del río Guavio, se concluyó que solo dos de los sitios considerados, los de las presas de Gachetá y de Ubalá, reúnen condiciones técnicas y económicas atractivas.

En estudios anteriores se consideraron, adicionalmente, la presa de El Cobre, aguas abajo del sitio de presa de Ubalá, la presa de Farallones, sobre el Río Farallones, la presa de El Tigre, sobre el Río Negro, y la presa del Río Rucio.

En El Cobre se consideraron dos sitios de presa, el primero 3.500 metros aguas abajo del sitio de presa de Ubalá, y el segundo, 1.000 metros aguas arriba del anterior, en una curva forzada del río Guavio. Estos dos sitios se descartaron porque presentan condiciones geológicas claramente inferiores a las del sitio de presa de Ubalá, además de que resultan volúmenes de presa mayores para una misma capacidad de embalse.

El sitio de Farallones se descartó porque se requiere una presa muy alta (130 metros), para una capacidad de embalse muy pequeña (100 millones de metros cúbicos), y por lo tanto tiene muy poco interés económico.

Las presas de El Tigre y del Río Rucio permitirían complementar al embalse de la Esmeralda, en las alternativas de Chivor III. Sinembargo, estas presas tampoco tendrían mayor interés económico, además de que las capacidades de embalse serían muy pequeñas, del orden de 120 y 40 millones de metros cúbicos, respectivamente.

B. EMBALSE DE GACHALA

Se ha denominado embalse de Gachalá al embalse que se crearía con la construcción de la presa de Ubalá.

La presa de Ubalá está ubicada sobre el río Guavio, 700 metros aguas arriba de la desembocadura del río Batatas, en una angostura donde el lecho del río está a la cota 1400.

Con un área de drenaje de 1.230 kilómetros cuadrados, el río Guavio tiene en este sitio un caudal promedio de 62.1 m³/s. El acarreo anual de sólidos en suspensión es de 3'200.000 toneladas; con base en esta cifra, se estima que el atarquinamiento anual del embalse sería del orden de 2'300.000 metros cúbicos.

En el Cuadro 2 se indican los datos de área y capacidad del embalse.

1. Alternativas de Altura de Presa

Con base en los estudios realizados de las características del sitio de la presa y del vaso del embalse, se concluyó que es factible construir una presa con altura hasta de 240 metros desde el lecho actual del río. Esta presa, con cresta a la cota 1640, se ha denominado Ubalá 0.

Se consideraron, adicionalmente, tres alternativas de menor altura, denominadas Ubalá 1, Ubalá 2 y Ubalá 3, con cresta a las cotas 1625, 1600 y 1572 respectivamente. Estas tres alternativas de presa se habían considerado, con la misma denominación, en estudios anteriores; para la Presa de Ubalá 2 se había considerado, sin embargo, una altura cinco metros menor. Posteriormente, al comprobarse la factibilidad de una presa 15 metros más alta que Ubalá 1, se le denominó Ubalá 0.

Para efectos de amortiguación de crecientes, se dejó en todos los casos un borde de diez metros, entre la cresta y el nivel de embalse máximo controlado.

Por otra parte, se consideró un embalse muerto de 44 millones de metros cúbicos, por debajo de la cota 1475.

En estas condiciones, se obtienen las siguientes capacidades de embalse útiles para regulación:

<u>Alternativa</u>	<u>Nivel de la cresta</u> m. s. n. m.	<u>Nivel máximo controlado</u> m. s. n. m.	<u>Capacidad útil de embalse</u> Mm ³
Ubalá 0	1640	1630	976
Ubalá 1	1625	1615	778
Ubalá 2	1600	1590	517
Ubalá 3	1572	1562	300

Se considera que la capacidad de embalse correspondiente a la Presa Ubalá 3, es la mínima necesaria para mantener un nivel de regulación adecuado, después de alojar los sedimentos que se depositarán en el embalse durante su vida útil.

La Presa Ubalá 2 es la más alta que permitiría la construcción posterior de la Presa de Gachetá. Con las Presas Ubalá 0 y Ubalá 1 se inundaría el sitio de presa de Gachetá.

En el Cuadro 1 se indican las características básicas del embalse de Gachalá, para las cuatro alturas de presa consideradas. La Figura 9 muestra el área inundada por el embalse.

2. Características de las Obras

En la Figura 10 se muestran, en planta y perfil, la Presa Ubalá 0 y sus obras anexas. En la Figura 11 se muestran algunos detalles de estas obras. La Figura 12 incluye las vistas en planta de las Presas Ubalá 1, Ubalá 2 y Ubalá 3.

A continuación se describen las principales características de estas obras, las cuales se resumen en el Cuadro 1.

a. Se ha considerado la construcción de una presa en escollera, para la cual el sitio ofrece condiciones muy favorables.

La presa consistiría en un núcleo impermeable de arcilla y espaldones en enrocado de cantera.

Teniendo en cuenta que el cañón y los materiales disponibles, son similares a los de la presa de La Esmeralda, del proyecto de Chivor actualmente en construcción, se han supuesto, preliminarmente, pendientes en los taludes también similares, de 2.0 H : 1.0 V en el talud aguas arriba, y de 1.8 H : 1.0 V en el talud aguas abajo. En estas condiciones, resulta un volumen de relleno que varía desde 6'600.000 metros cúbicos, para la Presa Ubalá 3, hasta 16'800.000 metros cúbicos, para la Presa Ubalá 0.

b. La desviación de los caudales del río Guavio, durante la construcción de la presa, se logra mediante un túnel de diez metros de diámetro, construido en la margen derecha. Con una ataguía con cresta a la cota 1450, se logra conducir un caudal de 1.350 m³/s, cuyo período de recurrencia es de 100 años.

La longitud del túnel varía desde 775 metros, para la Presa Ubalá 3, hasta 1.090 metros, para la Presa Ubalá 0. Se estima que se requerirán soportes de acero y revestimiento de concreto en el arco y la solera, en una longitud de 60 metros. En el resto del túnel, se colocará concreto simple en la solera y concreto neumático en el arco, a fin de mejorar su eficiencia hidráulica.

c. La creciente máxima probable determinada para el embalse de Gachalá, tiene un caudal máximo de 8.050 m³/s, y un volumen total de 350 millones de metros cúbicos. El pico de la creciente tiene una duración corta, por lo cual es posible amortiguarlo en forma importante mediante la utilización de una capacidad de embalse relativamente pequeña.

Se adoptaron rebosaderos en túnel con control de entrada mediante compuertas. Los túneles descargan en el cañón del río Bata-tas, con lo cual es posible darles un alineamiento horizontal recto. El alineamiento vertical de los rebosaderos, está diseñado para limitar la velocidad máxima del flujo a un valor de cerca de 30 metros por segundo, el cual se considera razonable. Inmediatamente después de la estructura de control, el perfil del

rebosadero desciende rápidamente cerca de 35 metros, hasta un codo vertical, y luego continúa con una pendiente constante hasta el portal de salida. Se considera que con este diseño se obtiene un funcionamiento bastante seguro de los rebosaderos, y se evitan los problemas de cavitación y de inestabilidad de flujo que se han presentado en rebosaderos en túnel, como los de El Infiernillo, en Méjico, Hoover Dam, en Estados Unidos y San Esteban, en España, donde se tienen velocidades bastante más altas.

Los rebosaderos adoptados trabajarían a flujo libre para la evacuación de la mayor parte de las crecientes. En el caso de crecientes de muy baja probabilidad, con períodos de recurrencia de varios miles de años, y de la creciente máxima probable, los túneles funcionarían parcialmente a presión.

En la alternativa Ubalá 0, se requiere un túnel de 14 metros de diámetro útil y 650 metros de longitud. El diámetro de excavación sería de 15.50 metros, teniendo en cuenta que el túnel iría completamente revestido en concreto con un espesor promedio de 0.75 metros. Se estima que, durante la excavación del túnel, solo se requerirá colocar arcos de acero en una longitud de unos 80 metros.

Con la creciente máxima probable, el nivel de embalse subiría a la cota 1638, dejando un borde libre de dos metros; con el embalse a este nivel, se tendría régimen a presión en el túnel y una descarga máxima de 4.100 m³/s. El control de entrada consistiría en dos compuertas radiales de 14 metros de alto y 16 metros de ancho.

En las alternativas con presas de menor altura se reduce la capacidad útil para amortiguación de crecientes; esta capacidad es la correspondiente a un borde de ocho metros por encima del nivel de embalse máximo controlado. Al disminuir la capacidad de amortiguación, es necesario aumentar la capacidad de rebosamiento. En base a estas consideraciones, se requiere con Ubalá 1 un túnel de 15 metros de diámetro, con Ubalá 2 dos túneles de 11.70 metros, y con Ubalá 3 dos túneles de 12.60 metros. Se adoptaron dos túneles para las alternativas Ubalá 2 y Ubalá 3 puesto que con un solo túnel resultarían diámetros excesivos de excavación.

d. El acceso a los sitios de las obras requiere la construcción de 19.8 kilómetros de carreteras.

El acceso al estribo derecho y a la base de la presa, se logra mediante una carretera de 9.3 kilómetros de longitud, que se desprende de la carretera Gachalá-Medina a 4.5 kilómetros de Gachalá.

El acceso al estribo izquierdo puede hacerse mediante una carretera de 9.5 kilómetros, que partiría de la carretera Ubalá-Santa Rosa a 8.5 kilómetros de la población de Ubalá.

El acceso a otros frentes, tales como los portales del túnel de desviación y el rebosadero, requiere la construcción de ramales con una longitud total de 1.1 kilómetros.

e. El embalse de Gachalá inunda parcialmente las carreteras existentes que conducen de Ubalá a Gachalá y de Gachalá a Medina.

Con la Presa Ubalá 0 se requiere relocalizar la vía Ubalá-Gachalá, mediante la construcción de un tramo de 8.8 kilómetros que incluye dos puentes, de 140 metros y 120 metros sobre el embalse, y dos túneles con una longitud total de 1.200 metros. La relocalización de la vía Gachalá-Medina requiere construir una carretera de 14.5 kilómetros, con un puente de 20 metros desde el río Murca.

La longitud total de las vías relocalizadas en las alternativas Ubalá 1, Ubalá 2 y Ubalá 3, es respectivamente de 22.3, 17.8, y 11.4 kilómetros.

3. Desviaciones al Embalse de Gachalá

En las alternativas de aprovechamiento del río Guavio con toma en el embalse de Gachalá, es factible y económica la desviación al embalse de los ríos Batatas y Chivor. Los caudales medios de estos ríos son respectivamente de 5.1 m³/s y 4.1 m³/s.

La desviación del río Batatas se logra mediante un túnel de 2.300 metros de longitud y 3.50 metros de diámetro, con toma a la cota 1680.

El río Chivor puede desviarse mediante un túnel de 1.800 metros de longitud y 3.50 metros de diámetro, tomándolo a la cota 1730.

Con estos túneles se puede captar prácticamente la totalidad de los caudales de estos ríos. La afluencia media al embalse de Gachalá ascendería de 62.1 m³/s a 71.3 m³/s.

C. EMBALSE DE GACHETA

Se denomina embalse de Gachetá al que se crearía con la construcción de la presa de Gachetá.

La presa de Gachetá está localizada sobre el río Guavio, tres kilómetros aguas abajo de la desembocadura del río Muchindote, en una angostura donde el lecho del río está a la cota 1593. Esta presa podría combinarse con las Presas Ubalá 2 o Ubalá 3, descritas en el literal B.

El área de drenaje del embalse es de 706 kilómetros cuadrados que producen un caudal medio de 30.7 m³/s. El río acarrea anualmente en este sitio 1'800.000 toneladas de sólidos en suspensión, de donde se estima un atarquinamiento anual del embalse del orden de 1'300.000 metros cúbicos.

En el Cuadro 3 se dan los datos de área y capacidad del embalse.

1. Altura de la Presa

La altura de la presa de Gachetá estaría limitada por la cota de la población de Gachetá. Se ha considerado una presa de 137 metros de altura desde el lecho actual del río con cresta a la cota 1730; por debajo de esta cota se encuentran en la población algunas construcciones tales como la plaza de mercado, la escuela y el hospital, las cuales deberían reemplazarse.

Se consideró un borde de ocho metros entre la cresta de la presa y el nivel de embalse máximo controlado, y un embalse muerto de 25 millones de metros cúbicos, por debajo de la cota 1650. Finalmente se tendrían las siguientes características del embalse:

Nivel máximo controlado	1722 m. s. n. m.
Nivel mínimo	1650 m. s. n. m.
Embalse útil para regulación	324 Mm ³

No se consideraron alturas alternativas de presa, pues de no existir la limitación por la población de Gachetá, la altura económica sería mayor.

2. Características de las Obras

En la Figura 13 se muestran el embalse, la presa y sus obras anexas.

A continuación se describen las principales características de estas obras, las cuales se resumen en el Cuadro 1.

a. Se ha considerado la construcción de una presa en escollera, con características similares a las de la presa de Ubalá. El volumen de la presa es de 3'450.000 metros cúbicos.

b. La desviación de los caudales del río Guavio, durante la construcción de la presa, se logra mediante un túnel de 580 metros de longitud y 8.80 metros de diámetro. Con una ataguía con cresta a la cota 1640 se logra conducir un caudal de 930 m³/s cuyo período de recurrencia es de 100 años.

Se estima que la construcción de este túnel requiere soportes de acero y revestimiento de concreto en una longitud de 275 metros. El resto del túnel llevará concreto neumático en el arco y concreto simple en la solera, a fin de mejorar su eficiencia hidráulica.

c. La creciente máxima probable determinada para el embalse de Gachetá tiene un caudal máximo de 6.900 m³/s, y un volumen total de 220 millones de metros cúbicos.

El manejo de la creciente se logra mediante un rebosadero en túnel de 14 metros de diámetro, similar al considerado para la presa Ubalá 0. El nivel del embalse subiría a la cota 1728 de-

jando un borde libre de dos metros. Con el embalse a este nivel se obtiene una descarga por el rebosadero de 4.000 m³/s.

El túnel, de 315 metros de largo, requerirá el uso de soportes de acero en prácticamente toda su longitud; su revestimiento final consistirá en un anillo de concreto de 0.75 metros de espesor promedio.

d. El acceso a la base de la presa se logra mediante la construcción de una carretera de 4.5 kilómetros de longitud, que parte de la vía existente entre Gachetá y Ubalá. Con un ramal de 1.7 kilómetros, se llega al estribo izquierdo de la presa.

e. El embalse de Gachetá inunda parcialmente las carreteras existentes entre Sueva y Gachetá, Gachetá y Ubalá, y Sueva y Gama.

La relocalización de la vía Sueva-Gachetá, requiere la construcción de una carretera de 5.7 kilómetros de longitud que incluye dos puentes de 30 y 40 metros de longitud, sobre los ríos Salinero y Guavio respectivamente.

La relocalización de la vía Gachetá-Ubalá, consiste en una carretera de 10.5 kilómetros que incluye un puente sobre el río Muchindote, de 30 metros de longitud, y dos túneles con una longitud total de 700 metros.

La relocalización de la carretera a Gama, incluye la construcción de 7.5 kilómetros de carretera y un puente sobre el río Rucio de 20 metros de longitud.

C A P I T U L O III

ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO

A. GENERALIDADES

Existen tres alternativas básicas de aprovechamiento del río Guavio:

1. La alternativa de Mámbita con toma en el embalse de Gachalá y restitución en el río Guavio cerca de la confluencia del río Batá. Esta alternativa admite dos variantes, la una con casa de máquinas superficial, y la otra, subterránea.
2. La alternativa de Medina con toma en el embalse de Gachalá y restitución en el río Gazaduje, afluente del río Humea. Esta alternativa es la más atractiva de las variantes que se analizaron con restitución en afluentes del río Humea.
3. La alternativa de Chivor III, que consiste en la desviación del río Guavio y de los ríos Negro y Rucio al embalse de La Esmeralda, para su aprovechamiento entre este embalse y el río Lengupá; el desarrollo de esta caída sería paralelo al del proyecto de Chivor, actualmente en construcción.

En las Figuras 2 y 3 se muestran en planta y perfil estas tres alternativas. En las Figuras 4 a 8 y en el Cuadro 4 se indican en más detalle las características de las obras. Las secciones indicadas para las conducciones de los aprovechamientos, son las correspondientes a un caudal de diseño de 150 m³/s. El Cuadro 4 incluye un estimativo de los revestimientos requeridos en las conducciones subterráneas.

B. APROVECHAMIENTOS DE MAMBITA

En los aprovechamientos de Mámbita se desarrolla la caída entre el embalse de Gachalá y el río Guavio cerca de la confluencia del río Batá.

Los ríos Batatas y Chivor se desviarían al embalse de Gachalá con lo cual se podría aprovechar un caudal medio total de 71.3 m³/s.

Para la regulación de este caudal se consideró una capacidad de embalse desde 300 millones de metros cúbicos, correspondiente a la Presa Ubalá 3, hasta de 976 millones de metros cúbicos, correspondiente a la Presa Ubalá 0.

Si se construye la Presa Ubalá 2 o Ubalá 3, el embalse de Gachalá puede complementarse con el de Gachetá. En este caso puede pensarse en una planta de generación al pie de la presa de Gachetá; este aprovechamiento no se incluyó en los análisis de este informe, porque además de ser de poca magnitud, sus beneficios económicos serían muy limitados.

La alternativa con casa de máquinas superficial, Mámbita I, restituiría los caudales aprovechados al río Guavio a la cota 530, dos kilómetros aguas arriba de la confluencia del río Batá.

El sitio de restitución de la alternativa con casa de máquinas subterránea, Mámbita II, estaría en el río Guavio a la cota 467, un kilómetro aguas abajo de la confluencia del río Batá.

1. Características del Aprovechamiento Mámbita I

El aprovechamiento Mámbita I desarrolla, con una conducción de 21.2 kilómetros, una caída media que varía entre 994 y 1.048 metros, según la altura que se le de a la presa de Ubalá. A continuación se describen los principales elementos de este desarrollo (véanse las Figuras 4, 5 y 6, y el Cuadro 4).

a. La conducción se inicia con un túnel de carga de 17.2 kilómetros de longitud y con pendiente de 0.7%. El portal de entrada de este túnel está en el vaso del embalse de Gachalá, 600 metros aguas arriba del eje de la presa de Ubalá, en la margen derecha a la cota 1460. El túnel sale a la superficie a la cota 1340 en un sitio de topografía adecuada para las instalaciones de construcción, dos kilómetros al occidente de la población de Mámbita. El alineamiento del túnel permite la apertura de una

ventana intermedia de construcción de 400 metros, que lo divide en dos tramos de longitud similar.

Se estima que, para la excavación del túnel, se requiere soportar con arcos de acero una longitud total de 1.000 metros y colocar concreto neumático en una longitud de 4.700 metros. Para el revestimiento final del túnel, en una longitud de 12.400 metros se requiere solamente concreto en la solera; se requiere revestimiento de concreto en el arco y la solera en una longitud de 4.200 metros; los últimos 600 metros requieren la colocación de blindaje de acero, debido a la considerable presión hidrostática y a la poca cobertura de roca.

b. Cerca de la bocatoma se puede construir un pozo e instalar compuertas para permitir el cierre del túnel.

c. Un kilómetro aguas arriba del portal de salida se construiría la almenara, la cual consistiría en dos galerías, una para toma de carga de la planta y la otra para rechazo, comunicadas entre ellas y con el túnel mediante pozos verticales. La galería de rechazo tendría salida a la superficie.

d. A la salida del túnel de carga la conducción continúa con tuberías de acero, superficiales, en una longitud de cuatro kilómetros. Estas tuberías atraviesan la terraza de Mámbita y descienden hasta la casa de máquinas.

e. La casa de máquinas estaría situada sobre el lecho actual del río Guavio en una vuelta que permite su desviación hacia la izquierda. Las toberas de las turbinas estarían a la cota 539. El patio de conexiones puede localizarse en el área anexa a la casa de máquinas o sobre la terraza de Mámbita.

f. La línea de transmisión hasta las vecindades de la ciudad de Bogotá, tendría una longitud de cerca de 95 kilómetros.

g. El acceso a Mámbita, desde Gachalá, se logra mediante la carretera Gachalá-Algodones-Mámbita. Esta vía se halla construída en unos 20 kilómetros hasta el Alto El Quemado, y deberá llegar hasta Algodones con la construcción de la carretera Gachalá-Medina, a cargo de la Gobernación de Cundinamarca. Desde el Alto El Quemado se llega a Mámbita con una carretera de 27 kilómetros que cruza el caserío de Algodones en el kilómetro 16.

Además de la carretera Gachalá-Mámbita, se ha considerado la construcción de la vía Santa María-Mámbita con una longitud de 25 kilómetros y puentes sobre los ríos Batá y Guavio, con longitudes de 30 y 70 metros respectivamente (véase la Figura 6). Con un ramal de 200 metros desde esta vía, se llega a la casa de máquinas.

A la ventana de construcción del túnel de carga, se llega con una carretera de 11.3 kilómetros de longitud.

El acceso al portal de salida del túnel de carga y a la galería superior de la almenara, requiere la construcción de una vía de 7.2 kilómetros. El acceso a la bocatoma, se logra mediante un ramal de dos kilómetros desde la carretera de acceso al estribo derecho de la presa de Ubalá.

Las dimensiones de las conducciones indicadas en la Figura 5 y en el Cuadro 4, corresponden a un caudal de diseño de 150 m³/s. Para este caudal se proyectó un túnel de carga con diámetro de excavación de ocho metros, y dos tuberías de carga cuyos diámetros varían entre 3.80 y 3.50 metros. El peso total estimado para estas tuberías, incluyendo el blindaje del tramo final del túnel de carga, es de 35.120 toneladas en la alternativa con la presa Ubalá 0. Al comienzo de las tuberías, cerca al empate con el túnel de carga, se instalarían válvulas de cierre.

La instalación de potencia correspondiente a un caudal de 150 m³/s, varía entre 1210 y 1280 MW, según la altura adoptada para la Presa de Ubalá. La casa de máquinas, con cerca de 180 metros de largo y 25 metros de ancho, consistiría en dos alas con cuatro grupos turbo-generadores cada uno, y un área central de montaje. Las turbinas serían Pelton de eje vertical. Los transformadores, situados en un patio anexo, serían monofásicos, en bancos de tres para cada unidad generadora.

2. Características del Aprovechamiento Mámbita II

El aprovechamiento Mámbita II desarrolla, con una conducción de 21.2 kilómetros, una caída media que varía entre 1.046 y 1.100 metros según la altura que se le da a la presa de Ubalá.

A continuación se describen los principales elementos de este desarrollo.

a. El túnel de carga tiene 16.2 kilómetros de longitud y una pendiente de 2.8%. En el tramo inicial hasta la ventana de construcción, situada a 8.5 kilómetros de la bocatoma, el túnel tiene el mismo alineamiento horizontal del túnel de Mámbita I. La ventana tiene una longitud de 700 metros, mayor que la de Mámbita I por estar a una cota más baja. El túnel sale a la superficie a la cota 1000, cuatro kilómetros al suroeste de la población de Mámbita.

Se estima que para la excavación del túnel se requiere soportar con arcos de acero una longitud de 1.400 metros, y colocar concreto neumático en una longitud de 2.200 metros. Para el revestimiento final del túnel, bastará la colocación del concreto en la solera en una longitud de 13.850 metros; se requiere revestimiento de concreto en el arco y la solera en una longitud de 1.600 metros; los últimos 750 metros requieren la colocación de blindaje de acero.

b. El pozo de compuertas y la almenara serían similares a los descritos para Mámbita I. El pozo inferior de la almenara tendría una longitud 300 metros mayor que en la alternativa Mámbita I, debido a que el túnel de carga tiene una cota menor en este sitio.

c. Inmediatamente después del portal de salida del túnel de carga, la conducción se entierra en pozos de carga verticales de unos 500 metros de profundidad, hasta una casa de máquinas en caverna.

d. La casa de máquinas consistiría en dos cavernas paralelas, una para las unidades de generación, y la otra para los transformadores. Las toberas de las turbinas estarían a la cota 487. El patio de conexiones estaría en la superficie encima de la caverna de máquinas; los cables de alta tensión se llevarían, mediante pozos, desde la caverna de transformadores hasta el patio de conexiones. La línea de transmisión hasta las vecindades de Bogotá, tendría una longitud de cerca de 90 kilómetros.

e. Los caudales aprovechados se descargan al río Guavio mediante un túnel de fuga de 4.3 kilómetros de longitud y pendiente del 0.2%. La cota de la solera en el portal de salida sería la 467.

Se estima que, para la excavación de este túnel, se requiere soportar con arcos de acero una longitud de 1.900 metros y colocar concreto neumático en una longitud de 2.600 metros. El revestimiento final del túnel incluye 2.400 metros en solera de concreto, 1.700 metros de concreto neumático en el arco, y revestimiento de concreto en el arco y la solera en una longitud de 1.900 metros.

f. El acceso a la caverna de máquinas se logra mediante un túnel de 7.50 metros de ancho y 6.50 metros de alto con una longitud de 2.3 kilómetros y pendiente del 6%. Se estima que para la excavación de este túnel se requieren arcos de acero y concreto neumático en una longitud de 1.800 metros; en este tramo se requiere revestimiento de concreto en el arco y la solera. Los 500 metros restantes requieren únicamente concreto asfáltico en la solera.

g. Además de las carreteras Gachalá-Mámbita y Santa María-Mámbita, es necesario construir las siguientes vías: el acceso a la bocatoma con dos kilómetros de longitud; el acceso a la ventana de construcción del túnel de carga, con una longitud de 12.4 kilómetros; el acceso a la galería superior de la almenara, con una longitud de 6.7 kilómetros; el acceso al patio de conexiones, de 1.2 kilómetros; la carretera al túnel de acceso, de dos kilómetros; y la carretera de acceso al túnel de fuga, de 1.3 kilómetros de longitud y que incluye un puente sobre el río Guavio de 40 metros de longitud.

Las dimensiones de las conducciones indicadas en la Figura 5 y en el Cuadro 4, corresponden a un caudal de diseño de 150 m³/s. Para este caudal se proyecta un diámetro de excavación de ocho metros para el túnel de carga, dos pozos de carga blindados con un diámetro interno de 3.60 metros, y un solo túnel de fuga con diámetro de excavación de 8.20 metros. El peso total de los blindajes de acero de la conducción de carga, es de 11.530 toneladas en la alternativa con la presa Ubalá 0.

La instalación de potencia correspondiente a un caudal de 150 m³/s, varía entre 1310 y 1380 MW, según la altura de la Presa de Ubalá, y podría hacerse en ocho grupos turbo-generadores. La caverna de generadores tendría una longitud de cerca de 160 metros, 20 metros de ancho, y una altura máxima de 35 metros. La caverna de transformadores, para ocho bancos de tres transformadores monofásicos cada uno, tendría una longitud de cerca de 190 metros, 14 metros de ancho y 12 metros de alto. Para conducir los cables de alta tensión hasta el patio de conexiones, situado en la superficie, podrían construirse dos pozos circulares de 2.60 metros de diámetro útil.

C. APROVECHAMIENTO DE MEDINA

En el aprovechamiento de Medina se desarrolla la caída entre el embalse de Gachalá y el río Gazaduje a la cota 540.

En este aprovechamiento también se desviarían los ríos Batatas y Chivor, al embalse de Gachalá. El caudal medio de 71.3 m³/s se aprovecha en una caída media que varía entre 984 y 1.038 metros, según la altura de la presa de Ubalá. La conducción de carga tendría una longitud de 22.2 kilómetros.

1. Características de las Obras

a. La conducción se inicia con un túnel de carga de 16.6 kilómetros de longitud, con pendiente de 1.5%. La bocatoma sería la misma considerada para el aprovechamiento de Mámbita. El túnel sale a la superficie a la cota 1200, cuatro kilómetros al occidente de la población de San Pedro de Jagua. Con el alineamiento de este túnel, no se puede abrir una ventana intermedia económica, que permita aumentar el número de frentes de construcción.

Se estima que, durante la excavación del túnel, se requiere soportar con arcos de acero una longitud total de 2.200 metros y colocar concreto neumático en una longitud de 3.800 metros. Para el revestimiento final del túnel, bastará la colocación de concreto en la solera en una longitud 13.300 metros; en una longitud de 400 metros se deberá colocar concreto en la solera y concreto neumático en el arco; en una longitud de 2.200 metros

se deberá revestir en concreto el arco y la solera; los últimos 700 metros requieren la colocación de blindaje de acero.

b. El pozo de compuertas y la almenara serían similares a los descritos para Mámbita I. Sin embargo, el pozo inferior de la almenara sería 130 metros más profundo que el de Mámbita I.

c. A la salida del túnel de carga, la conducción continúa con tuberías de acero superficiales en una longitud de 5.6 kilómetros, hasta la casa de máquinas.

d. La casa de máquinas se construiría a orillas del río Gazaduje, en la margen izquierda, excavando un espolón que se forma con la desembocadura de la Quebrada Blanca. Las toberas de las turbinas estarían a la cota 550. El patio de conexiones podría localizarse sobre una meseta existente en la margen izquierda de la Quebrada Blanca.

e. La línea de transmisión hasta las vecindades de Bogotá, tendría una longitud aproximada de 100 kilómetros.

f. Para la construcción y operación del proyecto se requiere construir las siguientes carreteras: la carretera Gachalá-San Pedro de Jagua, desde el kilómetro 20, con una longitud de 33 kilómetros; la carretera Medina-San Pedro de Jagua, con una longitud de 26 kilómetros; la carretera de acceso al portal de salida del túnel de carga y a la galería superior de la almenara, con una longitud de 12 kilómetros; las carreteras de acceso a la casa de máquinas y a la bocatoma, con una longitud de dos kilómetros cada una.

Las dimensiones de las conducciones indicadas en el Cuadro 4 corresponden a un caudal de diseño de 150 m³/s. Para este caudal, se proyecta un túnel de carga con diámetro de excavación de ocho metros y dos tuberías de carga con diámetros de 3.80 a 3.50 metros. El peso total estimado para estas tuberías, incluyendo el blindaje del tramo final del túnel de carga, es de 47.730 toneladas en la alternativa con la presa Ubalá 0. La casa de máquinas sería similar a la que se requiere en Mámbita I.

2. Comparación Medina-Mámbita I

Las alternativas de Medina y Mámbita I son similares en cuanto a los elementos que las componen y a la caída que aprovechan; la caída que aprovecha Mámbita I es, sin embargo, unos 10 metros mayor.

Existen las siguientes ventajas de la Alternativa Mámbita I respecto a la de Medina:

a. La conducción de carga de Mámbita I es un kilómetro más corta que la de Medina.

b. El túnel de carga de Mámbita I es 600 metros más largo que el de Medina. Sin embargo, el túnel de Medina no permite la apertura de una ventana intermedia, lo cual haría más difícil y demorada su construcción.

c. La tubería de carga de Medina es 1.600 metros más larga que la de Mámbita I. Para un caudal de diseño de 150 m³/s, las tuberías de acero pesan un 36% más en la Alternativa de Medina que en la de Mámbita I; esto equivale a una diferencia de 12.600 toneladas en la alternativa con la presa Ubalá 0.

A estas consideraciones principales, deben agregarse las desventajas, tanto geológicas como topográficas, que presenta la alternativa de Medina para la construcción de la tubería de carga y especialmente de la casa de máquinas.

Teniendo en cuenta que las alternativas de Medina y de Mámbita I son desarrollos de la misma magnitud y con estructuras de costos similares, las consideraciones anteriores permiten descartar la alternativa de Medina. Por consiguiente, esta alternativa se excluyó de los análisis posteriores.

D. APROVECHAMIENTO DE CHIVOR III

En la alternativa Chivor III, el caudal del río Guavio se conduce al embalse de La Esmeralda, para su aprovechamiento en una caída media de 786 metros entre este embalse y el río Lengupá.

El río Guavio se desvía en el sitio El Cobre, aguas abajo de la confluencia de los ríos Batatas y Chivor, en donde el caudal promedio es de 71.3 m³/s. La conducción que desvía el río Guavio al embalse de La Esmeralda, permite la captación de los ríos Negro y Rucio. Los caudales medios de estos ríos son de 5.9 y 2.7 m³/s respectivamente, por lo cual el caudal medio total de los ríos desviados es de 79.9 m³/s.

Los caudales del río Guavio se pueden regular mediante los embalses de Gachalá y de Gachetá.

En caso de construirse la presa de Ubalá, se puede aprovechar la caída así creada mediante una planta de pie de presa. Dadas las alturas consideradas para la presa de Ubalá, y el caudal del río Guavio en este sitio, este aprovechamiento produce beneficios que lo hacen económico. El aprovechamiento de pie de presa no justifica desviar los ríos Batatas y Chivor al embalse de Gachalá, por lo cual el caudal disponible para generación en esta planta, sería de 62.1 m³/s, que es la afluencia natural al embalse. El caudal de diseño de la planta de pie de presa estaría limitado por la capacidad de la conducción al embalse de La Esmeralda, puesto que entre la presa de Ubalá y el sitio de desviación en El Cobre, no se dispondría de un pondaje adecuado para la regulación de los caudales que use la planta.

En estudios anteriores se consideró la posibilidad de localizar, en el embalse de Gachalá, la bocatoma del túnel que se construiría para desviar el río Guavio al embalse de La Esmeralda, a fin de aumentar la pendiente piezométrica y reducir el diámetro del túnel. Sin embargo, se descartó esta posibilidad debido, principalmente, a que la longitud del túnel aumentaría en 3.400 metros, se tendría que desviar el río Batatas al embalse de Gachalá y construir un pozo para captar el río Chivor, se tendrían que aumentar las longitudes de los pozos de captación de los ríos Negro y Rucio, y se desperdiciaría el aprovechamiento energético que se logra con la planta de pie de presa de Ubalá; además, se perdería la posibilidad de postergar a una segunda etapa la construcción de la presa de Ubalá.

Existe la posibilidad de una desviación directa sin regulación, de los caudales del río Guavio al embalse de La Esmeralda.

En este caso, sería necesario controlar el acarreo de sedimentos al embalse de La Esmeralda; en efecto el río Guavio lleva en el sitio de desviación 3'600.000 toneladas anuales de sólidos en suspensión, los que depositados en el embalse de La Esmeralda, cerca de las tomas, afectarían la vida útil y la operación del proyecto de Chivor. El control del acarreo de sedimentos al embalse de La Esmeralda, produciría el desperdicio de una parte importante de los caudales del río Guavio.

En el caso de construirse, para regulación del río Guavio, el solo embalse de Gachetá, este problema subsistiría aunque en menor escala. Los caudales afluentes entre la presa de Gachetá y el sitio de desviación, acarrearán del orden de 1'800.000 toneladas anuales de sólidos en suspensión.

A continuación se describen las principales características de las obras de aprovechamiento Chivor III (véanse la Figura 7 y el Cuadro 4).

1. Desviación Guavio-Chivor

Los caudales del río Guavio se desvían al embalse de La Esmeralda mediante el túnel Guavio-Chivor de 24.2 kilómetros de longitud y pendiente de 0.5%. La toma de este túnel está en el sitio El Cobre a la cota 1370. En este sitio se represaría el caudal del río Guavio mediante una presa-vertedero de unos 30 metros de altura y 70 metros de ancho en la cresta, provista de compuertas radiales diseñadas para dejar pasar las avenidas y mantener limpia la zona de la toma. La bocatoma del túnel estaría dotada de compuertas deslizantes de captación y de un conducto de limpia.

El nivel del pondaje de toma estaría a la cota 1395. El túnel descarga en el embalse de La Esmeralda y el cañón de la quebrada Chivor, a la cota 1277 correspondiente al nivel máximo controlado del embalse.

La capacidad óptima del túnel Guavio-Chivor es de cerca de 90 m³/s, algo mayor que el caudal medio de las desviaciones, que es de 79.9 m³/s. Aún en el caso de la desviación directa, sin regulación, de los caudales del río Guavio, no se justifica darle

al túnel una capacidad mayor, por razón de su considerable longitud. La capacidad de 90 m³/s se obtiene con un diámetro de excavación de 5.90 metros.

El alineamiento del túnel permite la apertura de dos ventanas intermedias de construcción, en las abscisas K10+300 y K16+600, con longitudes de 400 y 200 metros respectivamente.

En las abscisas K8+500 y K15+050, se captarían los ríos Negro y Rucio mediante pozos de unos 100 metros de profundidad.

Se estima que durante la excavación del túnel, se requiere soportar con arcos de acero una longitud total de 2.400 metros y colocar concreto neumático en una longitud de 4.600 metros. Para el revestimiento definitivo del túnel, bastará colocar concreto en la solera en una longitud de 21.900 metros; se requiere revestimiento de concreto en el arco y la solera, en una longitud de 2.300 metros.

Para la construcción de las obras de desviación, se requieren 40 kilómetros de vías nuevas, a saber: el acceso a la estructura de desviación El Cobre, se logra mediante dos carreteras con longitud total de 15.3 kilómetros; el acceso al portal de salida del túnel requiere la construcción de un ramal de dos kilómetros; a las ventanas intermedias de construcción y a los sitios de toma de los ríos Negro y Rucio, se llega mediante un sistema de carretera que parte de la Inspección de Chivor y cuya longitud total es de 22.8 kilómetros.

2. Aprovechamiento Chivor III

Los caudales desviados al embalse de La Esmeralda se aprovechan mediante un desarrollo paralelo al del proyecto Chivor, actualmente en construcción. El sitio de restitución sería el río Lengupá a la cota 450, dos kilómetros aguas abajo del sitio de casa de máquinas del proyecto de Chivor.

a. El aprovechamiento utiliza la bocatoma que se construye como parte del proyecto de Chivor. La conducción de carga se inicia con un túnel de cinco kilómetros de longitud. El túnel tiene, una pendiente del 10% en los primeros 1.500 metros y del 3% en los siguientes 750 metros, a fin de ganar rápidamente techo y

pasar a una distancia adecuada por debajo de las ventanas de construcción de los túneles de Chivor I y Chivor II. La pendiente en adelante es del 0.8%.

La construcción del túnel se llevaría a cabo desde su extremo inferior a través de una ventana de 800 metros de longitud.

Se estima que durante la excavación del túnel de carga se requieren arcos de acero en una longitud de 50 metros y concreto neumático en 200 metros. Para el revestimiento definitivo, bastará la colocación de concreto en la solera, salvo en una longitud de 50 metros donde se requiere revestir el arco.

La almenara se construiría en la abscisa K4+900 del túnel de carga.

b. La conducción continúa con pozos de carga verticales de 160 metros de altura, revestidos en concreto reforzado, y túneles con blindaje de acero de 3.4 kilómetros de longitud y pendiente del 10%. Se estima que la excavación de estos túneles requiere el uso de arcos de acero en una longitud de 1.400 metros; deberá colocarse concreto neumático en toda su longitud, como soporte temporal antes de instalar los blindajes.

c. Los túneles de carga inferiores salen a la superficie en el sitio de casa de máquinas. Para la localización de la casa de máquinas, se ha considerado la excavación de una terraza, cuyo nivel medio está unos 25 metros por encima del lecho del río. Las toberas de las turbinas estarían a la cota 455.

d. El patio de conexiones se localizaría en el área aledaña a la casa de máquinas. La línea de transmisión hasta las vecindades de Bogotá, tendría una longitud de unos 110 kilómetros.

e. Para el acceso a estas obras, solo se requiere construir algunos ramales menores.

En la Figura 5 y el Cuadro 4, se indican las dimensiones de las conducciones para un caudal de diseño de 150 m³/s. Para este caudal, se proyecta el túnel superior con un diámetro de excavación de ocho metros, dos pozos de carga con diámetro inter-

no de 4.50 metros, y dos túneles de carga inferiores, blindados, con un diámetro útil que varía entre 3.80 y 3.50 metros. El peso total estimado para el blindaje es de 26.440 toneladas.

La instalación de potencia, para un caudal de 150 m³/s, sería de 970 MW. La casa de máquinas sería, por lo tanto, similar a la del proyecto de Chivor en construcción, cuya instalación, de 1.000 MW, se hará en ocho grupos turbo-generadores.

CAPITULO IV

GEOLOGIA

En este capítulo se presenta un resumen de la geología general de la zona del Proyecto del Río Guavio, y de las condiciones previstas para las presas y las alternativas de aprovechamiento. Esta información se presenta en detalle en los Apéndices B, C y D.

El Apéndice B incluye la descripción de la geología de toda la zona del proyecto, y de las condiciones geológicas y geotécnicas previstas para las presas de Gachetá y El Cobre, y para las alternativas de aprovechamiento de Chivor III y de Medina. El Apéndice C está dedicado a la descripción de las condiciones geológicas y geotécnicas previstas para la presa de Ubalá, y el Apéndice D, a las previstas para las alternativas de aprovechamiento de Mámbita.

A. GEOLOGIA GENERAL

En el área del proyecto están presentes rocas pertenecientes a las siguientes unidades: Terciario, Cretáceo, Juratriásico y Paleozoico. Las rocas se encuentran parcialmente cubiertas por depósitos cuaternarios constituídos por coluviones, terrazas aluviales antiguas, y depósitos aluviales recientes que se encuentran en los lechos de ríos y quebradas actuales. En otros sectores, las rocas se hallan cubiertas por capas delgadas de suelos orgánicos o de suelos residuales, producto de la meteorización de las rocas subyacentes.

El conocimiento de la geología regional del área del proyecto, permite anticipar que éste se desarrollaría parcialmente en formaciones que han sido encontradas en los proyectos de Chivor y Chingaza, actualmente en construcción.

Esta circunstancia y la información recolectada durante las exploraciones geológicas, han permitido anticipar las condiciones geo-

técnicas que se encontrarían durante la construcción de las distintas obras del proyecto. En particular, se han estimado los tipos y cantidades de soportes que se requerirían durante la ejecución de las principales obras subterráneas, al igual que el tipo de revestimiento permanente que se emplearía en las mismas.

B. GEOLOGIA DE LOS SITIOS DE PRESA

1. Sitio de Presa de Ubalá

a. Condiciones Geológicas:

Las rocas presentes en el área se catalogan en sedimentarias y metamórficas, de edad Cretácea y Paleozoica respectivamente. Un aspecto estructural que resalta es la existencia de una discordancia de tipo angular en la margen izquierda del río Guavio, que pone en contacto las rocas cretáceas con las paleozoicas. En las rocas del Cretaceo se presenta un estrato de caliza de aspecto masivo que presenta condiciones especiales de solubilidad, dando lugar a la ocurrencia de cavernas, en algunos casos de grandes proporciones. Debido a su carácter litológico muy duro, esta unidad, que se ha denominado caliza El Tesoro, forma topografía escarpada, por lo cual constituye un nivel guía de gran ayuda en el proceso de cartografía geológica; por tal motivo y por tratarse de un estrato de gran importancia en la factibilidad del proyecto por su carácter de solubilidad, se ha puesto especial cuidado en el mapeo geológico del mismo. Las rocas se encuentran parcialmente cubiertas por depósitos de coluvión cuyo espesor se estima que no excede 20 metros; en el lecho del río existen depósitos aluviales cuyo espesor parece no exceder 10 metros.

En el propio sitio de presa no se ha observado la presencia de fallas geológicas de magnitud apreciable. Existen algunas fallas menores y plegamientos que han afectado las rocas localmente. El rumbo de los estratos es en general de N 20° E y su buzamiento es de unos 40° W para las rocas paleozoicas y de unos 15° W para las rocas del Cretáceo que se encuentran por encima de la discordancia.

b. Condiciones Geotécnicas:

Las rocas paleozoicas tienen características geotécnicas muy buenas y sobresalen por su dureza y resistencia; entre estas rocas existen algunas calizas duras que presentan manifestaciones muy leves de disolución y que no ofrecen peligro en cuanto a la posible ocurrencia de fugas importantes en el embalse. Las rocas cretáceas están constituidas por dos niveles de lutitas separadas por la caliza El Tesoro. Las lutitas son relativamente blandas y débiles y presentan intercalaciones menores de calizas y cuarcitas.

c. Impermeabilidad del Embalse:

La presencia en el área del embalse de la caliza cárstica El Tesoro, ha conducido a adelantar exploraciones detalladas, encaminadas a comprobar que no se presentarán fugas de agua importantes, durante la operación del embalse. Tales exploraciones han permitido establecer que todo el sistema de cavernas existentes dentro del área del embalse, desagua hacia el río Guavio y por consiguiente elimina la posibilidad de fugas de agua del embalse. Además se llevó a cabo un mapeo geológico detallado, que se complementó con un levantamiento topográfico, de los afloramientos de la caliza El Tesoro, existentes aguas abajo del sitio de presa. Esta exploración ha permitido establecer que el nivel más bajo al cual afloran las calizas corresponde a la cota 1640; por consiguiente, no se pueden presentar fugas de agua mientras el nivel máximo de la misma esté por debajo de dicha elevación. Dentro del área del embalse se observan afloramientos de la caliza El Tesoro que se profundizan hacia el norte, los cuales no ofrecen peligro de fugas de agua pues no existen afloramientos de esta unidad en esa dirección.

Todas estas observaciones, junto con las investigaciones de manantiales existentes en los cañones de los ríos Chivor y Batatas, conducen a concluir que la presencia de la caliza El Tesoro no causará fugas de agua durante la operación del embalse.

d. Condiciones de Cimentación:

Las rocas paleozoicas que conformarían todo el estribo de -

recho de la presa, y el estribo izquierdo hasta la cota 1600 aproximadamente, poseen excelentes condiciones de resistencia y dureza que permitirían la construcción de una presa de cualquier tipo. En el estribo izquierdo, las lutitas que afloran por encima de la elevación 1600, son relativamente blandas y débiles, pero su buzamiento es favorable pues se profundizan hacia el cerro con una pendiente relativamente suave. En el lecho del río, por debajo de los depósitos aluviales recientes de espesor moderado se encuentran rocas paleozoicas de muy buena calidad.

Las condiciones de cimentación existentes en el sitio de presa permiten establecer que se puede construir una presa de cualquier tipo, siempre y cuando la cota de cresta de la misma no sobrepase la cota 1600. En caso de adoptarse una presa con cota de cresta por encima de este nivel, se considera que no es recomendable la alternativa de presa de arco delgado en concreto, debido a las condiciones de debilidad de las lutitas existentes en el estribo izquierdo, por encima de dicha elevación.

Aunque en el sitio de presa propiamente dicho no existen fallas geológicas importantes, se ha observado en las exploraciones que hacia el oriente de Gachalá ocurren fallas regionales, una de las cuales (falla de Santa María) presenta manifestaciones de movimiento durante el período Cuaternario. Esta condición permite anticipar que en el diseño de la presa se deben prever esfuerzos dinámicos impuestos por actividad sísmica; en estas condiciones es preferible, en esta etapa de los estudios, considerar el tipo de presa de escollera cuyo comportamiento, durante la ocurrencia de un terremoto, es en términos generales más favorable que el de una presa de arco delgado. En etapas posteriores de los estudios, conviene considerar la alternativa de una presa de enrocamiento con cara de concreto, que normalmente resulta más económica que una presa de escollera, pero que no se ha tenido en cuenta por ahora por no existir precedente, de presas de este tipo, de alturas superiores a 160 metros. Actualmente se encuentra en etapa de estudio una presa de este tipo que se construiría en Alaska, cuya altura sería de unos 250 metros.

e. Permeabilidad de los Estribos:

En los sondeos realizados en el sitio de presa, se han lle-

vado a cabo ensayos de agua a presión que han permitido, determinar la absorción de agua en unidades Lugeon y los tipos de flujo que han ocurrido durante los ensayos, y estimar los consumos de lechada que se tendrían durante la ejecución de un tratamiento convencional de inyecciones.

La absorción en unidades Lugeon ha variado de nula a valores superiores a 20 unidades. Estos valores altos se explican, en parte, por deficiencias durante la ejecución de los primeros ensayos y, principalmente, por la presencia de diaclasas y fracturas en las vecindades de la superficie del terreno, y por zonas de disolución leve y de intensa fracturación ocasionada por movimientos locales. Se ha observado que las condiciones de impermeabilidad de la roca tienen una tendencia a mejorar con la profundidad lo cual es un reflejo de que las fracturas y diaclasas son más frecuentes en las vecindades de la superficie, debido a la relajación de esfuerzos causada durante la formación del cañón del río. El tipo de flujo predominante ha sido el laminar, lo cual, junto con la ocurrencia frecuente de absorciones nulas, permite anticipar que los consumos de lechada, durante la realización de un tratamiento convencional de inyecciones, serán moderados.

La correlación que se ha establecido en otros proyectos, entre ellos el de Chivor, entre absorción de agua durante la realización de ensayos de agua a presión, y el consumo real de lechada, ha permitido estimar, en forma muy aproximada, que el consumo de cemento sería del orden de 15 sacos por metro lineal de perforación, lo cual se considera razonable.

f. Fuentes de Materiales:

Las exploraciones realizadas indican que existen fuentes de material de núcleo que serían utilizables en la presa. Por su contenido de humedad, por sus características granulométricas y de plasticidad, y por su composición mineralógica, estos materiales serían relativamente débiles y compresibles, aspectos que deben tenerse en cuenta en el diseño final de la presa. No existen en las vecindades de la presa depósitos aluviales atractivos para la explotación de materiales para filtros y transiciones de la presa; por tanto, estos materiales tendrían que obtenerse por trituración.

ción de rocas procedentes de cantera, como ha sido el caso de la presa La Esmeralda del proyecto Chivor.

2. Sitio de Presa de Gachetá

En esta zona afloran rocas sedimentarias del Cretáceo Inferior, correspondientes a las formaciones Cáqueza Medio y Cáqueza Superior; estas rocas se encuentran en parte cubiertas por depósitos de talus, de los cuales el más importante está constituido por un conjunto de grandes bloques de arenisca, que forman una masa poco coherente, y cuyo volumen se ha estimado en unos 800.000 metros cúbicos. En la margen izquierda del río se observa la presencia de un estrato de arenisca dura, en tanto que en la margen derecha prevalecen las lutitas relativamente débiles.

La circunstancia de existir, en el sitio de presa, dos tipos de roca de características de deformabilidad y resistencia tan diferentes, conducen a considerar que no resulta aconsejable este sitio para una presa de concreto de arco delgado. Por el contrario, se anticipa que en este sitio es factible la construcción de una presa de escollera con núcleo de arcilla, o de una presa de enrocamiento con cara de concreto, previa remoción del depósito de bloques sueltos.

En la excavación de los túneles de desviación y rebosadero se encontrarían rocas similares a las atravesadas en los túneles de la carretera Mondragón-Presa, del proyecto Chivor. Esta circunstancia permite anticipar que no se encontrarán condiciones de excavación particularmente difíciles.

El estudio geológico de la presa de Gachetá no se llevó adelante en mayor detalle, ya que no se construiría en caso de adoptar una presa alta en Ubalá, o solo se construiría como una segunda etapa a la construcción de una presa baja de Ubalá.

3. Sitio de Presa El Cobre

A continuación se presenta, para referencia, información sobre el sitio de presa de El Cobre.

En estudios anteriores se consideraron dos sitios alternativos para localización de la presa El Cobre, situados 500 y 1.500 metros aguas abajo de la desembocadura del río Chivor en el río Guavio.

El primero de los sitios, que quedaría localizado en una curva forzada del río Guavio, presenta condiciones topográficas favorables para la construcción de un rebosadero en canal abierto. En este sitio afloran rocas paleozoicas de bajo metamorfismo, constituídas principalmente por argilitas, calizas y pizarras, duras. Es notoria la presencia de varias fallas de carácter regional y local. La ocurrencia de las fallas geológicas permite descartar la factibilidad de construir una presa en concreto de arco delgado, debido al fracturamiento que han causado a las rocas. Aunque se considera factible la construcción de una presa de escollera y eventualmente de una presa de enrocamiento con cara de concreto, la presencia de las fallas geológicas, que afectan principalmente el estribo derecho de la presa, permite anticipar que se encontrarían condiciones difíciles en las excavaciones a tajo abierto, para la construcción del rebosadero, y en las subterráneas, para la construcción del túnel de desviación.

En el segundo sitio previsto para la presa, se observa la presencia de depósitos de talus de espesor no determinado con claras manifestaciones de derrumbes activos. Las condiciones de inestabilidad existentes en este sitio, no lo hacen recomendable para la construcción de una presa de cualquier tipo, principalmente si se tiene en cuenta que en las vecindades del sitio cruzan una falla geológica importante (falla El Diamante) y una ramificación de la misma, al igual que un anticlinal que corta el río Guavio.

C. GEOLOGIA DE LAS ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO

1. Alternativa de Mámbita I

a. Túnel de Presión:

Este túnel atravesaría rocas paleozoicas de muy buena calidad en una longitud de unos 13.6 kilómetros, rocas cretáceas en unos tres kilómetros, y rocas juratriásicas en los últimos 600 metros del túnel. Se anticipa además que el túnel cortaría por lo

menos siete fallas geológicas importantes; en las vecindades de las fallas la roca puede estar alterada y requeriría procedimientos especiales de excavación, tales como el uso de soportes metálicos espaciados a corta distancia, la aplicación de concreto neumático, y la instalación de pernos de anclaje.

El trayecto que se excavaría en rocas paleozoicas y juratriásicas tendría en general muy buenas condiciones de excavación, similares a las encontradas en el túnel de carga de la primera etapa del proyecto Chivor. No se prevé la presencia de gas en estos tramos del túnel, pero sí se presentarían infiltraciones de agua de moderadas a altas, que no afectarían las condiciones de excavación del túnel. Por las buenas condiciones de la roca, se anticipa que el revestimiento permanente consistiría en una solera de concreto a todo lo largo del túnel, y en revestimiento en concreto convencional o reforzado únicamente en tramos locales, donde haya sido necesario adoptar medidas especiales durante la excavación.

El tramo donde se ha previsto que se atravesarían rocas del Cretáceo (K6+700 a K10+000), se excavaría en lutitas y limolitas con algunas intercalaciones de areniscas, similares a las encontradas en los túneles de la carretera Mondragón-Presa, del proyecto Chivor. Se anticipa que en este sector sería necesario un revestimiento permanente, posiblemente constituido por concreto neumático y pernos de anclaje en las paredes y bóveda del túnel, y por una solera de concreto convencional. Cabe advertir que el tipo de roca que ha de encontrarse en este sector es incierto en esta etapa de los estudios; si la discordancia que pone en contacto las rocas cretáceas y paleozoicas está lo suficientemente profunda, las rocas que se atravesarían pertenecerían al Cretáceo, como ha sido supuesto en esta etapa de los estudios; si por el contrario la discordancia se encuentra relativamente superficial, el túnel cortarían las rocas paleozoicas de buenas características geotécnicas, que se anticipan en la mayor parte del túnel. Para definir esta situación sería menester realizar algunas perforaciones con taladro, las cuales no serían muy profundas debido a la cobertura moderada que tendría el túnel en este sector.

b. Tubería de Carga:

En los primeros 900 metros, los anclajes de la tubería se apoyarían sobre roca que se encuentra cubierta por depósitos de talus cuyo espesor varía desde menos de tres metros, en las vecindades del portal de salida del túnel, hasta un máximo que se ha estimado en 15 metros.

En el tramo siguiente, de unos 500 metros de longitud la tubería descansaría sobre una ladera con una pendiente del orden de 2 H: 1 V; en este sector los anclajes de la tubería descansarían sobre un depósito de talus, constituido por grandes bloques de roca en matriz fina, que ofrece buenas condiciones de estabilidad y de capacidad portante.

En el sector comprendido entre el K1+400 y el K3+300, la tubería se apoyaría sobre la terraza aluvial de Mámbita, cuyo espesor se ha estimado en unos 80 metros. Por la topografía plana de este sector y por la composición del material que constituye la terraza, se anticipa que no habrá ningún problema para la cimentación de los anclajes de la tubería en este sector.

El último tramo de la tubería descendería por un filo empinado que se halla cubierto por un talus, cuyo espesor puede ser del orden de 30 metros. Sería muy conveniente apoyar los anclajes de este tramo en roca, por lo cual se recomienda investigar un alineamiento alternativo, localizado unos 150 metros aguas abajo del primero, donde parece que la roca se encuentra más superficial.

c. Casa de Máquinas:

La fundación de esta estructura estaría constituida por lutitas con intercalaciones de conglomerados y areniscas, que afloran en el lecho del río Guavio y que están cubiertas, en ambos márgenes del río, por depósitos aluviales recientes, cuyo espesor es inferior a los 10 metros. En el área de casa de máquinas, el río Guavio forma una curva que se aprovecharía para desviarlo, y para ampliar el espacio para construcción de la casa de máquinas, el patio de conexiones y demás obras complementarias.

No se anticipan condiciones difíciles para la realización de las obras de desviación del río Guavio.

2. Alternativa de Mámbita II

a. Túnel de Presión:

Se excavaría en toda su longitud en rocas paleozoicas y juratriásicas de muy buena calidad; el túnel cortaría varias fallas geológicas regionales. Se prevén condiciones de excavación y revestimiento permanente similares a las descritas para el túnel de presión de la alternativa de Mámbita I, la cual atravesaría este tipo de rocas.

b. Pozos de Carga:

Atravesarían rocas juratriásicas, constituídas por pizarras laminadas en los 200 metros superiores, y por areniscas en los 300 metros restantes. Se estima que en el tramo donde se atraviesan pizarras, sería necesario el uso de soportes metálicos y concreto neumático durante excavación; los restantes 300 metros probablemente requerirían este tipo de revestimiento en un 70% del sector considerado.

c. Caverna de Máquinas:

Se excavaría en areniscas juratriásicas con algunas intercalaciones de argilita. Se anticipan infiltraciones, que pueden ser altas, principalmente en las areniscas. Como es corriente en este tipo de excavaciones, se prevé amplio uso de pernos y tendones de acero.

d. Túnel de Fuga:

Este túnel se excavaría principalmente en lutitas, limolitas y areniscas de las formaciones Cáqueza y Fómeque. Estas rocas son similares a las atravesadas en los pozos y túneles de presión de la primera etapa del proyecto Chivor, por lo cual se anticipa el uso amplio de soportes metálicos, concreto neumático y pernos de anclaje, durante la excavación. El túnel cortaría tres fallas

geológicas regionales y una estructura anticlinal invertida lo cual contribuye a anticipar condiciones particularmente difíciles.

e. Túnel de Acceso:

Las rocas que se atravesarían serían similares a las del túnel de fuga, y por consiguiente se anticipan condiciones de excavación difíciles, si se tiene en cuenta además que se cortaría la falla de Santa María, que afecta considerablemente las condiciones de la roca, como se ha podido apreciar en el túnel de presión No. 1, de la primera etapa del proyecto Chivor, actualmente en construcción.

3. Alternativa de Medina

El túnel de presión de esta alternativa atravesaría en la mayor parte de su longitud (13 kilómetros) por rocas paleozoicas de muy buenas características geotécnicas, similares a las encontradas en los túneles de desviación y acceso del proyecto Chivor. En el tramo final del túnel (3.5 kilómetros) se cruzarían lutitas y areniscas de las formaciones Cáqueza y Fόμεque.

En términos generales se espera que este túnel no presentará condiciones difíciles de construcción, excepto en los tramos donde cruza tres fallas geológicas importantes, y algunas estructuras geológicas constituídas por anticlinales y sinclinales. En el sector comprendido entre el K13+100 y el K14+500, donde se cortarían lutitas que estarían afectadas por la falla de Cachipay, se anticipa que se requeriría el uso continuo de soportes de acero, durante excavación.

Las tuberías de carga de esta alternativa descansarían sobre sedimentos aluviales constituídos por gravas en matriz de arenas y limos, los cuales por las condiciones topográficas parecen tener en términos generales características de estabilidad favorables.

La casa de máquinas de la alternativa de Medina se apoyaría sobre sedimentos de edad terciaria constituídos por arcillolitas con intercalaciones de arenisca friable. Para el diseño final de la

excavación para casa de máquinas se requerirían exploraciones de campo amplias y análisis de estabilidad detallados.

4. Alternativa Chivor III

El túnel de aducción Guavio-Chivor atravesaría rocas del Cáqueza Inferior en una longitud aproximada de cinco kilómetros; este tipo de rocas se ha encontrado en los túneles de la carretera Mondragón-Presa, del proyecto Chivor. El resto del túnel (19 kilómetros) atravesaría rocas del Paleozoico, similares a las encontradas en el túnel de desviación, en el túnel de acceso, y en los primeros dos y medio kilómetros del túnel de carga del proyecto Chivor. En los últimos 14 kilómetros este túnel sigue aproximadamente paralelo a una ramificación de una falla de carácter regional (falla El Garabato).

Por las condiciones encontradas en los túneles del proyecto Chivor se anticipa que las condiciones de excavación de este túnel serían favorables, principalmente en el trayecto en que se cruzan las rocas del Paleozoico, a menos que las condiciones de la roca estén afectadas por la falla, en cuyo caso sería necesario desplazar el alineamiento del túnel unos 500 metros hacia el noroeste, con el fin de alejarlo de la zona de influencia de la falla.

La conducción Chivor III seguiría esencialmente paralela a las conducciones de la primera y segunda etapas de Chivor y por consiguiente las condiciones geológicas y geotécnicas serían similares a las de estas conducciones.

La casa de máquinas se apoyaría en roca constituida por lutitas con intercalaciones de arenisca que actualmente se encuentran cubiertas por una terraza aluvial de unos 15 metros de espesor. Para el diseño final de la excavación para albergar la casa de máquinas y obras complementarias, que prevé la desviación del río Lengupá, sería necesario llevar a cabo amplias exploraciones de campo y estudios detallados de estabilidad que aseguren que no se presentarán dificultades serias durante construcción y operación del proyecto.

CAPITULO V

REGULACION Y GENERACION

A. GENERALIDADES

El proyecto del río Guavio se integrará al sistema interconectado de generación y formará una parte cada vez menor del mismo. Por lo tanto interesa determinar, más que las características de regulación propias del proyecto, su capacidad para complementar al sistema integrado, especialmente durante períodos críticos para este sistema.

Actualmente, el período crítico del sistema de generación tiene una duración de 17 meses, y consiste en dos veranos relativamente severos, separados por un invierno corto. Este período crítico es similar al registrado de diciembre de 1957 a abril de 1959.

El estiaje de 17 meses es también característico de la hoya del río Guavio. El más severo registrado durante el período 1963-1973, ocurrió de diciembre de 1965 a abril de 1967; durante este estiaje, el caudal medio del río Guavio fué un 66% del promedio general.

Teniendo en cuenta que la mayor parte de los proyectos hidroeléctricos disponibles para el ensanche futuro del sistema de generación, tiene una capacidad de embalse muy pequeña en relación con los caudales por regular, se prevé el acortamiento del período crítico de este sistema, a un estiaje consistente en un solo verano generalizado en todo el país, con una duración de cinco a siete meses.

El estiaje anual característico de la hoya del río Guavio tiene una duración de cuatro a siete meses, y ocurre en general entre los meses de octubre y abril. El estiaje anual más severo registrado, tuvo una duración de siete meses y ocurrió de octubre de 1972 a abril de 1973; en este período, el caudal medio del río Guavio fué un 36% del promedio general.

Para cada una de las alternativas del río Guavio, se determinó la generación posible durante los estiajes más severos de 7 y de 17 meses, registrados en la hoya. Además se determinó, para referencia, la generación media máxima posible en el caso de disponer de una demanda ilimitada de energía. Los estudios de regulación incluyeron la determinación del período crítico propio de cada alternativa.

B. APROVECHAMIENTO DE CAUDALES Y REGULACION

En el Cuadro 6, se indican los caudales regulados en las distintas alternativas del proyecto del río Guavio.

1. Caudales Aprovechables en las Alternativas de Mámbita

La fluencia natural media al embalse de Gachalá es de 62.1 m³/s. Los túneles de desviación de los ríos Batatas y Chivor, permiten captar prácticamente la totalidad de sus caudales medios, los cuales son de 5.1 y 4.1 m³/s, respectivamente. Por lo tanto el caudal medio disponible para generación en las alternativas de Mámbita, es de 71.3 m³/s.

En el Gráfico 1, se presenta la curva diferencial de masas de este caudal, para el período 1963-1973. Se distinguen cuatro estiajes característicos registrados en este período :

- a. Estiaje de cinco meses, de diciembre de 1972 a abril de 1973, crítico para embalses de menos de 370 millones de metros cúbicos.
- b. Estiaje de siete meses, de octubre de 1972 a abril de 1973, crítico para embalses entre 370 y 670 millones de metros cúbicos.
- c. Estiaje de 17 meses, de diciembre de 1965 a abril de 1967, crítico para embalses entre 670 y 890 millones de metros cúbicos.
- d. Estiaje de 43 meses, de octubre de 1963 a abril de 1967, crítico para embalses de más de 890 millones de metros cúbicos.

2. Caudales Aprovechables en la Alternativa Chivor III

El caudal medio del río Guavio en el sitio de su desviación es de 71.3 m³/s. El promedio de los ríos Negro y Rucio es de 5.9 y 2.7 m³/s, respectivamente, por lo cual el caudal total de los ríos desviados es de 79.9 m³/s.

En las variantes con presa de Ubalá, se lograría trasladar al embalse de La Esmeralda la casi totalidad de estos caudales, exceptuando los picos de las crecientes de los ríos Negro y Rucio, y los caudales de invierno, no regulables en la hoya del río Guavio, que excedan la capacidad del túnel Guavio-Chivor.

En la variante sin embalses en la hoya del río Guavio, los caudales desviados se reducen a 51.9 m³/s, debido a la limitada capacidad del túnel Guavio-Chivor, y a la necesidad de interrumpir la captación un 15% del tiempo, durante las crecientes del río, cuando la concentración de sedimentos es alta. De esta manera, se traslada al embalse de La Esmeralda solamente un 23% de los sedimentos que acarrea el río Guavio, lo que equivale a 800.000 toneladas anuales. Esta cifra se considera aceptable.

En la variante con el solo embalse de Gachetá, para la cual se requiere un control similar al anterior, aunque menos estricto, se captaría un caudal medio de 64.7 m³/s.

Los caudales disponibles para generación en la planta de pie de presa de Ubalá, se indican en el Cuadro 6.

C. GENERACION

En el Cuadro 7 se indica, para las distintas alternativas consideradas, la generación media máxima posible, y la generación en estiajes de 7 y 17 meses.

La generación se calculó con base en los niveles medios de embalse y considerando que la pérdida media en las conducciones, era equivalente al 60% de la pérdida que se obtiene con la planta a plena carga. Las pérdidas con las plantas a plena carga, serían las siguientes :

Mámbita I	100 metros
Mámbita II	60 metros
Chivor III	65 metros

Además, se consideraron rendimientos en las turbinas y los generadores, del 91 y el 97%, respectivamente.

Los volúmenes de generación indicados en el Cuadro 7, para las alternativas de Chivor III con presa de Ubalá, incluyen la generación correspondiente a la planta de pie de presa. Esta generación se determinó, teniendo en cuenta que las turbinas no deberían utilizarse con un salto menor al 50% del salto que se obtiene con el embalse lleno. En estas condiciones, con la presa Ubalá 0 la planta permite aprovechar un 90% de los caudales desembalsados durante los períodos de estiaje; con Ubalá 3, este porcentaje subiría a un 95%. En el Cuadro 14 se indican los volúmenes de generación posibles con la planta de Ubalá.

En el Cuadro 7, se indican las instalaciones de potencia requeridas en las distintas alternativas, para un factor de capacidad de 0.48 respecto a la generación en estiaje de siete meses. En las alternativas Chivor III con planta de pie de presa en Ubalá, toda la potencia requerida deberá instalarse en la planta Chivor III, puesto que las restricciones de operación de la planta de Ubalá hacen que su instalación no se pueda considerar como capacidad confiable para generación de picos.

C A P I T U L O V I

ANALISIS ECONOMICO

A. CRITERIOS DE ANALISIS

1. Tasa de Interés

El análisis económico de las alternativas de desarrollo del río Guavio, se hizo con base en una tasa de interés del 9% anual. Con esta tasa, se calcularon los intereses durante la construcción de las obras y se descontaron los costos y los beneficios de las etapas de los desarrollos.

2. Demanda

El proyecto del río Guavio es uno de los proyectos considerados para atender el crecimiento futuro de la demanda de energía eléctrica del sistema interconectado nacional.

Para mediados de la próxima década, cuando se podrá dar al servicio el proyecto, se pronostica un crecimiento anual de los requisitos de potencia de cerca de 500 MW. Este crecimiento se tuvo en cuenta para la programación de las etapas de los desarrollos y para el cálculo de sus beneficios.

3. Factor de Capacidad

El factor de carga del sistema es de cerca de 0.55.

De acuerdo con criterios adoptados por ISA, el análisis comparativo de las alternativas se hizo considerando instalaciones de potencia para un factor de capacidad de 0.48, respecto a la generación primaria agregada al sistema interconectado. Este factor de capacidad permite atender una demanda con factor de carga de 0.55, dejando para reserva el 15% de la potencia instalada.

4. Generación Primaria

La generación primaria atribuible al proyecto del río Guavio, es la que pueda desarrollar durante el estiaje crítico del sistema interconectado de generación. Actualmente el estiaje crítico tiene una duración de 17 meses; sin embargo, debido a la poca capacidad de regulación de los proyectos futuros, se prevé el acortamiento de esta duración.

Se considera que durante la mayor parte de la vida útil del proyecto del río Guavio, el período crítico del sistema consistirá en un solo verano generalizado en todo el país, cuya duración puede ser de 5 a 7 meses. Se supuso que la generación primaria que el proyecto agregará al sistema interconectado, es la correspondiente al estiaje de 7 meses más severo registrado en la hoya del río Guavio, que fué el ocurrido en el período octubre 1972 - abril 1973.

5. Evaluación de Beneficios

El proyecto del río Guavio permitirá atender el crecimiento de la demanda de generación durante un determinado tiempo. La decisión alternativa a construir este proyecto, consiste en adelantar la serie de los demás proyectos disponibles para el ensanche del sistema. Por lo tanto, el beneficio del proyecto del río Guavio puede estimarse como el beneficio de aplazar la serie de inversiones correspondiente a los demás proyectos disponibles.

Se estima que los proyectos futuros tendrán en promedio una capacidad de 1500 MW. Si se considera para estos proyectos un costo medio de US\$ 562 millones (US\$ 375/kw), y se supone un crecimiento anual de los requisitos de potencia de 500 MW, el beneficio del proyecto del río Guavio sería equivalente al beneficio de aplazar una serie de inversiones tri-anales de US\$ 562 millones.

En el Gráfico 2, se indican los beneficios correspondientes a distintas capacidades instaladas, determinados en las condiciones anotadas, para un costo medio de los proyectos futuros de US\$ 525 millones (US\$ 350/kw), US\$ 562 millones (US\$ 375/kw), y US\$ 600 millones (US\$ 400/kw).

Los beneficios de las alternativas de desarrollo del río Guavio se determinaron para cada una de estas tres hipótesis.

B. PRESUPUESTOS

Se elaboraron presupuestos para las distintas alternativas de acuerdo con los precios obtenidos en licitaciones recientes, correspondientes a los proyectos de Chivor y de Chingaza.

En los Cuadros 8 a 14, se indican los presupuestos elaborados. Los Cuadros 10 a 12, incluyen los presupuestos para los aprovechamientos Mámbita I, Mámbita II y Chivor III, teniendo en cuenta instalaciones para un caudal máximo de 150 m³/s. En estos cuadros, se indican también los costos marginales de instalación, que permiten ajustar los presupuestos básicos para instalaciones diferentes.

A continuación se describen los precios y criterios principales utilizados para la elaboración de los presupuestos.

1. Presas

Se consideró un precio unitario global de US\$ 3.50/m³ para la construcción de presas en escollera.

Los túneles de desviación y los túneles de los rebosaderos, se presupuestaron de acuerdo con los precios para túneles indicados en el numeral siguiente.

2. Túneles

Se utilizó un precio de excavación de US\$ 1.000/m.l. para un túnel con sección de 20 metros cuadrados, y se ajustó este precio a razón de US\$ 35 por cada metro cuadrado marginal de excavación. Los precios usados para los concretos de revestimiento de túneles, varían entre US\$ 100/m³ (concreto simple para solera) y US\$ 170/m³ (concreto reforzado para revestimiento). El concreto neumático se presupuestó a US\$ 170/m³. Los soportes de acero se presupuestaron a razón de US\$ 1.100/tonelada.

Los precios anteriores se aplicaron para túneles con pendientes hasta del 2%. Para túneles con pendiente del 3%, se ajustó el

precio de excavación en un 5%. Para túneles con pendiente del 10%, se ajustó el precio de excavación en un 30% y el de concretos en un 15%. Para pozos verticales, los costos de excavación se doblaron y los de revestimiento se aumentaron en un 50%.

3. Tuberías

Las tuberías de carga, los blindajes para túneles, y los distribuidores, se presupuestaron con un precio del acero que varía, según la especificación, entre US\$ 1.500/tonelada y US\$ 1.900/tonelada.

4. Casa de Máquinas

a. Obras Civiles:

Se elaboró un presupuesto básico para las obras civiles de la casa de máquinas que se construiría en Mámbita I, para una instalación de 1.300 MW. Los presupuestos para otras instalaciones en Mámbita I y Chivor III, se determinaron por ajuste del presupuesto anterior.

La excavación de la caverna de máquinas de Mámbita II se presupuestó con un precio de US\$ 45/m³. El soporte de la excavación consistente en pernos, malla y concreto neumático tendría un costo de US\$ 160 por metro cuadrado de área soportada.

El costo de las obras civiles para la casa de máquinas de la planta de pie de presa de Ubalá 0, se estimó en US\$ 2'300.000; este costo se ajustó en el caso de instalaciones menores.

b. Equipos:

Los equipos mecánicos y eléctricos del desarrollo Mámbita I, se presupuestaron a razón de US\$ 21.0/kw y US\$ 25.7/kw, respectivamente. En el caso de Mámbita II, aunque la caída es mayor, los precios por kilovatio, resultan similares a los de Mámbita I, debido a la necesidad de instalar equipos especiales tales como los de acondicionamiento ambiental.

En Chivor III, por tratarse de un proyecto de caída menor, se usaron precios ligeramente mayores, de US\$ 23.7/kw para equipos mecánicos y de US\$ 28.9/kw para equipos eléctricos.

Para la planta de pie de presa de Ubalá se usaron precios de US\$ 30.0/kw para equipos mecánicos y US\$ 33.0/kw para equipos eléctricos.

5. Líneas de Transmisión

Se estimó un costo de US\$ 45.000/km para una línea de transmisión con capacidad de 500 MW. En el caso de capacidades diferentes, se ajustó este costo unitario proporcionalmente a la capacidad de la línea.

6. Carreteras

Los presupuestos de relocalización de carreteras y de construcción de vías de acceso, se calcularon con base en costos unitarios que varían entre US\$ 35.000 y US\$ 90.000 por kilómetro, de acuerdo con las características topográficas del terreno.

Se hicieron estimativos globales del costo de los puentes que incluyen algunas de las vías, y se utilizaron los criterios expuestos en el numeral 2 de este capítulo en la elaboración del presupuesto de túneles.

7. Ingeniería e Imprevistos

Los gastos de ingeniería e imprevistos se estimaron en 10% del valor de los equipos y 25% del costo de las obras civiles.

En el caso del aprovechamiento Mámbita II, se incluyó un imprevisto adicional del 15% del valor estimado para las obras civiles de la caverna de máquinas, debido a las dificultades que puedan presentarse en una excavación de su magnitud.

Para las obras civiles del aprovechamiento Chivor III, se consideraron gastos de ingeniería e imprevistos de solo el 20%, debido al amplio conocimiento que se tiene de la zona.

Para la presa Ubalá 0, se estimó un gasto de ingeniería e imprevistos del 25% del presupuesto. El estimativo para las demás presas se hizo suponiendo que solo el 80% del gasto determinado para Ubalá 0, es proporcional al costo de las presas. Se hizo esta consideración, teniendo en cuenta que el costo relativo de la ingeniería y los imprevistos es mayor en las alternativas de poca magnitud de un proyecto.

Igualmente, para el cálculo del costo del kilovatio marginal en los distintos aprovechamientos, se tomó solamente el 80% del porcentaje de ingeniería e imprevistos usado para el aprovechamiento básico.

8. Intereses Durante la Construcción

Con el fin de determinar el costo de los intereses durante la construcción de las distintas obras, se estimó para cada una de ellas un programa de causación de costos, de acuerdo con los períodos generales de construcción que se indican en el Gráfico 3.

Como se mencionó, los intereses se determinaron usando una tasa del 9% anual.

En el Cuadro 15 se presenta un resumen del presupuesto de cada alternativa, considerando instalaciones correspondientes a un factor de capacidad de 0.48, respecto a la generación primaria en estiaje de 7 meses.

C. COMPARACION ECONOMICA

1. Costos y Beneficios

Considerando la posibilidad de un desarrollo por etapas de las diferentes alternativas, se supuso que estas etapas se programarían de acuerdo con los crecimientos anuales considerados, de 500 MW en los requisitos de potencia, y de 240 MW en la demanda de generación. En estas condiciones, se determinó el costo de los desarrollos completos, descontando la fecha de inauguración de la primera etapa.

En las alternativas de Chivor III, la primera etapa del desarrollo incluiría, en todos los casos, la desviación Guavio-Chivor. En etapas posteriores, se construiría la presa de Gachetá o la de Ubalá. En el caso de construirse las dos presas, la de Gachetá se construiría primero, puesto que consideradas individualmente, esta presa es más económica que la de Ubalá.

Por otra parte, se determinaron los beneficios de las alternativas de acuerdo con los criterios expuestos en el literal A de este capítulo, y según la curva de beneficios del Gráfico 2.

En el Cuadro 16, se indican para cada alternativa el costo total y los posibles beneficios netos, descontados a la fecha de inauguración de la primera etapa. Puesto que la evaluación de los beneficios se hizo con base en el menor costo alternativo posible, que es el de adelantar la serie de proyectos futuros, entonces, el criterio para la selección de alternativas, debe ser el de maximizar el beneficio neto.

En consecuencia, se deduce lo siguiente :

a. La mejor variante de regulación, con cualquiera de las alternativas de aprovechamiento consideradas, es la que se obtiene con la presa Ubalá 0, con embalse útil de 976 millones de metros cúbicos.

b. Mámbita II es la alternativa de aprovechamiento más económica. El aprovechamiento Mámbita I permite también obtener beneficios importantes, aunque algo menores que los de Mámbita II. Considerando la hipótesis media de evaluación (caso 2), el aprovechamiento Chivor III solo produce un beneficio neto positivo en combinación con las presas Ubalá 0 y Ubalá 1, y en estos casos los beneficios netos serían muy inferiores a los que se obtienen con los aprovechamientos de Mámbita.

En los literales siguientes, se analizan en más detalle los términos de comparación de las distintas alternativas.

2. Comparación Mámbita-Chivor III

En combinación con la presa Ubalá 0, y considerando la hipó-

tesis media de evaluación (caso 2), los beneficios netos adicionales que se obtienen con los aprovechamientos de Mámbita, en relación con el que se obtiene con Chivor III, son los siguientes :

Beneficio neto adicional con Mámbita I	US\$ 56 millones
Beneficio neto adicional con Mámbita II	US\$ 80 millones

Para que se anularan las diferencias que existen a favor de los aprovechamientos de Mámbita, se requeriría que los costos de sus obras civiles aumentaran en más de un 40%, sin variación de costos en Chivor III. Una variación en los precios de las tuberías de acero, afectaría muy poco la comparación Mámbita-Chivor III.

Se concluye que las alternativas de Mámbita son claramente superiores a la alternativa Chivor III.

3. Comparación Mámbita I-Mámbita II

En combinación con Ubalá 0, y si se consideran los beneficios correspondientes a la hipótesis media de evaluación (caso 2), con la alternativa Mámbita II se obtiene un beneficio neto superior al de Mámbita I en US\$ 24 millones.

Para anular esta diferencia, se requeriría que el costo de las obras civiles en la parte inferior del desarrollo Mámbita II (pozos de carga, caverna de máquinas, túnel de fuga y túnel de acceso), se elevara en un 30%; que el precio de la tubería de acero disminuyera en un 45%, lo cual favorecería a Mámbita I; o que, simultáneamente, el costo de las obras civiles inferiores de Mámbita II aumentara en un 15%, y que el precio de la tubería de acero disminuyera en un 20%.

Por lo tanto se concluye que, con los precios actuales, la alternativa Mámbita II, con casa de máquinas subterránea, es la más económica.

Sin embargo, teniendo en cuenta la inestabilidad actual de precios, especialmente del acero, conviene, en el momento de tomar una decisión definitiva respecto a la construcción del pro-

yecto, actualizar los términos de comparación de las dos variantes del aprovechamiento de Mámbita.

4. Comparación de Variantes de Regulación

Si se consideran las distintas variantes de regulación posibles, en combinación con el aprovechamiento Mámbita II, la presa Ubalá 0 aparece como la más económica. Con la hipótesis media de evaluación (caso 2), los términos de comparación con las demás variantes de regulación son los siguientes:

<u>Variante</u>	<u>Costo de Presas (1)</u>	<u>Costo total del proyecto (1)</u>	<u>Beneficio bruto del proyecto</u>	<u>Beneficio neto del proyecto</u>
(Millones de Dólares)				
Ubalá 0	136	459	568	109
Ubalá 1	122	412	493	81
Ubalá 2	108	357	392	35
Ubalá 3	90	303	306	3
Ubalá 2 + Gachetá	149	446	506	60
Ubalá 3 + Gachetá	133	394	423	29

NOTA: (1) Costos descontados a la fecha de inauguración de la primera etapa del proyecto.

La segunda mejor variante de regulación, después de Ubalá 0, es Ubalá 1. En la variante Ubalá 0 se tienen los siguientes costos y beneficios adicionales respecto a la variante Ubalá 1:

Mayor costo de la presa Ubalá 0	US\$ 14 millones
Mayor costo del proyecto total con Ubalá 0	US\$ 47 millones
Mayor beneficio bruto con Ubalá 0	US\$ 75 millones
Mayor beneficio neto con Ubalá 0	US\$ 28 millones

Para que se anulara el mayor beneficio neto que se obtiene con la presa Ubalá 0, se requeriría que el mayor costo de todo el proyecto aumentara en un 60%, o que el mayor costo de la presa se triplicara.

Igualmente se obtiene para Ubalá 0 una ventaja, clara y poco sensible a variaciones en los presupuestos, respecto a las demás variantes de regulación.

Se analizó el efecto de suponer que durante la primera mitad de la vida económica del proyecto del río Guavio, el sistema interconectado de generación tenga un período crítico de 17 meses de duración, en vez del período de 7 meses considerado. En este caso, se reduciría la ventaja de Ubalá 0 respecto a las demás alternativas, pero seguiría siendo la solución más económica.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de las alternativas de desarrollo hidroeléctrico del río Guavio, permite concluir lo siguiente:

1. La alternativa óptima de desarrollo hidroeléctrico consiste en la regulación del río Guavio mediante el embalse de Gachalá, creado con la presa de Ubalá; la desviación al embalse de los ríos Batatas y Chivor; y el aprovechamiento energético de los caudales en la caída entre el embalse y el río Guavio frente a la población de Mámbita.
2. La variante óptima de altura de la presa de Ubalá, es la denominada Ubalá 0, con altura de 240 metros desde el lecho actual del río. Con la presa Ubalá 0 se obtiene una capacidad útil de embalse de 976 millones de metros cúbicos, la cual permite regular casi en su totalidad la afluencia al embalse cuyo promedio es de 71.3 m³/s.
3. La mejor variante del aprovechamiento de Mámbita es la variante denominada Mámbita II, con casa de máquinas subterránea y restitución de los caudales al río Guavio, un kilómetro aguas abajo de la desembocadura del río Batá.

En los Cuadros 17 y 18 se presenta la información básica sobre la alternativa de desarrollo recomendada y los presupuestos detallados de las obras; para referencia, se incluyen en estos cuadros los datos correspondientes a la variante Mámbita I, con casa de máquinas superficial.

El aprovechamiento Mámbita II, en combinación con la presa Ubalá 0, desarrolla un salto bruto medio de 1.100 metros con el cual se obtiene una generación media de 657 MW (5.760 millones de kilovatios-hora anuales).

Gracias a la importante capacidad de embalse, la central Mámbita II podría aportar al sistema interconectado, durante un estiaje crítico de

siete meses de duración, una generación media de 728 MW, mayor que la generación media a largo plazo. La central tendría una instalación de 1.517 MW, para un factor de capacidad de 0.48 respecto a la generación en estiaje de siete meses.

Con esta instalación, el costo total del proyecto, incluyendo los intereses durante la construcción, se estima en US\$ 469 millones, de donde resulta un costo unitario de US\$ 309 por kilovatio instalado.

La alternativa recomendada para el desarrollo hidroeléctrico del río Guavio es la que mejor aprovecha el recurso, además de que con ella se obtiene el menor costo por kilovatio instalado. En combinación con la presa Ubalá 0, la variante Mámbita I permitiría instalar 1.408 MW, 109 MW menos que Mámbita II, y a un costo de US\$ 326 por kilovatio; la alternativa Chivor III permitiría instalar 1.323 MW a un costo todavía mayor, de US\$ 375 por kilovatio.

Cabe anotar que la alternativa recomendada para el Proyecto del Río Guavio tendría una estructura de costos similar a la del Proyecto de Chivor y que, en igualdad de condiciones en cuanto a nivel de precios de construcción y factor de capacidad, se estima que los costos unitarios por kilovatio instalado de los dos proyectos serían también similares.

En cuanto a las etapas posteriores del estudio del Proyecto del Río Guavio, estas deberán orientarse a definir la factibilidad y el diseño final de las obras correspondientes a la alternativa recomendada. En el Apéndice C, se indican en detalle las investigaciones referentes a la presa de Ubalá que se consideran necesarias. En el Apéndice D, se indican las referentes a las obras del aprovechamiento Mámbita II.



CUADROS

PROYECTO DEL RIO GUAVIO
PRESAS Y EMBALSES

CUADRO No. 1

CARACTERISTICAS	UNIDAD	P R E S A S				
		UBALA 0	UBALA 1	UBALA 2 ⁽¹⁾	UBALA 3 ⁽¹⁾	GACHETA
Localización		Río Guavio, 700 metros arriba de la desembocadura del Río Batatas				Río Guavio, 3km abajo desembocadura Río Muchindote
Hoya natural (incl. ríos Chivor y Batatas)	km ²	1.350	1.350	1.350	1.350	706
Nivel del fondo del río	m.s.n.m.	1400	1400	1400	1400	1593
Altura, desde el fondo del río	m	240	225	200	172	137
Nivel de la cresta	m.s.n.m.	1640	1625	1600	1572	1730
Niveles de agua:						
- Máximo en creciente	m.s.n.m.	1638	1623	1598	1570	1728
- Máximo controlado	m.s.n.m.	1630	1615	1590	1562	1722
- Mínimo	m.s.n.m.	1475	1475	1475	1475	1650
- Medio	m.s.n.m.	1587	1574	1554	1533	1700
Volúmenes de embalse:						
- Máximo en creciente	Mm ³	1.141	923	633	400	406
- Máximo controlado	Mm ³	1.020	822	561	344	349
- Muerto	Mm ³	44	44	44	44	25
- Util para regulación	Mm ³	976	778	517	300	324
- Util para amortiguación de crecientes	Mm ³	121	101	72	56	57
Características de las obras con presas de escollera:						
- Volumen de relleno	m ³	16'780.000	14'010.000	10'100.000	6'620.000	3'450.000
- Altura de la ataguía	m	50	50	50	50	50
- Túnel de desviación:						
. Diámetro	m	10.0	10.0	10.0	10.0	8.0 y 8.80
. Longitud	m	1.090	1.075	1.040	775	580
. Capacidad con ataguía	m ³ /s	1.350	1.350	1.350	1.350	930
- Rebosaderos en túnel:						
. Número		Uno	Uno	Dos	Dos	Uno
. Diámetro	m	14.0	15.0	11.7	12.6	14.0
. Longitudes	m	650	680	735 y 930	730 y 900	314
. Capacidad con nivel máximo en creciente	m ³ /s	4.100	4.700	5.700	6.600	4.000
Area inundada (nivel de agua máximo controlado)	ha	1.443	1.218	899	635	898
Carreteras:						
- Vías de acceso	km	19.8	19.8	19.8	19.8	6,2
- Relocalización de vías	km	23.3	22.3	17.8	11.4	23,7
NOTA						
(1) Permite la construcción de la Presa de Gachetá.						

PROYECTO DEL RIO GUAVIOEMBALSE DE GACHALAAREA Y CAPACIDAD

<u>Cota</u> <u>m. s. n. m.</u>	<u>Area</u> <u>ha.</u>	<u>Capacidad</u> <u>Mm3</u>
1400	0	0
1410	5	0
1420	19	1
1430	37	4
1440	59	9
1450	80	16
1460	107	25
1470	133	37
1480	159	52
1490	188	69
1500	231	90
1510	282	116
1520	332	146
1530	397	183
1540	458	226
1550	552	276
1560	619	335
1570	699	401
1580	807	476
1590	899	561
1600	1019	653
1610	1148	762
1620	1287	883
1630	1443	1020
1640	1612	1173
1650	1799	1343

PROYECTO DEL RIO GUAVIOEMBALSE DE GACHETAAREA Y CAPACIDAD

<u>Cota</u> <u>m. s. n. m.</u>	<u>Area</u> <u>ha.</u>	<u>Capacidad</u> <u>Mm3</u>
1593	0	0
1600	4	0
1610	11	1
1620	27	3
1630	53	7
1640	88	14
1650	133	25
1660	189	41
1670	264	63
1680	365	95
1690	464	136
1700	577	188
1710	714	253
1720	865	331
1730	1032	426

MAMBITA I			MAMBITA II			CHIVOR III		
OBRAS	Diámetro, m	Longitud, m	OBRAS	Diámetro, m	Longitud, m	OBRAS	Diámetro, m	Longitud, m
A. DESVIACIONES	(4)		A. DESVIACIONES	(4)		A. DESVIACIONES	(4)	
TUNEL DESV. RIO BATATAS:			TUNEL DESV. RIO BATATAS		2.300	TUNEL GUA VIO-CHIVOR:		
- SC + CN	3.50	2.100	TUNEL DESV. RIO CHIVOR		1.800	- SC	5.90	19.600
- CC	3.00	200	CARRETERAS DE ACCESO		4.500	- SC + CN	5.90	2.300
		2.300				- CC	5.20	1.000
TUNEL DESV. RIO CHIVOR:			B. APROVECHAMIENTO			- CR	5.20	1.300
- SC + CN	3.50	1.700	MAMBITA II					24.200
- CC	3.00	100	TUNEL DE CARGA:			VENTANAS para construcción del		
		1.800	- SC	8.00	13.350	Túnel Guavio-Chivor		600
CARRETERAS DE ACCESO		4.500	- SC + CN	8.00	500	CARRETERAS DE ACCESO		40.100
			- CC	7.00	1.000			
B. APROVECHAMIENTO			- CR	7.00	600	B. APROVECHAMIENTO CHIVOR III		
MAMBITA I			- B (Acero 80/70, 4.750 ton)	5.30	750	TUNEL DE CARGA SUPERIOR:		
TUNEL DE CARGA:					16.200	- SC	8.00	4.800
- SC	8.00	11.920	POZOS DE CARGA (DOS)			- SC + CN	8.00	150
- SC + CN	8.00	480	- B (Acero 80/70, 6.780 ton)	3.60	700 ⁽³⁾	- CC	7.00	50
- CC	7.00	3.600						5.000
- CR	7.00	600	TUNEL DE FUGA:			POZOS DE CARGA (DOS):		
- B (Acero 80/70, 2.000 ton)	5.40	600	- SC + CN	8.20	2.400	- CR	4.50	160
		17.200	- CC	7.20	1.700			
TUBERIAS DE CARGA (DOS)			- CR	7.20	200	TUNELES DE CARGA INFERIORES		
- Acero 58/40, 8.120 ton	3.80 a	4.000	ALMENARA (altura en la alternativa con Ubalá 0)		4.300	(DOS):		
- Acero 80/70, 25.000 ton	3.50				600	- B (Acero 58/40, 19.740 ton)	3.80a	3.400
						- B (Acero 80/70, 6.700 ton)	3.50	
ALMENARA (altura en la alternativa con Ubalá 0)		300	POZOS DE CABLES (DOS)			ALMENARA (altura)		340
			- CC	2.60	480			
VENTANA para construcción del Túnel de Carga		400	TUNEL DE ACCESO a la caverna de máquinas (ancho = 7.50, altura = 6.50):			VENTANA para construcción del Túnel de carga superior		800
			- Concreto asfáltico en la solera		500			
CARRETERAS:			- CC		1.700	CARRETERAS DE ACCESO		1.000
- Santa María-Mámbita		25.000	- CR		100			
- Gachalá-Mámbita (de K20 a Mámbita)		27.000			2.300			
- Accesos varios		20.700	VENTANA para construcción del Túnel de Carga		700			
			CARRETERAS:					
			- Santa María-Mámbita		25.000			
			- Gachalá-Mámbita (de K20 a Mámbita)		27.000			
			- Accesos varios		25.600			

PROYECTO DEL RIO GUAVIO
ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO
CONDUCCIONES Y ACCESOS

MEDINA			OBSERVACIONES
OBRAS	Diámetro, m	Longitud, m	
<u>A. DE</u>	(4)		<u>CONVENCIONES:</u>
TUNEL SV. RIO BATATAS		2.300	SC : Solera de concreto
- SC SV. RIO CHIVOR		1.800	SC+CN: Solera de concreto y concreto neumático en el arco
- CC AS DE ACCESO		4.500	CC : Revestimiento de concreto
TUNEL CHAMIENTO MEDINA			CR : Revestimiento de concreto reforzado
- SC +			B : Sección con blindaje de acero
- CC CARGA :			
	8.00	11.700	
CARRI	8.00	2.000	<u>NOTAS:</u>
	7.00	1.600	(1) Los tramos revestidos en concreto convencional y reforzado, requieren en general la colocación de soportes de acero y de concreto neumático durante su excavación
B. AP	7.00	600	(2) Los pesos de blindajes y tuberías indicados para las alternativas de Mámbita y Medina, son los que se requieren con la Presa Ubalá 0
MA (80/70, 3.550 ton)	5.40	700	(3) La longitud indicada para los Pozos de Carga de Mámbita II, incluye la longitud de los empates con el Túnel de Carga y el Distribuidor
TUNEL DE CARGA (DOS):		16.600	(4) Los diámetros indicados corresponden a un caudal de diseño de 150 m ³ /s.
- SC 70, 44.180 ton	3.80 a		
- SC +	3.50	5.600	
- CC (altura en la alternativa 0)			
- CR 0)		430	
- B (A			
AS :			
TUNEL San Pedro de Jagua		26.000	
- Acer San Pedro de Jagua			
- Acer San Pedro de Jagua)		33.000	
- Acer arios		16.000	
ALME			
tiva co			
VENTA			
Túnel			
CARRI			
- Santa			
- Gach			
bita)			
- Acce			

PROYECTO DEL RIO GUAVIO
CAUDALES DEL RIO GUAVIO EN EL SITIO DE LA PRESA DE UBALA
(incluyen afluencias de los ríos Chivor y Batatas)
CAUDALES MEDIOS MENSUALES m³/s

<u>Año</u>	<u>Ene.</u>	<u>Feb.</u>	<u>Mar.</u>	<u>Abr.</u>	<u>May.</u>	<u>Jun.</u>	<u>Jul.</u>	<u>Ago.</u>	<u>Sep.</u>	<u>Oct.</u>	<u>Nov.</u>	<u>Dic.</u>	<u>Pro- medio Anual</u>
1963	13.3	19.4	15.7	60.7	113.9	110.3	105.5	104.7	79.3	36.3	43.6	28.3	60.9
1964	10.6	10.6	21.1	56.4	104.9	131.6	100.7	101.1	97.9	63.6	54.1	43.5	66.3
1965	39.1	13.4	14.5	67.9	131.6	114.1	144.9	111.2	59.9	71.7	71.7	42.3	73.5
1966	21.8	12.6	37.6	37.7	37.5	47.4	90.9	103.3	67.8	42.7	62.4	51.9	51.1
1967	35.7	25.1	21.5	64.4	92.4	144.4	128.8	138.5	84.8	44.7	40.7	33.9	71.2
1968	13.4	13.6	22.8	101.1	72.7	143.1	206.0	101.2	72.1	72.0	58.8	20.6	74.8
1969	15.6	18.4	18.6	60.6	86.0	86.6	114.0	99.4	58.7	92.8	53.1	35.3	61.6
1970	33.4	21.1	54.6	100.0	103.9	164.2	133.3	128.8	98.1	87.4	62.4	35.0	84.4
1971	24.3	29.8	56.7	87.7	120.2	154.8	174.1	132.4	99.1	70.5	48.1	28.2	85.5
1972	55.4	26.4	38.0	87.4	157.8	157.5	171.7	129.4	90.1	46.0	46.5	21.6	85.6
1973	13.6	10.9	12.6	30.4	98.7	137.9	130.9	106.9	118.5	71.1	66.9	33.8	69.4
Pro- medio	25.1	18.3	27.7	68.6	101.8	126.5	136.4	114.3	84.2	63.5	55.3	34.0	71.3

Origen de los Datos: De enero de 1963 a febrero de 1972, caudales deducidos por correlación con el río Guavio-Ubalá.

De marzo de 1972 a diciembre de 1973, caudales del río Guavio-La Vega más caudales del río Chivor-Ubalá.

PROYECTO DEL RIO GUAVIO
CAUDALES REGULADOS m³/sg

CUADRO No. 6

ALTERNATIVA	P R E S A S							
	UBALA 0	UBALA 1	UBALA 2	UBALA 3	UBALA 2 + GACHETA	UBALA 3 + GACHETA	GACHETA	NINGUNA
Embalse Util Total (Mm ³)	976	778	517	300	841	624	324	0
I. MAMBITA I Y MAMBITA II - Aprovechamiento de los ríos Guavio, Chivor y Batatas								
1. Caudal promedio de los ríos				71,3				
2. Caudal medio máximo aprovechable				71,3				
3. Duración del período crítico del proyecto aislado	43 meses	17 meses	7 meses	5 meses	17 meses	7 meses		
4. Caudal crítico del proyecto aislado	67.9	64.6	54.0	40,6	66.0	59.8		
5. Caudal medio regulado en estiaje de 17 meses ⁽¹⁾	69.0	64.6	58.8	53.9	66.0	61.2		
6. Caudal medio regulado en estiaje de 7 meses ⁽²⁾	79.0	68.2	54.0	42.2	71.6	59.8		
II. CHIVOR III - Aprovechamiento de los ríos Guavio, Chivor, Batatas, Negro y Rucio								
1. Caudal promedio de los ríos				79.9				
2. Caudal medio máximo aprovechable	79.0	79.0	78.3	75,2	79.0	78.9	64.7	51.9
3. Duración del período crítico del proyecto aislado	43 meses	17 meses	7 meses	5 meses	17 meses	7 meses	5 meses	---
4. Caudal crítico del proyecto aislado	74.6	69.3	56.5	42.5	70.7	62.3	44.4	---
5. Caudal medio regulado en estiaje de 17 meses ⁽¹⁾	73.7	69.3	63.5	58.6	70.7	65.9	56.0	43.8
6. Caudal medio regulado en estiaje de 7 meses ⁽²⁾	81.5	70.7	56.5	44.7	74.1	62.3	45.2	26.5
III. PLANTA DE UBALA - Aprovechamiento del río Guavio en Ubalá								
1. Caudal medio total				62.1				
2. Caudal medio máximo aprovechable				62.1				
3. Período crítico de Chivor III	43 meses	17 meses	7 meses	5 meses	17 meses	7 meses		
4. Caudal crítico regulado	60.2	58.6	50.7	38.2	60.0	56.5		
5. Caudal medio regulado en estiaje de 17 meses ⁽¹⁾	63.0	58.6	52.7	47.9	60.0	55.2		
6. Caudal medio regulado en estiaje de 7 meses ⁽²⁾	75.6	64.9	50.7	38.9	68.3	56.5		
NOTAS								
(1) Diciembre 1965 - Abril 1967								
(2) Octubre 1972 - Abril 1973								

ALTERNATIVAS	UNIDAD	P R E S A S					
		UBALA 0	UBALA 1	UBALA 2	UBALA 3	UBALA 2 + GACHETA	UBALA 3 + GACHETA
I. APROVECHAMIENTO MAMBITA I							
Nivel medio del embalse de toma	m.s.n.m.	1587	1574	1554	1533	1554	1533
Nivel de las toberas	m.s.n.m.	539	539	539	539	539	539
Salto bruto medio	m	1.048	1.035	1.015	994		
Salto neto medio (1)	m	988	975	955	934	955	934
Capacidad de almacenamiento	GWh	2.319	1.825	1.188	674	1.932	1.402
Generación:							
- Media máxima posible	MW	610	602	590	577	590	577
- En estiaje de 17 meses (4)	MW	590	545	486	436	546	495
- En estiaje de 7 meses (5)	MW	676	576	447	341	592	484
Instalación (3)	MW	1.408	1.200	931	711	1.233	1.008
II. APROVECHAMIENTO MAMBITA II							
Nivel medio del embalse de toma	m.s.n.m.	1587	1574	1554	1533	1554	1554
Nivel de las toberas	m.s.n.m.	487	487	487	487	487	487
Salto bruto medio	m	1,100	1.087	1.067	1.046	1.067	1.046
Salto neto medio(1)	m	1.064	1.051	1.031	1.010	1.031	1.010
Capacidad de almacenamiento	GWh	2.497	1.967	1.282	729	2.086	1.516
Generación:							
- Media máxima posible	MW	657	649	637	624	637	624
- En estiaje de 17 meses (4)	MW	636	588	525	471	589	535
- En estiaje de 7 meses (5)	MW	728	621	482	369	639	523
Instalación (3)	MW	1.517	1.293	1.004	769	1.332	1.090
III. APROVECHAMIENTO CHIVOR III							
Nivel medio del embalse de toma	m.s.n.m.				1241		
Nivel de las toberas	m.s.n.m.				455		
Salto bruto medio	m				786		
Salto neto medio (1)	m				747		
Capacidad de almacenamiento (2)	GWh	2.129	1.676	1.095	626	1.780	1.301
Generación (2)							
- Media máxima posible	MW	600	594	585	578	585	578
- En estiaje de 17 meses (4)	MW	566	526	473	430	528	485
- En estiaje de 7 meses (5)	MW	635	543	425	331	560	464
Instalación (3)	MW	1.323	1.131	885	690	1.167	967

PROYECTO DEL RIO GUAVIO
 CARACTERISTICAS ENERGETICAS

CUADRO No. 7

PROYECTO No. 8
 1 de 2

		OBSERVACIONES
GACHETA	NINGU-NA	
		<u>NOTAS</u>
		(1) El salto neto medio se calculó para el nivel medio del embalse de toma y considerando una pérdida media en las conducciones igual al 60% de la pérdida que se obtiene con la planta a plena carga.
		(2) En las alternativas Chivor III con Presa de Ubalá, los valores anotados para la capacidad de almacenamiento y la generación, incluyen el aporte energético de la planta de pie de presa de Ubalá.
		(3) Las instalaciones de potencia indicadas corresponden a un factor de capacidad de 0.48 respecto a la generación media en estiaje de 7 meses.
		(4) Diciembre 1965 - Abril 1967
		(5) Octubre 1972 - Abril 1973
582	0	
419	336	
362	283	
292	171	
608	356	

S	
Ubalá 3	Gachetá
23.170	12.080
100	100
2.590	960
220	470
340	1.000
550	430
3.800	2.960
1.500	630
2.920	1.620
1.780	1.000
3.180	3.600
870	2.030
7.120	2.910
540	300
27.910	12.090

PROYECTO DEL RIO GUAVIO

PRESUPUESTO DE EMBALSES

(Miles de Dólares)

<u>OBRAS</u>	<u>P R E S A S</u>				
	<u>Ubalá 0</u>	<u>Ubalá 1</u>	<u>Ubalá 2</u>	<u>Ubalá 3</u>	<u>Gachetá</u>
A. PRESA (Excavaciones, tratamiento de estribos y rellenos)	58.730	49.040	35.350	23.170	12.080
B. TUNEL DE DESVIACION					
Portales	100	100	100	100	100
Excavación del túnel	3.640	3.590	3.470	2.590	960
Soportes de acero y pernos	220	220	220	220	470
Concretos de revestimiento	400	400	390	340	1.000
Tapón (obras civiles y equipos)	630	610	580	550	430
	<u>4.990</u>	<u>4.920</u>	<u>4.760</u>	<u>3.800</u>	<u>2.960</u>
C. REBOSADEROS					
1. Estructura(s) de control:					
Excavaciones	690	520	1.190	1.500	630
Concretos	1.620	1.740	2.620	2.920	1.620
Equipos	1.000	1.150	1.430	1.780	1.000
2. Túnel(es):					
Excavación	6.110	7.300	12.110	13.180	3.600
Soportes de acero y pernos	540	580	750	870	2.030
Concretos de revestimiento	4.140	5.620	6.840	7.120	2.910
3. Estructura(s) de entrega	<u>300</u>	<u>330</u>	<u>480</u>	<u>540</u>	<u>300</u>
	<u>14.400</u>	<u>17.240</u>	<u>25.420</u>	<u>27.910</u>	<u>12.090</u>

<u>OBRAS</u>	<u>P R E S A S</u>				
	<u>Ubalá 0</u>	<u>Ubalá 1</u>	<u>Ubalá 2</u>	<u>Ubalá 3</u>	<u>Gachetá</u>
D. CARRETERAS					
Vías de acceso	2.430	2.430	2.430	2.430	300
Relocalización de vías	<u>3.980</u>	<u>3.670</u>	<u>3.150</u>	<u>2.660</u>	<u>2.380</u>
	6.410	6.100	5.580	5.090	2.680
E. ADQUISICION DE ZONAS	970	820	610	450	1.550
F. VARIOS (Campamentos y líneas de transmisión para la cons- trucción)	800	800	800	800	600
<u>TOTAL A a F</u>	<u>86.300</u>	<u>78.920</u>	<u>72.550</u>	<u>61.220</u>	<u>31.960</u>
G. INGENIERIA E IMPREVISTOS	21.580	20.100	18.830	16.560	10.710
<u>TOTAL A a G</u>	<u>107.880</u>	<u>99.020</u>	<u>91.380</u>	<u>77.780</u>	<u>42.670</u>
H. INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION	27.750	22.970	17.000	12.440	6.060
<u>GRAN TOTAL</u>	<u>135.630</u>	<u>121.990</u>	<u>108.380</u>	<u>90.220</u>	<u>48.730</u>

PROYECTO DEL RIO GUAVIO
PRESUPUESTO DE LA DESVIACION
DE LOS RIOS CHIVOR Y BATATAS

(Miles de Dólares)

I. DESVIACION DEL RIO BATATAS	
Túnel de desviación:	
- Portales	80
- Excavacion del túnel	1.550
- Soportes de acero y pernos	100
- Concretos de revestimiento	650
Estructura de desviación	250
Vías de acceso	70
<u>Sub-total</u>	<u>2.700</u>
Ingeniería e imprevistos	680
<u>Sub-total</u>	<u>3.380</u>
Intereses durante la construcción	310
<u>TOTAL</u>	<u>3.690</u>
II. DESVIACION DEL RIO CHIVOR	
Túnel de desviación:	
- Portales	80
- Excavación del túnel	1.210
- Soportes de acero y pernos	80
- Concretos de revestimiento	510
Estructura de desviación	250
Vías de acceso	130
<u>Sub-total</u>	<u>2.260</u>
Ingeniería e imprevistos	570
<u>Sub- total</u>	<u>2.830</u>
Intereses durante la construcción	260
<u>TOTAL</u>	<u>3.090</u>

PROYECTO DEL RIO GUAVIOPRESUPUESTOS DEL APROVECHAMIENTO MAMBITA I

(Miles de Dólares)

<u>OBRAS</u>	<u>P R E S A S</u>			
	<u>Ubalá 0</u>	<u>Ubalá 1</u>	<u>Ubalá 2</u>	<u>Ubalá 3</u>
INSTALACION PARA QMAX=150 m3/s	1283 MW	1267 MW	1241 MW	1213 MW
A. TUNEL DE CARGA				
Portales	100	100	100	100
Excavación del túnel	38.020	38.020	38.020	38.020
Soportes de acero y pernos	2.240	2.240	2.240	2.240
Concretos de revestimiento	11.950	11.950	11.950	11.950
Blindaje	3.800	3.600	3.280	2.910
Ventana	600	600	600	600
Bocatoma	250	250	250	250
	<u>56.960</u>	<u>56.760</u>	<u>56.440</u>	<u>56.070</u>
B. POZO DE COMPUERTAS (Obras civiles y equipos)				
	1.300	1.210	1.080	940
C. ALMENARA				
	2.200	2.130	2.020	1.890
D. TUBERIA DE CARGA				
1. Obras Civiles:				
Banca	2.120	2.120	2.120	2.120
Anclajes y silletas	5.160	5.020	4.780	4.510
Casa de válvulas y obras en los distribuidores	1.920	1.890	1.850	1.800
2. Equipos:				
Válvulas	1.960	1.860	1.690	1.500
Tuberías y distribuidores	<u>62.760</u>	<u>61.770</u>	<u>60.530</u>	<u>58.970</u>
	<u>73.920</u>	<u>72.660</u>	<u>70.970</u>	<u>68.900</u>

<u>OBRAS</u>	<u>P R E S A S</u>			
	<u>Ubalá 0</u>	<u>Ubalá 1</u>	<u>Ubalá 2</u>	<u>Ubalá 3</u>
E. CASA DE MAQUINAS (Incl. conductos de fuga)				
Obras civiles	8.010	7.990	7.950	7.910
Equipos mecánicos	26.940	26.610	26.060	25.470
Equipos eléctricos	<u>32.970</u>	<u>32.560</u>	<u>31.890</u>	<u>31.170</u>
	67.920	67.160	65.900	64.550
F. PATIO DE CONEXIONES				
Obras civiles	490	480	480	470
Equipos	<u>2.310</u>	<u>2.280</u>	<u>2.230</u>	<u>2.180</u>
	2.800	2.760	2.710	2.650
G. LINEAS DE TRANSMISION (Obras civiles y equipos)	10.970	10.830	10.610	10.370
H. VIAS DE ACCESO	4.370	4.370	4.370	4.370
I. VARIOS (Campamentos, zonas y líneas de transmisión de construcción)	800	800	800	800
<u>TOTAL A a I</u>	<u>221.240</u>	<u>218.680</u>	<u>214.900</u>	<u>210.540</u>
J. INGENIERIA E IMPREVISTOS	35.400	35.090	34.640	34.110
<u>TOTAL A a J</u>	<u>256.640</u>	<u>253.770</u>	<u>249.540</u>	<u>244.650</u>
K. INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION	37.100	36.680	36.070	35.360
<u>GRAN TOTAL</u>	<u>293.740</u>	<u>290.450</u>	<u>285.610</u>	<u>280.010</u>

<u>OBRAS</u>	<u>P R E S A S</u>			
	<u>Ubalá 0</u>	<u>Ubalá 1</u>	<u>Ubalá 2</u>	<u>Ubalá 3</u>
<u>COSTO POR ETAPAS</u>				
Primera Etapa	196.550	194.600	191.360	187.610
Segunda Etapa	97.190	95.850	94.250	92.400
<u>TOTAL</u>	<u>293.740</u>	<u>290.450</u>	<u>285.610</u>	<u>280.010</u>

COSTO DEL KILOVATIO MARGINAL : US\$ 180 /kW

PROYECTO DEL RIO GUA VIOPRESUPUESTO DEL APROVECHAMIENTO MAMBITA II

(Miles de Dólares)

<u>OBRAS</u>	<u>P R E S A S</u>			
	<u>Ubalá 0</u>	<u>Ubalá 1</u>	<u>Ubalá 2</u>	<u>Ubalá 3</u>
INSTALACION PARA QMAX=150 m ³ /s	1382 MW	1365 MW	1339 MW	1312 MW
A. TUNEL DE CARGA				
Portales	100	100	100	100
Excavación del túnel	37.480	37.480	37.480	37.480
Soportes de acero y pernos	2.360	2.360	2.360	2.360
Concretos de revestimiento	6.430	6.430	6.430	6.430
Blindaje	9.030	8.820	8.460	8.060
Ventana	1.020	1.020	1.020	1.020
Bocatoma	250	250	250	250
	<u>56.670</u>	<u>56.460</u>	<u>56.100</u>	<u>55.700</u>
B. POZO DE COMPUERTAS (Obras civiles y equipos)	1.300	1.210	1.080	940
C. ALMENARA	3.330	3.260	3.150	3.020
D. TUBERIA DE CARGA				
1. Obras civiles:				
Obras superficiales	650	640	630	610
Excavación de pozos y galerías	2.430	2.430	2.430	2.430
Soportes de acero en pozos y galerías	530	530	530	530
Concretos en pozos y galerías	3.490	3.490	3.490	3.490
2. Equipos:				
Válvulas	3.070	3.000	2.880	2.740
Tuberías y distribuidores	<u>16.100</u>	<u>15.910</u>	<u>15.540</u>	<u>15.150</u>
	<u>26.270</u>	<u>26.000</u>	<u>25.500</u>	<u>24.950</u>

OBRAS	P R E S A S			
	Ubalá 0	Ubalá 1	Ubalá 2	Ubalá 3
E. CAVERNA DE MAQUINAS				
1. Obras Civiles:				
Excavación	6.860	6.840	6.820	6.790
Soporte de excavación	3.420	3.410	3.400	3.390
Concretos, estructuras y acabados	4.370	4.360	4.340	4.320
2. Equipos:				
Mecánicos	28.730	28.380	27.840	27.280
Eléctricos	<u>35.260</u>	<u>34.830</u>	<u>34.160</u>	<u>33.480</u>
	78.640	77.820	76.560	75.260
F. POZOS DE CABLES (Obras civiles y equipos)	1.960	1.960	1.960	1.960
G. TUNEL DE ACCESO				
Portal	50	50	50	50
Excavación del túnel	5.990	5.990	5.990	5.990
Soportes de acero y pernos	2.460	2.460	2.460	2.460
Concretos de revestimiento y pavimento	<u>4.170</u>	<u>4.170</u>	<u>4.170</u>	<u>4.170</u>
	12.670	12.670	12.670	12.670
H. TUNEL DE FUGA				
Excavación del túnel	10.020	10.020	10.020	10.020
Soportes de acero y pernos	3.140	3.140	3.140	3.140
Concretos de revestimiento	5.400	5.400	5.400	5.400
Estructura de entrega	<u>150</u>	<u>150</u>	<u>150</u>	<u>150</u>
	18.710	18.710	18.710	18.710
I. PATIO DE CONEXIONES				
Obras civiles	780	770	760	750
Equipos	<u>2.490</u>	<u>2.460</u>	<u>2.410</u>	<u>2.360</u>
	3.270	3.230	3.170	3.110

<u>OBRAS</u>	<u>P R E S A S</u>			
	<u>Ubalá 0</u>	<u>Ubalá 1</u>	<u>Ubalá 2</u>	<u>Ubalá 3</u>
J. LINEAS DE TRANSMISION (Obras civiles y equipos)	11.190	11.060	10.850	10.630
K. VIAS DE ACCESO	4.680	4.680	4.680	4.680
L. VARIOS (Campamentos, zonas y líneas de transmisión para la construcción)	800	800	800	800
<u>TOTAL A a L</u>	<u>219.490</u>	<u>217.860</u>	<u>215.230</u>	<u>212.430</u>
M. INGENIERIA E IMPREVISTOS	41.700	41.460	41.080	40.670
<u>TOTAL A a M</u>	<u>261.190</u>	<u>259.320</u>	<u>256.310</u>	<u>253.100</u>
N. INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION	43.590	43.280	42.770	42.230
<u>GRAN TOTAL</u>	<u>304.780</u>	<u>302.600</u>	<u>299.080</u>	<u>295.330</u>
 <u>COSTO POR ETAPAS</u>				
Primera Etapa	229.390	227.750	225.100	222.280
Segunda Etapa	75.390	74.850	73.980	73.050
<u>TOTAL</u>	<u>304.780</u>	<u>302.600</u>	<u>299.080</u>	<u>295.330</u>
 <u>COSTO DEL KILOVATIO MARGINAL :</u> US\$ 158 /kW				

PROYECTO DEL RIO GUAVIO
PRESUPUESTO DEL APROVECHAMIENTO CHIVOR III
(Miles de Dólares)

INSTALACION PARA QMAX = 150 m3/s	970 MW
A. TUNEL DE CARGA SUPERIOR	
Excavación del túnel	12.250
Soportes de acero y pernos	90
Concretos de revestimiento	630
Ventana	<u>1.650</u>
	14.620
B. BOCATOMA	
Obras incluídas en Chivor I+II	400
Cámara de válvulas (obras civiles y equipos)	1.100
Empate con el túnel de carga	<u>100</u>
	1.600
C. ALMENARA	1.950
D. POZOS DE CARGA	
Bifurcación y cámaras de válvula:	
- Obras civiles	300
- Equipos	2.030
Excavación de pozos	720
Soportes de acero y pernos	120
Concretos de revestimiento	<u>780</u>
	3.950
E. TUNELES DE CARGA INFERIORES (incluyendo las galerías de los distribuidores)	
Excavación de túneles	9.250
Soportes de acero y pernos	2.340

E. TUNELES DE CARGA INFERIORES (Continuación)	
Concretos de revestimiento	11.930
Portales	160
Equipos (tuberías y distribuidores)	<u>44.650</u>
	68.330
F. CASA DE MAQUINAS (Incluyendo conductos de fuga)	
Obras civiles	7.530
Equipos mecánicos	22.990
Equipos eléctricos	<u>28.030</u>
	58.550
G. PATIO DE CONEXIONES	
Obras civiles	390
Equipos	<u>1.750</u>
	2.140
H. LINEAS DE TRANSMISION (Obras civiles y equipos)	9.600
I. VIAS DE ACCESO	40
<u>TOTAL A a I</u>	<u>160.780</u>
J. INGENIERIA E IMPREVISTOS	20.900
<u>TOTAL A a J</u>	<u>181.680</u>
K. INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION	21.650
<u>GRAN TOTAL</u>	<u>203.330</u>

COSTO POR ETAPAS

Primera Etapa	116.400
Segunda Etapa	86.930
<u>TOTAL</u>	<u>203.330</u>

COSTO DEL KILOVATIO MARGINAL :

US\$ 165/kW

PROYECTO DEL RIO GUAVIOPRESUPUESTO DE LA DESVIACION DEL RIO GUAVIO
AL EMBALSE DE LA ESMERALDA

(Miles de Dólares)

A. ESTRUCTURA DE DESVIACION Y BOCATOMA	
Manejo del río y excavaciones	760
Concretos	2.880
Equipos	<u>1.200</u>
	4.840
B. TUNEL GUAVIO-CHIVOR	
Portales	80
Excavación del túnel	32.840
Soportes de acero y pernos	1.690
Concretos de revestimiento	5.010
Ventanas	<u>880</u>
	40.500
C. CAPTACION DE LOS RIOS NEGRO Y RUCIO	
Pozos de captación	600
Estructuras de desviación	<u>400</u>
	1.000
D. VIAS DE ACCESO	2.350
E. VARIOS (Campamentos, zonas y líneas de transmisión de construcción)	400
<u>TOTAL A a E</u>	<u>49.090</u>
F. INGENIERIA E IMPREVISTOS	12.270
<u>TOTAL A a F</u>	<u>61.360</u>
G. INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION	11.900
<u>GRAN TOTAL</u>	<u>73.260</u>

PROYECTO DEL RIO GUAVIO

GENERACION Y PRESUPUESTOS DEL APROVECHAMIENTO DE UBALA

<u>Descripción</u>	<u>P R E S A S</u>			
	<u>Ubalá 0</u>	<u>Ubalá 1</u>	<u>Ubalá 2</u>	<u>Ubalá 3</u>
<u>CARACTERISTICAS ENERGETICAS (MW)</u>				
INSTALACION NOMINAL PARA QMAX = 90 m ³ /s	140	130	120	100
GENERACION:				
- Media máxima posible	89	83	74(74)*	67(67)*
- En estiaje de 17 meses	90	78	63(71)	51(59)
- En estiaje de 7 meses	<u>108</u>	<u>86</u>	<u>60(81)</u>	<u>42(61)</u>
* Entre paréntesis se anotan los valores de la generación con el Embalse de Gachetá				
<u>PRESUPUESTOS (Miles de Dólares)</u>				
A. CONDUCTO DE CARGA				
Obras civiles	3.370	3.210	2.960	2.670
Equipos	<u>3.270</u>	<u>2.930</u>	<u>2.410</u>	<u>1.870</u>
	6.640	6.140	5.370	4.540
B. CASA DE MAQUINAS				
Obras civiles	2.300	2.210	2.080	1.940
Equipos mecánicos	4.200	3.900	3.600	3.000
Equipos eléctricos	<u>4.620</u>	<u>4.290</u>	<u>3.960</u>	<u>3.300</u>
	11.120	10.400	9.640	8.240
C. PATIO DE CONEXIONES (Obras civiles y equipos)				
	480	460	440	400

<u>Descripción</u>	<u>Ubalá 0</u>	<u>Ubalá 1</u>	<u>Ubalá 2</u>	<u>Ubalá 3</u>
D. LINEA DE TRANSMISION (Obras civiles y equipos)	880	820	760	630
<u>TOTAL A a D</u>	<u>19.120</u>	<u>17.820</u>	<u>16.210</u>	<u>13.810</u>
E. INGENIERIA E IMPREVISTOS	2.870	2.720	2.540	2.270
<u>TOTAL A a E</u>	<u>21.990</u>	<u>20.540</u>	<u>18.750</u>	<u>16.080</u>
F. INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION	3.100	2.900	2.640	2.270
<u>GRAN TOTAL</u>	<u>25.090</u>	<u>23.440</u>	<u>21.390</u>	<u>18.350</u>

ALTERNATIVA	UNIDAD	P R E S A S					
		UBALA 0	UBALA 1	UBALA 2	UBALA 3	UBALA 2+ GACHETA	UBALA 3+ GACHETA
MAMBITA I							
INSTALACION	MW	1.408	1.200	931	711	1.233	1.008
PRESUPUESTO							
Presas:							
- Ubalá (incl. desv. ríos Chivor y Batatas)	US\$ x 10 ⁶	142.4	128.8	115.2	97.0	115.2	97.0
- Gachetá	US\$ x 10 ⁶	—	—	—	—	48.7	48.7
Aprovechamiento Mámbita I:							
- Primera Etapa	US\$ x 10 ⁶	210.7	187.0	156.3	130.9	190.5	164.4
- Segunda Etapa	US\$ x 10 ⁶	105.6	91.4	73.5	58.8	93.7	78.7
	US\$ x 10 ⁶	<u>458.7</u>	<u>407.2</u>	<u>345.0</u>	<u>286.7</u>	<u>448.1</u>	<u>388.8</u>
COSTO UNITARIO DEL KILOVATIO	US\$	326	339	371	403	363	386
COSTO DEL KILOVATIO MARGINAL	US\$	180	180	180	180	180	180
MAMBITA II							
INSTALACION	MW	1.517	1.293	1.004	769	1.332	1.090
PRESUPUESTO							
Presas:							
- Ubalá (incl. desv. ríos Chivor y Batatas)	US\$ x 10 ⁶	142.4	128.8	115.2	97.0	115.2	97.0
- Gachetá	US\$ x 10 ⁶	—	—	—	—	48.7	48.7
Aprovechamiento Mámbita II:							
- Primera Etapa	US\$ x 10 ⁶	244.2	219.8	188.3	162.6	224.3	197.9
- Segunda Etapa	US\$ x 10 ⁶	81.9	71.4	57.9	47.0	73.6	62.4
	US\$ x 10 ⁶	<u>468.5</u>	<u>420.0</u>	<u>361.4</u>	<u>306.6</u>	<u>461.8</u>	<u>406.0</u>
COSTO UNITARIO DEL KILOVATIO	US\$	309	325	360	399	347	372
COSTO DEL KILOVATIO MARGINAL	US\$	158	158	158	158	158	158
CHIVOR III							
INSTALACION	MW	1.323	1.131	885	690	1.167	967
PRESUPUESTO							
Desviación Guavio-Chivor	US\$ x 10 ⁶	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3
Presas:							
- Ubalá (incl. Planta de Ubalá)	US\$ x 10 ⁶	160.7	145.4	129.8	108.6	129.8	108.6
- Gachetá	US\$ x 10 ⁶	—	—	—	—	48.7	48.7
Aprovechamiento Chivor III:							
- Primera Etapa	US\$ x 10 ⁶	148.9	131.2	108.5	90.6	134.5	116.1
- Segunda Etapa	US\$ x 10 ⁶	112.7	98.7	80.7	66.5	101.3	86.7
	US\$ x 10 ⁶	<u>495.6</u>	<u>448.6</u>	<u>392.3</u>	<u>339.0</u>	<u>487.6</u>	<u>433.4</u>
COSTO UNITARIO DEL KILOVATIO	US\$	375	397	443	491	418	448
COSTO DEL KILOVATIO MARGINAL	US\$	165	165	165	165	165	165

PROYECTO DEL RIO GUAVIO
RESUMEN DE PRESUPUESTOS

CUADRO No. 15

ALTERN			OBSERVACIONES
	GACHETA	NINGUNA	
<u>MAMBITA I</u> INSTALACION PRESUPUESTO Presas: - Ubalá (incl. desv. r - Gachetá Aprovechamiento Má - Primera Etapa - Segunda Etapa COSTO UNITARIO D COSTO DEL KILOVA			<u>NOTAS:</u> (1) En las Alternativas de Mámbita, en primera etapa se construiría la Presa de Ubalá y la primera etapa de aprovechamiento. La segunda etapa del aprovechamiento y la Presa de Gachetá se construirían en etapas posteriores. (2) En las Alternativas Chivor III, en primera etapa se construiría la Desviación Guavio-Chivor y la primera etapa del aprovechamiento. Las demás obras se realizarían en etapas posteriores. La Presa de Gachetá se construiría antes que la Presa de Ubalá.
<u>MAMBITA II</u> INSTALACION PRESUPUESTO Presas: - Ubalá (incl. desv. r - Gachetá Aprovechamiento Má - Primera Etapa - Segunda Etapa COSTO UNITARIO D COSTO DEL KILOVA			
<u>CHIVOR III</u> INSTALACION PRESUPUESTO Desviación Guavio-C Presas: - Ubalá (incl. Planta - Gachetá Aprovechamiento Ch - Primera Etapa - Segunda Etapa COSTO UNITARIO D COSTO DEL KILOVA	608 73.3 - 48.7 83.1 60.5 <hr/> 265.6 437 165	356 73.3 - - 59.9 42.1 <hr/> 175.3 492 165	

ALTERNATIVA	UNIDAD	P R E S A S							
		UBALA 0	UBALA 1	UBALA 2	UBALA 3	UBALA 2 + GACHETA	UBALA 3 + GACHETA	GACHETA	NINGU
<u>MAMBITA I</u>									
INSTALACION	MW	1.408	1.200	931	711	1.233	1.008		
COSTO	US\$ x 10 ⁶	447	398	340	283	432	377		
BENEFICIO NETO :									
- Caso 1	US\$ x 10 ⁶	50	33	2	-17	9	-9		
- Caso 2	US\$ x 10 ⁶	85	64	26	2	41	17		
- Caso 3	US\$ x 10 ⁶	120	95	50	21	73	43		
Costo Medio del Kilovatio Adicional en la Alternativa Mámbita II-Ubalá 0 (4)	US\$/kW	110	192	203	218	95	161		
<u>MAMBITA II</u>									
INSTALACION	MW	1.517	1.293	1.004	760	1.332	1.090		
COSTO	US\$ x 10 ⁶	459	412	357	303	446	394		
BENEFICIO NETO :									
- Caso 1	US\$ x 10 ⁶	71	48	9	-17	26	1		
- Caso 2	US\$ x 10 ⁶	109	81	35	3	60	29		
- Caso 3	US\$ x 10 ⁶	147	114	61	23	94	57		
Costo Medio del Kilovatio Adicional en la Alternativa Mámbita II-Ubalá 0 (4)	US\$/kW	-	210	199	206	70	152		
<u>CHIVOR III</u>									
INSTALACION	MW	1.323	1.131	885	690	1.167	967	608	3
COSTO	US\$ x 10 ⁶	474	431	378	329	462	403	260	1
BENEFICIO NETO :									
- Caso 1	US\$ x 10 ⁶	-5	-23	-52	-70	-42	-49	-30	-
- Caso 2	US\$ x 10 ⁶	29	6	-29	-52	-12	-24	-14	-
- Caso 3	US\$ x 10 ⁶	63	35	-6	-34	18	1	2	-
Costo Medio del Kilovatio Adicional en la Alternativa Mámbita II-Ubalá 0 (4)	US\$/kW	-77	73	128	157	-9	102	219	2

BENEFICIOS

ALTERNATIVA	UNA	OBSERVACIONES
<p><u>MAMBITA I</u></p> <p>INSTALACION</p> <p>COSTO</p> <p>BENEFICIO NETO :</p> <p>- Caso 1</p> <p>- Caso 2</p> <p>- Caso 3</p> <p>Costo Medio del Kilovatio Adicional la Alternativa Mámbita II-Ubalá 0 (4</p>		<p><u>NOTAS :</u></p> <p>(1) Los costos y beneficios se descontaron a la fecha de inauguración de la primera etapa del proyecto. Se usó una tasa de descuento del 9% anual.</p> <p>(2) Las etapas de construcción de los proyectos se programaron con base a un crecimiento de los requisitos de potencia de 500 MW/año, y de la demanda de generación de 240 MW/año.</p>
<p><u>MAMBITA II</u></p> <p>INSTALACION</p> <p>COSTO</p> <p>BENEFICIO NETO :</p> <p>- Caso 1</p> <p>- Caso 2</p> <p>- Caso 3</p> <p>Costo Medio del Kilovatio Adicional la Alternativa Mámbita II-Ubalá 0 (4</p>		<p>(3) Los beneficios se evaluaron suponiendo que los proyectos alternativos tienen instalaciones de 1.500 MW y que sus costos unitarios son de US\$ 350/kW (Caso 1), de US\$ 375/kW (Caso 2), o de US\$ 400/kW (Caso 3).</p>
<p><u>CHIVOR III</u></p> <p>INSTALACION 56</p> <p>COSTO 74</p> <p>BENEFICIO NETO :</p> <p>- Caso 1 37</p> <p>- Caso 2 27</p> <p>- Caso 3 17</p> <p>Costo Medio del Kilovatio Adicional la Alternativa Mámbita II-Ubalá 0 (45</p>		<p>(4) Este costo unitario se calcula dividiendo la diferencia de costos entre la alternativa considerada y la Alternativa Mámbita II-Ubalá 0, por la diferencia entre las instalaciones respectivas.</p>

PROYECTO DEL RIO GUAVIO
INFORMACION BASICA SOBRE LAS ALTERNATIVAS DE
MAMBITA CON LA PRESA UBALA 0

CAUDALES

Caudal medio (1963-1973)	71.3 m ³ /s
Caudal crítico del proyecto aislado (Octubre 1963 - Abril 1967)	67.9 m ³ /s
Caudales medios regulados:	
- En estiaje de 17 meses (Diciembre 1965 - Abril 1967)	69.0 m ³ /s
- En estiaje de 7 meses (Octubre 1972 - Abril 1973)	79.0 m ³ /s

EMBALSE

Embalse muerto	44 Mm ³
Embalse útil para regulación	976 Mm ³
Embalse útil para amortiguación de crecientes	121 Mm ³

APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO

	Alternativa MAMBITA I (superficial)	Alternativa MAMBITA II (subterránea)
Salto bruto medio	1.048 m	1.100 m
Salto neto medio	988 m	1.064 m
Capacidad de almacenamiento de energía	2.319 GWh	2.497 GWh
Generación :		
Media máxima posible	610 MW	657 MW
En estiaje de 17 meses	590 MW	636 MW
En estiaje de 7 meses	676 MW	728 MW
Instalación (F.C. de 0.48 respecto a la generación en estiaje de 7 meses)	1.408 MW	1.517 MW

Alternativa MAMBITA I (superficial)	Alternativa MAMBITA II (subterránea)
---	--

(Millones de Dólares)

PRESUPUESTOS

Embalse (incl. desviación ríos Chivor y Batatas)	91	91
Aprovechamiento hidroeléctrico:		
- Primera etapa	159	176
- Segunda etapa	<u>80</u>	<u>59</u>
Sub-total	330	326
Ingeniería e imprevistos	<u>61</u>	<u>68</u>
Sub-total	391	394
Intereses durante la construcción al 9% anual	<u>68</u>	<u>75</u>
TOTAL	459	469
Costo unitario del kilovatio instalado	US\$ 326/kW	US\$ 309/kW

PROYECTO DEL RIO GUAVIO
PRESUPUESTOS DETALLADOS DEL EMBALSE DE GACHALA CON
LA PRESA UBALA 0, DE LAS DESVIACIONES AL EMBALSE
Y DE LOS APROVECHAMIENTOS DE MAMBITA

OBRAS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Dólares	COSTO TOTAL Miles de Dólares
<u>I. EMBALSE DE GACHALA</u>				
<u>A. PRESA</u>				
Rellenos	m3	16'780.000	3.1	52.030
Desecación de la fundación	S.G.			900
Excavación para fundación	S.G.			2.800
Tratamiento estribos e inyecciones	S.G.			1.800
Drenajes	S.G.			600
Instrumentación	S.G.			600
				58.730
<u>B. TUNEL DE DESVIACION</u>				
Portales	S.G.			100
Excavación del túnel	m3	94.570	38.5	3.640
Soportes de acero	ton.	180	1.100.0	200
Pernos	m.l.	1.400	14.0	20
Concreto neumático	m3	240	170.0	40
Concreto de solera	m3	1.890	100.0	190
Concreto conv. de revestimiento	m3	1.300	130.0	170
Tapón :				
- Obras civiles	S.G.			250
- Equipos	S.G.			380
				4.990
<u>C. REBOSADERO</u>				
<u>1. Estructura de control</u>				
Excavaciones	m3	138.000	5.0	690
Concretos	m3	13.500	120.0	1.620
Equipos	S.G.			1.000
<u>2. Túnel</u>				
Excavación	m3	152.800	40.0	6.110
Soportes de acero	ton.	450	1.100.0	490
Pernos	m.l.	3.600	14.0	50
Concreto neumático	m3	2.000	170.0	340
Concreto convencional	m3	29.200	130.0	3.800
<u>3. Estructura de entrega</u>				
Excavaciones	m3	14.000	5.0	70
Concretos	m3	1.900	120.0	230
				14.400

OBRAS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Dólares	COSTO TOTAL Miles de Dólares
D. CARRETERAS				
1. Vías de acceso				
Acceso al estribo derecho y varios:				
- Carreteras	km	9.8	72.820	710
- Túneles	m.l.	550	1.600.0	880
- Puente sobre R. Batatas (20 m)	S.G.			30
- Puente sobre R. Guavio (20 m)	S.G.			30
Acceso al estribo izquierdo:				
- Carreteras	km	9.4	65.960	620
- Túnel	m.l.	100	1.600.0	160
2. Relocalización de vías				
Vía Ubalá-Gachalá:				
- Carretera	km	7.6	65.500	500
- Túneles	m.l.	1.170	1.600	1.870
- Puente sobre el R. Guavio (160 m)	S.G.			580
- Puente sobre el R. Farallones (120 m)	S.G.			400
Vía Gachalá-Medina:				
- Carretera	km	14.5	41.400	600
- Puente sobre R. Murca (20 m)	S.G.			30
				<u>6.410</u>
E. ADOUSICION DE ZONAS	Ha	1.770	550.0	970
F. VARIOS (Campamentos y líneas de transmisión para la construcción)	S.G.			800
<u>TOTAL A a F</u>				<u>86.300</u>
G. INGENIERIA E IMPREVISTOS (25%)	S.G.			21.580
<u>TOTAL A a G</u>				<u>108.680</u>
H. INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION AL 9% ANUAL	S.G.			27.930
<u>TOTAL I</u>				<u>136.610</u>

OBRAS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Dólares	COSTO TOTAL Miles de Dólares
<u>II. DESVIACIONES AL EMBALSE DE GACHALA</u>				
A. DESVIACION DEL RIO BATATAS				
Túnel de desviación :				
- Portales	S. G.			80
- Excavación del túnel	m3	24.500	63.3	1.550
- Soportes de acero	ton.	55	1.100.0	60
- Pernos	m.l.	3.100	14.0	40
- Concreto neumático	m3	3.230	170.0	550
- Concreto de solera	m3	570	100.0	60
- Concreto conv. de revestimiento	m3	280	130.0	40
Estructura de desviación	S. G.			250
Vías de acceso	km	1.5	44.440	70
				<u>2.700</u>
B. DESVIACION DEL RIO CHIVOR				
Túnel de desviación :				
- Portales	S. G.			80
- Excavación del túnel	m3	19.190	63.3	1.210
- Soportes de acero	ton.	50	1.100.0	60
- Pernos	m.l.	1.800	14.0	20
- Concreto neumático	m3	2.530	170.0	430
- Concreto de solera	m3	440	100.0	40
- Concreto conv. de revestimiento	m3	280	130.0	40
Estructura de desviación	S. G.			250
Vías de acceso	km	3.0	44.440	130
				<u>2.260</u>
<u>TOTAL A y B</u>				<u>4.960</u>
C. INGENIERIA E IMPREVISTOS (25%)				
				1.250
<u>TOTAL A a C</u>				<u>6.210</u>
D. INTERESES DURANTE LA CONS- TRUCCION AL 9% ANUAL				
				570
<u>TOTAL II</u>				<u>6.780</u>

OBRAS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Dólares	COSTO TOTAL Miles de Dólares	COSTO DEL KILOVATIO MARGINAL Dólares
III. APROVECHAMIENTO MAMBITA II (Central subterránea)					
Caudal máximo de diseño : 150 m ³ /s					
Instalación : 1.382 MW					
A. TUNEL DE CARGA					
Portales	S.G.			100	0.1
Excavación del túnel	m3	881.050	42.5	37.480	17.3
Soportes de acero	ton	2.025	1.100.0	2.230	1.3
Pernos	m.l.	9.650	14.0	130	
Concreto neumático	m3	4.710	174.3	820	2.4
Concreto de solera	m3	12.190	102.5	1.250	
Concreto conv. de revestimiento	m3	12.850	133.3	1.720	
Concreto ref. de revestimiento	m3	7.710	174.3	1.340	
Concreto detrás del blindaje	m3	10.570	123.0	1.300	5.5
Blindaje de acero	ton	4.750	1.900.0	9.030	
Ventana de construcción	m.l.	700	1.460.0	1.020	—
Bocatoma	S.G.			250	0.1
				56.670	26.7
B. POZO DE COMPUERTAS					
Pozo	m.l.	160	4.360.0	700	0.5
Cámara inferior (obras civiles)	S.G.			250	
Equipos	S.G.			350	
				1.300	
C. ALMENARA					
Excavación galerías	m3	12.260	43.2	530	1.7
Excavación pozos	m3	16.730	91.4	1.530	
Soportes de acero	ton	500	1.100.0	560	
Pernos	m.l.	2.900	14.0	40	
Concreto neumático	m3	2.400	229.2	550	
Concreto de solera	m3	190	110.0	20	
Varios	S.G.			100	
				3.330	
D. POZOS DE CARGA					
1. Obras civiles					
Obras superficiales (bifurcación, casa de válvulas y codos)	S.G.			650	0.2
Obras subterráneas :					
- Excavación de pozos y galerías	m3	23.520	103.2	2.430	2.3
- Soportes de acero	ton	460	1.100.0	510	
- Pernos	m.l.	1.100	14.0	20	
- Concreto neumático	m3	1.960	255.0	500	
- Concreto detrás de las tuberías	m3	16.610	180.0	2.990	

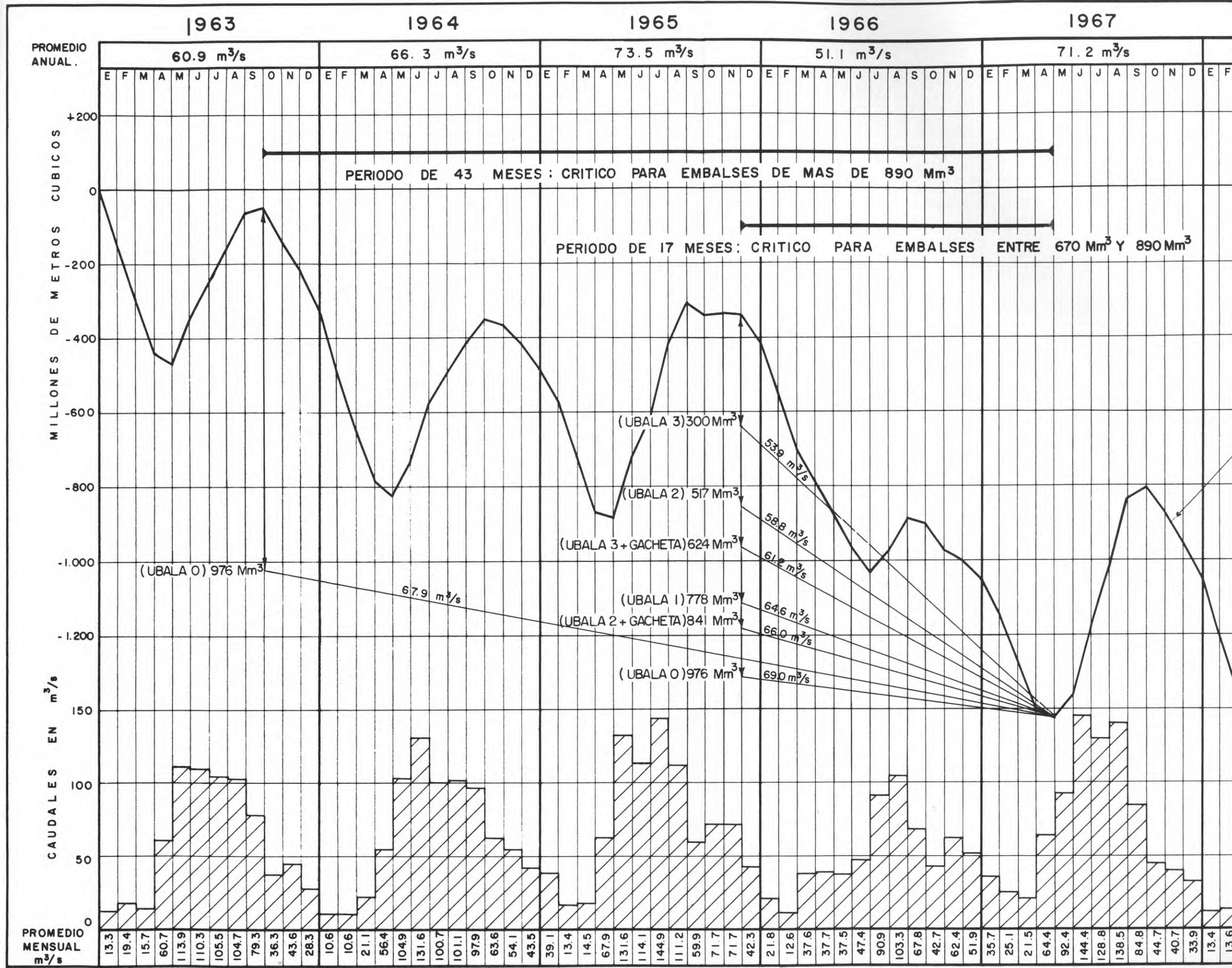
OBRAS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Dólares	COSTO TOTAL Miles de Dólares	COSTO DEL KILOVATIO MARGINAL Dólares
2. Equipos					
Válvulas	Un.	2	1'535.000	3.070	1.7
Tuberías	ton.	6.780	1.900.0	12.880	8.0
Distribuidores	ton.	1.400	2.300.0	3.220	1.7
				26.270	13.9
E. CAVERNA DE MAQUINAS					
1. Obras civiles					
Excavaciones	m3	152.400	45.0	6.860	8.6
Pernos	m.l.	120.000	15.0	1.800	
Malla	m2	20.800	30.0	620	
Concreto neumático	m3	5.880	170.0	1.000	
Concretos	m3	22.500	110.0	2.480	
Acero estructural	ton.	940	1.200.0	1.130	
Acabados	S.G.			760	
2. Equipos					
Mecánicos (a US\$ 20.8/kW)	S.G.			28.730	20.8
Eléctricos (a US\$ 25.5/kW)	S.G.			35.260	25.5
				78.640	54.9
F. POZOS DE CABLES					
Excavación	m3	6.590	144.2	950	0.7
Soportes de acero	ton.	105	1,100.0	120	
Concreto neumático	m3	820	255.0	210	
Concreto conv. de revestimiento	m3	2.240	195.0	440	
Equipos	S.G.			240	
				1.960	
G. TUNEL DE ACCESO					
Portal	S.G.			50	-
Excavación	m3	123.050	48.7	5.990	
Soportes de acero	ton.	2.225	1,100.0	2.450	
Pernos	m.l.	500	14.0	10	
Concreto neumático	m3	3.660	187.0	680	
Concreto conv. de revestimiento	m3	22.580	143.0	3.230	
Concreto ref. de revestimiento	m3	1.330	187.0	250	
Pavimento asfáltico	S.G.			10	
				12.670	
H. TUNEL DE FUGA					
Excavación del túnel	m3	249.440	40.2	10.020	4.9
Soportes de acero	ton.	2.700	1,100.0	2.970	1.7
Pernos	m.l.	12.000	14.0	170	
Concreto neumático	m3	12.430	170.0	2.110	2.5
Concreto de solera	m3	2.320	100.0	230	
Concreto conv. de revestimiento	m3	20.050	130.0	2.610	
Concreto ref. de revestimiento	m3	2.640	170.0	450	
Estructura de entrega	S.G.			150	
				18.710	9.2

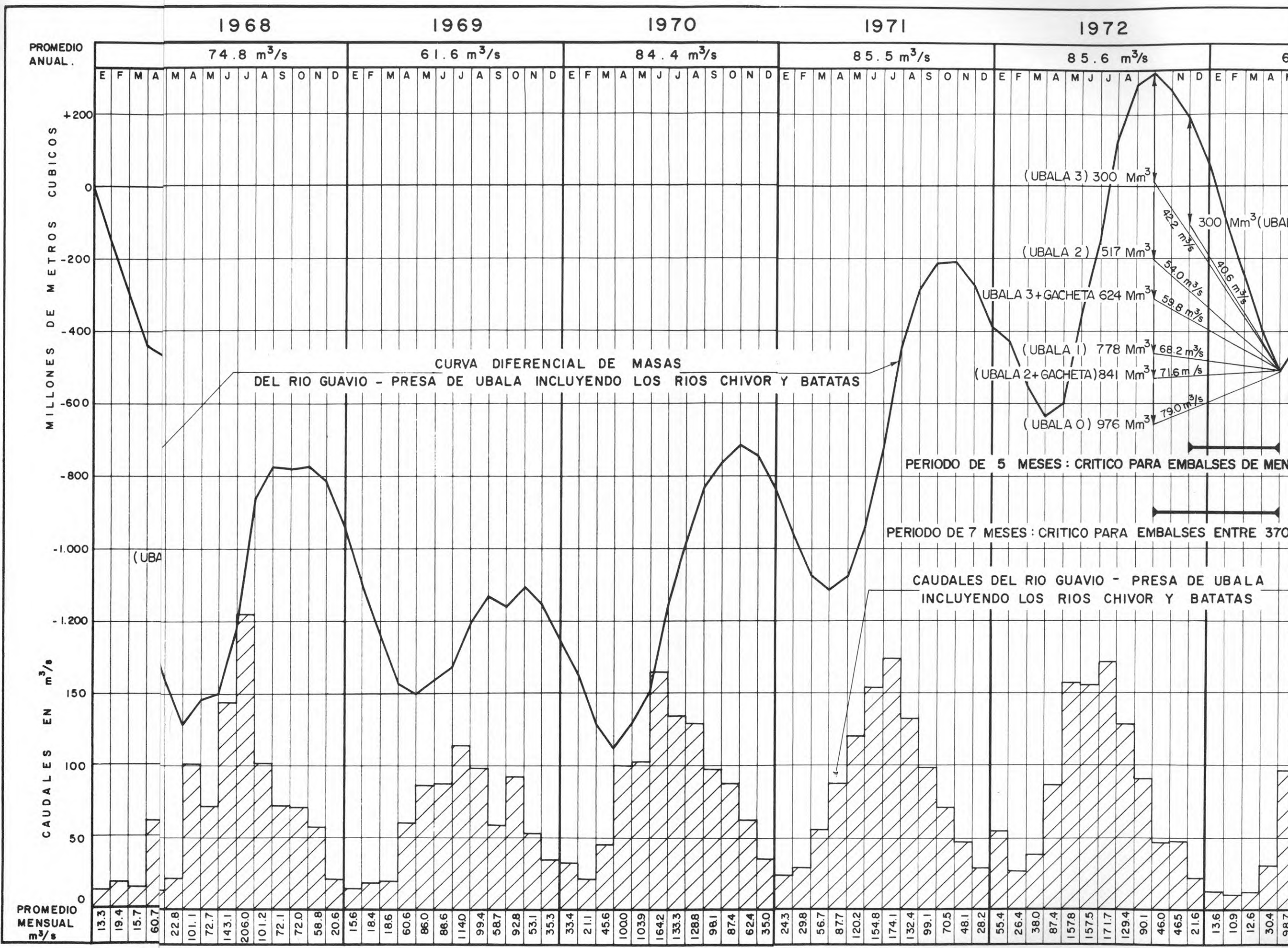
OBRAS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Dólares	COSTO TOTAL Miles de Dólares	COSTO DEL KILOVATIO MARGINAL Dólares
I. PATIO DE CONEXIONES					
Obras civiles	S.G.			780	0.5
Equipos (a US\$ 1.80/kW)	S.G.			2.490	1.8
				<u>3.270</u>	<u>2.3</u>
J. LINEAS DE TRANSMISION (Obras civiles y equipos)					
	km	90.0	124.380	11.190	8.1
K. VIAS DE ACCESO					
Ramal a bocatoma	km	2.0	90.000	180]
Vía Santa María-Mámbita :					
- Carretera	km	25.0	52.980	1.320	
- Puente sobre R. Batá (30 m)	S.G.			60	
- Puente sobre R. Guavio (70 m)	S.G.			190	
Carretera Gachalá-Mámbita	km	27.0	54.420	1.480	
Acceso a la Ventana	km	12.4	56.630	700	
Acceso a la almenara	km	6.7	73.100	490	
Acceso al patio de conexiones	km	1.2	35.560	40	
Acceso al Túnel de Acceso	km	2.0	40.890	80	
Acceso al Túnel de Fuga :					
- Carretera	km	1.3	44.440	60	
- Puente sobre R. Guavio (40 m)	S.G.			80	
				<u>4.680</u>	
L. VARIOS (campamentos, zonas y líneas de transmisión para la construcción)					
	S.G.			800	-
TOTAL A a L				<u>219.490</u>	<u>118.0</u>
M. INGENIERIA E IMPREVISTOS					
				41.700	18.0
				(19%)	(15%)
TOTAL A a M				<u>261.190</u>	<u>136.0</u>
N. INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION AL 9% ANUAL					
				43.590	21.6
TOTAL III				<u>304.780</u>	<u>157.6</u>
IV. APROVECHAMIENTO MAMBITA I (Central superficial)					
Caudal máximo de diseño : 150 m ³ /s					
Instalación : 1.283 MW					
A. TUNEL DE CARGA					
Portales	S.G.			100	0.1
Excavación del túnel	m ³	939.020	40.5	38.020	19.6
Soportes de acero	ton.	1.820	1.100.0	2.000]
Pernos	m.l.	17.400	14.0	240	
Concreto neumático	m ³	13.910	170.0	2.370]
Concreto de solera	m ³	10.820	100.0	1.080	
Concreto conv. de revestimiento	m ³	47.540	130.0	6.180	
Concreto ref. de revestimiento	m ³	7.710	170.0	1.310	
Concreto detrás del blindaje	m ³	8.450	120.0	1.010	
Blindaje de acero	ton.	2.000	1.900.0	3.800	2.5
Ventana de construcción	m.l.	400	1.500.0	600	-
Bocatoma	S.G.			250	0.1
				<u>56.960</u>	<u>28.3</u>

OBRAS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Dólares	COSTO TOTAL Miles de Dólares	COSTO DEL KILOVATIO MARGINAL Dólares
B. POZO DE COMPUERTAS					
Pozo	m.l.	160	4.360.0	700	0.5
Cámara inferior (obras civiles)	S.G.			250	
Equipos	S.G.			350	
				<u>1.300</u>	
C. ALMENARA					
Excavación galerías	m3	12.980	42.6	550	1.2
Excavación pozos	m3	9.250	88.9	820	
Soportes de acero	ton.	300	1.100.0	330	
Pernos	m.l.	2.100	14.0	30	
Concreto neumático	m3	1.610	220.1	350	
Concreto de solera	m3	190	110.0	20	
Varios	S.G.			100	
				<u>2.200</u>	
D. TUBERIA DE CARGA					
1. Obras civiles					
Banca	m.l.	4.000	530.0	2.120	0.8
Anclajes y silletas :					3.4
- Excavación	m3	36.000	3.5	130	
- Concretos	m3	45.740	110.0	5.030	
Bifurcación y casa de válvulas	S.G.			270	0.1
Obras en los distribuidores	S.G.			1.650	1.1
2. Equipos					
Válvulas	Un.	2	980.000	1.960	1.2
Tuberías	ton.	33.120	1.802.0	59.680	39.4
Distribuidores	ton.	1.340	2.300.0	3.080	1.8
				<u>73.920</u>	<u>47.8</u>
E. CASA DE MAQUINAS					
1. Obras civiles					
Excavaciones	m3	250.000	3.0	750	5.0
Rellenos	m3	60.000	4.0	240	
Concretos	m3	47.800	100.0	4.780	
Acero estructural	ton.	1.200	1.200.0	1.440	
Cubierta, muros y acabados	S.G.			800	
2. Equipos					
Mecánicos (a US\$ 21.0/kW)	S.G.			26.940	21.0
Eléctricos (a US\$ 25.7/kW)	S.G.			32.970	25.7
				<u>67.920</u>	<u>51.7</u>
F. PATIO DE CONEXIONES					
Obras civiles	S.C.			490	0.3
Equipos (a US\$ 1.80/kW)	S.G.			2.310	1.8
				<u>2.800</u>	<u>2.1</u>
G. LINEAS DE TRANSMISION (Obras civiles y equipos)					
	km	95.0	115.470	10.970	8.5

OBRAS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Dólares	COSTO TOTAL Miles de Dólares	COSTO DEL KILOVATIO MARGINAL Dólares
H. VIAS DE ACCESO					
Ramal a bocatoma	km	2.0	90.000	180	
Vía Santa María-Mámbita :					
- Carretera	km	25.0	52.980	1.320	
- Puente sobre R. Batá (30 m)	S.G.			60	
- Puente sobre R. Guavio (70 m)	S.G.			190	-
Carretera Gachalá-Mámbita	km	27.0	54.420	1.480	
Acceso a la ventana	km	11.3	53.490	600	
Acceso a la almenara	km	7.2	73.210	530	
Acceso a la casa de máquinas	km	0.2	44.440	10	
				<u>4.370</u>	
I. VARIOS (campamentos, zonas y líneas de transmisión para la construcción)					
	S.G.			800	-
<u>TOTAL A a I</u>				<u>221.240</u>	<u>140.1</u>
J. INGENIERIA E IMPREVISTOS					
				35.400 (16%)	17.9 (13%)
<u>TOTAL A a J</u>				<u>256.640</u>	<u>158.0</u>
K. INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION AL 9% ANUAL					
				37.100	21.8
<u>TOTAL IV</u>				<u>293.740</u>	<u>179.8</u>

GRAFICOS

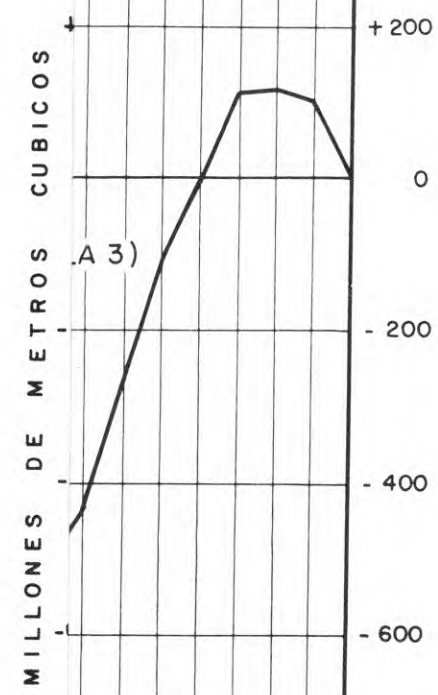




1973

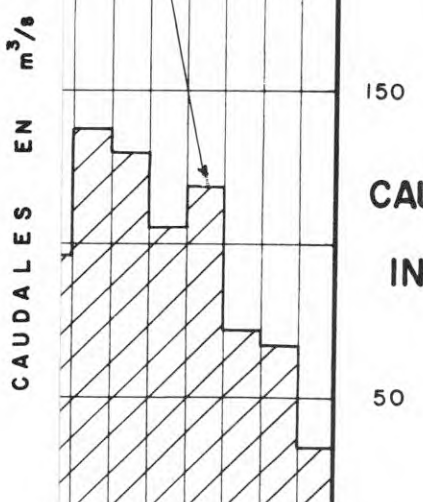
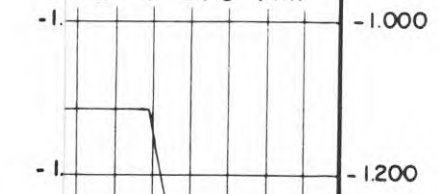
PROMED ANUAL 9.4 m³/s

J J A S O N D



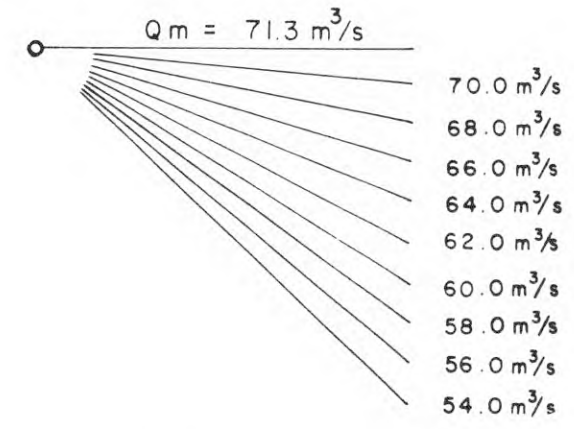
OS DE 370 Mm³

Mm³ Y 670 Mm³



PROMED MENSUA m³/s

137.9 130.9 106.9 118.5 71.1 66.9 33.8

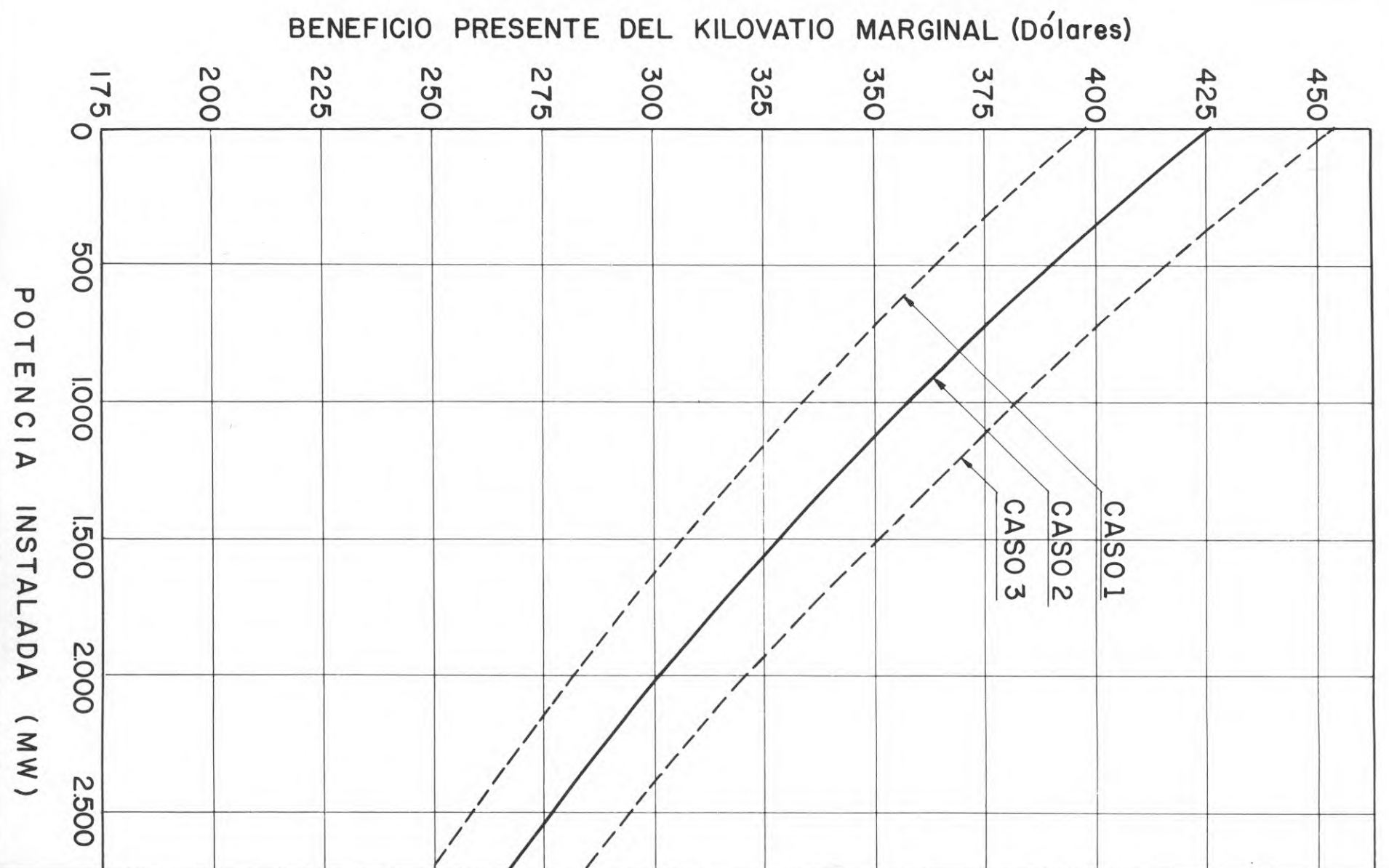
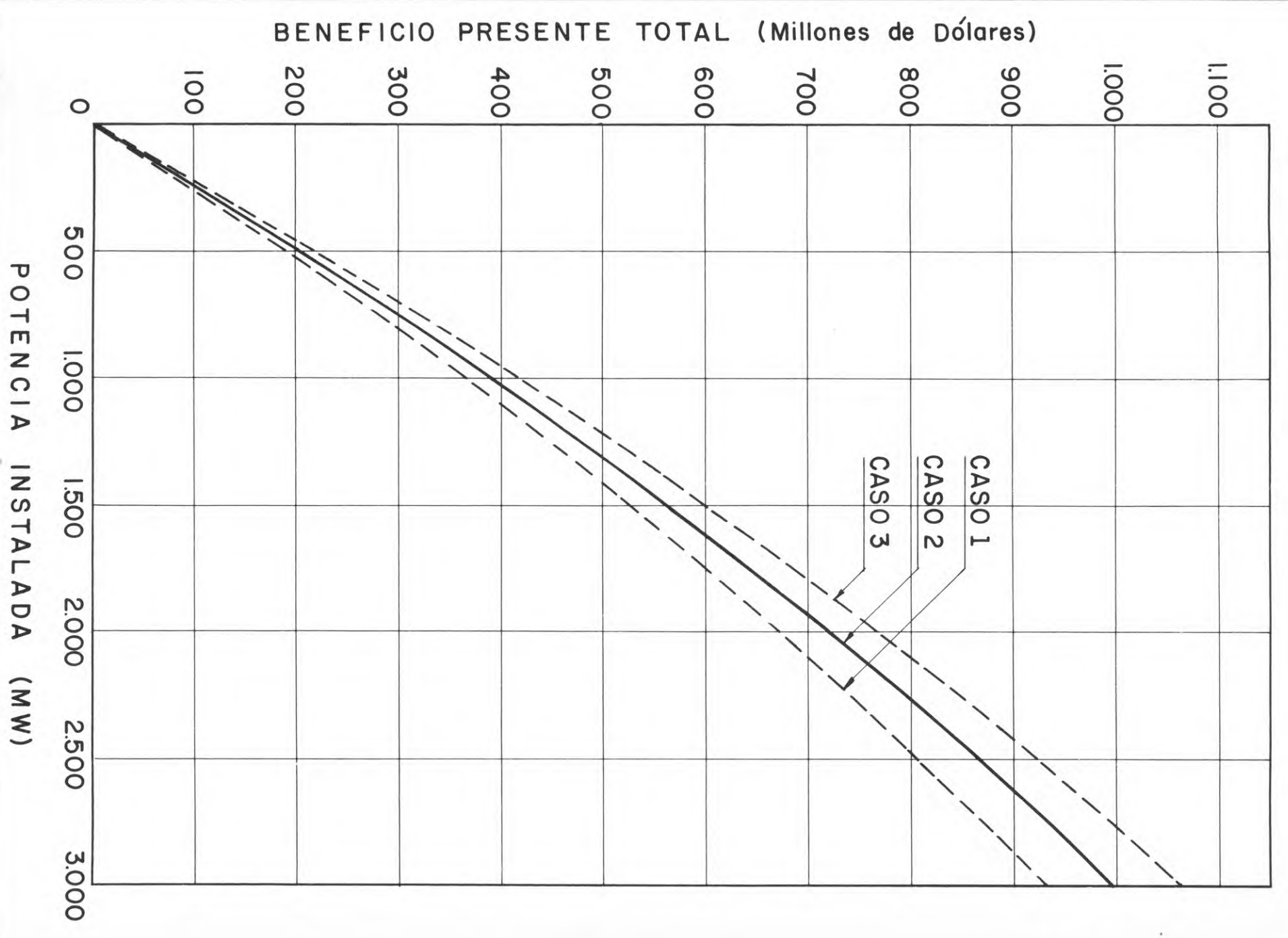


ESCALA GRAFICA

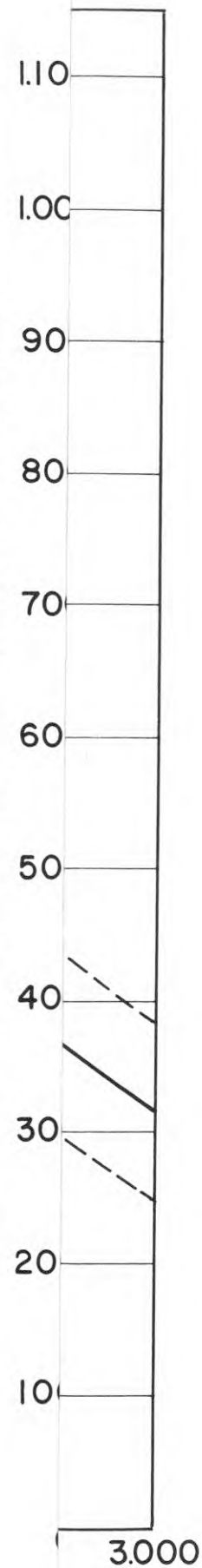
EMBALSE	CAPACIDAD UTIL.(Mm ³)	COTA (m.s.m)
UBALA 0	9 7 6	1.630
UBALA 1	7 7 8	1.615
UBALA 2	5 1 7	1.590
UBALA 3	3 0 0	1.562
GACHETA	3 2 4	1.722

CAUDALES DEL RIO GUAUVIO - PRESA DE UBALA INCLUYENDO LOS RIOS CHIVOR Y BATATAS

CURVA DIFERENCIAL DE MASAS HIDROGRAMA DE CAUDALES



BENEFICIO PRESENTE TOTAL (Millones de Dólares)

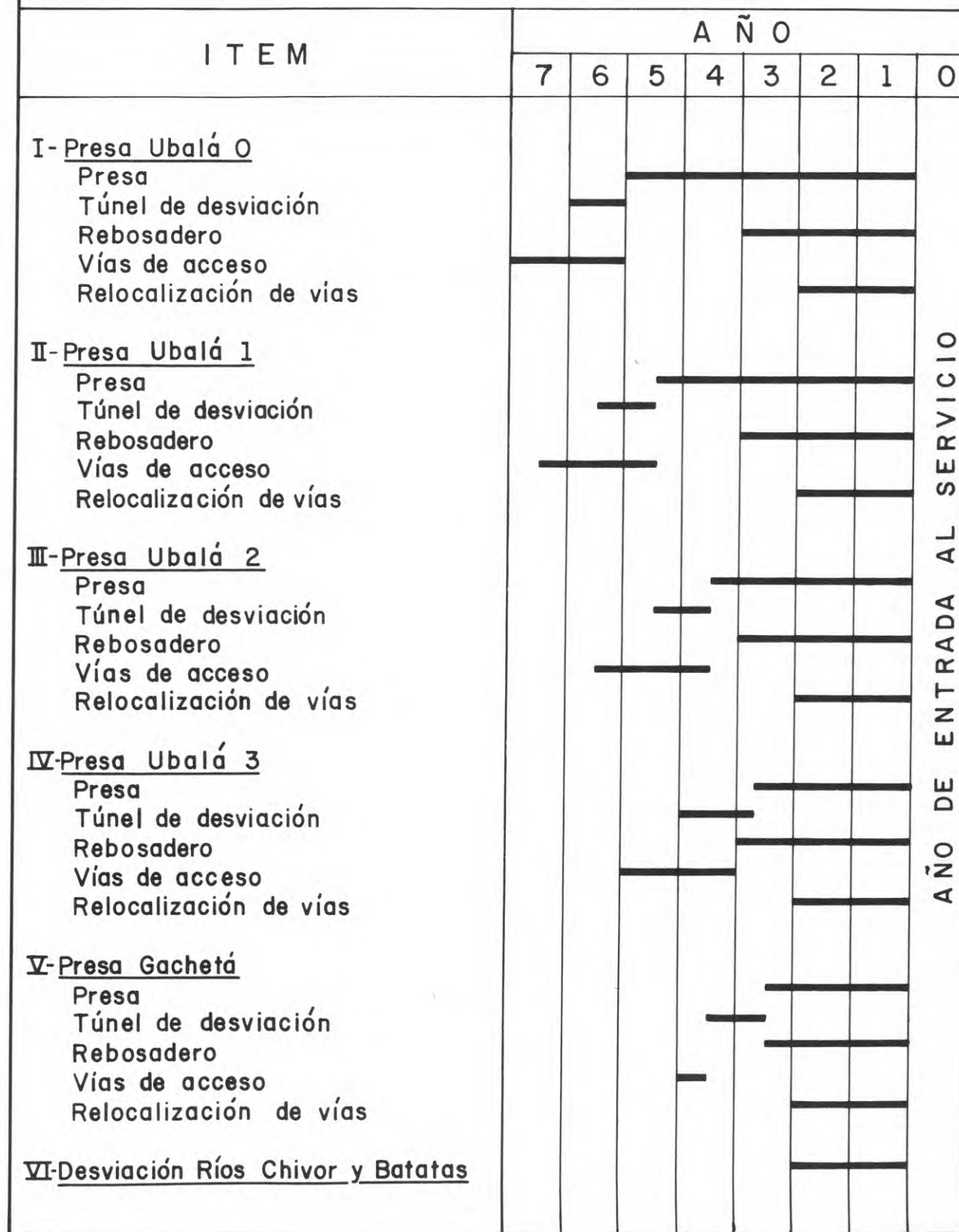


NOTAS

- a. Los beneficios que se indican son para proyectos con factor de capacidad de 0.48 respecto a la generación primaria.
- b. Los beneficios se evaluaron suponiendo que el proyecto futuro típico tiene una instalación de 1.500 MW y que sus costos unitarios son:
 - CASO 1 : U.S. \$ 350/kW
 - CASO 2 : U.S. \$ 375/kW
 - CASO 3 : U.S. \$ 400/kW
- c. Se considera una tasa de descuento del 9% anual, un crecimiento anual de los requisitos de potencia de 500 MW, y de la demanda de generación de 240 MW (0.48 x 500).

BENEFICIOS DE
PROYECTOS DE GENERACION

PROYECTO DEL RIO GUAVIO
PERIODOS DE CONSTRUCCION



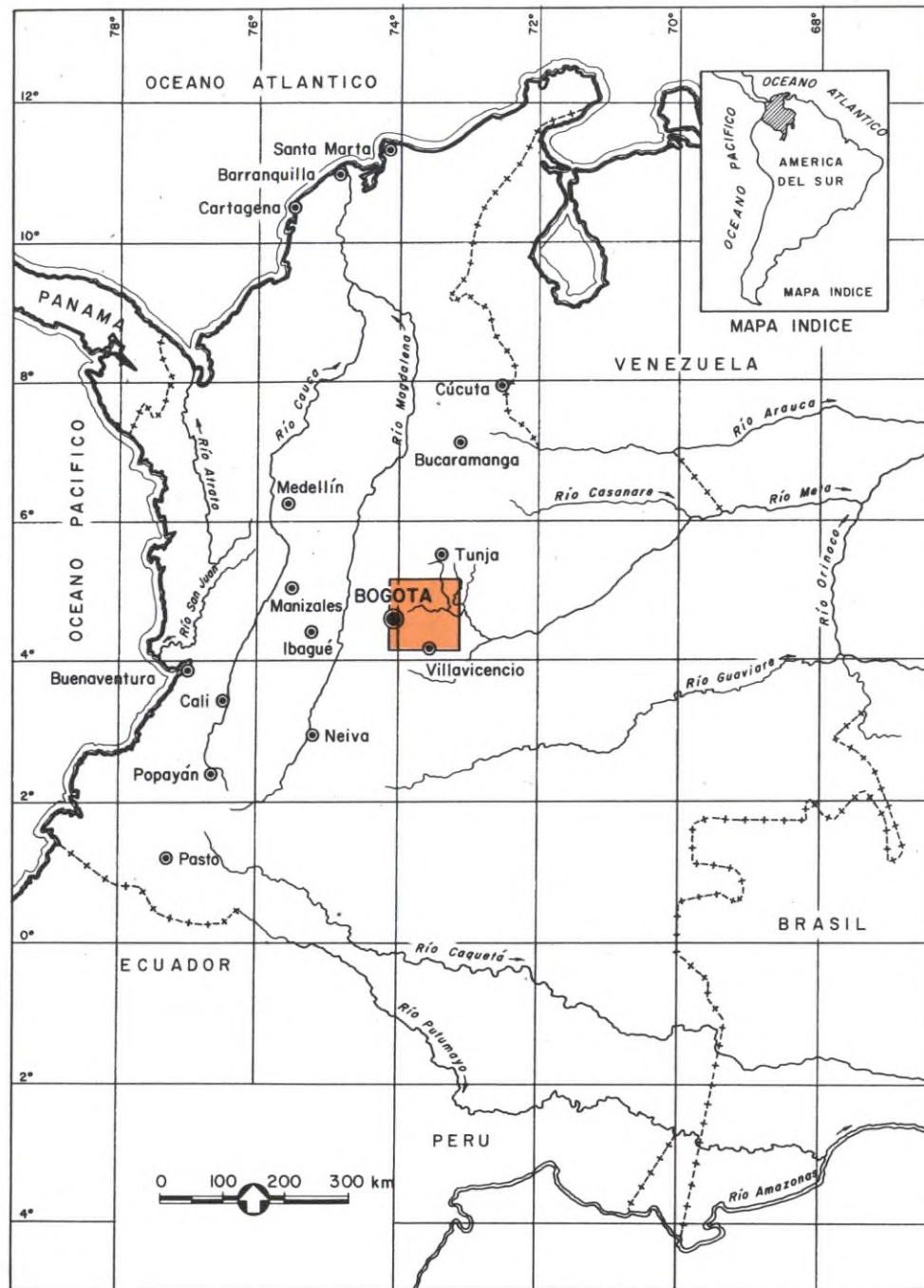
AÑO DE ENTRADA AL SERVICIO

I T E M	A Ñ O							
	7	6	5	4	3	2	1	0
<u>VII-Aprovechamiento Mámbita I</u>								
Túnel de carga				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Pozo de compuertas				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Almenara					██████████	██████████	██████████	██████████
Tubería de carga				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Casa de máquinas				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Patio de conexiones						██████████	██████████	██████████
Líneas de transmisión						██████████	██████████	██████████
Vías de acceso								
<u>VIII-Aprovechamiento Mámbita II</u>								
Túnel de carga				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Pozo de compuertas				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Almenara					██████████	██████████	██████████	██████████
Pozos de carga				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Caverna de máquinas				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Pozos de cables						██████████	██████████	██████████
Túnel de acceso			██████████					
Túnel de fuga				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Patio de conexiones						██████████	██████████	██████████
Líneas de transmisión						██████████	██████████	██████████
Vías de acceso								
<u>IX-Aprovechamiento Chivor III</u>								
Túnel de carga superior				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Bocatomas					██████████	██████████	██████████	██████████
Almenara					██████████	██████████	██████████	██████████
Pozos de carga						██████████	██████████	██████████
Túneles de carga inferiores				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Casa de máquinas				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Patio de conexiones						██████████	██████████	██████████
Lineas de transmisión						██████████	██████████	██████████
Vías de acceso				██████████				
<u>X- Desviación Guavio-Chivor</u>								
Estructura de desviación						██████████	██████████	██████████
Túnel Guavio - Chivor				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Captación Ríos Negro y Rucio						██████████	██████████	██████████
Vías de acceso			██████████					
<u>XI-Planta de Ubalá</u>								
				██████████	██████████	██████████	██████████	██████████

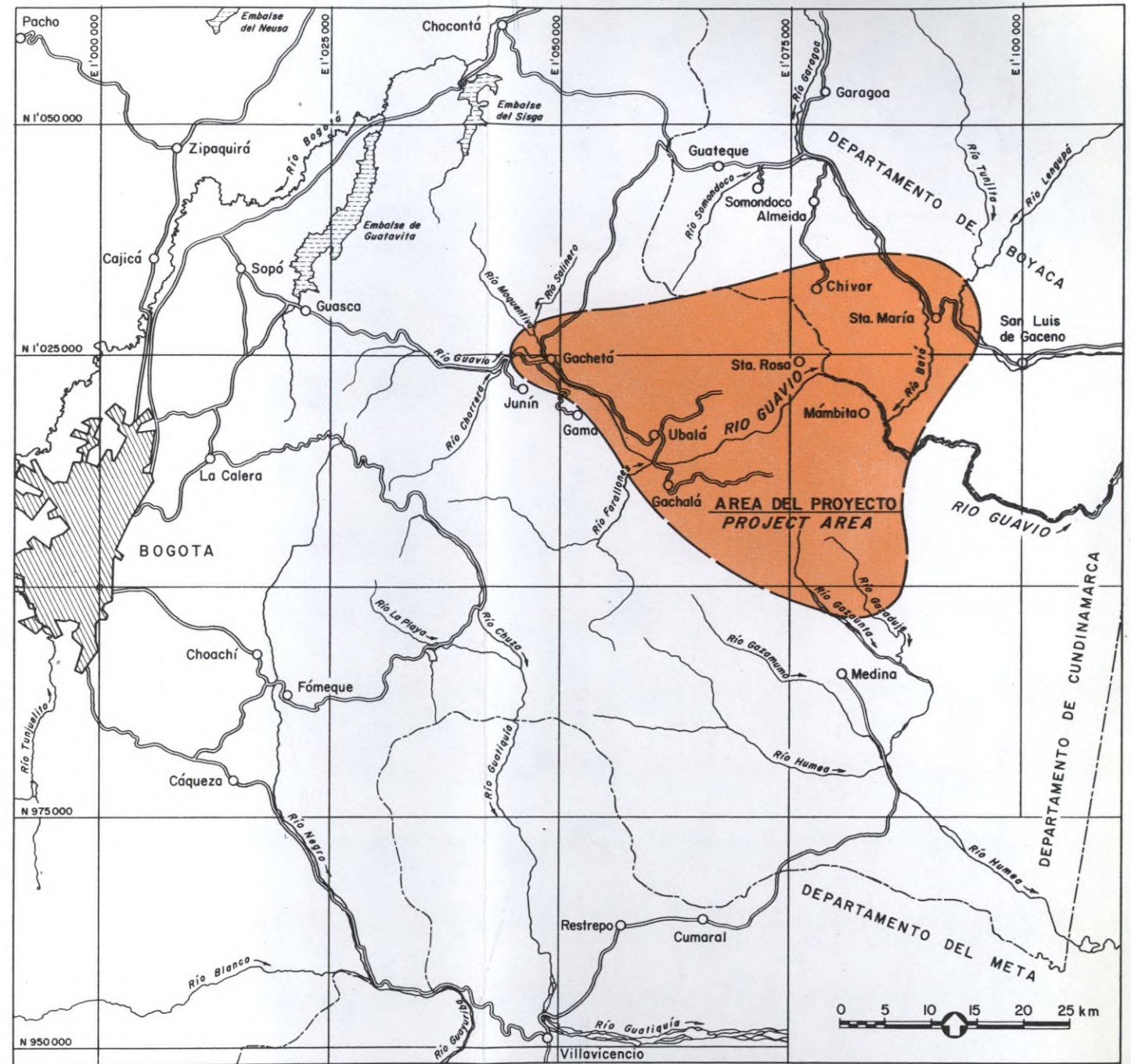
AÑO DE ENTRADA AL SERVICIO



FIGURAS

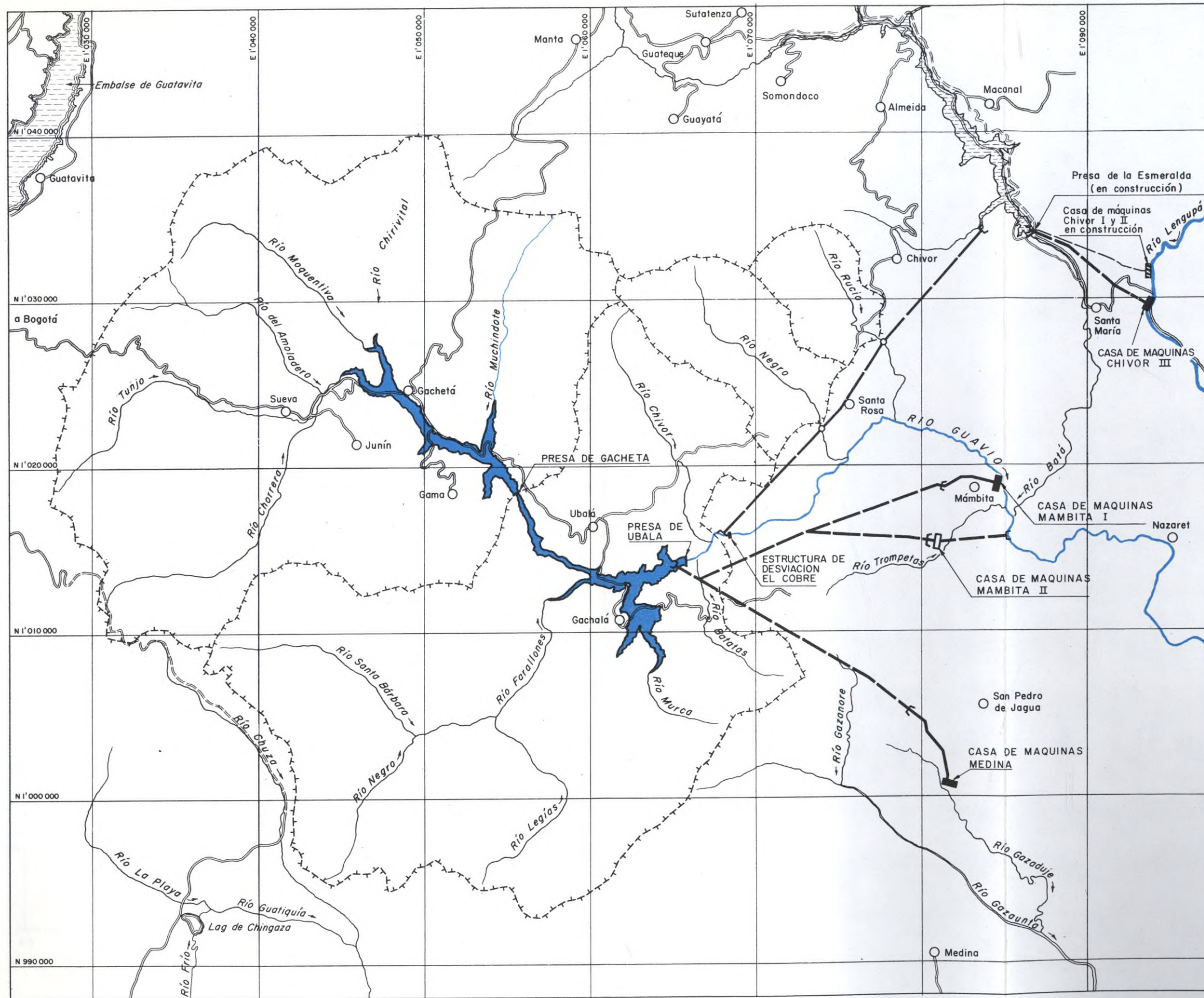


MAPA GENERAL
GENERAL LOCATION

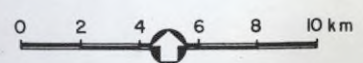


MAPA DE LA REGION DEL PROYECTO
VICINITY MAP

PROYECTO DEL RIO GUAVIO
LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO
GENERAL PROJECT LOCATION



CONVENCIONES	LEGEND
Túnel del proyecto	Project tunnel
Tubería de carga	Penstock
Casa de máquinas superficial	Surface powerplant
Casa de máquinas subterránea	Underground powerplant
Presa	Dam
Límite de hoya hidrográfica	River basin boundary
Carretera existente	Existing road
Carretera en construcción	Road under construction
Embalse existente o en construcción	Existing reservoir or under construction
Embalse del proyecto	Project reservoir

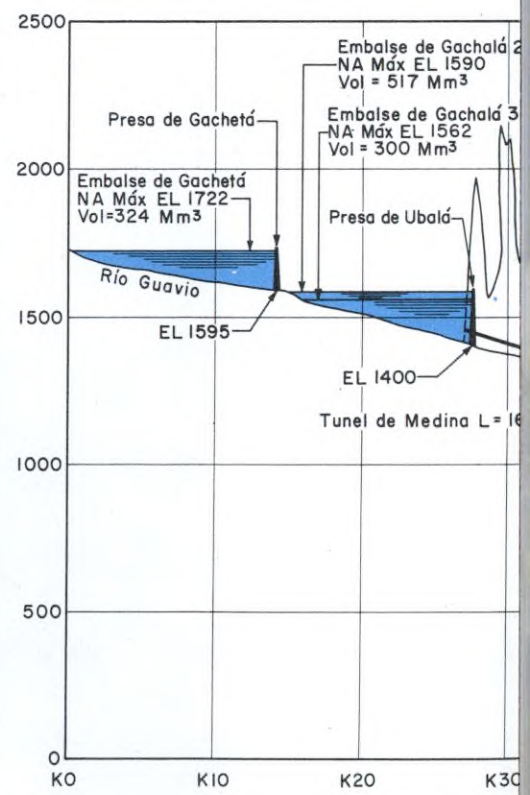
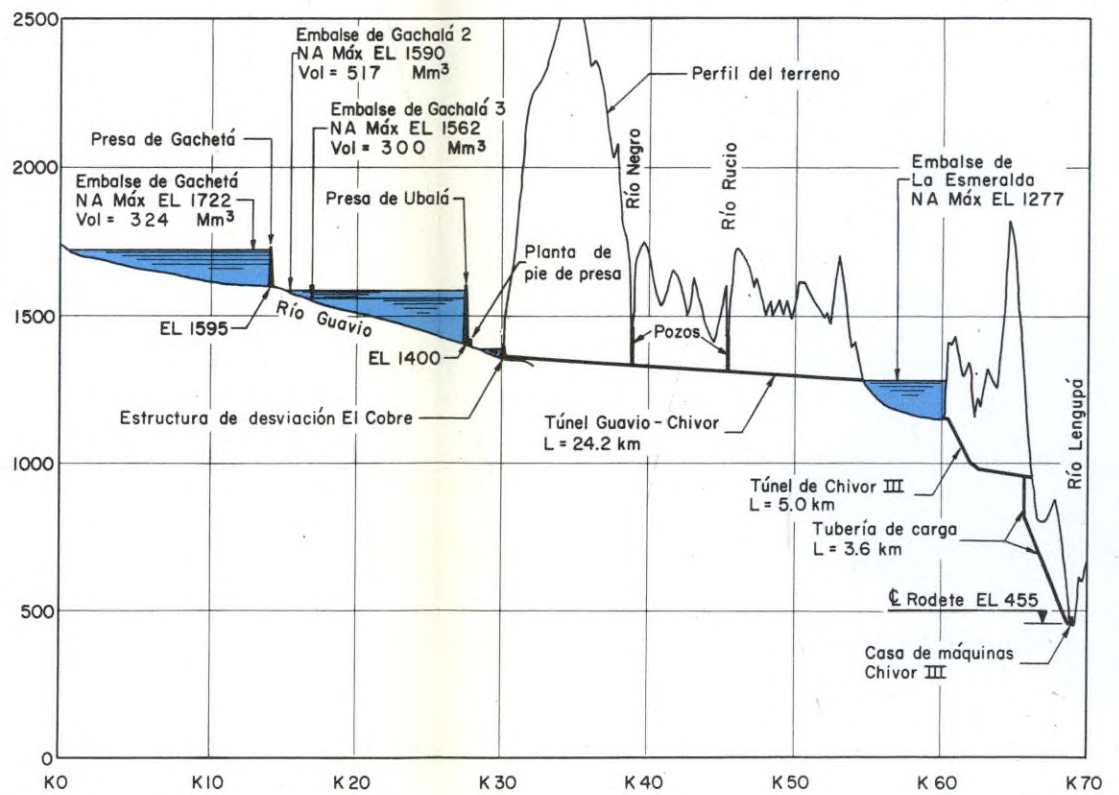
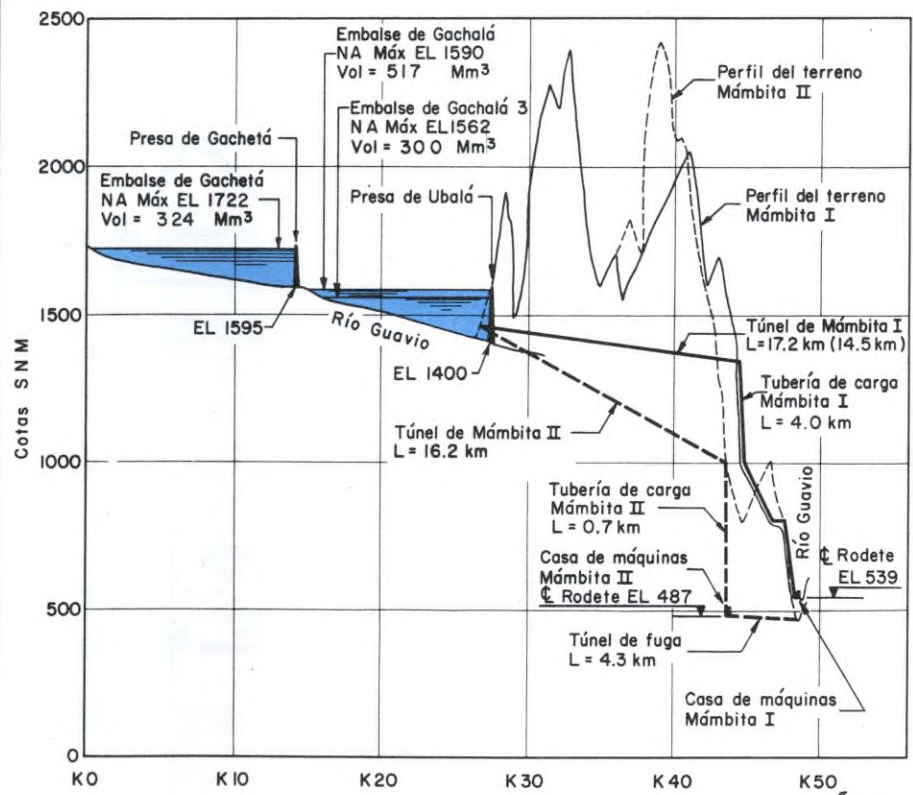
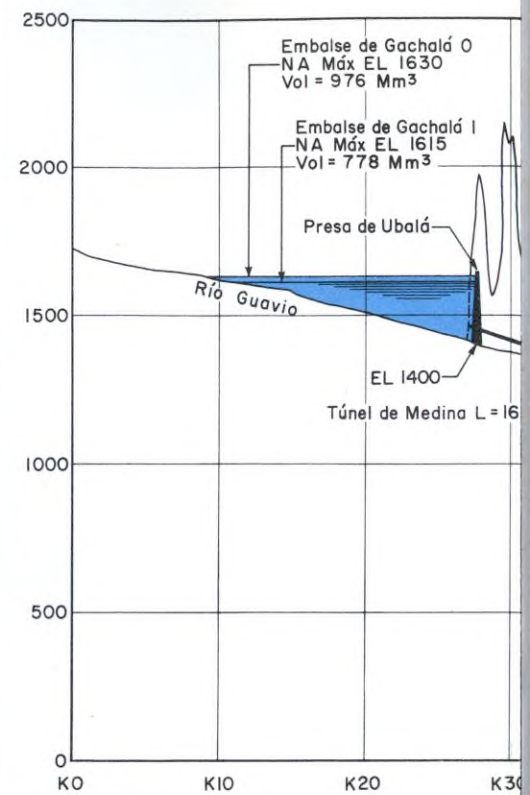
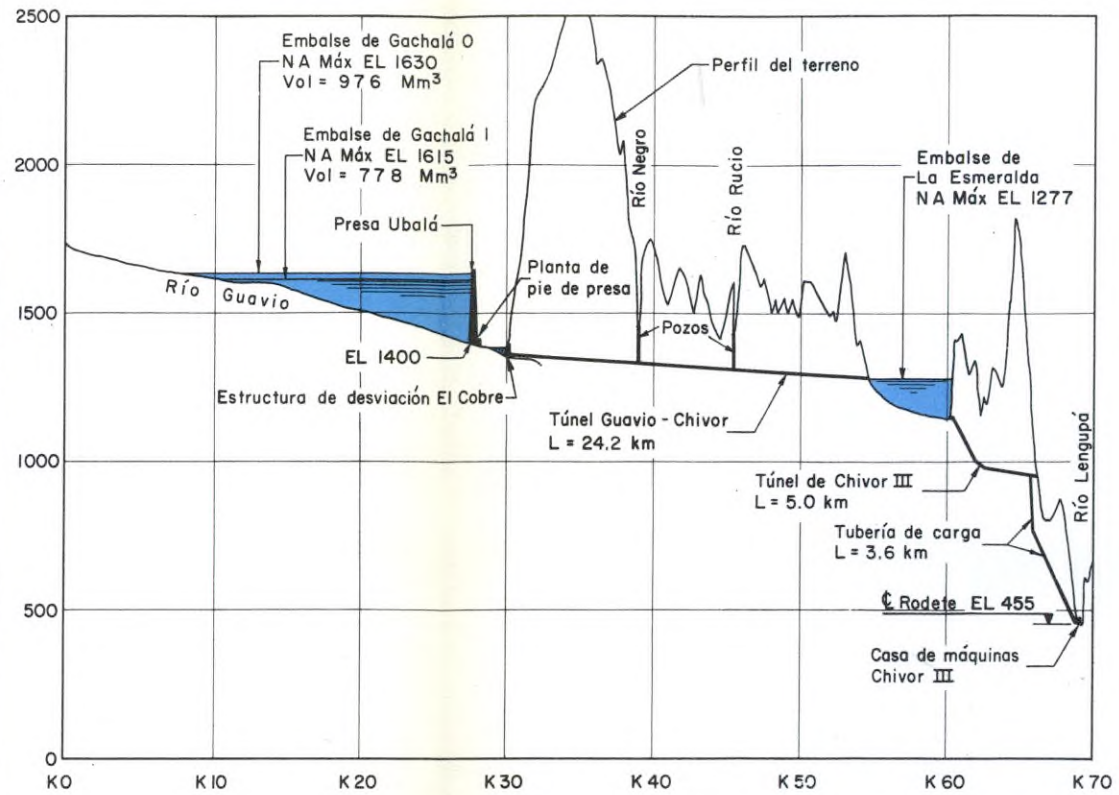
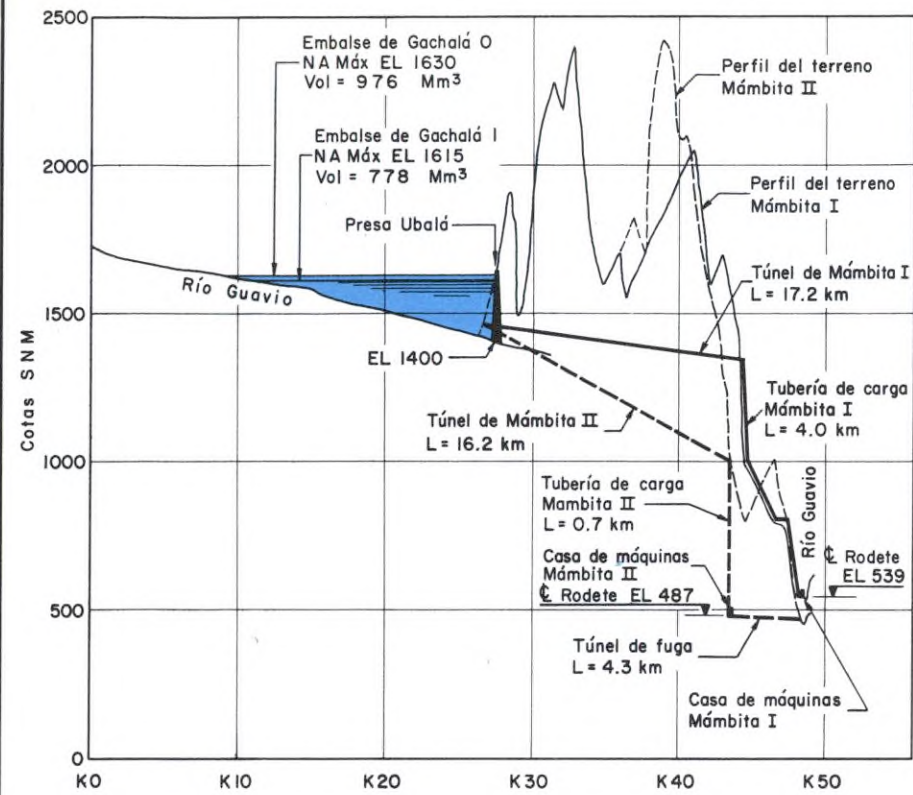


PROYECTO DEL RIO GUAVIO

PLANTA GENERAL
ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO

GENERAL PLAN
DEVELOPMENT ALTERNATIVES

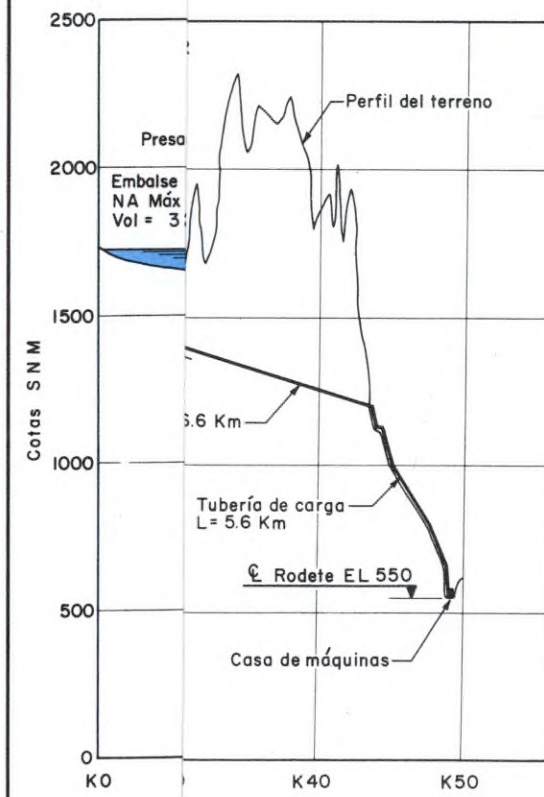
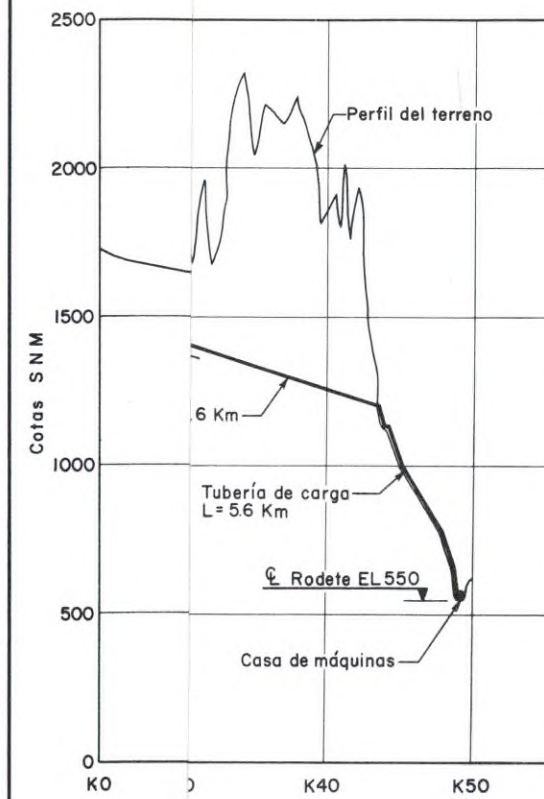
FIGURA 2



ALTERNATIVAS MAMBITA I Y MAMBITA II

ALTERNATIVAS DE CHIVOR III

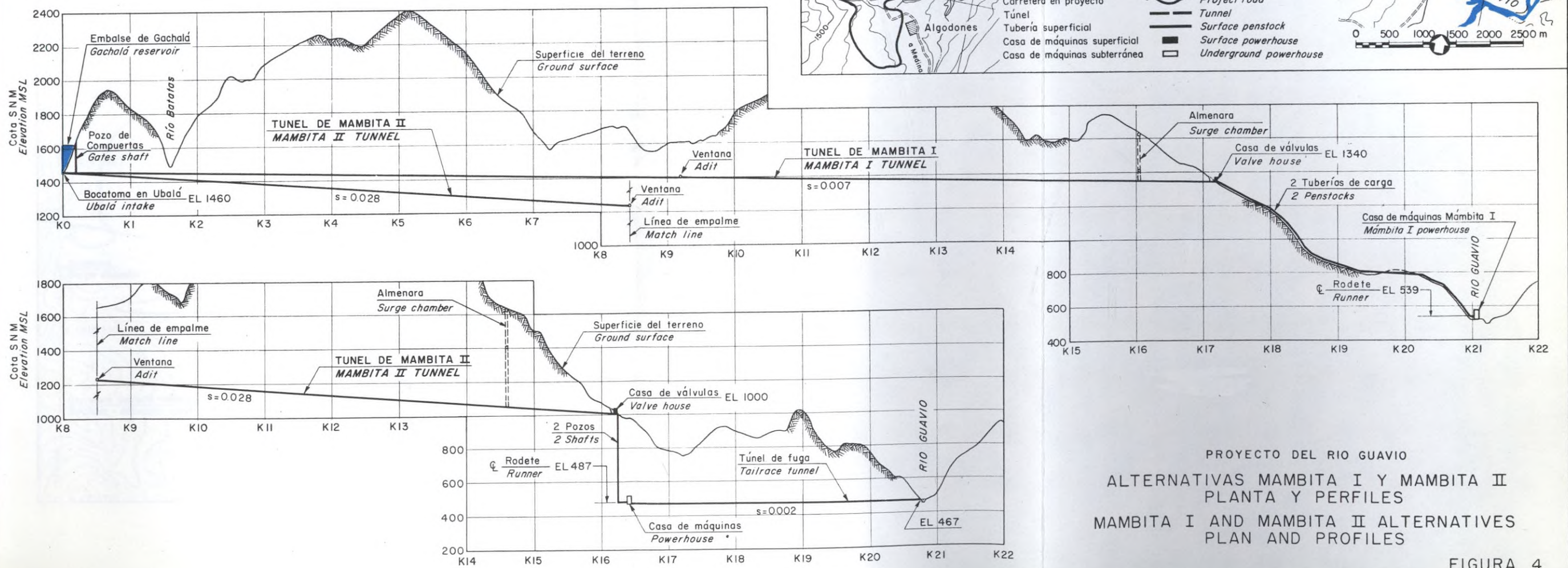
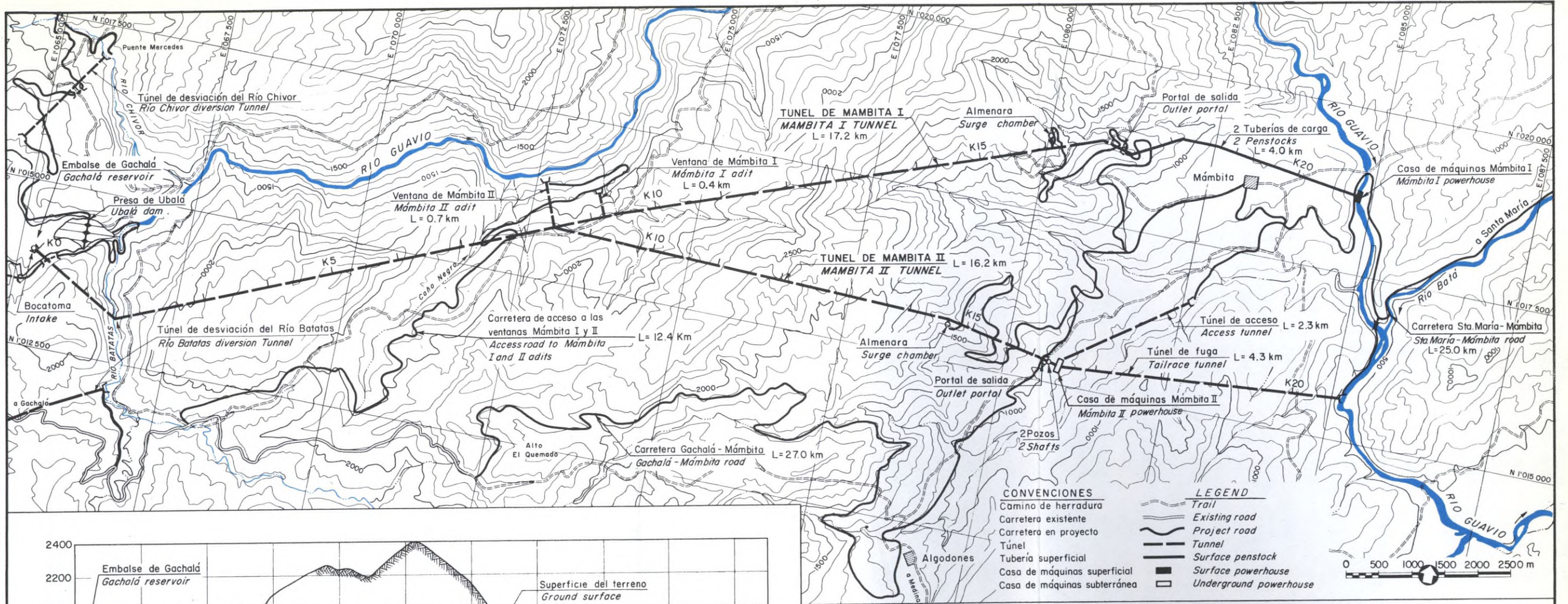
ALTERNATIVAS

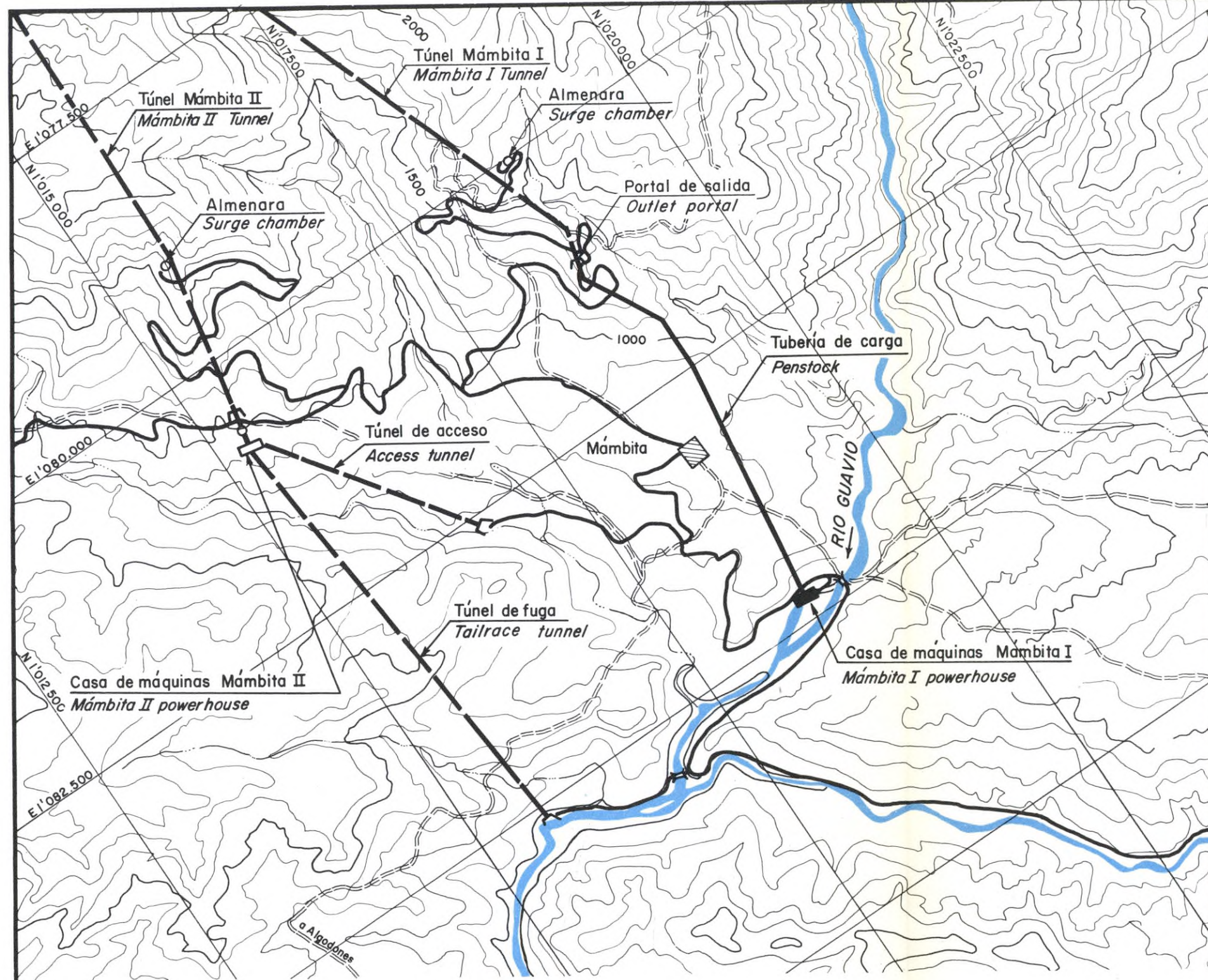


ADE MEDINA

PROYECTO DEL RIO GUAVIO
 ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO
 PERFILES
 DEVELOPMENT ALTERNATIVES
 PROFILES

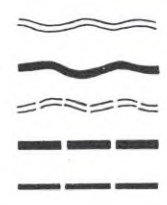
FIGURA 3





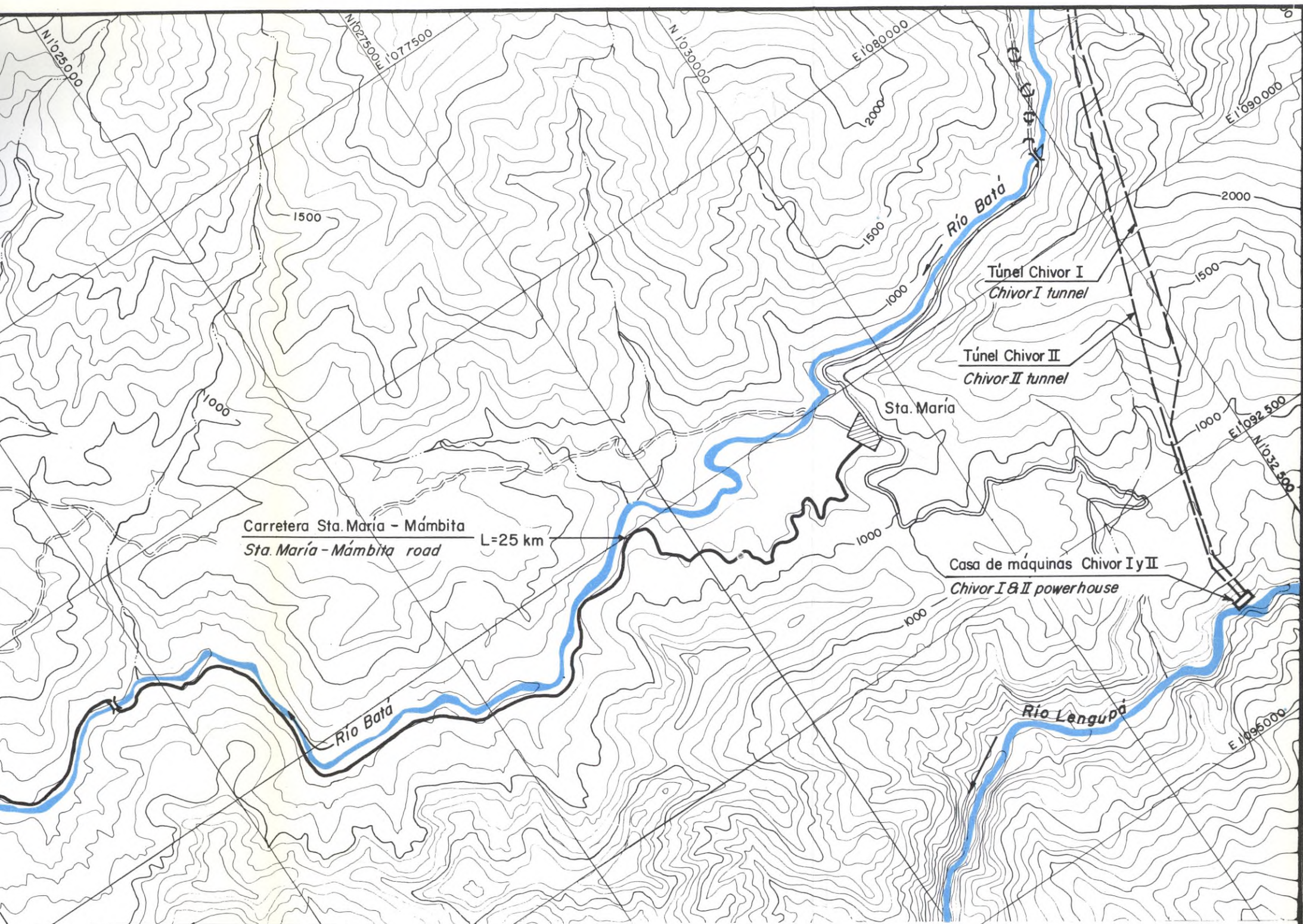
CONVENCIONES

- Carretera existente
- Carretera del proyecto
- Camino de herradura
- Túnel del proyecto
- Túnel en construcción



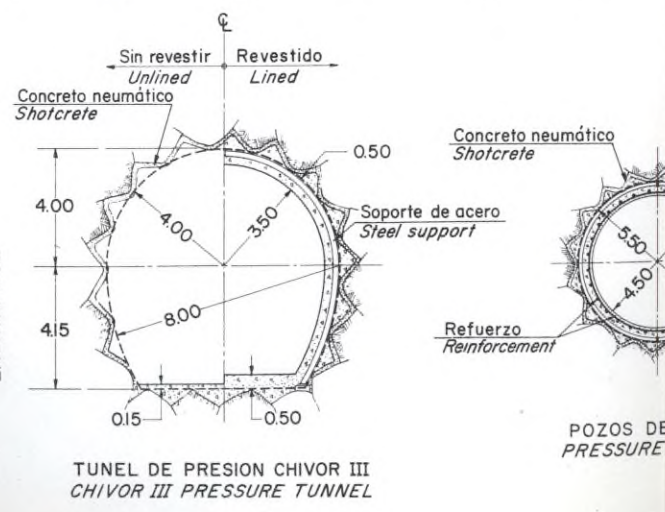
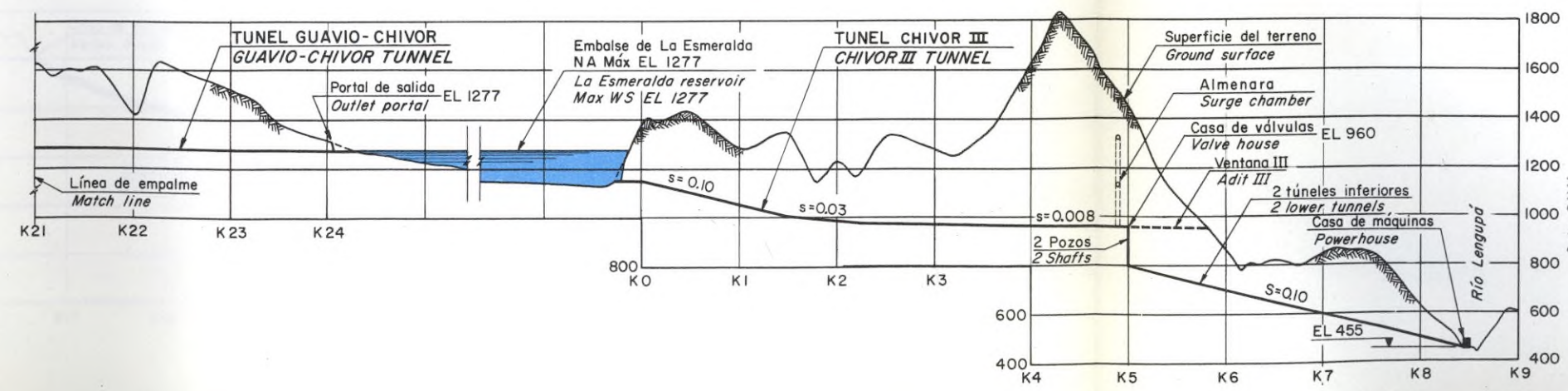
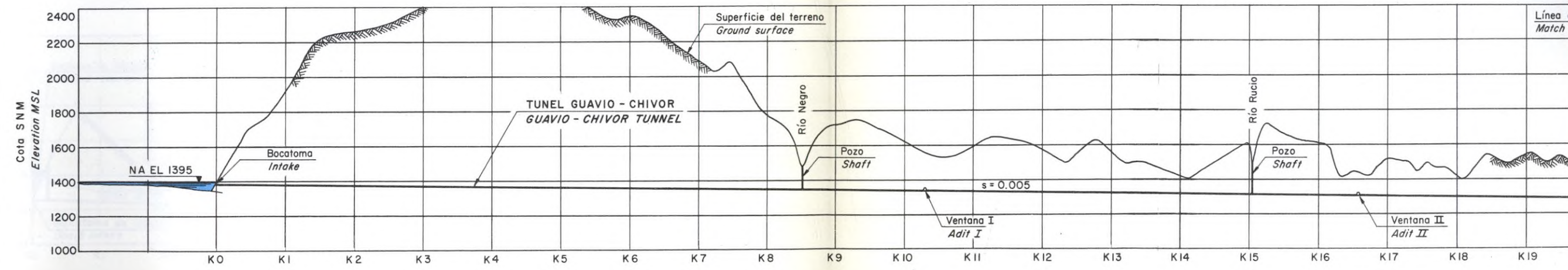
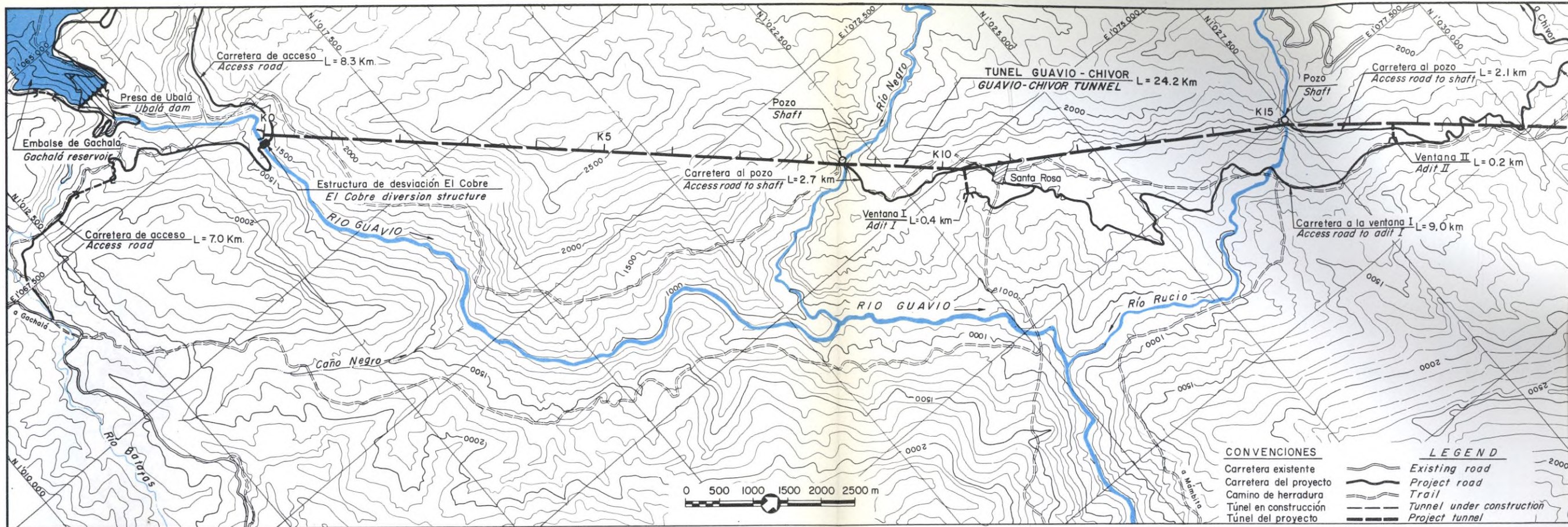
LEGEND

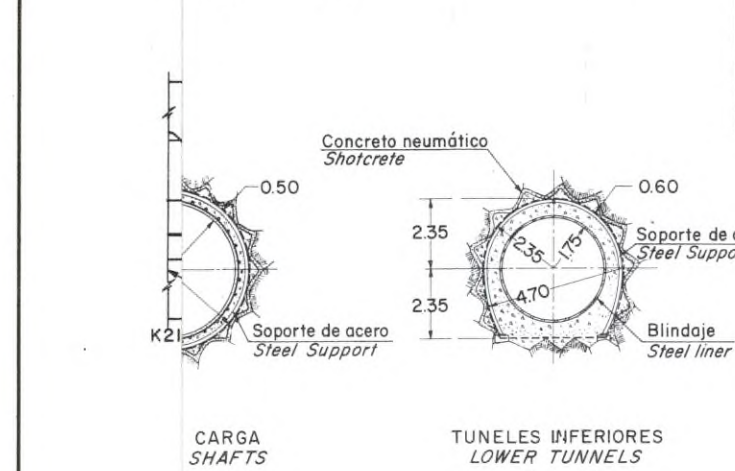
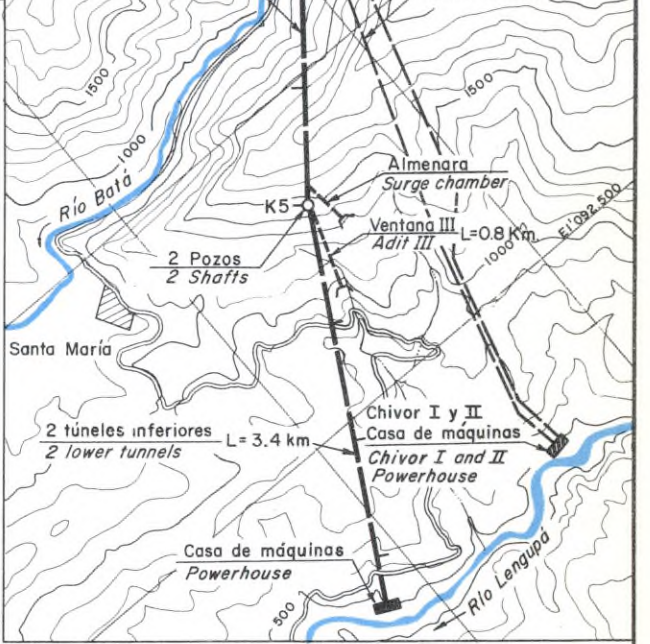
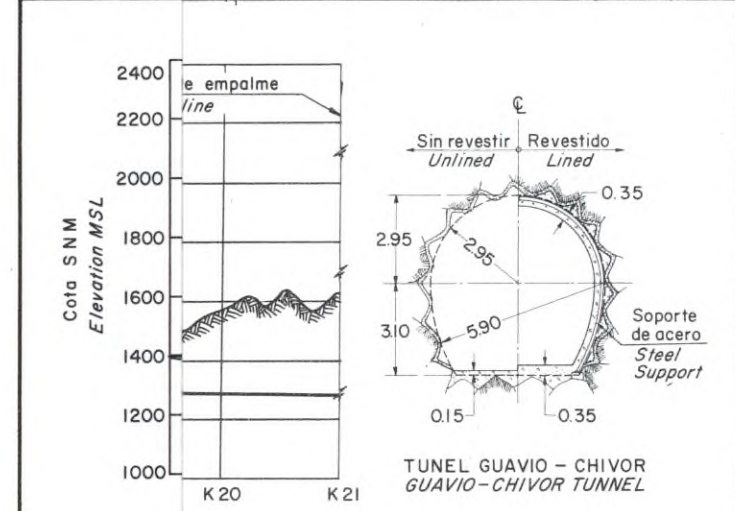
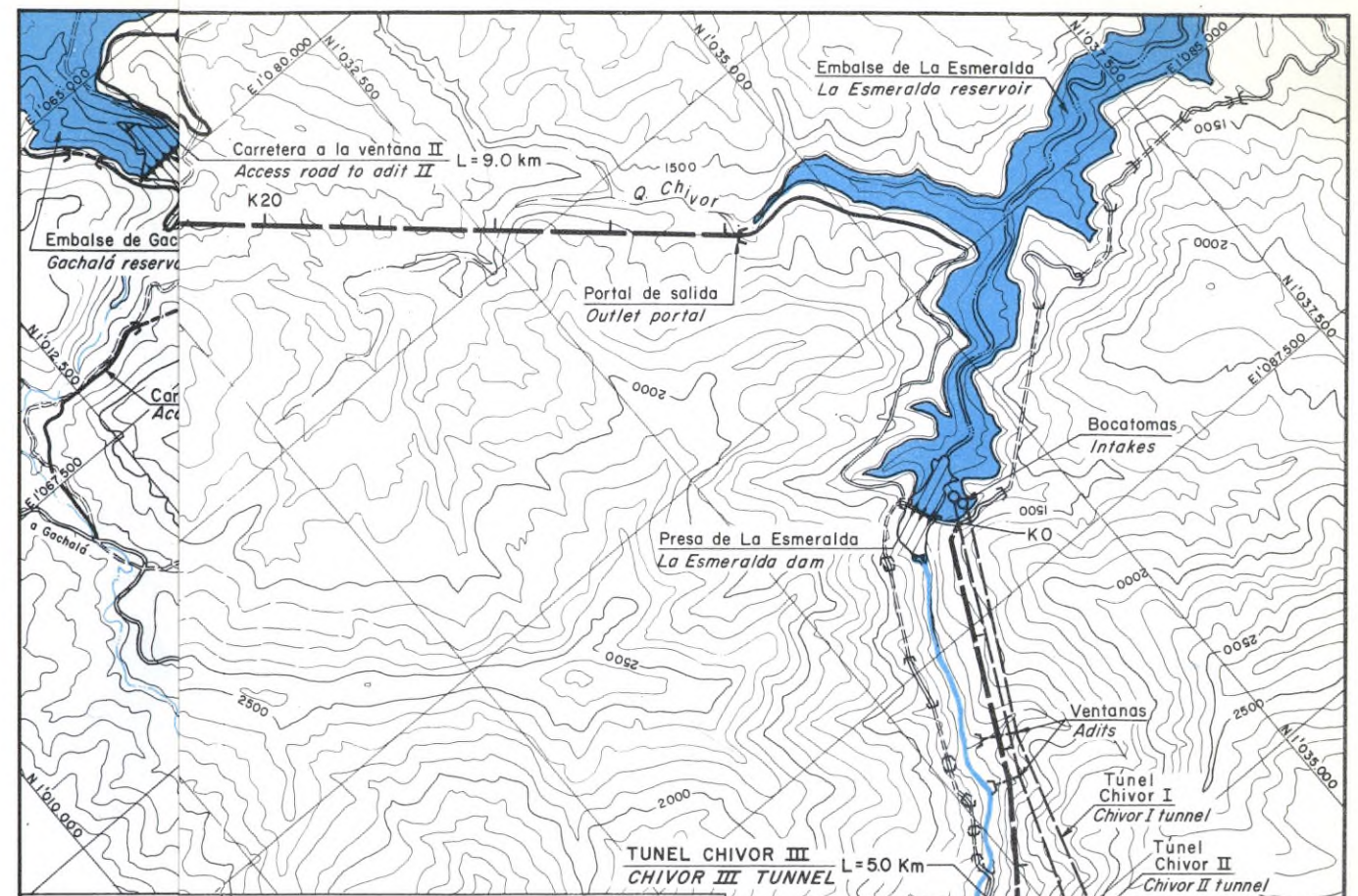
- Existing road
- Project road
- Trail
- Project tunnel
- Tunnel under construction



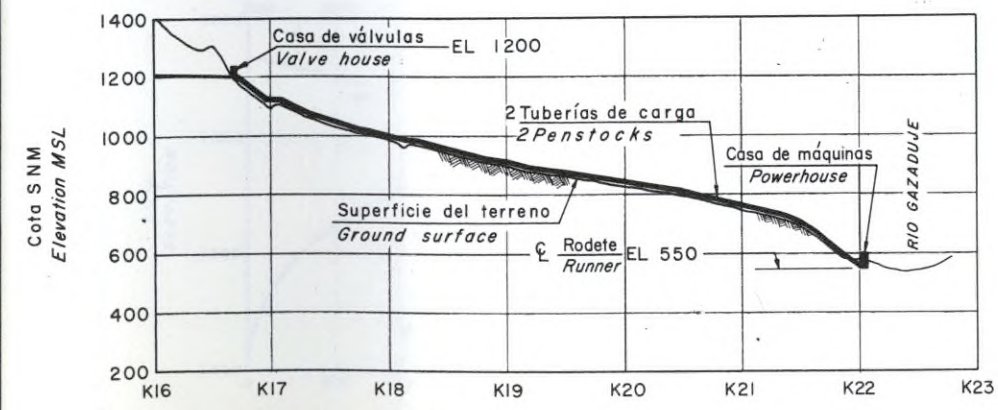
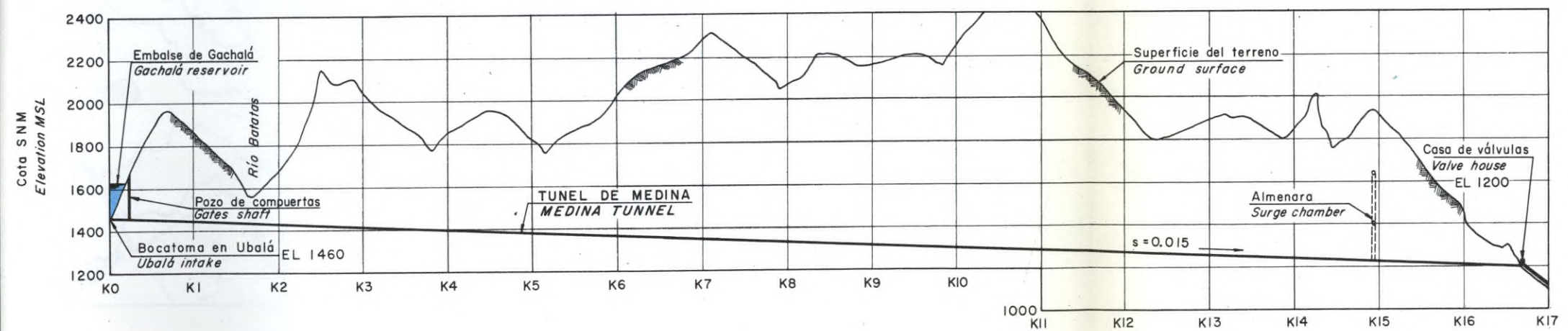
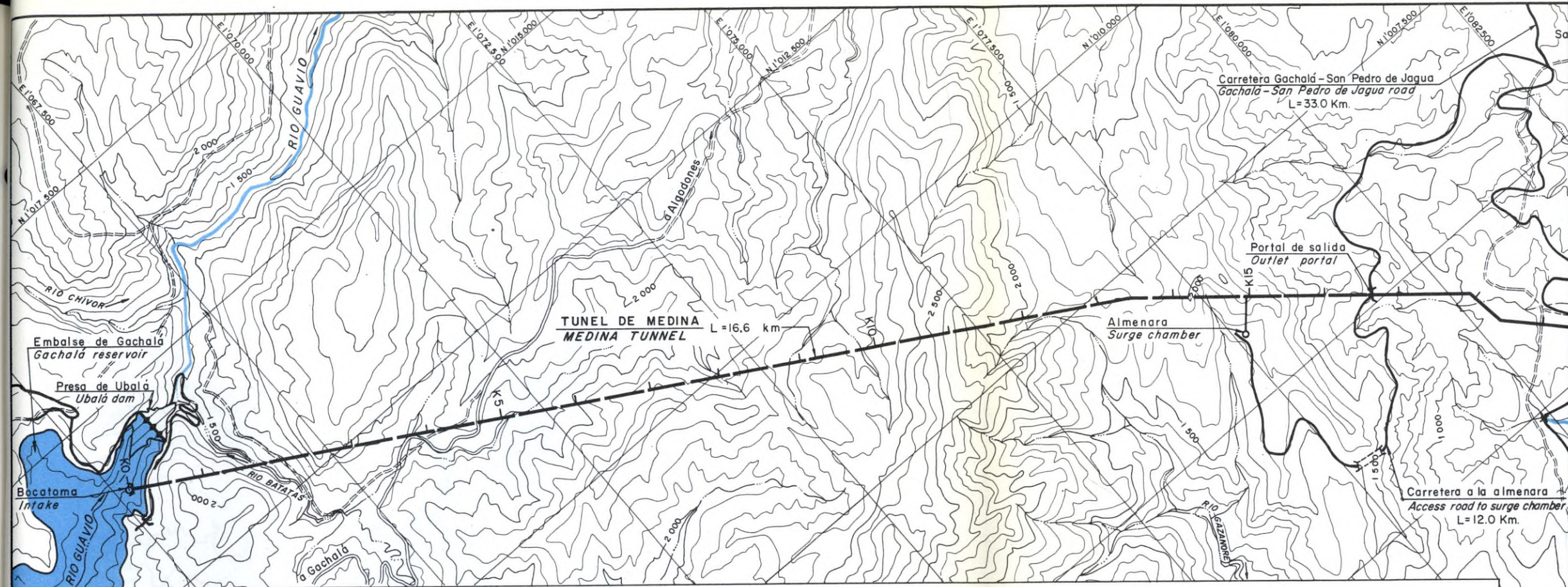
PROYECTO DEL RIO GUAVIO
 CARRETERA DE ACCESO
 SANTA MARIA - MAMBITA
 SANTA MARIA - MAMBITA
 ACCESS ROAD



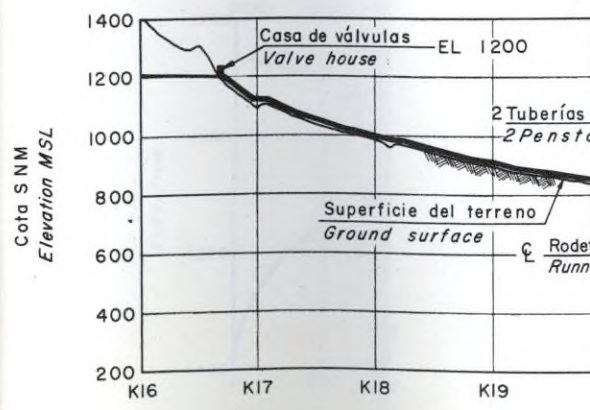
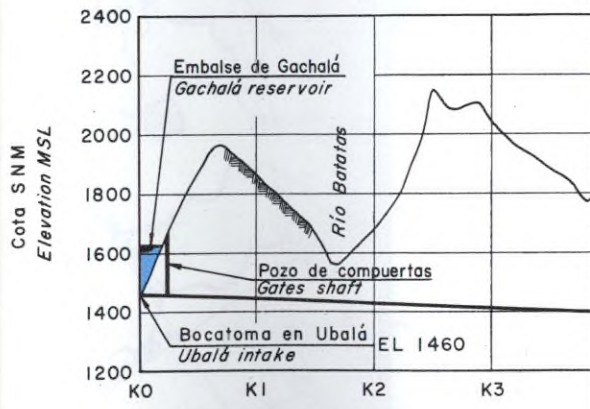
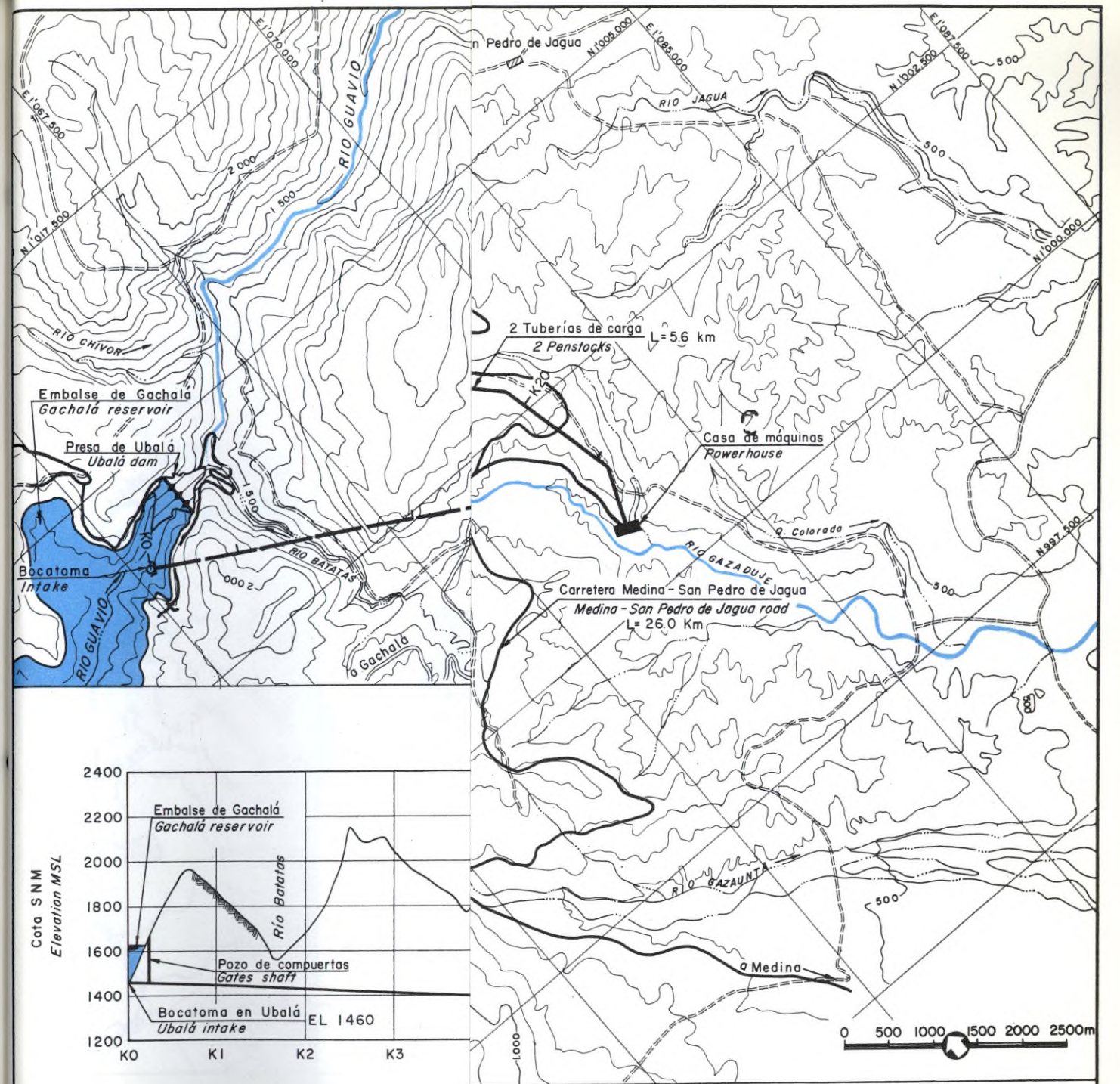




PROYECTO DEL RIO GUAVIO
ALTERNATIVA CHIVOR III
PLANTA Y PERFIL
CHIVOR III ALTERNATIVE
PLAN AND PROFILE

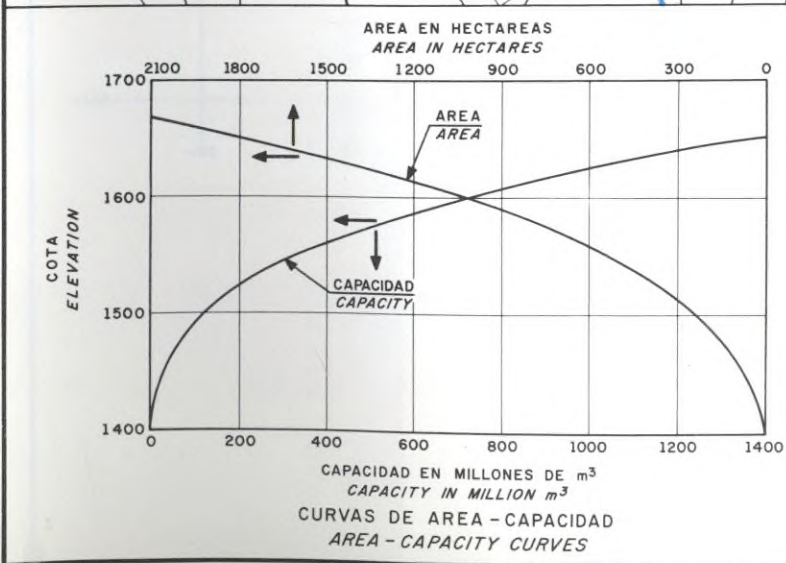
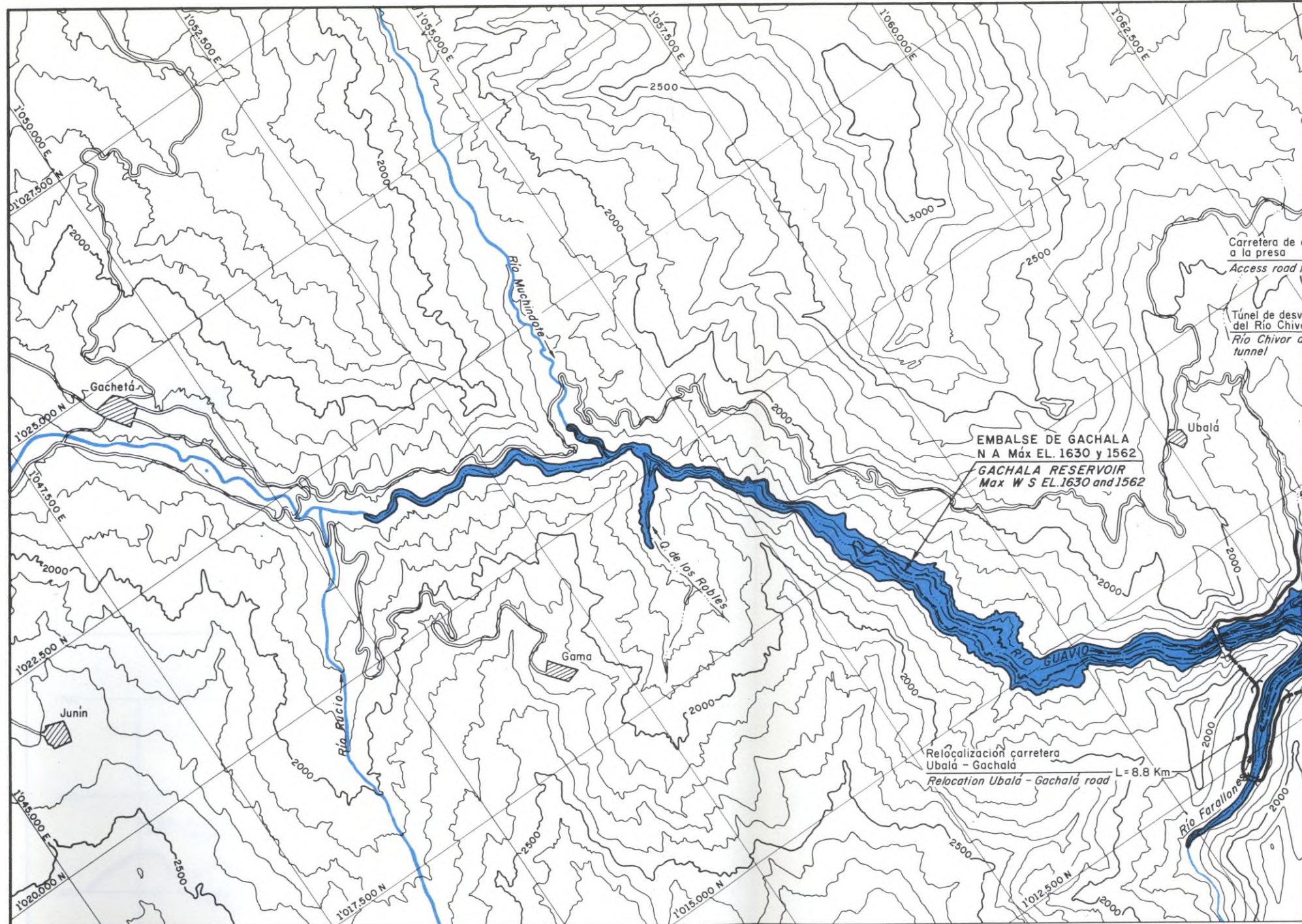


- CONVENCIONES**
- Carretera existente
 - Carretera del proyecto
 - Camino de herradura
 - Túnel del proyecto
 - Tubería de carga



- LEGEND**
- Existing road
 - Project road
 - Trail
 - Project tunnel
 - Penstock

PROYECTO DEL RIO GUAUVIO
 ALTERNATIVA DE MEDINA
 PLANTA Y PERFIL
 MEDINA ALTERNATIVE
 PLAN AND PROFILE



Cota	Area Ha.	Capacidad Mm^3
1650	1799	1343
1640	1612	1173
1610	1148	762
1580	807	476
1550	552	276
1520	332	146
1490	188	69
1460	107	25
1430	37	4
1400	0	0

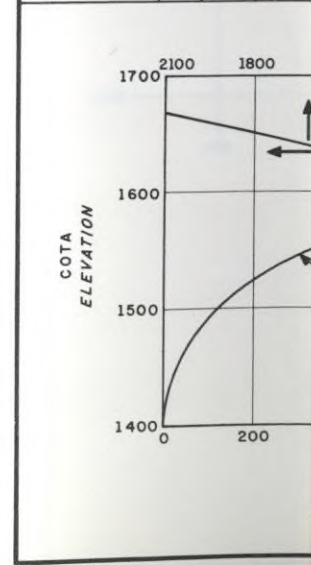
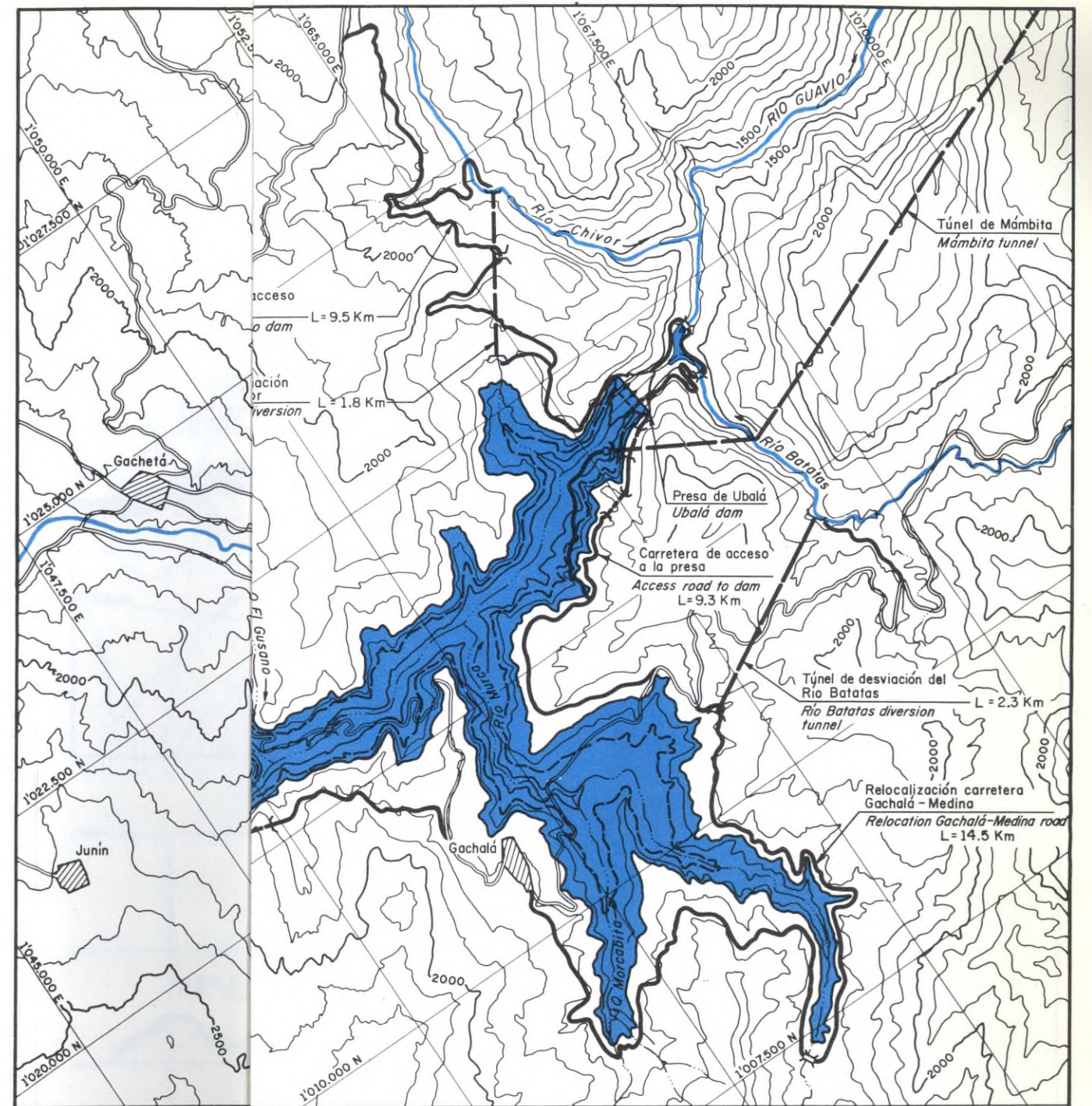
AREA Y CAPACIDAD
AREA AND CAPACITY

CONVENCIONES

Carretera existente
Carretera del proyecto
Túnel del proyecto

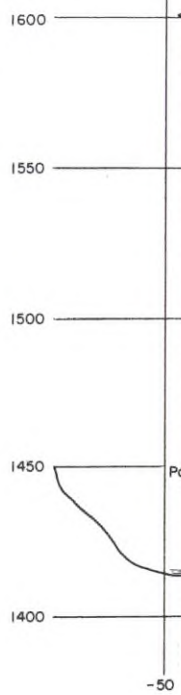
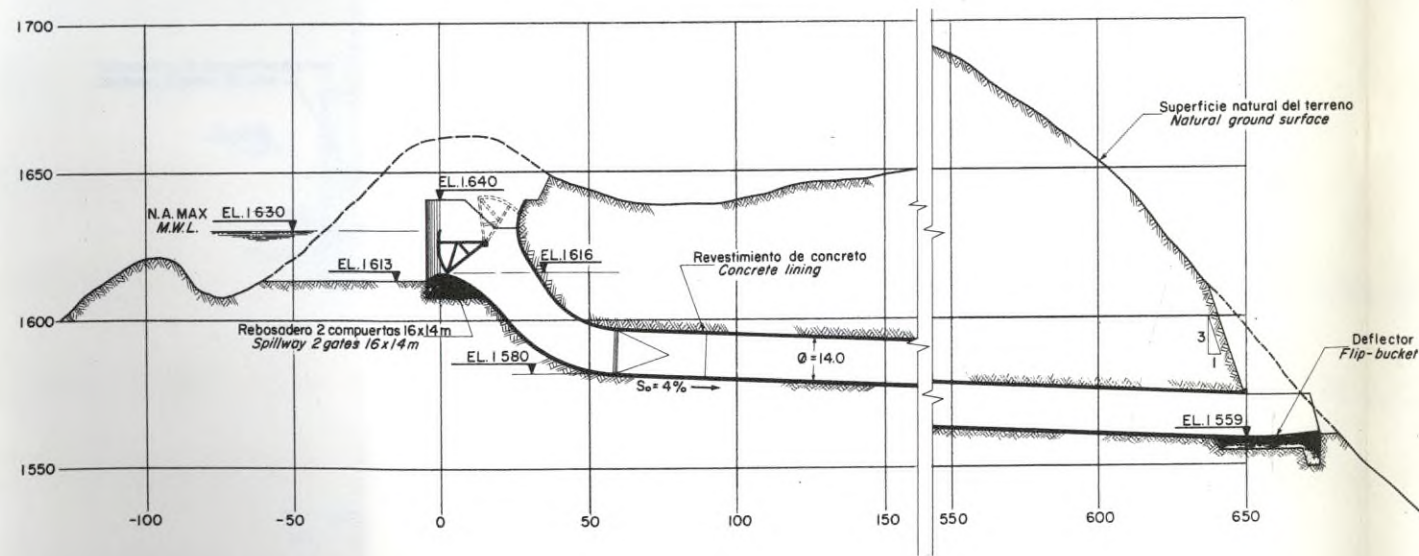
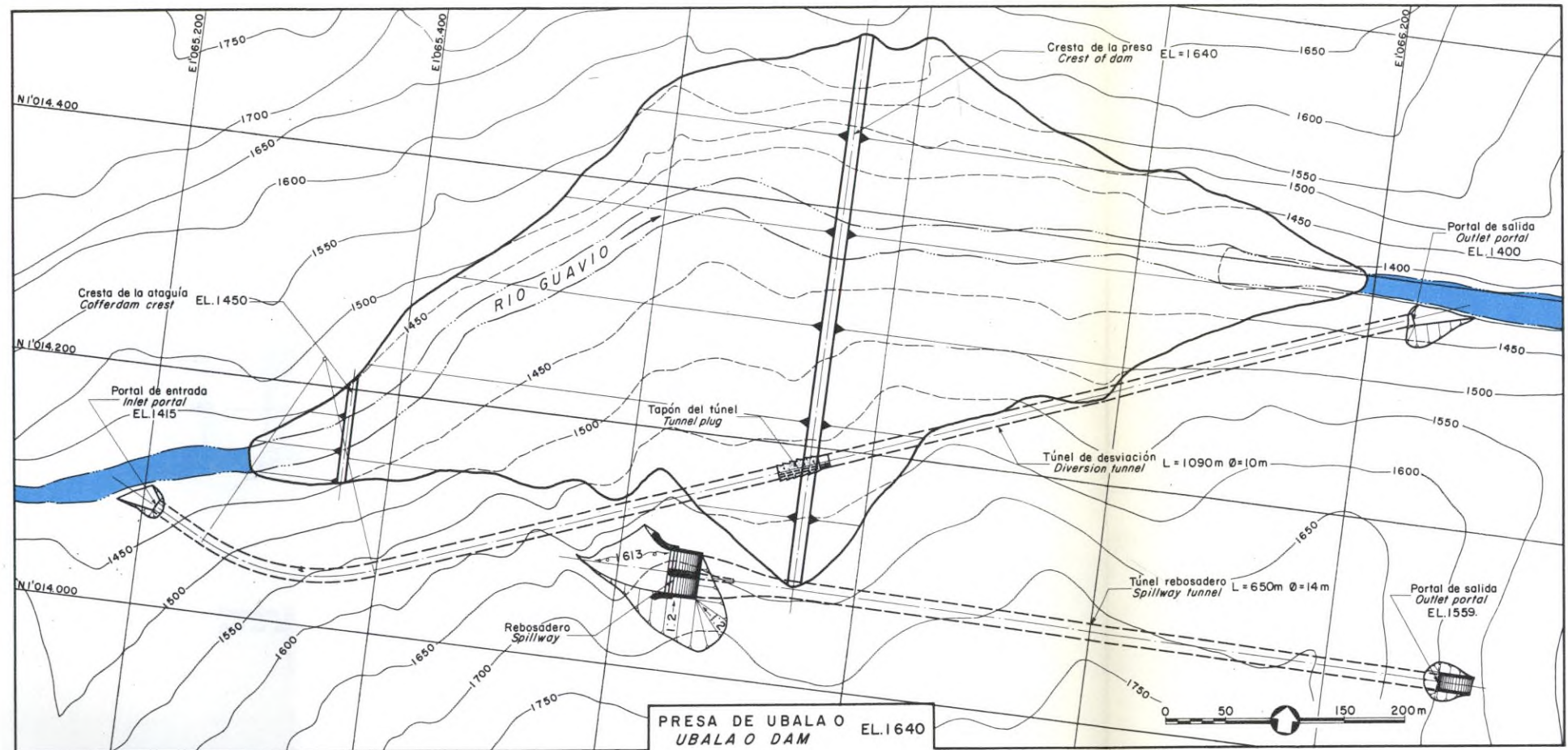
LEGEND

Existing road
Project road
Project tunnel



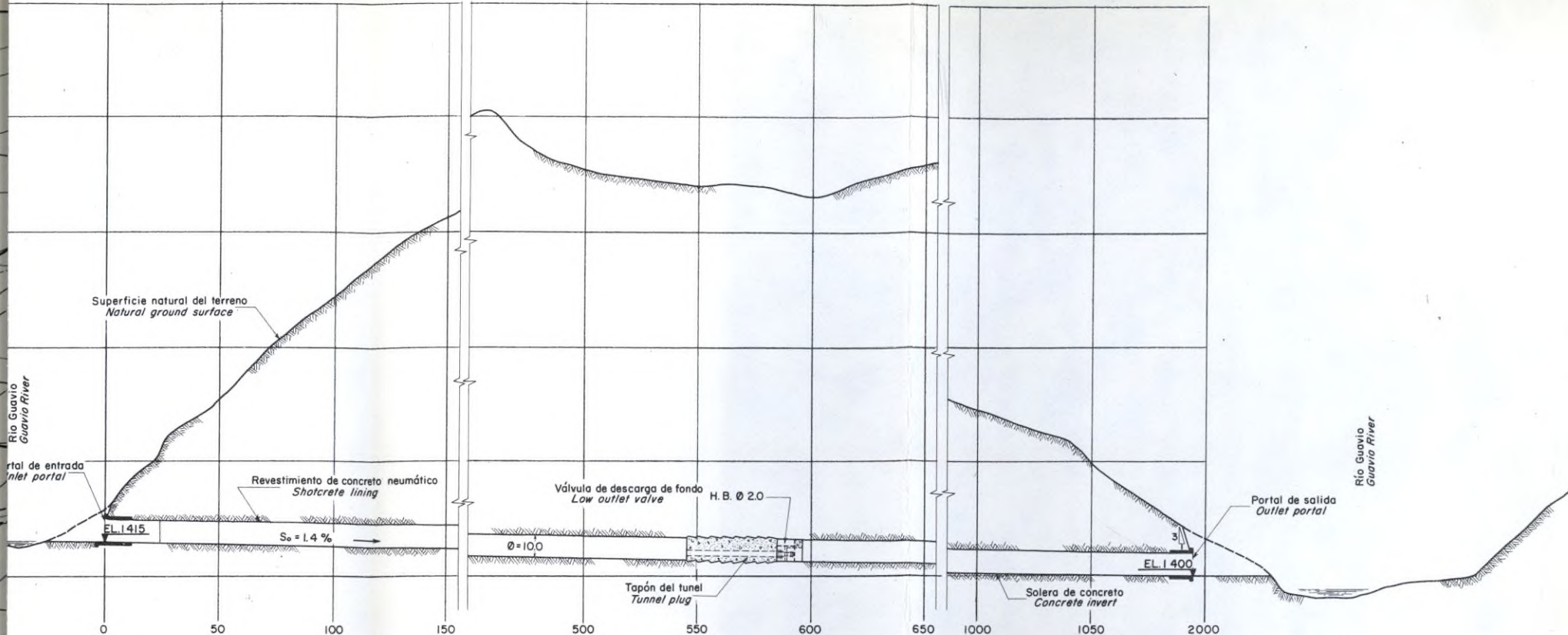
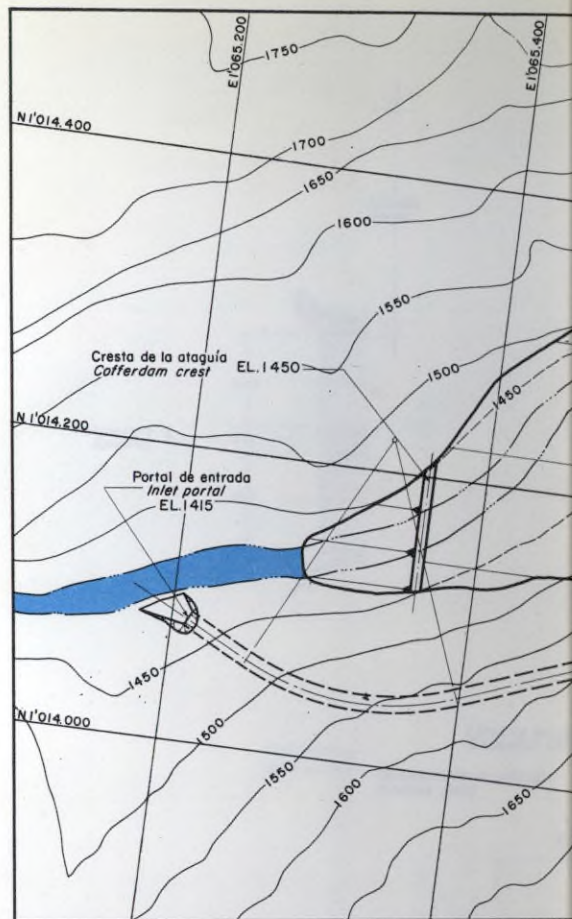
PROYECTO DEL RIO GUAVIO
 EMBALSE DE GACHALA
 PLANTA
 GACHALA RESERVOIR
 PLAN

FIGURA 9

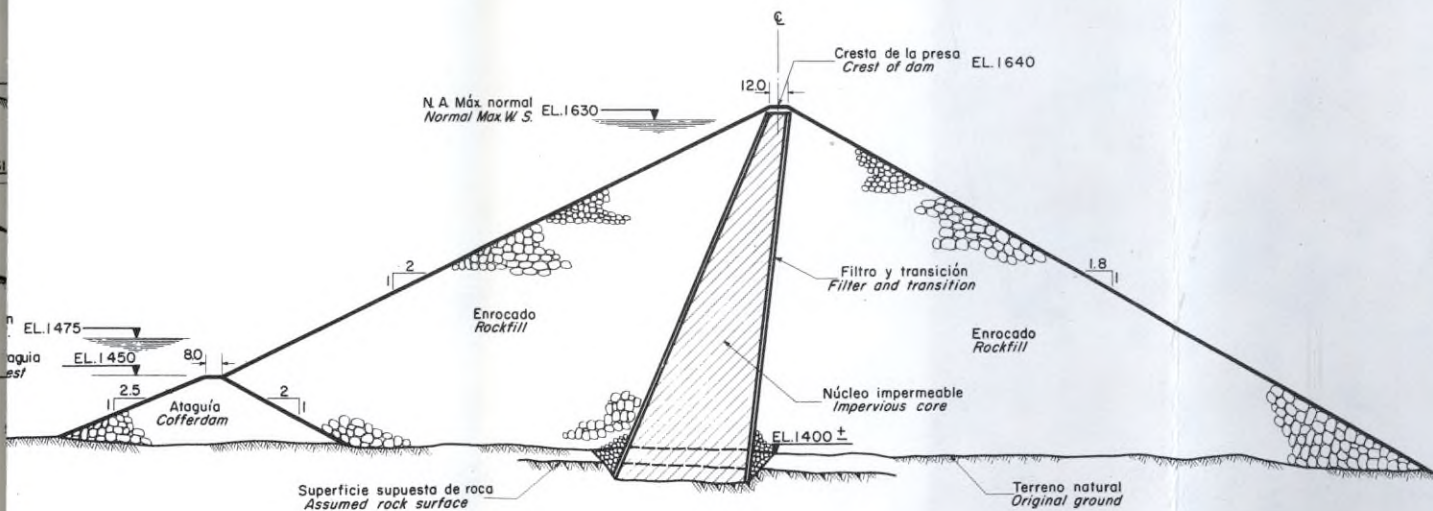
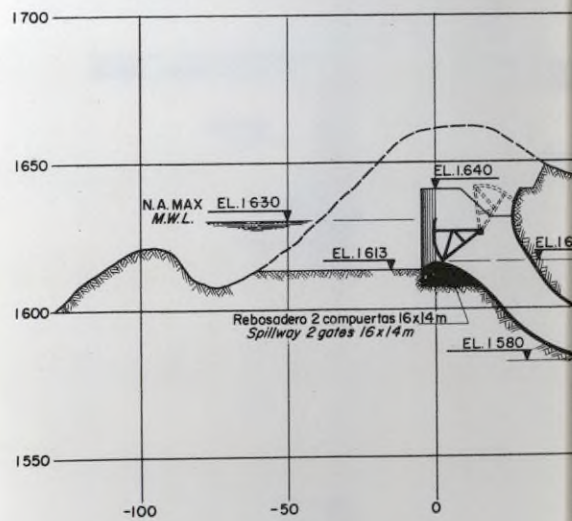


N.A. mi
Min W S
Cresta de la At
Cofferdam cr

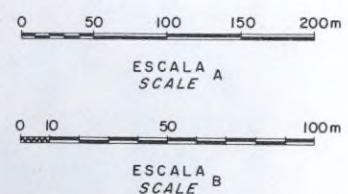
Rio Batatas
Batatas River



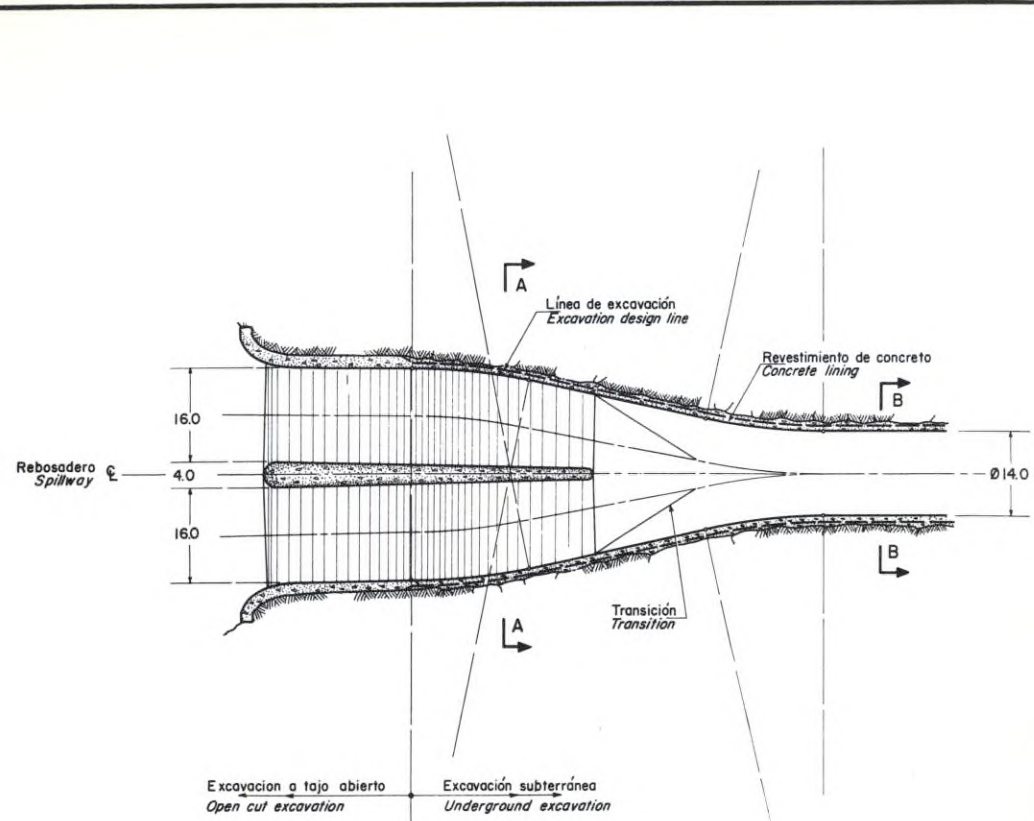
TUNEL DE DESVIACION
 PERFIL
 DIVERSION TUNNEL
 PROFILE
 ESCALA
 SCALE B



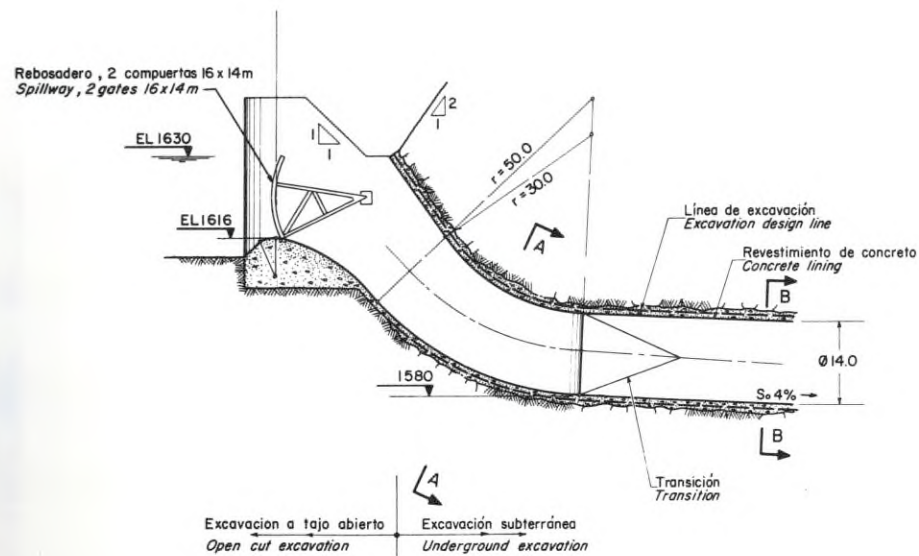
PRESA DE UBALA O
 UBALA O DAM
 SECCION MAXIMA
 MAXIMUM SECTION
 ESCALA
 SCALE A



PROYECTO DEL RIO GUAUIO
 PRESA DE UBALA O
 UBALA O DAM
 PLANTA Y PERFILES
 PLAN AND PROFILES



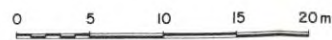
REBOSADERO EN TUNEL
PLANTA
TUNNEL SPILLWAY
PLAN
ESCALA SCALE A



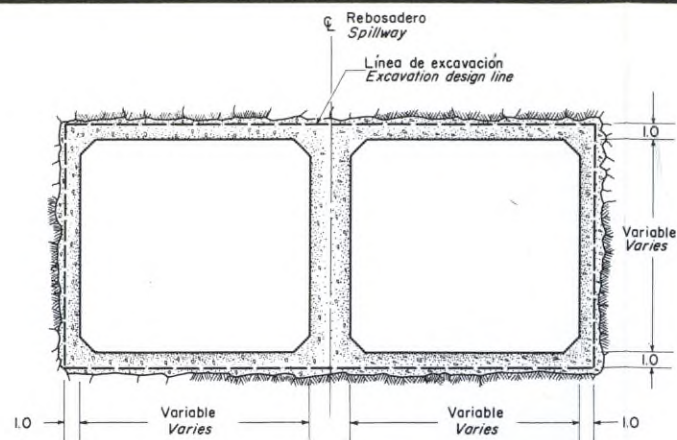
REBOSADERO EN TUNEL
PERFIL
TUNNEL SPILLWAY
PROFILE
ESCALA SCALE A



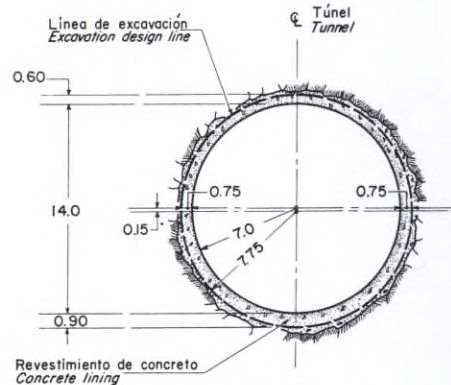
ESCALA SCALE A



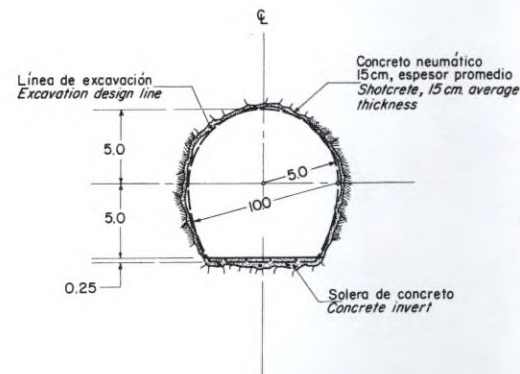
ESCALA SCALE B



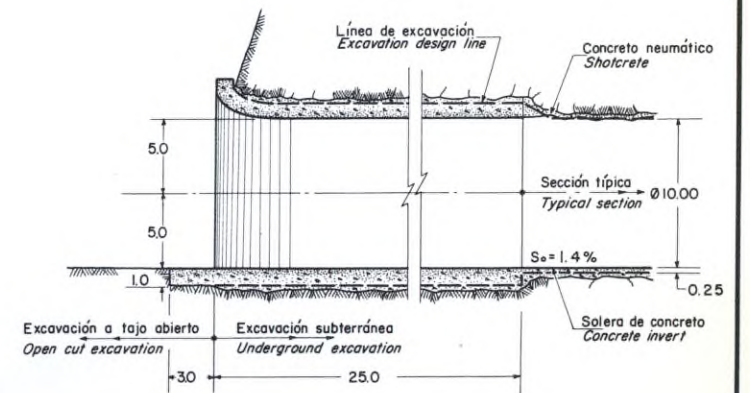
CORTE SECTION A-A
ESCALA SCALE B



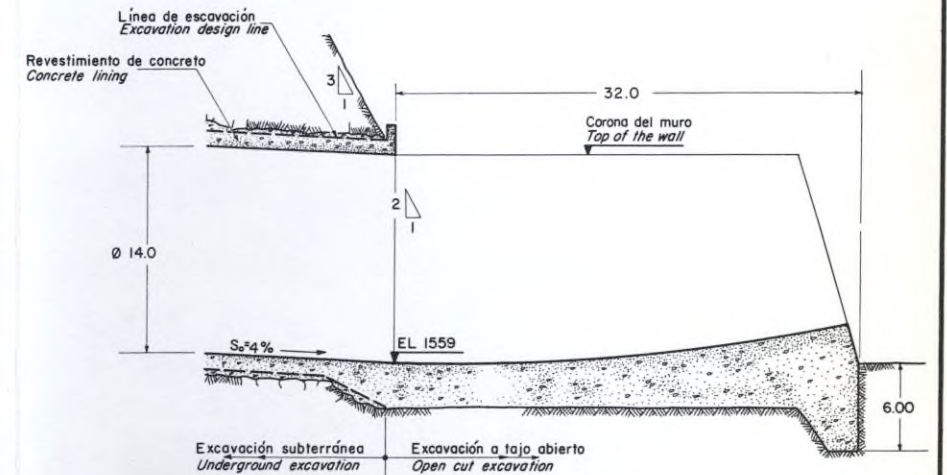
CORTE SECTION B-B
ESCALA SCALE B



TUNNEL DE DESVIACION
SECCION TIPICA
DIVERSION TUNNEL
TYPICAL SECTION
ESCALA SCALE B

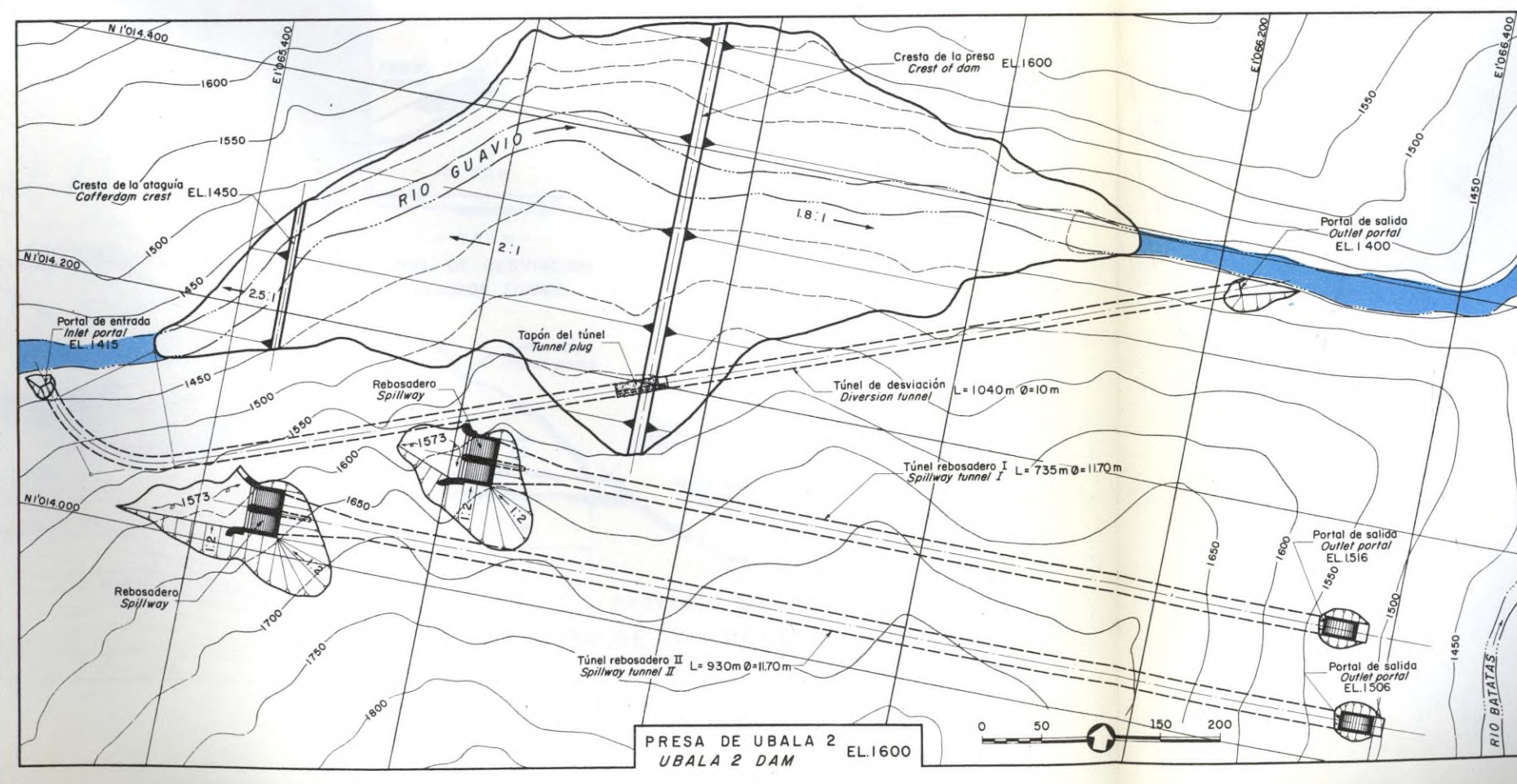
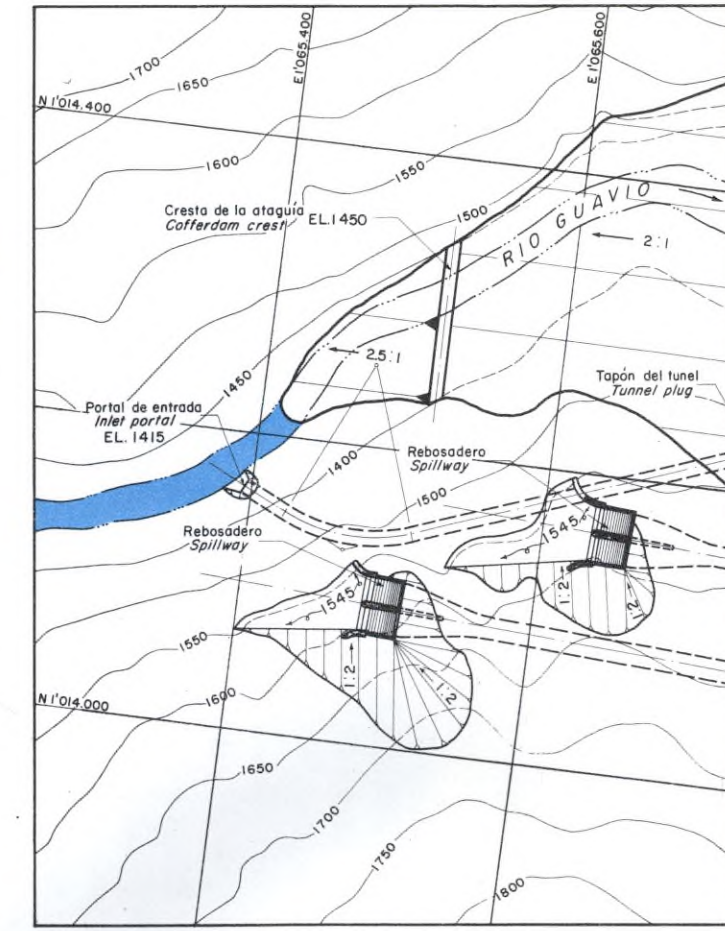
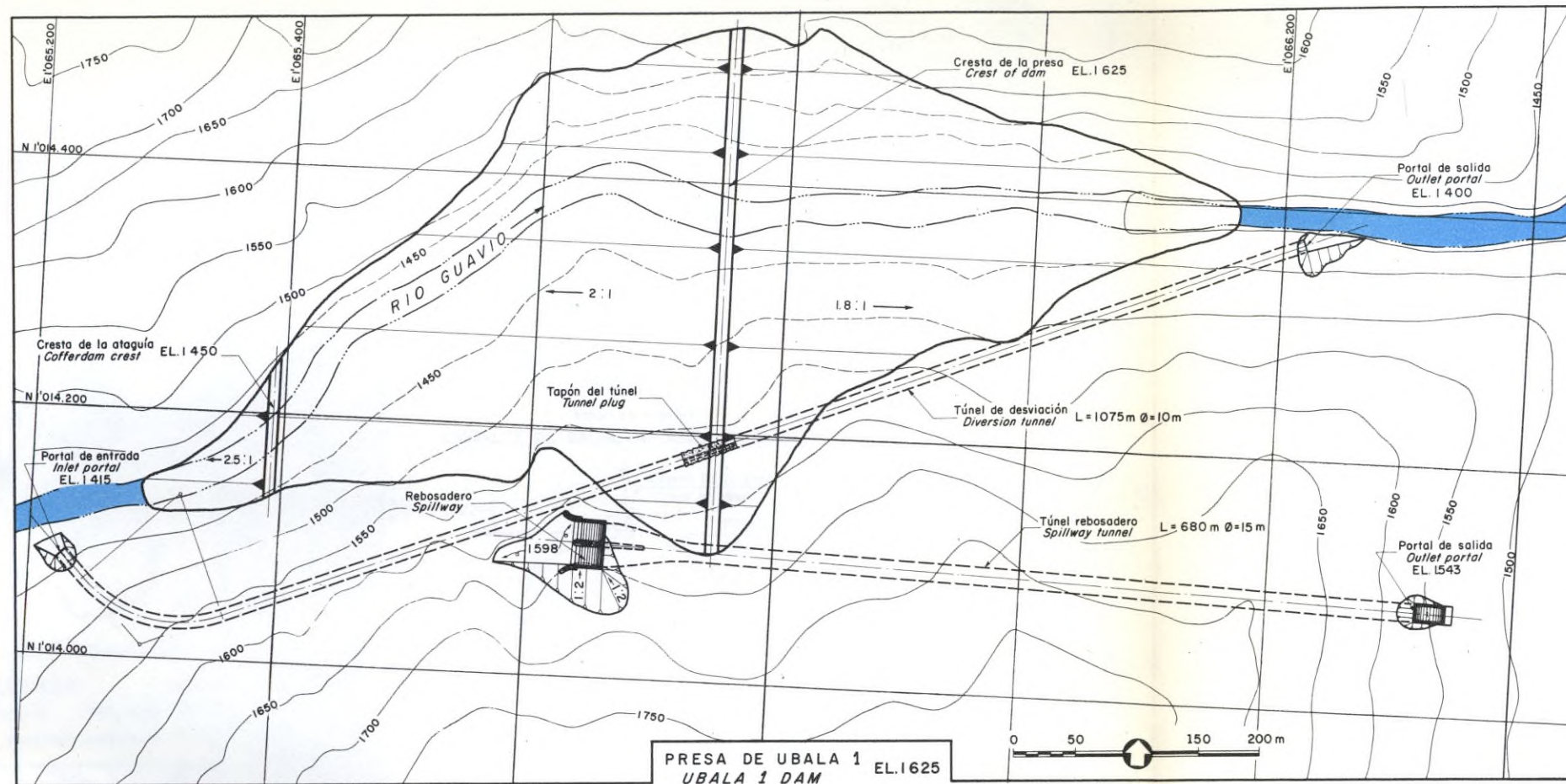


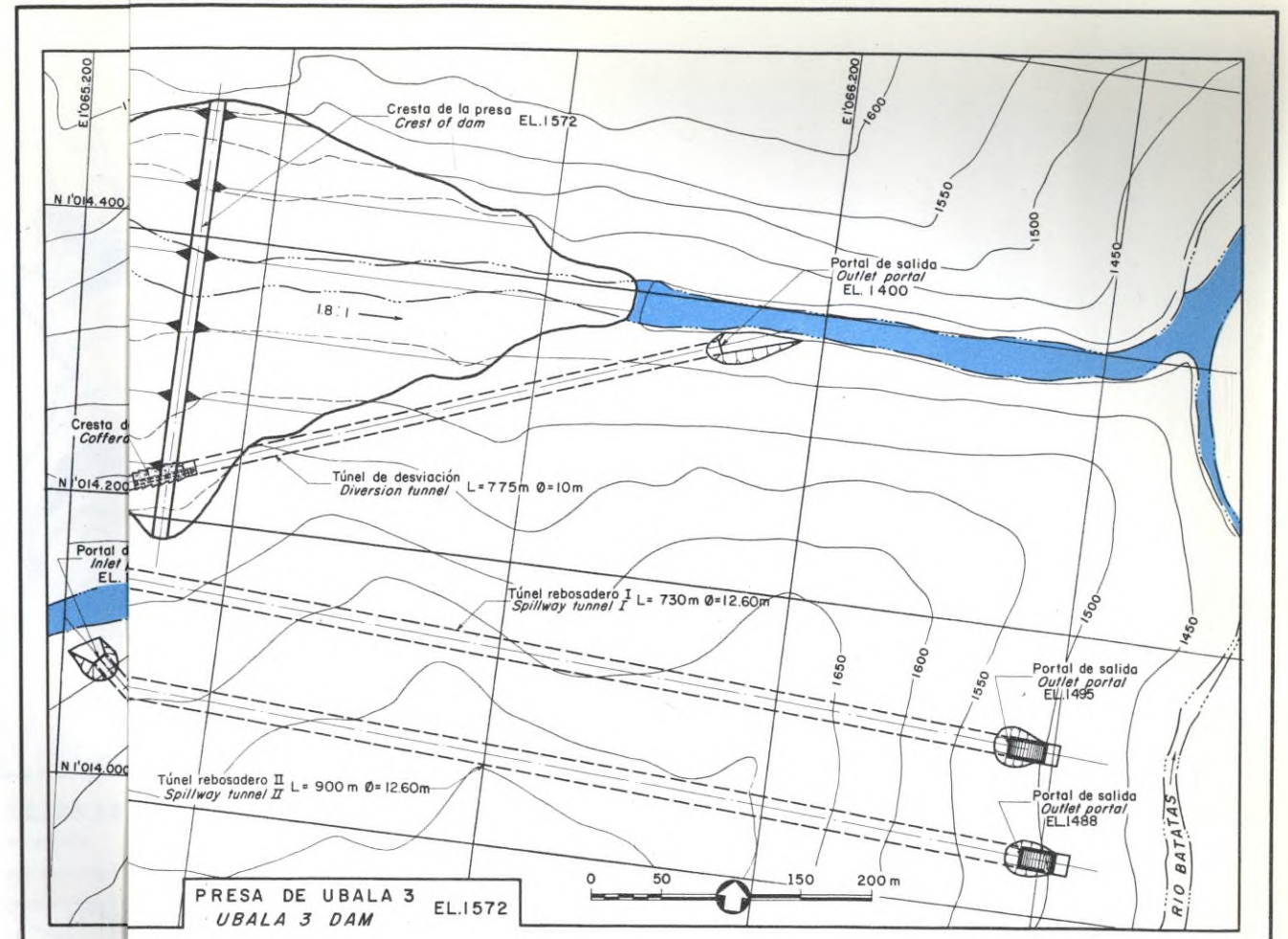
TUNNEL DE DESVIACION
PORTAL DE ENTRADA
DIVERSION TUNNEL
INLET PORTAL
ESCALA SCALE B



REBOSADERO EN TUNEL
PORTAL DE SALIDA
TUNNEL SPILLWAY
OUTLET PORTAL
ESCALA SCALE B

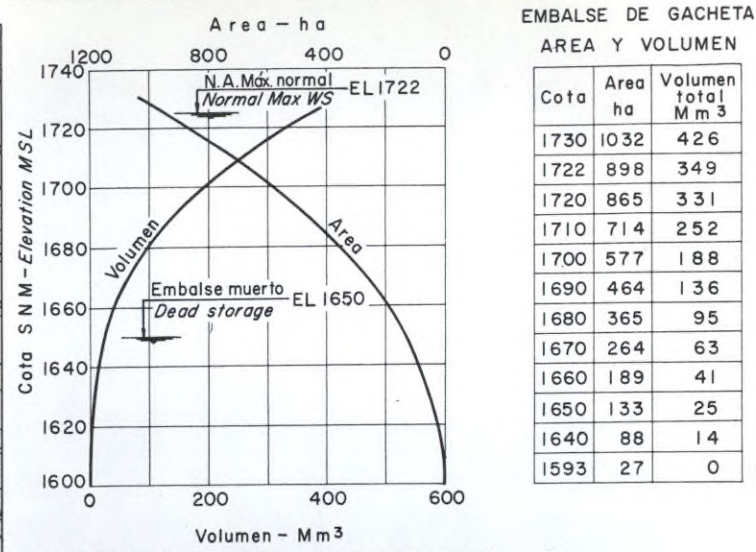
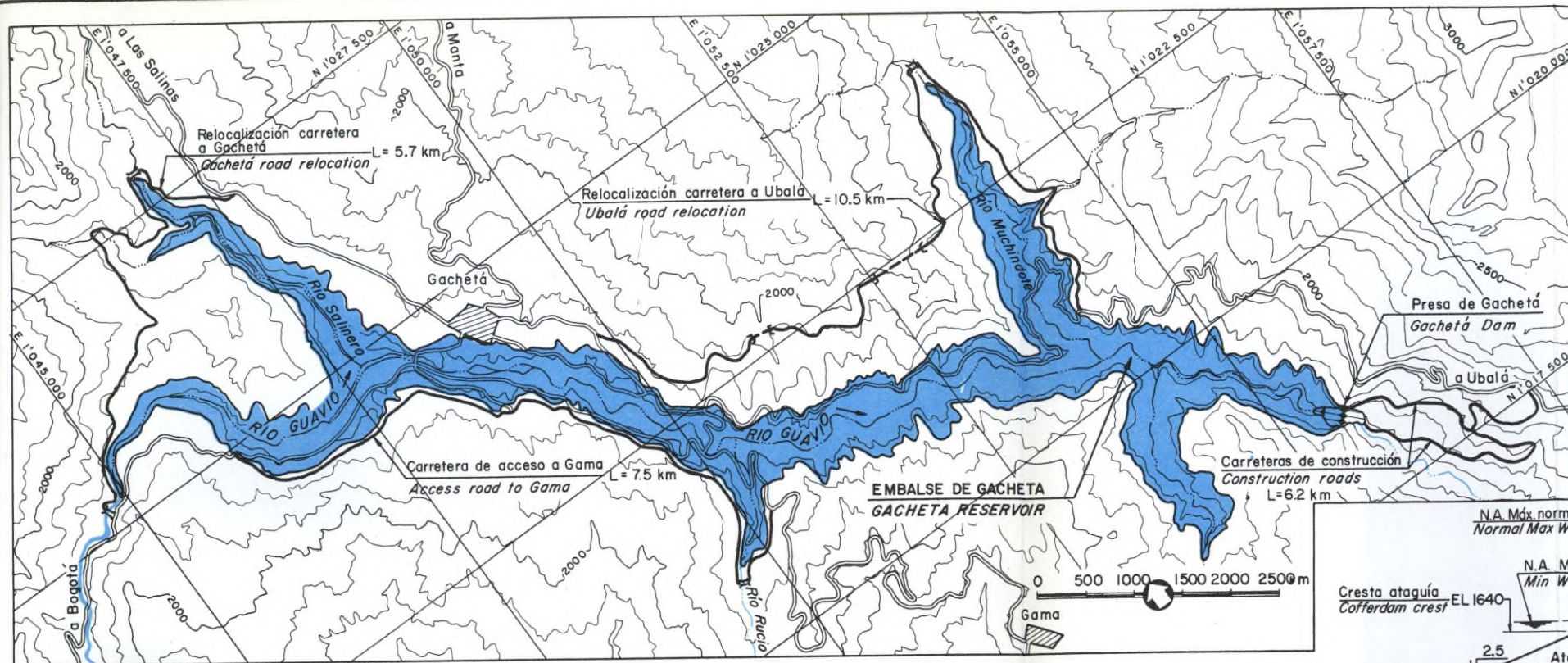
PROYECTO DEL RIO GUAVIO
PRESA DE UBALA O
UBALA O DAM
OBRAS ANEXAS - DETALLES
APPURTENANT WORKS - DETAILS





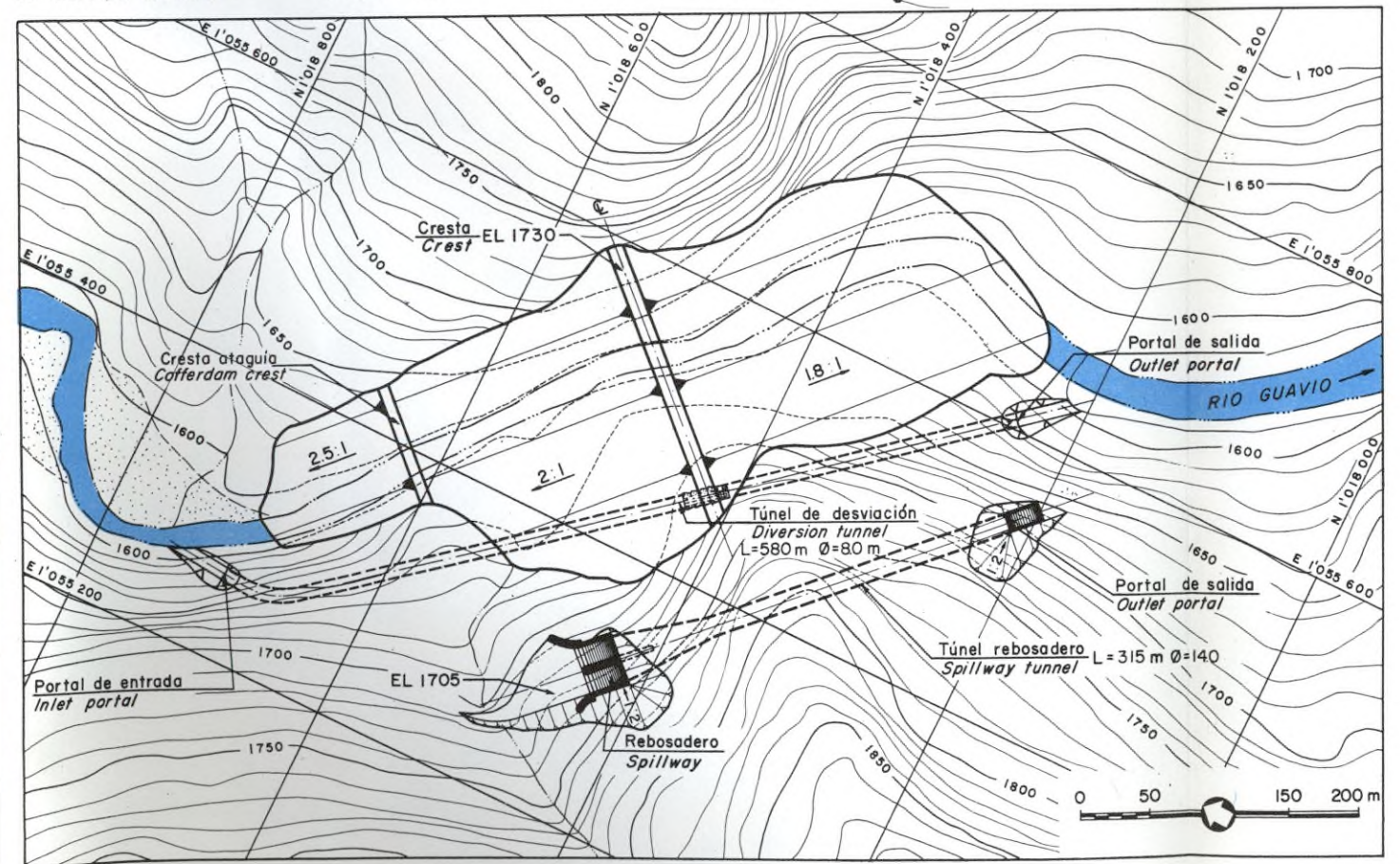
PROYECTO DEL RIO GUAVIO
PRESA DE UBALA 1, 2 y 3
UBALA 1, 2 AND 3 DAMS
PLANTAS
PLANS

FIGURA 12

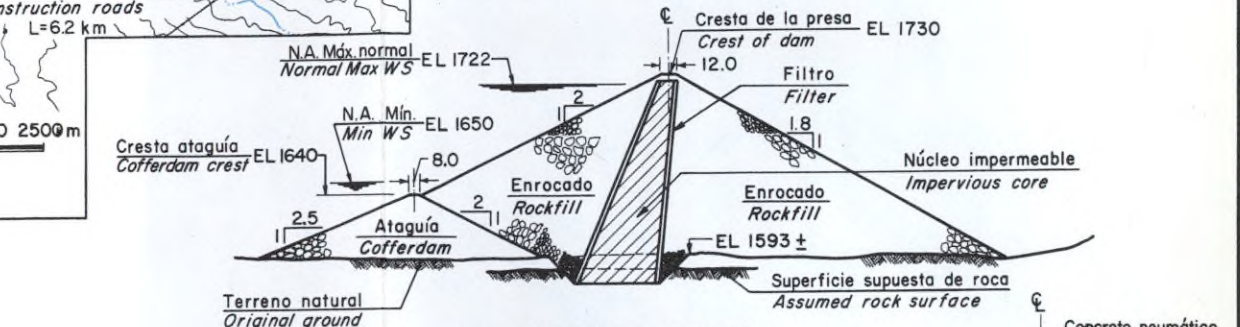


CONVENCIONES **LEGEND**
 Carretera existente — Existing road
 Carretera por construir — Project road

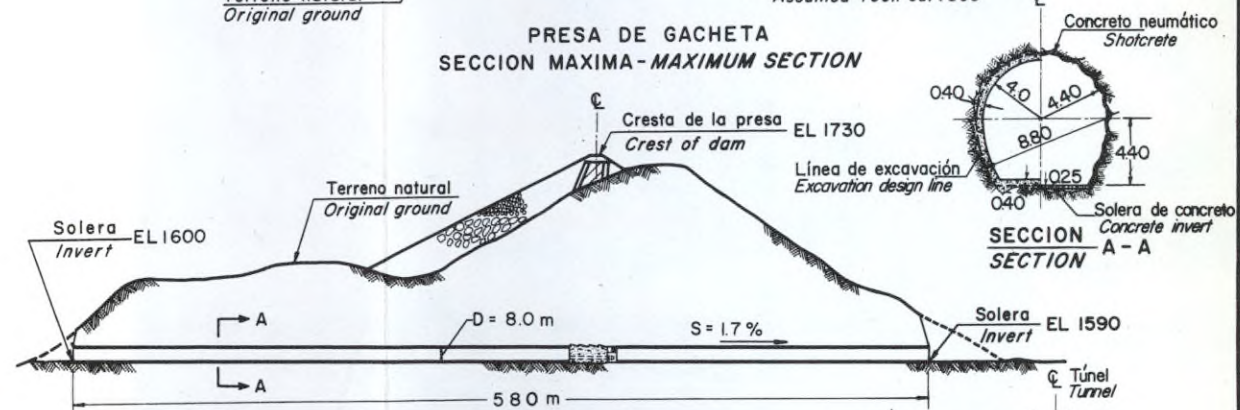
**EMBALSE DE GACHETA
GACHETA RESERVOIR**



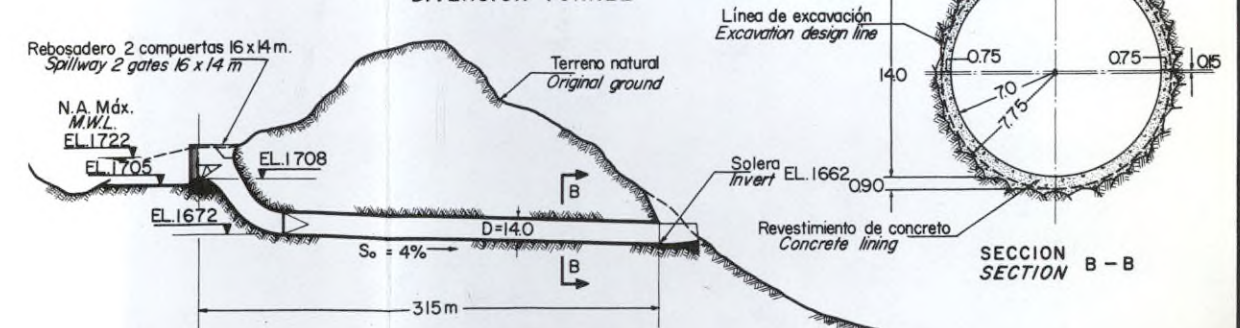
**PRESA DE GACHETA - PLANTA
GACHETA DAM - PLAN**



**PRESA DE GACHETA
SECCION MAXIMA - MAXIMUM SECTION**



**TUNEL DE DESVIACION
DIVERSION TUNNEL**



**REBOSADERO
SPILLWAY**

**PROYECTO DEL RIO GUAUVIO
EMBALSE Y PRESA DE GACHETA
PLANTAS Y SECCIONES
GACHETA DAM AND RESERVOIR
PLANS AND SECTIONS**

Proyecto del Rio Guavio/análisis de
alternativas de aprovechamiento
hidroeléctrico/INGETEC

333.914 I46p Ej.1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA

FECHA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01007561

BIBLIOTECA