



INSTITUTO COLOMBIANO
DE
ENERGIA ELECTRICA

CENTRAL HIDROELECTRICA
DE
CALDAS



DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
INFORME DE FACTIBILIDAD TECNICA
PROYECTO MIEL I

VOLUMEN I
INFORME

CONSORCIO RIO LA MIEL

INTERDISEÑOS - SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA

JUNIO 1979

FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO (FONADE)

9 OCT. 1977

033



INSTITUTO COLOMBIANO
DE
ELECTRICIDAD

CENTRAL HIDROELECTRICA
DE
GALDAS



DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA PROYECTO MIEL I

VOLUMEN I
FORME

CONSORCIO RIO LA MIEL

INGENIEROS - SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA

NOVIEMBRE 1979

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO (FONADE)

333.91409861

I59d

V.1

FJ1



**INSTITUTO COLOMBIANO
DE
ENERGIA ELECTRICA**

**CENTRAL HIDROELECTRICA
DE
CALDAS**



**DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
INFORME DE FACTIBILIDAD TECNICA
PROYECTO MIEL I**

**VOLUMEN I
INFORME**

CONSORCIO RIO LA MIEL

INTERDISEÑOS - SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA

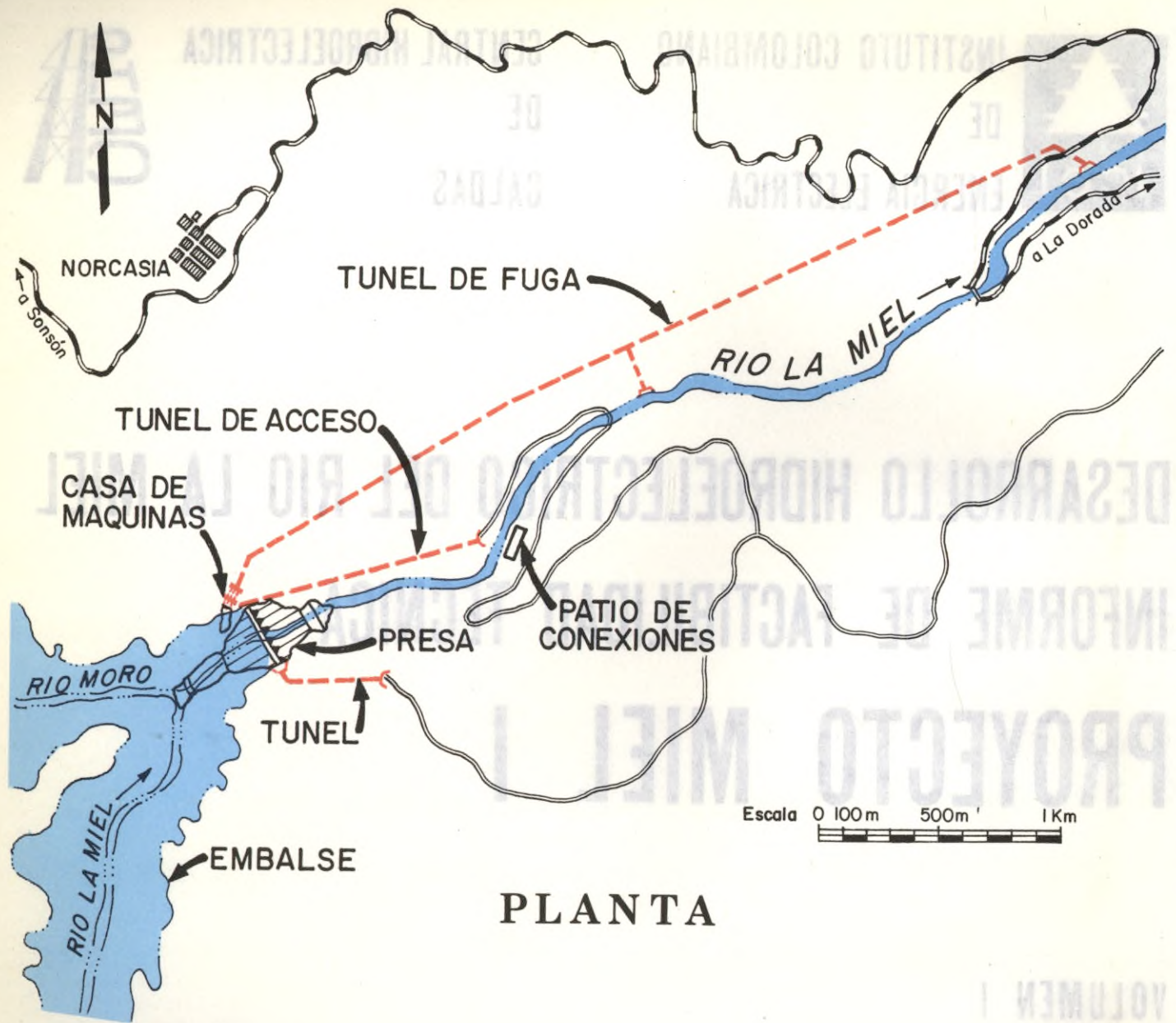
JUNIO 1979

FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO (FONADE)

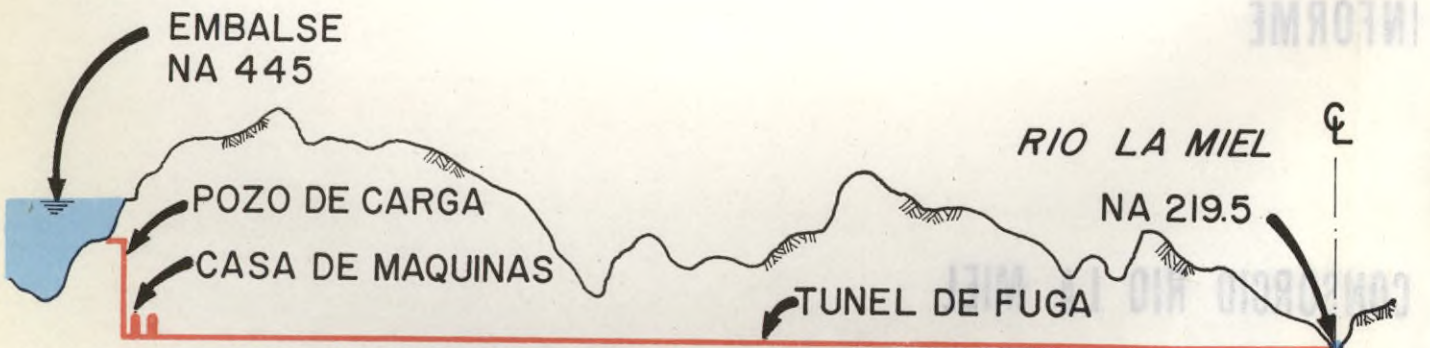
pmo.



PROYECTO MIEL I



PLANTA



PERFIL

PROYECTO MIEL I

CONSORCIO RIO LA MIEL

CALLE 60 No. 5-53 - TELEFONOS: 499954 - 496356
BOGOTA - COLOMBIA

INTERDISEÑOS
SUELOS Y FUNDACIONES
GEOCOLOMBIA

Bogotá, D.E., 28 de junio de 1.979
No. 146/190

Señor Doctor
CARLOS RODADO NORIEGA
Gerente
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA
ELECTRICA " ICEL "
La Ciudad. -

Estimado Doctor Rodado:

Por medio de la presente nos es grato entregar a usted el Informe de Factibilidad del Proyecto Miel I, en su edición final con lo cual damos cumplimiento a nuestras obligaciones y plazos estipulados en el Contrato 3200A.

El Informe de Factibilidad consta de cinco volúmenes que comprenden toda la información y estudios incluidos en el alcance del contrato y son los siguientes:

Volumen I	Informe
Volumen II	Apéndice A - Hidrología Apéndice B - Estudios de Potencia y Energía
Volumen III	Apéndice C - Geología Apéndice D - Sismología Apéndice E - Materiales de Construcción
Volumen IV	Apéndice F - Esquema del Proyecto Apéndice G - Costos, Presupuestos y Programas de Construcción
Volumen V	Apéndice H - Estudios Ecológicos y Socioeconómicos

CONSORCIO RIO LA MIEL

No. 146/190

- 2 -

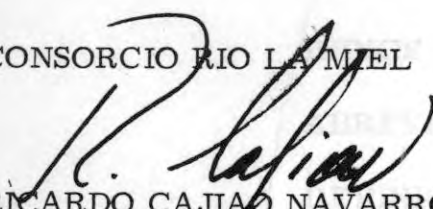
Es altamente placentero para el Consorcio presentar a la consideración de ICEL y CHEC la factibilidad técnica favorable de un proyecto hidroeléctrico de la mayor importancia para el sistema regional ICEL-CHEC y atractivo para el sistema de interconectado nacional. El estudio muestra que el Proyecto La Miel I se puede construir dentro de condiciones geológicas favorables para una presa de enrocado con cara de concreto y una central en caverna; la instalación es de 324 mw ($f_p = 0.5$) y el costo aproximado del proyecto es de US\$213,000,000.00. La energía firme anual generada está cercana a 1.000 gwh, considerando el proyecto aisladamente.

Agradecemos la colaboración que en todo momento hemos recibido por parte de los funcionarios de ICEL y de CHEC durante el desarrollo de los estudios de factibilidad.

Con nuestros sentimientos de consideración y aprecio, quedamos de usted,

Atentos servidores,

CONSORCIO RIO LA MIEL


RICARDO CAJIAO NAVARRO
Director

cc: Dr. Humberto Arango Escobar
Gerente CHEC

RCN/scf.

V O L U M E N I

I N D I C E G E N E R A L

DATOS BASICOS

CARTA REMISORIA

I N D I C E D E V O L U M E N E S

I N D I C E D E T A L L A D O D E L I N F O R M E

I N D I C E D E C U A D R O S

I N D I C E D E F I G U R A S

A B R E V I A T U R A S

D E F I N I C I O N E S

I N F O R M E

F I G U R A S

INDICE DE VOLUMENES

VOLUMEN I	Informe	
VOLUMEN II	Apéndice A - Hidrología	
	Apéndice B - Estudios de Potencia y Energía	
VOLUMEN III	Apéndice C - Geología	
	Apéndice D - Sismología	
	Apéndice E - Materiales de Construcción	
DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO		
VOLUMEN IV	Apéndice F - Esquema del Proyecto	
	Apéndice G - Costos, Presupuestos y Programas de Construcción	
VOLUMEN V	Apéndice H - Estudios Ecológicos y Socioeconómicos	

VOLUMEN I

INFORME

INDICE DETALLADO

CAPITULO		PAGINA
1	INTRODUCCION	
	1.1. Generalidades	1-1
	1.2. Antecedentes	1-1
	1.3. Alcance de los Trabajos	1-2
	1.4. Estudios Anteriores	1-2
	1.5. Colaboración de Asesores Extranjeros	1-3
2	DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO	
	2.1. Introducción	2-1
	2.2. Localización	2-1
	2.3. Características del Sitio	2-2
	2.4. Accesos	2-2
	2.5. Hidrología	2-3
	2.6. Geología y Sismología	2-4
	2.7. Minería	2-5
	2.8. Descripción del Proyecto	2-5
	2.9. Potencia y Energía	2-6
3	DESCRIPCION DE LAS OBRAS	
	3.1. Introducción	3-1
	3.2. Presa	3-1
	3.2.1. Alternativas Estudiadas	3-1
	3.2.2. Alturas de Presa Estudiadas	3-2
	3.2.3. Esquema de Presa Adoptado	3-2

CAPITULO

PAGINA

3.3	Túnel de Desviación y Descarga de Fondo	3-4
3.4	Rebosadero	3-5
3.5	Embalse	3-6
3.6	Captación y Conducción	3-6
	3.6.1 Bocatoma	3-6
	3.6.2 Túneles de Carga	3-6
	3.6.3 Túnel de Fuga	3-7
3.7	Central	3-7
	3.7.1 Túnel de Acceso	3-8
	3.7.2 Cavernas de Máquinas y Transformadores	3-8
	3.7.3 Cámara de Oscilación	3-9
	3.7.4 Equipos	3-9
	3.7.5 Ventilación de la Central	3-10
	3.7.6 Patio de Conexiones	3-10
3.8	Sistema de Potencia y Diagrama Unifilar	3-10
3.9	Transmisión	3-11
3.10	Energía para Construcción	3-11
3.11	Carreteras	3-11
3.12	Campamentos y Servicios	3-12

4

ESTUDIOS HIDROLOGICOS

4.1	Generalidades	4-1
4.2	Climatología	4-1
	4.2.1 Clima	4-1
	4.2.2 Precipitación	4-1
	4.2.3 Evaporación	4-2
4.3	Caudales	4-3
	4.3.1 Registro de Caudales	4-3
	4.3.2 Caudales para Estudios de Generación	4-4

CAPITULO

PAGINA

4.4	Creciente de Diseño del Rebosadero	4-4
	4.4.1 Creciente Máxima Probable	4-4
	4.4.2 Amortiguación del Embalse	4-5
4.5	Creciente de Desviación	4-5
4.6	Niveles de Agua de Fuga	4-5
4.7	Sedimentación en el Embalse	4-5

5

G E O L O G I A

5.1	Introducción	5-1
5.2	Geología General	5-1
	5.2.1 Orogénesis	5-2
	5.2.2 Litología	5-3
	5.2.3 Tectónica	5-4
	5.2.4 Minería	5-5
5.3	Ingeniería Geológica	5-5
	5.3.1 Sitio de Presa y Casa de Máquinas	5-5
	5.3.2 Túnel de Fuga	5-7
	5.3.3 Túneles del Rebosadero	5-8
	5.3.4 Embalse	5-9
5.4	Sismología	5-9
5.5	Investigaciones del Subsuelo	5-10
5.6	Ensayos de Agua a Presión	5-10
5.7	Materiales de Construcción	5-11
	5.7.1 Materiales para Enrocamiento	5-11
	5.7.2 Materiales para Concreto	5-11
	5.7.3 Materiales para Filtros	5-12

CAPITULO

PAGINA

6	COSTOS Y PROGRAMAS DE CONSTRUCCION	
6.1	Generalidades	6-1
6.2	Precios Unitarios	6-1
	6.2.1 Metodología	6-1
	6.2.2 Actualización de Precios	6-2
	6.2.3 Adopción de Precios Unitarios	6-2
	6.2.4 Componente en Moneda Local y Moneda Extranjera	6-3
6.3	Presupuesto	6-3
6.4	Programa de Construcción y Fabricación de Equipos	6-4
6.5	Programa de Desembolsos	6-4
6.6	Costos Anuales de Operación y Manteni miento	6-5
7	ESTUDIOS DE POTENCIA Y ENERGIA	
7.1	Introducción	7-1
7.2	Energía Firme y Potencia Continua	7-1
7.3	Capacidad Confiable y Capacidad Instalada	7-2
7.4	Energía Total y Energía Secundaria	7-2
7.5	Desviación del Río Guarinó	7-2
7.6	Costos de Potencia y Energía	7-3
8	ESTUDIOS AMBIENTALES Y SOCIOECONOMICOS	
8.1	Introducción	8-1
8.2	Aspectos Ecológicos	8-1
8.3	Estudios Agrícolas	8-2
	8.3.1 Aspectos Generales	8-2
	8.3.2 Area del Embalse, Características de los Suelos, Uso Potencial y Uso Actual	8-2

CAPITULO

PAGINA

8.4	Estudios Forestales	8-3
8.5	Estudios Socioeconómicos	8-3

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1	Conclusiones	9-1
9.2	Recomendaciones	9-2

INDICE DE CUADROS

CUADRO

T I T U L O

- | | |
|-----|--|
| 2.1 | Potencia, Energía y Costos de Construcción |
| 3.1 | Información Básica |
| 4.1 | Precipitación y Evaporación. Estación Norcasia |
| 4.2 | Caudales Mensuales - m ³ /s - Estación 4-152 |
| 6.1 | Presupuesto. Nivel de Embalse 445 - Capacidad Instalada 324 mw. fp = 0.5 |
| 6.2 | Programa de Inversiones |
| 6.3 | Costos Anuales de Operación y Mantenimiento |
| 7.1 | Potencia y Energía |
| 7.2 | Costos de Potencia y Energía |

INDICE DE FIGURAS

FIGURA

TITULO

1	Localización general del proyecto
2	Información hidrológica
3	Embalse y localización general
4	Mapa geológico general
5	Geología de la zona de embalse
6	Geología de la zona de las obras
7	Geología de las obras del sitio de presa
8	Disposición general de las obras
9	Presa y obras anexas - Planta general
10	Presa - cortes y detalles
11	Inyecciones y galerías de drenaje
12	Rebosadero - planta y cortes
13	Túnel de desviación y cámara de válvulas - cortes y detalles
14	Bocatoma y conducción - corte y detalles
15	Casa de máquinas - planta y cortes
16	Diagrama unifilar
17	Programa de construcción
18	Producción de energía firme
19	Costos de Energía y Capacidad - Alternativa Cota NA 445

ABREVIATURAS Y UNIDADES

Pesos Colombianos	\$
Dólares Americanos	US\$
Milésimas de US\$	Mils
Metro	m
Metro cuadrado	m ²
Milímetro	mm
Kilómetro	km
Kilómetro cuadrado	km ²
Hectárea	ha
Metro cúbico	m ³
Millón de metros cúbicos	Mm ³
Metro cúbico por segundo	m ³ /s
Kilogramo	kg
Tonelada métrica	ton
Kilovoltio	kv
Kilovoltio amperio	kva
Kilovatio	kw
Kilovatio-hora	kwh
Megavatio	mw
Megavoltio amperio	mva
Gigavatio hora	gwh
Caballos de fuerza	hp
Suma global	S.G
Partes por millón	ppm
Grado centígrado	°C
Revoluciones por minuto	rpm
Factor de planta	fp
Litros por segundo	l/s

DEFINICIONES

Período hidrológico crítico	El tiempo durante el cual el caudal tiene una probabilidad del 94% de ser excedido.
Período hidroeléctrico crítico	Período durante el cual las limitaciones de suministro de potencia hidroeléctrica, debida a deficiencia de agua, son críticas con respecto a las cargas del sistema.
Capacidad continua	Potencia hidroeléctrica continuamente disponible en las condiciones hidrológicas más adversas.
Capacidad confiable	Capacidad de producción de una planta a la cota mínima del embalse.
Capacidad instalada	La capacidad continua a plena carga de los generadores u otro equipo eléctrico bajo condiciones fijadas por el fabricante. Se indica generalmente en una placa adjunta al equipo.
Capacidad de pico	Máxima potencia que puede producir una planta durante un intervalo de tiempo determinado y bajo ciertas condiciones de operación de sus componentes.
Capacidad nominal	Límites impuestos a las condiciones de operación de una máquina, aparato o equipo con base en sus características de diseño.
Potencia o capacidad	Producción o demanda instantánea medida en kilovatios o megavatios.
Potencia firme en el año crítico	Potencia disponible el 100% del tiempo en el año de suministro adverso de agua.

Energía	Efecto de la potencia que actúa durante un período de tiempo. Se mide en <u>kilo</u> vattios-hora o <u>gigavattios</u> -hora.
Energía firme en el año crítico	Es producción continua de energía que podría obtenerse de un sistema durante un período de caudales mínimos. Se define también como la energía <u>dis</u> ponible en el año de suministro <u>adverso</u> de agua.
Energía secundaria	Es la energía en exceso de la firme, <u>u</u> nicamente en condiciones hidrológicas <u>-</u> favorables, y que de no ser generada se <u>vertirá</u> .
Energía promedio	Promedio de energía en el período <u>con</u> siderado.
Factor de planta	Relación que existe entre la carga <u>pro</u> media de la planta; para el período <u>con</u> siderado, y la capacidad nominal de los generadores instalados en la planta.
Factor de potencia	Relación que existe entre kilovattios y kilovoltio-amperios. También se define como el coseno del ángulo de fase entre el voltaje y la corriente.
Factor de carga	Relación de la carga promedio que <u>ocu</u> rre en el período considerado y la <u>car</u> ga pico en el mismo período.
Demanda	Carga en los terminales de una <u>instala</u> ción o sistema, promediada durante un intervalo específico de tiempo (<u>interva</u> lo de demanda).
Carga base	La carga mínima de un período <u>determi</u> nado.

Generación neta	Generación total menos la utilizada en la planta.
Carga pico	La carga máxima consumida o producida por la planta o unidad en un período determinado.
Planta de pico	Planta que se opera para obtener el pico de la carga.
Caudal regulado	La descarga regulada del embalse durante un período específico.
Reserva del sistema	La capacidad del sistema adicional en exceso de la requerida para absorber la carga pico.
Capacidad de la línea de transmisión	Máxima capacidad nominal continua de una línea de transmisión. Puede estar limitada por consideraciones térmicas, capacidad del equipo complementario, regulación del voltaje estabilidad del sistema u otros factores.
Cota	Elevación, expresada en metros, referenciada al nivel del mar.
Caudal Nominal	Caudal de diseño de las turbinas.
Salto neto nominal	Salto cabeza de diseño de las turbinas.

CAPITULO 1

Introducción

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1. GENERALIDADES

El Instituto Colombiano de Energía Eléctrica, ICEL y la Central Hidroeléctrica de Caldas, CHEC, encargaron al Consorcio Colombiano de firmas de ingeniería constituido por Interdiseños, Suelos y Fundaciones y Geocolombia la ejecución de las investigaciones y estudios necesarios para determinar la factibilidad técnica del proyecto hidroeléctrico denominado Miel I.

Los estudios se ejecutaron mediante el contrato 3200 A, que se firmó el 19 de febrero de 1978 y con el cual se modificó el contrato anterior 3200, que se había legalizado el 19 de enero de 1976. La financiación de estos estudios proviene del Fondo Nacional de Proyectos de Desarrollo, FONADE, mediante el préstamo FO-178 otorgado al ICEL y la CHEC y de apropiaciones presupuestales de estas dos últimas entidades.

1.2 ANTECEDENTES

El 19 de enero de 1976 se firmó el contrato 3200 por el cual el ICEL y la CHEC encomendaron al Consorcio Colombiano y a la firma asesora Chas T. Main International Inc. de Boston la evaluación del potencial hidroeléctrico del río La Miel y hoyas vecinas y la identificación de los proyectos que se podrían construir para desarrollar este potencial.

En cumplimiento de la Etapa A el Consorcio efectuó reconocimientos de campo e investigaciones preliminares que permitieron identificar cuatro proyectos mayores, dentro de un total de quince posibles desarrollos. Dos de estos proyectos corresponden a la hoya del río La Miel y se denominan Miel I y Miel II respectivamente.

El proyecto Miel I está situado aguas abajo de la confluencia de los ríos Moro y La Miel, en las vecindades de la población de Norcasia; el proyecto Miel II está situado en el tramo superior del mismo río, aguas abajo de la desembocadura del río Pensilvania. Los otros dos proyectos mayores se denominaron Butantán, situado sobre el curso inferior del río Sa

maná Sur y Samaná Medio, aguas arriba de éste.

Para proseguir los estudios bajo la etapa B del contrato, el ICEL y la CHEC decidieron prescindir de la asesoría de la firma extranjera Chas T. Main International Inc. por diversos problemas de índole fiscal y en cargaron al Consorcio Colombiano la ejecución de los estudios de pre factibilidad y factibilidad del proyecto Miel II en un plazo de 18 meses y de factibilidad del proyecto Miel I en un plazo de 12 meses, teniendo en cuenta que para este sitio ya existía información adecuada que permitía suprimir la etapa de prefactibilidad.

1.3 ALCANCE DE LOS TRABAJOS

De acuerdo con lo establecido en los términos de referencia del Contra to 3200-A, el Consorcio se comprometió a elaborar el Estudio de Fac tibilidad Técnica del Proyecto Miel I, dentro de los doce meses siguien tes a la legalización del contrato.

Los trabajos de la Etapa B incluyen los siguientes estudios:

- Estudio de hidrometeorología y sedimentos.
- Trabajos de geodesia y topografía.
- Estudios de geología, sismología, suelos y materiales, de construc ción.
- Determinación de precios unitarios.
- Esquemas alternativos y presupuestos.
- Estudios de generación y potencia
- Estudios ecológicos y socioeconómicos
- Vías de comunicación.
- Programa de construcción.

Este estudio por lo tanto se limita a determinar la factibilidad técnica de el proyecto y no se incluyen la evaluación de sus beneficios ni la de sus aspectos económicos.

1.4 ESTUDIOS ANTERIORES

Desde el año de 1960 la Central Hidroeléctrica de Caldas, CHEC, ha ve nido estudiando el aprovechamiento hidroeléctrico en el Departamento de Caldas y especialmente en la hoya de los ríos La Miel, Guarinó y Sa

maná Sur.

Los resultados de estos estudios han quedado consignados en los informes siguientes:

- Proyecto de Tres Ríos y Risaralda - Informe Preliminar - SYNDIBEL, 1967.
- Posibles Fuentes de Energía Hidroeléctrica en el antiguo departamento de Caldas, CHEC, mayo de 1971.
- Proyecto La Miel - Informe Preliminar - SYNDIBEL, 1971.
- Desarrollo Hidroeléctrico del Río La Miel, trabajos ejecutados por CHEC y Programa General de Estudios, CHEC, diciembre 1973.
- Desarrollo Hidroeléctrico del Río La Miel y sus afluentes - Informe General - CHEC, diciembre 1974.
- Estudio del Sistema Eléctrico, Mejía Villegas Ltda., 1976.

Además de los estudios anteriores, como se explicó anteriormente, el Consorcio durante la Etapa A de los estudios elaboró el informe: "Informe sobre identificación y evaluación de posibles aprovechamientos Hidroeléctricos" presentado en enero de 1977.

1.5 COLABORACION DE ASESORES EXTRANJEROS

El ICEL, la CHEC y el Consorcio Colombiano consideraron conveniente la vinculación de diversos consultores extranjeros de reconocida capacidad y autoridad en cada uno de sus campos de especialización. Durante la etapa B de los estudios se contó con la colaboración de los siguientes profesionales:

- En Hidrología, el doctor Jaime Amorocho, profesor de la Universidad de California en Davis.
- Doctor Jaime Saldarriaga, Ph.D. de la Universidad de Colorado, quien ejerce actualmente en Colombia como Consultor Independiente.

- En Geología, el doctor Richard E. Goodman, profesor de la Universidad de California, en Berkeley.
- En presas y Esquemas Básicos, el doctor Raúl Marsal, profesor de la Universidad Nacional Autónoma de Mexico, investigador del Instituto de Ingeniería adjunto a la Universidad y diseñador de numerosas presas de plantas hidroeléctricas Mexicanas.

CAPITULO 2

Descripción general del proyecto

CAPITULO 2

DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

2.1 INTRODUCCION

En este capítulo se describen las características generales del área objeto del estudio de factibilidad, se resumen las obras que componen el proyecto, y se presenta una somera información sobre la hidrología y geología del proyecto Miel I.

En capítulos posteriores de este mismo volumen se amplía la información relacionada con el proyecto y en los Apéndices se detallan los trabajos efectuados durante los estudios y se presentan los resultados obtenidos que han sido la base para la elaboración de los esquemas y soluciones de ingeniería del proyecto.

2.2 LOCALIZACION

El proyecto está situado en el Departamento de Caldas sobre la vertiente oriental de la Cordillera Central. La presa está localizada aguas abajo de la confluencia de los ríos Moro y La Miel, a unos 40 km de su desembocadura en el río Magdalena. Este sitio se encuentra cerca de la población de Norcasia situada a 40 km al norte de La Dorada, como se muestra en la Figura 1.

Geográficamente, el área del proyecto está comprendida entre las coordenadas $5^{\circ}10'$ y $5^{\circ}20'$ de latitud norte y $74^{\circ}38'$ y $75^{\circ}18'$ de longitud oeste. La elevación del proyecto sobre el nivel del mar está entre 210 m para la casa de máquinas y 445 m para el embalse. En la zona torrida estas elevaciones corresponden a clima cálido.

Con respecto a los mayores centros de consumo de energía eléctrica, Bogotá, Cali y Medellín, el proyecto La Miel está estratégicamente ubicado muy cerca al centro geométrico de estos tres vértices lo cual representa una ventaja en transmisión.

2.3 CARACTERISTICAS DEL SITIO

El proyecto Miel I desarrolla la última parte del río del mismo nombre y está localizado a unos 30 km de su desembocadura al río Magdalena. La planta aprovechará además de la altura de presa el salto natural del río que corresponde a las últimas estribaciones de la Cordillera Central antes de que el curso del río corra por las planicies del valle del Magdalena.

En el sitio del proyecto el caudal del río está formado por los aportes de los ríos Moro y La Miel y el sitio de presa se ha localizado inmediatamente aguas abajo de la confluencia de estos dos ríos. El sitio de presa es una estrechura notable muy simétrica, en forma de V, cubierta por vegetación de árboles grandes y con pendientes transversales muy pronunciadas de 50° aproximadamente.

Desde el sitio de presa hasta la desembocadura del túnel de fuga el cañón del río La Miel mantiene su forma en V, es estrecho y muy profundo; por la margen derecha del cañón sube hasta la cota 650 aproximadamente y por la margen izquierda a la cota 700, elevación ésta donde se encuentra la población de Norcasia. El remate del cañón forma unas planicies relativamente anchas especialmente en la margen derecha, y que suben lentamente con el río hasta encontrar el pie de la cordillera formando lo que en geología se llama penellanura.

El río en el sitio de presa tiene la cota 270 y en el sitio de desfogue del canal de fuga tiene la cota 219.5 manera que la cabeza natural es de 52 m en una longitud de 4 km aproximadamente lo que representa una pendiente ligeramente mayor al 1%. Desde el punto de fuga hacia aguas abajo la pendiente se reduce a 0.5% y posteriormente a 0.3%.

2.4 ACCESOS

El proyecto Miel I es privilegiado con respecto a accesos ya que además de carreteras, cuenta con vías de comunicación fluviales, ferroviarias y aéreas. En este momento se puede llegar por carretables a ambos estribos de la presa y al sitio de descarga del túnel de fuga. En esta forma las vías permanentes por construir tienen solamente una longitud de 14 km y consisten en adecuación del carretable de 9 km a la zona de campamentos sobre el estribo derecho de la presa a partir de la Hacienda El Bosque, k 34 de la vía Dorada-Norcasia; un ramal de 3.6

km al túnel de acceso a casa de máquinas de 1 km con un puente de 45 m de luz sobre el río La Miel; un ramal de 0.8 km y un túnel de 0.5 km de acceso al rebosadero. Estas carreteras propuestas se muestran en la Figura 8 de este informe.

La distancia de Bogotá al proyecto es de 225 km por la carretera Bogotá-Honda-Sonsón-Medellín, de los cuales 185 km son pavimentados. La distancia desde Manizales por la vía a Mariquita es de 210 km, 170 de los cuales son pavimentados.

Además de los accesos mencionados, La Dorada cuenta con transporte fluvial por el río Magdalena y de ferrocarril, que para la etapa de construcción del proyecto serán de vital importancia. El ferrocarril comunica con el puerto más comercial de la Costa Atlántica, Santa Marta.

La población de Mariquita, localizada 95 km al sur del proyecto, tiene un aeropuerto que cuenta con vuelos comerciales a Bogotá y Medellín.

2.5 HIDROLOGIA

Las principales características hidrológicas del proyecto que se describen a continuación se presentan en la Figura 2 y se explican detalladamente en el Capítulo 4.

La hoya hidrográfica del proyecto es 770 km², limita por el oeste y el sur con la cuenca del río Guarinó y por el norte con la hoya del río Samaná. En la cuenca se presentan elevaciones que van de los 3500 m en su parte alta hasta los 200 m en la confluencia con el río Magdalena.

La precipitación media anual de la hoya es de 5000 mm. El año hidrológico presenta dos períodos lluviosos que corresponden a los meses de marzo a mayo y de octubre a diciembre, y dos períodos secos que corresponden a los meses de enero y febrero y de junio a agosto.

El caudal medio del río La Miel en el sitio de presa es de 85.4 m³/s, con promedios mensuales máximo y mínimo de 184 m³/s en noviembre y 42 m³/s en febrero respectivamente.

La creciente máxima probable determinada para el diseño del vertedero es de 7700 m³/s y la creciente de desviación para una frecuencia de uno en 25 años es de 1500 m³/s.

El volumen anual de sedimentos se estima en 860.000 m³.

2.6 GEOLOGIA Y SISMOLOGIA

El proyecto Miel I se localiza en la parte baja del flanco oriental de la Cordillera Central de Colombia donde se distinguen dos sistemas geológicos principales:

- Un complejo metamórfico (Pzm) de edad Paleozoico Inferior - Mesozoico Inferior intruído por rocas plutónicas de edad pre-terciaria. - Este complejo constituye la penellanura del flanco oriental de la Cordillera Central.
- Estratos litificados de la base del Terciario (Tih) y depósitos cuaternarios no consolidados yacen discordantemente sobre el complejo metamórfico. El espesor tanto del Terciario como del Cuaternario aluvial aumentan en dirección al este hacia el valle del río Magdalena.

El estilo tectónico de la región lo definen cinturones metamórficos replegados cuyos ejes se desarrollan en una dirección principal sur-norte y que quedan limitados por fallas direccionales de rumbo similar o sur-este-noroeste. Descuellan por su importancia regional las fallas de Jetudo y Mulato que se desplazan al este del área y la falla de Palestina y sus fallas satélites al oeste.

La zona del embalse está constituida por varias unidades del Complejo Metamórfico: esquisto filítico-grafítico, esquisto verde, migmatita, etc. e intrusiones de cuarzo-diorita al sur. Gran extensión del área está cubierta por depósitos cuaternarios de origen diverso cuyo espesor varía entre 2 y 30 m, aproximadamente. El embalse presenta una buena condición de impermeabilidad tanto por la composición mineralógica de la roca metamórfica y de los ígneos como por la ausencia de horizontes calcáreos bajo el área inundada.

En la zona de las obras la intrusión de un cuerpo plutónico, el Stock de Norcasia, separa dos zonas de roca metamórfica cuyas estructuras y composición mineralógica muestran algunas diferencias.

En el sitio de la presa y la central subterránea, las diaclasas constituyen la discontinuidad más frecuente que afecta tanto al Complejo Meta

mórfico como a las rocas ígneas. Se han registrado varios sistemas, siendo el más importante el que tiene un rumbo general este-oeste, sistema que controla en buena parte el curso del río La Miel.

Los estudios de sismicidad determinaron que para la zona de las obras se puede esperar aceleraciones del orden de 0.25 g horizontal y 0.15 g vertical.

2.7 MINERIA

No existe explotación minera en el área inundada por el proyecto Miel I. En la zona aguas abajo de la presa se explotan dos horizontes de mármol cerca de Puente de Hierro y hay un beneficio de aluviones auríferos de menor cuantía que gente de la región trabaja temporalmente.

Tampoco se encontraron manifestaciones de uranio ni en el área de las obras ni en la zona de inundación del embalse.

2.8 DESCRIPCION DEL PROYECTO

En la ejecución del estudio se consideraron varias alternativas de desarrollo y se estudiaron las alternativas de presa de arco, presa de enrocado con núcleo impermeable y presa de enrocado con pantalla de concreto. Siendo ésta última la más aconsejable desde el punto de vista técnico.

Así mismo, para el proyecto con presa de enrocado y pantalla de concreto se estudiaron los diferentes esquemas y se evaluaron los presupuestos para diferentes niveles de embalse máximo y para distintos factores de planta, con el fin de establecer la función que permita determinar sus características óptimas.

A continuación se describen brevemente las obras del proyecto para una cota de embalse máxima de 445 y un factor de planta de 0.5. En el Capítulo 3 se presenta una descripción detallada de las componentes de el proyecto, las cuales se muestran en las Figuras 8 a 15.

La presa con cresta en la cota 450, creará un embalse con un volumen total de 570 Mm³ de los cuales 430 Mm³ comprendidos entre las cotas 445 y 390 se utilizarán para generación. El área inundada será de 12 km².

La presa será de enrocado con cara de concreto, tendrá un volumen de 7.3 Mm^3 y una altura de 180 m. Los taludes de aguas arriba y aguas abajo serán de 1.5H: 1.0V.

La central subterránea localizada cerca del eje de la presa en la cota 210 tendrá una capacidad instalada de 324 mw y alojará tres unidades de generación de 108 mw cada una. El salto bruto máximo será de 225.5 m y el caudal de diseño 170 m^3/s .

Tres túneles y pozos de carga independientes con longitud de 220 m cada uno y un diámetro de 3.5 m conducen el agua a la central que está localizada 60 m por debajo del nivel del río. Un túnel de fuga de 8.8 m de diámetro restituirá el agua al río 3.9 km aguas abajo de la central.

El rebosadero estará localizado en la margen derecha y constará de un canal de aducción, una estructura de control con cuatro compuertas radiales y la descarga se hará por dos túneles de 11 m de diámetro con 460 m y 520 m de longitud.

La central estará conectada con la subestación de La Enea, en Manizales, por medio de una línea de transmisión de 230 kv de doble circuito, y 100 km de longitud, siendo posible la construcción de otra línea conectada con las subestaciones de La Dorada y La Victoria, del sistema de interconexión nacional.

2.9 POTENCIA Y ENERGIA

Los estudios para evaluar la energía firme, la energía secundaria, la energía promedio, la potencia continua, la potencia confiable y la capacidad instalada del proyecto se efectuaron para tres niveles máximos de embalse 430, 445 y 460 y para cada uno de ellos se utilizaron factores de planta de 0.4, 0.5 y 0.6, de acuerdo a los criterios que se presentan en detalle en el Apéndice B.

Los estudios se basaron en la secuencia hidrológica que tiene un 94% de probabilidad de ser excedida en un año cualquiera, obtenida a partir de las series de caudales medios mensuales generados estocásticamente. Con esta secuencia se determinaron la energía firme, potencia continua, potencia confiable y capacidad instalada.

Para la operación del embalse a largo plazo se utilizó una secuencia hidrológica estocástica de 50 años, correspondiente a la vida útil del proyecto, con la cual se determinaron la energía promedio y la energía secundaria de las tres alternativas.

Para el nivel máximo del embalse a la cota 445 la capacidad confiable es de 220 mw, la capacidad instalada de 324 mw y la energía firme de 964 gwh/año. En el Cuadro 2.1 que se presenta a continuación se muestran los resultados obtenidos para los niveles máximos de embalse estudiados.

CUADRO 2 - 1

POTENCIA, ENERGIA Y COSTOS DE CONSTRUCCION

Nivel Máximo de Embalse nsnm	Factor de Planta fp	Capacidad Confiable mw	Capacidad Instalada mw	Energía Firme gwh/año	Energía Promedio gwh/año	Costo Total de Construcción Millones US\$
430	0.4	200	265	700	1313	187
	0.5	160	122	700	1313	178
	0.6	133	177	700	1313	171
445	0.4	275	405	964	1410	227
	0.5	220	324	964	1410	213
	0.6	183	270	964	1410	204
460	0.4	325	530	1140	1507	256
	0.5	260	424	1140	1507	239
	0.6	217	353	1140	1507	227

CAPITULO 3

Descripción de las obras

CAPITULO 3

DESCRIPCION DE LAS OBRAS

3.1 INTRODUCCION

En este estudio de factibilidad se analizaron alternativas de nivel máximo de embalse a las cotas 430, 445 y 460, cada una para factores de planta de 0.4, 0.5 y 0.6. El esquema que se presenta en este informe es similar para cualquiera de las alternativas analizadas, las cuales se dimensionaron para las distintas capacidades de planta.

Se analizó además el número de unidades que se deberían instalar en la central y se llegó a la conclusión de que tres unidades es el número más adecuado.

En el Apéndice B se presentan los costos unitarios de potencia y energía de las alternativas estudiadas y en el Apéndice G los presupuestos detallados.

En este Capítulo se describe el esquema del proyecto para un nivel máximo de embalse a la cota 445, para un factor de planta de 0.5 y una capacidad instalada de 324 mw.

En la Figura 8 se muestra la disposición general de las obras y en las Figuras 9 a 15 los diferentes componentes del proyecto con sus detalles respectivos. En el Cuadro 3.1 se presenta la información básica.

3.2 PRESA

3.2.1 Alternativas Estudiadas

Se estudiaron las alternativas de presa de arco, presa de enrocado con núcleo impermeable y presa de enrocado con cara de concreto. La de la presa de arco se descartó teniendo en cuenta principalmente las condiciones geotécnicas desfavorables y las características de sismicidad de la región donde se presentan aceleraciones horizontales por encima de los límites aconsejables para este tipo de presa y además el alto costo del tratamiento de los estribos por excavación de roca indeseable y por inyecciones y concretos dentales.

La segunda posibilidad de presa de enrocado con núcleo impermeable, se descartó, considerando que los materiales impermeables disponibles en la zona son limos de baja plasticidad, muy susceptibles a la erosión interna, de difícil compactación debido a su alto contenido de humedad y que en general no presentan las características necesarias para garantizar la estabilidad de este tipo de obras.

Se adoptó la tercera posibilidad, una presa de enrocado con cara de concreto cuyas características principales se presentan más adelante.

En el Apéndice F se discute en más detalle la escogencia del tipo de presa.

3.2.2 Alturas de Presa Estudiadas

Se estudiaron presas con alturas de 165 m, 180 m, y 195 m, alturas que sobrepasan entre un 10 y un 30 por ciento la de las presas más altas del mundo de este tipo, cuyas alturas están alrededor de los 150 metros. Se ha estimado prudente no superar los precedentes por encima de los porcentajes mencionados. No se consideraron presas de alturas inferiores puesto que debido a las características topográficas del embalse, por debajo de la cota 430 el volumen útil se reduce drásticamente disminuyendo en forma sustancial las posibilidades de generación del proyecto.

La decisión final sobre la altura óptima de la presa será la resultante del análisis económico del proyecto dentro del sistema eléctrico que vaya a servir.

3.2.3 Esquema de Presa Adoptado

El emplazamiento del eje de la presa está impuesto por condiciones topográficas; se localizó en el sitio más estrecho del cañón para obtener el menor volumen de terraplén. Hacia aguas arriba el emplazamiento está limitado por la confluencia de los ríos Moro y La Miel y hacia aguas abajo por una ampliación notable del cañón.

El cuerpo principal de la presa estará constituido por una zona única de enrocado con tamaños máximos de 30" y que sería compactado con rodillos vibratorios pesados. En el talud de aguas arriba se ha proyec

tado una zona de gradación especial con máximos tamaños de 4" a 6" y un ancho de 5 m que sirva de apoyo a la placa de concreto y a la vez que sea una barrera semipermeable en caso de eventuales filtraciones. Ambos taludes de la presa se proyectaron con pendiente de 1.5:1 te niendo en cuenta las experiencias en presas de altura similar y las ca racterísticas de los materiales estudiados para enrocado.

Al pie del talud de aguas abajo se ha previsto la construcción de un pe draplén con grandes bloques de roca que servirán de protección a la presa durante descargas del rebosadero.

La cara de concreto se ha diseñado con un espesor variable, de 0.30 m más 0.003 veces la cabeza hidrostática, espesor que es similar al de las presas más altas construídas hasta el presente. En el contorno de la losa y de acuerdo con el diseño actual, se ha proyectado una lo sa perimetral de ancho variable contra los estribos y en la cual rema tará la losa de concreto. Se han previsto además, en la placa de con creto, juntas de contracción verticales espaciadas cada 15 m y juntas horizontales y verticales de construcción cerca a la periferia.

La ataguía para desviación será también enrocado con un reves timiento en la cara de aguas arriba de concreto neumático.

El material para la construcción de la presa procederá de las rocas ig neo-metamórficas que afloran en la margen izquierda del río Moro , cerca al sitio de la presa.

Los estribos y fundación de la presa están conformados por rocas me tamórficas consistentes en esquistos cuarzo feldespáticos de estructu ra néisica de un alto grado de metamorfismo. Las características de la roca del sitio de presa fueron determinadas mediante perforaciones, galerías y reconocimientos geológicos.

En las Figuras 9 y 10 se muestra la planta de la presa, sus cortes y detalles.

Para la fundación de la presa se excavará el aluvión del fondo del río y se excavarán los estribos a lo largo del contacto con la cara de con creto para el empotramiento de la losa perimetral.

Para evitar filtraciones a través de los estribos y por la base de la pre sa se construirá una cortina de inyecciones en el contacto de la cara

de concreto con los estribos; la orientación de las inyecciones será tal que intercepten los planos de foliación y diaclasamiento.

La cortina de inyecciones de la presa se ha previsto que se extienda en ambos estribos por medio de galerías de inyección que a la vez servirán como drenaje.

En el estribo derecho se han proyectado dos galerías de inyecciones superpuestas una superior pasando por la gola del rebosadero y una inferior 60 m más bajo formando una pantalla que conecta finalmente con la cortina de la presa.

En el estribo izquierdo se han proyectado tres galerías de inyección superpuestas, con diferencias de nivel de 60 m una de otra para formar una pantalla frente a la casa de máquinas subterránea y que conecta con una cortina radial de inyecciones efectuada desde los conductos de carga en el sitio donde se inicia la zona blindada.

Teniendo en cuenta las altas presiones de agua freática detectadas en una de las perforaciones del estribo izquierdo, se considera de suma importancia el drenaje de los estribos; desde las mismas galerías de inyección se perforarán huecos de drenaje para aliviar la presión hidrostática en la estructura del rebosadero, en los conductos blindados, y cortar el flujo de agua que pueda pasar a través de la cortina de inyecciones.

En la Figura 11 se muestra la cortina de inyecciones de la presa y las galerías de inyección y drenaje en ambos estribos.

3.3 TUNEL DE DESVIACION Y DESCARGA DE FONDO

Las obras de desviación se han diseñado para manejar una creciente de 1500 m³/s que corresponde a un período de retorno de una vez en 25 años. La ataguía, de 34 m de altura, se ha localizado inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los ríos Miel y Moro, a una distancia de la presa que permita ejecutar cómodamente los trabajos de excavación y limpieza en el cauce del río.

El túnel de desviación se ha localizado en la margen derecha del río por razones topográficas y se excavará a través de los esquistos cuarzo-feldespáticos que afloran en el sitio de presa. Tendrá una longitud

de 890 m y una pendiente de 2.25% y sección en herradura de 9.5 x 9.5 metros con la solera en concreto y revestimiento de concreto neumático en las paredes y la bóveda.

Una vez terminadas las obras de la presa, se colocará una válvula Howell-Bunger dentro del túnel de desviación, instalada a continuación de el tapón de concreto, para desocupar el embalse y permitir la inspección y eventual reparación de la cara de concreto de la presa.

3.4 REBOSADERO

Se ha escogido para la construcción de esta estructura la margen derecha porque proporciona un mejor alineamiento con la dirección general del río y se aprovecha una zona relativamente plana para la zona de impacto de las descargas.

El rebosadero constará de un canal de aducción y una estructura de concreto a la cota 427 con cuatro compuertas radiales de 18.0 m de altura y 9.0 m de ancho. Inmediatamente después de la estructura de control, la descarga se hará por medio de dos túneles de 11 m de diámetro, 460 m y 520 m de longitud respectivamente. En los primeros 150 m la pendiente de los túneles es de 50% para imprimirle velocidad al agua y posteriormente continúa con una pendiente del 4% hasta el deflector donde la descarga salta al cauce del río La Miel.

La creciente máxima probable es de 7700 m³/s, la cual será amortiguada a 5800 m³/s mediante el almacenamiento de 40 Mm³ entre las cotas 445 y 448.2, intervalo este que corresponde a la mitad del borde libre.

La estructura del vertedero y los túneles se excavarán en los esquistos metamórficos que afloran en el sitio de presa.

Se ha adoptado el diseño del rebosadero en túnel debido a que un canal abierto implicaría excavaciones de más de 200 m de altura con altos riesgos de inestabilidad de taludes y costos excesivos de construcción.

En la Figura 12 se muestra la planta, cortes y detalles del rebosadero.

3.5 EMBALSE

El embalse creado por la presa tendrá una longitud de 21 km e inundará 12 km².

La capacidad total del embalse hasta el nivel máximo previsto en la creciente (cota 448.2) es de 610 Mm³; de esta capacidad 140 Mm³ corresponden a embalse muerto, 430 a embalse útil para regulación y 40 a embalse útil para amortiguación de crecientes.

En los análisis de desembalse efectuados para la optimización de la generación, se determinó como nivel mínimo de operación la cota 390. El embalse muerto fijado por esta cota tiene un volumen de 140 Mm³ suficiente para almacenar el aporte total de sedimentos, el cual se ha estimado en 43 Mm³ para un período de 50 años.

3.6 CAPTACION Y CONDUCCION

3.6.1 Bocatoma

Para evitar interferencias de construcción y eliminar posibles derrumbes sobre las tomas ocasionados por la construcción del rebosadero, éstas están localizadas en la margen izquierda del río. Topográficamente y geológicamente el patio de operación para las tomas y el acceso a las compuertas es favorable. Se han considerado tomas independientes para cada unidad con el fin de simplificar la construcción eliminando el distribuidor subterráneo y permitir la inspección y posibles reparaciones en la totalidad de los túneles de carga.

La bocatoma consiste en un patio de aducción a la cota 380 y una estructura de concreto con rejas metálicas inclinadas; estará provista de tres compuertas de operación con sus correspondientes de emergencia y además tablonces de cierre para permitir la inspección de las guías y compuertas sin desocupar el embalse y que además garantizan una protección satisfactoria de las unidades.

En la Figura 14 se muestran los cortes y detalles de la bocatoma.

3.6.2 Túneles de Carga

Los túneles de carga, uno para cada unidad, consisten en un tramo su

perior horizontal de 30 m de longitud, un pozo vertical de 165.5 m de altura y un túnel inferior horizontal de 35 m que serán excavados a través de los esquistos metamórficos que afloran en el sitio de presa. El túnel superior, el pozo y el tramo del túnel inferior aguas arriba de la cortina de inyecciones estarán revestidos de concreto. El tramo de aguas abajo de la cortina llevará un blindaje de acero. El diámetro de los túneles de carga será de 3.5 m y de 3.0 en la zona blindada. En la Figura 14 se muestran cortes y detalles de los túneles de carga.

3.6.3 Túnel de Fuga

Los caudales utilizados por la central serán restituidos al río La Miel por medio de un túnel de 3980 m de longitud con contrapendiente de 0.13 por ciento hasta la abscisa 3730 y 2% en el tramo restante hasta el portal de salida; el túnel está diseñado para operar con la sección llena pero a baja presión.

El túnel atravieza en los primeros 550 m los esquistos metamórficos que afloran en el sitio de presa; posteriormente en una longitud de 1900 metros pasa por las cuarzodioritas del Stock de Norcasia. El tramo restante cruza por una sucesión de cuarcitas y esquistos de bajo grado de metamorfismo.

El túnel tendrá una sección en herradura con paredes verticales de una altura de 8.80 m y un radio de la bóveda de 4.40 m; llevará una solera en concreto y revestimiento de concreto neumático en los tramos que atraviecen rocas muy fracturadas y requieran este tipo de soporte; se estima que la sección revestida será de un 20%.

El nivel de la solera en el portal de salida asegura que el túnel funcione a presión para los diferentes estados del río.

En la Figura 8 se muestra el túnel en planta y en un corte longitudinal.

3.7 CENTRAL

Las obras subterráneas de la central comprenden el túnel de acceso, las cavernas de máquinas y transformadores, la cámara de oscilación y la galería de cables.

Estas obras están localizadas en la margen izquierda y serán excavadas en los esquistos cuarzo-feldespáticos de alto grado de metamorfismo que se considera una roca más competente que la diorita y en general esta menos sujeta a fenómenos de meteorización profunda. La orientación de los ejes de las cavernas de casa de máquinas, de transformadores y de cámara de oscilación se determinó basados en la dirección de la esquistocidad y de los principales sistemas de diaclasamiento de la roca. La caverna de máquinas se localizó lo más cerca posible del eje de la presa para reducir al mínimo la longitud del blindaje del túnel de carga y obtener además una mejor operación de las turbinas.

En la Figura 9 se muestra en planta la localización de la central subterránea y sus componentes y en las Figuras 14 y 15 se indican los cortes y detalles.

3.7.1 Túnel de Acceso

El acceso a la casa de máquinas se hará por un túnel de 1000 m de longitud, de una sección útil de 6.50 de alta por 6.50 de ancho y una pendiente del 7%. Las dimensiones se fijaron teniendo en cuenta el tamaño de los equipos. El túnel llevará pavimento de concreto y será parcialmente revestido con concreto neumático.

3.7.2 Cavernas de Máquinas y Transformadores

La caverna de máquinas tendrá una longitud de 61 m, un ancho de 16 m y una altura máxima en los pozos de las turbinas de 38.70 m; en esta se alojarán tres grupos de generación y contará con un espacio libre para zona de montaje y sala de control.

El nivel del piso de montaje será la cota 225.50 y el nivel inferior de los pozos de turbinas la cota 204.80

Aguas abajo de la caverna de máquinas se construirá una caverna para alojar los transformadores, con piso al nivel 225.50, la cual tendrá una altura de 14 m y un ancho de 13 m. Esta caverna se comunicará con la superficie, cerca de la cota 400, por medio de una galería con 30% de pendiente por la cual se sacarán las líneas de 230 kv que irán al patio de conexiones.

Las barras entre los generadores y los transformadores se llevarán por galerías inclinadas, una para cada grupo de 20 m de longitud, 3 m de ancho y 3.50 de altura.

Para lograr la estabilidad de las paredes y la bóveda de las cavernas se han previsto pernos de anclaje y malla recubierta con concreto neumático.

3.7.3 Cámara de Oscilación

La cámara de oscilación está localizada aguas abajo de la caverna de transformadores y servirá de colector de los conductos de fuga de las unidades, además de evitar, en caso de un cierre brusco de las turbinas, el fenómeno de golpe de ariete, y asegurar cuando se abre bruscamente una turbina, que la masa de agua contenida en el túnel de fuga adquiere rápidamente la velocidad necesaria.

La cámara es una caverna de 55 m de longitud, 15 m de ancho y 43 m de altura, cuyas paredes y bóveda irán protegidas con pernos de anclaje y malla cubierta con concreto neumático.

3.7.4 Equipos

La caverna de máquinas alojará tres grupos de generadores de 108 mw cada uno.

Las turbinas serán del tipo Francis de eje vertical y 300 rpm.

El caudal nominal será de 57 m³/s por unidad y el salto neto nominal de 218 m.

Los generadores serán sincrónicos de polos salientes y voltaje de 13.8 kv y con enfriamiento convencional por aire y agua.

Los transformadores de potencia serán monofásicos, aislados con aceite y con enfriamiento FOW. Por cada generador habrá un banco de tres transformadores con una capacidad de 45 mva por unidad.

3.7.5 Ventilación de la Central

La ventilación se hará a través del pozo de cables y del túnel de acceso. El aire entrará por la galería de cables a una planta de ventilación y enfriamiento situada en la galería de transformadores, de donde se distribuirá por medio de ductos, a los transformadores y a los diferentes niveles de la caverna de máquinas, de donde será evacuado finalmente por el túnel de acceso.

3.7.6 Patio de Conexiones

El patio de conexiones estará localizado en la margen derecha del río en una vega 500 m abajo del pie de la presa y se construirá sobre un relleno de roca compactada procedente de la excavación de los túneles, 25 m por encima del nivel del río, a la cota 280 para asegurar una protección adecuada contra la descarga máxima del rebosadero. Tendrá una extensión de 150 m de largo por 60 m de ancho.

3.8 SISTEMA DE POTENCIA Y DIAGRAMA UNIFILAR

Para la definición de los módulos que determinan el diagrama unifilar de la central y del patio de conexiones, lo mismo que el sistema de conexión con la subestación de La Enea en Manizales, se estudió el sistema de potencia desde los puntos de vista de su configuración y de su dimensionamiento. Se consultaron los estudios de expansión del sistema, a nivel de la CHEC, del ICEL y de ISA.

Se analizaron cuatro alternativas de configuración del sistema de potencia del oriente de Caldas afectados por el proyecto de La Miel. Se eligió la configuración más conveniente, en función del estudio comparativo de costos y del grado de suplencia del sistema.

Se utilizaron para el dimensionamiento de las líneas valores determinados por sus capacidades naturales a la tensión nominal (SIL) para garantizar la estabilidad del sistema en base al número y tamaño de las unidades de generación elegidas.

En función del estudio del sistema de potencia, se definieron los módulos de la central subterránea y del patio de conexiones.

Se eligió como configuración básica para el patio de conexiones la de barraje principal y barraje de transferencia.

Con la configuración elegida y los módulos definidos se determinó finalmente el diagrama unifilar de la central subterránea y del patio de conexiones, el cual se muestra en la Figura 16.

3.9 TRANSMISION

En función del estudio del sistema de potencia y del estudio de alternativas de transmisión de energía, se determinó la necesidad de una línea de 230 kv, doble circuito, que unirá dos módulos del patio de maniobras de La Miel I, directamente con dos módulos de la subestación La Enea, en Manizales.

La línea de transmisión de 2 x 230 kv tendrá una longitud de 100 km y aprovechará la ruta de la actual línea Manizales-La Dorada de 115 kv, en la zona quebrada, conformando con ella un corredor de líneas que puede poblarse en función de los proyectos de Miel II y demás proyectos de las hoyas vecinas.

3.10 ENERGIA PARA CONSTRUCCION

La energía para construcción será suministrada por la línea existente de 34.5 kv La Dorada-Norcasia con capacidad aproximada adicional de 5 mw durante las horas pico. Su capacidad actual no es totalmente aprovechable debido a que La Dorada 115 kv constituye un barraje crítico del sistema CHEC; pero gracias al refuerzo Mariquita-La Victoria previsto en el plan de expansión del ICEL para 1980, tal restricción desaparecerá durante el período de construcción.

3.11 CARRETERAS

Al sitio del proyecto se llega por la carretera La Dorada-Norcasia como se muestra en las Figuras 1 y 3. Del K34 de esta carretera se desprende la vía a Pradera, desde donde tendrá que construirse un ramal de 3.6 km, con un puente sobre el río La Miel, al portal del túnel de acceso a casa de máquinas. Para llegar al sitio de presa se construirá otro ramal de 800 m y un túnel de 500 m. Estas vías se indican en la Figura 8.

3.12 CAMPAMENTOS Y SERVICIOS

Se escogió como sitio de campamentos para construcción la planicie situada sobre la margen derecha del embalse localizada a unos 2.5 km de la presa; se seleccionó este sitio con el propósito de que una vez terminadas las obras puedan utilizarse con fines turísticos. Su ubicación se muestra en la Figura 8.

En los campamentos además de las áreas necesarias para vivienda, bodegas y talleres se consideraron las zonas de recreación y servicios.

Se contempló igualmente toda la infraestructura de servicios, energía acueducto, alcantarillado, etc. necesaria para su correcto funcionamiento en el período de construcción del proyecto, así como para su posterior utilización.

CUADRO 3-1
 PROYECTO MIEL I
 INFORMACION BASICA

1. POTENCIA Y ENERGIA

Potencia continúa	110 mw
Capacidad confiable	220 mw
Capacidad instalada	324 mw
Energía firme	964 gwh/año

2. NIVELES PRINCIPALES

Presa

Parapeto	451.0 m
Cresta	450.0 m
Fondo del río	270.0 + m
Cresta ataguía	312.0 m

Embalse

N.A. máximo extraordinario	448.2 m
N.A. máximo normal	445.0 m
N.A. mínimo	390.0 m

Eje de Turbinas

214.5 m

Nivel medio de fuga

219.5 m

3. SALTOS APROVECHADOS

Salto bruto máximo	225.5 m
Salto bruto mínimo	170.5 m
Salto de diseño	218.0 m

4. CAUDALES

Caudal medio	85.4 m ³ /s
Caudal regulado	54.0 m ³ /s
Caudal de diseño	170.0 m ³ /s
Caudal para desviación	1500 m ³ /s
Creciente máxima probable	7700 m ³ /s
Caudal de diseño del rebosadero	5800 m ³ /s

5. EMBALSE

Volumen máximo normal	570 Mm ³
Volumen útil	430 Mm ³
Volumen muerto	140 Mm ³
Volumen para amortiguación	40 Mm ³
Area	12 km ²
Nivel máximo normal	445 m
Nivel mínimo	390 m
Nivel máximo extraordinario	448.2 m

6. PRESA

Tipo: Escollera con pantalla de concreto	
Altura máxima	180 m
Volumen total	7.3 Mm ³
Talud aguas arriba	1.5 H:1V
Talud aguas abajo	1.5 H:1V
Cota de la cresta	451 m
Ancho de la cresta	11 m
Nivel máximo de embalse	445 m
Borde libre	3.5 m
Longitud de la cresta	320 m

7. OBRAS DE DESVIACION

7.1 Túnel

Longitud total	890 m
Sección	Herradura de 9.5 x 9.5 m

	Capacidad	1500 m ³ /s
7.2	<u>Ataguía</u>	
	Altura	34 m
	Tipo	Enrocado revestido con concreto neumático
7.3	<u>Descarga de Fondo</u>	
	Localización	Túnel de desviación
	Tipo	Válvula Howell-Bunger y válvula mariposa
	Diámetro	2.55 m
	Capacidad	240 m ³ /s
8.	REBOSADERO	
	Tipo	Túnel
	Longitud	460 m y 520 m
	Cota de la gola	427 m
	Sección	11 m diámetro
	<u>Compuertas</u>	
	Tipo	Radial
	Número	4
	Dimensiones	18.0 x 9.0 m
	Caudal creciente máxima	7700 m ³ /s
	Caudal de diseño	5800 m ³ /s
	Estructura de salida	Deflector
	Cota de la gola	427 m
9.	BOCATOMA Y CONDUCTOS DE CARGA	
9.1	<u>Bocatoma</u>	
	Tipo	Inclinada
	Cota	380.0

Compuertas

Tipo	Deslizante
Número	3
Dimensiones	7.0 x 3.5 m

9.2 Conductos de Carga

Número	3
Diámetro	3.5 m
Longitud	3 x 230 m
Revestimiento	Concreto

Blindaje

Longitud	22 m
Diámetro	2.5 m
Espesor	15 mm

10. CASA DE MAQUINAS

Tipo Caverna subterránea

Turbinas

Tipo	Francis
Número	3
Cota de los ejes de turbinas	214.50 m
Caudal de diseño	57 m ³ /s
Velocidad nominal	300 rpm
Eficiencia máxima	0,90
Potencia nominal por unidad	108 mw
Altura máxima de operación	225.5 m
Altura mínima de operación	168 m
Altura nominal	218 m

Generadores

Tipo	Sincrónico de polos salientes
Número de unidades	3

Velocidad nominal	300 rpm
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	13.8 kv
Eficiencia máxima	0.97
Potencia nominal por unidad	108 mw

Transformadores

Tipo	Monofásicos
Número	9
Enfriamiento	FORW
Voltajes	13.8 kv/ 230 kv

11. TUNEL DE FUGA

Tipo	Herradura
Sección	8.8 x 8.8 m
Longitud	3980 m
Revestimiento	Concreto neumático donde se requiera

12. PATIO DE CONEXIONES

Localización	Margen derecha del río
Número de módulos	3

13. LINEAS DE TRANSMISION

Tipo	Doble circuito
Longitud	100 km
Voltaje	230 kv

14. VIAS DE ACCESO

Carreteras	10 km
Túneles	1500 m
Puentes	2

CAPITULO 4

Estudios hidrológicos

4.1

4.2

4.3

4.4

CAPITULO 4

ESTUDIOS HIDROLOGICOS

4.1 GENERALIDADES

En la zona del proyecto existe una red de estaciones hidrométricas y meteorológicas cuya localización se muestra en la Figura 2, que en general tienen un registro de unos quince años de mediciones. Con base en estos datos se efectuaron los estudios hidrológicos para determinar la secuencia crítica de caudales bajos, las crecientes de diseño del rebosadero y la desviación, la sedimentación total en el embalse y los demás parámetros empleados en los diseños preliminares.

4.2 CLIMATOLOGIA

4.2.1 Clima

La geografía y la topografía de la zona producen una amplia gama de climas, distribuída en los siguientes pisos térmicos: cálido entre 180 y 1000 metros, temperaturas de 25 a 29°C y 25% del área; templado entre 1000 y 2000 metros, temperaturas de 17 a 23°C y 50% del área; frío entre 2000 y 3000 metros con temperaturas de 11 a 15°C, y páramo entre 3000 y 4000 metros con temperaturas de 7 a 11°C y 25% del área.

Los factores meteorológicos que ocasionan el régimen de las lluvias se deben a perturbaciones que se presentan entre la zona intertropical de convergencia (ITC) de los vientos alisios y la ascensión de masas de aire cuando la convección por efecto del calentamiento de la tierra es máxima.

4.2.2 Precipitación

Los valores máximos de precipitación de la hoya del río La Miel se distribuyen en dos estaciones lluviosas que corresponden a los meses de abril y mayo y de octubre y noviembre, como puede observarse en la Figura 2. El valor mínimo de precipitación se presenta en el mes de julio.

La precipitación promedia anual es de 5000 mm, pero varía notablemente, presentando fluctuaciones entre 3000 y 8000 milímetros como se muestra en el mapa de isoyetas en la Figura 2. La mayor precipitación, se presenta en la hoya del río Moro, reduciéndose drásticamente en las cuencas de los ríos Tenerife, Pensilvania y parte alta del río La Miel. La máxima precipitación diaria registrada en la hoya fué de 269 mm en Cañaveral. Las tormentas de corta duración, menores de seis horas, son las más frecuentes y las que producen el máximo escurrimiento en la hoya y en general más del 75% del total precipitado ocurre en las primeras tres horas.

4.2.3 Evaporación

La estación meteorológica de Norcasia se considera como representativa de las condiciones climatológicas de la zona de embalse. En el Cuadro 4.1 y la Figura 2 se presentan los valores medios mensuales de precipitación y evaporación donde se puede apreciar que en todos los meses las pérdidas por evaporación son cubiertas por la mayor precipitación.

CUADRO 4-1

PRECIPITACION Y EVAPORACION
Estación de Norcasia

<u>Mes</u>	<u>Precipitación media mensual mm</u>	<u>Evaporación mensual mm</u>
Enero	206	124
Febrero	176	112
Marzo	331	128
Abril	291	124
Mayo	450	128
Junio	257	142
Julio	196	158
Agosto	317	157
Septiembre	411	143
Octubre	610	130
Noviembre	578	120
Diciembre	289	124

4.3 CAUDALES

4.3.1 Registros de Caudales

Para los estudios de caudales del proyecto Miel I se utilizaron los datos de la estación limnigráfica 4-152, localizada 3.0 km aguas abajo del sitio de presa. El área de drenaje de la estación es de 770 km² y difiere únicamente en 11 km² de la del sitio de presa. Por esta razón los caudales de esta estación han sido adoptados sin correcciones como los caudales de diseño para el proyecto.

La estación 4-152 tiene 15 años de registros iniciados en marzo de 1963 y sólo presenta algunas interrupciones menores que obedecen a fallas de operación del limnógrafo. Los datos de caudales medios y la curva de calibración de la estación fueron revisados y ajustados en lo referente al método de análisis de los limnigramas, al proceso de conversión de los datos de nivel en caudal y a la extrapolación de la curva de calibración para estados altos del río.

El caudal medio del río en los 15 años observados es de 85.4 m³/s. En el Cuadro 4-2 y en la Figura 2 se presentan los caudales máximos, medios y mínimos mensuales del período con registros. Los caudales instantáneos máximo y mínimo registrados han sido 1261 m³/s y 12.8 m³/s respectivamente.

CUADRO 4-2

CAUDALES MENSUALES - m³/s

<u>Mes</u>	<u>Máximo</u>	<u>Medio</u>	<u>Mínimo</u>
Enero	141	79	42
Febrero	140	80	42
Marzo	145	81	59
Abril	124	90	54
Mayo	159	100	64
Junio	95	71	37
Julio	97	50	23
Agosto	103	58	22
Septiembre	121	74	28
Octubre	158	105	53
Noviembre	191	128	80
Diciembre	181	105	48

4.3.2 Caudales para Estudios de Generación

En vista de que 15 años de registros de caudales son un período muy corto para los estudios de generación, se desarrollaron modelos matemáticos para obtener series de caudales del río que representen su comportamiento a largo plazo.

Con los 15 años de datos mencionados anteriormente, se generaron estocásticamente series hidrológicas de 50 y 500 años por medio de un modelo autoregresivo mensual. En el modelo se utilizan las medias desviaciones estandar, asimetrías y coeficientes de correlación serial con desfase uno para cada mes, adicionando una componente aleatoria que sigue una ley de distribución Gamma y cuya media es igual a cero y la desviación estandar es igual a la unidad. Los detalles de este modelo se describen en el Apéndice A.

4.4 CRECIENTE DE DISEÑO DEL REBOSADERO

4.4.1 Creciente Máxima Probable

La determinación de la Creciente Máxima Probable (CMP) utilizada para el diseño del rebosadero se hizo calculando la Precipitación Máxima Probable (PMP) en la zona y aplicando esta tormenta sobre la hoya del proyecto, en conjunto con el hidrograma unitario.

Para determinar la PMP, se aplicó el método de Hershfield, para lo cual se estudiaron las máximas tormentas anuales correspondientes a once estaciones pluviométricas en la hoya. Las fórmulas y gráficas del método de Hershfield fueron aplicadas a estos datos produciendo una PMP de 253 mm. Los datos de precipitación horaria de cuatro estaciones en la hoya fueron utilizadas para distribuir la PMP de 24 horas en un hietograma crítico de 6 horas repartidas en dos chubascos de 84 y 169 mm cada uno de tres horas de duración y separados entre sí por un intervalo de una hora.

La creciente máxima probable (CMP) fué calculada aplicando la PMP al hidrograma unitario desarrollado para toda la hoya de Miel I, suponiendo que el primer chubasco hubiera saturado la hoya y que toda la precipitación del segundo chubasco apareciera como escorrentía superficial. La CMP así obtenida tiene un pico de 7700 m³/s y un volumen de 205.6 Mm³ en 25.5 horas.

4.4.2 Amortiguación del Embalse

Se hizo un tránsito de la CMP por el embalse, permitiendo que el nivel del agua alcanzara como máximo la cota 448.2. Con esta amortiguación, el pico de 7.700 m³/s se reduce a 5.800 m³/s, valor que se adoptó para el diseño del rebosadero.

4.5 CRECIENTE DE DESVIACION

Con base en los datos limnigráficos del período 1968-1977 de la estación 4-152 se determinaron las crecientes máximas anuales. Con dichas crecientes se ensayaron las funciones de distribución de Gumbel y Log. Pearson Tipo III, encontrándose que esta última presentaba un mejor ajuste. Para el período de construcción de las obras se adoptó una frecuencia de uno en 25 años, que corresponde a 1.500 m³/s.

4.6 NIVELES DE AGUA DE FUGA

Una vez determinado el lugar de salida del túnel de fuga, se procedió a instalar un limnómetro en este sitio y se efectuaron observaciones para diversos estados del río. Por correlación con los registros de la estación limnigráfica 4-152 se elaboró una curva de altura-caudal que incluye los caudales de operación de la central.

4.7 SEDIMENTACION EN EL EMBALSE

Los cálculos de sedimentación en el embalse están basados en mediciones de sedimentos en suspensión llevadas a cabo en la estación 4-152 a partir de febrero de 1977. Se realizaron mediciones con caudales que alcanzaron 316 m³/s y las muestras obtenidas se analizaron en el laboratorio para obtener la granulometría y los pesos específicos de los materiales escogidos. Por medio del método de Einstein-Brown, ajustado por Colby, en el que se considera el arrastre de material no medido en la capa junto al lecho del río, se estimó que el volumen total de sedimentos en el embalse sería de 860.000 m³ por año. Esta cifra corresponde a 43 millones de metros cúbicos en 50 años.

El volumen anterior, que es menor del 8% del volumen total del embalse, disminuirá notablemente con la construcción del embalse de Miel II. Por esta razón en los estudios de operación del embalse no habrá necesidad de tener en cuenta la reducción del volumen de embalse por sedimentación, además de que el embalse muerto tiene capacidad para alojar este volumen de sedimentos.

CAPITULO 5

Geologia

CAPITULO 5

G E O L O G I A

5.1 INTRODUCCION

La etapa de factibilidad del Proyecto Miel I contempló la ejecución de un programa de investigación geológica en el área de localización de las obras y del corredor de las alternativas de los túneles de carga, túnel de fuga y obras complementarias del proyecto.

El programa de Geología comprendió cuatro puntos principales:

- Trabajos geológicos de campo.
- Investigación del subsuelo con perforaciones y galerías.
- Transcripción e interpretación geológica de los datos de campo.
- Investigación micropetrográfica.

Los resultados parciales de los dos primeros items se consignaron en informes de progreso y registros de perforación elaborados mensualmente. En el Apéndice C se presenta en detalle los resultados de los estudios.

5.2 GEOLOGIA GENERAL

La emergencia del Complejo Metamórfico originada por el proceso de levantamiento de la Cordillera Central y la erosión reciente, extensa y acelerada de los estratos litificados del Terciario son el marco de la Geología Regional de la parte más oriental de tal cordillera, en la zona de transición con el valle del río Magdalena, tal como se muestra en la Figura 4. El Complejo Metamórfico presenta rocas con facies de metamorfismo moderado a alto, frecuentemente intruídas por cuerpos plútonicos de poca extensión, que a manera de cadena de apófisis son la posible manifestación de uno o varios cuerpos magmáticos relativamente cercanos a superficie. Tanto los cuerpos metamórficos como los íg

neos tienen ejes de desarrollo longitudinal de dirección sur-norte o sur-este-noroeste.

En la región de Norcasia el Complejo Metamórfico de la Cordillera Central es la mayor unidad litológica que conforma su geología. La intrusión de un cuerpo plutónico, el Stock de Norcasia, separa dos zonas de roca metamórfica cuyas estructuras y composición mineralógica muestran algunas diferencias como se muestra en la Figura 6. Al oeste del stock, el Metamórfico lo constituyen migmatita y esquisto cuarzo feldespático-biotítico, rocas de alto grado de metamorfismo, muy cristalizadas, dispuestas en posición para-vertical y orientadas en dirección general sur-norte. Al este del mismo intrusivo el metamórfico lo forman esquistos de facies verde con zonación de cuarcitas, en los cuales se han desarrollado, por tectogénesis, estructuras poco pronunciadas de tipo anticliforme y sincliforme.

El Stock de Norcasia es un cuerpo ígneo que tiene forma elíptica aproximadamente, desarrolla un eje mayor de unos seis kilómetros de longitud en dirección N20°W. El eje menor tiene cerca de 2.2 km medidos en sentido este-oeste. Aunque los contactos ígneo-metamórficos expuestos en proximidades del cauce del río La Miel son netos, se sabe por datos de la perforación T-2 que tal zona puede presentar interdigitaciones de roca ígnea y metamórfica por varias decenas de metros.

Las diaclasas constituyen la discontinuidad tectónica más frecuente que afecta tanto al Complejo Metamórfico como a las rocas ígneas. Se han registrado varios sistemas, siendo el más importante el que tiene un rumbo general este-oeste y buzamientos altos al norte y al sur, sistema que controla en buena parte el curso del río La Miel, como se muestra en las Figuras 6 y 7. La concentración de las diaclasas en algunos sectores produce "blocking" y zonas de esfuerzo de extensión hasta de 100 m medidos en sentido este-oeste.

Las fallas tectónicas de gran entidad están ausentes en el área del Proyecto Miel I. Puede considerarse que éste se ha localizado en un bloque de rocas metamórficas intruídas por plutones, limitado al oeste por la falla de Palestina y sus satélites y por la falla de Jetudo al este.

5.2.1 Orogénesis

Se han podido establecer varios eventos en la región estudiada que influ

veron ampliamente en la formación de la Cordillera Central. La secuencia reconstruida es como sigue:

- Metamorfización de los estratos precámbricos y paleozoicos inferiores durante el episodio orinoquense de la orogenia Transmazoníca.
- Peneplanación y depositación Devónico-Permica.
- Orogenia Hercínica (Migmatitas de La Quebra).
- Depositación Cretácea media a superior.
- Peneplanación e invasión marina cretácea.
- Orogenia Alpina (Stock de Norcasia ?).
- Erosión y peneplanación Cretácea tardía.
- Depositación Terciaria continental.
- Orogenia Andina e iniciación de la formación del Graben del Magdalena.
- Elevación final de la parte central de la Cordillera durante el volcanismo reciente.
- Erosión de los depósitos terciarios y sus rocas subyacentes al profundizarse el nivel base de la región ocasionado por hundimientos del Graben del Magdalena.

La descripción general de la orogénesis de la Cordillera Central aquí expuesta no comprende, muy probablemente, todos los acontecimientos de levantamiento de la Cordillera Central, pero sí dan un cuadro comprensivo de los hitos más significativos de su formación.

5.2.2 Litología

Se han distinguido varios conjuntos metamórficos que con las rocas plutónicas abisales e hipoabisales intrusivas constituyen el zócalo cordillerano, aflorante en el sector del proyecto. Tales conjuntos son:

- Conjunto Metamórfico de la zona de embalse y sitio de presa.
- Conjunto Metamórfico de La Clara-Puente de Hierro.

El Conjunto Metamórfico de la zona de embalse y sitio de presa presenta cuatro grandes unidades:

- Esquisto alumínico-grafitoso
- Esquisto verde
- Migmatitas de La Quiebra.
- Esquisto cuarzo-feldespático-micáceo del sitio de presa.

La roca ígnea intrusiva tiene dos unidades:

- Cuarzodiorita de Norcasia.
- Diques porfiríticos a aplíticos de composición intermedia.

Los diques intruyen los conjuntos metamórficos y el Stock de Norcasia.

5.2.3 Tectónica

El Complejo Metamórfico de la Cordillera Central presenta plegamientos que forman estructuras de tipo anticliforme y sincliforme de desarrollo y extensión moderados.

El Conjunto Metamórfico de zona de embalse y sitio de presa tiene un rumbo general N15°W y buzamientos de foliación mayores de 50° al este. Se trata de una estructura isocliforme limitada al oeste por el Complejo Igneo de Samaná y por el Stock de Norcasia al este. La longitud de esta estructura es superior a 20 km medidos en sentido de su eje, sur-norte.

El Stock de Norcasia forma dentro de la roca metamórfica encajante una estructura de domo de unos dos kilómetros de anchura máxima y cuyos contactos al oeste y este, bien soldados, tienen ángulos entre 75° y 50° de inclinación respectivamente.

Son numerosos los plegamientos registrados en el Conjunto Metamórfico, La Clara-Puente de Hierro de los cuales se destacan una zona replegada a lo largo del curso medio y bajo de la quebrada La Clara cuyo eje tiene

rumbo general sur-norte y otros plegamientos de ejes de desarrollo es
te-oeste.

5.2.4 Minería

En el área de las obras y del embalse del proyecto Miel I no existe ex
plotación minera de ningún tipo y de acuerdo a investigaciones adelanta
das en la región para el Instituto de Asuntos Nucleares por Minatome
Colombiana Ltda. no se han encontrado manifestaciones de uranio en las
zonas afectadas por las obras.

Las únicas explotaciones mineras existentes se encuentran localizadas
aguas abajo del sitio de presa y consisten en la explotación de dos hori
zontes de mármol cerca de Puente de Hierro y en el beneficio esporá
dico, por parte de gente de la región, de aluviones auríferos de tenor
muy pobre. Las manifestaciones de uranio están localizadas en la ho
ya del río Manso, al noroeste del proyecto, entre el corregimiento de
Berlín y la laguna de San Diego.

5.3 INGENIERIA GEOLOGICA

5.3.1 Sitio de Presa y Casa de Máquinas

La angostura que forman los ríos La Miel y Moro inmediatamente a
guas abajo de su confluencia en el sitio geográfico escogido para la
construcción de la presa, de la casa de máquinas subterránea, de los tú
neles del rebosadero y de otras obras del Proyecto Miel I. El cañón, de
unos 800 m de longitud, lo constituyen esquisto cuarzo feldespático bio
títico e intrusiones de diques pegmatíticos, dacíticos y aplíticos, como
se muestra en las Figuras 6 y 7.

Las pendientes promedio son de 47° para el estribo derecho y 43° para
el izquierdo. Tal diferencia obedece a que los mismos sistemas de dia
clasas forman un patrón de desprendimiento de bloques de roca algo dis
tinto en cada estribo.

Los afloramientos en ambas márgenes del río, las galerías y los nú
cleos de las perforaciones ejecutadas en la zona de presa identifican u
na masa de roca fracturada hacia la superficie, cuyo espesor varía en
tre 3 y 10 m. Por debajo de esta franja la roca es sana, fresca, dura,

con algunos sectores fracturados, con pátinas de cloritización, que posiblemente son efecto de aguas hidrotermales. Los sectores tienen espésos comprendidos entre 0.3 y 4.0 m y están localizados a varias profundidades como lo registraron las perforaciones S-1A y S-2.

El grado de metamorfismo de los esquistos de sitio de presa es muy alto y por ello hay una gran ausencia de horizontes o capas de carbonatos de calcio o magnesio. No se han localizado cavernas por disolución en la zona del sitio de presa.

Los depósitos de ladera cubren buena parte del área de la angostura y alcanzan espesores entre 2 y 8 m. Hacia el cauce del río propiamente y hasta una altura de 50-70 m de éste, son escasos y de potencia menor de 4 m o los constituyen grandes bloques de roca, angulares, sin matriz. Las perforaciones S-4 y S-3 ejecutadas en ambas márgenes del río La Miel, indican que el espesor del depósito aluvial en el cauce está comprendido entre 10 y 15 m. Es muy probable que, dada la forma recta como el río corta esta angostura, el espesor de estos depósitos aluviales se mantengan dentro de estos valores.

Las condiciones litológicas de la zona de casa de máquinas subterránea se evaluaron con base en los datos de la perforación S-2. En general, la roca de esta zona es similar a la de todo el sitio de presa. La presencia de los diques de porfido dacítico que intruyen el esquistos por planos de diaclasas a manera de soldadura producen un volumen de roca más homogéneo y regular. La fracturación de la roca es bien zonada y por lo general se presenta con flujos de agua a presión muy localizados, de caudales del orden de 10 l/s.

Es posible que a más de este tipo de flujos, infiltración de agua superficial hacia la profundidad, ocurran algunos de volumen menor, de origen hidrotermal; sin embargo, no se encontraron evidencias en las perforaciones.

La relativa proximidad del sitio de la excavación de la caverna de máquinas al cuerpo intrusivo de Norcasia plantea la posibilidad que tanto allí como a lo largo del túnel de acceso, sean más frecuentes que en superficie los diques ácidos y que su espesor llegue a tener hasta 15 m. Igualmente, zonas netas de migmatita constituyen parte de la roca a excavar, en las obras subterráneas.

El eje de la casa de máquinas se orientó con un rumbo $N60^{\circ}W$ que es la dirección de la bisectriz del diedro formado por el rumbo general de la foliación y del sistema de diaclasas principal (véase Diagrama de Polos del sitio de presa, Figura 7). La dirección de la bisectriz presentará el menor esfuerzo residual normal al eje longitudinal y además el número de desprendimientos de techo y paredes a lo largo de los planos de debilidad de la roca serán menos frecuentes.

Naturalmente la dirección y magnitud de los esfuerzos residuales se medirán en la etapa de diseño en las dos galerías de exploración excavadas en ambos estribos cuyos registros geológicos se presentan en el Apéndice C.

5.3.2 Túnel de Fuga

El agua de fuga retorna al cauce del río La Miel a través de un túnel de unos 4 km de longitud de dirección general $N67^{\circ}E$.

El tramo final del túnel, desde el portal de salida al contacto oriental del Stock de Norcasia, de unos 1550 m de longitud, se excavará en esquistos verdes que presentan inclinaciones entre 10° y 60° al este y al oeste. Este tramo atravesará estructuras complejas frecuentemente intrudidas por diques pórfido-aplíticos, dacíticos y pegmatíticos en posición vertical, por lo general normales a la dirección del túnel. El sondeo T-4 representativo de esta zona de esquistos muestra roca sana con un porcentaje muy alto de recobro y no hay evidencia que permita suponer altas infiltraciones de agua durante la construcción. La misma naturaleza intrusiva de los diques puede haber creado zona de esfuerzos que al ser aliviados por la excavación del túnel produzcan sobreexcavación que se espera será moderada.

La excavación del túnel en las cuarzodioritas de Norcasia se extenderá por un tramo de 1900 m. La roca es altamente cristalina, equigranular, con un contenido de cuarzo algo mayor hacia sus contactos con el Complejo metamórfico encajante. La tendencia predominante de los sistemas de diaclasamiento en la diorita observa un rumbo general paralelo al del túnel de manera que los desprendimientos de bóveda, y de paredes producirán sobreexcavaciones moderadas en la diorita.

Considerando los resultados del sondeo T-1 es probable que la alteración de la diorita pueda alcanzar las profundidades a que ha sido diseñada.

do el túnel. La alteración se debe a la descomposición de los feldespatos y puede caolinizar tramos considerables de roca; la combinación de diorita descompuesta y agua puede causar problemas durante la construcción por formación de cavernas y eventualmente flujos de tierra. Sin embargo, se prevé por los resultados del T-3, que muestra excelentes diorita, sana y fresca, que las zonas de alteración están localizadas exclusivamente en el contacto del Stock de Norcasia con los esquistos metamórficos.

El tramo del túnel desde la casa de máquinas hasta encontrar el Stock de Norcasia con una longitud de 550 m se excavará en los esquistos del sitio de presa con excelentes propiedades geomecánicas, no se prevén sobreexcavaciones ni necesidad de soporte.

La única dificultad de construir en esta zona que tiene el techo más alto en toda la longitud del túnel es la posibilidad de grandes infiltraciones cuyo volumen es difícil estimar en este momento pero que podría estar entre 50 y 100 l/s.

Las infiltraciones estarán asociadas a los sistemas de fracturas y diaclasas.

5.3.3 Túneles del Rebosadero

Los túneles del rebosadero, son dos de 11 m de diámetro, tienen longitudes de 460 y 520 m respectivamente, están localizados en el estribo derecho de la presa dentro del esquisto cuarzo-feldespático-biotítico. El registro geológico de superficie y las perforaciones S-7 y S-8 muestran una menor cantidad de diques y roca sana y fresca por lo cual se espera que los túneles del rebosadero encuentren condiciones de roca más favorables para su excavación.

Como los túneles tienen un techo máximo de 180 m y están en la ladera del valle del río La Miel, se espera que las infiltraciones sean escasas y de caudal reducido, y baja presión relativamente.

Los depósitos de ladera en los portales de entrada y salida tienen características diferentes, pues en el primero, los clásticos están embebidos en una matriz limo-arcillosa y tienen un espesor de 3 m en tanto que hacia el portal de salida el material de ladera está constituido por grandes bloques de esquisto sin matriz y muy inestable. Se calcula que su es

pesor es del orden de 5 m y que bajo estos depósitos yace esquistos cuarzofeldespático fresco y competente.

En resumen, la mayor ventaja geotécnica de la construcción de un túnel de rebosadero, -a más del menor volumen de excavación y de la omisión del control de cortes de roca a cielo abierto- es aprovechar las buenas condiciones para la excavación de túneles de gran diámetro que presentan los esquistos de sitio de presa.

5.3.4 Embalse

Cubre un área de 12 km² aproximadamente, sobre los valles de los ríos La Miel y Moro cuyas longitudes inundadas son 21 y 14 km respectivamente. El embalse, pues, comprende únicamente el área de erosión reciente producida por los mencionados ríos, como se muestra en la Figura 5.

La zona de embalse está constituida por varias unidades del Complejo Metamórfico; esquistos filítico-grafítico, esquistos verdes, migmatitas, etc. e intrusiones de cuarzo-diorita al sur; afloran principalmente en la parte más baja de los valles y en el cauce de los ríos y sus vertientes. Gran extensión del área está cubierta por depósitos cuaternarios y suelos residuales de poco espesor que varía entre 2 y 20 m aproximadamente.

Hay zonas de extensión muy local potencialmente inestables cuyos movimientos producirían deslizamientos de volumen moderado, que no afectarían la normal operación del embalse.

El embalse presenta una buena condición de impermeabilidad tanto por la composición mineralógica de la roca metamórfica y de los ígneos (micas, cuarzo, feldespato) como por la ausencia de horizontes calcáreos solubles.

5.4 SISMOLOGIA

El proyecto Miel I está localizado en una de las zonas sísmicas de alta intensidad en el país, por su cercanía a las fallas activas de Romeral-Cauca y Cambao-Salinas.

Para determinar los parámetros de diseño preliminar de las obras se lle

varon a cabo estudios sísmicos que consistieron en la recopilación, revisión y corrección de los datos de terremotos ocurridos en la zona de influencia del proyecto, la determinación de las fuentes de sismicidad, el análisis estadístico de las fuentes seleccionadas, complementación de los resultados con estudios realizados para otros proyectos, la elaboración del mapa sismo-tectónico de la zona y la selección de la curva de atenuación de aceleraciones más propicia para el sitio del proyecto. Estos estudios se presentan en detalle en el Apéndice D.

Del resultado de dichos estudios se concluyó que en la zona del proyecto pueden esperarse aceleraciones del orden de 0.15 g vertical y 0.25 g horizontal.

5.5 INVESTIGACIONES DEL SUBSUELO

Para investigar las condiciones del subsuelo en el sitio de presa, rebo-sadero, casa de máquinas y túneles se ejecutó un programa de 16 perforaciones que sumaron en total 1065 m de longitud. Además en el sitio de presa se excavaron dos galerías de exploración de 40 m cada una.

De estas perforaciones cinco fueron efectuadas en el sitio estudiado inicialmente como alternativa de casa de máquinas superficial y dos sobre el alineamiento escogido para el túnel de carga de esta alternativa.

En la zona de la presa, rebo-sadero, casa de máquinas subterránea y túnel de fuga, se hicieron siete perforaciones distribuidas convenientemente de acuerdo con la ubicación de las distintas estructuras.

Las perforaciones se ejecutaron en diámetro Nx al comienzo de cada sondeo y en Bx en el tramo final. En los sondeos profundos del sitio de presa se usó el sistema Wire-Line en diámetro BQ.

En las Figuras 6 y 7 se muestra la localización de las perforaciones y en el Anexo 3 del Apéndice C se incluyen los registros detallados de cada una.

5.6 ENSAYOS DE AGUA A PRESION

Para determinar la permeabilidad de los estribos y la fundación de la presa y estimar la cantidad de inyecciones requeridas se ejecutaron en

sayos de agua a presión en las perforaciones efectuadas en el sitio de presa. En los ensayos se utilizaron probadores de doble empaque de 1.50 m de largo y se siguieron los procedimientos establecidos por Lugeon para ensayos de permeabilidad en roca. En general la formación de roca en el sitio de presa es impermeable con tomas menores de 5 unidades Lugeon; las mayores absorciones se encuentran en los primeros 10 m.

El procedimiento de los ensayos, su interpretación y resultados detallados se incluyen en el Apéndice C.

5.7 MATERIALES DE CONSTRUCCION

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

5.7.1 Materiales para Enrocamiento

Los materiales para el enrocado de la presa se investigaron de las unidades de esquistos, cuarcitas y migmatitas que afloran a unos 500 m aguas arriba del sitio de presa en la margen izquierda del río Moro, que son las más competentes que existen en la zona cerca al sitio de las obras. De cada uno de estos tipos de roca se tomaron muestras mediante voladuras y sobre estas se efectuaron pruebas de índices de solidez de granos para determinar sus características físicas y ensayos de compresión unidimensional para conocer su compresibilidad y módulo de deformación. La información detallada y los resultados de las pruebas, que se presentan en el Apéndice E, indican que los tres tipos de roca son adecuados para usarlas como enrocado de la presa.

Las unidades de esquistos, cuarcitas y migmatitas que afloran en la zona investigada, como se puede observar en los mapas geológicos y en las Figuras 5, 6 y 8, cubren una extensión considerable y de estas rocas se pueden obtener volúmenes varias veces superiores a los requeridos para la construcción de la presa.

5.7.2 Materiales para Concreto

En vista de que agregados para concretos procedentes de terrazas o le

chos aluviales no se encuentran a distancias económicas para su explotación, estos podrán obtenerse por trituración de las rocas procedentes de la zona investigada para los enrocamientos de la presa. Una planta de trituración instalada en el sitio podrá producir tanto agregados gruesos como finos para los concretos que requiera la obra.

De las tres clases de material investigados los más competentes para su uso en concretos son los esquistos y las migmatitas que como se anotó anteriormente existen en cantidades superiores a las requeridas.

Existe una alternativa para obtener agregados finos (arenas) para concretos de los materiales aluviales del río La Miel existentes a unos 13 kilómetros aguas abajo del sitio de presa que fueron investigados y se encontraron adecuados para usarlos en concretos previo procesamiento mediante lavado y tamizado para ajustarlos a las granulometrías especificadas.

5.7.3 Materiales para Filtros

Estos materiales se requieren en pequeñas cantidades y pueden ser obtenidos de las mismas zonas y en la misma forma que los agregados para concretos.

En el Apéndice E se presenta la información detallada del estudio de los materiales para construcción, los ensayos realizados, las conclusiones, así como también su localización.

CAPITULO 6

Costos y programas de construcción

El costo de construcción de un edificio depende de muchos factores, como el tipo de estructura, el terreno, el clima, etc. El costo de construcción de un edificio puede ser muy alto, especialmente si se trata de un edificio de gran tamaño o de un edificio que requiere una gran cantidad de materiales y mano de obra.

El costo de construcción de un edificio puede ser muy alto, especialmente si se trata de un edificio de gran tamaño o de un edificio que requiere una gran cantidad de materiales y mano de obra. El costo de construcción de un edificio puede ser muy alto, especialmente si se trata de un edificio de gran tamaño o de un edificio que requiere una gran cantidad de materiales y mano de obra.

El costo de construcción de un edificio puede ser muy alto, especialmente si se trata de un edificio de gran tamaño o de un edificio que requiere una gran cantidad de materiales y mano de obra. El costo de construcción de un edificio puede ser muy alto, especialmente si se trata de un edificio de gran tamaño o de un edificio que requiere una gran cantidad de materiales y mano de obra.

El costo de construcción de un edificio puede ser muy alto, especialmente si se trata de un edificio de gran tamaño o de un edificio que requiere una gran cantidad de materiales y mano de obra. El costo de construcción de un edificio puede ser muy alto, especialmente si se trata de un edificio de gran tamaño o de un edificio que requiere una gran cantidad de materiales y mano de obra.

CAPITULO 6

COSTOS Y PROGRAMAS DE CONSTRUCCION

6.1 GENERALIDADES

En este capítulo se describe el método empleado en el análisis de pre cios unitarios y se presentan el presupuesto, el programa de construc ción y el programa de desembolsos de capital durante la construcción del proyecto con cota máxima de embalse 445. Se incluyen además cos tos anuales de operación y mantenimiento del proyecto, una vez esté en funcionamiento.

En el Apéndice G de este informe se presentan en forma más detalla da los estudios mencionados y los presupuestos de todas las alterna tivas.

6.2 PRECIOS UNITARIOS

6.2.1 Metodología

El estudio de precios unitarios se llevó a cabo mediante un estudio de deducción de precios por una parte, y mediante un estudio de pre cios unitarios de proyectos similares.

Se dedujeron los precios unitarios para las obras de excavación su per ficial, rellenos y concretos mediante el desglose de los principa les componentes de cada ítem. Para ello, se tuvo en cuenta la influen cia del valor del equipo necesario para cada caso, de los materiales utilizados, del transporte interno y externo requerido, y de la mano de obra. Los costos directos así obtenidos se afectaron en un 30% adi cional para cubrir la utilidad, imprevistos de construcción y gastos administrativos en que haya de incurrir el contratista. Los pre cios u ni tarios para la excavación en túneles se dedujeron mediante el estu dio de la tendencia de variación de costos de túneles en roca, de dife ren tes proyectos de los Estados Unidos.

Por otro lado, se recopiló la información existente en el país de pro yectos hidroeléctricos en etapa de construcción como Chivor, Chinga

za y Mesitas, y de los estudios de factibilidad y licitaciones realizadas para ellos y para los proyectos de San Carlos, Betania y Urrá; se tomaron los precios unitarios utilizados en dichos proyectos, actualizándolos como se indica en el numeral 6.2.2 y seleccionando aquellos que fueron deducidos para materiales y cantidades similares a los del proyecto Miel I para poder compararlos.

6.2.2 Actualización de Precios

Para las licitaciones y estudios de factibilidad presentados después de marzo de 1976 se dedujo un índice de corrección promedio anual para los precios unitarios en dólares equivalentes, (suma de la componente en pesos más la componente en dólares), valor que se utilizó para actualizar los precios a enero de 1979. El índice promedio anual fué de 12.1%. Este índice se dedujo, teniendo en cuenta las variaciones que existieron durante el período marzo de 1976 a marzo de 1978 para bienes de capital tanto extranjeros como nacionales, para equipo y para personal obrero y administrativo en el país, datos que fueron tomados de publicaciones emitidas por el Fondo Monetario Internacional, Banco de la República, Fedesarrollo, Dane, Asociación Colombiana de Ingenieros Contratistas, Ministerio de Obras Publicas y Transporte, de Guía LEC de la Construcción, Engineering News Records y otras entidades.

Para los estudios realizados antes de marzo de 1976 se aprovecharon los índices deducidos previamente por el Consorcio para la realización de otros trabajos de factibilidad que le habían sido encomendados.

6.2.3 Adopción de Precios Unitarios

De los precios unitarios actualizados a enero de 1979 se seleccionaron los que provenían de estudios de factibilidad recientes y aquellos que correspondían a licitaciones, tomando de estas últimas los precios presentados por los dos proponentes más bajos. La comparación, de todos los precios seleccionados con los deducidos por el Consorcio para las condiciones específicas del proyecto Miel I, llevaron finalmente a la adopción de los precios que aparecen en el presupuesto detallado del Cuadro 6.1. El equivalente de un dólar americano en pesos colombianos se tomó como US\$1.00 = \$41.00.

6.2.4 Componente en Moneda Local y Moneda Extranjera

Aprovechando la deducción de los precios unitarios descritos anteriormente, y la experiencia obtenida de las licitaciones existentes en el país, se dedujo para cada ítem la componente que debía pagarse en pesos y la que debía pagarse en dólares según el origen de los recursos utilizados en cada uno.

En el Cuadro 6.2 se puede ver la descomposición en moneda local y extranjera para cada uno de los ítems.

6.3 PRESUPUESTO

Los presupuestos de las diferentes alternativas estudiadas, incluyen partidas para la adquisición de tierras, construcción de vías de acceso, campamentos, construcción de obras civiles, adquisición y montaje de equipos electro-mecánicos, líneas de transmisión y demás obras complementarias.

Para las alternativas estudiadas los estimativos de costos están basados en las cantidades de obra resultantes de los esquemas presentados y de los precios unitarios o globales correspondientes a ellas.

En el presupuesto se incluyó una partida para imprevistos, con el fin de subsanar cualquier omisión y aproximación en los estimativos y permitir futuros cambios en el diseño en caso de ser necesarios. Esta partida fué del 15% del valor de las obras civiles y del 10% para los equipos.

Al presupuesto así conformado se lo adicionó con una partida para cubrir los gastos de ingeniería previos a la construcción de las obras y los costos de interventoría y administración por parte de los propietarios durante la ejecución del proyecto, cuyo valor se estimó en el 10% y 8% del costo total más imprevistos de las obras civiles y los equipos respectivamente.

En el Cuadro 6.2 aparece el resumen del presupuesto, presentado por frentes de trabajo y en el Cuadro 6.1 aparece el presupuesto detallado para la alternativa presentada.

6.4 PROGRAMA DE CONSTRUCCION Y FABRICACION DE EQUIPOS

El programa de construcción del proyecto para la cota máxima de embalse 445 se basó en las cantidades de obra calculadas y en los rendimientos de construcción, que se dedujeron a partir de otros proyectos similares, realizados en el país.

Para la adquisición y montaje de equipos se aprovechó también la experiencia que se tiene en el país, para estimar los tiempos de licitación, adjudicación, fabricación, transporte e instalación de los diversos equipos.

En la Figura 17 se presenta el programa de construcción, de las obras civiles y la fabricación y montaje del equipo.

6.5 PROGRAMA DE DESEMBOLSOS

De acuerdo con el programa de construcción y de fabricación y montaje de equipos que aparece en la Figura 17 y utilizándose el presupuesto del Cuadro 6.1, se elaboró el programa de desembolsos anual tanto para la componente en pesos como para la componente en dólares.

Se dedujo una partida del 20% del valor total de la obra que se pagará al contratista como anticipo a la firma del contrato, dividiéndose posteriormente el 75% del valor total de las obras, proporcionalmente al porcentaje de obra ejecutada durante cada año para cada ítem. El 5% restante se retuvo como garantía de funcionamiento para ser pagada una vez esté en marcha el proyecto.

De igual manera para los equipos se destinó un 20% del valor total de cada equipo como anticipo, el 75% una vez entregado y finalmente el 5% restante se retuvo como garantía de funcionamiento, pagándose al poner en funcionamiento la hidroeléctrica.

El programa de desembolsos se muestra en el Cuadro 6.2 y se puede ver que la componente en moneda local se aproxima a un 40% mientras que la componente en dólares lo hace a un 60% del costo total de construcción.

6.6 COSTOS ANUALES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

Los costos de operación y mantenimiento incluyen todos los gastos de administración y seguros en que haya de incurrir el propietario de las obras durante un año, los gastos de mano de obra, reposición de equipos y materiales necesarios para el mantenimiento de las diversas estructuras del proyecto, entre las que se pueden citar la presa, vertedero, bocatoma y túneles de carga, casa de máquinas, túnel de fuga, subestaciones, líneas de transmisión y casa de operación.

Estos gastos se calcularon de acuerdo a las recomendaciones de la Federal Power Commission, debido a la carencia de índices calculados para el país. En el Cuadro 6.3 se presentan los resultados.

CUADRO 6-1

PRESUPUESTO

NIVEL DE EMBALSE 445 - CAPACIDAD INSTALADA 324 mw
 $f_p = 0.5$

(Precios de Enero de 1.979)

	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio Unitario (Dólares)</u>	<u>Precio Total (Miles US\$)</u>
1. ADQUISICION DE TIERRAS	1.300	ha	250	325
2. VIAS DE ACCESO Y CAMPAMENTOS				
Carreteras	10	km	60.000	600
Puentes	2	cu	50.000	100
Túneles	450	ml	1.900	855
Campamentos		SG	675.000	675
Total Item 2				2.230
3. DESVIACION				
<u>Excavación</u>				
En Portales	11.300	m ³	8	90
En Túnel	835	ml	4.500	3.757
<u>Concreto</u>				
Portales	800	m ³	145	116
Solera Túnel	835	ml	270	226
Acero de Refuerzo	100	ton	1.100	110
Soportes de Acero	40	ton	1.700	68
Concreto Neumático	3.050	m ³	215	656
Pernos	10.500	ml	19	199
<u>Ataguías</u>				
Aguas Arriba	230.000	m ³	6	1.380
Aguas Abajo	8.200	m ³	6	49
Manejo del Río		SG		135

	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio Unitario (Dólares)</u>	<u>Precio Total (Miles US\$)</u>
<u>Descarga de Fondo</u>				
Válvula de Mariposa	1	cu	230.000	230
Válvula Howel-Bunger	1	cu	200.000	200
Tapón de Concreto	1.500	m ³	95	142
Acero de Refuerzo	200	ton	1.100	220
Galería de Acceso		SG		720
Inyecciones		SG		50
Total Item 3				8.348

PRESA

<u>Excavación</u>				
Fondo del Río	105.000	m ³	8	840
Cimentación	3.300	m ³	12	40
<u>Enrocado</u>				
Procedente de la Excavación	600.000	m ³	4	2.400
De zonas de préstamo	6'600.000	m ³	6	39.600
Filtros	130.000	m ³	13	1.690
Losa de Concreto	24.000	m ³	130	3.120
Acero de Refuerzo	2.400	ton	1.100	2.640
Galerías de Inyección y Drenaje	1.935	ml	500	967
Inyecciones y Drenaje	40.150	ml	150	6.023
Total Item 4				57.320

REBOSADERO

<u>Excavación</u>				
A tajo abierto	720.000	m ³	5	3.600
En Túnel	141.870	m ³	48	6.810

	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio Unitario (Dólares)</u>	<u>Precio Total (Miles US\$)</u>
<u>Concreto</u>				
Gola	4.100	m ³	120	492
Pilas muros y losas	25.000	m ³	160	4.000
Portal de Salida y Deflector	5.800	m ³	145	841
Revestimiento Túnel	8.600	m ³	130	1.118
Acero de Refuerzo	5.230	ton	1.100	5.753
Pernos	13.250	ml	19	252
Compuertas Guías y Malacates		SG		6.200

Total Item 5

29.066

BOCATOMA

<u>Excavación</u>				
A tajo abierto	140.000	m ³	5	700
Para Portales y Obras Especiales	20.000	m ³	8	160
Concreto	2.500	m ³	165	412
Acero de Refuerzo	300	ton	1.100	330
Compuertas Guías y Malacates	3	cu	400.000	1.200

Total Item 6

2.802

TUNELES DE CARGA

<u>Excavación</u>				
Transición	2.200	m ³	120	264
Túneles Superiores	800	m ³	120	96
Túneles Inferiores	1.500	m ³	120	180
Pozos	9.400	m ³	300	2.820
<u>Concreto</u>				
Transición	700	m ³	160	112
Revestimiento	3.900	m ³	130	507
Detrás del Blindaje	700	m ³	120	84
Blindaje	400	ton	2.800	1.120

	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio Unitario (Dólares)</u>	<u>Precio Total (Miles US\$)</u>
Soportes de Acero	150	ton	1.700	255
Acero de Refuerzo	600	ton	1.100	660
Inyecciones	1.800	ml	75	135
Total Item 7				6.233

CENTRAL SUBTERRANEA

Excavación

Caverna de Máquinas	31.000	m ³	45	1.395
Caverna de Transformadores	11.900	m ³	45	535
Caverna de Oscilación	27.000	m ³	45	1.215
Túneles de Aspiración	3.200	m ³	120	384

Galerías de Cables

Cables 13.8 kv	920	m ³	120	111
Cables 230 kv	5.700	m ³	120	684
Túnel de Acceso	1.200	ml	2.000	2.400

Concreto

Subestructura	7.500	m ³	140	1.050
Superestructura	1.300	m ³	190	247
Túnel de Aspiración	1.600	m ³	130	208

Acero de Refuerzo	1.300	ton	1.100	1.430
Pernos y Anclajes	6.700	ml	19	128
Acabados	15.000	m ²	20	300
Turbinas y Equipo Mecánico	3	un	4'300.000	12.900
Generadores y Equipo Auxiliar	3	banco	3'300.000	9.900
Equipo Eléctrico		SG		3.200
Transformadores	3	un	1'200.000	3.600
Puente Grúa	1	un	600.000	600

Compuertas y Guías

Túnel de Fuga		SG		215
---------------	--	----	--	-----

Total Item 8				40.502
--------------	--	--	--	--------

	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>Precio Unitario (Dólares)</u>	<u>Precio Total (Miles US\$)</u>
9. TUNEL DE FUGA				
Excavaciones				
Portal de Salida	7.500	m ³	12	90
Túnel	3.800	ml	3.200	12.160
Concreto				
Portal	300	m ³	145	44
Solera del Túnel	3.800	ml	260	988
Concreto Neumático	3.900	m ³	215	839
Pernos	45.600	ml	19	866
Acero de Refuerzo	36	ton	1.100	40
Total Item 9				15.027
10. PATIO DE CONEXIONES				
Obra Civil		SG		115
Equipos		SG		1.830
Total Item 10				1.945
11. LINEA DE TRANSMISION				
Obra Civil	110	km	21.000	2.310
Equipos	110	km	49.000	5.390
Total Item 11				7.700
TOTAL OBRA CIVIL				126.463
TOTAL EQUIPOS				45.035
TOTAL COSTO DIRECTO				171.498

CUADRO 6.2

PROYECTO MIEL I

PROGRAMA DE INVERSIONES

Cota de Embalse 445

Factor de Planta 0.5

Valores en miles de US.\$

I T E M	TOTAL	TOTALES		AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5		AÑO 6	
		ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME
1. ADQUISICION DE ZONAS, VIAS DE ACCESO Y CAMPAMENTOS	2.555	1.693	862	599	305	434	221	575	293					85	43
2. DESVIACION															
Obra Civil	8.348	3.155	5.193			1.197	2.088	1.468	2.006			221	559	269	540
3. PRESA															
Obra Civil	57.320	23.701	33.619			4.740	6.723	2.528	2.735	5.120	8.170	8.235	12.850	3.078	3.141
4. REBOSADERO															
Obra Civil	22.866	14.318	8.548			2.864	1.710	2.148	2.735	8.304	3.590	286	86	716	427
Equipos	6.200	930	5.270							186	1.054	697	3.952	47	264
5. BOCATOMA															
Obra Civil	1.602	905	697			181	139			362	424	316	99	46	35
Equipos	1.200	240	960							48	192	180	720	12	48
6. TUNELES DE CARGA															
Obra Civil	6.233	2.473	3.760			461	561			138	386	1.751	2.625	123	168
7. CAVERNA DE MAQUINAS															
Obra Civil	10.087	5.141	4.946			1.265	1.465	932	1.573	1.563	1.339	1.121	322	260	247
Equipos	30.415	6.083	24.332			1.073	4.290	144	576	4.562	18.249			304	1.217
8. TUNEL DE FUGA															
Obra Civil	15.027	5.544	9.483			1.688	2.822	1.238	2.342	1.238	2.342	1.102	1.502	278	475
9. PATIO DE CONEXIONES															
Obra Civil	115	46	69					24	36	5	8	15	22	2	3
Equipos	1.830	366	1.464					73	293			274	1.098	19	73
10. LINEA DE TRANSMISION															
Obra Civil	2.310	1.980	330			396	66					1.485	248	99	16
Equipos	5.390	1.100	4.290					220	858			825	3.217	55	215
TOTAL OBRA CIVIL	126.463	58.956	67.507	599	305	13.226	15.795	8.913	11.720	16.730	16.259	14.532	18.313	4.956	5.115
Imprevistos:15%	18.969	8.843	10.126	90	46	1.984	2.369	1.337	1.758	2.509	2.439	2.180	2.747	743	767
Ing. Administración: 10%	14.543	6.780	7.763	69	35	1.521	1.816	1.025	1.348	1.924	1.870	1.671	2.106	570	588
TOTAL OBRA CIVIL	159.975	74.579	85.396	758	386	18.731	19.980	11.275	14.826	21.163	20.568	18.383	23.166	6.269	6.470
TOTAL EQUIPOS	45.035	8.719	36.316			1.073	4.290	437	1.727	4.796	19.495	1.976	8.987	437	1.817
Imprevistos:10%	4.504	872	3.632			107	429	44	173	480	1.949	197	899	44	182
Ing. Administración: 8%	3.963	767	3.196			94	378	38	152	422	1.715	174	791	39	160
TOTAL EQUIPOS	53.502	10.358	43.144			1.274	5.097	519	2.052	5.698	23.159	2.347	10.677	520	2.159
COSTO TOTAL DE CONSTRUCCION	213.477	84.937	128.540	758	386	18.005	25.077	11.794	16.878	26.861	43.727	20.730	33.843	6.789	8.629

CUADRO 6-3

CAPITULO 7

COSTOS ANUALES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO
(Miles de US\$)

F.p =0.4 F.p =0.5 F.p =0.6

OPERACION Y MANTENIMIENTO

Proyecto Hidroeléctrico	623	579	559
Subestaciones	438	350	292
Líneas de Transmisión	20	20	20

REPOSICION DE EQUIPOS MENORES

Elementos del Embalse	48	48	48
Elementos de Generación de energía	444	372	341
Subestaciones	36	29	24
Líneas de Transmisión	13	13	13

ADMINISTRACION

Proyecto Hidroeléctrico	243	226	218
Subestaciones	141	113	94
Líneas de Transmisión	6	6	6

SEGUROS

Elementos de Embalse	32	32	32
Elementos de Generación	222	186	170
Subestaciones	26	20	17
Líneas de Transmisión	13	13	13

T O T A L :	2.305	2.007	1.847
-------------	-------	-------	-------

CAPITULO 7

Estudios de potencia y energía

7.1. Introducción	10
7.2. Estudios de potencia	11
7.3. Estudios de energía	12
7.4. Estudios de estabilidad	13
7.5. Estudios de calidad de energía	14
7.6. Estudios de impacto ambiental	15
7.7. Estudios de impacto social	16
7.8. Estudios de impacto económico	17
7.9. Estudios de impacto cultural	18
7.10. Estudios de impacto paisajístico	19
7.11. Estudios de impacto patrimonial	20
7.12. Estudios de impacto arqueológico	21
7.13. Estudios de impacto lingüístico	22
7.14. Estudios de impacto histórico	23
7.15. Estudios de impacto geológico	24
7.16. Estudios de impacto hidrogeológico	25
7.17. Estudios de impacto meteorológico	26
7.18. Estudios de impacto climático	27
7.19. Estudios de impacto acústico	28
7.20. Estudios de impacto vibratorio	29
7.21. Estudios de impacto electromagnético	30
7.22. Estudios de impacto térmico	31
7.23. Estudios de impacto luminoso	32
7.24. Estudios de impacto olfativo	33
7.25. Estudios de impacto gustativo	34
7.26. Estudios de impacto táctil	35
7.27. Estudios de impacto auditivo	36
7.28. Estudios de impacto visual	37
7.29. Estudios de impacto olfativo	38
7.30. Estudios de impacto gustativo	39
7.31. Estudios de impacto táctil	40
7.32. Estudios de impacto auditivo	41
7.33. Estudios de impacto visual	42
7.34. Estudios de impacto olfativo	43
7.35. Estudios de impacto gustativo	44
7.36. Estudios de impacto táctil	45
7.37. Estudios de impacto auditivo	46
7.38. Estudios de impacto visual	47
7.39. Estudios de impacto olfativo	48
7.40. Estudios de impacto gustativo	49
7.41. Estudios de impacto táctil	50
7.42. Estudios de impacto auditivo	51
7.43. Estudios de impacto visual	52
7.44. Estudios de impacto olfativo	53
7.45. Estudios de impacto gustativo	54
7.46. Estudios de impacto táctil	55
7.47. Estudios de impacto auditivo	56
7.48. Estudios de impacto visual	57
7.49. Estudios de impacto olfativo	58
7.50. Estudios de impacto gustativo	59
7.51. Estudios de impacto táctil	60
7.52. Estudios de impacto auditivo	61
7.53. Estudios de impacto visual	62
7.54. Estudios de impacto olfativo	63
7.55. Estudios de impacto gustativo	64
7.56. Estudios de impacto táctil	65
7.57. Estudios de impacto auditivo	66
7.58. Estudios de impacto visual	67
7.59. Estudios de impacto olfativo	68
7.60. Estudios de impacto gustativo	69
7.61. Estudios de impacto táctil	70
7.62. Estudios de impacto auditivo	71
7.63. Estudios de impacto visual	72
7.64. Estudios de impacto olfativo	73
7.65. Estudios de impacto gustativo	74
7.66. Estudios de impacto táctil	75
7.67. Estudios de impacto auditivo	76
7.68. Estudios de impacto visual	77
7.69. Estudios de impacto olfativo	78
7.70. Estudios de impacto gustativo	79
7.71. Estudios de impacto táctil	80
7.72. Estudios de impacto auditivo	81
7.73. Estudios de impacto visual	82
7.74. Estudios de impacto olfativo	83
7.75. Estudios de impacto gustativo	84
7.76. Estudios de impacto táctil	85
7.77. Estudios de impacto auditivo	86
7.78. Estudios de impacto visual	87
7.79. Estudios de impacto olfativo	88
7.80. Estudios de impacto gustativo	89
7.81. Estudios de impacto táctil	90
7.82. Estudios de impacto auditivo	91
7.83. Estudios de impacto visual	92
7.84. Estudios de impacto olfativo	93
7.85. Estudios de impacto gustativo	94
7.86. Estudios de impacto táctil	95
7.87. Estudios de impacto auditivo	96
7.88. Estudios de impacto visual	97
7.89. Estudios de impacto olfativo	98
7.90. Estudios de impacto gustativo	99
7.91. Estudios de impacto táctil	100
7.92. Estudios de impacto auditivo	101
7.93. Estudios de impacto visual	102
7.94. Estudios de impacto olfativo	103
7.95. Estudios de impacto gustativo	104
7.96. Estudios de impacto táctil	105
7.97. Estudios de impacto auditivo	106
7.98. Estudios de impacto visual	107
7.99. Estudios de impacto olfativo	108
7.100. Estudios de impacto gustativo	109

CAPITULO 7

ESTUDIOS DE POTENCIA Y ENERGIA

7.1 INTRODUCCION

En este capítulo se presentan los estudios efectuados para evaluar la energía firme, la energía secundaria, la energía promedio, la potencia continua, potencia confiable y la capacidad instalada del proyecto Miel I. Además, para tener algunos parámetros de comparación entre las diversas alternativas, se derivaron costos unitarios por kw instalado, por kw confiable y por kwh generado. En el Apéndice B se presenta un análisis detallado de los estudios.

Los estudios se efectuaron, empleando el modelo de simulación desarrollado por el Consorcio, para tres niveles máximos de embalse: 430, 445 y 460 para cada uno de ellos se utilizaron factores de planta de 0.4, 0.5 y 0.6 y diferentes desembalses. En la Figura 18 se muestran gráficamente los resultados obtenidos. En este capítulo se presentan los resultados obtenidos para la cota máxima de embalse 445.

7.2 ENERGIA FIRME Y POTENCIA CONTINUA

Para un nivel máximo de embalse en la cota 445 la energía aumenta hasta un desembalse cercano a la cota 390, que corresponde a un desembalse de 55 m y caída neta mínima para generación de 168 m, tal como puede verse en la Figura 18. A partir de este punto el aumento de energía se vuelve casi nulo al aumentar el desembalse; esto refleja las condiciones topográficas del embalse, que son las de un cañón con forma de "V" el cual en la parte inferior tiene muy poco volumen de almacenamiento.

La energía firme obtenida bajo estas condiciones, empleando la secuencia crítica de caudales, es de 964 Gwh. Se empleó una secuencia crítica con una probabilidad del 94% de ser excedida seleccionada de las series de caudales medios mensuales generados que se describen en el Apéndice A y Capítulo 4 de este volumen.

La potencia continua definida como la potencia disponible durante el 100% del tiempo en el año de suministro adverso de agua, se determinó a partir de la energía firme por ser función de esta.

En el Cuadro 7.1 se presentan los resultados de los estudios realizados para determinar la energía firme y la potencia continua.

7.3 CAPACIDAD CONFIABLE Y CAPACIDAD INSTALADA

La capacidad confiable o capacidad de producción de la planta a la cota mínima se determinó con base en la potencia continua, los tres factores de planta y los diferentes desembalses.

La capacidad instalada es función de la capacidad confiable para cada uno de los factores de planta seleccionados. Dichas capacidades se determinaron multiplicando la capacidad confiable por la relación entre la caída nominal y la caída mínima elevada a la potencia 1.5.

La caída nominal se fijó como la cabeza que tiene una probabilidad del 50% de ser excedida durante la operación a largo plazo. Con esta cabeza nominal los generadores trabajarán dentro de los límites permitidos de sobrecarga por aumento de temperatura con cabeza máxima. En el Cuadro 7.1 se presentan los valores de capacidad confiable y la capacidad instalada del proyecto.

7.4 ENERGIA TOTAL Y ENERGIA SECUNDARIA

Para obtener la producción de energía promedio y secundaria a largo plazo se corrió el mismo programa con una secuencia hidrológica de 50 años, seleccionada como se explica en el Apéndice B, que se considera como la vida útil del proyecto.

La energía secundaria obtenida es de 446 gwh y la energía promedio de 1410 gwh.

7.5 DESVIACION DEL RIO GUARINO

En las consideraciones sobre potencia y energía mencionadas anteriormente no se tuvo en cuenta el caudal que aportaría al proyecto Miel I

la desviación del río Guarinó.

Las alternativas de desviación de este río están siendo estudiadas en conjunto con la factibilidad de Miel II, bien sea directamente al embalse de este proyecto por un túnel de 14 km o como segunda alternativa al río La Miel aguas abajo de dicho embalse por medio de un túnel de 3.5 km.

Las implicaciones de la desviación del río Guarinó sobre los proyectos se presentarán en el informe de factibilidad de Miel II.

7.6 COSTOS DE POTENCIA Y ENERGIA

En este informe no se presentan los beneficios netos del proyecto ni un estudio económico por estar fuera del alcance de los estudios. Con los resultados de los estudios de costos y del análisis de potencia y energía se determinaron costos unitarios de energía firme, potencia confiable y capacidad instalada. Estos resultados se muestran en el Cuadro 7.2 y en la Figura 19, para el proyecto, con cota máxima de embalse 445, con factores de planta de 0.4, 0.5 y 0.6. Los costos de inversión del proyecto incluyen: costo total de construcción, intereses del 9% durante la construcción, amortización anual del 9%, gastos de operación y mantenimiento.

CUADRO 7-1

POTENCIA Y ENERGIA

Nivel máximo normal de embalse, metros	445
Desembalse, metros	55
Energia firme anual, gwh	964
Potencia continua, mw	110
Caída bruta máxima, metros	225.5
Caída bruta mínima, metros	170.5
Caída de diseño, metros	218
<u>$f_p = 0.4$</u>	
Capacidad confiable, mw	275
Capacidad instalada, mw	405
<u>$f_p = 0.5$</u>	
Capacidad confiable, mw	220
Capacidad instalada, mw	324
<u>$f_p = 0.6$</u>	
Capacidad confiable, mw	183
Capacidad instalada, mw	270

CUADRO 7-2

COSTOS DE LA POTENCIA Y DE LA ENERGIA
 Nivel de Embalse 445
 (Miles de US\$)

Factor de Planta	40	50	60
Capacidad Confiable (mw)	275	220	183
Capacidad Instalada (mw)	405	324	270
Energía Firme Anual (gwh/año)	964	964	964
Costos de Construcción	227	213	204
Costos de Inversión <u>1/</u>	268	252	241
<u>Costos Anuales:</u>			
O & M	2.3	2.0	1.9
Amortización <u>2/</u>	24.4	23.0	22.0
Total :	26.7	25.0	23.9
Costos de Capacidad Instalada (US\$/kw)	a). 561	650	757
	b). 724	845	969
Costo de la Capacidad Confia <u>ble</u> (US\$/kw-año) <u>3/</u>	97	114	130
Costo de la Energía Firme US\$ mils (kwh)	27.3	25.9	24.7

1/ : Con una tasa de interés del 9% anual durante el período de construcción.

2/ : Amortizado en 50 años al 9% anual.

3/ : Costos determinados asignando el costo total del proyecto a la potencia o a la energía.

a). Costo de Construcción.

b). Costo total incluye intereses durante la construcción y amortización del 9%.

CAPITULO 8

Estudios ambientales y socioeconómicos

CAPITULO 8

ESTUDIOS AMBIENTALES Y SOCIOECONOMICOS

8.1 INTRODUCCION

En este capítulo se presenta un resumen de los estudios ecológicos y socioeconómicos llevados a cabo en la zona afectada por el embalse y las obras del proyecto, tanto durante el período de construcción como una vez terminadas las obras.

Se estudiaron además, las posibilidades de desarrollo agrícola de la zona y los posibles efectos económicos y sociales que puedan causar se a los habitantes de la zona por la construcción de las obras.

8.2 ASPECTOS ECOLOGICOS

El embalse de Miel I inundará 12 km^2 y las obras del proyecto ocuparán aproximadamente otros tres kilómetros cuadrados. Sin embargo, la repercusión ecológica por la construcción del proyecto abarcará una amplia zona geográfica. Por esta razón se llevaron a cabo estudios para determinar las características ecológicas de la hoya del proyecto, trabajo que incluye estudios de climatología, erosión existente y potencial, fauna y flora. En el Apéndice H se presentan en detalle los resultados de dichos estudios.

Como parte importante de los estudios figura la determinación de los efectos de la construcción del proyecto sobre la migración de los peces en el río La Miel. A este respecto se ha concluido que las poblaciones ícticas que habitan aguas abajo de la presa quedarán aisladas de las del curso superior del río por la barrera de la presa, lo cual producirá algunos desequilibrios debido a la regulación de los caudales, y a la turbidez de las aguas durante e inmediatamente después de la construcción. Sin embargo, el nuevo habitat formado por el embalse se podría servir para que se adapten a las aguas profundas y tranquilas del lago las mismas especies nativas mencionadas anteriormente.

Se originará un nuevo microclima debido al cambio en la humedad atmosférica, reflexión de la luz en la superficie del lago y la vegetación que quedará bajo la zona inundada. El nuevo habitat dará origen a otro substrato porque la vegetación existente quedará bajo las aguas, produciendo cambios en la cadena alimenticia de la fauna de la zona debidos a la transformación y descomposición de la materia orgánica.

8.3 ESTUDIOS AGRICOLAS

8.3.1 Aspectos Generales

La agricultura es la principal ocupación y fuente de ingresos de los habitantes de la región. Los cultivos son los que se adaptan a las condiciones topográficas y climatológicas, siendo los más importantes: cacao, plátano, maíz, café y yuca. Estos cultivos se hacen en pequeñas fincas sin la utilización de maquinaria, abonos, ni técnicas agrícolas modernas. Existen algunas áreas de terrenos ondulados dedicados al pastoreo de un reducido número de cabezas de ganado, como actividad marginal. En pequeña escala también es frecuente la cría de cerdos y aves de corral.

8.3.2 Area del Embalse, Características de los Suelos, Uso Potencial y Uso Actual

De acuerdo a la clasificación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, los suelos del área del embalse pertenecen a la Asociación Peñalisa (Ple f2) cuyas principales características son las siguientes: el relieve es de quebrado a escarpado con pendientes de 25 a 50% y mayores. Los suelos se desarrollaron a partir de cenizas volcánicas que descansan sobre material ígneo (granítico) alternando con material metamórfico (esquistos). Son de baja fertilidad, muy pobres en fósforo aprovechable con alto contenido de materia orgánica y fuertemente ácidos; presentan además erosión moderada que ha hecho que desaparezcan en gran parte las cenizas.

Los suelos puede ser aprovechados para ganadería, con pastos mejorados, cacao y frutales mediante la utilización de prácticas intensivas de conservación en las áreas menos escarpadas.

En la actualidad en el área del embalse existen algunas explotaciones a

gropecuarias rudimentarias de escaso valor económico y zonas de bosque que explotadas en su mayoría para consumo doméstico.

8.4 ESTUDIOS FORESTALES

La hoya hidrográfica del río La Miel presenta tres pisos térmicos que ostentan la flora típica de cada uno de ellos, la cual ha sido casi exterminada a lo largo del río y zonas aledañas, por la colonización de la región. Se elaboró un estudio pormenorizado de la flora de los diferentes pisos térmicos y con base en este estudio se hacen recomendaciones sobre las especies más adecuadas para la reforestación de la hoyya. Además, se incluyen recomendaciones sobre obras de infraestructura que deberán llevarse a cabo para el adecuado manejo de la hoyya. Los resultados de estos estudios se presentan en detalle en el Apéndice H.

8.5 ESTUDIOS SOCIOECONOMICOS

Como consecuencia de las obras del proyecto, solamente un número muy reducido de personas será afectado directamente por las obras. En los terrenos que han de ser inundados no hay población. Se trata de fincas con terrenos en su mayor parte de fuerte pendiente y dedicados a faenas agropecuarias de poca intensidad y lo restante está constituido por manchas de bosque.

En el Apéndice H se presentan en detalle los estudios de vías de comunicación, costumbres, alimentación, costo de vida, vivienda, educaciones nales, salud y demás aspectos socioeconómicos de la región.

CAPITULO 9

Conclusiones y recomendaciones

CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados de investigaciones de campo, los levantamientos geológicos, ensayos de laboratorio, análisis de alternativas y demás estudios presentados en este informe, se puede sacar las conclusiones que se presentan a continuación y el Consorcio se permite hacer algunas recomendaciones orientadas hacia la acción futura que se debe tomar para llevar el proyecto hasta su feliz culminación.

9.1 CONCLUSIONES

El estudio de factibilidad muestra que el proyecto La Miel es viable técnicamente y compite económicamente en condiciones favorables con otros proyectos en el ámbito nacional.

El proyecto Miel I está localizado en un sitio privilegiado geográficamente respecto a los centros de consumo ya que se encuentra en un punto medio entre Manizales, Bogotá, Medellín y Cali. Además, el proyecto está actualmente servido por vías terrestres que proveen un acceso adecuado durante construcción y por lo tanto solo se requerirán muy pocos kilómetros de nuevas vías y no será necesario relocalizar carreteras existentes.

Las condiciones geológicas del proyecto son óptimas ya que en el sitio se encuentran formaciones ígneas de dioritas masivas, con rocas metamórficas de gran dureza que hacen el sitio ideal para la construcción de presas de enrocamiento y muy favorables para centrales subterráneas, y túneles; el miembro impermeable será una pantalla de concreto colocada sobre la cara aguas arriba de la presa ya que no se encontraron materiales impermeables adecuados.

A pesar de ser relativamente pequeña la hoya hidrográfica, 770 km², la alta pluviosidad de la zona, hasta de 8.000 mm al año, hace que el rendimiento de la cuenca sea muy alto y que el caudal promedio del río permita construir una planta cuya capacidad (324 mw) que sería dos veces

ces superior a la instalación total que tiene la CHEC en este momento y por lo tanto también es de interés para el sistema nacional interconectado.

Para poder regular el caudal medio del río y producir un máximo de energía firme, se requiere la construcción de una presa alta de por lo menos 180 m de altura. Con este embalse se puede garantizar un bloque de energía promedio anual de cerca de 1.500 gwh que corresponde a un 8% aproximadamente de la generación total del país. La capacidad instalada de la planta sería de 324 mw para trabajar con un factor de planta de 0.5, la cual se podrá aumentar cerca del 30% en etapas posteriores, al construirse el proyecto Miel II, y efectuarse las desviaciones de cuencas vecinas. El costo de kilovatio instalado sería ligeramente superior a US\$600.00/kw y el costo de energía sería del orden de US\$0.018/kwh.

El tamaño de la planta, el monto de la inversión y el tiempo de construcción relativamente corto de cinco años, hacen que este proyecto sea altamente favorable para acometer su construcción simultáneamente con los otros proyectos del plan de generación nacional, para proveer su plena capacidad en caso de atrasos y de todas maneras la energía y la capacidad que el sistema ICEL requiere en la zona geográfica de Caldas, Risaralda, Quindío, Tolima, Occidente de Cundinamarca, Huila y Valle.

La construcción de las obras del proyecto y la inundación del área del embalse afectará a un número reducido de personas dado que en estas zonas existen solamente algunas explotaciones agropecuarias de bajo rendimiento económico y no hay población.

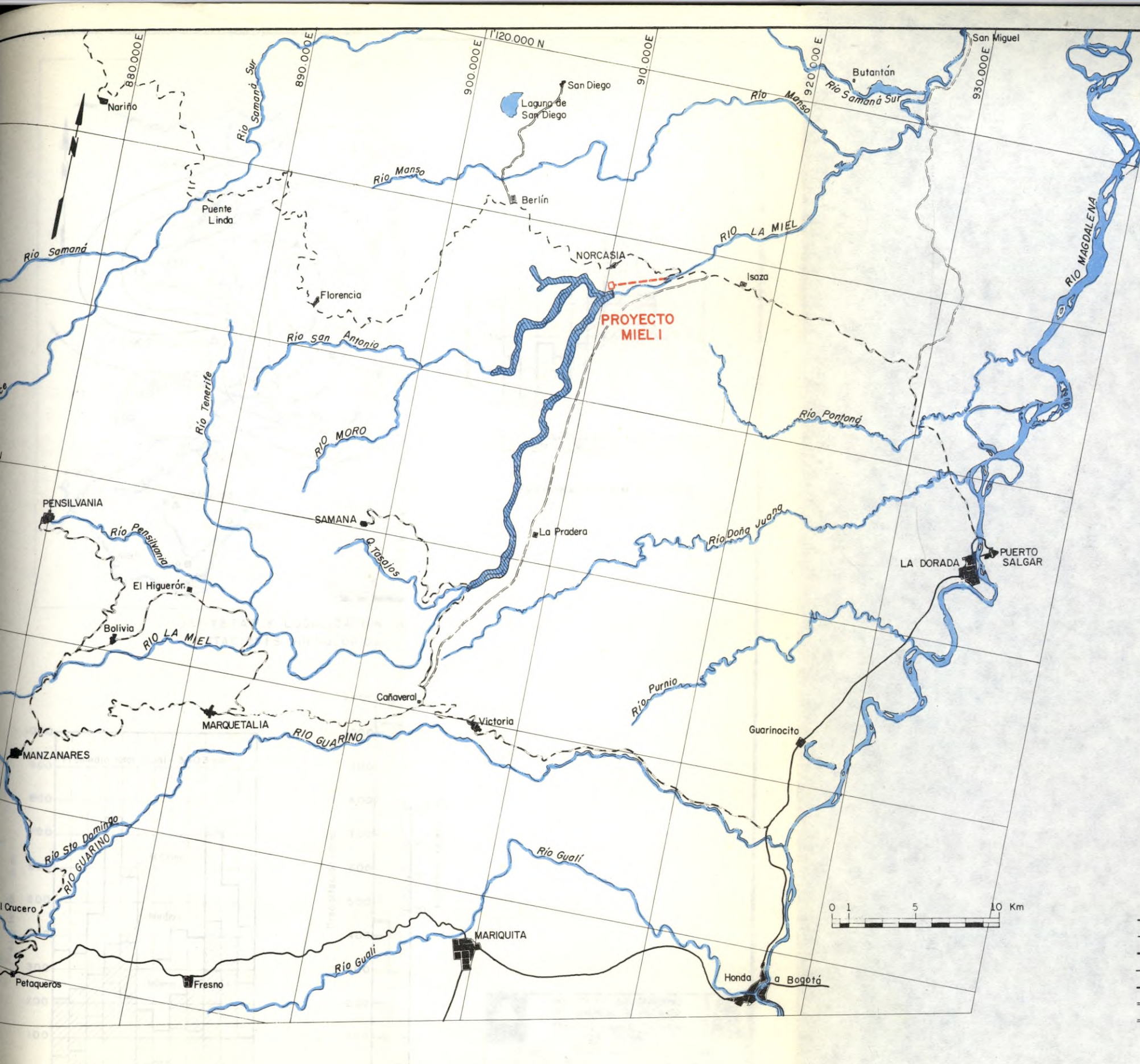
9.2 RECOMENDACIONES

Las entidades de orden nacional y el grupo ICEL deben estudiar y determinar la capacidad definitiva de la planta, el factor de carga, la altura de presa y las demás características del proyecto que dependen de las condiciones del sistema interconectado nacional y están gobernadas por parámetros económicos que solamente la política del Sector Eléctrico, puede definir. Deberá tenerse en cuenta para esta definición los posibles aportes de la cuenca del río Guarín y también posibles desviaciones futuras del río Manso.

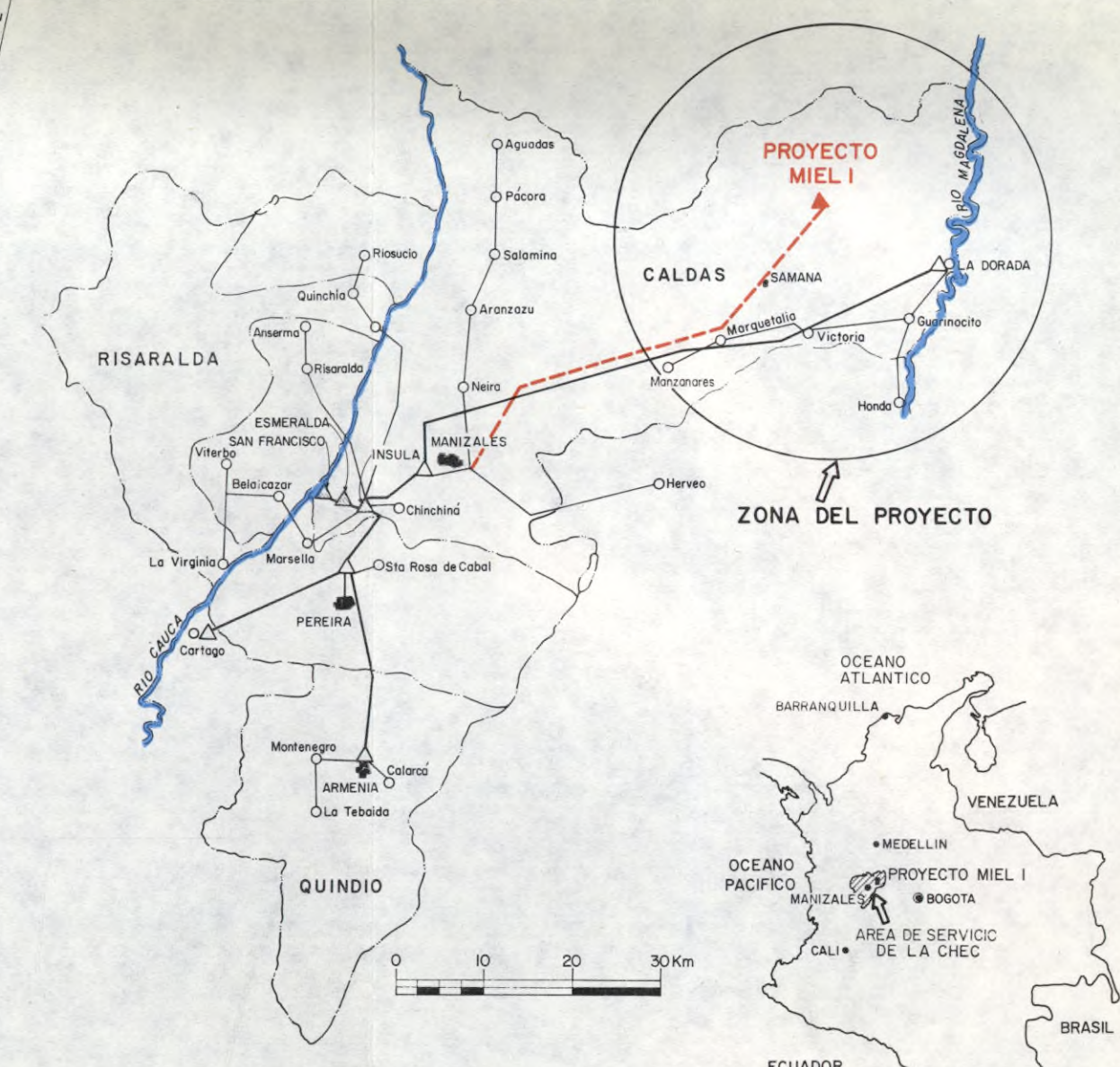
Se recomienda continuar las investigaciones hidrológicas para, durante la etapa de diseño, refinar los valores de las crecientes de desviación y la máxima creciente para el rebosadero.

Se recomienda iniciar cuanto antes el diseño final de la obra que deberá incluir una investigación geotécnica de mayor detalle especialmente para la caverna donde se instalará la casa de máquinas y los ensayos de mecánica de rocas que se deberán efectuar en las galerías de exploración existentes.

Se recomienda iniciar la adquisición de zonas con base en un censo de propietarios, para evitar problemas sociales bajo la presión de construcción inminente. Además podrán iniciarse las obras e infraestructura como son las carreteras de acceso, campamentos, y acueducto.



ZONA DEL PROYECTO



CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS
AREA DE SERVICIO

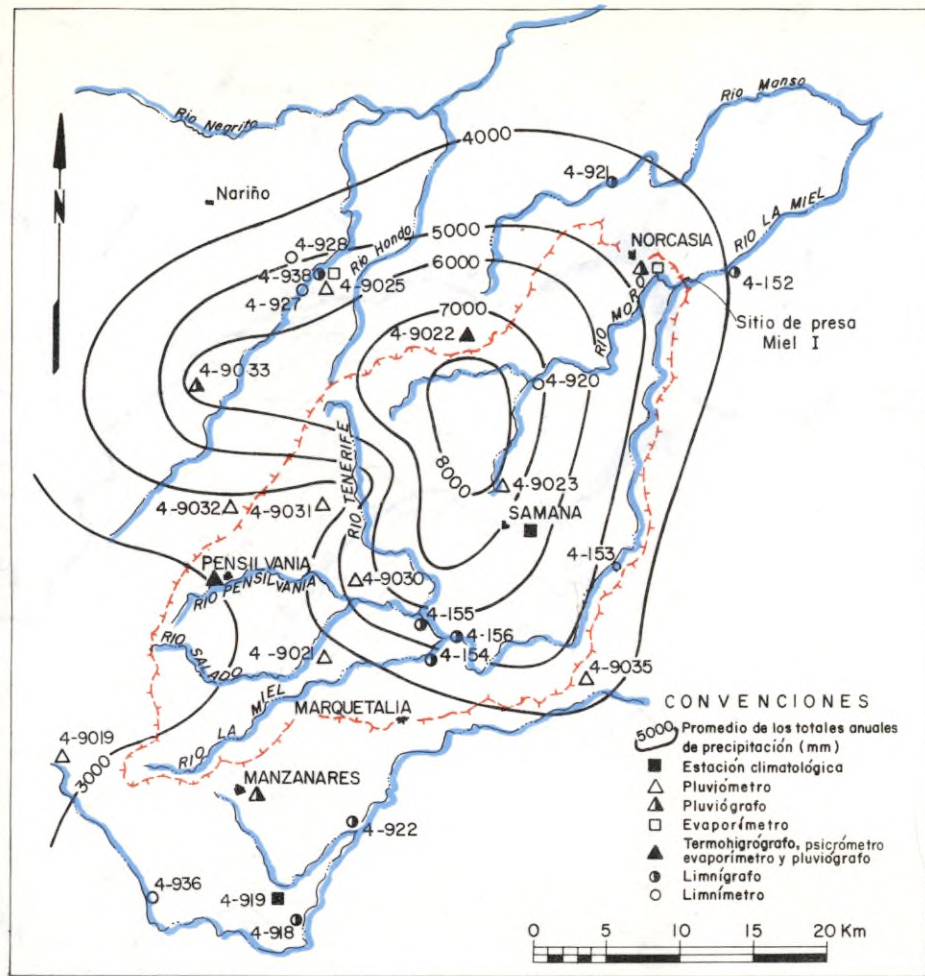
- CONVENCIONES
- △ Subestación a 115 KV
 - ▲ Planta de generación
 - Línea de transmisión de 115 KV
 - Línea de transmisión de 33 KV
 - Línea de transmisión del proyecto de 230 KV
 - - - Límite departamental
 - Carretera pavimentada
 - - - Carretera sin pavimentar
 - Carreteable



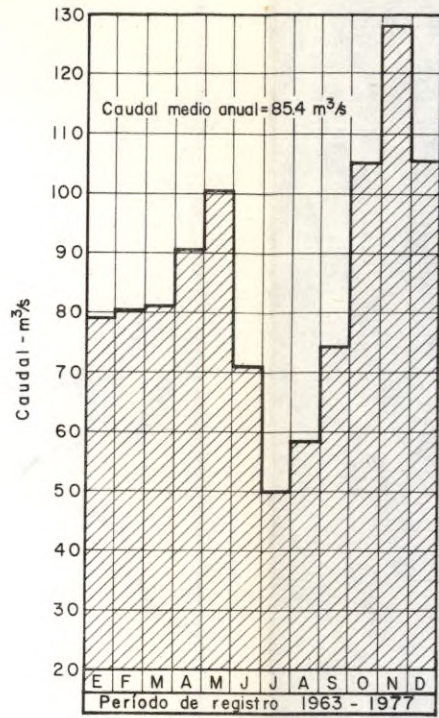
MAPA GENERAL

	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA	
LOCALIZACION GENERAL DEL PROYECTO		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FECHA JUNIO - 1979 FIGURA 1

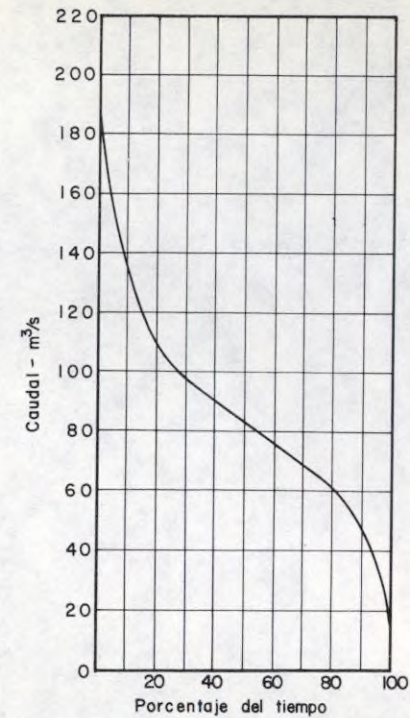
LLUVIA MEDIA ANUAL EN SOLITA ESTACION 4-3021



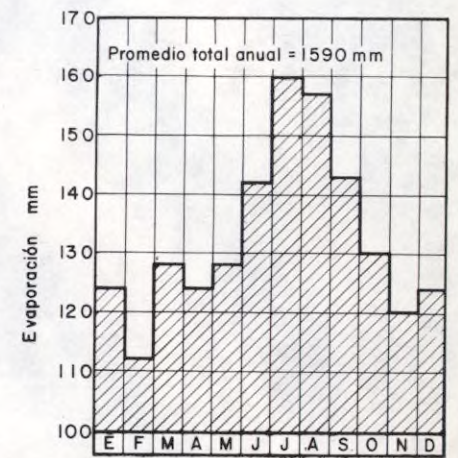
ISOYETAS Y LOCALIZACION DE ESTACIONES HIDROLOGICAS



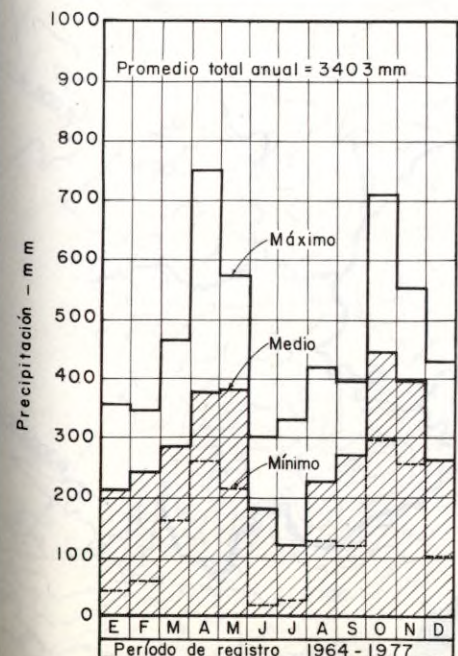
CAUDAL MEDIO MENSUAL EN SITIO DE PRESA ESTACION 4-152



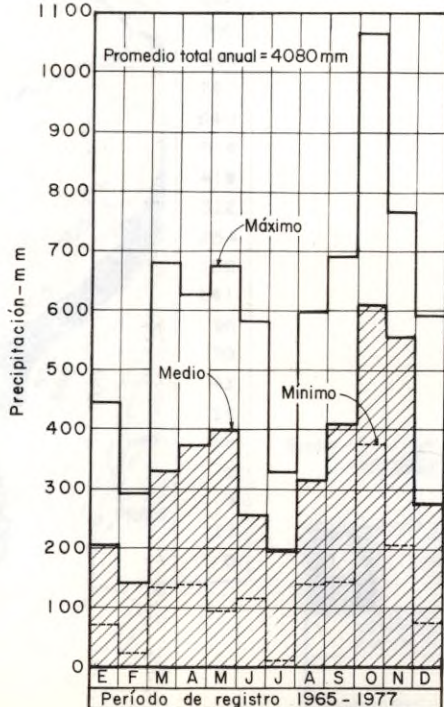
DURACION DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES SITIO DE PRESA



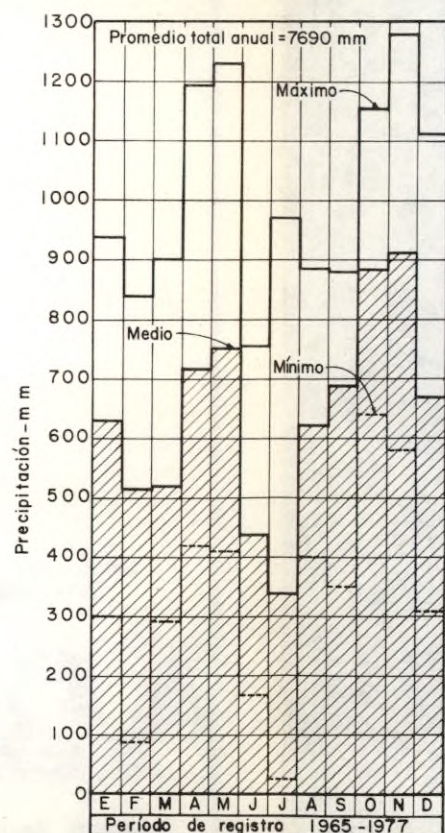
EVAPORACION EN NORCASIA



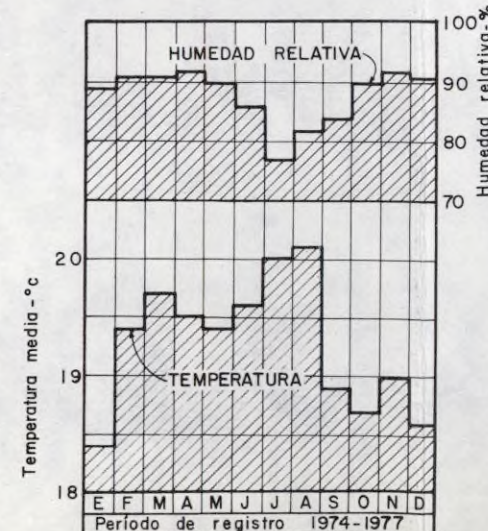
LLUVIA MEDIA MENSUAL EN BOLIVIA ESTACION 4-9021



LLUVIA MEDIA MENSUAL EN NORCASIA ESTACION 4-1066



LLUVIA MEDIA MENSUAL EN FLORENCIA ESTACION 4-9022



TEMPERATURA MEDIA Y HUMEDAD RELATIVA EN SAMANA

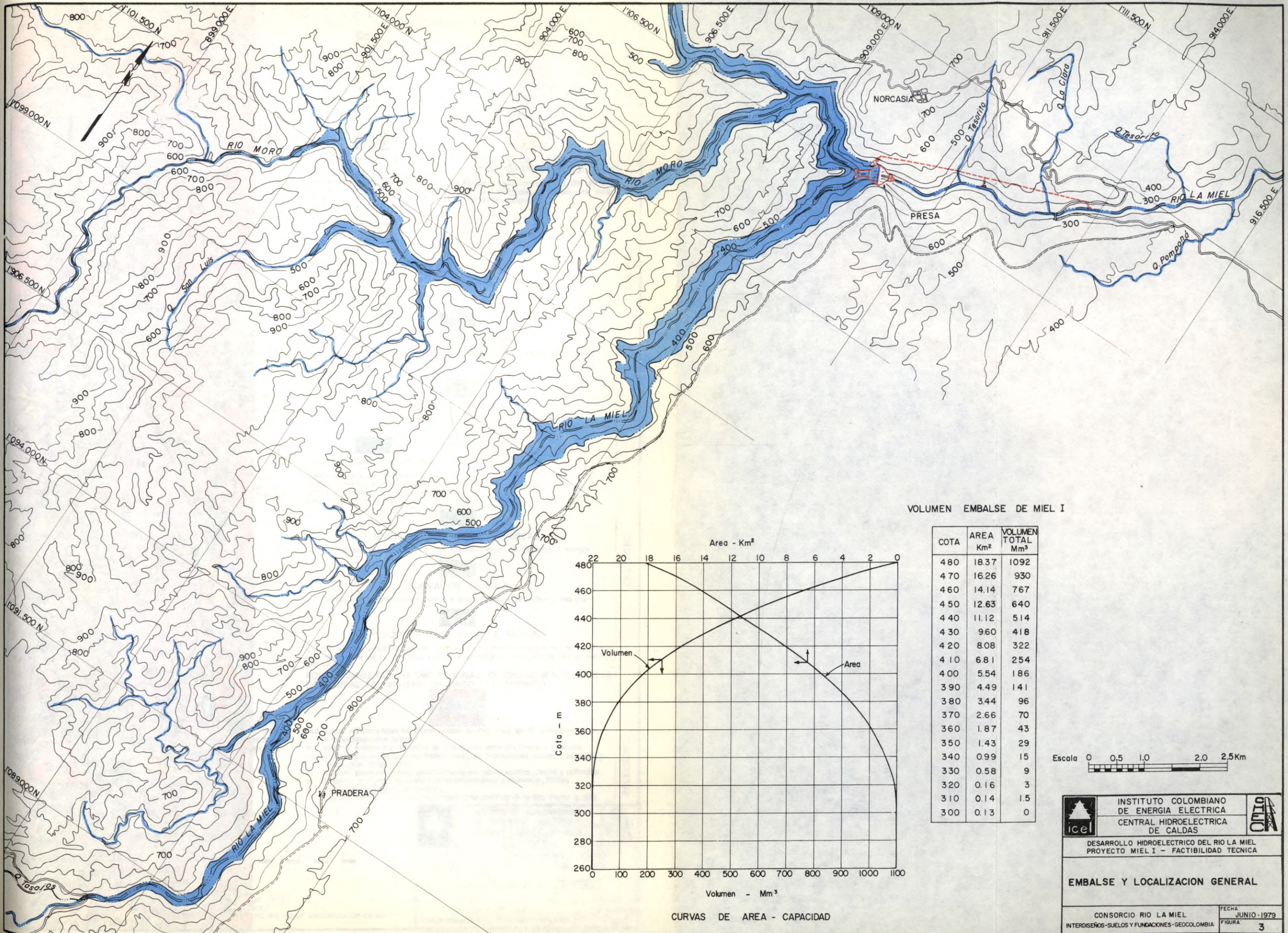
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

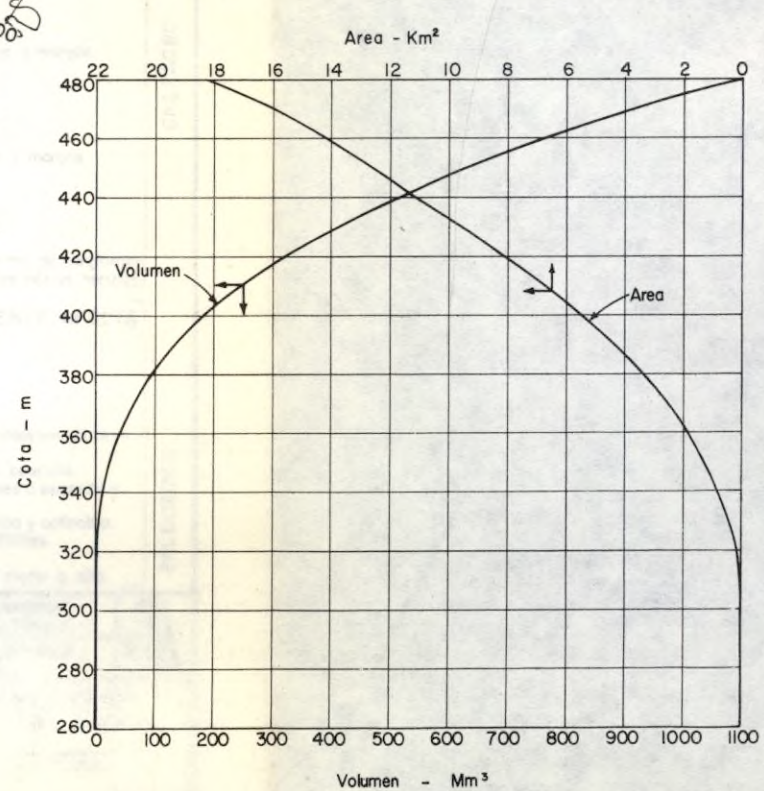
INFORMACION HIDROLOGICA

CONSORCIO RIO LA MIEL
INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA

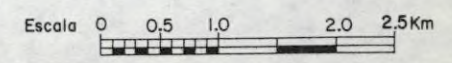
FECHA: JUNIO-1979
FIGURA: 2




VOLUMEN EMBALSE DE MIEL I



COTA	AREA Km ²	VOLUMEN TOTAL Mm ³
480	18.37	1092
470	16.26	930
460	14.14	767
450	12.63	640
440	11.12	514
430	9.60	418
420	8.08	322
410	6.81	254
400	5.54	186
390	4.49	141
380	3.44	96
370	2.66	70
360	1.87	43
350	1.43	29
340	0.99	15
330	0.58	9
320	0.16	3
310	0.14	1.5
300	0.13	0



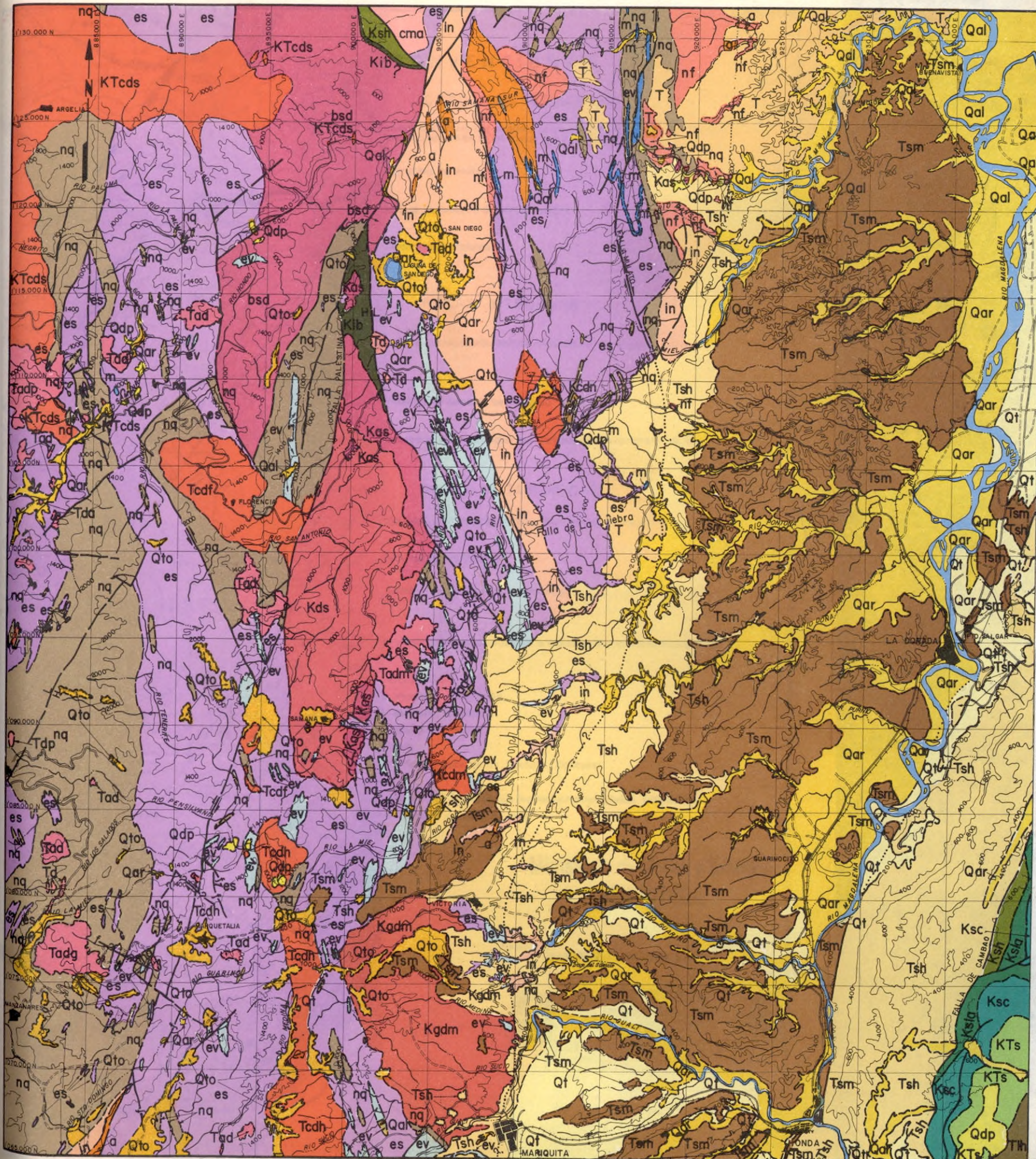

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS
 DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
 PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

EMBALSE Y LOCALIZACION GENERAL

CONSORCIO RIO LA MIEL
 INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES- GEOCOLOMBIA

FECHA: JUNIO-1979
 FIGURA: 3

CURVAS DE AREA - CAPACIDAD



CONVENCIONES
ROCAS INTRUSIVAS ROCAS SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS

<p>ROCAS INTRUSIVAS</p> <p>Td PORFIDO DACITICO Rocas hipoabisales predominantemente dacíticas, con variaciones granodioríticas.</p> <p>Tdp DIQUE PEGMATITICO</p> <p>Kcdm Kcdn Tcdh Tcdf INTRUSIVOS CUARZODIORITICOS Kcdm: Intrusivos de La Miel, cuarzdiorita biotítica hornbléndica con variaciones a granodiorita. Kcdn: Stock de Norcasia, cuarzdiorita a tonalita biotítica inequigranular, grano grueso. Tcdh: Intrusivos de El Hatillo, cuarzdiorita biotítica inequigranular, grano grueso. Tcdf: Intrusivos de Florencia, cuarzdiorita biotítica-hornbléndica de grano grueso con variaciones a granodiorita.</p> <p>cma CUARZOMONZONITA DE AQUITANIA</p> <p>Kdpd Kddc Kdp Kdap Kdan Kdal Kdd DIQUES De composición variada de pórfido dacítico, dacítico, pegmatítico, aplítico, andesítico, alaskítico y diorítico. Intruyen el Stock de Norcasia y la roca metamórfica encajante. (No se incluyen en este mapa por su reducido tamaño. Se presentan en mapas de mayor escala, e.g. Figuras 6 y 7)</p> <p>Kas ALASKITA DE SAMANA Alaskita de grano grueso inequigranular.</p> <p>Kgdm INTRUSIVOS DE MARIQUITA Granodiorita biotítica hololeucocrática inequigranular, con variación local a diorita, cuarzdiorita o cuarzomonzonita.</p> <p>Kds COMPLEJO IGNEO DE SAMANA Cuerpo de composición muy variable, predominantemente diorítico, incluye alaskita, cuarzdiorita y gabro hornbléndico-piroxénico.</p> <p>in MIGMATITAS Y ANFIBOLITAS Roca orientada, inequigranular, grano grueso, de composición cuarzdiorítica a cuarzomonzonítica. Hacia el Este del área se mezcla con rocas metamórficas originando diversos tipos de migmatitas; la fracción metamórfica consta de anfibolita, esquistos, neis cuarzofeldespático y neis con silicatos de calcio. Se presentan bancos y niveles de cuarcita (nq) intercalados.</p>	<p>ROCAS SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS</p> <p>Qar Qal ALUVIONES RECIENTES</p> <p>Qt TERRAZAS ALUVIALES Depósitos aluviales principalmente de arenas y gravas.</p> <p>Tsm FORMACION MESA Alternancia de lutitas y areniscas; arenas tobáceas y gravas con cantos de rocas volcánicas; lutitas rojas.</p> <p>Tsh GRUPO HONDA Lutitas rojas con intercalaciones de areniscas; arenas y gravas con cantos de rocas metamórficas e ígneas intrusivas y efusivas; lutitas y areniscas grises; arcillolitas y limolitas.</p> <p>Tih FORMACION HOYON Conglomerados con cantos de cuarzo, rocas ígneas y metamórficas; lutitas color violeta; gravas y areniscas.</p> <p>KTs FORMACION SECA Lutitas rojas con intercalaciones de areniscas.</p> <p>Ksc FORMACION CIMARRONA Conglomerados con fragmentos de cuarzo y matriz arenosa-calcrea; lutitas y limolitas negras con intercalaciones de areniscas.</p> <p>Ksla NIVEL DE LUTITAS Y ARENISCAS Lutitas de color gris oscuro con intercalaciones de areniscas y margas.</p> <p>Ksh FORMACION HONDITA Calizas con fragmentos de cuarzo e intercalaciones de lutitas y margas.</p> <p>Kib HORIZONTE FOSILIFERO DE BERLIN Lutitas negras, arcillolita y limolita localmente fosilíferas; incluye lentes de conglomerado con cantos de cuarzoliditas y rocas metamórficas. Posiblemente incluye horizontes jurásicos.</p> <p>bsd nq m ev es ea nf ROCAS CON METAMORFISMO REGIONAL OCASIONALMENTE AFECTADAS POR METAMORFISMO DINAMICO Y/O TERMICO bsd: Rocas metamórficas no diferenciadas de muy bajo grado, conservan la textura sedimentaria original. m: Marmol y rocas con silicatos de calcio, con variación lateral a cuarcita. nq: Cuarcita y cuarcita biotítica-feldespática, con transiciones locales a esquistos y neis cuarzo feldespático. ev: Esquistos verdes compuesto principalmente por albita, epidota, clorita y actinolita. es: Esquistos grafitosos, micáceos, cuarzo-feldespático y aluminicos; filitas. ea: Anfibolita y esquistos anfibolíticos. nf: Esquistos micáceos y neis cuarzo-feldespático-biotítico de grado medio a alto.</p>	<p>CUATERNARIO</p> <p>Qdp DERRUBIOS DE PENDIENTE</p> <p>Qto DEPOSITOS PIROCLASTICOS Y GLACIOFLUVIALES Incluye depósitos glaciofluviales y localmente flujos de lodo y delgadas capas de tefritas.</p> <p>T SEDIMENTOS TERCIARIOS NO DIFERENCIADOS Arenisca, conglomerado y lutita en el Valle del Magdalena. Localmente incluye terrazas antiguas.</p> <p>TERCIARIO</p> <p>CRETACEO</p> <p>PALEOZOICO</p>
--	---	--

SIMBOLOS

- Localización aproximada de contacto.
- |— Localización de falla, flechas indican movimiento, L=levantado, H=hundido.
- Localización aproximada de falla.
- ?— Falla probable o incierta.
- Falla cubierta.
- L— Lineamiento fotogeológico

Escala: 0 1 5 10 km

NOTAS: - Modificado de Feininger et al (1970) y Barrero y Vesga (1976).
- Base topográfica del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".
- En mapas de mayor escala (e.g. Figuras 6 y 7) se muestra una mayor discriminación de los depósitos cuaternarios.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

MAPA GEOLOGICO GENERAL

CONSORCIO RIO LA MIEL JUNIO-1979
INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA FIGURA: 4



CONVENCIONES

DEPOSITOS RECIENTES

- Qal Qt** Depósito aluvial conformado por clásticos de roca metamórfica e ígnea, redondeados a semiangulares, concentrados en los cauces y valles bajos de los ríos
- Qd** Zona de derrumbes recientes
- Qs** Zona de antiguos derrumbes o de intensa erosión
- Qm** Zona de meteorización profunda

ROCAS INTRUSIVAS

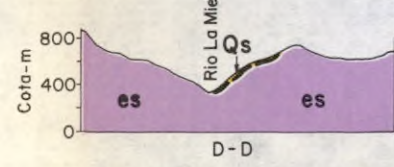
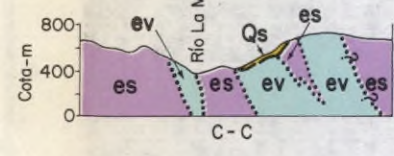
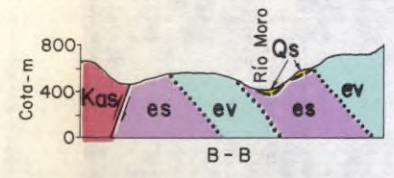
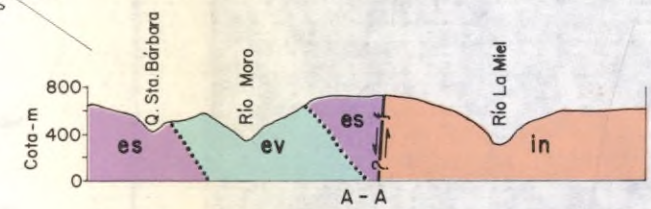
- Kcdm** Intrusivo de La Miel: cuarzodiorita biotítica hornbléndica con variaciones a granodiorita
- Kas** Intrusivo alaskítico de Samaná, inequigranular
- Kds** Intrusivo de composición mineralógica muy variable, predominantemente diorítico

ROCAS METAMORFICAS

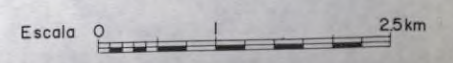
- es** Esquistos aluminico, grafítico, cuarzofeldespático-micáceo bandeado y filita
- ev** Esquisto verde clorítico-actinolítico
- nq** Cuarcita y cuarcita feldespático-micácea con transiciones a esquisto cuarzofeldespático-micáceo
- in** Migmatita de composición cuarzomonzónica a cuarzodiorítica, orientada, inequigranular

SIMBOLOS

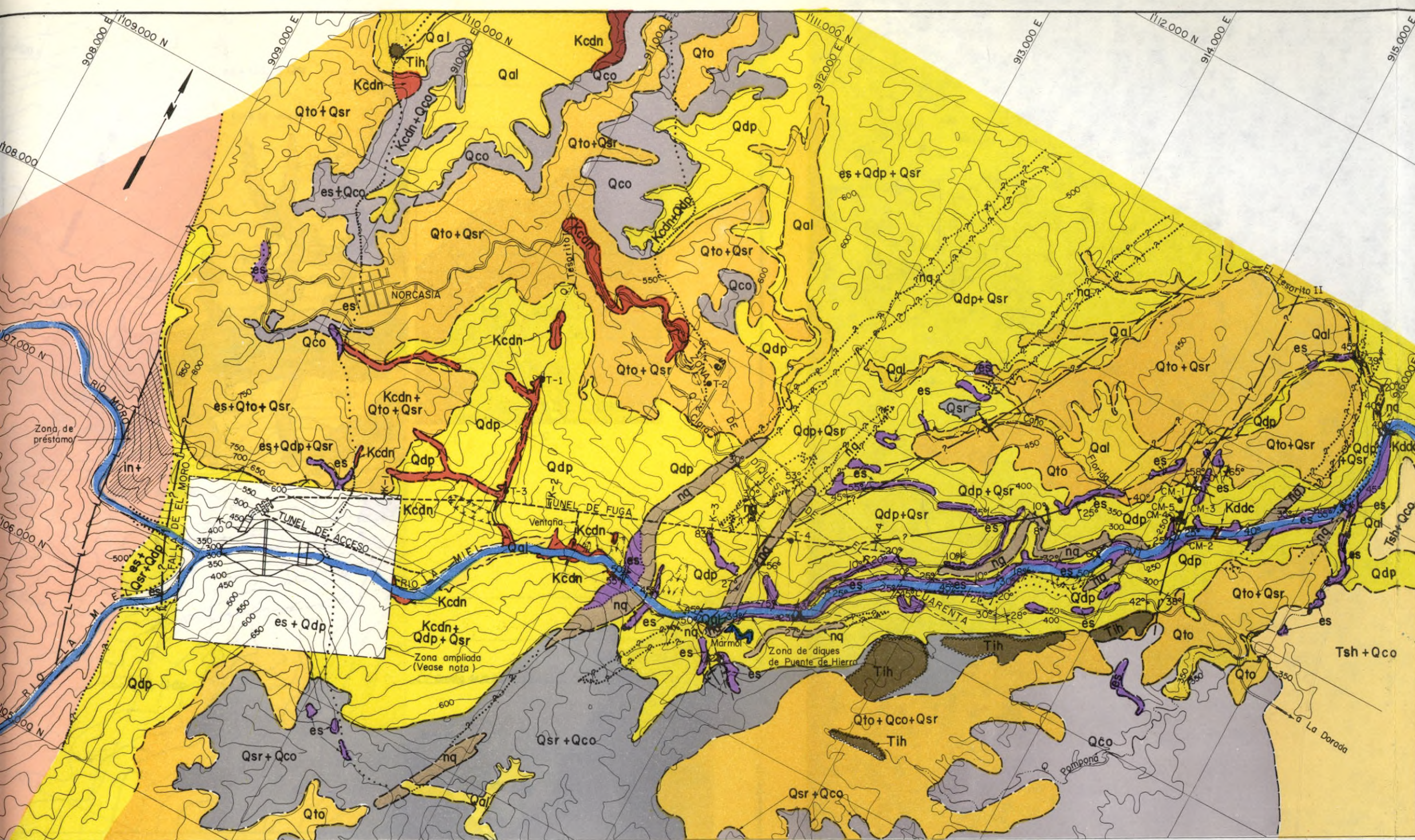
- Límite de depósitos cuaternarios
- Contacto geológico aproximado
- Contacto geológico probable
- |-|- Falla probable
- Lineamiento fotogeológico (fallas, fracturas, diaclasas)
- 70° Foliación
- Escarpe con dirección de inclinación (no necesariamente indica buzamiento)
- ~ Límite del embalse y cauces de agua



Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA



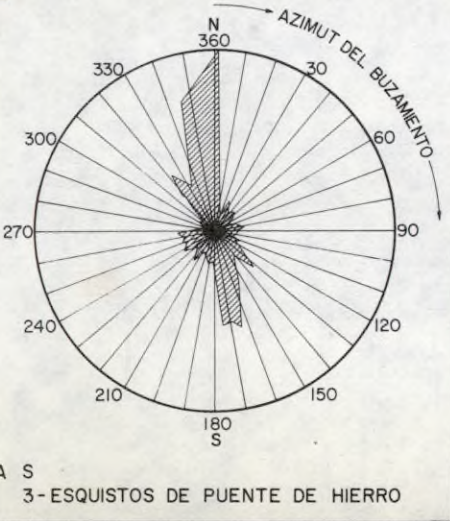
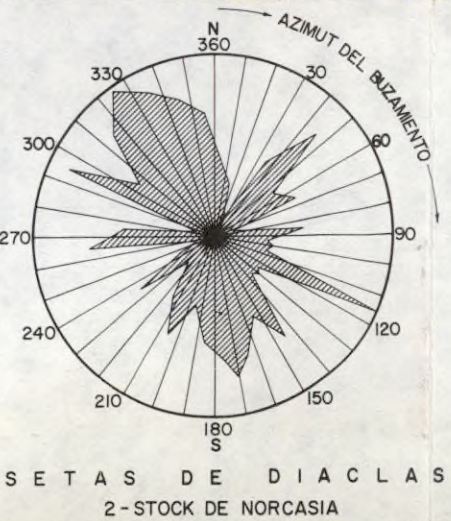
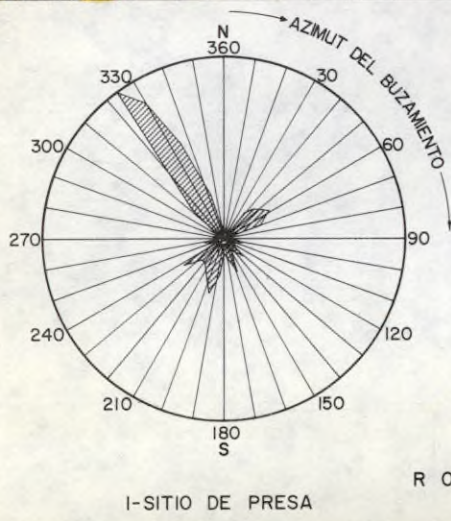
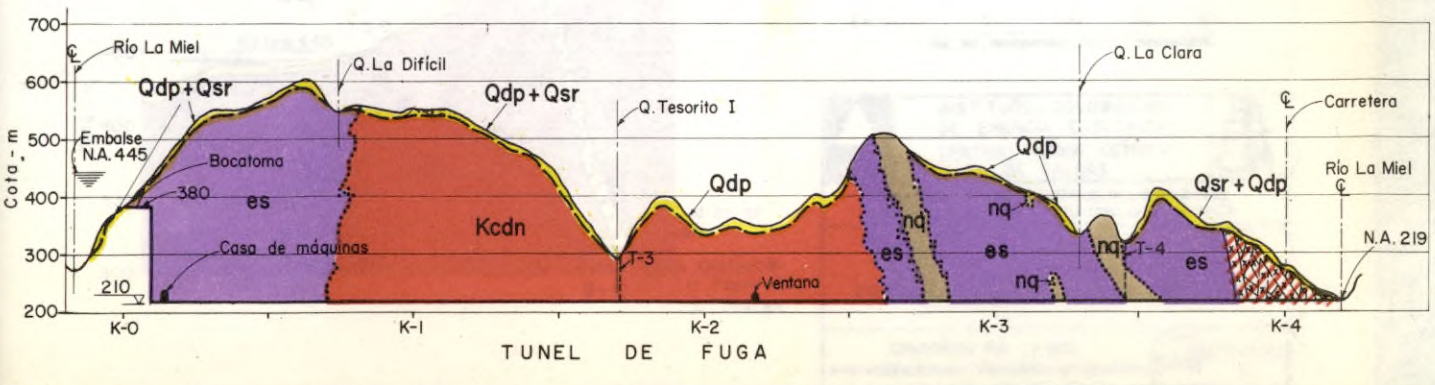
	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA	
GEOLOGIA DE LA ZONA DEL EMBALSE		
CONSORCIO RIO LA MIEL		FECHA JUNIO - 1973
INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES - GEOCOLOMBIA		FIGURA 5



- ### CONVENCIONES LITOLÓGICAS
- #### DEPOSITOS CUATERNARIOS NO CONSOLIDADOS
- Qal** Fragmentos de roca metamórfica e ígnea, redondeados o semiangulares, en proceso de transporte por acción directa de las aguas corrientes. Se encuentran generalmente en los cauces y valles bajos de los ríos. Aluviones y terrazas.
 - Qdp** Fragmentos angulares de roca metamórfica e ígnea que cubren las laderas de las principales corrientes de agua. En la mayoría de los casos, presentan una fracción de limo-arcilla.
 - Qto** Toba y ceniza volcánica de deposición predominantemente eólica.
 - Qco** Conglomerado de matriz limo-arcillosa y bloques redondeados, cantos, gravas y gravillas de roca ígnea intrusiva, esquistos, cuarcita y arenisca.
 - Qsr** Suelos residuales compuestos de arcilla, limo y grava. Son el producto de alteración in situ de rocas metamórficas e ígneas. Se localizan principalmente en la penillanura al oeste del Río Magdalena. Puede llegar a tener espesores mayores de 20m.
- #### ROCAS SEDIMENTARIAS DEL TERCIARIO
- Tsh** Alternancia de arenisca de conglomerática a grano medio, consolidada, arcillolita y limolita gris verdosa.
 - Tih** Conglomerado basal del Terciario. Cantos y gravas de esquistos, cuarcita, roca ígnea intrusiva en matriz cuarzo-feldespática consolidada.
- #### ROCAS INTRUSIVAS DEL CRETACEO
- | | | | | | | |
|------|------|-----|------|------|------|------|
| Kdnp | Kddc | Kdp | Kdap | Kdan | Kdal | Kddr |
|------|------|-----|------|------|------|------|
- Diques de composición intermedia, de pórfido dacítico, dacítico, pegmatítico, aplítico, andesítico, alaskítico y diorítico.
- Kcdn** Diorita, cuarzdiorita a tonalita del Stock de Norcasia.
- #### ROCAS METAMÓRFICAS DEL PALEOZOICO
- es** Esquistos filítico, micáceo, sericitico, aluminico, grafitico, cuarcítico, feldespático y calcáreo.
 - m** Mármol con estructura bandeada y variación lateral a cuarcita y esquistos calcáreo.
 - na** Cuarcita, cuarcita feldespática, cuarcita calcárea.
 - in/a** -Migmatitas (nebulita, ogmatita, arterita, etc.) con intercalaciones de cuerpos acordonados de cuarcita de 5-20m. de espesor.
-Anfibolita, equigranular, como parte metamórfica dentro del cuerpo migmatítico.

- ### CONVENCIONES ESTRUCTURALES
- Contacto geológico definido
 - Contacto geológico inferido
 - ?--- Contacto geológico probable
 - ~~~~~ Discordancia
 - ⌒ Anticlinal
 - ∩ Sinclinal
 - L— Lineamiento fotogeológico
 - /// Falla direccional
 - f-f Falla inferida
 - /// Zona de esfuerzo tectónico
 - Límite de depósitos cuaternarios
 - 75° Rumbo y buzamiento de foliación
 - Foliación vertical
 - Foliación horizontal
 - 60° Rumbo y buzamiento de diaclasas
 - ⊥ Diaclasa vertical
 - ⊥ Diaclasa horizontal
 - 35° Rumbo y buzamiento de dique
 - ⊥ Dique vertical
 - ⊥ Dique sin inclinación definida
 - ∩ Rumbo y buzamiento fotogeológico
 - ∩ Zona de derrumbe activo
 - CM-1 Perforación

NOTA: La geología de la zona enmarcada a trazos, correspondiente al sitio de presa, se muestra en la figura 7 (Volumen I) y C-4 (Volumen III)



Escala: 0 100 500 1000m

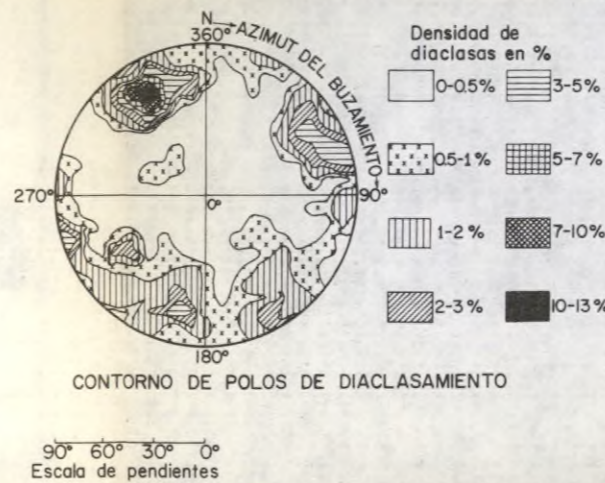
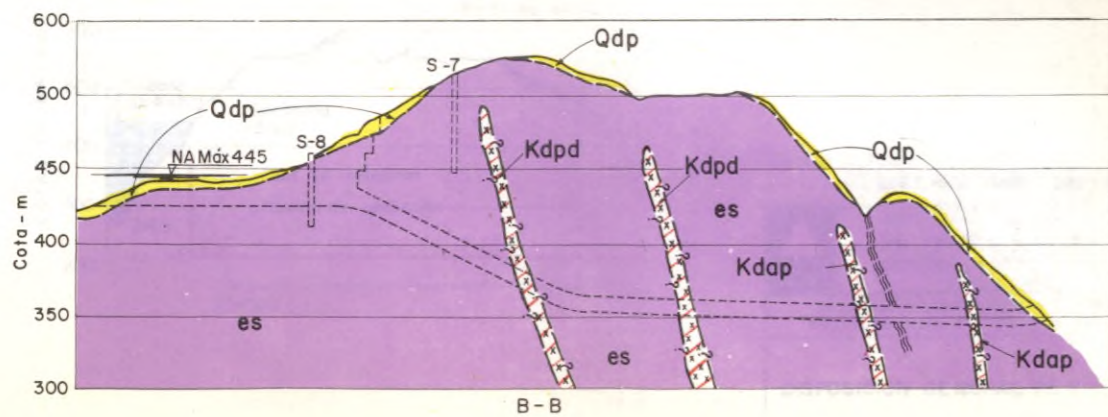
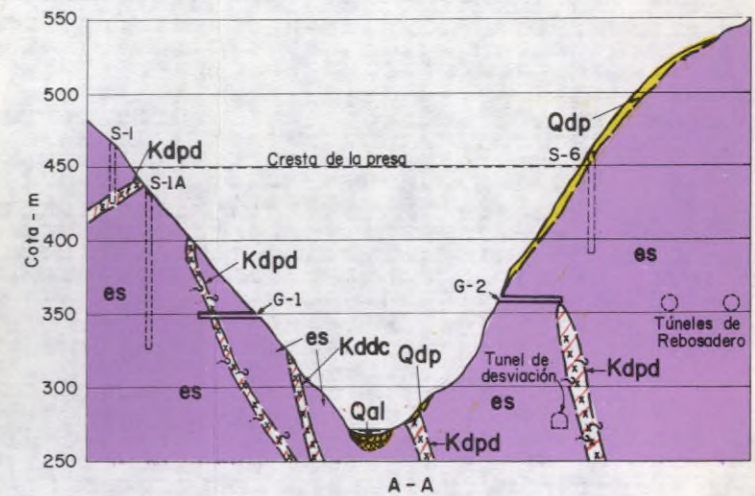
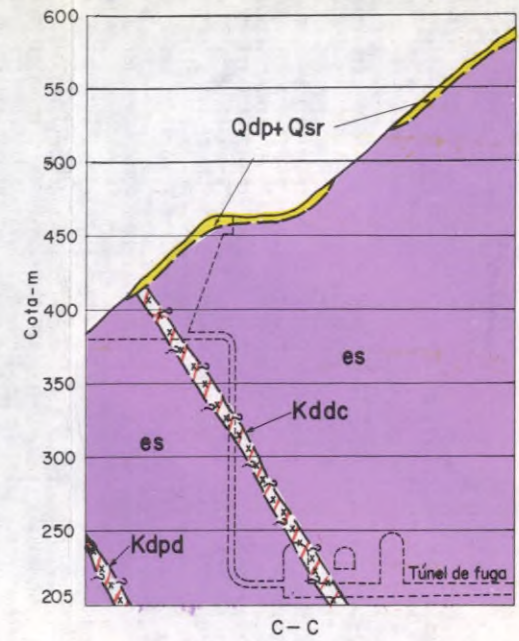
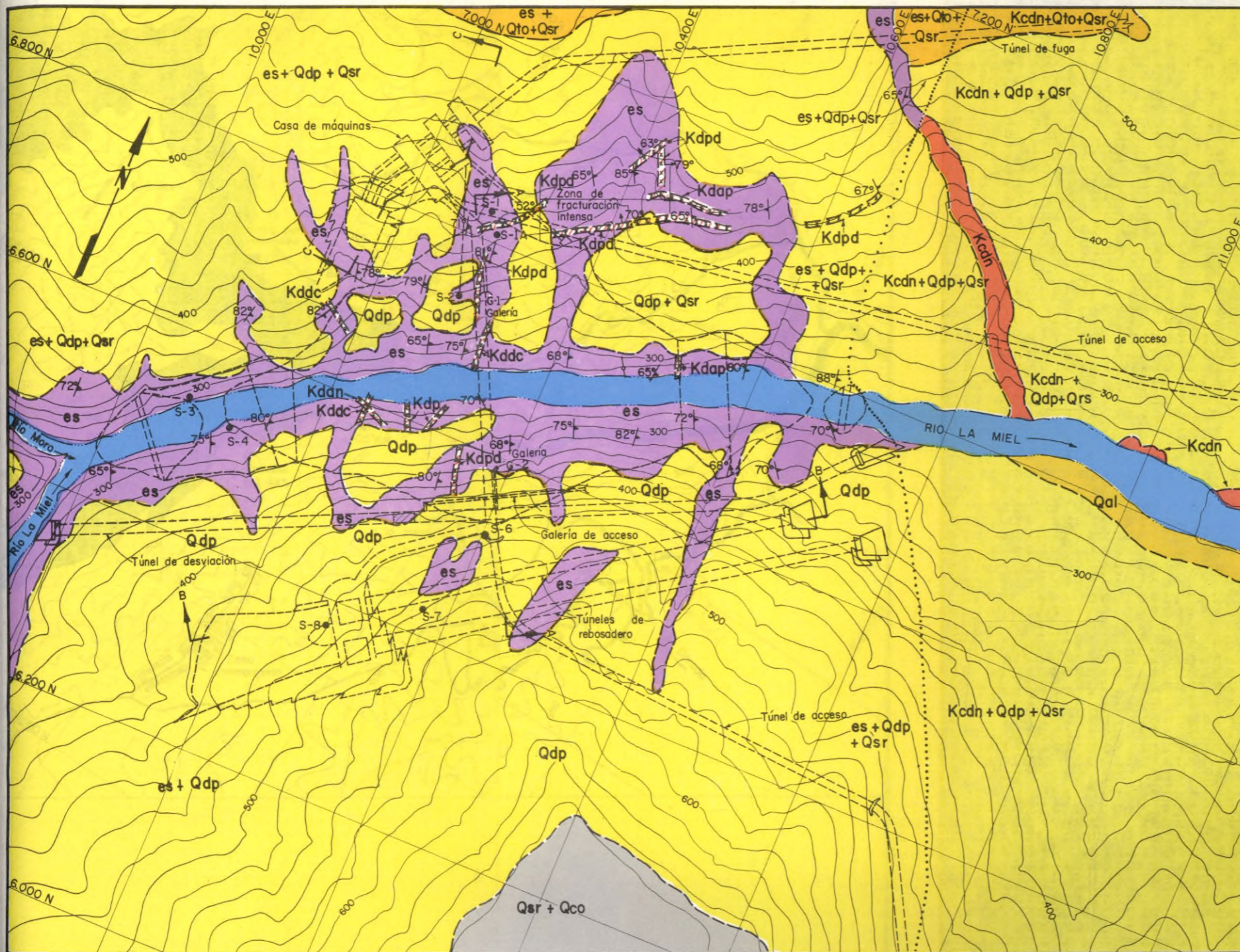
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

GEOLOGIA
DE LA ZONA DE LAS OBRAS

CONSORCIO RIO LA MIEL
INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA

JUNIO-1979
FIGURA 6

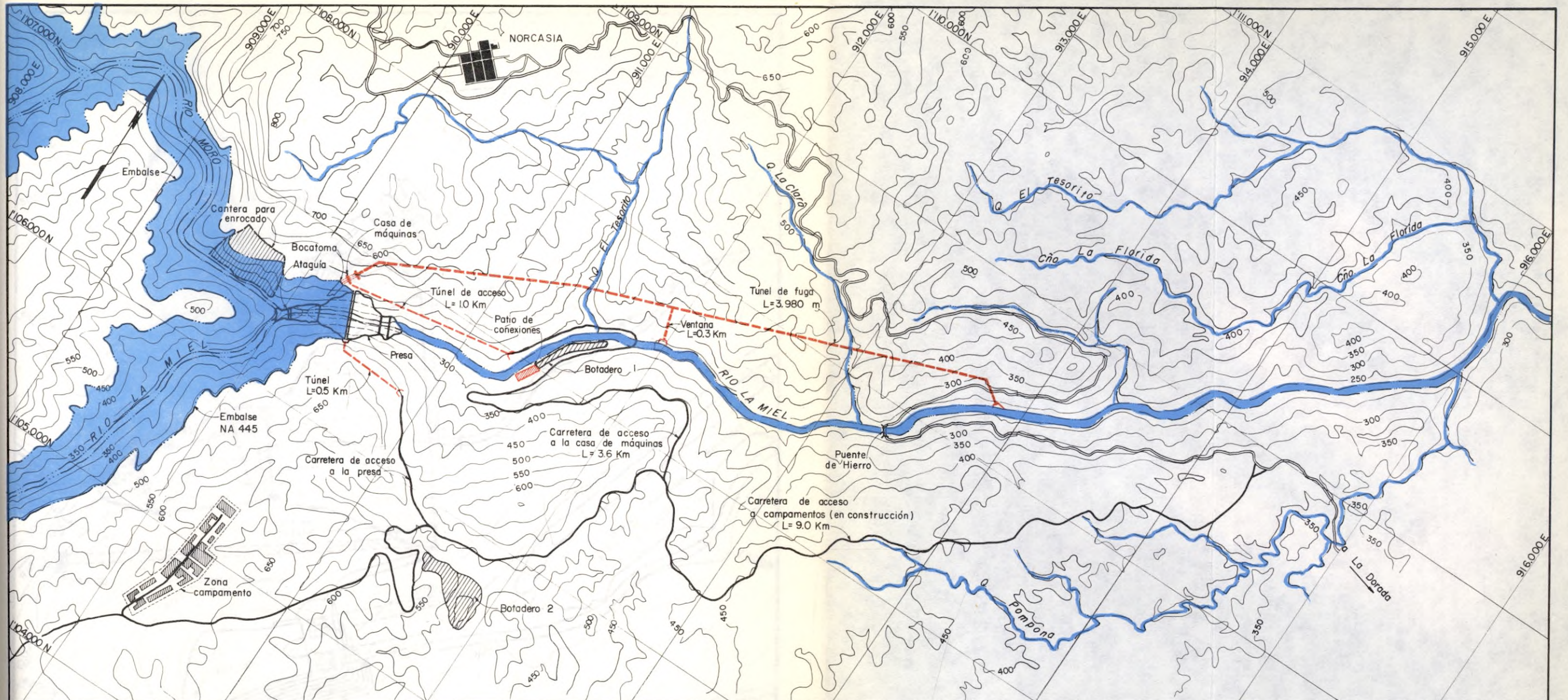


NOTAS: -El espesor y longitud de los diques son supuestos.

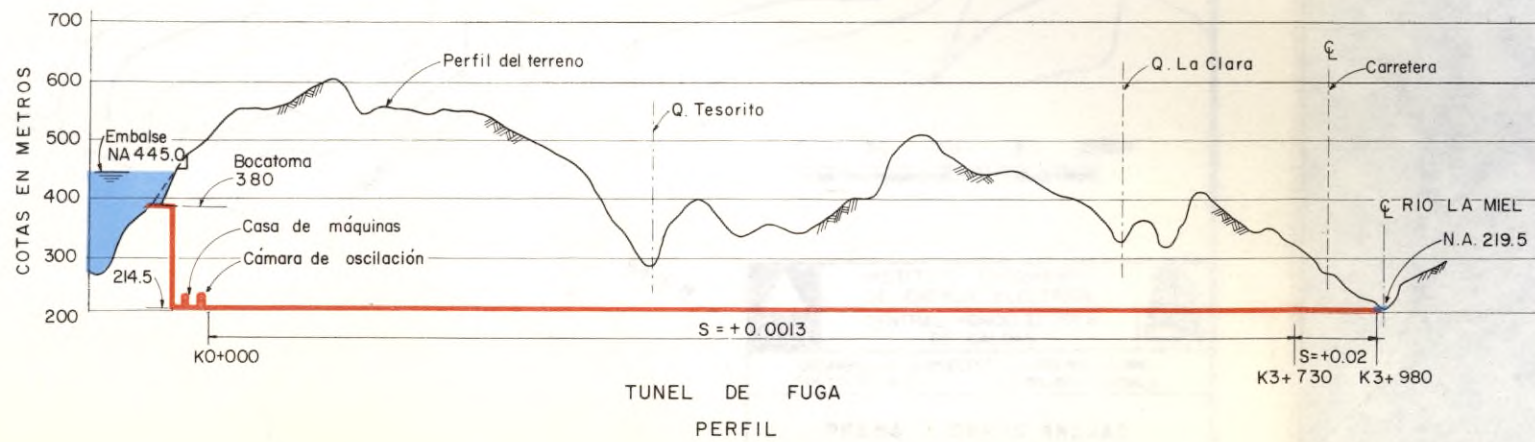
-Las convenciones geológicas se presentan en la Figura 6 (Volúmen I) y C-2 (Volúmen III)

Escala 0 50 100 150 200 m

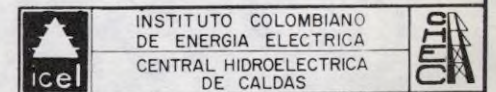
	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CALDAS		
	DESARROLLO HIDROELÉCTRICO DEL RÍO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TÉCNICA		
GEOLOGIA DE LAS OBRAS DEL SITIO DE PRESA			
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FECHA: JUNIO - 1975 FIGURA: 7	



PLANTA



Escala 0 100m 500m 1Km





DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

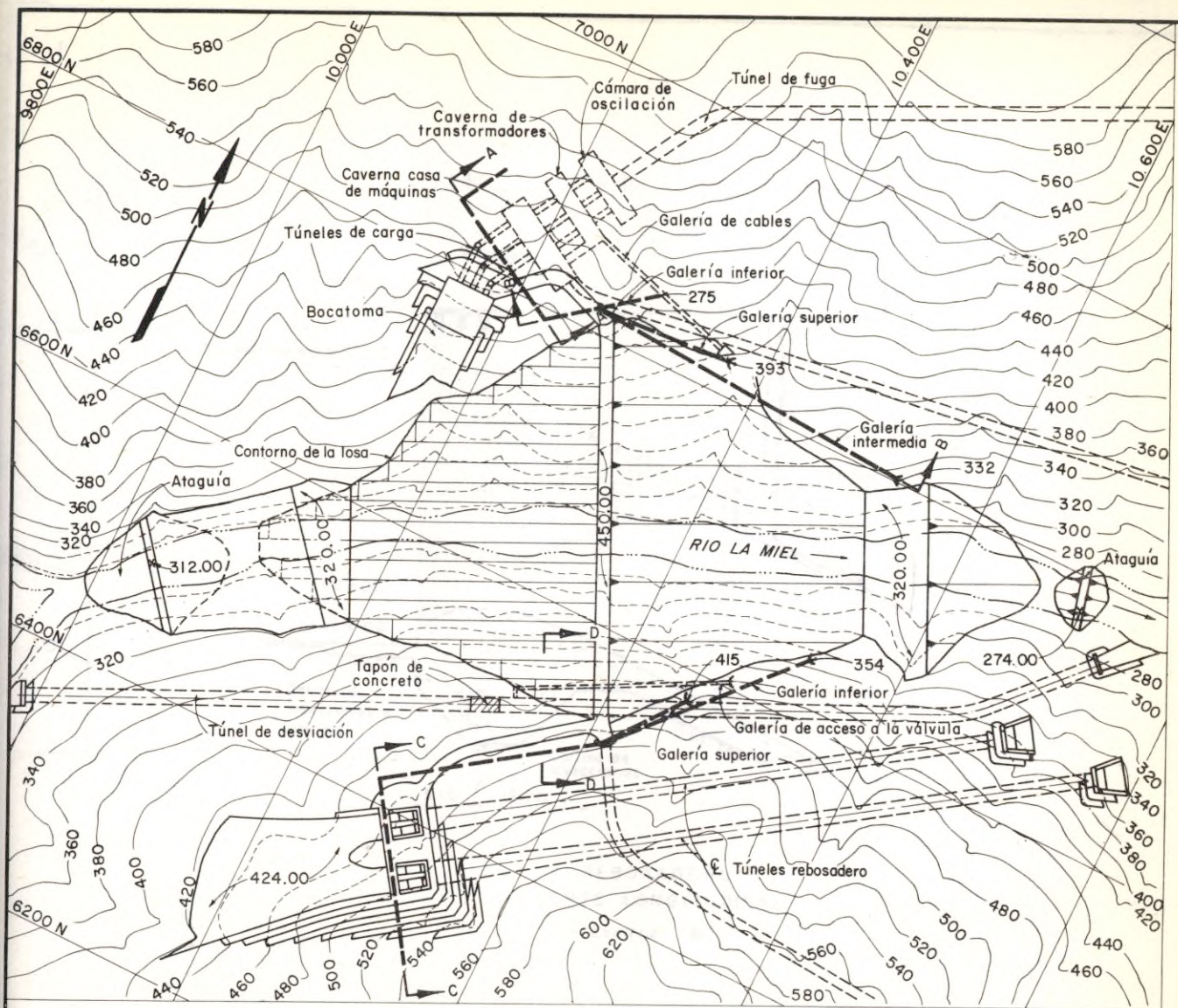
DISPOSICION GENERAL DE LAS OBRAS

CONSORCIO RIO LA MIEL
INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA

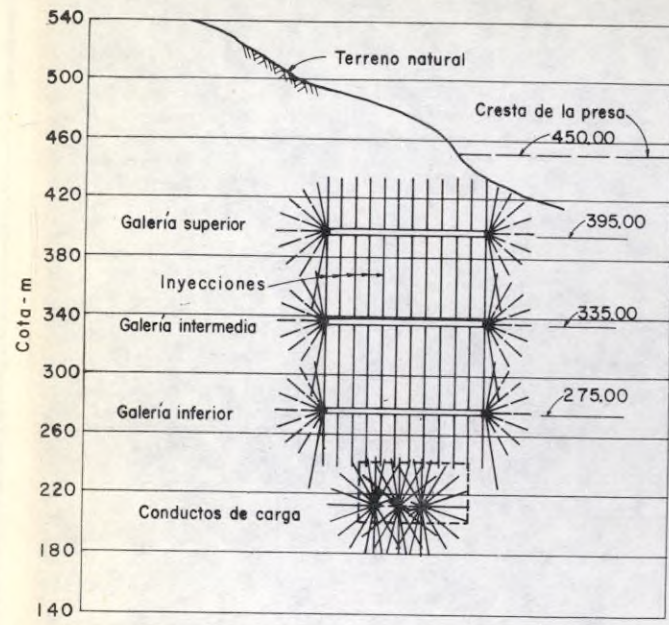
FECHA JUNIO-1979
FIGURA 8



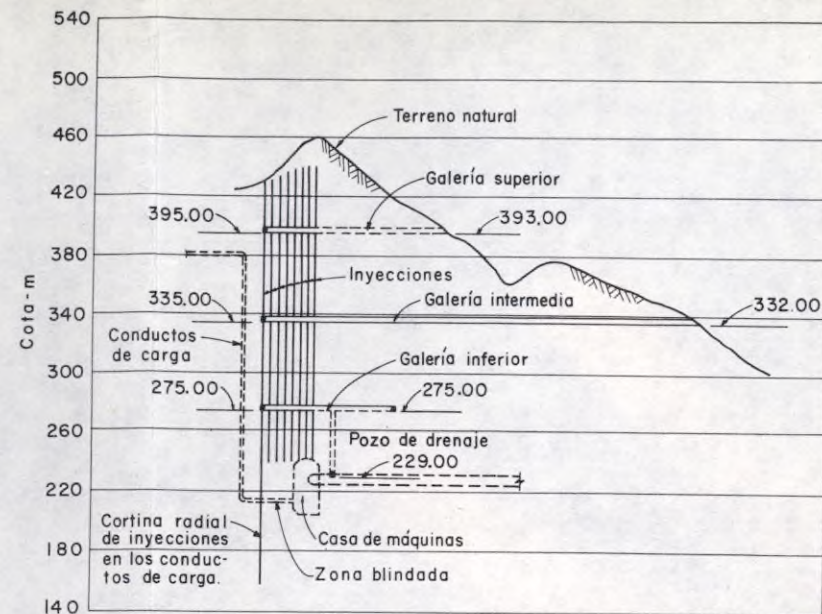
	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA	
PRESA Y OBRAS ANEXAS PLANTA GENERAL		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FECHA: JUNIO-1979 FIGURA: 9



PLANTA

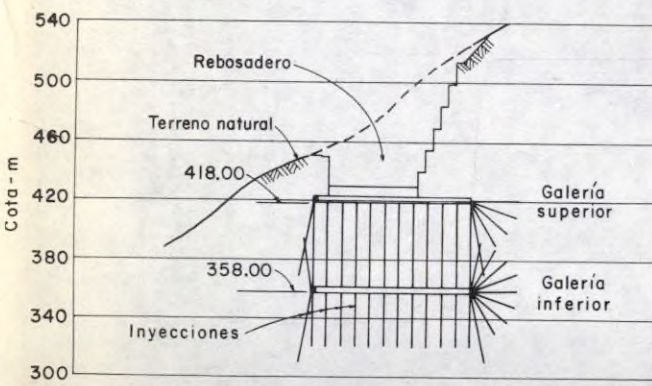


CORTE A-A

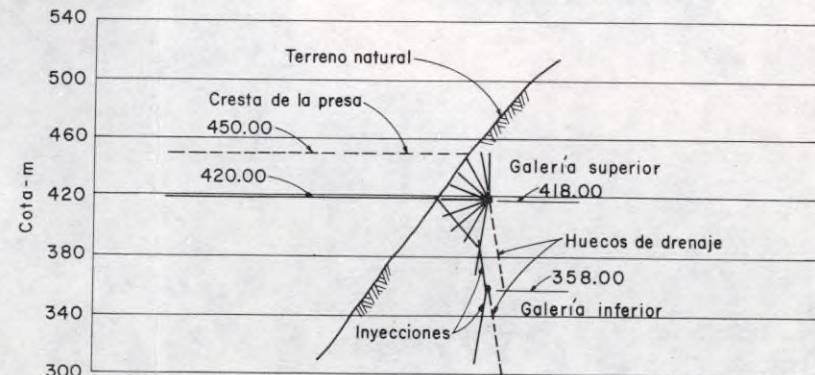


CORTE B-B

ESTRIBO IZQUIERDO
GALERIAS DE INYECCION Y DRENAJE

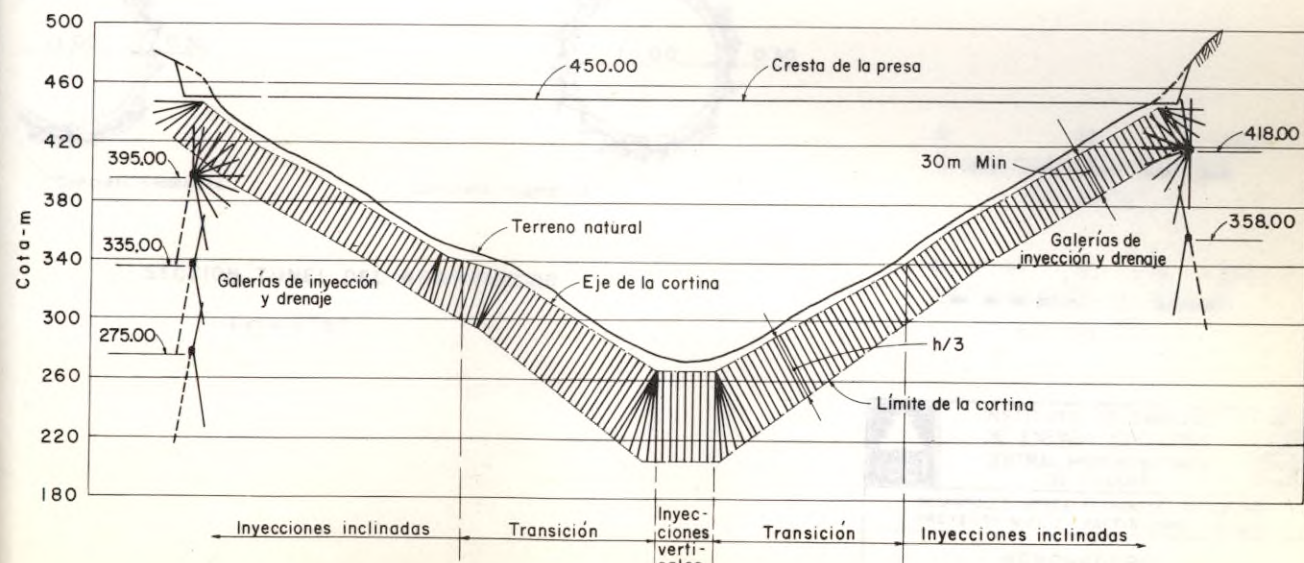


CORTE C-C

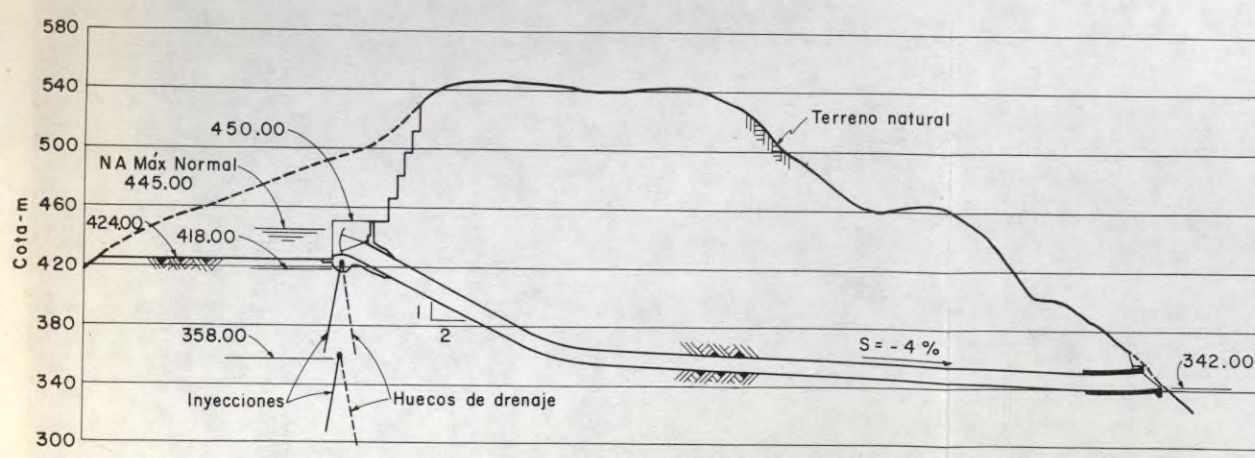


CORTE D-D

ESTRIBO DERECHO
GALERIAS DE INYECCION Y DRENAJE



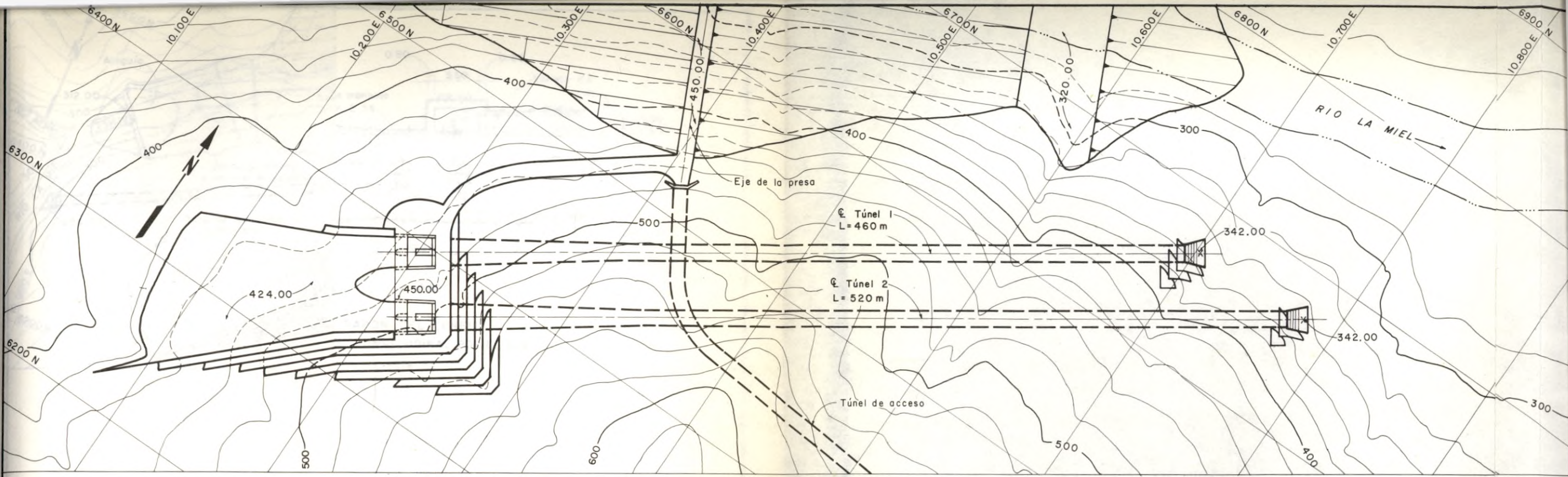
CORTINA DE INYECCIONES DE LA PRESA
SECCION DESARROLLADA POR EL EJE DE LA LOSA PERIMETRAL



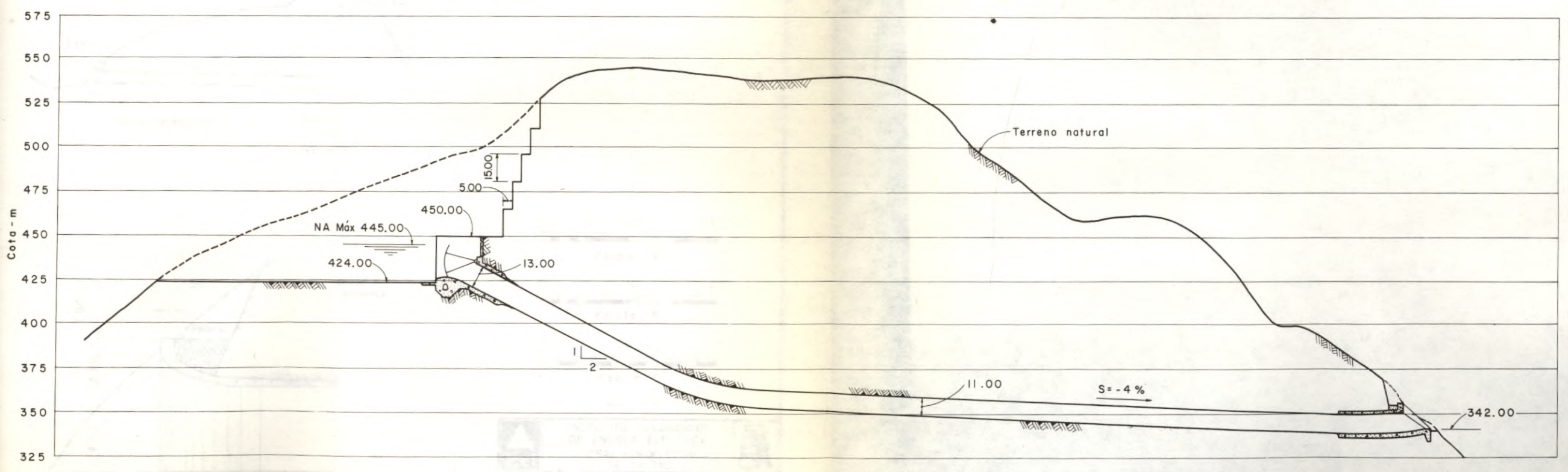
TUNEL DEL REBOSADERO
CORTE LONGITUDINAL



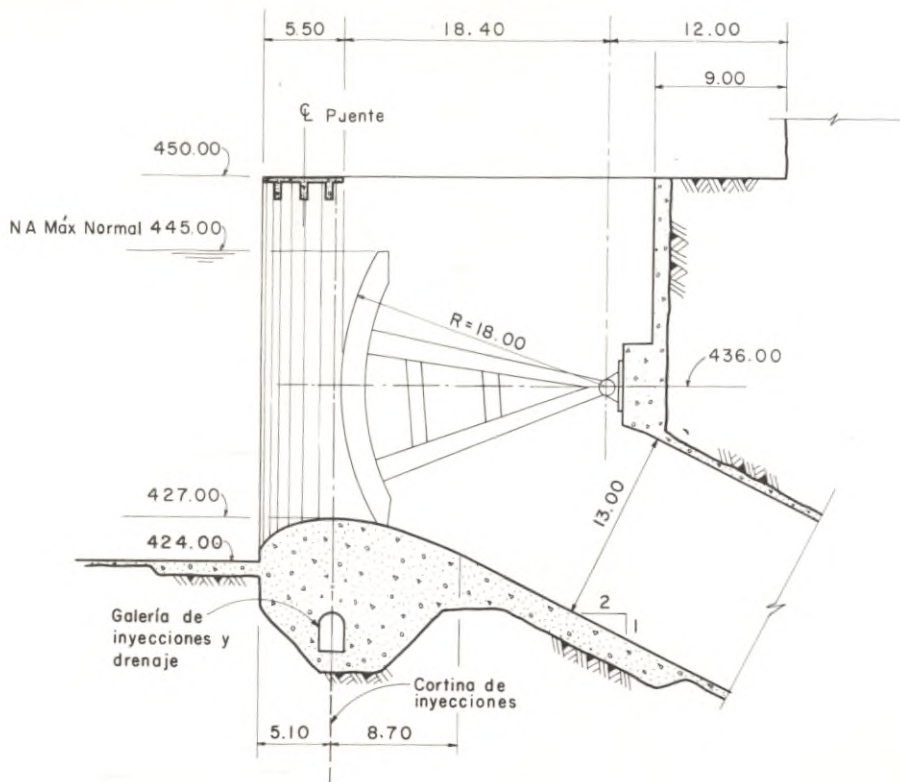
	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
	CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA		
INYECCIONES Y GALERIAS DE DRENAJE		
CONSORCIO RIO LA MIEL		FECHA JUNIO-1979
INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FIGURA II



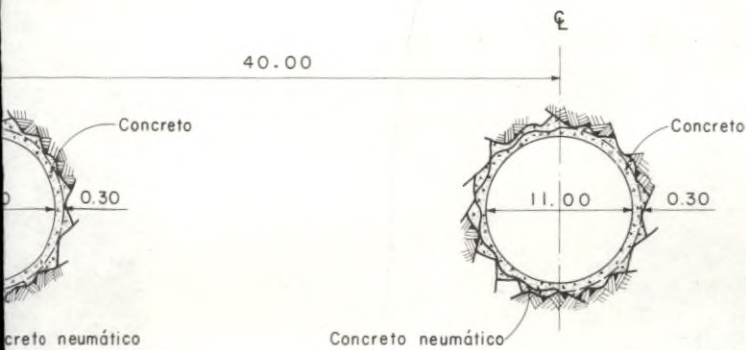
PLANTA
Escala "A"



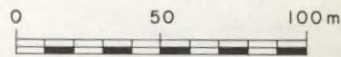
CORTE LONGITUDINAL POR EL TUNEL DEL REBOSADERO
Escala "A"



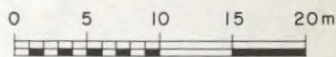
REBOSADERO
CORTE LONGITUDINAL
Escala "B"





SECCION TUNEL DEL REBOSADERO
Escala "B"

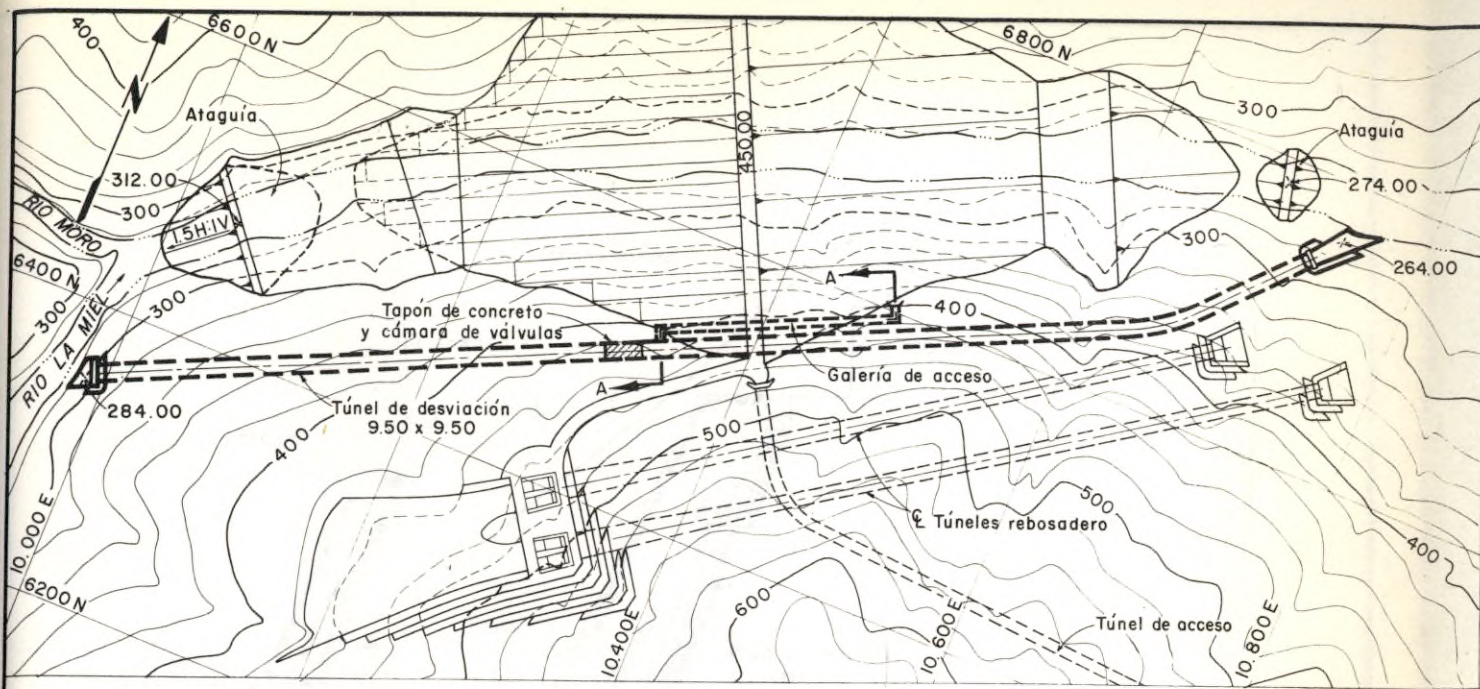


Escala "A"

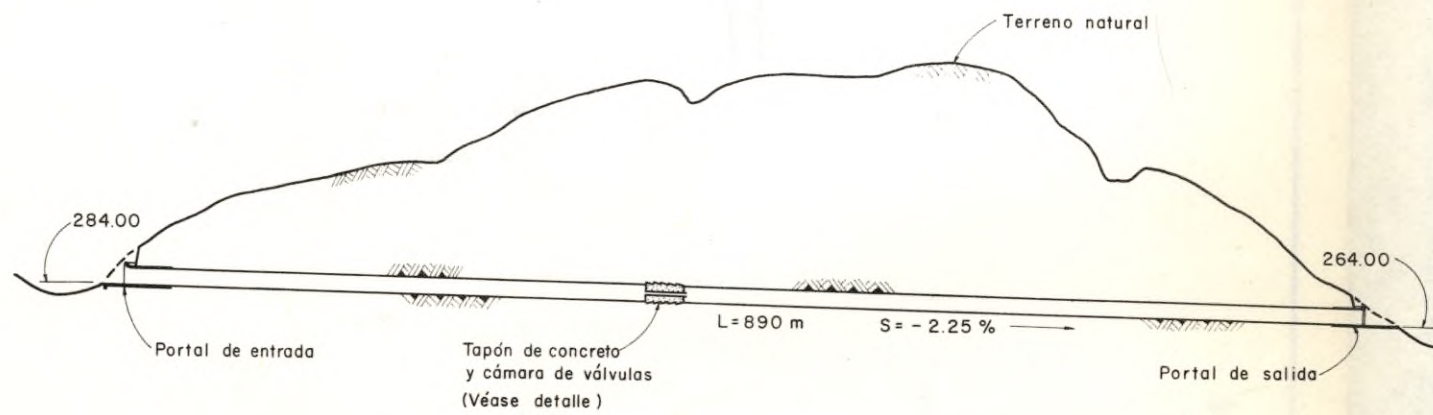


Escala "B"

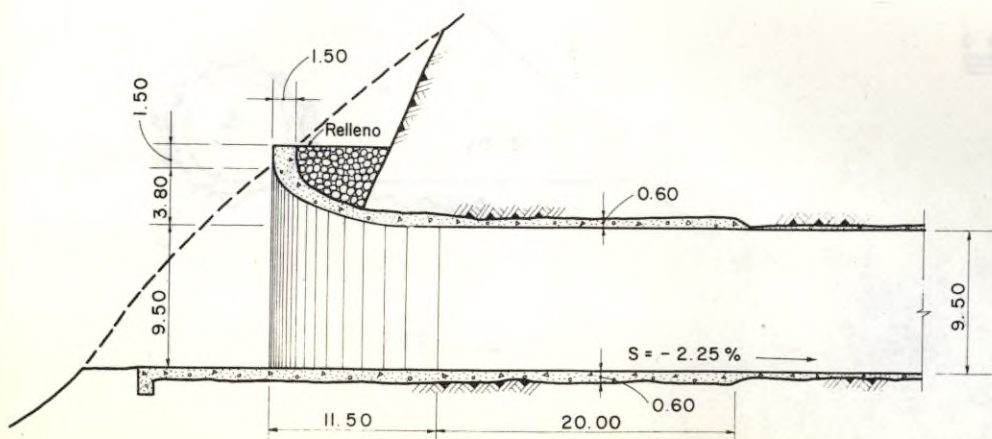
	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA	
REBOSADERO PLANTA Y CORTES		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES- GEOCOLOMBIA		FECHA JUNIO-1979 FIGURA 12



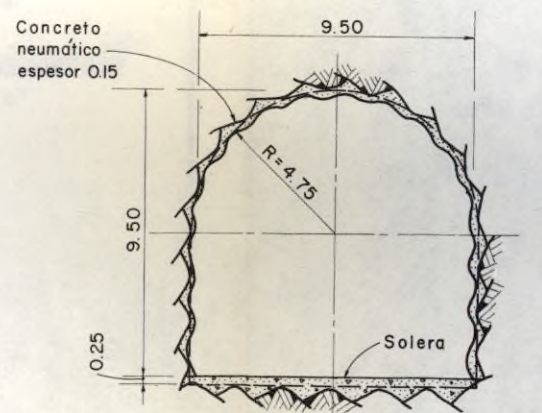
TUNEL DE DESVIACION
PLANTA
Escala "A"



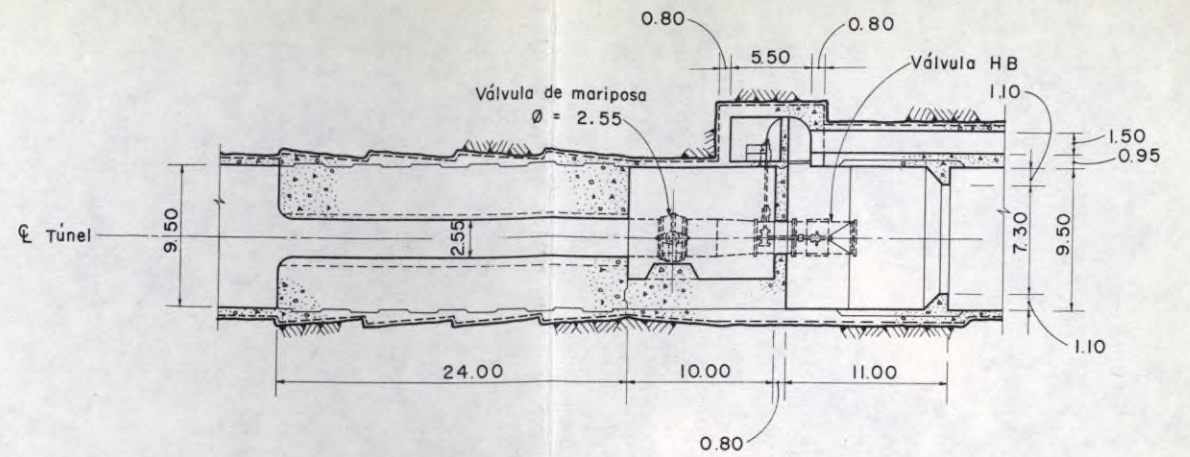
TUNEL DE DESVIACION
PERFIL
Escala "A"



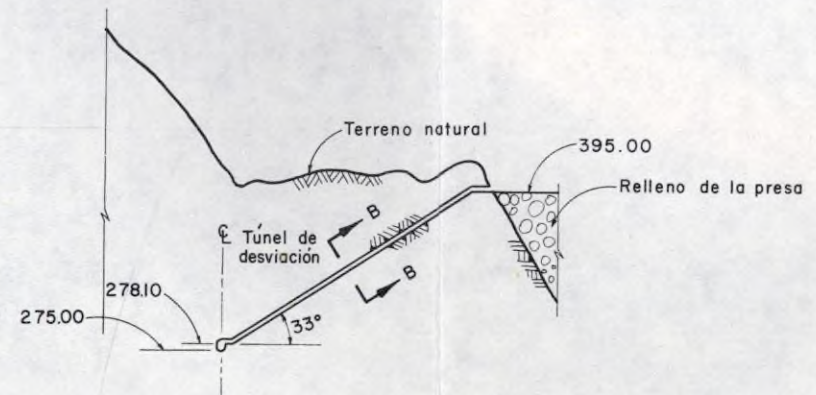
TUNEL DE DESVIACION
PORTAL DE ENTRADA
Escala "B"



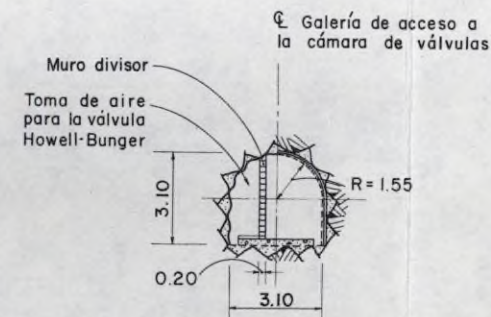
SECCION TUNEL DE DESVIACION
Escala "C"



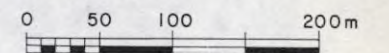
TAPON DEL TUNEL
CORTE LONGITUDINAL POR EL EJE
Escala "B"



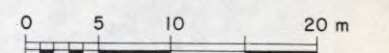
GALERIA DE ACCESO
CORTE A-A
Escala "A"



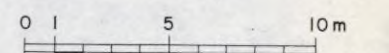
SECCION GALERIA
CORTE B-B
Escala "C"



Escala "A"

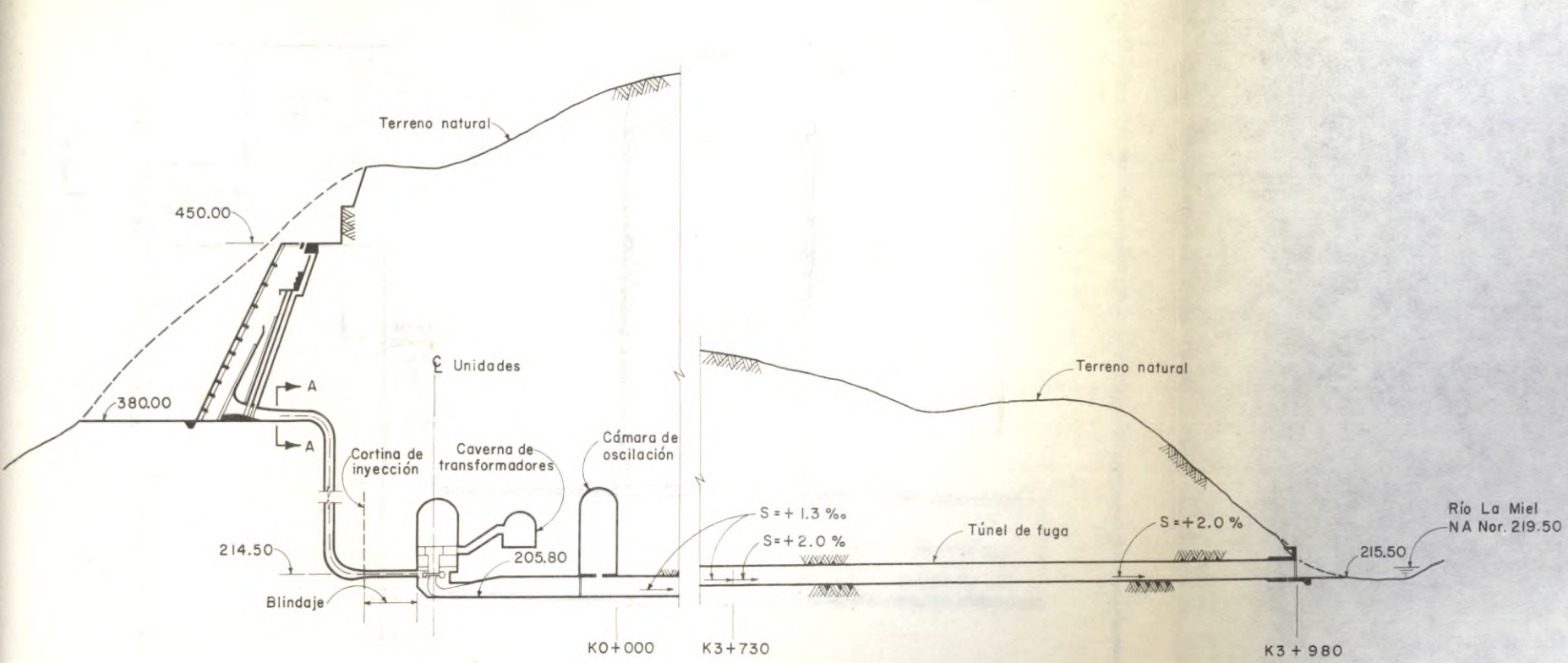


Escala "B"



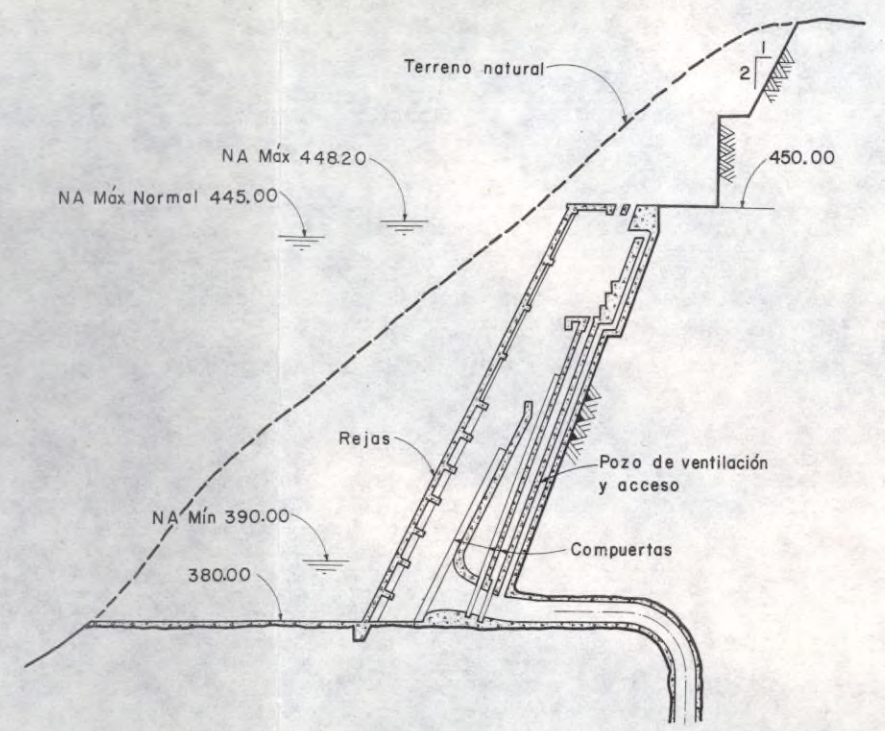
Escala "C"

	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA	
TUNEL DE DESVIACION Y CAMARA DE VALVULAS CORTES Y DETALLES		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FECHA JUNIO-1979 FIGURA 13



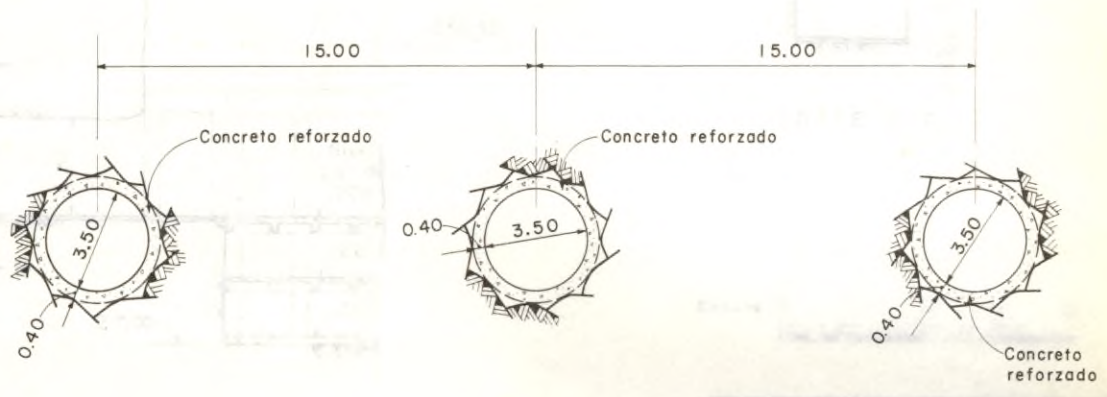
CORTE LONGITUDINAL
BOCATOMA CONDUCCION

Escala "C"



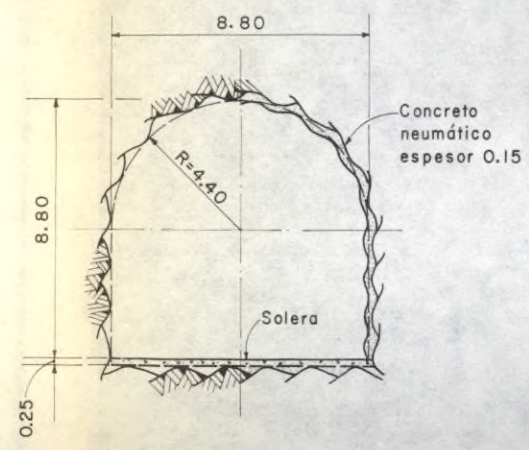
BOCATOMA

Escala "B"



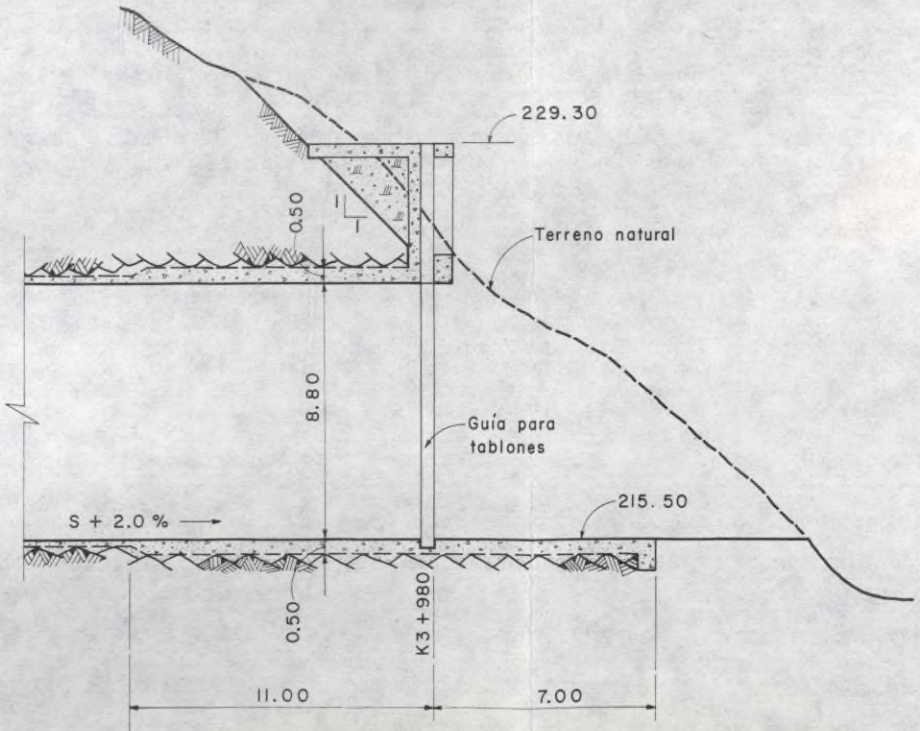
SECCION DE LOS TUNELES DE CARGA
Y POZOS CORTE A-A

Escala "A"



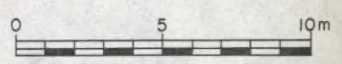
SECCION TUNEL DE FUGA

Escala "A"

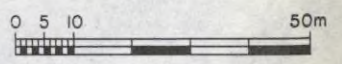


TUNEL DE FUGA
PORTAL DE SALIDA

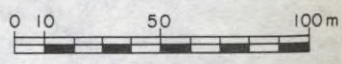
Escala "A"



Escala "A"

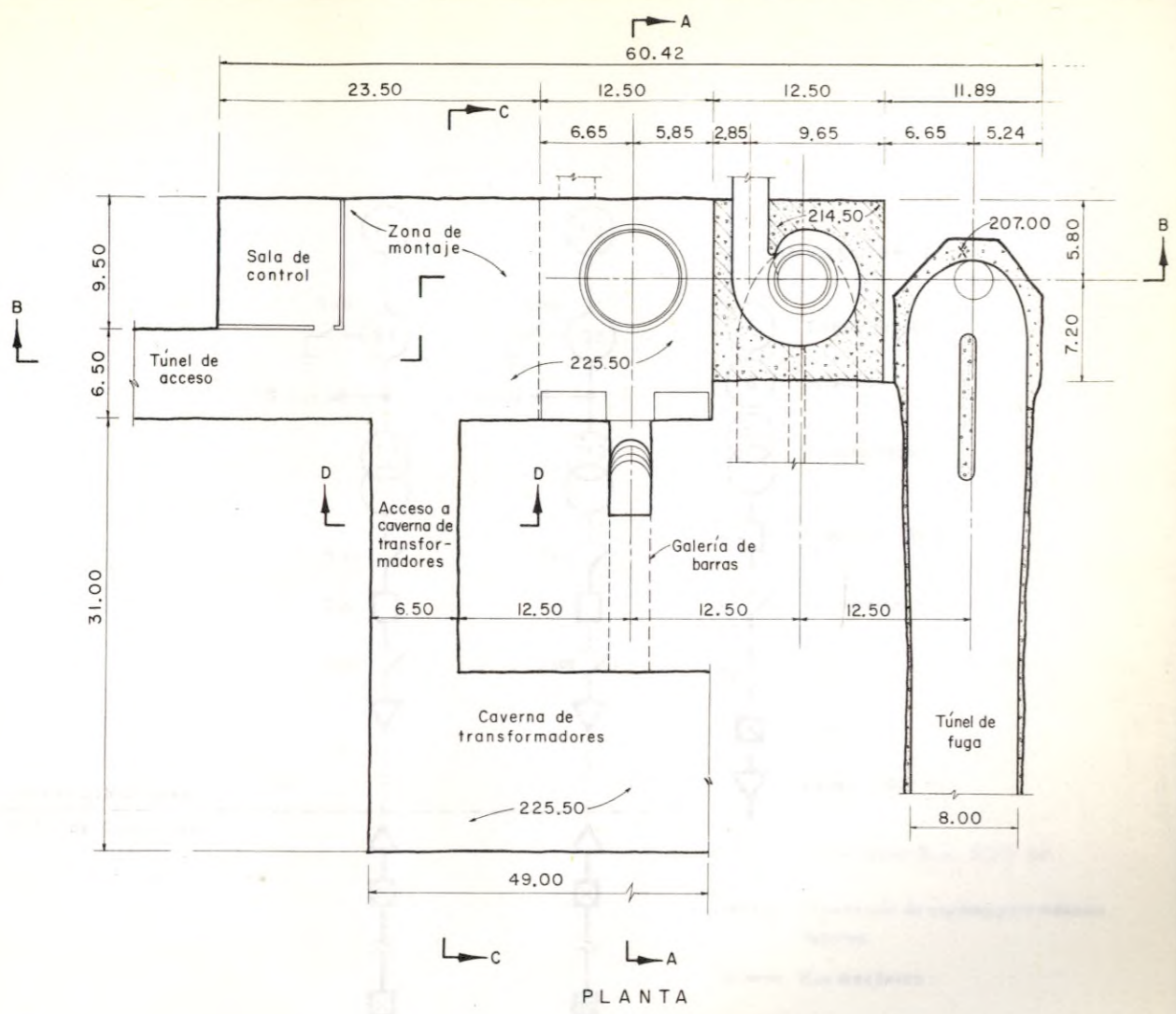


Escala "B"

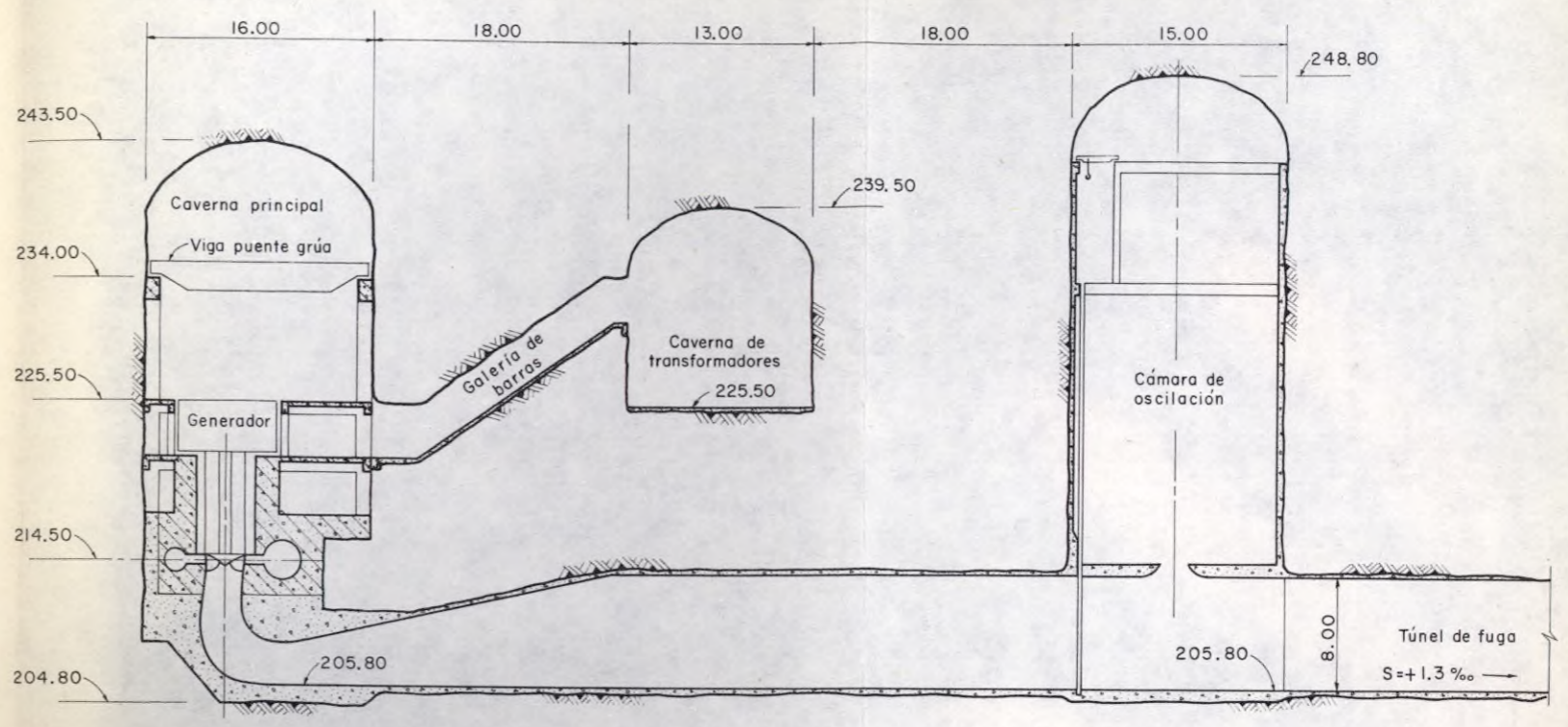


Escala "C"

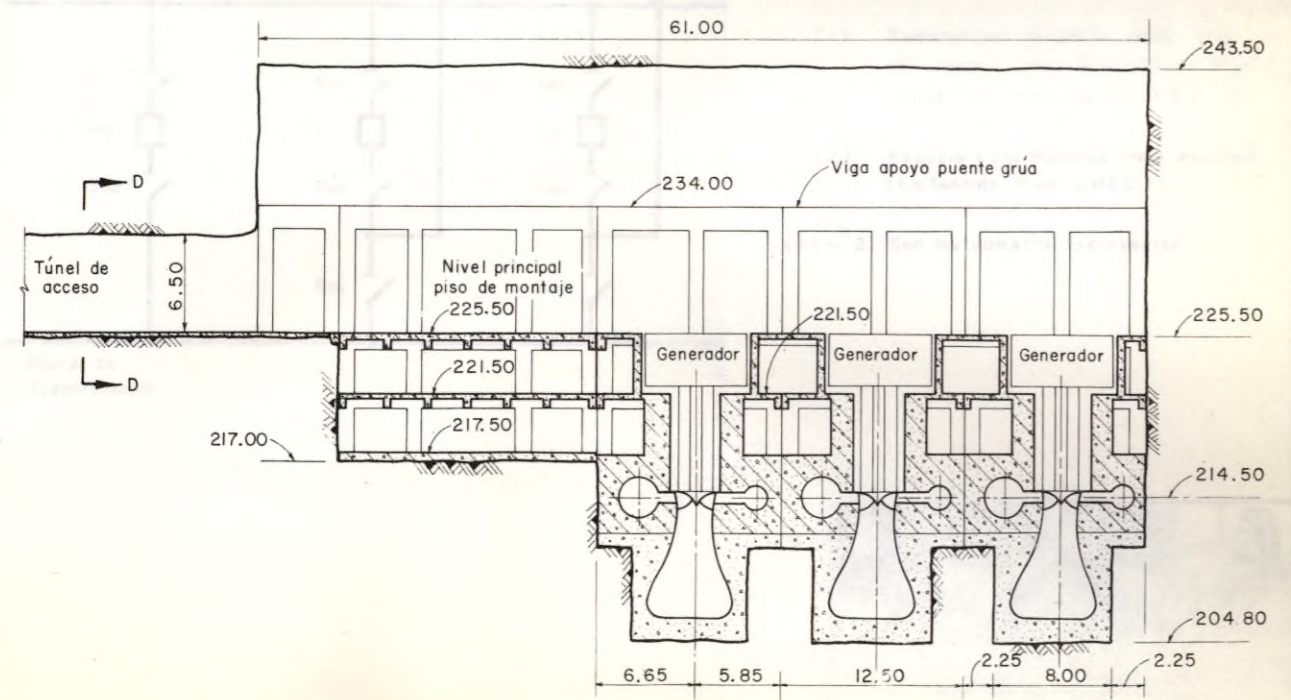
	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA	
BOCATOMA Y CONDUCCION CORTES - DETALLES		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FECHA JUNIO-1979 FIGURA 14



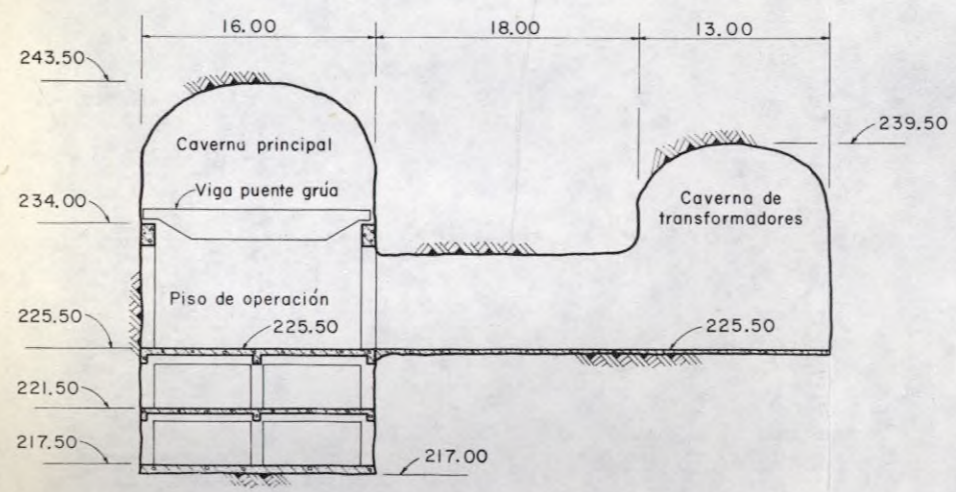
PLANTA



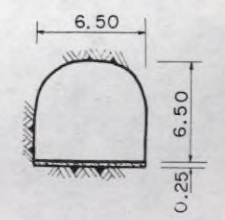
CORTE A-A



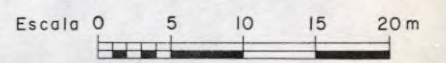
CORTE B-B



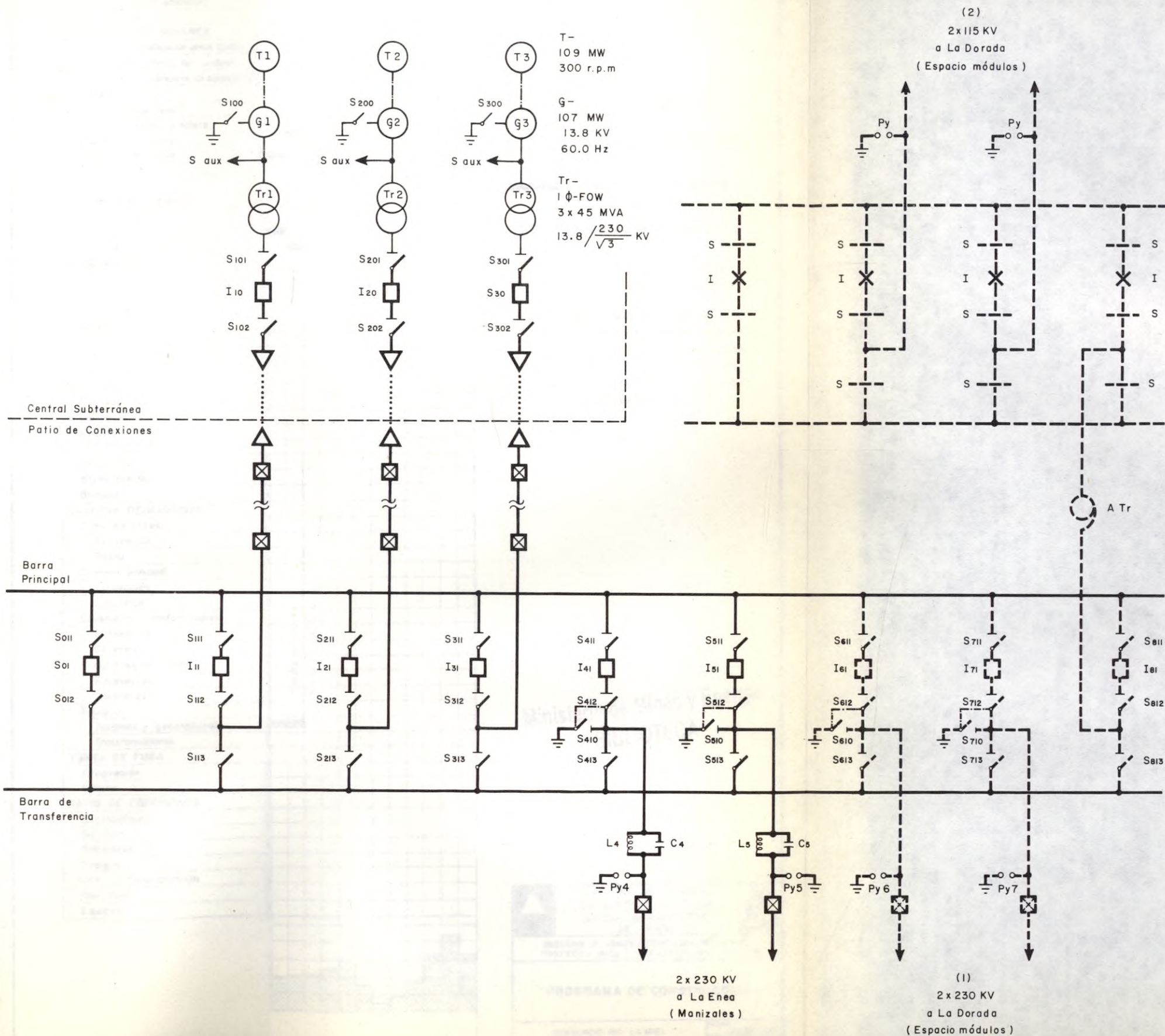
CORTE C-C



CORTE D-D



	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA	
CASA DE MAQUINAS PLANTA Y CORTES		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FECHA JUNIO-1979 FIGURA 15



CONVENCIONES

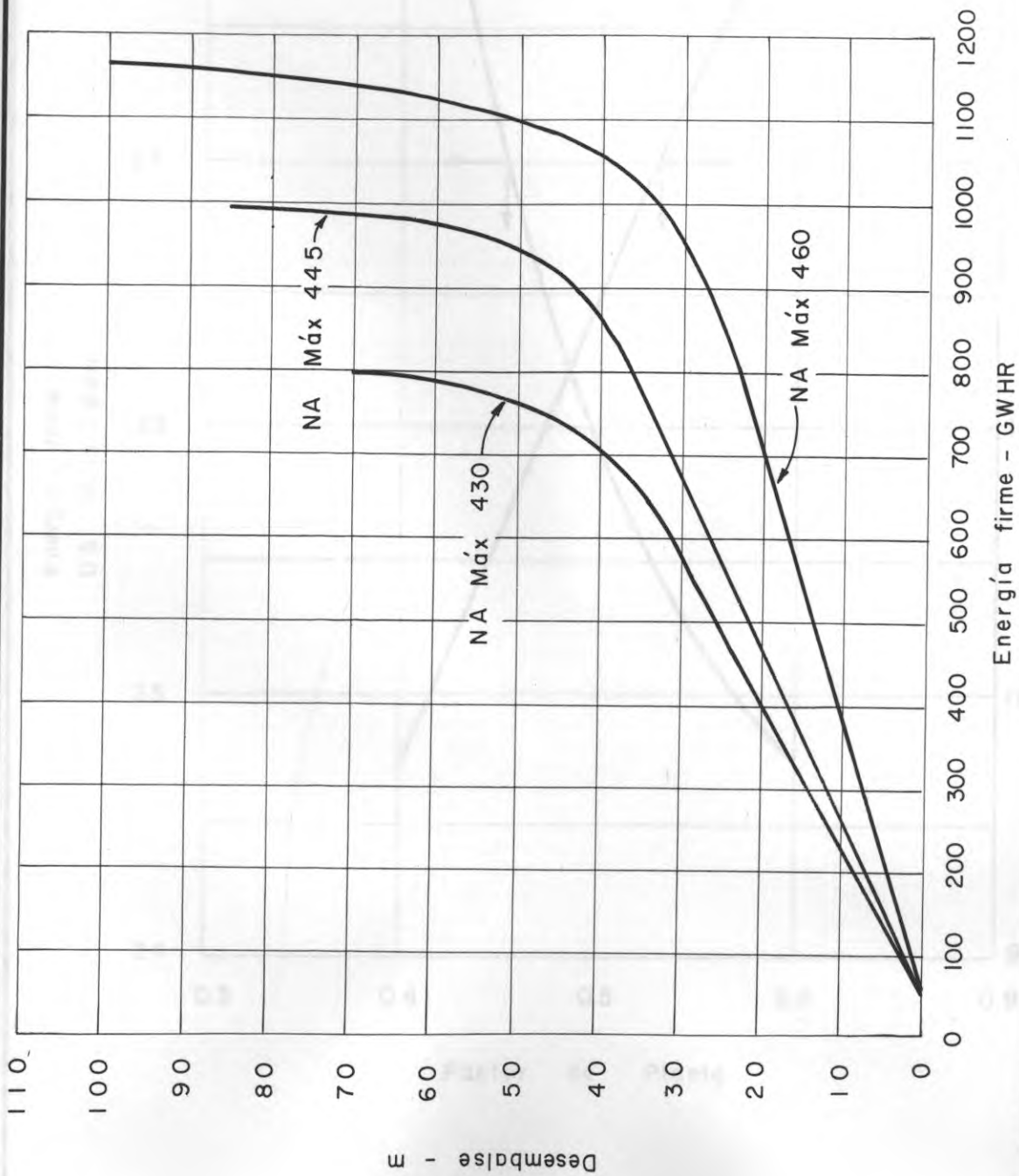
- Turbina Francis
- Generador
- Transformador
- Interruptor 230 KV
- Seccionador 230 KV
- Pararrayos
- Torre
- Cabeza 230 KV

- Cable subterráneo 230 KV
- Prevención de espacio para módulos futuros
- Eje mecánico

NOTAS:

- (1) Espacio para módulos posible línea (En función Línea San Carlos - Bogotá 1983 Plan Expansión ISA)
- (2) Espacio para módulos línea eventual (En función Plan CHEC)
- (1) y (2) Son mutuamente excluyentes

	INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS	
	DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA	
DIAGRAMA UNIFILAR		
CONSORCIO RIO LA MIEL INTERDISEÑOS-SUELOS Y FUNDACIONES-GEOCOLOMBIA		FECHA JUNIO-1979 FIGURA 16



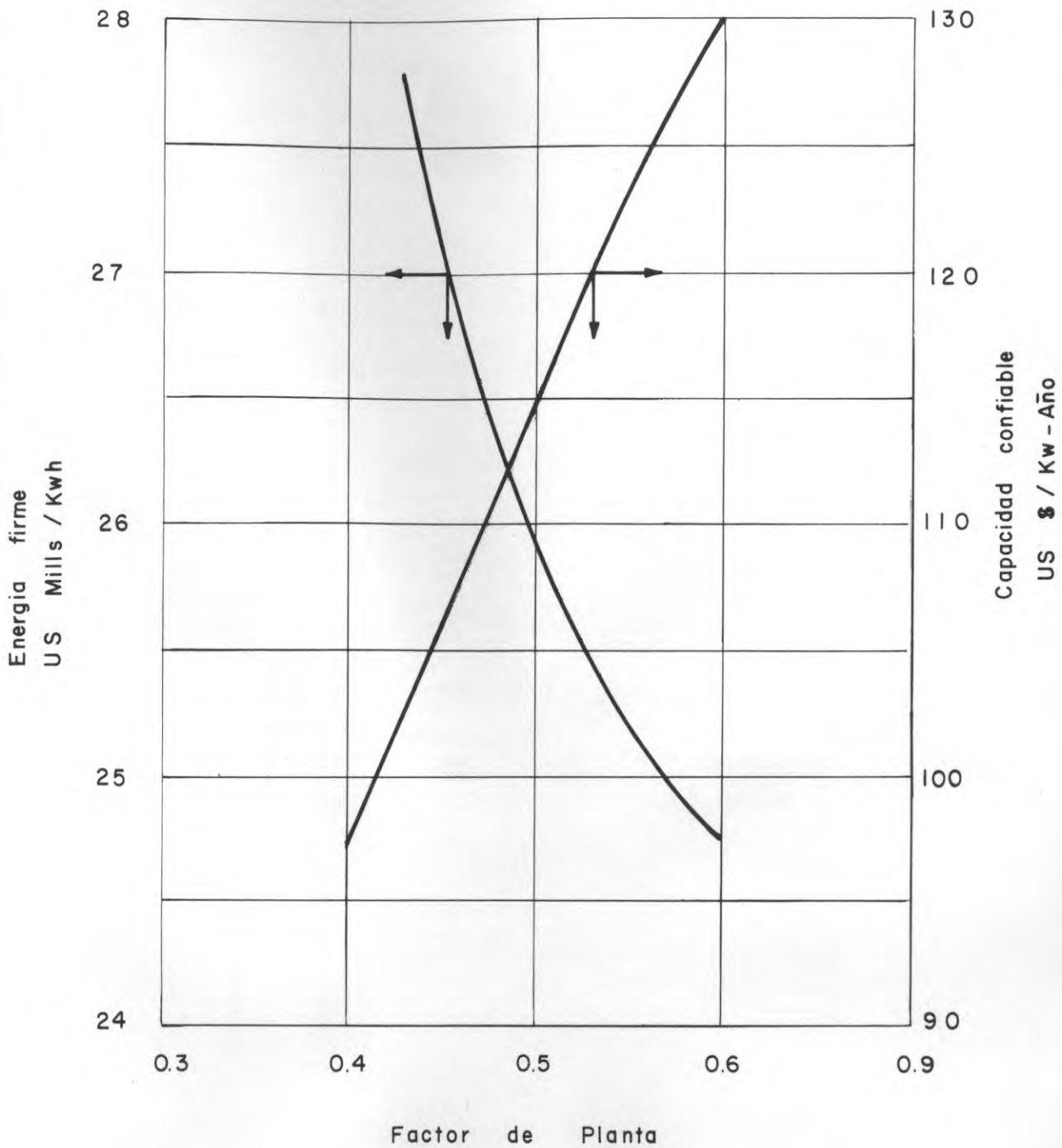
INSTITUTO COLOMBIANO
DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA
DE CALDAS





DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO LA MIEL
PROYECTO MIEL I - FACTIBILIDAD TECNICA

PRODUCCION DE ENERGIA FIRME

Energía firme - GWhr




INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS


COSTOS DE ENERGIA Y CAPACIDAD ALTERNATIVA COTA NA 445

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01001154

BIBLIOTECA

Desarrollo hidroeléctrico del río la Miel informe
de factibilidad técnica : proyecto miel I / Instituto
Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL),
Central Hidroeléctrica de Caldas

333.91409861 I59d V.1 Ej.1

FECHA PEDIDO	PRESTADO A	FECHA DEVUELTO