

13

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

COLOMBIA

PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA

1954

OLAP-KTAM

OLARTE, OSPINA, ARIAS & PAYAN LTDA. KNAPPEN-TIPPETTS-ABBETT-McCARTHY

BOGOTA - NEW YORK

Copia No Controlada CVC

OLAP
OLARTE, OSPINA, ARIAS & PAYAN LTDA.
INGENIEROS

ALFONSO OLARTE O.
CARLOS S. OSPINA
ALVARO ARIAS R.
CESAR PAYAN O.

CARRERA 9A. No. 16-20 - BOGOTA, COLOMBIA

TELEFONOS: 16846, 16809
APARTADO AEREO 6099
APARTADO NACIONAL 2938
CABLES Y RADIO "OLAP"

Octubre 20 de 1954

Señor Doctor
Diego Garcés Giraldo, Gobernador
Departamento del Valle del Cauca
Cali, Colombia

Muy estimado Dr. Garcés:

En cumplimiento del contrato N° 3960, nos es muy grato presentar nuestro informe sobre el Proyecto Hidroeléctrico de Calima. Hemos hecho un estudio técnico general y un análisis financiero sobre el primer desarrollo hidroeléctrico en el Río Calima y hemos considerado también las posibilidades adicionales aguas abajo de este proyecto.

Estos estudios se efectuaron con la estrecha colaboración de nuestros asesores Knappen-Tippetts-Abbett-McCarthy, de Nueva York.

De nuestro análisis se deduce que el aprovechamiento total del Río Calima y sus tributarios, para generación eléctrica, resultará en una instalación de más de 400,000 KW, en tres o cuatro centrales. De tal suerte que este río es una de las fuentes de energía más importantes del país.

El primer proyecto que se recomienda construir, Calima I, consistirá de un embalse en la hoya del Alto Calima, con represa en Madroñal, una conducción en túnel, de 7 Km. de longitud, una casa de máquinas en caverna, con cuatro unidades turbogeneradoras, desviación y conducción del Río Bravo a la casa de máquinas, una subestación elevadora, una línea de transmisión a Cali y una subestación en esa ciudad. Esta planta tendrá una capacidad firme de 144,000 KW, pero puede llegar a generar hasta 177,000 KW.

Estimamos que el desarrollo inicial del proyecto, con instalación de 72,000 KW, tendrá un costo de \$ 61,000,000 y que el desarrollo final, con 144,000 KW, costará \$ 94,000,000. Pocos años después de completar el desarrollo inicial, el costo unitario de la energía en Cali será de menos de dos centavos por KWH.

La planta de Calima tendrá un efecto favorable en la operación de todas las plantas del sistema eléctrico del Valle. El volumen almacenado en el embalse de Madroñal, que es equivalente a 500,000,000 KWH, permitirá suplir deficiencias de estiaje en el sistema actual, en la Central

621.312
C718b

PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA

I N D I C E

	<u>Página</u>
<u>INFORMACION BASICA</u>	1
<u>CAPITULO I.- INTRODUCCION</u>	1 - 1
A. Objeto	1 - 1
B. El Contrato	1 - 1
C. Estudios Anteriores	1 - 2
C. Trabajo Efectuado	1 - 2
1. Estudios Geológicos	1 - 2
2. Investigaciones Hidrológicas	1 - 2
3. Reconocimientos de Campo	1 - 2
4. Levantamientos Topográficos	1 - 3
5. Estudios de Diseño	1 - 3
	1 - 4
<u>CAPITULO II.- EL SISTEMA ELECTRICO DEL VALLE</u>	2 - 1
A. Introducción	2 - 1
B. Plantas Generadoras Existentes	2 - 1
C. Sistemas de Transmisión y Distribución	2 - 1
D. Características del Consumo	2 - 1
E. Costo de la Energía	2 - 2
F. Demanda Futura de Energía	2 - 2
G. Nuevos proyectos de Generación en el Valle del Cauca	2 - 2
1. Central de Anchicayá	2 - 4
2. Otros Proyectos Hidroeléctricos	2 - 4
3. Plantas de Vapor	2 - 4
4. Plantas Diesel	2 - 6
H. Posible Aprovechamiento del Río Calima	2 - 6
	2 - 7
<u>CAPITULO III.- DESCRIPCION DE LA REGION</u>	3 - 1
A. Localización	3 - 1
B. Geografía	3 - 1
C. Topografía	3 - 1
D. Geología	3 - 1
E. Hidrología	3 - 2
F. Vegetación y Cultivos	3 - 3
	3 - 5
<u>CAPITULO IV.- PROYECTO RECOMENDADO</u>	4 - 1
A. Caudal Disponible y Salto Aprovechable	4 - 1
B. Operación Conjunta de Calima I con Anchicayá (sin el caudal del Río Bravo)	4 - 1
	4 - 1

	<u>Página</u>
C. Operación Conjunta de Calima I con Anchicayá (con el caudal del Río Bravo)	4 - 2
D. Capacidad de la Central	4 - 2
E. Capacidad del Embalse	4 - 3
F. Alternativas del Proyecto Hidroeléctrico de Calima I	4 - 4
G. Proyecto Recomendado para el Desarrollo Hidroeléctrico de Calima I	4 - 5
<u>CAPITULO V.- DESCRIPCION DE LAS OBRAS</u>	5 - 1
A. Generalidades	5 - 1
B. Embalse de Madroñal	5 - 1
C. Represa de Madroñal	5 - 2
1. Selección del Sitio y del Tipo de Represa	5 - 2
2. Descripción de la Represa	5 - 3
3. Rebosadero	5 - 4
4. Obras de Desviación y Desagüe Permanente	5 - 4
D. Conducción Principal	5 - 5
1. Obras de Toma en el Embalse	5 - 5
2. Túnel de Conducción Principal	5 - 5
E. Túnel de Carga	5 - 6
F. Almenara	5 - 7
1. Estudios de la Almenara	5 - 7
2. Descripción de la Almenara	5 - 7
G. Casa de máquinas	5 - 7
1. Número y Tipo de las Unidades Generadoras	5 - 7
2. Salto Neto	5 - 8
3. Capacidad Indicada de las Turbinas	5 - 8
4. Capacidad Indicada de los Generadores	5 - 8
5. Capacidad Máxima de la Planta	5 - 9
6. Caverna para la Casa de Máquinas	5 - 9
7. Transformadores	5 - 9
H. Túnel de Fuga	5 - 10
I. Subestaciones	5 - 10
1. Patio de Distribución de Calima I	5 - 10
2. Subestación de Cali	5 - 10
3. Subestación de Vijes	5 - 11
J. Línea de Transmisión	5 - 11
1. Voltaje	5 - 11
2. Características Generales y Ruta	5 - 12
3. Descripción de la Línea	5 - 12
K. Desviación del Río Bravo	5 - 12
1. Generalidades	5 - 12
2. Obras de Toma	5 - 13
3. Conducción	5 - 13
<u>CAPITULO VI.- PRESUPUESTO Y PROGRAMA DE CONSTRUCCION</u>	6 - 1
A. Etapas del Proyecto	6 - 1

	<u>Página</u>
B. Presupuesto	6 - 1
C. Programa de Construcción	6 - 2
 <u>CAPITULO VII.- ANALISIS FINANCIERO</u>	
A. Inversiones Requeridas	7 - 1
B. Costo de la Energía	7 - 1
	7 - 2
 <u>CAPITULO VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	
A. Conclusiones	8 - 1
B. Recomendaciones	8 - 1
1. Obras Preparatorias	8 - 2
2. Conservación	8 - 2
3. Otros Estudios	8 - 3
	8 - 3
 <u>A P E N D I C E S</u>	
 <u>APENDICE A - GEOLOGIA</u>	
 <u>APENDICE B - HIDROLOGIA</u>	
 <u>APENDICE C - LEVANTAMIENTOS Y RECONOCIMIENTOS</u>	

PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA

LISTA DE CUADROS

1. Principales Plantas Generadoras Existentes
2. Consumo Anual por Habitante - KWH
3. Población Urbana y Rural de los Municipios que se Proyecta Servir con el Sistema Eléctrico del Valle en los Departamentos del Valle y del Cauca.
4. Clasificación de los Municipios para la Demanda Futura
5. Pronóstico de la Demanda de Energía
6. Picos Anuales de la Demanda Futura de Energía
7. Presupuesto de Calima I

PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1 Localización del Proyecto
- Fig. 2 Principales Plantas Generadoras y Líneas de Transmisión Existentes
- Fig. 3 Características de la Carga del Sistema con Factor de Carga Semanal del 60%
- Fig. 4 Demanda Futura de Capacidad Generadora. Sistema Interconectado del Valle del Cauca
- Fig. 5 Central de Anchicayá. Caudales Utilizables
- Fig. 6 Central del Río Anchicayá. Capacidad Generadora
- Fig. 7 Posible Aprovechamiento Hidroeléctrico del Río Calima
- Fig. 8 Centrales Calima I y Anchicayá. Operación Conjunta
- Fig. 9 Centrales Calima I y Anchicayá. Curvas Típicas de Duración de Cargas para Operación Conjunta
- Fig. 10 Alternativa con Casa de Máquinas al pie de la Represa
- Fig. 11 Alternativas con Casa de Máquinas cerca del Río Bravo
- Fig. 12 Proyecto Recomendado
- Fig. 13 Embalse de Madroñal. Plano General
- Fig. 14 Embalse de Madroñal - Area y Capacidad
- Fig. 15 Represa de Madroñal - Desarrollo Inicial
- Fig. 16 Represa de Madroñal - Desarrollo Final
- Fig. 17 Secciones de la Represa de Madroñal y Obras de Desviación
- Fig. 18 Capacidad del Rebosadero y Efecto Regulador del Embalse
- Fig. 19 Descarga en el Túnel de Desviación
- Fig. 20 Túnel de Conducción
- Fig. 21 Túnel de Carga y Túnel de Fuga
- Fig. 22 Pérdidas de Carga en la Conducción
- Fig. 23 Central Calima I. Capacidad Generadora
- Fig. 24 Casa de Máquinas Localización General
- Fig. 25 Casa de Máquinas. Plantas. Primera Etapa
- Fig. 26 Casa de Máquinas. Secciones. Primera Etapa
- Fig. 27 Casa de Máquinas Diagrama Eléctrico de Una Sola Línea
- Fig. 28 Patio de Distribución de Calima I y Diagrama Eléctrico General
- Fig. 29 Línea de Transmisión - Torres Típicas
- Fig. 30 Programa de Desarrollo
- Fig. 31 Calima I Programa de Construcción. Primera Etapa
- Fig. 32 Programa de Inversiones

INFORMACION BASICA

PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA

INFORMACION BASICA

LOCALIZACION

En el Río Calima a 50 Km. al norte de Cali aproximadamente.

HOYA HIDROGRAFICA

250 Km.²

CAUDALES

(1946-1953) en Madroñal

Promedio	11.8	m ³ /s.
Mínimo Diario	2.2	m ³ /s.
Mínimo mensual	2.6	m ³ /s.
Máximo	122.0	m ³ /s.

Alto Calima más Bravo

Promedio	18.3	m ³ /s.
----------	------	--------------------

EMBALSE

Niveles para el Desarrollo Inicial

Máximo	1378.0
Cresta del Rebosadero	1373.5
Mínimo	1350.0

Niveles para el Desarrollo Final

Máximo	1405.0
Cresta del Rebosadero	1402.5
Mínimo	1350.0

Capacidad del Embalse

Embalse utilizable en el desarrollo inicial	66,000,000 m ³
Embalse utilizable en el desarrollo final	408,000,000 m ³
Embalse muerto	9,000,000 m ³

Area Inundada

A la elevación 1405	1830	Has. ✓
A la elevación 1378	720	Has.
A la elevación 1350	120	Has.

REPRESA

Tipo: Gravedad

Altura Máxima: Desarrollo Inicial	64	mts.
Desarrollo Final	91	mts.

Volumen: Desarrollo Inicial	91,000	m ³
Desarrollo Final	121,000	m ³
Total	212,000	m ³

Elevación de la Cresta: Desarrollo Inicial	1378.0	
Desarrollo Final	1405.0	

REBOSADERO

Desarrollo Inicial:

Elevación de la Cresta	1373.5	
Longitud	40	mts.
Capacidad	695	m ³ /s.

Desarrollo Final:

Elevación de la Cresta	1402.5	
Longitud	37	mts.
Capacidad	252	m ³ /s.
Riada de diseño	2000	m ³ /s.

TUNEL DE DESVIACION

Diámetro	3.0	mts.
Longitud	180	mts.
Revestimiento	Concreto	

TUNEL DE CONDUCCION PRINCIPAL

Diámetro	3.0	m.
Longitud	6700	m.
Revestimiento	Concreto	

CONDUCCION DEL RIO BRAVO

Diámetro	2.4	m.
Longitud Total	7.8	Km.
Longitud en túnel	2.2	Km.
Longitud en conducto superficial	5.6	Km.

ALMENARA

Tipo	Chimenea subterránea inclinada a 42° con la horizontal; dos cámaras horizontales.	
Chimenea: Longitud	180	m.
Diámetro	2.50	m.
Revestimiento	1/2"	acero
Cámara Interior: Longitud	30	m.
Dimensiones	3.0 x 3.0	m.
Revestimiento	Ninguno	
Cámara Superior: Longitud	400	m.
Dimensiones	4.0 x 3.5	m.
Revestimiento	Concreto	

TUNEL DE CARGA

Tipo	Túnel Inclinado a 42° con la Horizontal.	
Diámetro	2.50	m.
Longitud	740	m.
Revestimiento	1/2"	acero

TUNEL DE FUGA

Nivel de Descarga en la Casa de Máquinas	802.7	
Dimensiones	4 x 7	m.
Longitud	730	m.
Revestimiento	Gunita	
Pendiente	0.74/1000	

TUNEL DE ACCESO

Dimensiones	5 x 7	
Longitud	640	m.
Revestimiento	Pavimento de Concreto	
Pendiente	3%	

TUNEL DE CABLES Y VENTILACION

Dimensiones	3.30 x 3.30	m.
Longitud	550	m.
Revestimiento	Ninguno	
Pendiente	77.5%	

CASA DE MAQUINAS

Longitud	74	m.
Anchura	21	m.
Altura total	29	m.

ENERGIA DISPONIBLE

Generación anual para el Desarrollo Inicial	252	MKWH
Generación anual para el Desarrollo Final	690	MKWH

EQUIPO GENERADOR

Número de Unidades 4

Turbinas

Tipo	Pelton, Eje Vertical, 4 Toberas	
Capacidad Indicada (Salto neto 478.6 m.)	50,700	HP
Velocidad	450	RPM

Generadores

Capacidad Indicada: Alza de 60°C, 0.85 F.P.	52,200	KVA
Voltaje: 60 ciclos, 3 fases	13,800	V

Transformadores Elevadores

Tipo	Monofásico - Para ins- talación interior al baño de aceite. Refri- geración por agua y - circulación forzada - de aceite.	
Capacidad Indicada	52,200	KVA/banco
Voltaje	13.8/161	KV

LINEA DE TRANSMISION

Tipo

De un solo circuito, -
una línea para dos u-
nidades y dos líneas-
para el desarrollo fi-
nal

Voltaje
Conductores
Longitud

161 KV
477,000 CM, ACSR
74 Km.

CONSTRUCCION POR ETAPAS

Primera Etapa

Etapa inicial de la represa y túnel principal de conducción, túnel de carga, almenara, casa de máquinas con subestructura completa para cuatro unidades, túnel de fuga, túnel de acceso, túnel de cables y ventilación, instalación de la primera unidad generadora, construcción de la primera línea de transmisión a Cali y construcción de los tramos correspondientes en las subestaciones de Calima y Cali.

Segunda Etapa

Instalación de la segunda unidad generadora y construcción de los tramos correspondientes en las subestaciones de Calima y Cali.

Tercera Etapa

Etapa final de la represa, bocatoma y conducción para el Río Bravo, instalación de la tercera unidad generadora, construcción de la segunda línea de transmisión a Cali y construcción de los tramos correspondientes en las subestaciones de Calima y Cali.

Cuarta Etapa

Instalación de la cuarta unidad generadora y construcción de los tramos correspondientes en las subestaciones de Calima y Cali.

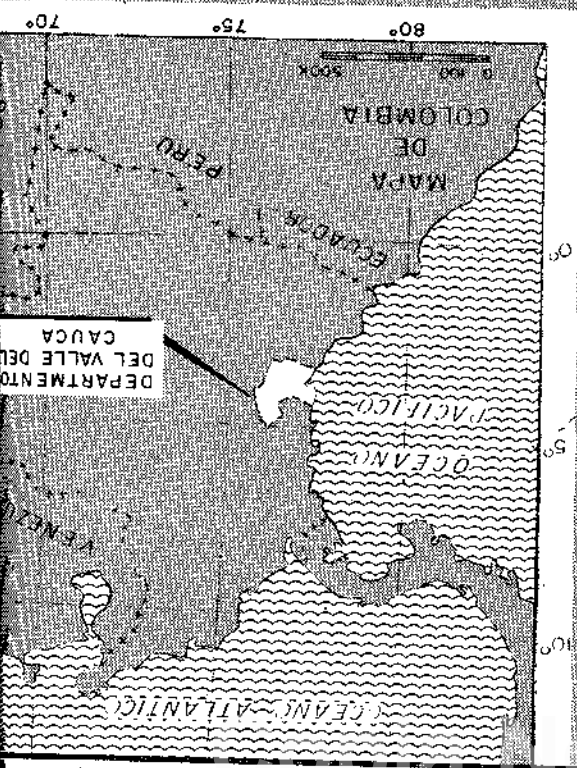
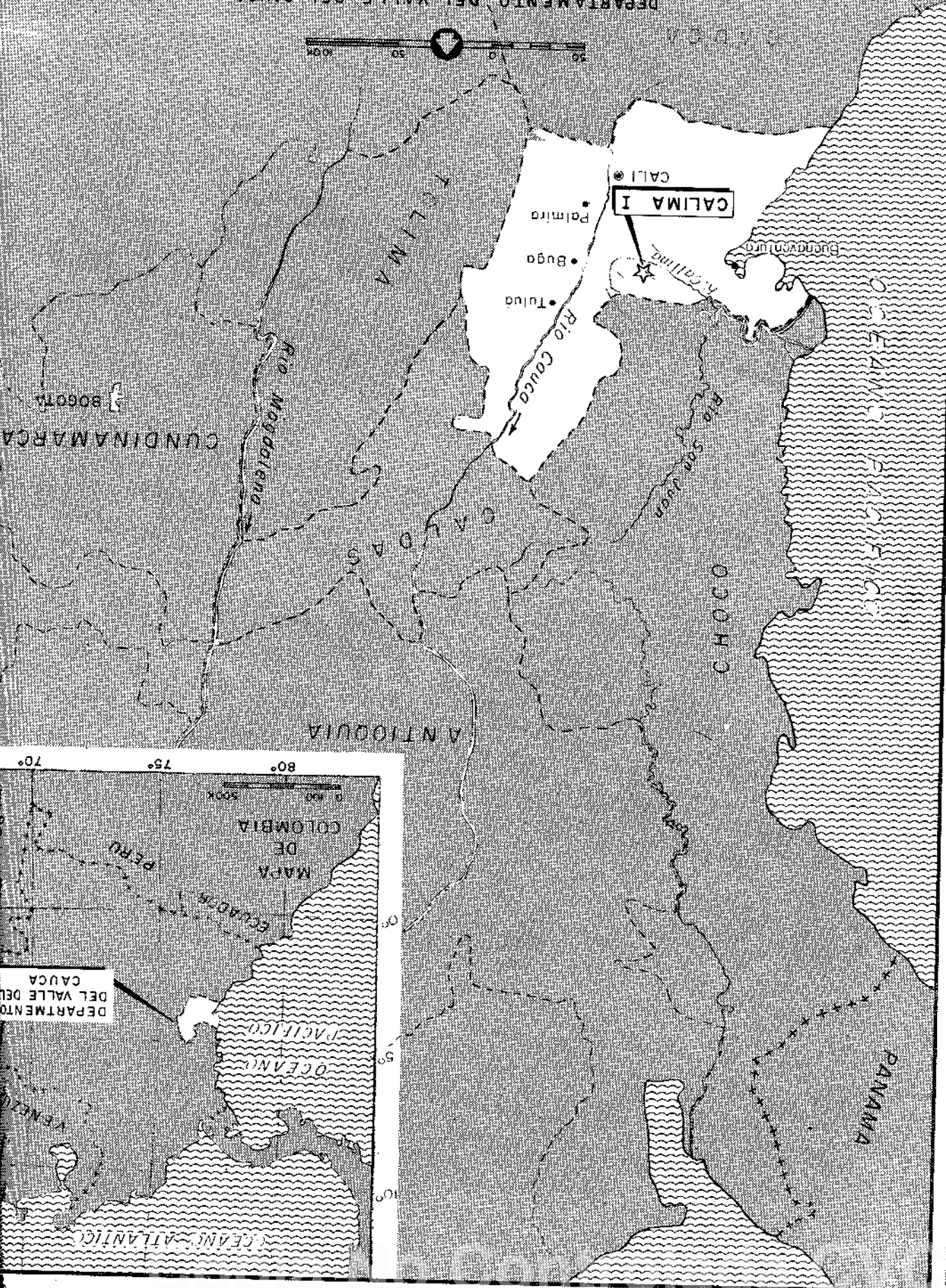
PRESUPUESTO

Primera Etapa	P' \$ 53'980,000
Segunda Etapa	6'550,000
Tercera Etapa	26'610,000
Cuarta Etapa	<u>6'550,000</u>
Costo Total	<u>P' \$ 93'690,000</u>

INFORME

MAPA GENERAL

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA



CAPITULO I

INTRODUCCION

A. OBJETO

Hasta donde se tiene noticia, la posibilidad de desarrollar energía hidroeléctrica en el Río Calima, se ha venido considerando seriamente desde hace unos diez años. Durante este corto tiempo, sin embargo, a medida que se obtuvieron datos sobre caudales y otras informaciones que revelaron la potencialidad del río, la concepción del aprovechamiento hidroeléctrico varió desde una planta sin almacenamiento con una capacidad tal vez de 10,000 KW, hasta una serie de plantas con una instalación total aproximada de 400,000 KW. Este informe se ha elaborado con el fin de esbozar el conjunto de las posibilidades hidroeléctricas del Río Calima, de avaluar las necesidades de la energía eléctrica en el Departamento del Valle del Cauca y de definir y presentar el análisis financiero del primer proyecto a construirse en el Río Calima.

B. EL CONTRATO

Con fecha Noviembre 18 de 1953 se firmó un contrato entre el Departamento del Valle del Cauca y la firma de Ingenieros Olarte, Ospina, Arias & Payán Ltda. (OLAP), autorizando el estudio de un proyecto en el Río Calima. De acuerdo con este contrato los Ingenieros deberían preparar un estudio general y un análisis financiero del "Proyecto de Campoalegre". Tal como se contempló entonces este proyecto, en términos generales, consistía de lo siguiente: (a) un embalse con una represa en el sitio de Madroñal, (b) una conducción en túnel y (c) una casa de máquinas en los alrededores de Campoalegre cerca a la confluencia del Río Calima con el Río Bravo, con una instalación de 100,000 KW.

Este proyecto se ha modificado substancialmente, así que el aprovechamiento recomendado tal como se describe en este informe se llama "Calima I".

En el curso de los estudios se vió claramente que la primera planta se podría diseñar para que utilice el caudal del Río Calima junto con el del Río Bravo, lo que permite el desarrollo de un 50% más de energía de la que se podría producir utilizando únicamente el caudal del Río Calima. Este aumento substancial de capacidad generadora es posible con un aumento relativamente pequeño en el costo total del proyecto desviando el caudal del Río Bravo para utilizarlo en la planta de Calima I. Aunque el estudio de esta desviación no estaba incluido en los términos del Contrato, se ha decidido recomendar su inclusión dentro del proyecto, dados los beneficios que resultan de la utilización del caudal del Río Bravo. Por lo tanto, para este informe se ha elaborado un presupuesto de la desviación de dicho río.

OLAP se ha asesorado para la elaboración de los estudios en referencia de la Firma Knappen-Tippetts-Abbett-McCarthy, (KTAM), de New York.

C. ESTUDIOS ANTERIORES

El aprovechamiento del Río Calima fué objeto de los siguientes estudios anteriores que sólo contemplaron la utilización del caudal de este Río:

- a) Estudio de la Compañía Colombiana de Electricidad en el año de 1946, para la instalación de una planta con captación en el sitio de Madroñal y aprovechamiento de un salto de unos 200 metros.
- b) Estudio de Groot y Velásquez en el año de 1947, por comisión del Ministerio de Obras Públicas, que incluyó el reconocimiento general de la hoya y la preparación de un proyecto preliminar que utilizaba dos saltos, de 210 y 280 metros, en el sector del Río Calima comprendido entre Madroñal y Campoalegre.
- c) Estudio de la potencialidad hidroeléctrica del Río Calima, efectuado por OLAP en el año de 1949 como parte del Proyecto General de Electrificación del Valle del Cauca. La escasa información hidrológica de que se disponía en esa época no permitió dar recomendaciones precisas sobre el aprovechamiento total del Río Calima. Sin embargo, el informe dió gran énfasis a la importancia de este aprovechamiento como la solución más factible y económica, para atender a las necesidades de energía eléctrica del Valle del Cauca durante varios años.

D. TRABAJO EJECUTADO

1. Estudios Geológicos.

Para estos estudios se contrataron los servicios de dos geólogos consultores. El reconocimiento geológico del área del proyecto fue iniciado a mediados de diciembre de 1953 y continuado hasta fines de enero de 1954. En febrero, el geólogo principal presentó el informe sobre los estudios geológicos, el cual se incluye en el Apéndice A, Geología.

De acuerdo con las recomendaciones de los geólogos, se hicieron apiques y trincheras para efectuar el análisis de las condiciones de cimentación y para tomar muestras de la roca.

2. Investigaciones Hidrológicas.

Se hizo un análisis del hidrograma del Río Calima para los años de 1946 y 1953 y se estudiaron las relaciones con datos similares del Río - Cauca y del Río Anchicayá. También se estudió el registro pluviométrico de la estación de La Manuelita en el Valle del Cauca para determinar el régimen hidrológico general de la zona.

Se hicieron además algunas investigaciones hidrológicas de campo, relacionadas principalmente con el estimativo preliminar de los caudales de los ríos Bravo y Azul.

En el Apéndice B. Hidrología, aparecen los detalles de los estudios hidrológicos.

3. Reconocimientos de campo.

Se efectuaron reconocimientos de campo en la zona del proyecto para definir las varias alternativas que merecían una mayor consideración. Además se efectuaron reconocimientos de campo del segundo proyecto aguas abajo de Calima I, en el cual se utilizaría el caudal combinado de los ríos Calima, Bravo y Azul. Se hizo un reconocimiento del Río Azul entre las cotas 800 y 1100 y de la parte alta del Río Bravo entre las cotas 1300 y 1420. El Río Calima se exploró hasta su confluencia con el Río Azul. Estos reconocimientos se describen en el Apéndice C. Levantamientos y Reconocimientos.

Como paso preliminar para las exploraciones se hizo un vuelo de reconocimiento de toda la zona del Río Bravo y del Río Azul.

4. Levantamientos Topográficos.

Se hicieron los siguientes levantamientos topográficos para ampliar los efectuados en relación con el informe de OLAP, de 1949:

- a) Embalse de Madroñal. En la parte baja del embalse se extendió la topografía con base en nuevas poligonales corridas con tránsito y nivel de precisión desde la cota 1390 hasta la cota 1450. En la parte alta, se decidió extender la topografía sólo hasta la cota 1420 en vista de otros factores que se discuten luego en este informe y que limitan el nivel máximo del embalse a una elevación menor.
- b) Sitio de la Represa de Madroñal. La topografía levantada en 1948 fué corregida y extendida hasta la cota 1450. Se tomó además suficiente topografía para incluir un sitio de represa más abajo, considerado en los estudios. Todos los trabajos que se hicieron en relación con la represa se basaron en poligonales corridas con tránsito, cinta y nivel de precisión.
- c) Levantamientos entre Madroñal y Campoalegre. Se corrió una poligonal con tránsito, cinta y nivel de precisión desde el sitio de la represa en Madroñal hasta la confluencia del Río Calima con el Río Bravo. Se tomó topografía en las cercanías de la confluencia para poder determinar el volumen del embalse que crearía una represa situada inmediatamente aguas abajo de este sitio.

5. Estudios de Diseño.

Se hizo un estudio del sistema eléctrico existente en el Valle del Cauca, de las posibles demandas futuras de energía y de los proyectos de generación propuestos en toda la zona. Se preparó una curva de demanda futura para la zona a la cual deberá suministrar energía el sistema Anchicayá-Calima. Se efectuó un análisis de la capacidad del proyecto de Calima I para operación aislada y operación conjunta con la Central de Anchicayá. También se estudió la operación conjunta con la Central de Anchicayá asumiendo que el caudal utilizable del Río Bravo sería desviado a la planta de Calima.

Se concibieron varias alternativas de las posibilidades de desarrollo para el proyecto Calima I, algunas de las cuales se descartaron a primera vista, quedando cuatro en definitiva; se hizo luego un análisis de estas cuatro alternativas para escoger la más conveniente. Se hicieron estudios de la alternativa recomendada en este informe para determinar la capacidad de la planta y las elevaciones de cresta de la represa en Madroñal para la etapa inicial y para la etapa final. Se hicieron entonces análisis económicos para determinar el tipo y dimensiones aproximadas de las estructuras principales y se elaboraron los presupuestos. También se elaboró un anteproyecto para la desviación del caudal del Río Bravo, con el objeto de preparar un presupuesto conservativo.

CAPITULO II

EL SISTEMA ELECTRICO DEL VALLE

A. INTRODUCCION

El análisis del sistema eléctrico del Valle que se presenta en se guida se basa en gran parte en el "Proyecto General de Electrificación" preparado para el Departamento del Valle del Cauca por OLAP en los años de 1947 a 1949 y en los datos suministrados recientemente por el Departamento.

El desarrollo de la energía eléctrica en el Departamento se ha limitado hasta ahora a plantas generadoras relativamente pequeñas y a sistemas de transmisión y de distribución más bien reducidos.

B. PLANTAS GENERADORAS EXISTENTES

Las principales plantas generadoras existentes se enumeran en el cuadro 1 y se muestran en la Figura 2. Estas plantas pertenecen a los siguientes sistemas:

- 1) Sistema del Municipio de Cali y de la Central de Anchicayá, que cuenta actualmente con 12,000 KW en varias plantas en Cali y sus alrededores. Este sistema espera disponer de 36,000 KW a principios de 1955, cuando habrá de terminarse la primera etapa de la Central de Anchicayá.
- 2) Compañía Colombiana de Electricidad, con 8,500 KW en plantas hidroeléctricas y 2,200 KW en plantas térmicas. Estas plantas suministran energía a Palmira, Buga, Buenaventura y a varios municipios pequeños.
- 3) Los sistemas municipales independientes de Tuluá, Cartago, y Sevilla con 1,350, 1,600 y 560 KW, respectivamente.

En el Apéndice I del "Proyecto General de Electrificación" ya mencionado se presentó un inventario completo de todas las plantas que existían en el Valle en 1948.

C. SISTEMAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION

Los principales sistemas de transmisión en el Valle del Cauca son: el de 110 KV de Anchicayá - Cali y el de 33 KV de la Compañía Colombiana de Electricidad que se extiende entre sus plantas generadoras y las ciudades de Buga, Palmira y Cali. La Figura 2 muestra la localización de estas líneas de transmisión.

Los sistemas de distribución son en general deficientes. Actualmente se está reconstruyendo el sistema de Cali que según se ha programado, deberá quedar concluido en el año de 1954.

D. CARACTERISTICAS DEL CONSUMO

En la actualidad los factores de carga en el Valle del Cauca varían entre el 50 y el 60% y han sido afectados por la frecuente escasez de energía en las diferentes ciudades. Entre 1947 y 1949 OLAP preparó un estudio del sistema eléctrico del Valle del Cauca en el que estimó en ese entonces que el factor de carga para el Valle aumentaría hasta alcanzar un máximo del 62% cuando se desarrollara el sistema. En estudios posteriores efectuados por entidades del Gobierno se llegó a la conclusión de que el factor de carga del sistema sería alrededor del 60%. La revisión detallada de estos estudios hace creer que un factor de carga del 60% es probablemente razonable y por lo tanto la curva típica de carga se ha elaborado con base en este factor de carga. La Figura 3 muestra las características de la curva de carga que se ha asumido para el sistema, a partir de 1960. Se asume que el factor de carga aumentará de aproximadamente 55% en 1955 a 60% en 1960.

E. COSTO DE LA ENERGIA

El costo de la energía para el consumidor varía considerablemente de un sitio a otro en el Valle del Cauca pues mientras el costo del KWH para plantas hidroeléctricas del tamaño de las de la Compañía Colombiana de Electricidad es alrededor de seis centavos, el costo del KWH para plantas Diesel pequeñas de los sistemas municipales aislados es alrededor de veinte centavos.

F. DEMANDA FUTURA DE ENERGIA

Cualquier estudio de la demanda futura de energía en el Valle del Cauca se complica debido a los efectos de las deficiencias en el suministro de energía, que han sido generales en todo el Valle durante muchos años. Por esta razón, fue necesario hacer primero un estimativo de la demanda de energía eléctrica que se desarrollaría tan pronto se dispusiera de sistemas adecuados de generación y de distribución, a la vez que de suficiente capacidad y de energía a un costo razonable. Esto se hizo por medio de comparaciones con aquellas áreas en Colombia que ya han recibido el impulso de un desarrollo adecuado de energía eléctrica.

En segundo término se estimaron las ratas de crecimiento de la demanda en los años sucesivos. Para ello, se hizo un estudio de las ratas de dicho crecimiento en regiones donde, por varios años, el suministro de energía ha permanecido acorde con la demanda.

Un análisis de la demanda de energía eléctrica en las ciudades de Bogotá, Medellín y Pereira, indica que hay una gran semejanza en el desarrollo del consumo por habitante. El consumo por habitante en Bogotá ha aumentado entre el año de 1938 y el de 1951 a una rata promedio del 4.4%, anual. En la ciudad de Medellín en el mismo período, el consumo por habitante aumentó a una rata promedio de 5.9%, anual. Para la ciudad de Pereira entre los años de 1942 y 1952 la rata de crecimiento anual fue de 6.1%. Con base en estas cifras se ha asumido que en el Valle del Cauca, una vez que el suministro se normalice, el consumo aumentará a una rata de un 5% anual por habitante para la población ru

ral y urbana, con excepción de la ciudad de Cali para la cual se ha supuesto una na ra ta de cre ci mi en to del 6% an ua l.

Con base en las anteriores consideraciones se estimaron las demandas dentro de varias categorías de consumidores, según se muestra en el Cuadro 2, a saber:

1. Para Cali: Demanda en el año inicial de 500 KWH por habitante y una ra ta de cre ci mi en to del 6% an ua l por habitante en los años siguientes.
2. Para Palmira: Demanda en el año inicial de 300 KWH por habitante, con aumento a 400 KWH por habitante para el segundo año y con un aumento del 5% anual por habitante de allí en adelante.
3. Para poblaciones cafeteras semejantes a las del Departamento de Caldas: Demanda en el año inicial de 200 KWH por habitante, con un aumento a 400 KWH por habitante para el segundo año y con una ra ta de cre ci mi en to del 5% an ua l por habitante de allí en adelante.
4. Para los demás centros urbanos de la región: Demanda en el año inicial de 200 KWH por habitante, con un aumento a 300 KWH por habitante para el segundo año y un aumento a la ra ta del 5% an ua l por habitante de allí en adelante.
5. Población Rural: Demanda inicial de 150 KWH por año por habitante conectado, con un aumento por año del 5% por habitante de allí en adelante. Se estimó que el 10% de la población rural sería conectada durante el primer año y que esta proporción aumentaría al 50% en el duodécimo año.

Se espera que en el curso de unos pocos años Calima I, Anchicayá y las plantas existentes que se enumeran en el Cuadro I serán interconectadas y suministrarán energía a los municipios que se mencionan luego y cuya lista aparece en el Cuadro 3.

Se espera que la Central de Anchicayá quede terminada a principios de 1.955. Desde esa fecha en adelante la Compañía Colombiana de Electricidad tendrá disponible para la venta a otras comunidades de la región que sirve, la energía que ahora suministra a Cali y que no habrá de necesitarse ya en esta ciudad. Es de esperarse también que la planta de Río Frío que cons tr uye actualmente la Empresa de Luz de Tuluá, se de al servicio, así que el suministro de energía en el área servida por esa Empresa será adecuado por al g ún ti em po. Por consiguiente, se ha supuesto que en 1955 se podrá satisfacer la demanda inmediata de energía en Cali, Buga, Candelaria, Cerrito, Florida, Ginebra, Guacarí, Palmira, Pradera, Río Frío, San Pedro, Tuluá y Yumbo.

Se ha supuesto que en 1960 se interconectarán los siguientes municipios: Caicedonia, Sevilla, Trujillo, Versalles, Andalucía, Buenaventura,

Bugalagrande, Jamundí, La Unión, Roldanillo, Toro, Vijes, Yotoco y Zarzal en el Departamento del Valle del Cauca y Caloto, Corinto, Miranda, Puerto Tejada y Santander en el Departamento del Cauca. Se ha supuesto además que el sistema de líneas de transmisión en el Valle del Cauca será ampliado en 1963, de tal suerte que El Cairo, Darién, Restrepo, Bolivar, Dagua, La Cumbre y La Victoria, serán también conectadas.

En el estimativo de la demanda futura para el sistema integrado - que se considera en este informe no se han tenido en cuenta seis municipios - del Departamento del Valle, puesto que se espera que tales municipios recibirán energía de la Central Hidroeléctrica de Caldas (CHEC), en vista de su proximidad a las líneas de transmisión de la CHEC. Estos municipios son: Cartago, Alcalá, Ulloa, Ansermanuevo, Obando y El Aguila.

En el cuadro 3 se presenta la población urbana y rural según el censo de 1951 para los municipios del Valle y para los del Cauca que se ha supuesto serán servidos por la red considerada en este informe, además del estimativo de población para los años de 1951-1966. El Cuadro 4 muestra la clasificación de cada municipio en relación con la demanda futura. El cuadro 5 muestra la demanda futura en KWH calculada con base en las suposiciones ya descritas. El cuadro 6 muestra los picos de la demanda futura que se han estimado.

La Figura 4 muestra el pronóstico de la demanda futura.

G. NUEVOS PROYECTOS DE GENERACION EN EL VALLE DEL CAUCA

1. Central de Anchicayá. Esta Central ha estado en construcción desde 1942 y según las últimas informaciones la primera etapa de 24,000 KW, deberá quedar terminada en los primeros meses de 1955. Una segunda etapa con una instalación de 20,000 KW adicionales deberá quedar lista para principios de 1957.

Este proyecto es un aprovechamiento con pondaje que consiste de una represa de 54 m. con un embalse de 1'500,000 M3, un túnel a presión de 1.4 Km., una almenara subterránea, tuberías de carga - superficiales y una instalación final propuesta de 64,000 KW en dos unidades de 12,000 KW y dos unidades de 20,000 KW. La caída aprovechable por este desarrollo varía entre 63 y 75 metros.

La Figura 5 muestra los caudales disponibles para la planta de Anchicayá para el período 1946 - 1954 y la Figura 6 muestra la relación entre los caudales disponibles y la energía generada. Con base en los datos presentados en las Figuras 5 y 6 se determinó la generación máxima de la Central de Anchicayá tanto en los períodos de estiaje como en los períodos de gran afluencia. En las Figuras B-16 y B-17 del Apéndice B aparecen los hidrogramas del Río Anchicayá para los años en que hay datos directos.

2. Otros proyectos hidroeléctricos. Además de Calima se han estudiado en el Valle muchos proyectos hidroeléctricos, siendo ésta -

la única región del país en la que se ha hecho un completo estudio de todas las fuentes de energía. Los datos que se presentan en se guida son tomados principalmente del "Proyecto General de Electrificación" que presentó OLAP en 1949.

- a. Salvajina. La represa y embalse de Salvajina en el Río Cauca a unos 70 Km. al sur de Cali, está llamada a ser la principal unidad de un sistema de irrigación y control de avenidas del Río Cauca. Las características de este proyecto se han estudiado principalmente en relación con el control de avenidas. Un presupuesto preliminar que no incluye el costo de la planta eléctrica indica que el costo del proyecto es de \$ 140'000,000. Podría incluirse una planta de 240,000 KW, pero su justificación no es posible si se consideran únicamente los beneficios provenientes de la energía generada.
- b. Timba. Como complemento a la represa de Salvajina en el control del Río Cauca se ha propuesto la construcción de una represa para crear un embalse en Timba. El presupuesto para esta obra, sin incluir el costo de la planta eléctrica es de \$40'000,000. Podrían instalarse cerca de 40,000 KW en Timba, sujetos a las mismas limitaciones de Salvajina.
- c. Pescador. Este proyecto está localizado sobre el Río Pescador en la zona norte del Valle y parece ser un proyecto muy económico. La capacidad propuesta es de 2,000 a 3,000 KW.
- d. Digua. El Río Digua, tributario del Anchicayá, presenta buenas posibilidades para la construcción de una planta hidroeléctrica de unos 15,000 a 20,000 KW utilizando un salto de 220 m. La casa de máquinas quedaría situada aproximadamente frente al K 74,5 de la carretera Cali-Buenaventura.
- e. Amaime. Se han hecho varios estudios para la utilización hidroeléctrica del Río Amaime. En general las posibilidades no son muy favorables, pero se puede construir una planta de unos 10,000 KW de capacidad aprovechando un salto de unos 250 m. La Compañía Colombiana de Electricidad aparentemente está haciendo estudios definitivos para la construcción de esta Central.
- f. Guabas. En el Río Guabas cerca a Guacarí existe la posibilidad de construir una Central de unos 6,000 KW de capacidad a un costo razonable. Un estudio preliminar sobre esta Central aparece en el "Proyecto General de Electrificación" ya mencionado.
- g. Frazadas. En el Río Frazadas cerca a Bugalagrande se han hecho estudios preliminares y existe la posibilidad de instalar una planta eléctrica de unos 8,000 KW aprovechando un salto de 400 m.
- h. Barragán. En el Río Barragán, desde hace varios años, se ha venido construyendo una planta por cuenta del Departamento del Va

lle del Cauca y del Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico. La capacidad propuesta es de 1,000 KW.

i. Patumá. Por cuenta del Departamento del Valle del Cauca se ha venido construyendo desde hace seis años la Planta de Patumá - cerca de Versailles. Esta planta tendrá una instalación inicial de 200 KW y posiblemente se podrán instalar hasta 1,000 KW. Se espera que para 1955 se haya terminado el montaje de la primera unidad.

j. Mondomo. El Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico ha venido construyendo una planta en el Río Mondomo - cerca a Santander de Quilichao, en el Departamento del Cauca, para el servicio de esta población. Esta planta va a tener una capacidad de 650 KW. Su construcción ha sufrido varias interrupciones pero se espera terminarla para 1955.

k. Garrapatas. Desde hace varios años se ha venido hablando de la posibilidad de construir una Central de 16,000 KW en el Río - Garrapatas cerca al límite con el Departamento del Chocó en la zona norte del Valle. Parece que la dicha posibilidad es poco favorable.

3. Plantas de Vapor. En el Valle del Cauca, en las cercanías de Cali, existen abundantes yacimientos de carbón que hasta ahora se han explotado en una escala comercial muy reducida. Ya en el "Plan General de Electrificación" de OLAP (1949) se recomendaba el montaje inmediato de una unidad de vapor de 6,000 KW en Cali y según se tiene entendido, se están haciendo actualmente los estudios definitivos para el montaje de una planta de 12,000 KW.

La demanda de energía eléctrica en los principales centros del Valle podría satisfacerse con plantas térmicas, o con hidroeléctricas, o por medio de una combinación de las dos. La determinación de las prioridades para la construcción de los varios tipos posibles de plantas es en gran parte una cuestión de política administrativa y no depende solamente de los costos relativos de generación y de transmisión en cada caso. Sin embargo, como se indicará luego en este informe, la Central de Calima I producirá energía a un costo del orden de 1.6 centavos por KWH, pocos años después de la fecha en que la cuarta unidad de la planta sea puesta en operación. En contraste, las plantas térmicas tendrían un costo de generación del orden de 4 centavos por KWH con un factor normal de capacidad del 40%.

4. Plantas Diesel. La generación de energía con plantas Diesel en el Valle del Cauca tiene un costo unitario que varía entre 7 ¢ y 25 ¢ y que depende del tamaño de las unidades. La importante instalación Diesel de Cali, es un caso típico de las soluciones de emergencia para responder a las necesidades del momento.

Las plantas Diesel sólo son adecuadas para los municipios aislados del Valle donde la demanda no justifique la construcción de las líneas de transmisión al sistema central o donde se requiera una solución de emergencia.

H. POSIBLE APROVECHAMIENTO DEL RIO CALIMA

Como ya se dijo, el Río Calima se ha venido estudiando desde hace varios años en relación a posibles desarrollos hidroeléctricos. El gran embalse que se puede crear en Madroñal será la reserva más valiosa de energía en todo el Occidente Colombiano con la posible excepción de futuros embalses de gran capacidad en las hoyas altas de los Ríos Guadalupe y Grande cerca a Medellín. El embalse de Madroñal, cuando esté lleno, proporcionará una reserva de cerca de 500'000,000 KWH, o sea igual a lo que generaría normalmente durante un año una planta de 100,000 KW. Como se muestra luego en este informe, la disponibilidad de este volumen de embalse permitirá la operación de las plantas de Calima, en forma tal que se aumentará grandemente el valor de la Planta de Anchicayá.

Los actuales niveles de agua, de importancia en el desarrollo de Calima, son los siguientes:

Río Calima en Madroñal	1,322
Río Calima en la confluencia con el Río Bravo	770
Río Calima en la confluencia con el Río Azul	500
Río Calima en la confluencia con el Río Chanco	350
Río Calima en la confluencia con el Río San Juan	20

Calima: A continuación, se describe un posible aprovechamiento del Río -

a. Calima I. El primer desarrollo, Calima I, que se muestra en forma esquemática en la Figura 7, aprovecha el salto entre Madroñal y la confluencia del Río Calima con el Río Bravo. Si se incluye la altura adicional que proporciona el embalse en su etapa final, el salto bruto medio total es de 586 m. En el desarrollo final de este proyecto se utilizará el caudal del Río Bravo lo mismo que el del Río Calima. La capacidad firme de esta planta será de 144,000 KW. En este informe se presenta un estudio a fondo de las obras requeridas para el aprovechamiento propuesto.

b. Calima II. Un segundo desarrollo, Calima II, que se muestra también en forma esquemática en la Figura 7, aprovecharía el salto del Calima entre las confluencias con los ríos Bravo y Azul. Este proyecto consistiría de un embalse de regulación inmediatamente aguas abajo de la confluencia del Río Calima con el Río Bravo, un túnel de 8 Km. que conduce los caudales combinados del Calima y del Bravo a la almenara, un túnel auxiliar de 7.5 Km. que conduce el caudal del Río Azul y el caudal de la Q. Militar al túnel principal, un túnel secundario de 2 Km. de longitud que-

conduce la Q. Cristalina al embalse de regulación, un túnel de carga y una casa de máquinas cerca a la confluencia con el Río Azul.

Los datos hidrológicos de que se dispone para los ríos tributarios del Calima cuyos caudales serían utilizados en Calima II son limitados; por lo tanto, sólo ha sido posible preparar un estimativo preliminar de los caudales que se utilizarían en esta planta.

Descarga media de Calima I	17.5 m ³ /s.
Caudal medio adicional disponible en el Río Bravo	2.0
Caudal medio disponible en la Q. Cristalina	4.0
Caudal medio disponible en el Río Azul (incluye la Q. Militar)	<u>15.0</u>
Caudal medio disponible para Calima II	38.5 m ³ /s.

Con base en este estimativo preliminar de los caudales disponibles las características de la planta serían:

Salto bruto	:	290 m.
Salto neto	:	270 m.
Factor de carga	:	60%
Capacidad instalada	:	140,000 KW

Estas cifras se deben considerar como estimativos a grosso modo, pues son el resultado de unos pocos reconocimientos. Sólo cuando se construya una vía de acceso apropiada hasta el río Azul y cuando se instalen las estaciones de aforos necesarias se podrán obtener los datos de caudales necesarios para estudiar más a fondo este proyecto.

c. Calima III. Como resultado de los reconocimientos preliminares se vió la posibilidad de aprovechar los caudales acumulados del Río Calima y de sus tributarios (incluyendo el Chanco y todos los demás mencionados anteriormente) en un salto de unos 150 m. en el sector del Río Calima, comprendido entre el Azul y el Chanco. En la Figura 7 se muestra un posible proyecto para Calima III, cuya instalación podría ser del orden de 100,000 KW.

d. Otras Plantas en el Río Calima. Aguas abajo de Calima III, todavía quedan más de 300 m. de salto hasta la confluencia del Río Calima con el Río San Juan. Esta región es completamente inexplorada y no se sabe por lo tanto si se podrá aprovechar económicamente una planta situada en este tramo del río. Sin embargo, se puede decir que la energía potencial del Río Calima podría aprovecharse por medio de una serie cuando menos de tres plantas con una capacidad total del orden de 400,000 KW ó más. Con base en los datos hidrológicos existentes tan sólo se puede determinar en forma definitiva la capacidad de la primera planta como se muestra luego, que se ha fijado en 144,000 KW.

C U A D R O N° 1

PRINCIPALES PLANTAS GENERADORAS EXISTENTES

<u>Sistema de Plantas</u>	<u>Número de Plantas</u>		<u>Capacidad Instalada KW</u>		
	Hidro.	Diesel	Hidro.	Diesel	Total
<u>Municipio de Cali y Central de Anchicavá</u>					
Río Anchicavá	1		24000	(4)	
Río Cali	2		1800		
Río Meléndez	1		400		
Cali 1 y 2		2		9800	
	4	2	26200	9800	36000
<u>Cía. Colombiana de Electricidad</u>					
Río Nima	2		7200		
Río Guadalajara	1		1280		
Buenaventura		1		2152	
	3	1	8480	2152	10632
<u>Municipios de Tuluá, Cartago y Sevilla</u>					
Río Tuluá	2		1350		
Río Consota	1		804		
Cartago		1		800	
Río Pijao	1		434		
Sevilla		1		125	
	4	2	2588	925	3513
Capacidad Total Instalada					50145

(4) La primera etapa en construcción estará terminada a principios de 1955. La instalación total proyectada es de 64,000 KW.

C U A D R O N° 2

CONSUMO ANUAL POR HABITANTE KWH.

AÑO	URBANO				RURAL
	A	B	C	D	
1	500	300	200	200	150 x 0.10 = 15
2	530	400	400	300	158 x 0.15 = 24
3	562	420	420	315	165 x 0.20 = 33
4	596	441	441	331	174 x 0.25 = 44
5	631	463	463	347	182 x 0.29 = 53
6	669	486	486	365	191 x 0.33 = 63
7	709	511	511	383	201 x 0.37 = 74
8	752	536	536	402	211 x 0.40 = 84
9	797	563	563	422	222 x 0.43 = 96
10	845	591	591	443	233 x 0.46 = 107
11	895	621	621	465	244 x 0.48 = 118
12	949	652	652	489	257 x 0.50 = 128
13	1006	684	684	513	269 x 0.52 = 140
14	1066	718	718	539	283 x 0.54 = 153
15	1130	754	754	566	297 x 0.555 = 165
16	1198	792	792	594	312 x 0.57 = 178
17	1270	832	832	624	327 x 0.585 = 191
18	1346	873	873	655	344 x 0.60 = 206
19	1427	917	917	688	361 x 0.61 = 220
20	1513	963	963	722	379 x 0.62 = 235

A - Cali

B - Palmira

C - Poblaciones cafeteras semejantes a las del Departamento de Caldas.

D - Otros centros urbanos de la región.

CUADRO 3 - HOJA 1

POBLACION URBANA Y RURAL DE LOS MUNICIPIOS QUE SE PROYECTA SERVIR CON EL SISTEMA ELECTRICO DEL VALLE EN LOS DEPARTAMENTOS DEL VALLE Y DEL CAUCA

	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
Cali	Urb.	334.000	361.000	390.000	422.000	459.000	496.000	537.000	581.000	630.000	681.000	738.000
	Rur.	16.350	16.550	16.750	16.950	17.150	17.350	17.550	17.750	17.950	18.150	18.360
	Tot.	350.350	377.550	406.750	438.950	476.150	513.350	554.550	598.750	647.950	699.150	756.360
Palmira	Urb.	67.200	71.400	75.900	80.400	85.200	90.400	96.000	102.000	108.000	115.000	121.800
	Rur.	30.450	31.250	32.050	32.950	33.850	34.750	35.650	36.550	37.450	38.350	39.250
	Tot.	97.650	102.650	107.950	113.350	119.050	125.150	131.650	138.550	145.450	153.350	161.050
Buga	Urb.	37.100	38.600	40.200	41.800	43.400	45.000	46.900	48.800	50.700	52.600	54.600
	Rur.	23.300	24.600	26.000	27.400	28.900	30.500	32.200	34.100	36.000	38.000	40.100
	Tot.	60.400	63.200	66.200	69.200	72.300	75.500	79.100	82.900	86.700	90.600	94.700
Caicedonia	Urb.	14.300	15.200	16.100	17.100	18.100	19.200	20.350	21.650	23.000	24.350	25.900
	Rur.	13.400	13.500	13.620	13.740	13.860	13.980	14.100	14.220	14.340	14.460	14.580
	Tot.	27.700	28.700	29.720	30.840	31.960	33.180	34.450	35.870	37.340	38.810	40.480
El Cairo	Urb.	3.600	3.760	3.950	4.150	4.350	4.550	4.750	4.950	5.150	5.400	5.650
	Rur.	15.200	16.100	17.000	18.100	19.200	20.300	21.500	22.700	24.100	25.600	27.200
	Tot.	18.800	19.860	20.950	22.250	23.550	24.850	26.250	27.650	29.250	31.000	32.850
Darién	Urb.	2.550	2.554	2.558	2.562	2.566	2.570	2.575	2.580	2.585	2.591	2.598
	Rur.	5.500	5.630	5.770	5.910	6.060	6.210	6.360	6.510	6.660	6.810	6.960
	Tot.	8.050	8.184	8.328	8.472	8.626	8.780	8.935	9.090	9.245	9.401	9.558
Restrepo	Urb.	3.095	3.102	3.109	3.117	3.125	3.133	3.141	3.150	3.159	3.168	3.178
	Rur.	9.050	9.260	9.480	9.700	9.920	10.160	10.400	10.640	10.880	11.130	11.390
	Tot.	12.145	12.362	12.589	12.817	13.045	13.293	13.541	13.790	14.039	14.298	14.568
Sevilla	Urb.	19.350	19.750	20.150	20.550	20.950	21.350	21.750	22.200	22.650	23.100	23.550
	Rur.	50.000	53.200	56.800	60.500	64.300	68.700	73.100	78.000	83.000	88.400	94.000
	Tot.	69.350	72.950	76.950	81.050	85.250	90.050	94.850	100.200	105.650	111.500	117.550
Trujillo	Urb.	5.182	5.188	5.194	5.200	5.207	5.214	5.223	5.232	5.242	5.253	5.277
	Rur.	25.250	27.000	29.000	31.200	33.600	36.000	38.700	41.600	44.700	48.000	51.500
	Tot.	30.432	32.188	34.194	36.400	38.807	41.214	43.923	46.832	49.942	53.253	56.765
Tuluá	Urb.	33.400	34.600	35.850	37.100	38.400	39.800	41.200	42.700	44.200	45.800	47.400
	Rur.	55.000	60.000	65.300	71.300	77.800	85.000	92.500	101.000	110.000	120.000	131.000
	Tot.	88.400	94.600	101.150	108.400	116.200	124.800	133.700	143.700	154.200	165.800	178.400
Versalles	Urb.	4.330	4.540	4.760	5.000	5.250	5.500	5.780	6.080	6.380	6.690	7.010
	Rur.	16.050	17.000	18.000	19.100	20.200	21.500	22.800	24.100	25.600	27.000	28.800
	Tot.	20.380	21.540	22.760	24.100	25.450	27.000	28.580	30.180	31.980	33.890	35.810
Andalucía	Urb.	2.729	2.733	2.737	2.742	2.747	2.752	2.757	2.762	2.768	2.774	2.781
	Rur.	5.374	5.386	5.398	5.410	5.423	5.436	5.449	5.463	5.477	5.492	5.506
	Tot.	8.103	8.119	8.135	8.152	8.170	8.188	8.206	8.225	8.245	8.266	8.287
Bolívar	Urb.	1.514	1.516	1.518	1.520	1.522	1.524	1.527	1.530	1.534	1.538	1.543
	Rur.	15.109	15.139	15.169	15.199	15.230	15.261	15.292	15.324	15.357	15.390	15.423
	Tot.	16.623	16.655	16.687	16.719	16.752	16.785	16.819	16.854	16.891	16.928	16.966

CUADRO 3 - HOJA 2

	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
B/ventura	Urb.	44.800	47.500	50.380	53.700	57.050	64.150	68.050	72.300	76.950	81.600	86.753
	Rur.	22.750	23.650	24.600	25.550	26.700	27.850	30.150	31.300	32.500	34.000	35.574
	Tot.	67.550	71.150	74.980	79.250	83.750	88.250	93.150	98.200	103.600	109.450	115.600
Bugalagrande	Urb.	4.420	4.520	4.630	4.750	4.870	4.990	5.230	5.350	5.480	5.620	5.763
	Rur.	15.000	15.350	16.100	16.650	17.250	17.850	18.450	19.100	19.750	20.450	21.150
	Tot.	19.420	20.070	20.730	21.400	22.120	22.840	23.560	24.330	25.100	25.930	26.770
Candelaria	Urb.	2.160	2.230	2.300	2.370	2.445	2.520	2.600	2.680	2.840	2.920	3.011
	Rur.	16.260	16.560	16.860	17.160	17.460	17.760	18.070	18.380	18.690	19.000	19.310
	Tot.	18.420	18.790	19.160	19.530	19.905	20.280	20.670	21.060	21.450	21.840	22.230
Cerrito	Urb.	5.200	5.340	5.490	5.640	5.790	5.940	6.240	6.400	6.560	6.720	6.900
	Rur.	12.400	12.800	13.200	13.700	14.200	14.700	15.200	15.700	16.200	16.700	17.200
	Tot.	17.600	18.140	18.690	19.340	19.990	20.640	21.290	21.940	22.600	23.260	23.920
Dagua	Urb.	3.370	3.460	3.550	3.640	3.730	3.820	4.030	4.140	4.250	4.370	4.493
	Rur.	20.000	20.600	21.200	21.900	22.600	23.300	24.000	24.800	25.600	26.400	27.200
	Tot.	23.370	24.060	24.750	25.540	26.330	27.120	27.920	28.820	29.740	30.650	31.570
Florida	Urb.	6.220	6.500	6.800	7.150	7.500	7.850	8.200	8.600	9.000	9.400	9.800
	Rur.	11.250	11.550	11.850	12.170	12.500	12.850	13.200	13.550	13.900	14.300	14.700
	Tot.	17.470	18.050	18.650	19.320	20.000	20.700	21.400	22.150	22.900	23.700	24.500
Ginebra	Urb.	2.781	2.810	2.839	2.868	2.898	2.928	2.988	3.018	3.048	3.079	3.110
	Rur.	11.300	11.850	12.400	13.000	13.700	14.450	15.200	15.950	16.700	17.500	18.300
	Tot.	14.081	14.660	15.239	15.868	16.598	17.378	18.158	18.938	19.718	20.648	21.579
Guacarí	Urb.	3.340	3.400	3.460	3.520	3.580	3.640	3.700	3.760	3.820	3.880	3.950
	Rur.	10.310	10.800	11.300	11.850	12.450	13.100	13.750	14.400	15.200	16.000	16.800
	Tot.	13.650	14.200	14.760	15.370	16.030	16.740	17.450	18.160	19.020	19.880	20.750
Jamundí	Urb.	2.370	2.415	2.460	2.510	2.560	2.620	2.740	2.800	2.860	2.920	2.978
	Rur.	16.250	16.850	17.550	18.250	19.000	19.750	20.500	21.250	22.100	23.030	24.009
	Tot.	18.620	19.265	20.010	20.760	21.560	22.370	23.180	23.990	24.900	25.890	26.890
La Cumbre	Urb.	1.707	1.711	1.715	1.721	1.727	1.733	1.745	1.752	1.760	1.769	1.779
	Rur.	7.607	7.624	7.641	7.659	7.677	7.696	7.715	7.733	7.752	7.772	7.815
	Tot.	9.314	9.335	9.356	9.380	9.404	9.429	9.454	9.478	9.504	9.532	9.594
La Unión	Urb.	4.980	5.150	5.330	5.530	5.740	5.970	6.200	6.430	6.910	7.180	7.449
	Rur.	5.800	5.920	6.040	6.170	6.300	6.440	6.580	6.720	6.860	7.160	7.309
	Tot.	10.780	11.070	11.370	11.700	12.040	12.410	12.780	13.150	13.530	14.340	14.758
La Victoria	Urb.	2.625	2.650	2.675	2.700	2.730	2.760	2.790	2.820	2.850	2.910	2.940
	Rur.	8.780	8.900	9.020	9.150	9.280	9.410	9.540	9.670	9.800	9.950	10.348
	Tot.	11.405	11.550	11.695	11.850	12.010	12.170	12.330	12.490	12.650	13.050	13.288
Pradera	Urb.	7.290	7.620	7.970	8.320	8.680	9.080	9.480	9.900	10.350	11.280	11.770
	Rur.	7.300	7.315	7.331	7.348	7.366	7.385	7.404	7.423	7.443	7.463	7.505
	Tot.	14.590	14.935	15.301	15.668	16.046	16.465	16.884	17.323	17.793	18.764	19.275
Riofrio	Urb.	1.581	1.606	1.632	1.658	1.684	1.710	1.737	1.764	1.792	1.849	1.878
	Rur.	14.110	14.550	14.990	15.430	15.880	16.380	16.880	17.380	17.880	18.430	19.567
	Tot.	15.691	16.156	16.622	17.088	17.564	18.090	18.617	19.144	19.672	20.250	21.445

CUADRO 3 - HOJA 3

	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
Roldanillo	Urb.	6.843	6.850	6.857	6.865	6.873	6.882	6.891	6.900	6.918	6.928	6.938
	Rur.	25.000	26.300	27.600	29.000	30.500	32.000	33.600	35.300	38.900	40.900	42.901
	Tot.	31.843	33.150	34.457	35.865	37.373	38.882	40.491	42.200	43.909	45.818	47.828
San Pedro	Urb.	1.085	1.115	1.145	1.175	1.210	1.245	1.280	1.315	1.390	1.430	1.474
	Rur.	7.820	8.050	8.300	8.550	8.800	9.050	9.320	9.600	10.160	10.440	10.737
	Tot.	8.905	9.165	9.445	9.725	10.010	10.295	10.600	10.915	11.230	11.870	12.211
Toro	Urb.	8.600	8.990	9.390	9.790	10.220	10.680	11.170	11.680	12.210	13.330	13.931
	Rur.	17.600	18.200	18.800	19.400	20.050	20.700	21.490	22.150	23.900	24.500	25.312
	Tot.	26.200	27.190	28.190	29.190	30.270	31.380	32.570	33.830	35.110	36.460	39.243
Vijes	Urb.	1.798	1.800	1.803	1.806	1.810	1.814	1.818	1.822	1.826	1.835	1.840
	Rur.	4.410	4.560	4.710	4.860	5.010	5.170	5.330	5.510	5.690	6.070	6.260
	Tot.	6.208	6.360	6.513	6.666	6.820	6.984	7.148	7.332	7.516	7.710	8.100
Yumbo	Urb.	4.900	5.120	5.340	5.570	5.810	6.050	6.290	6.530	6.770	7.280	7.542
	Rur.	4.521	4.560	4.600	4.641	4.682	4.724	4.767	4.810	4.853	4.941	4.985
	Tot.	9.421	9.680	9.940	10.211	10.492	10.774	11.057	11.340	11.623	11.917	12.527
Yotoco	Urb.	1.646	1.649	1.652	1.655	1.659	1.664	1.669	1.674	1.679	1.689	1.694
	Rur.	8.500	8.690	8.880	9.070	9.270	9.490	9.710	9.930	10.160	10.630	10.871
	Tot.	10.146	10.339	10.532	10.725	10.929	11.154	11.379	11.604	11.839	12.074	12.565
Zarzal	Urb.	11.000	11.450	11.900	12.400	12.950	13.550	14.150	14.750	15.350	16.000	17.401
	Rur.	8.020	8.290	8.570	8.860	9.160	9.480	9.800	10.150	10.510	10.870	11.630
	Tot.	19.020	19.740	20.470	21.260	22.110	23.030	23.950	24.900	25.860	26.870	29.031
Caloto	Urb.	2.230	2.330	2.440	2.560	2.680	2.800	2.930	3.070	3.210	3.520	3.695
	Rur.	15.950	16.250	16.550	16.850	17.150	17.450	17.750	18.080	18.420	19.120	19.503
	Tot.	18.180	18.580	18.990	19.410	19.830	20.250	20.680	21.150	21.630	22.120	23.198
Corinto	Urb.	4.010	4.300	4.610	4.940	5.300	5.700	6.110	6.540	7.030	8.100	8.709
	Rur.	8.479	8.495	8.511	8.528	8.546	8.565	8.585	8.606	8.628	8.650	8.698
	Tot.	12.489	12.795	13.121	13.468	13.846	14.265	14.695	15.146	15.658	16.200	16.773
Miranda	Urb.	4.930	5.200	5.470	5.750	6.050	6.370	6.700	7.060	7.420	8.240	8.690
	Rur.	5.530	5.580	5.630	5.685	5.740	5.795	5.850	5.910	5.970	6.090	6.152
	Tot.	10.460	10.780	11.100	11.435	11.790	12.165	12.550	12.970	13.390	13.850	14.842
Pto. Tejada	Urb.	9.150	9.420	9.700	10.000	10.300	10.630	10.960	11.300	11.650	12.380	12.779
	Rur.	3.916	3.926	3.936	3.946	3.956	3.966	3.976	3.986	3.997	4.020	4.032
	Tot.	13.066	13.346	13.636	13.946	14.256	14.596	14.936	15.286	15.647	16.008	16.811
Santander	Urb.	7.170	7.390	7.610	7.830	8.050	8.290	8.530	8.780	9.040	9.590	9.879
	Rur.	17.600	18.350	19.150	19.950	20.800	21.700	22.600	23.600	24.700	26.900	28.833
	Tot.	24.770	25.740	26.760	27.780	28.850	29.920	31.130	32.380	33.740	36.490	37.912

C U A D R O N° 4

CLASIFICACION DE LOS MUNICIPIOS PARA LA DEMANDA FUTURA

1. Calí
2. Palmira
3. Poblaciones cafeteras semejantes a las del Departamento de Caldas

Buga
Caicedonia
El Cairo
Darién
Restrepo
Sevilla
Trujillo
Tuluá
Versalles

4. Otros centros urbanos de la región

Departamento del Valle del Cauca

Andalucía
Bolívar
Buenaventura
Bugalagrande
Candelaria
Cerrito
Dagua
Florida
Ginebra
Guacarí
Jamundí
La Cumbre
La Unión
La Victoria
Pradera
Riofrío
Roldanillo
San Pedro
Toro
Yumbo
Yotoco
Zarzal

Departamento del Cauca

Caloto
Corinto
Miranda
Pto. Tejada
Santander

CUADRO 5 - HOJA 3

MUNICIPIOS	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
TIPO D												
Pradera	Urb. Rur. Tot.	2.286 0.176 2.462	2.511 0.242 2.753	2.754 0.323 3.077	3.012 0.390 3.402	3.314 0.465 3.779	3.631 0.548 4.179	3.980 0.624 4.604	4.368 0.715 5.083	4.784 0.799 5.583	5.245 0.883 6.128	5.756 0.961 6.717
Riofrio	Urb. Rur. Tot.	0.482 0.349 0.831	0.514 0.495 1.009	0.549 0.679 1.228	0.584 0.842 1.426	0.624 1.032 1.656	0.665 1.249 1.914	0.709 1.460 2.169	0.756 1.716 2.472	0.806 1.972 2.778	0.860 2.241 3.101	0.918 3.505 3.423
Roldanillo	Urb. Rur. Tot.					1.376 0.480 1.856	2.067 0.806 2.873	2.174 1.165 3.339	2.287 1.628 3.915	2.401 2.062 4.463	2.529 2.577 5.106	2.657 3.175 5.832
San Pedro	Urb. Rur. Tot.	0.217 0.117 0.334	0.361 0.274 0.635	0.389 0.366 0.755	0.420 0.466 0.886	0.454 0.570 1.024	0.490 0.690 1.180	0.529 0.806 1.335	0.570 0.948 1.518	0.616 1.087 1.703	0.665 1.232 1.897	0.721 1.374 2.095
Toro	Urb. Rur. Tot.					2.136 0.311 2.447	3.351 0.514 3.865	3.679 0.731 4.410	4.042 1.008 5.050	4.428 1.256 5.684	4.865 1.544 6.409	5.336 1.873 7.209
Vijes	Urb. Rur. Tot.					0.363 0.078 0.441	0.545 0.128 0.673	0.574 0.182 0.756	0.604 0.250 0.854	0.635 0.312 0.947	0.670 0.382 1.052	0.705 0.463 1.168
Yumbo	Urb. Rur. Tot.	0.980 0.068 1.048	1.682 0.152 1.834	1.843 0.204 2.047	2.016 0.248 2.264	2.208 0.298 2.506	2.409 0.353 2.762	2.625 0.404 3.029	2.857 0.466 3.323	3.110 0.524 3.634	3.385 0.583 3.968	3.688 0.638 4.326
Yotoco	Urb. Rur. Tot.					0.333 0.142 0.475	0.501 0.233 0.734	0.527 0.328 0.855	0.556 0.447 1.003	0.584 0.551 1.135	0.616 0.670 1.286	0.649 0.804 1.453
Zarzal	Urb. Rur. Tot.					2.710 0.142 2.852	4.245 0.235 4.480	4.646 0.335 4.981	5.081 0.462 5.543	5.552 0.576 6.128	6.096 0.708 6.804	6.665 0.861 7.526
CAUCA												
TIPO D												
Caloto	Urb. Rur. Tot.	0.560 0.262 0.822	0.879 0.426 1.305	0.879 0.426 1.305	0.967 0.597 1.564	1.063 0.810 1.873	1.166 0.994 2.160	1.285 1.204 2.489	1.415 1.443 2.858			
Corinto	Urb. Rur. Tot.	1.140 0.128 1.268	1.833 0.206 2.039	2.060 0.284 2.344	2.327 0.380 2.707	2.620 0.458 3.078	2.957 0.546 3.503	3.336 0.644 3.980	3.783 0.384 4.167			
Miranda	Urb. Rur. Tot.	1.274 0.087 1.361	2.010 0.140 2.150	2.224 0.195 2.419	2.456 0.263 2.719	2.714 0.320 3.034	3.008 0.384 3.392	3.398 0.455 3.853	3.783 0.384 4.167			
Pto. Tejada	Urb. Rur. Tot.	2.126 0.059 2.185	3.288 0.095 3.383	3.560 0.132 3.692	3.856 0.176 4.032	4.164 0.212 4.376	4.519 0.253 4.772	4.894 0.298 5.192				

CUADRO 5 HOJA 4

MUNICIPIOS	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
TIPO D												
Santander												
Urb.						1.658	2.559	2.766	2.992	3.231	3.500	3.784
Rur.						0.326	0.542	0.779	1.087	1.367	1.695	2.074
Tot.						1.984	3.101	3.545	4.079	4.598	5.195	5.858
Energía Total	208.171	259.893	294.647	334.430	380.690	471.197	557.810	631.412	719.953	817.820	926.669	1.049.669
Energía Total (Urb.)	3.308	5.541	7.952	11.096	14.031	22.794	30.400	38.421	50.071	60.987	73.286	86.976
Energía Total (Rur.)	211.479	265.434	302.599	345.526	394.721	493.991	558.210	669.833	770.024	878.807	999.955	1.136.645

CUADRO 6 - HOJA 1
PÍCOS ANUALES - DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN KILOWATIOS

	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
Cali	Urb.	34.662	39.711	44.685	51.277	58.005	73.665	83.126	95.530	109.483	125.667	144.083
	Rur.	51	82	113	152	182	251	284	328	369	412	451
	Tot.	34.713	39.793	44.798	51.429	58.187	65.524	73.916	83.410	95.858	109.852	126.079
Palmira	Urb.	4.184	5.928	6.499	7.229	7.900	9.491	10.402	11.568	12.931	14.391	16.009
	Rur.	95	156	216	296	359	431	584	684	781	881	979
	Tot.	4.279	6.084	6.715	7.525	8.259	9.078	10.001	10.986	12.252	13.712	15.272
Buga	Urb.	1.540	3.205	3.442	3.758	4.024	4.304	4.977	5.431	5.915	6.451	7.031
	Rur.	73	122	175	246	307	378	545	657	774	900	1.030
	Tot.	1.613	3.327	3.617	4.004	4.331	4.682	5.098	5.522	6.088	6.689	7.351
Caicedonia	Urb.											
	Rur.		756				1.575	1.730	1.930	2.145	2.395	2.686
	Tot.		41				65	89	120	146	175	207
El Cairo	Urb.											
	Rur.						1.640	1.819	2.050	2.291	2.570	2.893
	Tot.						797	1.819	2.050	2.291	2.570	2.893
Darién	Urb.											
	Rur.								196	411	451	497
	Tot.								69	117	171	242
Restrepo	Urb.											
	Rur.								265	528	622	739
	Tot.								265	528	622	739
Sevilla	Urb.											
	Rur.								98	197	208	219
	Tot.								98	197	208	219
Trujillo	Urb.											
	Rur.								19	31	44	60
	Tot.								117	228	252	279
Tata	Urb.											
	Rur.								120	241	254	268
	Tot.								31	51	72	98
Versailles	Urb.											
	Rur.								151	292	326	366
	Tot.								151	292	326	366
Andalucía	Urb.											
	Rur.								1.900	2.035	2.178	2.335
	Tot.								695	891	1.127	1.411
Bolívar	Urb.											
	Rur.								2.595	2.926	3.305	3.746
	Tot.								2.595	2.926	3.305	3.746
Buenaventura	Urb.											
	Rur.								440	463	487	513
	Tot.								374	484	617	779
Cali	Urb.											
	Rur.								814	947	1.104	1.292
	Tot.								814	947	1.104	1.292
Tata	Urb.											
	Rur.								4.735	5.150	5.600	6.090
	Tot.								2.009	2.443	2.941	3.483
Versailles	Urb.											
	Rur.								6.744	7.593	8.541	9.573
	Tot.								6.744	7.593	8.541	9.573
Andalucía	Urb.											
	Rur.								535	589	648	716
	Tot.								214	274	345	428
Bolívar	Urb.											
	Rur.								749	863	993	1.144
	Tot.								749	863	993	1.144
Buenaventura	Urb.											
	Rur.								174	183	193	203
	Tot.								46	55	66	78
Buenaventura	Urb.											
	Rur.								220	238	259	281
	Tot.								220	238	259	281
Buenaventura	Urb.											
	Rur.								58	88	92	97
	Tot.								44	70	97	129
Buenaventura	Urb.											
	Rur.								102	158	189	226
	Tot.								102	158	189	226
Buenaventura	Urb.											
	Rur.								4.553	5.080	5.667	6.321
	Tot.								262	328	408	501
Buenaventura	Urb.											
	Rur.								4.815	5.408	6.075	6.822
	Tot.								4.815	5.408	6.075	6.822

CUADRO 6 -- HOJA 2

	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
Bugalegrande						196	297	313	337	362	390	420
						53	86	120	165	206	253	309
						249	383	433	502	568	643	729
Candelaria												
	90	139	148	160	170	181	193	205	222	239	258	280
	51	82	113	154	185	220	259	294	341	387	434	478
	141	221	261	314	355	401	452	499	563	626	692	758
Cerrito												
	216	333	352	381	402	427	451	477	514	553	595	642
	39	66	89	123	151	182	218	251	295	340	386	432
	255	399	441	504	553	609	669	728	809	893	981	1,074
Dagua												
									158	243	262	283
									73	121	171	235
									231	364	433	518
Florida												
	258	405	437	483	521	564	608	658	723	792	867	952
	35	57	80	109	133	159	189	217	254	291	330	368
	293	462	517	592	654	723	797	875	977	1,083	1,197	1,320
Ginebra												
	115	175	182	193	201	210	219	228	242	257	272	289
	35	59	83	117	145	179	218	255	305	358	415	473
	150	234	265	310	346	389	437	483	547	615	687	762
Guanacari												
	139	212	222	237	249	262	274	288	307	327	350	375
	32	54	76	106	132	162	197	230	278	326	377	430
	171	266	298	343	381	424	471	518	585	653	727	805
Jamundí												
						103	156	164	176	189	203	217
						58	95	133	185	232	287	351
						161	251	297	361	421	490	568
La Cumbre												
									67	100	106	112
									22	36	49	65
									89	136	155	177
La Unión												
						235	360	385	420	456	498	543
						19	31	42	57	71	86	103
						254	391	427	477	527	584	646
La Victoria												
									108	164	174	185
									28	45	64	87
									136	209	238	272
Pradera												
	303	474	512	561	603	652	703	757	831	910	998	1,095
	23	37	49	66	78	92	106	119	136	152	168	183
	326	511	561	627	681	744	809	876	967	1,062	1,166	1,278
Riofrio												
	66	100	105	112	117	123	129	135	144	153	163	175
	44	72	101	138	169	203	242	278	326	375	426	477
	110	172	206	250	286	326	371	413	470	528	589	652
Roldanillo												
						271	400	414	435	452	481	506
						94	156	222	310	392	490	604
						365	556	636	745	849	971	1,110

CUADRO 6 - HOJA 3

	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
San Pedro												
	Urb.	45	70	74	79	89	95	101	108	117	127	137
	Rur.	24	40	56	75	112	134	153	180	207	234	261
	Tot.	69	110	130	154	201	229	254	288	324	361	398
Toro												
	Urb.					420	648	700	769	842	926	1.015
	Rur.					61	99	139	189	239	294	356
	Tot.					481	747	839	961	1.081	1.220	1.371
Vijes												
	Urb.					71	105	109	115	121	127	134
	Rur.					15	25	35	48	59	73	88
	Tot.					86	130	144	163	180	200	222
Yumbo												
	Urb.	203	319	343	376	435	466	499	544	592	644	702
	Rur.	14	23	31	42	59	68	77	89	100	111	121
	Tot.	217	342	374	418	494	534	576	633	692	755	823
Yotoco												
	Urb.					66	97	100	106	111	117	123
	Rur.					28	45	62	85	105	127	153
	Tot.					94	142	162	191	216	244	276
Zarzal												
	Urb.					533	821	884	967	1.056	1.160	1.268
	Rur.					28	45	64	88	110	135	164
	Tot.					561	866	948	1.055	1.166	1.295	1.432
Caloto												
	Urb.					110	170	184	202	222	244	269
	Rur.					52	82	114	154	189	229	275
	Tot.					162	252	298	356	411	473	544
Corinto												
	Urb.					224	355	392	443	498	563	635
	Rur.					25	40	54	72	87	104	122
	Tot.					249	395	446	515	585	667	757
Miranda												
	Urb.					251	389	423	467	516	572	638
	Rur.					17	27	37	50	61	73	87
	Tot.					268	416	460	517	577	645	720
Pto. Tejada												
	Urb.					418	636	677	734	792	860	931
	Rur.					12	18	25	33	40	48	57
	Tot.					430	654	702	767	832	908	988
Santander												
	Urb.					326	495	526	569	615	666	720
	Rur.					63	105	148	207	260	322	395
	Tot.					389	600	674	776	875	988	1.115
Carga Máxima												
(Urb.)		43.207	53.944	60.071	68.182	92.738	107.926	120.130	136.976	155.595	176.305	199.709
(Rur.)		687	1.149	1.621	2.264	2.810	3.483	4.310	5.225	6.263	7.427	8.750
(Tot.)		43.894	55.093	61.692	70.446	97.221	113.807	127.440	146.501	167.198	190.247	216.259

CAPITULO III

DESCRIPCION DE LA REGION

A. LOCALIZACION

La hoya del Río Calima es una de las más importantes de la vertiente del Pacífico en el Valle del Cauca. Está situada a unos 50 Km. al Norte de Cali entre latitudes 3.8º y 4.1º Norte y longitudes 76.4º y 77.1º Oeste. La Figura I muestra su localización general.

B. GEOGRAFIA

La parte Central de Colombia está cruzada por tres cordilleras, la Oriental, la Central y la Occidental. El Valle del Cauca está situado entre las Cordilleras Occidental y Central y por su fondo corre el río del mismo nombre. El fondo del Valle del Cauca tiene una altura de 900 m. sobre el nivel del mar. La Cordillera Occidental es la más baja de las tres; sus elevaciones normales son de 1500 a 2000 m. y sólo en sitios aislados, como son los Farallones de Cali y los cerros de Calima alcanzan alturas hasta de 4000 m.

El Departamento del Valle del Cauca incluye una parte importante del Valle del Río Cauca y se extiende también hacia el Océano Pacífico. Parte del valle del Río Cauca, hacia el sur, está en el Departamento del Cauca.

Desde sus cabeceras en los picos que le dan su nombre, el Río Calima corre inicialmente hacia el sur para torcer hacia el oeste dentro del Valle del Alto Calima y seguir luego hacia el noroeste hasta su confluencia con el Río San Juan. El Valle del Alto Calima tiene una longitud de unos 17 Km. y a una altura promedio de unos 1350 m. La población de Darién está situada cerca a la parte alta de este valle y es el único centro poblado de alguna importancia en la hoya del Calima. El Valle del Alto Calima termina en Madroñal donde el río entra al Cañón de Calima, en donde estarían situados los varios proyectos hidroeléctricos.

El Río Calima no tiene tributarios importantes en el Valle Alto y sólo tres de alguna importancia al entrar en el Cañón. El primero de los tributarios importantes es el Río Bravo que nace en el lado de los cerros de Calima que miran al Pacífico y corre hacia el suroeste hasta su confluencia con el Río Calima. Aguas abajo de esta confluencia está la del Río Azul, que nace también en los cerros de Calima y llega al Río Calima por el norte. El último tributario de importancia dentro del Cañón es el Río Chanco que nace en los cerros que separan al Río Calima del Río Dagua y se une al Calima por el Suroeste.

C. TOPOGRAFIA

- La topografía de toda la hoya del Río Calima incluyendo sus tribu

tarios es extremadamente abrupta con excepción de la del Valle del Alto Calima y de la parte baja cerca a la confluencia con el Río San Juan. El Valle del Alto Calima es generalmente plano y está rodeado en su lado norte y en algunas zonas de su lado sur por terrenos de poca pendiente. -

La divisoria de aguas entre el Río Calima y el Río Cauca está formada por colinas bajas con elevaciones de 1,400 a 1,600 m. sobre el nivel del mar. La divisoria de aguas con los ríos Grande y Dagua también es baja hacia el oeste hasta Madroñal, con elevaciones de 1,500 a 1,600 m. de Madroñal hacia el norte esta divisoria está formada por una cordillera más alta que probablemente llega hasta los 2,000 m. de altura. El macizo principal de la cordillera está formado por los Cerros de Calima donde nacen los ríos Calima, Bravo, Azul, Agua Clara, Frío y Piedras. Algunos de estos cerros alcanzan alturas hasta de 4,000 m. y se ramifican radialmente en cuchillas importantes. Una de las más altas es la de La Cerbatana que separa el Alto Calima del Bravo y tiene elevaciones que varían entre 2,400 y 3,000 m. Un filo similar pero más bajo separa el Río Bravo del Río Azul.

La pendiente del Río Calima es de 0.55% en el Valle Alto, pero a partir de Madroñal la pendiente aumenta, con valores entre el 5 y el 10%. La pendiente del Río Bravo y de los otros tributarios del Calima varía también entre el 5 y el 10% en toda su longitud. No existen caídas aisladas de más de 10 metros en ninguno de los ríos donde se hicieron reconocimientos, ni hay tampoco remansos de importancia.

La anchura del Valle del Alto Calima varía entre 0.5 Km. y 3 Km. y su longitud es de 17 Kms. Con excepción del sitio de Madroñal no se han descubierto otros sitios favorables para embalses de importancia.

- El Valle del Alto Calima se distingue por laderas de pendientes suaves cubiertas de conglomerados, limos y arcillas. A partir de Madroñal y en todo el sector comprendido hasta la confluencia con el Río Chanco, todo el cañón del Calima y las hoyas de sus tributarios son muy rocosas. Donde la roca no es visible está cubierta por una capa relativamente delgada de suelos formados por disgregación. En el Apéndice C, Levantamientos y Reconocimientos, se incluye una descripción más detallada de los ríos Bravo y Azul y del Calima entre dichos ríos.

D. GEOLOGIA

Las características geológicas de la región tienen una gran influencia sobre el aprovechamiento hidroeléctrico del Río Calima. La Figura A-1 del Apéndice A, Geología, muestra el mapa geológico general preparado principalmente en relación con los estudios para el proyecto de Calima I.

En la hoya del Alto Calima, que ocupará el embalse de Madroñal, las rocas son principalmente de origen diorítico. Existe una faja de rocas terciarias descompuestas en la zona de la vía hacia Restrepo. Las dioritas en la zona del embalse están a alguna profundidad y el valle y las colinas están cubiertas de depósitos aluviales y de suelos que son el resultado de la meteori-

zación de la roca.

En el sitio de Madroñal existe un dique formado por esquistos y pizarras de gran dureza; es sobre estas rocas que se cimentará la represa propuesta.

Entre Madroñal y la confluencia del Río Calima con el Río Bravo, la roca es predominantemente diorítica, con otro dique de esquistos aguas abajo de la Q. Las Ollas. Cerca a la confluencia con el Río Bravo, se vuelven a encontrar los esquistos que se extienden aparentemente aguas arriba de este río en una longitud de varios kilómetros. Aguas abajo de la confluencia con el Río Bravo se sigue encontrando esta roca hasta cerca del sitio denominado Alta flor. Desde esta zona hasta la confluencia con el Río Azul y en toda la hoya que se visitó de este río se encontró una roca volcánica de grano más fino que la diorita.

El estudio geológico se limitó a la zona del Embalse de Madroñal y al cañón entre Madroñal y la confluencia con el Río Bravo. Los resultados de este estudio se presentan en el Apéndice A, Geología.

Aunque las cordilleras Central y Oriental son sísmicamente más activas, existen datos sobre terremotos importantes en el área de la cordillera Occidental. Los túneles y las demás obras subterráneas no serán afectadas por no existir fallas activas dentro de la zona del proyecto. Sin embargo, el Geólogo Consultor recomienda que para el diseño de la represa se use un coeficiente sísmico de 0.1g.

No se encontraron depósitos aluviales de arenas y gravas adecuados, así que para la represa y las demás obras cercanas a Madroñal será necesario iniciar canteras en la diorita. Para las demás obras se deberá estudiar la localización de canteras secundarias, preferentemente en diorita. La diorita producirá agregados satisfactorios por trituración.

E. HIDROLOGIA

Los únicos datos hidrológicos de alguna duración sobre el Río Calima son los relativos a los caudales del Río en Madroñal, que han sido obtenidos desde 1946 hasta la fecha. El único río en todo el Departamento del Valle que tiene datos de más larga duración es el Cauca (en Juanchito), cuyo registro se extiende desde 1934 hasta la fecha.

Existe una estación pluviométrica en Madroñal cuyo registro cubre el período desde 1949 hasta el presente. En el Valle del Cauca hay varias estaciones pluviométricas con registros de larga duración. Se debe destacar la estación de La Manuelita (véase Fig. B-1 del Apéndice B, Hidrología) donde se tienen datos desde 1900.

En el Apéndice B se presenta el análisis hidrológico completo para el proyecto de Calima I.

Existen aforos aislados de los ríos Bravo y Azul que fueron efectuados durante los reconocimientos efectuados en 1948, 1949 y 1954 pero no se tienen registros continuos de caudales ni de pluviosidad para estos ríos.

La hoya del Calima y sus tributarios se puede dividir en dos zonas en lo que se refiere a la meteorología. La zona del Alto Calima, aguas arriba de Madroñal, tiene un clima moderadamente húmedo, similar al de las zonas altas de la cordillera occidental entre Cali y Darién. La pluviosidad anual en esta zona varía entre 600 y 2000 mm. y puede compararse con la del Valle del Cauca. El Alto Calima está situado al oeste de la alta serranía que comienza al norte de Darién, cruza el Calima en el sitio de la represa en Madroñal y sigue luego en un amplio círculo entre la costa del Pacífico y las poblaciones de Restrepo, Pavas y Dagua, para unirse luego al macizo principal cerca a Cali. Debido a su situación, la hoya del Alto Calima está hasta cierto punto protegida de las lluvias resultantes de las corrientes de aire provenientes de la costa del Pacífico, siendo la precipitación en dicha hoya menor que la de las zonas al oeste y las que están más al este de ella. El cañón del Calima y los tramos inferiores del río, así como las hoyas de los tributarios aguas abajo de Madroñal pertenecen meteorológicamente a la costa del Pacífico. Las características principales de esta zona son alta humedad y gran volumen de lluvia. La pluviosidad anual en esta zona varía entre 2000 y 4000 mm.

La temperatura es de unos 20°C en promedio para el Valle del Alto Calima y aumenta con la disminución de la altitud sobre el nivel del mar hasta ser de unos 26°C. en promedio en el Valle del Bajo Calima.

Las conclusiones a que se llegó en los análisis hidrológicos fueron las siguientes:

1. Registros de Lluvias. El registro de La Manuelita abarca el período 1900 - 1953. Aunque no se pudieron establecer relaciones cuantitativas, existe una semejanza cualitativa entre los datos de lluvia en La Manuelita y los de Madroñal, de la cual se concluyó que el período de que se tienen datos de caudales del Río Calima en Madroñal (1946 - 1953) se puede considerar como típico para un período mucho más largo.

2. Caudal del Río Calima. El Río Calima en Madroñal tiene un registro de ocho años (1946 - 1953). Las características hidrológicas de este río son;

Area de la hoya hidrográfica	250 Km ²
Caudal Mínimo medio diario	2.2 m ³ /s.
Caudal Mínimo medio mensual	2.6 m ³ /s.
Caudal Mínimo medio anual	9.5 m ³ /s.
Caudal Máximo	122.0 m ³ /s.
Caudal Máximo medio mensual	32.3 m ³ /s.
Caudal Máximo medio anual	19.3 m ³ /s.
Caudal Medio (1946 - 1953)	11.8 m ³ /s.

3. Evaporación. No existen datos de observaciones directas sobre

evaporación en la zona del embalse. Con base en las condiciones climatológicas y en la actual transpiración de la vegetación en dicha zona, se cree que la evaporación neta adicional de la superficie del embalse no excederá de 0.6 metros por año.

4. Caudal del Río Bravo. Para estudiar la utilización del Río Bravo en la planta de Calima I, se han adoptado los datos aproximados que se presentan a continuación y que fueron estimados en los reconocimientos del campo:

a. Caudal promedio del Alto Río Bravo (1946-1953)	7.1 m ³ /s.
b. Capacidad máxima de la conducción del Bravo	12.0 m ³ /s.
c. Caudal medio mensual máximo desviable	10.0 m ³ /s.
d. Caudal medio utilizable	6.5 m ³ /s.

F. VEGETACION Y CULTIVOS

El Valle del Alto Calima y toda la región adyacente estaban hace unos 60 años cubiertos por completo de bosques. La zona plana entre Darién y Madroñal fue la primera que se desmontó con fines agrícolas, mientras que las laderas de la orilla derecha del Valle fueron desmontadas en los últimos 30 años. Además, en gran parte de esta zona el bosque fue destruido por un incendio. Cerca del 80% de la hoya hidrográfica alta, hasta Madroñal, está desmontada. Tan sólo en las zonas altas de la cuchilla de la Cerbatana y a más de 2000 m. sobre el nivel del mar se encuentran extensiones importantes cubiertas de bosques en la hoya del Calima. La mayoría de la zona desmontada actualmente está cubierta de pastos. En la zona cercana a Madroñal existen algunas plantaciones pequeñas de caña y en la zona alta entre los 1500 y los 1800 m. existen algunos cafetales.

En general no hay una erosión severa en la hoya del Alto Calima y es perfectamente factible limitarla aún más si se aplican medidas apropiadas para su control. Todos los cultivos que se observaron permiten un control de la erosión sin perjudicar su rendimiento y sin tener que tomar medidas costosas.

De Madroñal hacia abajo, el cañón del Calima hasta Altaflor está cubierto de bosques en un 80%. El 20% restante representa pequeñas fincas en su mayoría de pastos y plátano, en general en terreno pobre. La hoya del Río Bravo hasta la altitud 1400 ha sido desmontada en un 35% más o menos. De esta elevación hacia arriba se conservan prácticamente todos los bosques primitivos. El cañón del Calima entre Altaflor y la confluencia con el Río Chanco así como la hoya del Río Azul están cubiertos de bosques. Se presume que la hoya del Río Chanco también está cubierta de bosques en forma completa.

Con excepción del Valle del Alto Calima y de la zona cafetera aguas arriba de Darién no existen áreas apropiadas para la agricultura pues los suelos son pobres y de poca profundidad y la topografía es muy abrupta. En el Valle del Bajo Calima ya casi al nivel del mar existen zonas agrícolas de importancia cuyo desarrollo se ha venido considerando por parte de las autoridades.

des departamentales y nacionales durante algunos años, dentro de un programa -
de colonización. El río en esta parte no tiene importancia en relación con a -
provechamientos hidroeléctricos.

El embalse que se propone en el Valle del Alto Calima inundará u-
nas 1500 hectáreas del Valle que tienen un valor comercial alrededor de -
\$1'000,000. Dentro de la zona inundada quedará aproximadamente la mitad de la
zona plana del Alto Calima. La zona que se inundará está cubierta en un 90% -
de pasto y pertenece sólo a unos pocos propietarios, así que el número de ca -
sas que quedarán inundadas es inferior a 20.

CAPITULO IV

PROYECTO RECOMENDADO

A. CAUDAL DISPONIBLE Y SALTO APROVECHABLE

El proyecto hidroeléctrico de Calima I que se propone, aprovecha el salto resultante de la diferencia de elevación del Río Calima entre Madroñal y su confluencia con el Río Bravo, además de la cabeza disponible en el Embalse de Madroñal. Actualmente, la diferencia de nivel entre el Río Calima en Madroñal y su confluencia con el Río Bravo es de 552 m., 33 de los cuales, aproximadamente, no se aprovechan en la planta de Calima I debido a la necesidad de dejar un pondaje de regulación para las plantas que estarán posteriormente localizadas aguas abajo. En la etapa final habrá disponibles alrededor de 67 m. de cabeza adicionales debido al aumento del nivel del embalse en Madroñal, lo que dará un salto bruto medio total de unos 586 m. Para los cálculos que si - quen se ha supuesto un salto neto medio de 555 m.

El caudal medio del Río Calima para el período de que se tienen - datos es de 11.8 m³/s. El embalse neto requerido para regular el caudal al prome - dio de 11.8 m³/s. durante un período similar al de 1946 - 1953 sería alrededor de 340'000,000 m³. (Véase al figura B-9 del Apéndice B, Hidrología). Al adicio - nar el Río Bravo, el caudal bruto medio total obtenible sería de 18.3 m³/s. - (Véase el Apéndice B, Hidrología). Si se toman en cuenta las pérdidas por eva - poración, el caudal neto medio total de los ríos Calima y Bravo sería de 18.0 m³/s. Como se muestra más adelante, se ha dejado un embalse suficiente en el proyecto Calima I, para regular el caudal combinado a 17.5 m³/s. solamente.

B. OPERACION CONJUNTA DE CALIMA I CON ANCHICAYA (SIN EL CAUDAL DEL RIO BRAVO)

Como se dijo anteriormente, todas las plantas hidroeléctricas en el Departamento son relativamente pequeñas y en la mayoría de los casos, muy - viejas. Las Plantas Diesel son de costosa operación y es de esperarse que su - función primordial en el futuro, será la de plantas auxiliares o de reserva u - na vez que se disponga de energía adecuada por medio de las plantas hidroeléct - tricas principales. Una vez terminada Calima I, Anchicayá y Calima I serán las principales plantas generadoras del sistema, durante varios años. La planta de Calima I, con su embalse de gran capacidad, puede operarse en forma tal que ha - ga firme no sólo su capacidad, sino también la de Anchicayá. Durante las épo - cas de sequía, se puede conservar el agua en el pondaje de Anchicayá mientras que Calima I produce la mayor parte de la energía que se requiere; este proced - imiento permitiría el que tanto Calima I como Anchicayá, operaran a plena ca - pacidad durante las horas de máxima demanda.

Como no se tienen datos completos de caudales para el Río Anchica - yá en el período 1946-1953, se ha estudiado una relación entre los datos de - caudales de los Ríos Anchicayá y Calima y con base en esta relación se han de - terminado los promedios mensuales que faltan para el Río Anchicayá. Los cauda -

les así obtenidos para el Anchicayá se ajustaron suponiendo que la Central de Anchicayá no podrá usar en ningún mes un caudal medio mensual mayor de 110 m³/s. Los caudales brutos y los utilizables para la Central de Anchicayá aparecen en la Figura 5.

El promedio de la producción anual máxima en la Central de Anchicayá para el período 1946-1953 podría haber sido de 397'000,000 KWH.

Se ha hecho un análisis completo de la generación combinada de Calima I (sin el caudal del Río Bravo) y Anchicayá que aparece en la Figura 8. El almacenamiento neto requerido en el embalse para regular por completo un caudal promedio de 11.8 m³/s. en el Río Calima, en operación combinada con Anchicayá es de 432'000,000 m³ con base en un análisis del período 1946-1953.

C. OPERACION CONJUNTA DE CALIMA I CON ANCHICAYA (CON EL CAUDAL DEL RIO BRAVO)

En el Capítulo III se indicó cómo al usar el caudal del Alto Bravo se podría aumentar el caudal medio utilizable de 11.8 m³/s. a 18.3 m³/s.

Con base en el hidrograma combinado del Calima y el Bravo (figura B-13) se ha efectuado un análisis de la operación combinada de Anchicayá y Calima I, tomando en cuenta los caudales del Bravo. Este análisis aparece también en la figura 8. Con base en él se ha determinado que el embalse neto requerido para regular por completo los caudales del Calima y el Bravo a 18.3 m³/s. para la operación combinada con Anchicayá hubiera sido de 544,000,000 m³ para el período 1946 - 1953.

Aunque sería físicamente posible disponer de almacenamiento suficiente para regular por completo el total del caudal combinado de los ríos Calima y Bravo, que es de 18 m³/s., se considera que el lograrlo es demasiado costoso. Por encima de la elevación 1405 m., el incremento en el costo de la represa y el embalse aumenta rápidamente en comparación con el incremento en los beneficios de regulación. Parece justificable entonces el limitar la cota de la cresta de la represa a 1405 m. con lo cual quedan regulados los ríos Calima y Bravo para la operación conjunta con Anchicayá a 17.5 m³/s., con un embalse neto de 380'000,000 de m³. Sería necesario aumentar la altura de la represa en 9 metros y el volumen de embalse en 100'000,000 de m³ para obtener tan sólo un aumento de 0.5 m³/s. en el caudal regulado que sería entonces de 18.0 m³/s.

El promedio de la generación anual de Calima I para un caudal regulado de 17.5 m³/s., un salto neto medio de 555 metros y una eficiencia total para la planta de 82.5%, sería de 690'000,000 KWH.

D. CAPACIDAD DE LA CENTRAL

La capacidad final de Calima I ha sido determinada por medio del análisis de la operación conjunta con Anchicayá de tal manera de obtener la máxima producción combinada de energía eléctrica en estas dos plantas. Cabe preguntarse si la capacidad de Calima I, determinada en esta forma, será la

más apropiada para los extensos sistemas de generación que se interconecten en el futuro. Lo cierto es que en la operación combinada que se propone para Calima I y Anchicayá, toda el agua del embalse del Calima será utilizada eficientemente y cualquier ajuste en la capacidad que se desee hacer en el futuro como resultado de los cambios en las características del sistema, podrá hacerse en las planstas que se construirán aguas abajo de Calima I.

El procedimiento para la determinación de la capacidad de Calima I, basada en las características de Anchicayá, se muestra a continuación:

Producción anual de Anchicayá	397'000,000 KWH
Generación promedia en Calima I (utilizando 17.5 m ³ /s)	690'000,000 KWH
Total para el sistema	1.087'000,000 KWH
Capacidad de picos del sistema con factor de carga del 60%	207,000 KW
Capacidad de picos de Anchicayá	64,000 KW
Capacidad mínima requerida de Calima I	143,000 KW

La capacidad firme de Calima I se ha fijado en 144,000 KW para el desarrollo total. Habrá cuatro unidades turbogeneradoras, cada una de las cuales podrá generar 36,000 KW en condiciones de embalse mínimo y salto neto mínimo. La capacidad de estas unidades será desde luego mayor en condiciones de mayores niveles de embalse y mayores saltos netos. Como se indica en el Capítulo V, la generación total de las cuatro unidades alcanzará un valor hasta de 177,000 KW en condiciones de nivel máximo de operación y salto neto máximo.

Como se indicó anteriormente, Calima I y Anchicayá serán operadas conjuntamente para la mejor utilización del agua disponible en ambas plantas. En la figura 9 se ilustran dos casos de esta operación conjunta.

E. CAPACIDAD DEL EMBALSE

El desarrollo total se logrará en cuatro etapas de construcción; la primera y la segunda etapas constituyen el "desarrollo inicial" y la tercera y la cuarta completarían el "desarrollo final".

El desarrollo inicial (etapas 1 y 2) incluirá la instalación de dos unidades. La represa será lo suficientemente alta para que se disponga de un almacenamiento que asegure una generación de 72,000 KW en los períodos de máxima demanda. Como se desconoce el grado de interconexión con Anchicayá y con otras plantas en esa época, no es posible predecir las características del consumo que servirá el desarrollo inicial. Por lo tanto, se ha supuesto arbitrariamente un factor de carga del 60% para el desarrollo inicial, o sea el mismo que se espera para todo el sistema del cual esta planta será solo una parte.

Los datos de diseño para los desarrollos inicial y final son los siguientes:

Desarrollo inicial del embalse de Madroñal:

Caudal regulado requerido	9.6	m3/s.
Volumen de embalse neto requerido	61'000,000	m3
Reserva para evaporación	5'000,000	m3
Embalse muerto	9'000,000	m3
Volumen total	75'000,000	m3
Nivel máximo de embalse	1,373.5	
Cota de cresta de la represa	1,378.0	
Nivel medio de embalse	1,366.0	
Nivel mínimo de embalse	1,350.0	

Desarrollo final del embalse de Madroñal:

Caudal neto regulado	17.5	m3/s.
Volumen de embalse neto requerido	380'000,000	m3
Reserva para evaporación	28'000,000	m3
Embalse muerto	9'000,000	m3
Embalse total	417'000,000	m3
Nivel máximo normal del embalse	1,402.5	
Cota de cresta de la represa	1,405.0	
Nivel medio del embalse	1,389.0	
Nivel mínimo del embalse	1,350.0	

F. ALTERNATIVAS DEL PROYECTO HIDROELECTRICO DE CALIMA I

Para el aprovechamiento del salto entre Madroñal y la confluencia con el Río Bravo, se consideraron varias posibilidades que ofrecían condiciones ventajosas para la localización de las estructuras principales. Para la represa se estudiaron dos sitios del cañón de Madroñal distantes entre sí unos 300 metros. Para la localización de la casa de máquinas se estudiaron tres posibilidades, a saber: cerca de la represa, cerca a la confluencia con el Río Bravo y en un punto intermedio próximo a la confluencia con la Quebrada La Mina. Se consideraron tres posibilidades para la desviación del caudal del Río Bravo a la Planta Calima I, que contemplaban finalizar la conducción: (1) en el embalse, (2) en la almenara y (3) en un sitio intermedio de la conducción principal del Calima, cerca a la Quebrada de las Ollas. Asimismo se estudiaron varias alternativas para cada solución y estas fueron reducidas a cuatro, divididas en dos grupos como se indica a continuación:

1. Casa de máquinas subterránea cerca de la represa y desviación del Río Bravo al embalse.

2. Casa de máquinas cerca a la confluencia del Río Calima con el Río Bravo y desviación de éste a la almenara.

Las Figuras 10 y 11 muestran en plano y perfil las características de los aprovechamientos comprendidos en los dos grupos anteriores y que fueron estudiados en detalle. La Figura 10 muestra la alternativa considerada con casa de máquinas subterránea cerca de la represa, y la Figura 11 muestra -

las tres variaciones en la alternativa de desarrollo con casa de máquinas cerca a la confluencia del Río Calima con el Río Bravo, a saber: casa de máquinas subterránea; casa de máquinas superficial con túnel de carga y casa de máquinas superficial con tuberías de carga superficiales.

G. PROYECTO RECOMENDADO PARA EL DESARROLLO HIDROELECTRICO DE CALIMA I

El análisis de la alternativa con casa de máquinas subterránea - cerca de la represa y de las tres alternativas para el caso de la casa de máquinas cerca a la confluencia con el Río Bravo, incluyó estudios de las dimensiones económicas para las estructuras principales, y demostró que el esquema más aconsejable es el de una casa de máquinas subterránea cerca a la confluencia de los ríos Calima y Bravo, y la desviación del Río Bravo a la almenara.

La Figura 12 muestra la disposición general del proyecto recomendado que difiere en algunos detalles del esquema con casa de máquinas subterránea que se muestra en la Figura 11.

La alternativa del aprovechamiento con casa de máquinas cerca de la represa, tiene la ventaja de localizar todas las obras principales del proyecto dentro de una zona limitada y fácilmente accesible. Sin embargo, el acceso a la casa de máquinas requiere un pozo vertical de 450 metros de profundidad cuyo costo de construcción, junto con el costo del ascensor y las dificultades que acarrearía el usarlo para la construcción del túnel de carga y de la casa de máquinas aumenta grandemente el costo de esta alternativa. Además, aunque se podría prescindir del revestimiento de gran parte del túnel de fuga si éste opera como túnel de flujo libre, esto requeriría la adopción de dimensiones muy grandes, lo que implica un alto costo. Por lo tanto, la alternativa que contempla la casa de máquinas cerca a la represa, resulta más costosa que las varias alternativas de aprovechamiento con casa de máquinas cerca del Río Bravo.

La comparación de las alternativas con casa de máquinas cerca del Río Bravo, señaló una economía definitiva en el caso del aprovechamiento en caverna. Aunque la casa de máquinas propiamente dicha es más costosa que la superficial, el ahorro en acero al usar un túnel a presión en vez de tuberías de carga superficiales, es tan substancial, que permitió descartar las soluciones con casa de máquinas y tubería de carga superficiales. Normalmente sería difícil eliminar la alternativa con casa de máquinas superficial y túnel de carga, sin embargo, se considera necesario diseñar el revestimiento de acero en el túnel de carga, para que tome toda la presión hidrostática en todos los tramos del túnel que estén localizados en el esquisto, y el costo que demanda este requisito hace que la alternativa con casa de máquinas subterránea sea la más económica.

Una vez adoptada la casa de máquinas en caverna, fue aparente el hecho de que el caudal desviado del Río Bravo debería llevarse a la almenara, con el fin de que al menos una gran parte de la conducción del Río Bravo pudiera ser superficial en vez de ser en túnel.

CAPITULO V

DESCRIPCION DE LAS OBRAS

A. GENERALIDADES

El embalse para el almacenamiento de agua en el proyecto de Calima I se creará mediante la construcción de la represa de Madroñal, en el Río Calima. La represa se construirá en dos etapas. La energía se generará en una planta subterránea situada cerca a la confluencia del Río Calima con el Río Bravo. El agua del embalse de Madroñal será conducida a la casa de máquinas a través de un túnel que tendrá alrededor de 7 Km. de longitud y luego de ser utilizada para la producción de energía en la casa de máquinas, será descargada a través de un túnel de fuga de 730 metros de largo que se extiende hasta el Río Calima. En una etapa posterior del proyecto, se desviará del Río Bravo un suministro adicional de agua y se llevará a la casa de máquinas por medio de una conducción de cerca de 8 Km. de longitud que desembocará en la almenara subterránea que sirve a la casa de máquinas. La energía generada en la casa de máquinas se llevará a Cali por medio de una línea de transmisión. Se construirán nuevos caminos para el acceso a la casa de máquinas y a las obras de desviación del Río Bravo. Los caminos existentes, un tanto mejorados, servirán de acceso a la represa de Madroñal.

Este capítulo del informe describe las características físicas del proyecto recomendado y da los criterios preliminares para el diseño de las estructuras principales. Se incluyen también los planos generales de las estructuras propuestas con las dimensiones y elevaciones aproximadas.

B. EMBALSE DE MADROÑAL

El embalse propuesto abarcará en su desarrollo final cerca de la mitad de la parte plana del Valle del Alto Calima. Como puede apreciarse en la Figura 13, el embalse estará comprendido dentro de un valle más bien angosto, en una distancia de 6 Km. aguas arriba de Madroñal y se ensanchará luego dentro de un valle más amplio que se extiende otros 6 Km.

La Figura 14 muestra las curvas de área y capacidad del embalse de Madroñal. El embalse tendrá capacidad total para almacenar 417 millones de metros cúbicos a la elevación 1402.5, que corresponde al nivel máximo de operación del embalse siendo de 1770 hectáreas el área de la superficie del embalse a dicha elevación.

En el Capítulo III se indicó que, aguas arriba del sitio de la represa, la pendiente del río es pequeña y su lecho y riberas resistentes a la erosión. Así pues, el material de acarreo del río sería insignificante y el material en suspensión no excedería del 0.01% del volumen del caudal anual. En vista de estas condiciones la capacidad del embalse será poco afectada por la sedimentación durante un período de 100 años. Se recomienda, sin embargo, como

medida adicional contra la erosión, un programa de conservación de suelos en el valle del Alto Calima.

A todo lo largo de la periferia del embalse, con excepción del sitio de la represa, la elevación del terreno circundante es mucho mayor que el nivel de aguas máximo considerado. El ancho de las divisorias entre el embalse y las hoyas hidrográficas adyacentes impedirá filtraciones del embalse que puedan ser de alguna consideración.

C. REPRESA DE MADROÑAL

1. Selección del Sitio y del Tipo de Represa. Además de dos sitios posibles de represa en el cañón de Madroñal, distantes entre sí unos 300 metros, se consideró el localizar una represa de tierra 6 Km. aguas arriba de Madroñal. Esta posibilidad se descartó debido al volumen considerable del terraplén necesario y a los problemas inherentes asociados con las obras de toma y conducción, los que harían tal tipo de represa más costoso que las alternativas en Madroñal.

Se hicieron estudios comparativos de varios tipos de represa para los dos sitios posibles en el cañón de Madroñal para los niveles de embalse y las cotas de cresta adoptadas en el Capítulo IV, a saber:

	<u>Nivel Máximo del Embalse</u>	<u>Cresta de la Represa</u>
Desarrollo Inicial	1373.5	1377.0
Desarrollo Final	1402.5	1405.0

Con base en los datos anteriores se definió el tipo y la localización de la represa más ventajosa, los cuales no cambiarán en caso de que las elevaciones para el desarrollo final sufran modificaciones en el futuro.

Se consideraron represas de tierra, de enrocado y de concreto (de gravedad y de arco). No se consideró una represa de contrafuertes de concreto debido a lo empinado de los estribos, lo que introduciría complicaciones indeseables en el diseño. Se encontró que una represa de tierra tendría un costo substancialmente mayor que el de los otros tipos de represa debido al mayor volumen de material, a la longitud adicional del túnel de desviación y a las grandes dificultades que presentaría el diseño de un rebosadero para el desarrollo del proyecto por etapas. En forma similar, una represa de enrocado ya sea con un núcleo impermeable o con el paramento de aguas arriba impermeable, resultó ser más costosa que una estructura de concreto.

Desde el punto de vista de las condiciones geológicas, se puede construir una represa de concreto en cualquiera de los sitios en Madroñal. La comparación de los volúmenes de las represas de concreto para los dos sitios es la siguiente:

	<u>Bajo Madroñal</u>	<u>Alto Madroñal</u>
Volumen de la represa de arco	260,000 m ³	110,000 m ³
Volumen de la represa de gravedad	260,000 m ³	210,000 m ³

De acuerdo con los datos anteriores se ve que el mejor sitio es el del Alto Madroñal, quedando reducida la selección a la escogencia entre los tipos de represa de gravedad y de arco para dicho sitio.

En este informe se recomienda la adopción de la represa de gravedad, no sólo porque ello resulta en un presupuesto más moderado, sino también por las varias e importantes ventajas estructurales que se obtienen. En una región sujeta a severos terremotos, el tipo de represa de gravedad ofrece una seguridad contra fallas, mayor que la del tipo de represa en arco. Además, aun que el tipo de represa en arco sería más económica en lo que se refiere al volumen de concreto requerido, la delgadez del estribo derecho introduciría complicaciones en el diseño, lo que podría compensar esta economía aparente.

2. Descripción de la Represa. En el Apéndice A, Geología, se da una información más detallada tanto de la configuración geológica y topográfica del sitio de la represa, como del tratamiento por inyecciones de lechada que se requiere para la preparación adecuada de los cimientos, con el objeto de lograr una impermeabilización completa de la roca. La geología del lugar no presenta dificultades especiales para el diseño y la construcción de la represa.

La represa será una estructura de gravedad en concreto, con cresta recta en su lado derecho y en el centro y curva en su lado izquierdo. Se escogió este alineamiento por ser el que mejor se acomoda a la forma del cañón en lo que se refiere a los requisitos de cimentación y al volumen mínimo de concreto.

En el desarrollo inicial la cresta de la represa estará a la elevación 1378.0 y tendrá una longitud de 145 metros. No habrá carretera alguna a lo largo de ella y el rebotadero estará situado en la parte central de la represa. El ancho máximo de la base será de 58 metros a la elevación 1314 y la altura máxima será de 64 metros. El volumen de concreto requerido será de 91,000 metros cúbicos. Las figuras 15 y 17 muestran las características de la represa para el desarrollo inicial.

Para el desarrollo final la cresta de la represa estará a la elevación 1405.0, con una longitud de cresta de 241 metros y habrá una carretera de 6 metros de anchura a lo largo de la cresta. El ancho máximo de la base será de 83 m. a la elevación 1314. El volumen de concreto de la represa será de 212,000 metros cúbicos. La represa estará provista de galerías para inspección, drenaje e inyecciones. Las figuras 16 y 17 muestran las características de la represa para el desarrollo final.

La estabilidad de la represa se ha verificado para las condiciones de embalse vacío y de embalse lleno, de acuerdo con las normas de diseño establecidas para este tipo de represa. El esfuerzo máximo de compresión en la sección máxima de la represa para las condiciones de embalse lleno y terremoto, ocurre en el lado de aguas abajo del pie de la represa y su valor es de 30.7 Kg/cm².

Hay que reconocer que será difícil lograr la construcción de la re

presa por etapas. Es posible que haya que hacer algunas modificaciones a las secciones que se muestran en la Figura 17, y habrá que tomar algunas precauciones en el tratamiento de los monolitos de concreto que se encuentren contiguos con el fin de asegurar la debida fuerza de adhesión y para prevenir el desarrollo de presiones hidrostáticas en las caras de los mismos. Las medidas precisas que tengan que tomarse para lograr una seguridad estructural adecuada, son cuestión del diseño detallado, pero en vista de estos problemas se ha dejado en el presupuesto un margen adecuado.

3. Rebosadero. La capacidad del rebosadero en cada una de las etapas de la represa se fijó después de estudiar el efecto regulador del embalse sobre la creciente máxima. Se adoptó un valor de 2000 m³/s. para dicha creciente después de estudiar los hidrogramas típicos del río y con base en la experiencia en hoyas similares. El estudio de la creciente máxima se presenta en el Apéndice B, Hidrología.

Para el desarrollo inicial del proyecto se localizará sobre la represa un rebosadero de 40 metros de anchura, cuya cresta estará a la elevación 1373.5. Este rebosadero se muestra en las figuras 15 y 17.

Para el desarrollo final se ha considerado que para la mayor parte de las condiciones del embalse, el nivel de éste será controlado por medio de la válvula de desagüe permanente; sin embargo, se ha dejado un rebosadero de emergencia para el caso poco probable de que la creciente máxima ocurra cuando el embalse esté lleno y que por alguna razón no se puedan operar las válvulas de salida. Este rebosadero de emergencia estará situado sobre el estribo derecho y tendrá un vertedero con perfil de gola de 37 metros de largo y su cresta estará a la elevación 1402.5. Las aguas de exceso rebosarían este vertedero y se deslizarían sobre la roca del estribo derecho hasta el cauce del río. Las Figuras 16 y 17 muestran esta estructura.

La Figura 18 muestra el efecto regulador del embalse y la capacidad de los rebosaderos para los desarrollos inicial y final.

4. Obras de Desviación y desagüe Permanente. Las obras de desviación consistirán de una atagüa y un túnel, según se muestra en las Figuras 15 y 17.

La atagüa tendrá 14 metros de altura y será de tierra con el talud de aguas arriba protegido con enrocado. Su cresta estará a la elevación 1345.0. Se necesitarán alrededor de 24,000 metros cúbicos de tierra para construir dicha atagüa.

El túnel tendrá un alineamiento recto e irá excavado a través del filo que forma el estribo derecho de la represa, y se ha diseñado para un caudal de 90 m³/s, (véase el Apéndice B) su sección será circular y estará revestida en concreto, siendo su diámetro interior de 3 metros. Tendrá una longitud de 180 metros y una pendiente del 5% y la elevación del piso a la entrada será de 1330.6.

El túnel en mención servirá de desagüe permanente del embalse al

instalar en él una válvula de descarga en un sitio situado 71 metros aguas abajo de la boca de entrada. Esta disposición hará posible también el controlar el nivel del embalse durante la construcción del primer desarrollo final. La Figura 19 muestra la capacidad de este desagüe.

El acceso a la válvula para su operación e inspección, será a través de un pozo vertical de 77 metros de profundidad. El pozo tendrá una sección circular revestida en concreto y su diámetro interior será de tres metros.

D. CONDUCCION PRINCIPAL

1. Obras de Toma en el Embalse. La localización y disposición de las obras de toma en el embalse se muestran en la Figura 20.

La boca de entrada al túnel de conducción estará provista de rejillas coladeras.

La sección del túnel comprendida entre las abscisas KO+081 y KO+087 estará dividida en dos conductos independientes, cada uno de los cuales estará provisto de ranuras para tres compuertas. Estas compuertas serán del Tipo "Broome" y estarán diseñadas para cerrar una abertura cuadrada, de 2.70 metros de lado. La compuerta de servicio ocupará la posición del medio en cada conducto y será posible aislarla en caso de que se necesite repararla cuando esté cerrada, bajando las otras dos compuertas. Esta disposición requerirá solamente un total de tres compuertas para los dos conductos. Si no se puede levantar la compuerta en un conducto, el otro se puede dejar abierto para que continúe la operación de la planta, sacrificando temporalmente un pequeño porcentaje de la cabeza.

El acceso a las compuertas se hará a través de un pozo rectangular revestido en concreto, de 61 metros de profundidad que estará dividido en cuatro compartimentos. El equipo necesario para la operación y reparación de las compuertas, incluyendo una grúa de 10 toneladas, será alojado dentro de una edificación situada directamente sobre el pozo de acceso, con el piso de operación a la elevación 1407.

2. Túnel de Conducción Principal. La Figura 20 muestra la localización del túnel en conducción principal; su sección típica se muestra en la Figura 12.

El túnel tendrá una longitud de 6700 metros y una sección circular revestida en concreto, de 3.00 metros de diámetro interior. El espesor mínimo del revestimiento será de 0.25 metros.

El diámetro se determinó por medio de una comparación entre el costo del túnel y el valor de las pérdidas de energía debidas a la fricción. El análisis económico conduce a la selección de un túnel con un diámetro interior de 3 metros, lo que resulta en pérdidas de cabeza extremadamente altas para ciertas condiciones de flujo. La Figura 22 muestra las pérdidas hidráulicas en el túnel principal de conducción para varios flujos. La selección del diámetro

tro debería revisarse en el diseño final, teniendo en cuenta cualquier información adicional sobre costos y factores de operación de que se disponga en ese entonces.

El túnel irá totalmente excavado en roca y su localización se ha proyectado en tal forma que estará a una profundidad cuando menos de 100 metros bajo la superficie del terreno, evitando así las zonas de roca meteorizada. En el Apéndice A, Geología, se da una información detallada de los varios tipos de roca que atravesará el túnel, así como de la clase de soporte y revestimiento que pueden requerirse, junto con una discusión del drenaje, el tratamiento de la roca y las operaciones de apertura de túneles. Las dos formaciones más importantes que tendrá que atravesar el túnel son la diorita y los esquistos. La diorita fresca es sana y resistente, por lo que la apertura de túneles podrá hacerse fácilmente, generalmente sin la ayuda de soportes. Aunque sanos y duros, los esquistos pueden requerir soportes livianos.

Se prevee que la excavación del túnel se hará desde cuatro frentes: uno que se iniciaría en la estructura de toma, dos desde un socavón central y otro desde un socavón de acceso a la parte superior del túnel de carga. Para fines del presupuesto, se ha asumido que los socavones serían inclinados, de 3 metros de alto por 3 metros de ancho, de sección rectangular en su parte inferior y en arco en la parte superior.

E. TUNEL DE CARGA

El túnel de carga se muestra en plano y perfil en la Figura 21. El túnel de carga deberá quedar totalmente terminado en la primera etapa.

El tramo inclinado del túnel tendrá 720 mts. de longitud y formará un ángulo de 42° con la horizontal. A continuación de un tramo horizontal, de 20 mts. de longitud, el túnel se dividirá en cuatro ramales, cada uno de los cuales alimentará una turbina y estará provisto de su correspondiente válvula.

La sección típica del túnel de carga se muestra en la Figura 12. El túnel llevará un blindaje de acero en toda su longitud y el espacio entre el blindaje y la roca irá relleno de concreto. El espesor del blindaje hasta el punto donde comienzan los ramales será de 1/2 pulgada, con base en la suposición de que la roca toma parte de la presión interna debida al agua. El blindaje de los ramales del túnel de carga se diseñará para resistir el total de la presión interna del agua.

Se deberán tomar las medidas encaminadas a facilitar la inspección periódica del túnel de carga.

El diámetro económico del túnel de carga es de 2.50 metros y se determinó siguiendo el mismo método que se usó para el del túnel de conducción. En el curso del diseño del proyecto se deberá hacer un estudio adicional del diámetro económico. La Figura 22 muestra las pérdidas de cabeza en el túnel de carga.

F. ALMENARA

1. Estudios de la Almenara. Para los diferentes tipos y tamaños de almenara, se hicieron los siguientes estudios: (1) descenso máximo del nivel de agua en el caso del aumento instantáneo de la carga debido a la entrada de la cuarta turbina y estando operando las otras tres a plena capacidad al nivel mínimo de embalse, (2) el ascenso máximo del nivel de agua correspondiente al cierre instantáneo de las cuatro turbinas, operando a plena capacidad al nivel máximo de embalse y (3) la estabilidad de la almenara.

En estos estudios se llegó a la conclusión de que el tipo de almenara con chimenea central y dos cámaras, una superior y una inferior, ofrece las mayores ventajas para un caso como el presente, en el cual el nivel del embalse puede ser objeto de importantes fluctuaciones. Se creyó necesario optar por una chimenea inclinada, con la misma pendiente y el mismo diámetro del túnel de carga puesto que dicha chimenea sería de gran utilidad en la construcción y mantenimiento del túnel de carga. La chimenea inclinada, además, brinda características óptimas para el golpe de ariete.

En una etapa posterior del proyecto, la conducción del Río Bravo llegará a la almenara a través de la cámara superior.

2. Descripción de la Almenara. El diseño de una almenara para una central de las características de Calima I, es complicado. Para fines del presupuesto, se preparó el diseño preliminar que se muestra en la Figura 21. De acuerdo con este plano general, la almenara consistirá de una chimenea inclinada de 180 metros de largo con dos cámaras horizontales.

La cámara horizontal inferior tendrá 30 metros de longitud y sección sin revestir, de 3 metros x 3 metros. El piso estará a la elevación -1290.

La cámara superior tendrá una ligera pendiente y 400 metros de longitud. Su sección irá revestida y será rectangular en la parte inferior y en arco en la parte superior. Sus dimensiones serán: 4.00 metros de altura por 3.50 metros de anchura. El piso estará a la elevación 1405.

La almenara, con excepción de la cámara superior, deberá quedar completamente terminada en la primera etapa del proyecto. Parte de la cámara superior será excavada también durante la primera etapa no solo como un socavón de construcción sino también para mantener un suministro adecuado de aire para la operación de la almenara.

G. CASA DE MAQUINAS

1. Número y Tipo de las Unidades Generadoras. Se hizo un estudio económico para la instalación de tres, cuatro y cinco unidades. Aunque en la disposición subterránea conviene reducir al mínimo el número de unidades, se encontró que las condiciones de velocidad para cuatro unidades eran más ventajosas que para tres unidades. En cambio, el uso de cinco unidades en vez de

cuatro no resulta recomendable pues las condiciones de velocidad mejoran muy poco en relación con el aumento en el costo de la casa de máquinas.

La gran cabeza bajo la cual operarán las turbinas requiere el uso del tipo de turbinas de impulso (Pelton) con el fin de mantener la velocidad del generador dentro de límites prácticos. Este tipo de turbinas tiene altas eficiencias para cargas parciales, lo que puede ser de gran utilidad, especialmente en los años iniciales de operación.

Las comparaciones hechas entre las unidades de eje vertical y las de eje horizontal no indicaron el que existiera una ventaja de importancia al usar un tipo en vez del otro, en lo que se refiere al costo mismo de las máquinas. Sin embargo, el uso de unidades de eje vertical permitió el colocar las válvulas de cierre del túnel de carga dentro de la casa de máquinas, eliminándose así la cámara adicional para dichas válvulas. Inmediatamente aguas arriba de la válvula de cierre de cada ramal del túnel de carga se instalará una válvula de compuerta dentro de un nicho apropiado que se excavará en la roca de los muros de la casa de máquinas, con el fin de permitir el desmontar cualquier válvula de cierre cuando sea necesaria su reparación sin tener que suspender el funcionamiento de las otras unidades.

Las turbinas, tal como se indica en las figuras son del tipo Pelton, de eje vertical. Cada turbina estará equipada con cuatro toberas y el flujo del agua a través de ellas será controlado por medio de sendas válvulas de aguja. La descarga de las válvulas será controlada por medio de reguladores. Las unidades operarán a una velocidad de 450 RPM, generando energía trifásica, a 60 ciclos y con un voltaje de generación de 13,800 voltios.

2. Salto neto. La Figura 22 muestra las pérdidas totales en la conducción que se usaron para calcular los saltos netos disponibles para las turbinas en diferentes condiciones.

3. Capacidad Indicada de las Turbinas. La capacidad indicada de cada turbina será de 50,700 HP en condiciones de abertura máxima y salto neto mínimo de 478.6 metros. Esto corresponde a una descarga de 37.4 m³/s. para cuatro turbinas, con una eficiencia garantizada de 86.5%, suministrándose toda el agua del embalse de Madroñal al nivel mínimo de embalse de 1350. En estas condiciones, la generación total de las cuatro unidades turbogeneradoras, asumiendo una eficiencia en los generadores del 95%, sería de 144,000, o sea la capacidad firme de la central de Calima I.

El máximo rendimiento de cada turbina será de 71,000 HP en condiciones de abertura máxima y máximo salto neto de 584.5 metros. Esto corresponde a una descarga de 20.7 m³/s para dos turbinas, con una eficiencia prevista de 89.5%, con 6.0 m³/s suministrados por la desviación del Río Bravo y 14.7 m³/s suministrados por el embalse de Madroñal al nivel máximo de embalse de 1402.5.

4. Capacidad Indicada de los Generadores. Como se indicó anteriormente, el máximo rendimiento de cada turbina será de 71,000 H.P. Para una

eficiencia de los generadores del 96%, la máxima generación de cada unidad turbogeneradora será de 51,000 KW. Debido a que cada generador puede ser operado con una sobrecarga continua del 15% correspondiente a un aumento de temperatura de 80°C, la capacidad indicada de cada generador puede ser de 52,200 KVA para el aumento usual de temperatura de 60°C y un factor de potencia de 0.85.

5. Capacidad máxima de la Planta. La Planta de Calima I, con la capacidad de las unidades como se ha descrito anteriormente, tendrá una generación máxima alrededor de 177,000 KW cuando el embalse esté lleno. Los 33,000 KW de exceso sobre la capacidad firme de 144,000 KW, durante aquellos períodos en que el embalse está lleno, serán una reserva de gran valor en el caso de una paralización en otra parte del sistema. Aún en los casos de niveles más bajos del embalse, las unidades tendrían exceso considerable de capacidad por encima de 144,000 KW. La Figura 23 muestra la capacidad generadora de Calima I para diversas condiciones del nivel del embalse y del salto neto.

6. Caverna para la Casa de Máquinas. La casa de máquinas será en caverna, y sus dimensiones totales serán: 74 metros de largo, 21 metros de ancho y 29 metros de alto. El plano general y los detalles de la casa de máquinas se muestran en las Figuras 24, 25 y 26. Tal como se anota en los dibujos, las dimensiones pertinentes están sujetas a revisión de acuerdo con los requisitos de las unidades generadoras y del equipo que se seleccione finalmente.

El salón de máquinas estará equipado con dos grúas móviles de 100 toneladas de capacidad cada una. El acceso a la casa de máquinas se hará a través de un túnel de 640 metros de largo y una pendiente del 3%, que saldrá a la superficie. Las dimensiones de este túnel, se han adoptado de acuerdo con el tamaño de los transformadores que quedarán instalados en la casa de máquinas. La localización y detalles del túnel de acceso se muestran en la Figura 24.

La casa de máquinas se localizó relativamente a gran profundidad dentro del filo que existe entre el Calima y el Bravo, porque se juzgó aconsejable situar la caverna para la casa de máquinas dentro de la diorita más bien que dentro del esquisto que se encuentra más cercano a la superficie. La ventilación de la casa de máquinas así como la salida de emergencia, se harán a través de un túnel adicional de 550 mts. de largo y una pendiente del 77.5%, por el cual irán también los cables de alta tensión y los de control. La sección transversal de este túnel se muestra en la Figura 26.

7. Transformadores. Las limitaciones impuestas por el transporte dictaron la selección de transformadores monofásicos en vez de transformadores trifásicos. Cada generador irá conectado a un banco de tres transformadores monofásicos que elevan el voltaje de 13.8 KV a 161 KV.

Parece indicado localizar los transformadores dentro de la casa de máquinas más bien que en una subestación superficial. La energía se llevará de los transformadores a la subestación superficial por cables a presión de aceite o de nitrógeno.

H. TUNEL DE FUGA

El túnel de fuga tendrá un alineamiento recto, una pendiente muy-pequeña (0.00074) y una longitud de 730 metros. Su localización se muestra en plano y perfil en la Figura 19.

Su sección, que irá revestida en gunita, se ha adoptado para que la máxima descarga de las turbinas fluya libremente por el túnel dejando un -borde libre de 1.30 metros. La Figura 12 muestra la sección típica del túnel de fuga.

En su extremo inferior, el túnel de fuga tendrá una transición de 30 metros de longitud, a lo largo de la cual la sección se amplía gradual -mente, hasta encontrar el cauce del Río Calima. En este punto situado 500 me-tros aguas arriba de la confluencia con el Río Bravo, el nivel del río se ha -supuesto a la elevación 800.

I. SUBESTACIONES

1. Patio de Distribución de Calima I. El patio de distribución incluirá una barra colectora principal y una de transferencia y además, una -sección destinada al disyuntor de transferencia. Esta disposición eléctrica pro-porciona amplia elasticidad a bajo costo puesto que cualquier disyuntor puede aislarse para su reparación y conservación, ya que habrá siempre disponible un disyuntor de reserva. El diagrama de una sola línea para la casa de máquinas y el patio de distribución se muestran en la Figura 27.

El patio de distribución quedará localizado en la zona menos abrup-ta de los alrededores de Campoalegre. Se ha diseñado una estructura alta y an-gosta con cimentación a dos niveles diferentes, que se adapta mejor a la pen -diente natural del terreno. La estructura ha quedado diseñada en tal forma que una alternativa de doble barra colectora y doble disyuntor puede adoptarse más tarde con un mínimo de cambios. La disposición del patio de distribución y el diagrama de una sola línea para Calima I se muestran en la Figura 28.

Se optó por las barras colectoras rígidas puesto que ellas pueden espaciarse a una menor distancia que las barras colectoras flexibles, y permi-ten un diseño compacto. Estas barras colectoras pueden extenderse fácilmente -cuando se amplíe el patio de distribución. También se han estipulado conexio -nes flexibles, donde sea necesario, como se muestra en la Figura 28.

La parte superior de las torres servirá de estructura de soporte a los cables de tierra, que cubrirán completamente todo el equipo. La superfi-cie del terreno del patio de distribución se cubrirá con una capa de triturado de unos 20 cms. de espesor y todas las estructuras y equipo serán adecuadamente conectados a tierra.

2. Subestación de Cali. La subestación de Cali tendrá caracte-rísticas eléctricas similares a las del patio de distribución de Calima I, pero incluirá transformadores para reducir el voltaje de transmisión de 161 KV a -

13.2 KV. Tendrá siete tramos, una barra principal de transferencia y un disyuntor de transferencia. La disposición general de esta subestación será más convencional que la del patio de distribución de Calima I y tendrá una estructura baja y ancha, puesto que en Cali se puede conseguir un sitio adecuado para este tipo de estructura.

3. Subestación de Vijes. En el diagrama de una sola línea que aparece en la Figura 28 se ha mostrado una subestación en Vijes. Tal subestación se necesitará sólo en el caso que se decida transmitir la energía de Calima I a la parte norte del Departamento. Puesto que toda la energía generada en Calima I podría usarse en Cali y sus cercanías, la subestación de Vijes no constituye parte esencial del proyecto. Por lo tanto, su costo no ha sido incluido en el costo del proyecto.

J. LINEA DE TRANSMISION

1. Voltaje. La línea de transmisión para Calima I será de vital importancia no sólo dentro del proyecto considerado, sino también dentro del futuro sistema eléctrico de mayor magnitud, del cual habrá de formar parte Calima I. En la carencia de un plan definitivo para la interconexión entre el Valle del Cauca y otros sistemas eléctricos en los Departamentos de Cundinamarca, Caldas y Antioquia, no es posible por el momento fijar el voltaje adecuado para la línea de transmisión de Calima I.

El voltaje óptimo para la línea de Calima I en el caso de un sistema aislado al servicio de Cali resultó ser alrededor de 161 KV. Este voltaje permitirá una buena regulación del voltaje y pérdidas insignificantes. El uso de un voltaje menor resultaría en una regulación del voltaje excesivamente alta, a menos que se usaran condensadores síncronos.

El voltaje óptimo para la línea de Calima I, diseñado para el desarrollo futuro del Valle del Cauca y la posible interconexión con otros sistemas eléctricos, puede ser diferente de 161 KV. Con el fin de obtener plenos beneficios de la futura integración de los varios sistemas eléctricos y de asegurarse de que dicha integración sea factible económicamente, debería hacerse un estudio total antes de que se fijen los niveles de voltaje para todo el país. Estando fuera del alcance de este informe el analizar los requisitos necesarios para integración de los sistemas eléctricos de Colombia, se ha diseñado el sistema de transmisión de Calima I para que tenga un voltaje apropiado para el suministro de la energía allí generada sin tener en cuenta el posible intercambio de energía con otros Departamentos.

Si se establece una norma para los niveles del voltaje de las líneas de transmisión con anterioridad a la construcción de la línea de transmisión de Calima I, deberá revisarse el voltaje de dicha línea. Si el voltaje aconsejable para la interconexión resulta ser mayor que el requerido para Calima I solo, el costo adicional del voltaje no deberá cargarse al Proyecto de Calima I, sino más bien al total del sistema. Es también posible lograr la interconexión de las líneas a diferentes voltajes por medio de auto-transformadores si esto resultare más económico que elevar el voltaje de la línea de Calima I.

2. Características Generales y Ruta. La energía generada en Calima I se transmitirá a Cali por medio de dos líneas de transmisión paralelas e independientes, de 161 KV. En aquellos sitios donde la naturaleza montañosa del terreno pueda hacer difícil el lograr dos rutas paralelas para las líneas, deberá estudiarse la posibilidad de usar torres de doble circuito.

La ruta seleccionada es la siguiente: de la planta a Madroñal, de allí a Restrepo y luego a Vijes, donde estaría situado un importante patio de conmutación cuando se desee la interconexión con el norte. De Vijes continúa la línea hacia Cali, a lo largo de la margen occidental del Río Cauca que ofrece buenas condiciones para la localización de dicha línea. La ruta seleccionada es de fácil acceso para la construcción y el futuro mantenimiento.

La distancia de Calima I a Vijes es alrededor de 38 Km. y de Vijes a Cali de unos 36 Km., lo que da un total de 74 Km. aproximadamente. Cada línea ha sido diseñada para suministrar una carga normal de 85,000 KVA con un factor de potencia de 0.85, una regulación alrededor de 17% y pérdidas de energía de un 3.8% aproximadamente, incluyendo transformadores en ambos extremos de la línea. La carga de 85,000 KVA corresponde a la mitad de la capacidad firme de Calima I.

La capacidad generadora de Calima I, dentro de ciertas condiciones, puede alcanzar un valor hasta de 209,000 KVA. En este caso, cada línea de transmisión tendrá una regulación alrededor del 20% y pérdidas de energía de un 4%, incluyendo transformadores en ambos extremos de la línea.

En casos de emergencia será posible transmitir a través de una sola línea el total de la energía generada por la Planta, con una pérdida de energía del 7.5% y una regulación del 25% aproximadamente, incluyendo transformadores en ambos extremos de la de la línea. La caída de tensión sería un tanto elevada, pero es posible compensarla aumentando el voltaje del generador y usando los "taps" disponibles en el transformador elevador y en el transformador reductor.

3. Descripción de la Línea. El cálculo de las pérdidas y el presupuesto se han basado en el uso de conductores de 477,000 C.M., de cable de aluminio reforzado con acero. Como estructuras de soporte se proponen las torres de acero del tipo que se muestra en la Figura 29. Cada línea tendrá dos cables de tierra como principal protección contra descargas eléctricas y todas las estructuras deberán estar debidamente conectadas a tierra.

La línea deberá estar protegida por algún tipo de relés diferenciales o de impedancia y deberá estudiarse además la posibilidad de usar disyuntores de alta velocidad provistos de recierres automáticos. En ese caso, probablemente habrá necesidad de considerar la protección por medio de ondas portadoras de alta frecuencia o de cables pilotos junto con una protección de refuerzo del tipo de impedancia.

K. DESVIACION DEL RIO BRAVO

1. Generalidades. Aunque los detalles de la desviación del Río-

Bravo están fuera del alcance de este informe, se hizo un estudio general para determinar la localización más aconsejable. Se estudiaron tres alternativas que difieren entre sí principalmente en lo que se refiere al sitio de llegada de la conducción del Río Calima. Las tres posibilidades para finalizar la conducción eran:

1. El embalse
2. La almenara
3. Un sitio intermedio de la conducción del Calima.

Todas estas alternativas se asumieron para desviar y conducir por gravedad caudales hasta de 12 m³/s., utilizando una conducción de sección circular, con diámetro interior de 2.40 metros parte en túnel, parte en conducto cerrado superficial.

La alternativa en la cual la conducción del Río Bravo llega a la conducción del Río Calima en la almenara, al final del túnel de conducción principal, ha demostrado ser la más económica.

Debe hacerse en el futuro un estudio de la desviación del Río Bravo cuando se tengan datos más completos para este aprovechamiento.

2. Obras de Toma. El esquema preliminar de las obras de toma comprende lo siguiente: un vertedero de concreto a lo ancho del río y, sobre la margen izquierda, una estructura de toma, un canal de limpia provisto de sus correspondientes compuertas y un desarenador. Estas obras servirían para desviar a la conducción del Calima caudales del Río Bravo hasta de 12 m³/s.

3. Conducción. La ruta preliminar de la conducción se muestra en la Figura 12. Se cree que el flujo a todo lo largo de la conducción podría ser por gravedad, una parte en túnel y el resto en un conducto superficial cerrado. La sección en túnel tendría una longitud de 2.2 Km. y estaría localizado entre dos secciones del conducto superficial cuyas longitudes aguas arriba y aguas abajo del túnel serían aproximadamente de 2.5 Km. y 3.1 Km., respectivamente. Tanto para el túnel como para el conducto superficial se ha asumido una sección circular revestida en concreto, con un diámetro interior de 2.40 metros y una pendiente del dos por mil. Se dispondrá de aliviaderos y de otras estructuras anexas según se requieran, a lo largo de la conducción. Los tributarios pequeños del Río Bravo serían también desviados donde ello fuere posible.

CAPITULO VI

PRESUPUESTO Y PROGRAMA DE CONSTRUCCION

A. ETAPAS DEL PROYECTO

La construcción del proyecto de Calima I se llevará a cabo en cuatro etapas.

La primera etapa incluye la construcción de la Represa de Madroñal hasta la altura de cresta inicial a la elevación 1378 y la construcción total de la conducción del Río Calima, el túnel de carga y la almenara, la caverna para la casa de máquinas, los túneles de fuga y de acceso, tres tramos del patio de distribución, la primera línea de transmisión y tres tramos y un transformador reductor de la subestación de Cali. En esta etapa se instalará la primera unidad generadora en la casa de máquinas.

En la segunda etapa se agregará la segunda unidad a la casa de máquinas, un tramo al patio de distribución y un transformador a la subestación de Cali.

En la tercera etapa se aumentará la altura de la Represa de Madroñal a la elevación final de la cresta, 1405; se construirá la conducción del Río Bravo, se instalará la tercera unidad en la casa de máquinas y se construirán la segunda línea de transmisión, dos tramos del patio de distribución y dos tramos y un transformador de la subestación de Cali.

La cuarta etapa incluye la instalación de la cuarta unidad en la casa de máquinas, el último tramo del patio de distribución, y el último transformador y el último tramo de la subestación de Cali.

La Figura 30 muestra el programa que habrá de seguirse para llevar a cabo las cuatro etapas del proyecto, si se quiere satisfacer la creciente demanda de energía en el Valle del Cauca.

B. PRESUPUESTO

El costo total del proyecto hidroeléctrico de Calima I se ha estimado en \$ 93'690.000. La discriminación del costo por etapas sería como sigue:

Primera Etapa	\$ 53'980,000
Segunda Etapa	\$ 6'550,000
Tercera Etapa	\$ 26'610,000
Cuarta Etapa	\$ 6'550,000

El costo de las obras preparatorias está incluido en el presupuesto de la primera etapa.

El desarrollo del presupuesto para el proyecto se presenta en el

Capítulo VII. En dicho presupuesto se dan los costos en pesos Colombianos con los costos extranjeros necesarios a una tasa de cambio de 2.50 pesos por dolar. La ganancia del contratista se ha incluido dentro de los precios unitarios y los precios fijos que se muestran, pero al costo total de cada etapa del proyecto se ha añadido un renglón para contingencias. También se muestran los costos de interventoría y administración. No se incluyen los gastos de financiación.

El costo de la conducción del Río Bravo se da en forma de precio fijo puesto que los datos de que se dispone son insuficientes para elaborar un presupuesto más detallado. Se cree que la cifra que se da es moderada, pero aún en el caso de que haya un error de importancia a este respecto, el efecto sobre el costo total del proyecto sería muy pequeño. El costo de la subestación de Cali se incluye dentro del presupuesto del proyecto pero el costo de la subestación de Vijes no se incluye dentro del costo del proyecto puesto que se cree que dicho costo no se puede cargar propiamente al Proyecto de Calima. Toda la energía generada en Calima I podría ser consumida en Cali, así que la subestación de Vijes no tiene que construirse a menos que se desee llevar una línea de transmisión a otras comunidades del norte. En tal caso, tanto el costo de la línea de transmisión que partiera de Vijes como la subestación necesaria deberían cargarse a la electrificación de las comunidades adicionales.

C. PROGRAMA DE CONSTRUCCION

La Figura 31 muestra el programa de construcción para la primera etapa del proyecto de Calima I. Si el trabajo preparatorio se comienza en Enero de 1955, el trabajo de construcción propiamente dicho podría empezarse en Julio de 1956 y la energía generada por la primera unidad estaría disponible en Junio de 1959, tal como lo requiere el Programa de Desarrollo que se da en la Figura 30.

Nunca será demasiado el énfasis que se dé a la pronta iniciación del trabajo preparatorio, si se han de satisfacer las necesidades de la energía en el Valle del Cauca. Como se muestra en la Figura 31 este trabajo preparatorio incluye trabajos técnicos, construcción de carreteras de acceso, investigaciones geológicas y construcción de campamentos.

Los trabajos técnicos que se requieren comprenden la preparación de dibujos detallados para efectos del contrato de las obras, así como de especificaciones detalladas, en tal forma que el proyecto se pueda dar a conocer el 1º de Noviembre de 1955 y así la construcción pueda iniciarse en Julio de 1956. De igual importancia es la preparación de las especificaciones para la pronta consecución del equipo. Otra de las primeras fases de los trabajos técnicos es la preparación de los contratos para los trabajos de perforaciones con taladro de corona, para que puedan iniciarse prontamente todas las investigaciones geológicas de importancia y se puedan terminar antes de la adjudicación del contrato de construcción.

Se necesita inmediatamente una carretera de acceso de Madroñal al sitio de la casa de máquinas. Esta carretera deberá hacerse con anterioridad al comienzo de la construcción, no sólo con el fin de que ésta no se demore, -

sino también para que se puedan hacer las investigaciones geológicas que serían muy difíciles, si nó imposibles de efectuar sin la existencia de carreteras.

El programa de investigaciones geológicas se esboza en el Apéndice A, Geología, e incluye cerca de 3300 metros de perforaciones con taladro de corona y un número limitado de apiques y túneles de exploración.

Los campamentos que se recomiendan para la construcción de las Obras Preparatorias serían apenas suficientes para alojar 20 supervisores, ingenieros y técnicos y 100 trabajadores, en tal forma que el Contratista de Construcción pueda iniciar sus operaciones sin demora y que el personal de ingeniería y el de administración no dependa de él para su alojamiento durante los primeros meses de la construcción. Se supone que el Contratista construirá campamentos adicionales según se vayan necesitando.

C U A D R O N° 7
PRESUPUESTO DE CALIMA I

PRIMERA ETAPA

Obras Preparatorias

Investigaciones geológicas	P's\$ 400.000	
Ingeniería	1,500.000	
Carreteras de acceso	600.000	
Campamentos	<u>200.000</u>	P's\$ 2'700.000

Desviación del río 900.000

Represa de Madroñal (Desarrollo inicial)

Excavación	330.000	
Concreto	5'460.000	
Misceláneos	<u>100.000</u>	5'890.000

Túnel de Conducción

Excavación	4'300.000	
Concreto	6'910.000	
Misceláneos	<u>810.000</u>	12'020.000

Almenara

Excavación	750.000	
Concreto	170.000	
Blindaje de acero	<u>260.000</u>	1'180.000

Túnel de Carga

Excavación	930.000	
Concreto	730.000	
Blindaje de acero	<u>1'250.000</u>	2'910.000

Casa de Máquinas

Excavación	1'720.000	
Estructura	1'920.000	
Equipo Mecánico	3'430.000	
Equipo eléctrico	3'770.000	
Misceláneos	<u>120.000</u>	10'960.000

Túnel de Acceso

Excavación	940.000	
Concreto	<u>80.000</u>	1'020.000

CUADRO N° 7 - Hoja N° 2

<u>Túnel de Ventilación (Excavación)</u>		670.000
<u>Túnel de Fuga</u>		
Excavación	1'010.000	
Gunita	<u>700.000</u>	1'710.000
<u>Patio de Distribución</u>		900.000
<u>Línea de Transmisión</u>		2'000.000
<u>Subestación de Cali</u>		1'650.000
<u>Otros Costos</u>		
Zonas	1'200.000	
Misceláneos	<u>100.000</u>	<u>1'300.000</u>
TOTAL		45'810.000
Imprevistos		<u>5'600.000</u>
Total		51'410.000
5% para Administración e Ingeniería de Construcción		<u>2'570.000</u>
<u>TOTAL DE LA PRIMERA ETAPA</u>		53'980.000
 <u>SEGUNDA ETAPA</u>		
<u>Casa de Máquinas</u>		
Estructura	380.000	
Equipo Mecánico	1'020.000	
Equipo Eléctrico	3'010.000	
Misceláneos	<u>20.000</u>	4'430.000
<u>Patio de Distribución</u>		300.000
<u>Subestación de Cali</u>		<u>940.000</u>
TOTAL		5'670.000
Imprevistos		<u>570.000</u>
Total		6'240.000
5% para Administración e Ingeniería de Construcción		<u>310.000</u>
<u>TOTAL DE LA SEGUNDA ETAPA</u>		6'550.000

CUADRO N° 7 - Hoja N° 3

TERCERA ETAPA

Represa de Madroñal (Desarrollo final)

Excavación	210.000	
Concreto	7'250.000	
Misceláneos	<u>100.000</u>	7'560.000

Desviación del Río Bravo

Bocatoma	700.000	
Conducción Superficial (Movimiento de Tierras (Concreto	440.000 2'240.000	
Conducción en Túnel (Excavación (Concreto	1'010.000 1'480.000	
Desarenador y Rebosaderos	<u>150.000</u>	6'020.000

Casa de Máquinas

Estructura	380.000	
Equipo Mecánico	1'020.000	
Equipo Eléctrico	3'010.000	
Misceláneos	<u>20.000</u>	4'430.000

Patio de Distribución

600.000

Línea de Transmisión

2'000.000

Subestación de Cali

1'230.000

Otros Costos

500.000

TOTAL

22'340.000

Imprevistos

2'300.000

Total

24'640.000

8% para Administración e Ingeniería de la Construcción

1'970.000

TOTAL DE LA TERCERA ETAPA

26'610.000

CUADRO N° 7 - Hoja N° 4

CUARTA ETAPA

Casa de Máquinas

Estructura	380.000	
Equipo Mecánico	1'020.000	
Equipo Eléctrico	3'010.000	
Misceláneos	<u>20.000</u>	4'430.000

Patio de Distribución

300.000

Subestación de Cali

940.000

TOTAL

5'670.000

Imprevistos

570.000

Total

6'240.000

5% para Administración e Ingeniería de Construcción

310.000

TOTAL DE LA CUARTA ETAPA

6'550.000

TOTAL DE TODAS LAS ETAPAS DE CALIMA I

93'690.000

=====

CAPITULO VII

ANALISIS FINANCIERO

A. INVERSIONES REQUERIDAS

De acuerdo con el presupuesto y el programa de construcción que se presentan en el Capítulo VI, los desembolsos necesarios para el proyecto de Calima I serán los siguientes:

<u>Obras Preparatorias</u>	<u>US\$</u>	<u>Pesos</u>
1955	160,000	1'800,000
1956	40,000	400,000
Totales.....	<u>200,000</u>	<u>2'200,000</u>
 <u>Calima I - Primera Etapa</u>		
1956	1'800,000	6'380,000
1957	4'820,000	15'400,000
1958	1'600,000	8'150,000
1959	200,000	300,000
Totales.....	<u>8'420,000</u>	<u>30'230,000</u>
 <u>Calima I - Segunda Etapa</u>		
1960	800,000	150,000
1961	1'000,000	1'900,000
Totales.....	<u>1'800,000</u>	<u>2'050,000</u>
 <u>Calima I - Tercera Etapa</u>		
1961	340,000	1'500,000
1962	820,000	4'550,000
1963	2'820,000	4'300,000
1964	540,000	4'960,000
Totales.....	<u>4'520,000</u>	<u>15'310,000</u>
 <u>Calima I - Cuarta Etapa</u>		
1964	400,000	-
1965	1'400,000	1'700,000
1966	100,000	100,000
Totales.....	<u>1'900,000</u>	<u>1'800,000</u>

La combinación de los desembolsos requeridos en los diferentes a-

ños para las varias etapas resulta en el siguiente programa:

	<u>US\$</u>	<u>Pesos</u>
1955	160,000	1'800,000
1956	1'840,000	6'780,000
1957	4'820,000	15'400,000
1958	1'600,000	8'150,000
1959	200,000	300,000
1960	800,000	150,000
1961	1'340,000	3'400,000
1962	820,000	4'550,000
1963	2'820,000	4'300,000
1964	940,000	4'960,000
1965	1'400,000	1'700,000
1966	100,000	100,000
TOTAL.....	<u>16'840,000</u>	<u>51'590,000</u>

El programa anterior de desembolsos requeridos se presenta gráficamente en la Figura 32.

B. COSTO DE LA ENERGIA

Para el proyecto Calima I, el costo de la energía puesta en Cali al voltaje de distribución, se ha calculado para cada etapa del desarrollo.

Este costo unitario supone que las unidades operen a plena carga en una curva de generación cuyo factor de carga se muestra en el cuadro que se da a continuación. Se espera que estas condiciones existan al cabo de pocos años de finalizada cada etapa.

Capacidad Instalada	Factor de Carga	Energía Generada	Energía entregada en Cali	Inversiones	Costo Anual	Costo por KWH
KW.	%	MKWH	MKWH	Miles de \$	Miles de \$	Centavos
36,000	60	189	180	59,378	6,092	3.38
72,000	60	378	360	66,583	6,838	1.90
108,000	60	568	540	95,854	9,823	1.82
144,000	54	690	655	103,059	10,594	1.62

NOTA: Se ha supuesto que las pérdidas de transmisión sean del 5%.

Al calcular las inversiones para cada etapa, el costo de cada etapa que aparece en el Capítulo VI se ha aumentado arbitrariamente en un 10% pa-

ra tener en cuenta intereses durante la construcción y otros gastos de financiación. El costo anual de la energía generada que se muestra en el cuadro anterior, incluye un 10% anual sobre el capital invertido para tener en cuenta intereses, amortización y depreciación. Además se han añadido también los gastos anuales de operación y mantenimiento.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. CONCLUSIONES

Los estudios de ingeniería, tanto de campo como de diseño, que se han llevado a cabo a partir de Diciembre de 1953 en relación con el proyecto - hidroeléctrico de Calima y que se describen en este informe, indican que para Calima I deberá instalarse un total de 144,000 KW (cuatro unidades de 36,000 - KW cada una) en una casa de máquinas en caverna situada cerca a la confluencia del Río Calima con el Río Bravo. El almacenamiento de agua se hará en el embalse formado en la hoya del Alto Calima mediante la construcción de una represa en Madroñal. El agua de este embalse será conducida a la casa de máquinas a través de un túnel de 7 Km. de longitud. Hasta 12.0 m³/s. del caudal del Río Bravo serían desviados a través de un túnel de conducción de 8 Km. de longitud, para ser utilizados en la Central de Calima I. En su desarrollo final, el embalse de Madroñal tendrá 380 millones de m³ de embalse útil, lo que permitirá regular el caudal combinado de los ríos Calima y Bravo, a 17.5 m³/s. El conocimiento geológico que se tiene actualmente de la región indica que no habrá dificultad especial en la construcción de ninguna de las partes del proyecto desde el punto de vista de la cimentación o la apertura de túneles.

El costo total del proyecto, incluyendo el costo de transmisión - de energía al sistema de distribución de Cali y dejando un margen para contingencias e interventoría, pero excluyendo los gastos de financiación, ha sido estimado como sigue:

Primera Etapa	\$ 53'980,000
Segunda Etapa	\$ 6'550,000
Tercera Etapa	\$ 26'610,000
Cuarta Etapa	\$ 6'550,000
TOTAL	\$ 93'690,000

Los costos anteriores representan un costo de \$ 840 por KW para el desarrollo inicial (dos unidades) y de \$ 650 por KW para el desarrollo total. Tal como se muestra en el Capítulo VII, el costo de la energía puesta en Cali, al voltaje de distribución, podrá variar desde 3.38 centavos por KWH para la primera etapa de 36,000 KW hasta 1.62 centavos por KWH para la última etapa de 144,000 KW. Estas cifras tan bajas no tienen antecedentes en Colombia y son el mejor indicio de que el proyecto de Calima I es la solución óptima para atender la demanda de energía en el Valle del Cauca durante los próximos 10 años.

La fecha que se recomienda para la iniciación de la construcción dejará un margen suficiente para la terminación de los diseños finales, los dibujos y especificaciones relativos al contrato, y las especificaciones de equipo. También habrá tiempo suficiente para preparar la financiación del proyec-

to y para ejecutar el trabajo preparatorio necesario, tal como la construcción de carreteras de acceso y campamentos y las investigaciones geológicas. La primera etapa del proyecto de Calima I puede construirse en un período de 35 meses incluyendo el período dedicado a las pruebas del equipo. Si se iniciaran las operaciones de construcción en Julio de 1956, la primera etapa del proyecto se terminaría en Junio de 1959.

B. RECOMENDACIONES

1. Obras Preparatorias. Con el objeto de lograr el máximo de economía en el costo del proyecto y de suministrar al Valle del Cauca la energía necesaria dentro del menor tiempo posible, se deben emprender ciertas obras preparatorias sin la menor dilación, antes de que se comience la construcción. Los pasos iniciales de que se habla y cuya urgencia puede apreciarse en la Figura 31 (Programa de Construcción), comprenden los siguientes aspectos:

a. Estudios técnicos. Deberían contratarse los servicios de una firma competente de ingenieros consultores, tan pronto como sea posible, para llevar a cabo los estudios técnicos detallados que se requieren para la construcción del proyecto. La tarea primordial de los ingenieros consultores será la de preparar los diseños finales, los planos y especificaciones para el contrato de construcción y las especificaciones para la compra del equipo, tanto eléctrico como mecánico. Los ingenieros consultores deberán trazar también el programa de las perforaciones con taladro de corona y otras investigaciones del subsuelo, preparar las especificaciones para el contrato y supervisar e inspeccionar el trabajo del contratista que las ejecute. El contrato para estos trabajos de ingeniería deberá firmarse antes del fin del año de 1954, de modo que se inicien los estudios propiamente dichos alrededor de Enero 1^o de 1955.

b. Investigaciones del Subsuelo. Debido a la magnitud del proyecto y al hecho de que se dependa tanto de las condiciones subterráneas y de cimentación, se requiere de un extenso programa de investigaciones del subsuelo. Los detalles del programa recomendado se dan en el Apéndice A, Geología. Se recomienda que las perforaciones con taladro de corona, con un total de alrededor de 3300 metros lineales, se lleven a cabo por un contratista de perforaciones especializado en este tipo de exploración, bajo la supervisión de los ingenieros consultores que estén diseñando el proyecto. Las perforaciones deberán empezarse en el sitio de la represa de Madroñal alrededor de Abril de 1955, empezándose las investigaciones para el túnel y la casa de máquinas tan pronto como se construya la carretera de acceso.

c. Trabajo Preliminar de Construcción. Cierta parte del trabajo preparatorio de construcción debería empezarse tan pronto como sea posible sin esperarse a la adjudicación del contrato para la construcción de todo el proyecto. Lo más importante en esta construcción preparatoria es la construcción de la carretera de acceso entre Madroñal y Campoalegre. Esta carretera de acceso es importante por dos razones: primera, hará más fácil los trabajos de perforación y reducirá su costo al permitir que las máquinas perforadoras sean trasladadas fácilmente al lugar de las perforaciones o a un sitio cercano a él

y, segunda, capacitará al contratista de la construcción para iniciar con prontitud el trabajo del proyecto, sin que pierda varios meses en la construcción de carreteras de acceso. La construcción de las carreteras de acceso deberá comenzarse en Enero de 1955. Es aconsejable también el que se construya un número limitado de campamentos antes de la construcción del proyecto, de tal manera que el contratista disponga de alojamiento adecuado para el primer grupo de trabajadores que lleve a la obra y para que el personal de ingenieros y el de administración sea debidamente alojado al principio de la construcción. Es de esperarse que el contratista de la construcción ampliará suficientemente los campamentos. La iniciación de este trabajo se puede demorar hasta Septiembre de 1955, aunque para ventaja de los ingenieros consultores y del personal del contratista de las perforaciones, debería hacerse la construcción de los campamentos a una mayor brevedad.

2. Conservación. El Departamento puede tomar dos medidas, encaminadas a evitar el que la erosión del terreno en la hoya del Calima llegue a constituir un problema. Se recomienda el que se establezca una estación en la hoya del Alto Calima para la conservación de suelos. Además de los beneficios propios a la conservación de suelos, tal medida reduciría la acumulación de sedimentos en el embalse. Se recomienda también que se tomen medidas legales apropiadas tales como el establecimiento de una preservación de bosques, para impedir que se talen los bosques existentes en la hoya del Calima, dado que éstos son un buen preventivo contra la erosión.

3. Otros Estudios.

a. Investigaciones Hidrológicas. Con el fin de confirmar los estimativos del caudal del Río Bravo que se han hecho en este informe, debería establecerse una estación de aforos en dicho río en las cercanías de la elevación 1420, lo más pronto posible. Deberían establecerse varias estaciones de aforos en el Calima, el Azul y otros tributarios, de tal manera que se disponga de información para el diseño de futuras plantas hidroeléctricas en el Bajo Calima, aguas abajo de Calima I.

b. Levantamientos Topográficos. Se deberían efectuar levantamientos aerofotográficos de toda la hoya del Calima, iniciándolos de preferencia en el Alto Calima y en el Bravo. Estos levantamientos harán posible la determinación exacta de las áreas de las hoyas hidrográficas, lo que sería de gran ayuda para el estudio de las características hidrológicas de los ríos. Tales levantamientos serán también de un valor incalculable en el planeamiento de proyectos ulteriores en el Calima y sus tributarios.

Se requieren también levantamientos topográficos detallados del sitio de desviación del Río Bravo y a lo largo de la conducción del mismo, ya que tales levantamientos estaban fuera del alcance del presente estudio.

FIGURAS

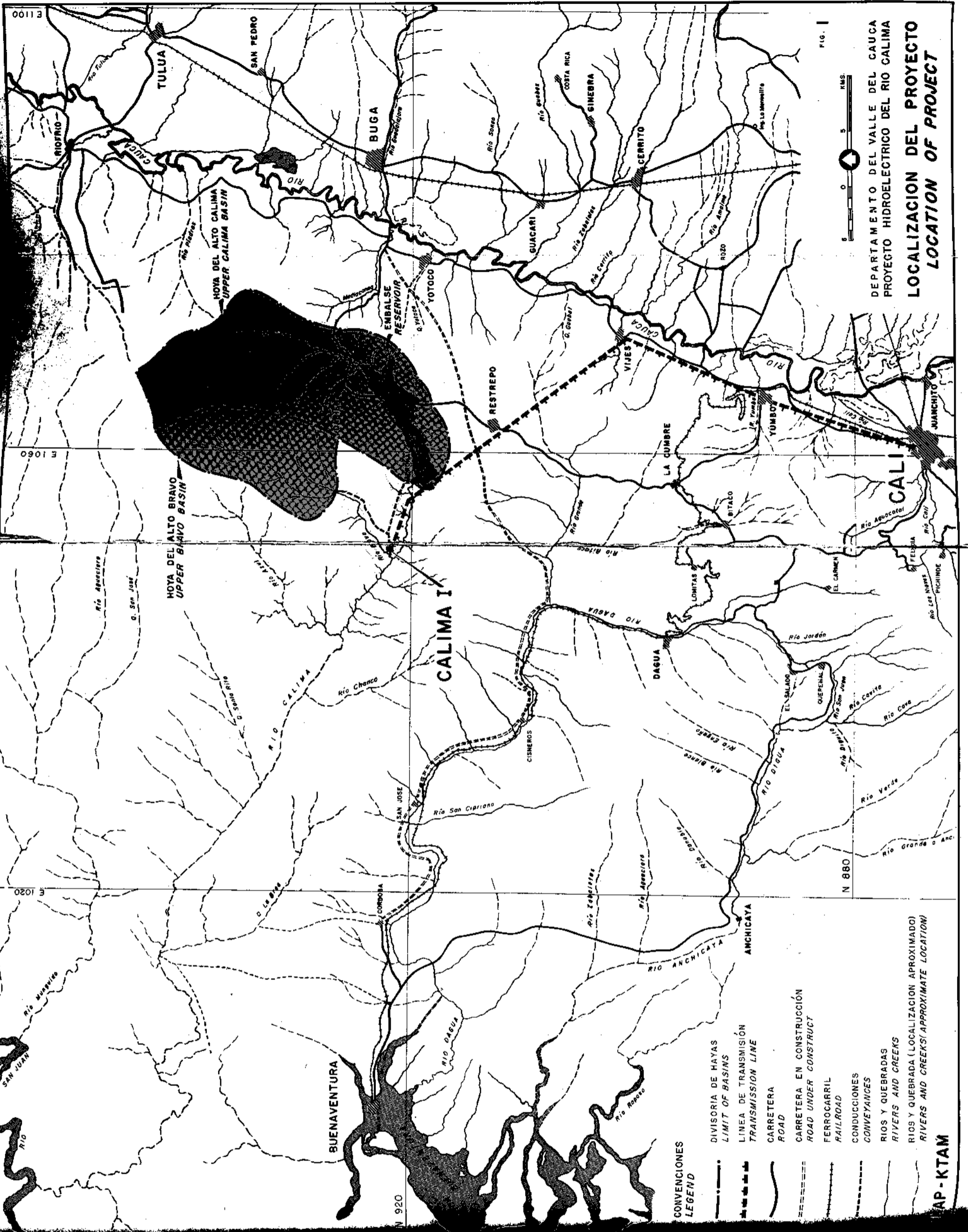


FIG. 1
 DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
 LOCALIZACION DEL PROYECTO
 LOCATION OF PROJECT

AP-KTAM

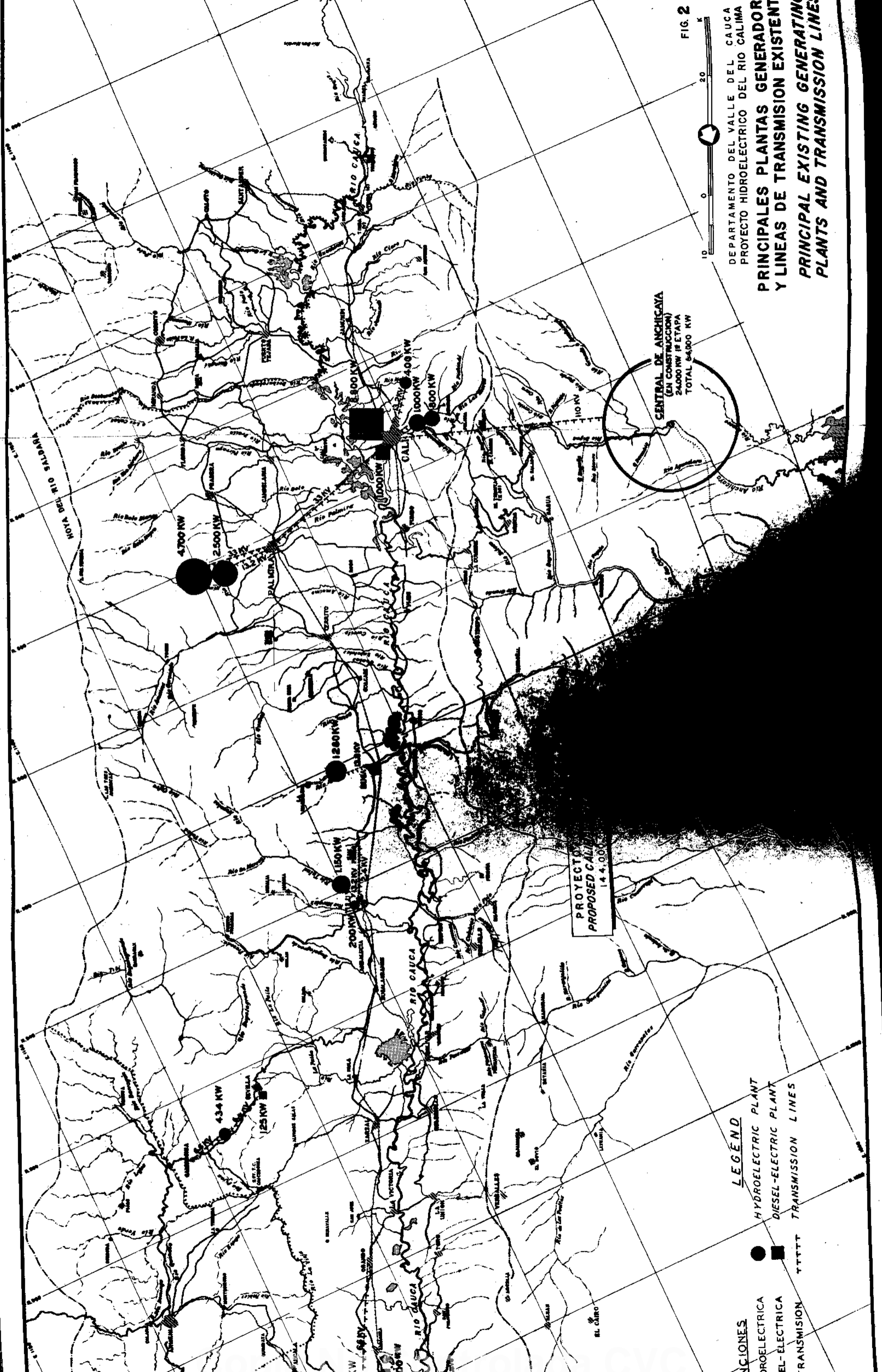


FIG. 2

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
**PRINCIPALES PLANTAS GENERADORAS
 Y LINEAS DE TRANSMISION EXISTENTE**
**PRINCIPAL EXISTING GENERATING
 PLANTS AND TRANSMISSION LINES**

CENTRAL DE ANCHICAYA
 (EN CONSTRUCCION)
 24000 KW 18 ETAPA
 TOTAL 94000 KW

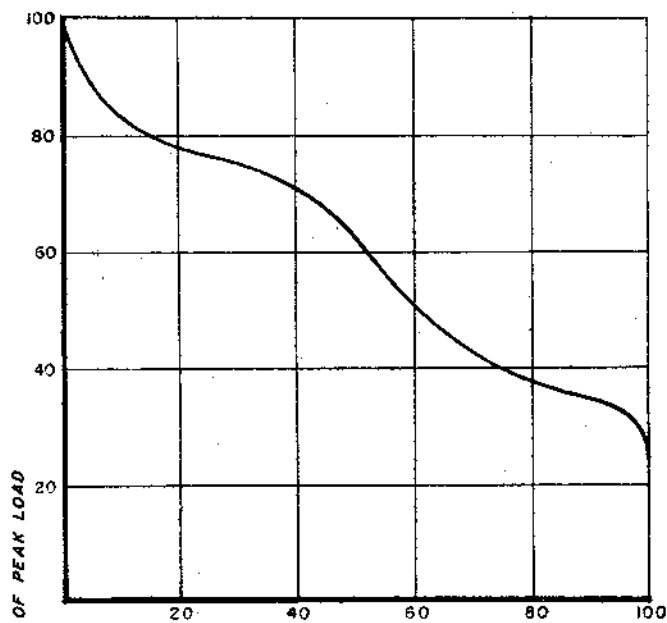
PROYECTO
 PROPOSED CALIMA
 144,000

LEGEND

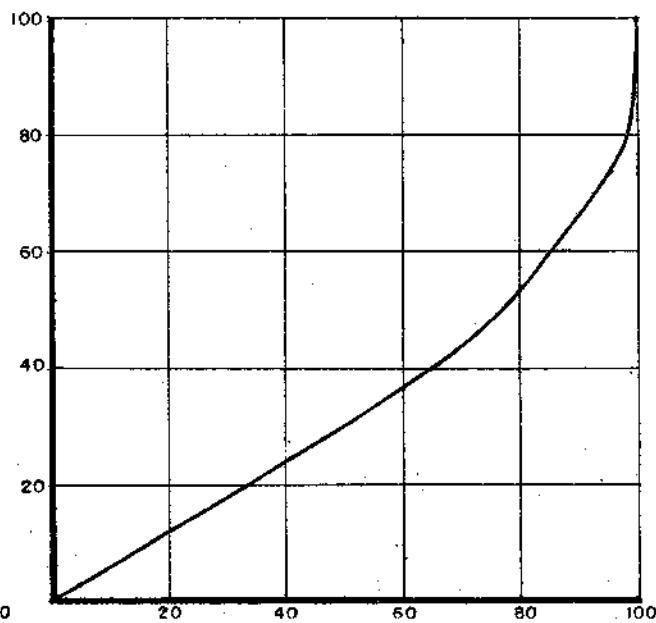
- HYDROELECTRIC PLANT
- DIESEL-ELECTRIC PLANT
- TTTT TRANSMISSION LINES

LEGENCIONES

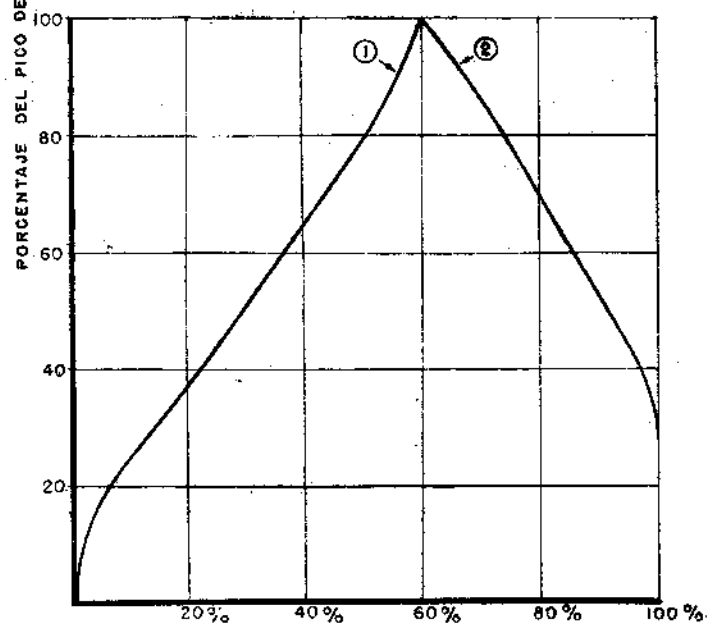
- HIDROELECTRICA
- DIESEL-ELECTRICA
- TTTT E TRANSMISION



PORCENTAJE DEL TIEMPO
 PERCENT OF TIME
CURVA DE DURACION DE CARGAS
DURATION CURVE



PORCENTAJE DE ENERGIA TOTAL EN LA BASE DE CARGA
 PERCENT OF TOTAL ENERGY IN BASE LOAD
CURVA DE MASAS
MASS CURVE

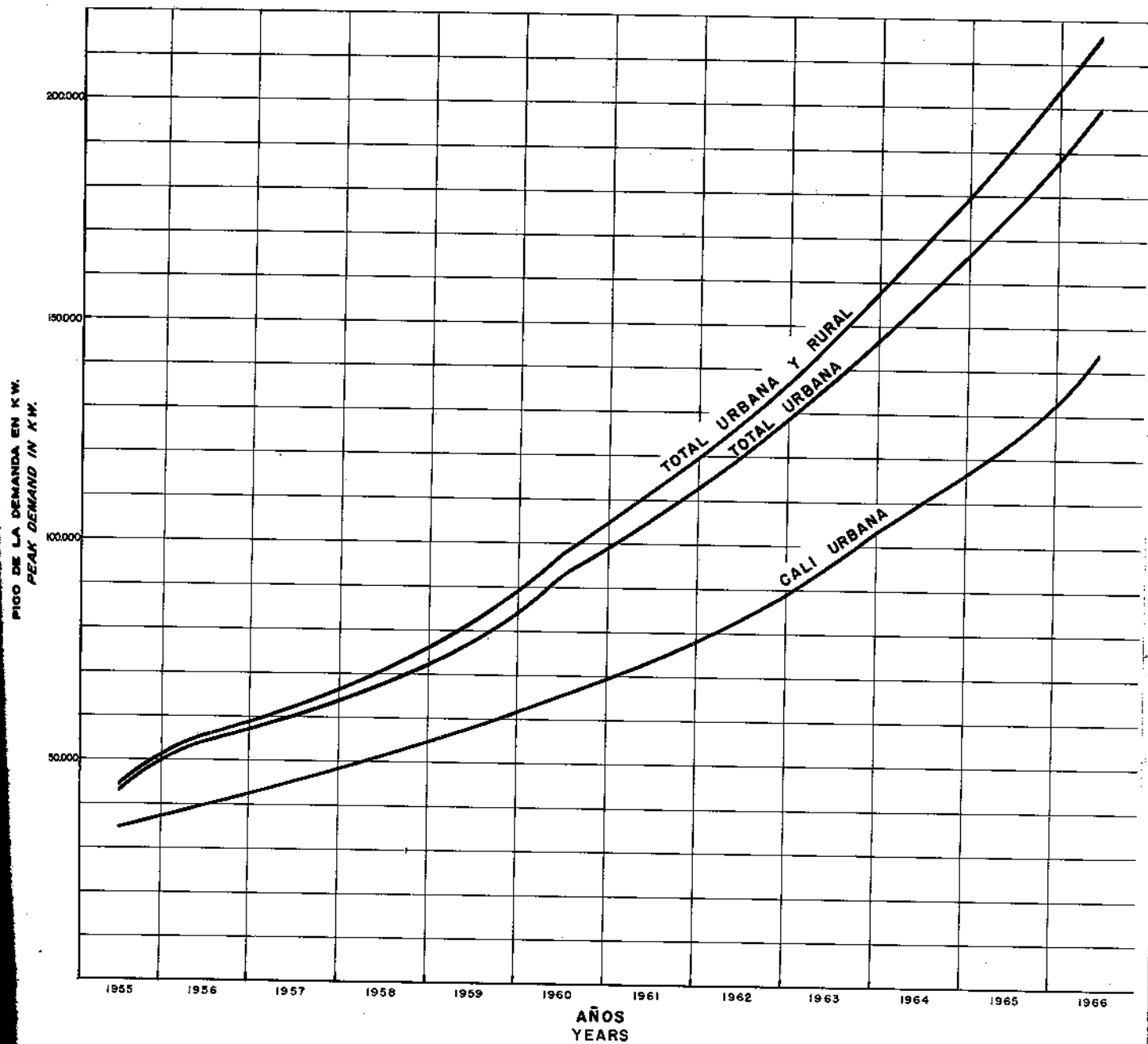


FACTOR DE CARGA
LOAD FACTOR

- ① FACTOR DE CARGA COMO PLANTA DE PICO
LOAD FACTOR FOR PEAK LOAD PLANT
- ② FACTOR DE CARGA COMO PLANTA DE BASE
LOAD FACTOR FOR BASE LOAD PLANT

CARACTERISTICAS DE LA CARGA DEL SISTEMA
CON FACTOR DE CARGA SEMANAL DEL 60%

SYSTEM LOAD CHARACTERISTICS
AT 60% WEEKLY LOAD FACTOR

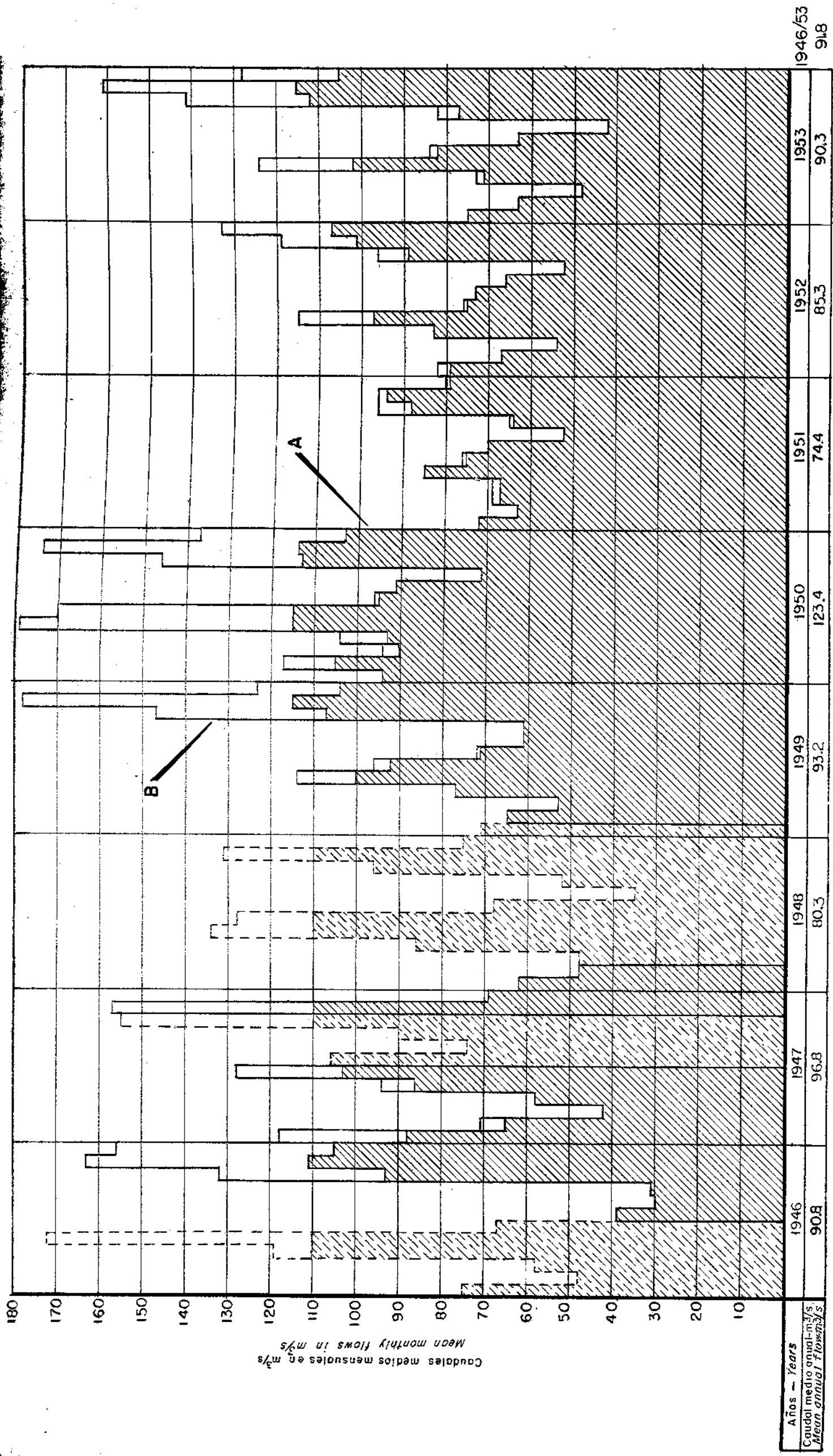


DEMANDA FUTURA DE CAPACIDAD GENERADORA
 SISTEMA INTERCONECTADO DEL VALLE DEL CAUCA (veanse cuadros 5 y 6)

FUTURE DEMAND FOR GENERATING CAPACITY
 INTERCONNECTED SYSTEM OF THE CAUCA VALLEY (see tables 5 and 6)

FIG. 4

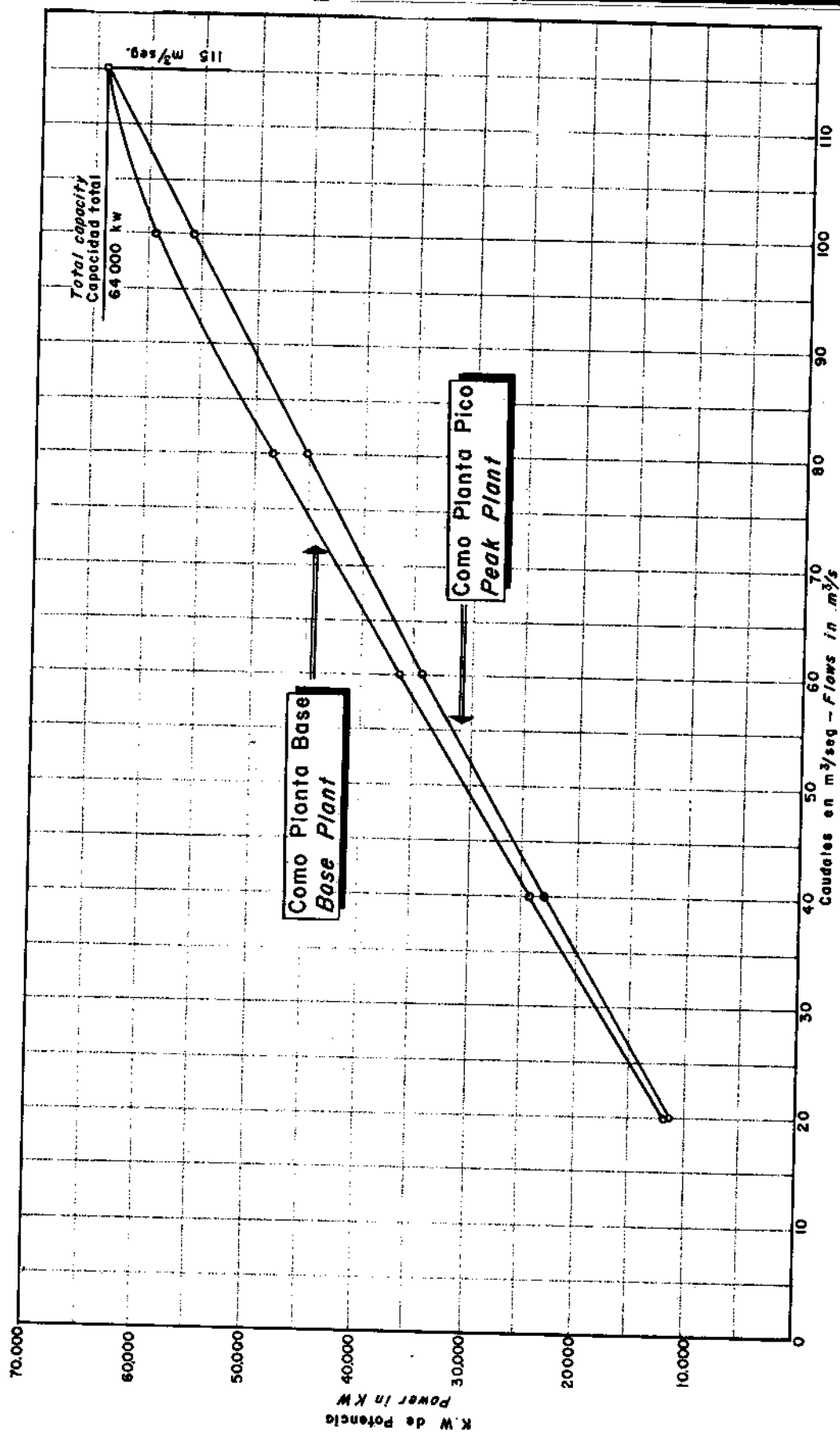
4



NOTA La parte punteada corresponde a valores calculados con base en los caudales del río Calima
NOTE Dotted lines correspond to values computed from records of Calima river

A-CAUDALES UTILIZABLES
(LIMITADOS A UN PROMEDIO
DIARIO DE 115 m³/s)
AVAILABLE FLOWS
(LIMITED TO A DAILY
AVERAGE OF 115 m³/s)

B-HIDROGRAMA MENSUAL DEL RIO ANCHICAYA
(ESTACION DE AFOROS V-10)
MONTHLY HYDROGRAPH OF THE ANCHICAYA RIVER
(GAGING STATION V-10)



CENTRAL DEL RIO ANCHICAYA
 CAPACIDAD GENERADORA
 ANCHICAYA POWER PLANT
 GENERATING CAPACITY

EMBALSE DE MADROÑAL
1402.5

RIO BRAVO
1420.0

RIO AZUL
830.0

CALIMA I

Q. CRISTALINA
800.0

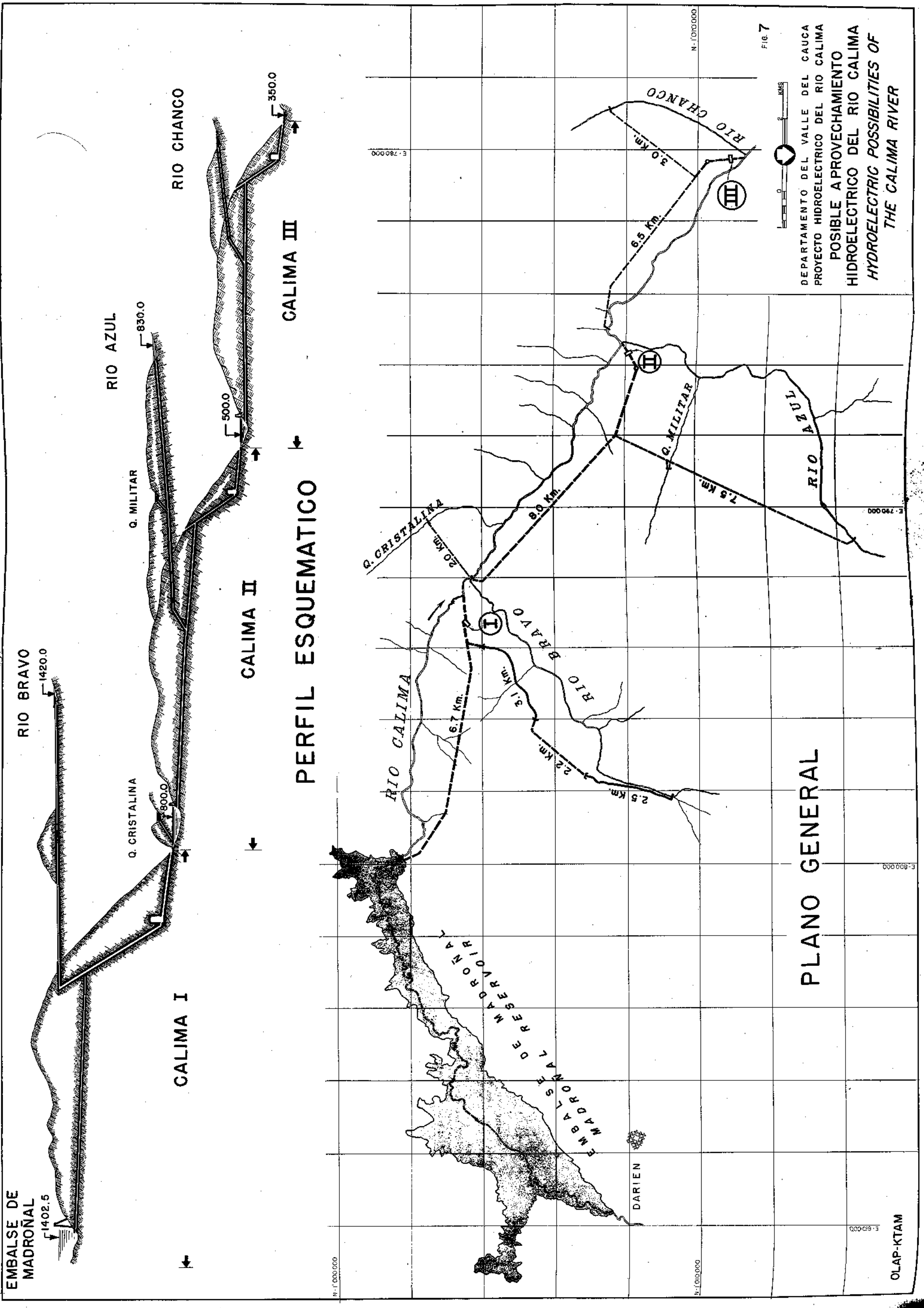
Q. MILITAR
500.0

RIO CHANCO
350.0

CALIMA II

CALIMA III

PERFIL ESQUEMATICO



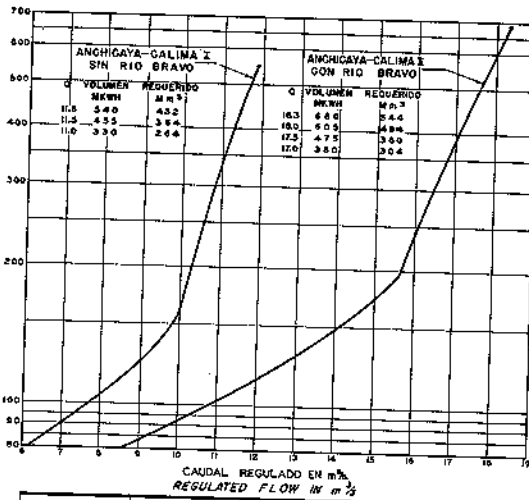
PLANO GENERAL

FIG. 7

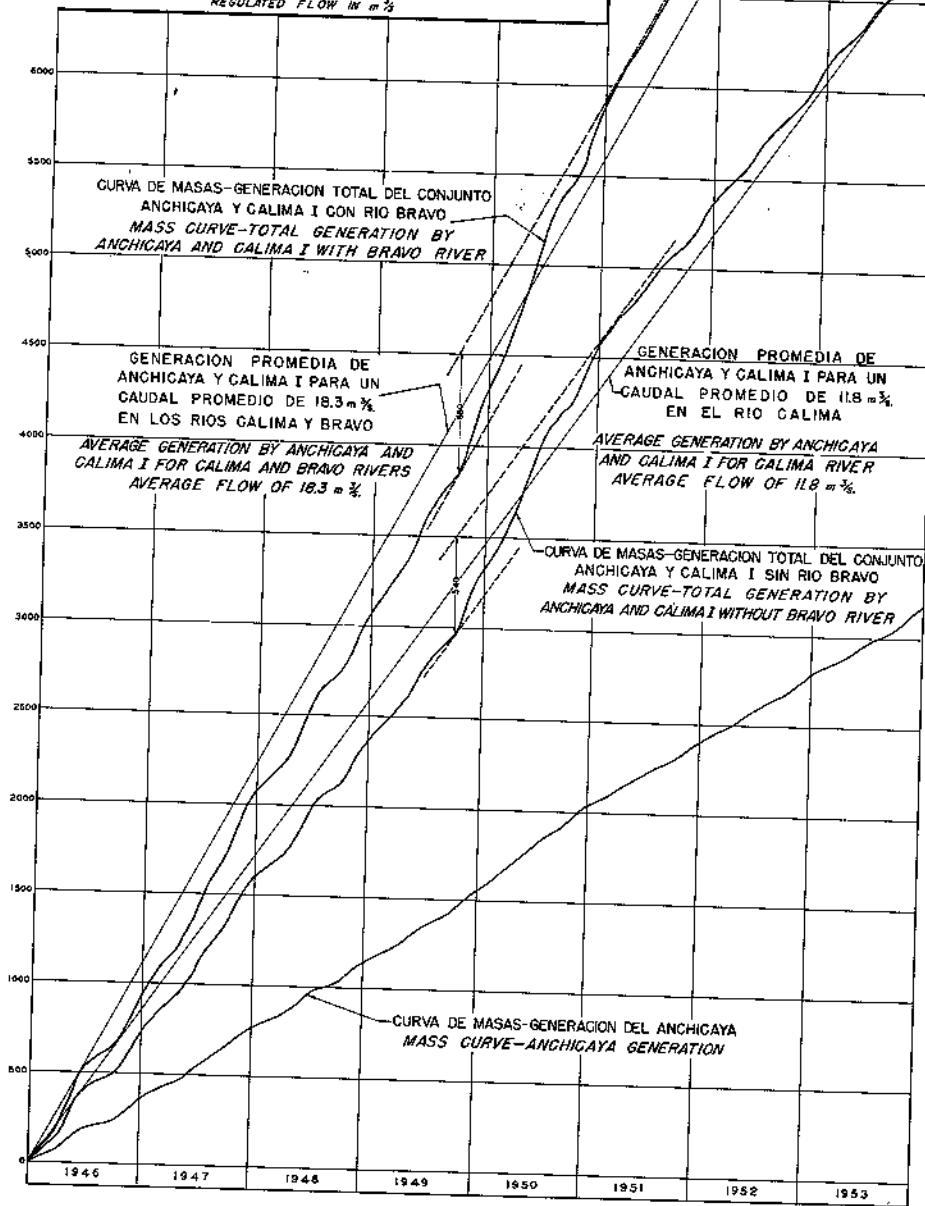
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
POSIBLE APROVECHAMIENTO
HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
THE CALIMA RIVER

OLAP-KTAM

VOLUMEN DE EMBALSE REQUERIDO EN MKWH
STORAGE REQUIRED IN KWHM



TOTALES ACUMULADOS MKWH
ACCUMULATED TOTALS IN MKWH

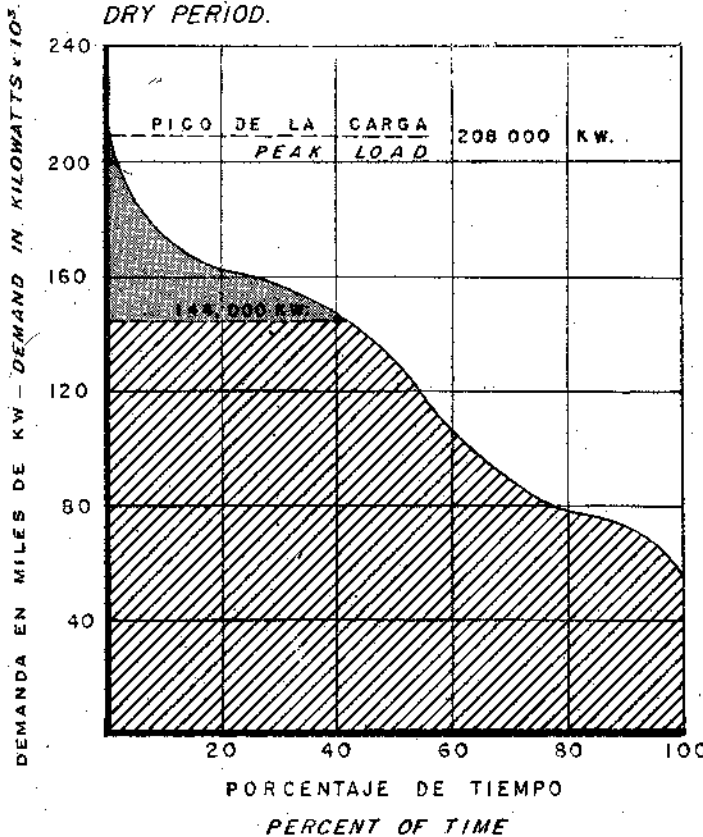


TOTALES ACUMULADOS MKWH
ACCUMULATED TOTALS IN MKWH

CENTRALES CALIMA I Y ANCHICAYA
OPERACION CONJUNTA
CALIMA I AND ANCHICAYA POWER PLANTS
COMBINED OPERATION

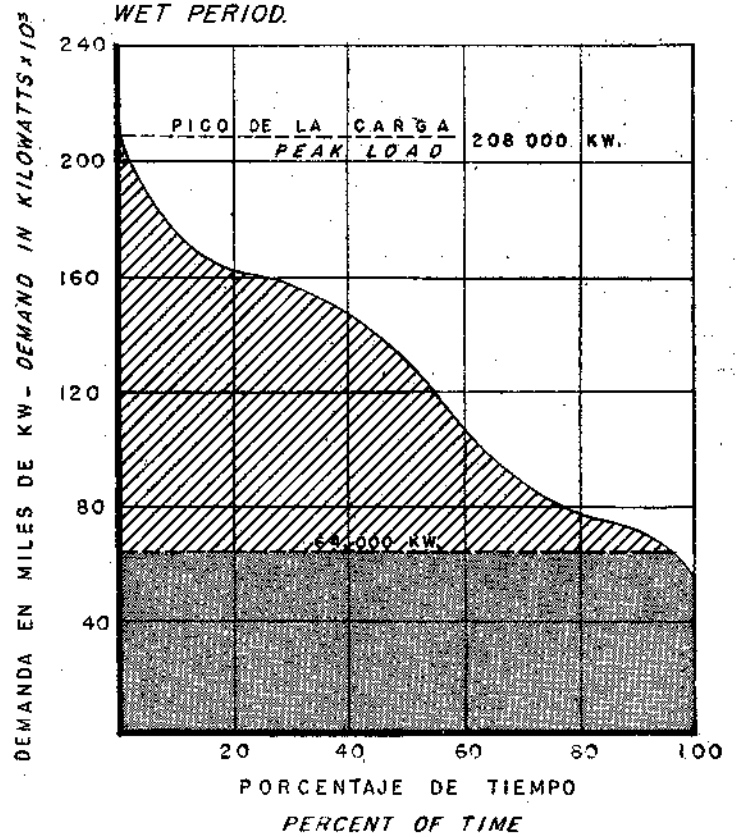
OPERACION DEL SISTEMA DURANTE PERIODOS DE ESTIAJE.

SYSTEM OPERATION DURING DRY PERIOD.



OPERACION DEL SISTEMA DURANTE PERIODOS DE GRAN AFLUENCIA.

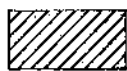
SYSTEM OPERATION DURING WET PERIOD.



ANCHICAYA 64 000 KW
 PLANTA DE PICO - F.C.=15%
 PEAK PLANT - L.F.=15%
 Qm. = 17 m³/seg.



CALIMA I - 144 000 KW
 PLANTA PICO - F.C.= 42 %
 PEAK PLANT - L.F.= 42 %
 Qm. = 13.5 m³/seg.



CALIMA I 144 000 KW
 PLANTA DE BASE - F.C.=80%
 BASE PLANT - L.F.=80%
 Qm. = 25.7 m³/seg.



ANCHICAYA - 64 000 KW
 PLANTA BASE - F.C.=99%
 BASE PLANT - L.F.= 99%
 Qm. = 111.5 m³/seg.

CENTRALES CALIMA I Y ANCHICAYA

CURVAS TIPICAS DE DURACION DE CARGA PARA-
 OPERACION CONJUNTA

TYPICAL LOAD DURATION CURVES -
 JOINT OPERATION

FIG.

9

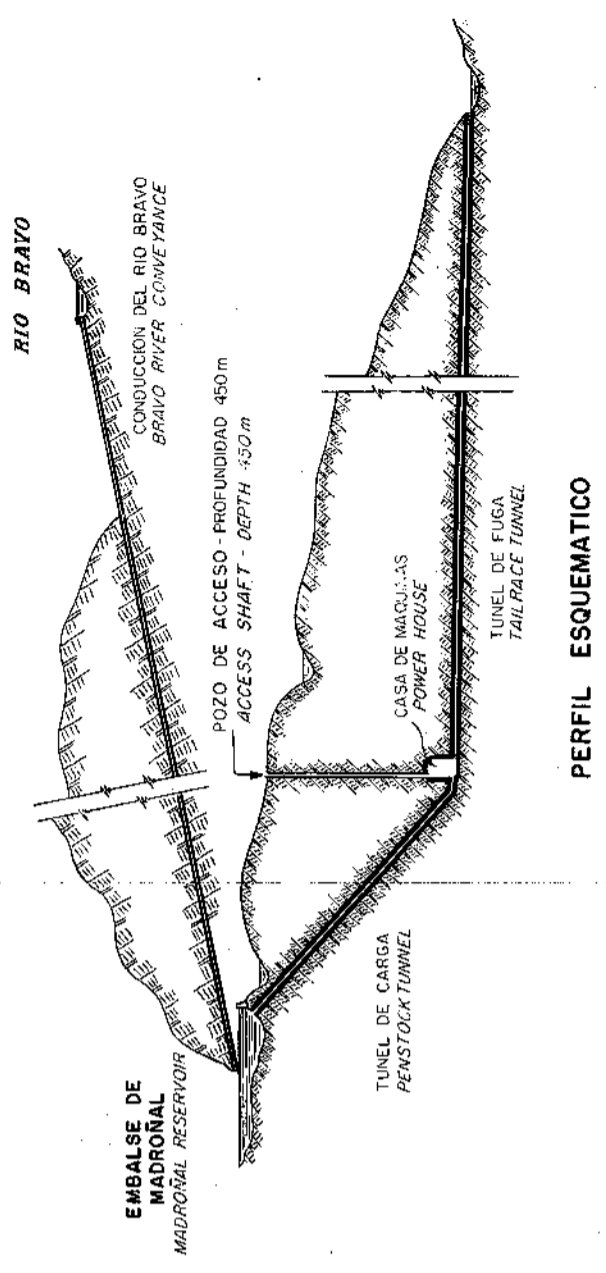
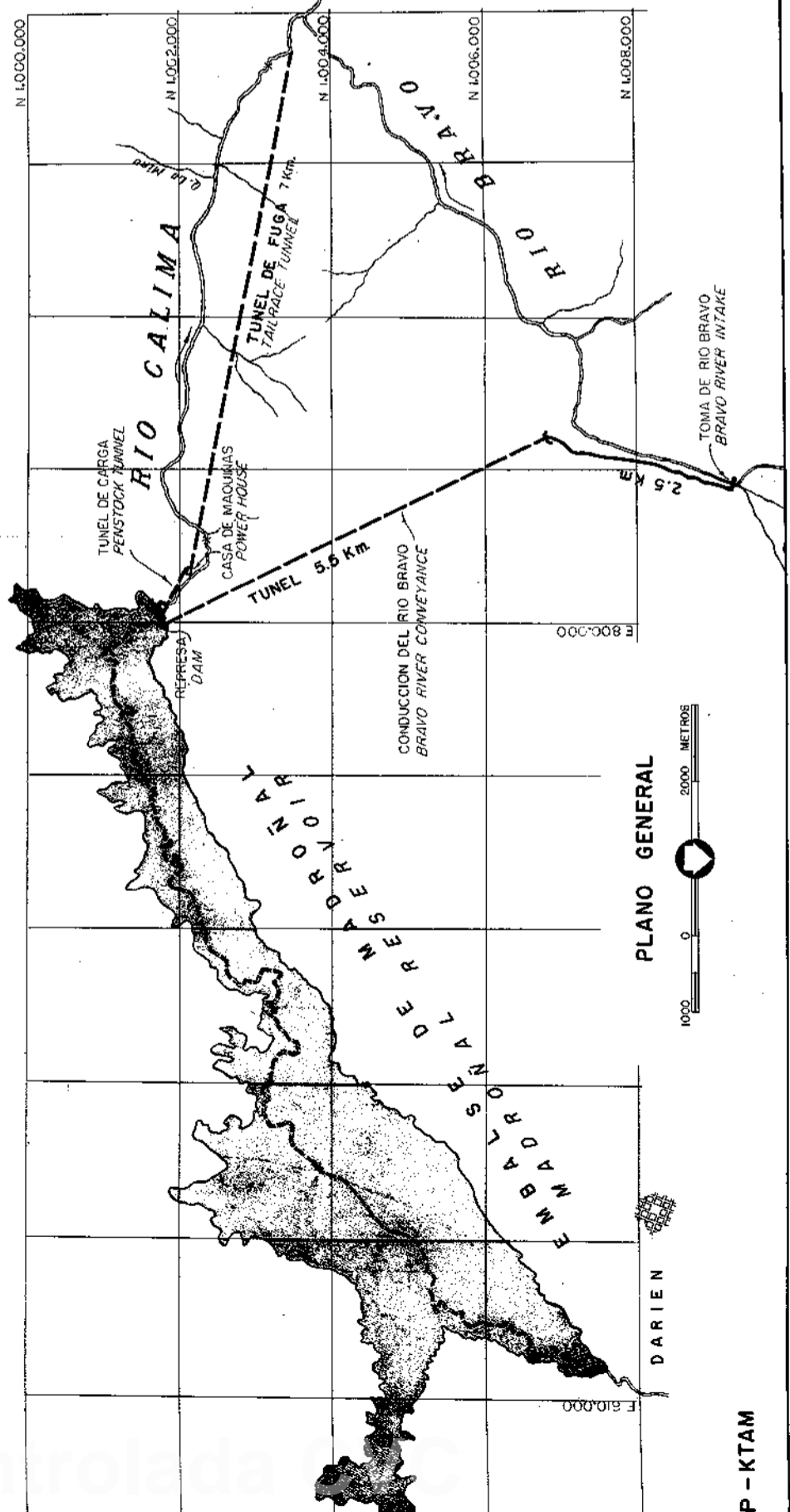
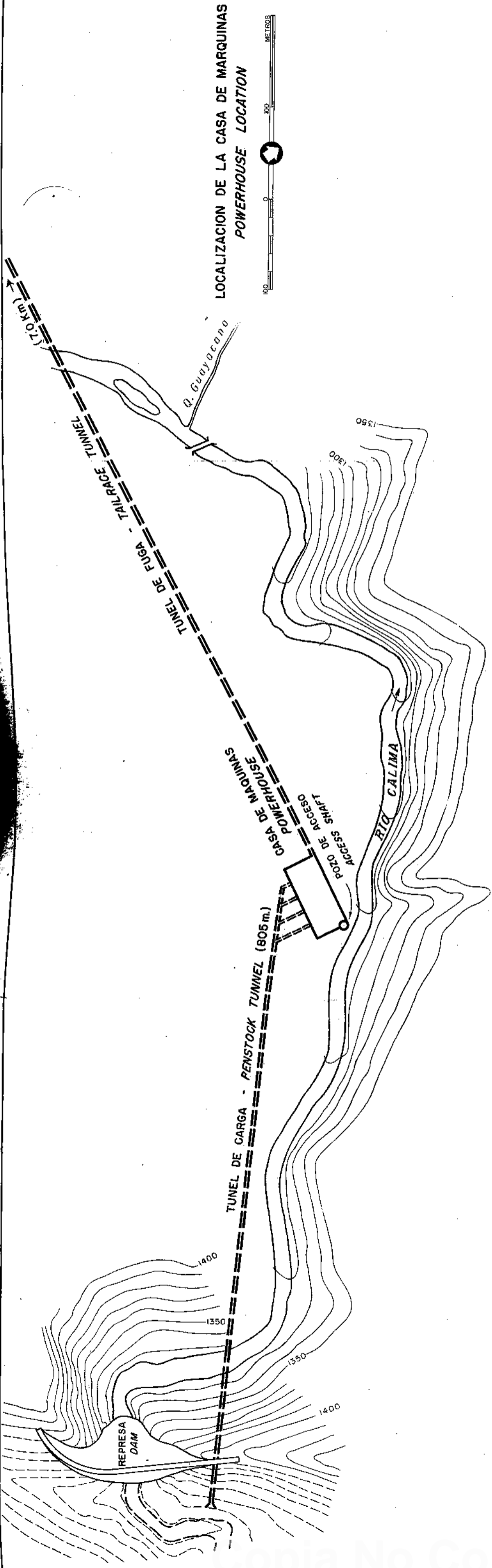
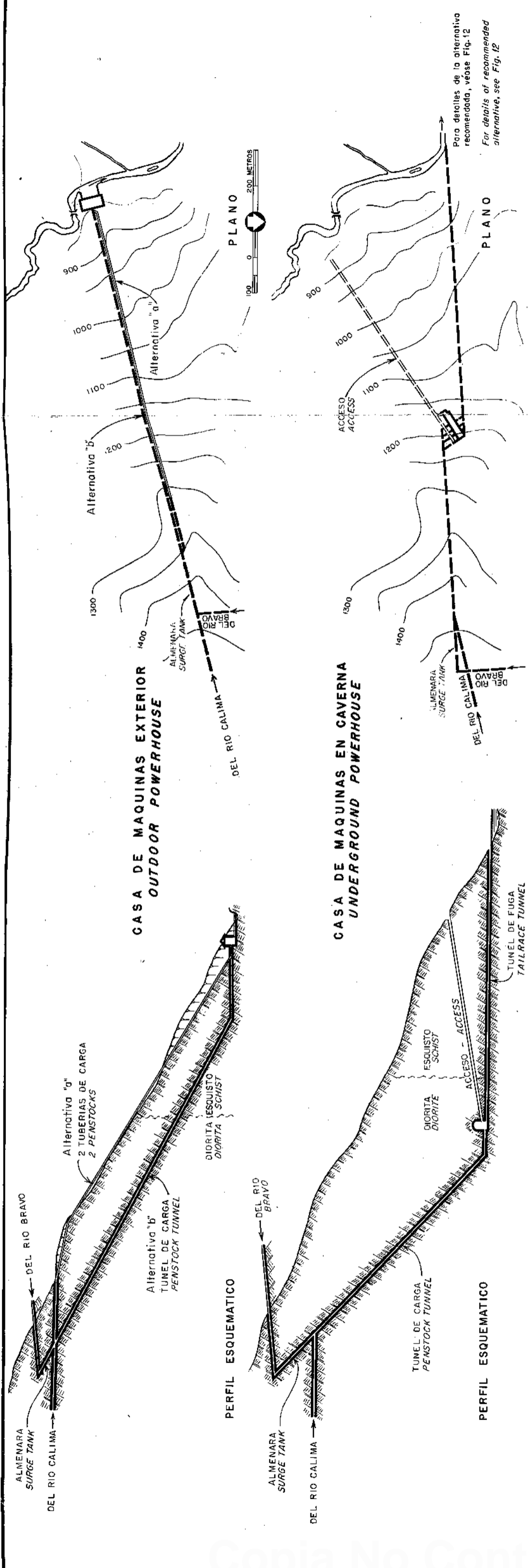


FIG. 10

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
PROYECTO. HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
ALTERNATIVA CON CASA DE MAQUINAS
AL PIE DE LA REPRESA
HEAD DEVELOPMENT ALTERNATIVE



Para detalles de la alternativa recomendada, véase Fig. 12
For details of recommended alternative, see Fig. 12

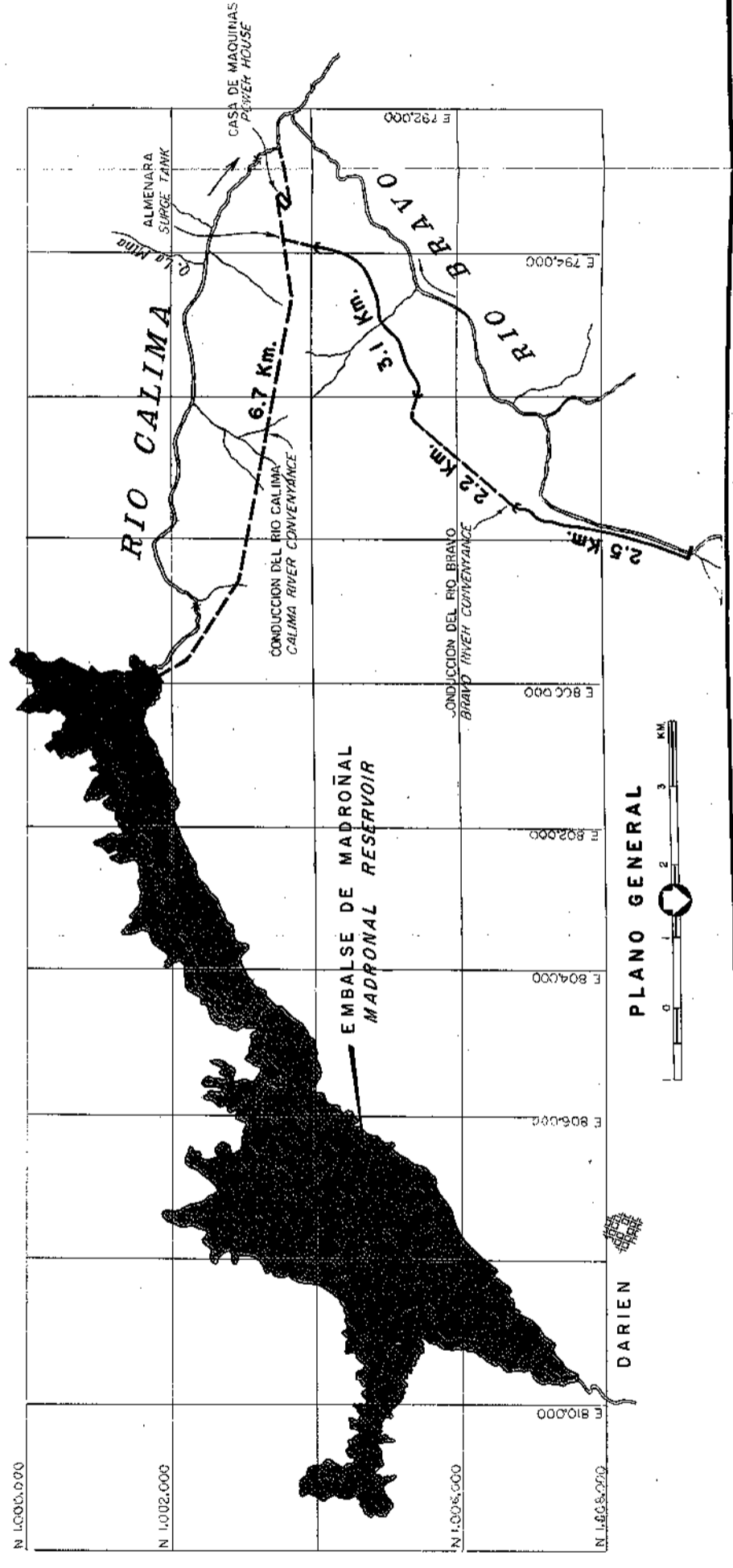
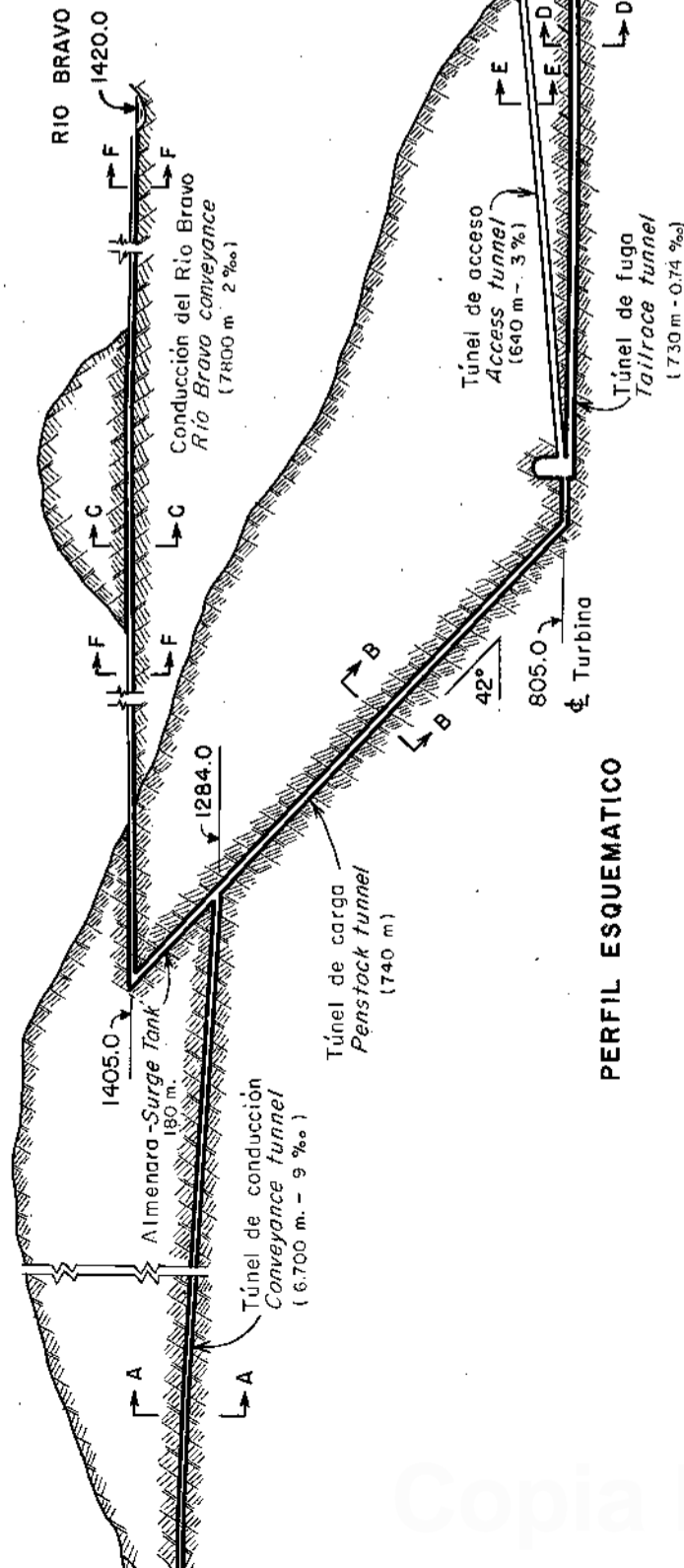
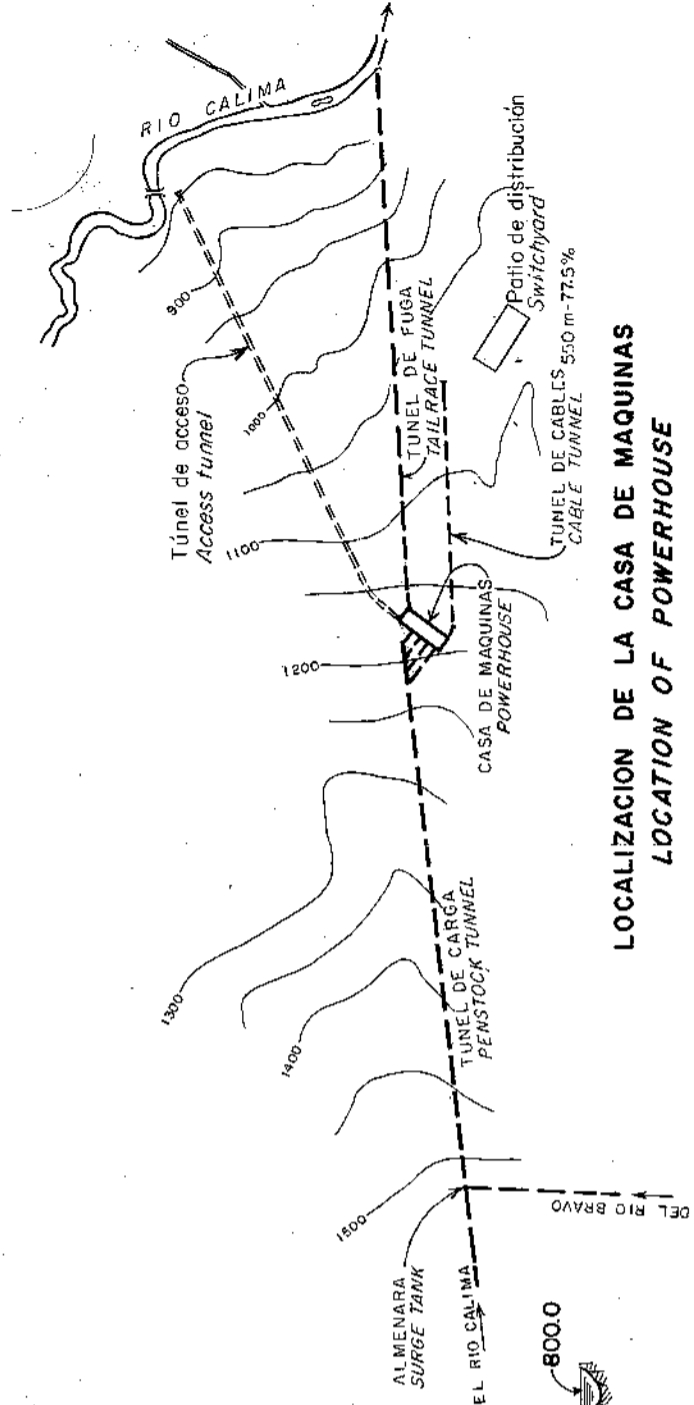


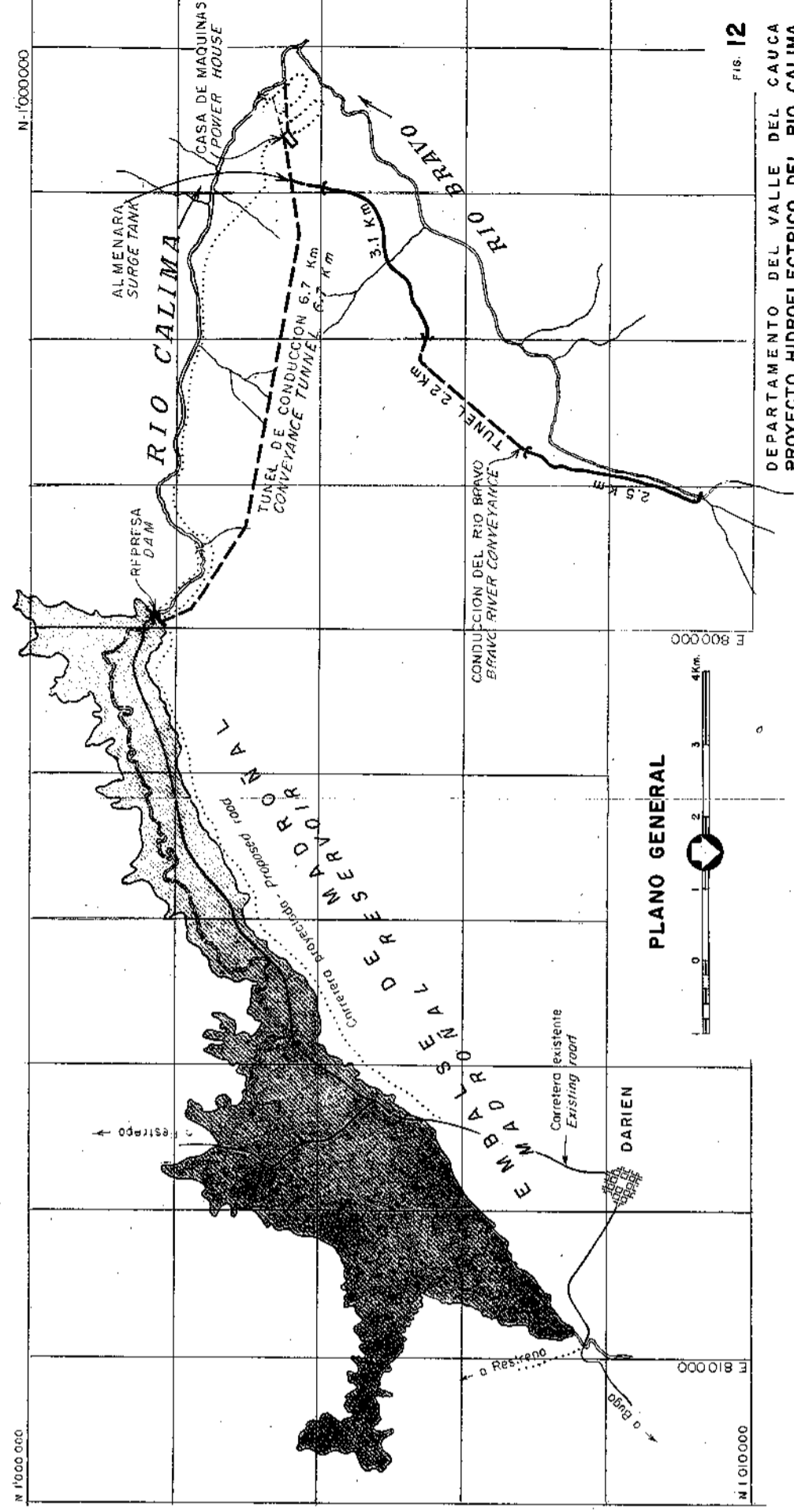
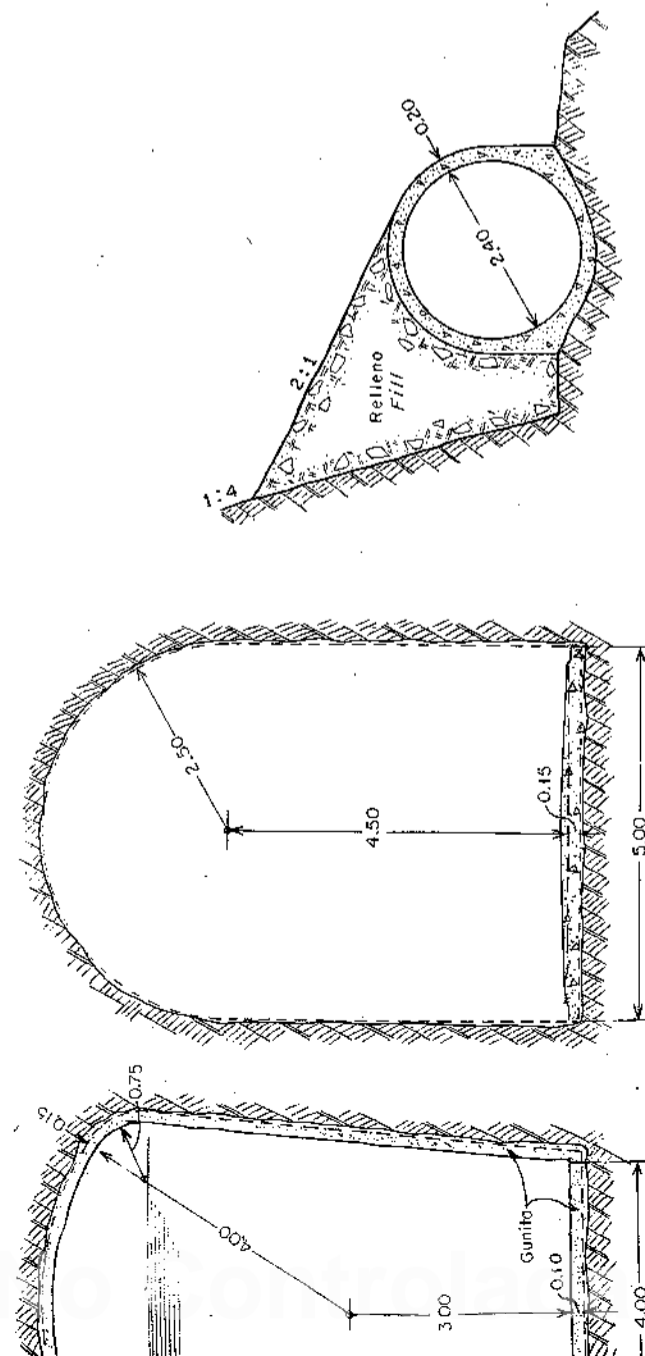
FIG. 11
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIO CALIMA
**ALTERNATIVAS CON CASA DE
MAQUINAS CERCA DEL RIO BRAVO
TAIL DEVELOPMENT ALTERNATIVES**



PERFIL ESQUEMATICO



LOCALIZACION DE LA CASA DE MAQUINAS
LOCATION OF POWERHOUSE



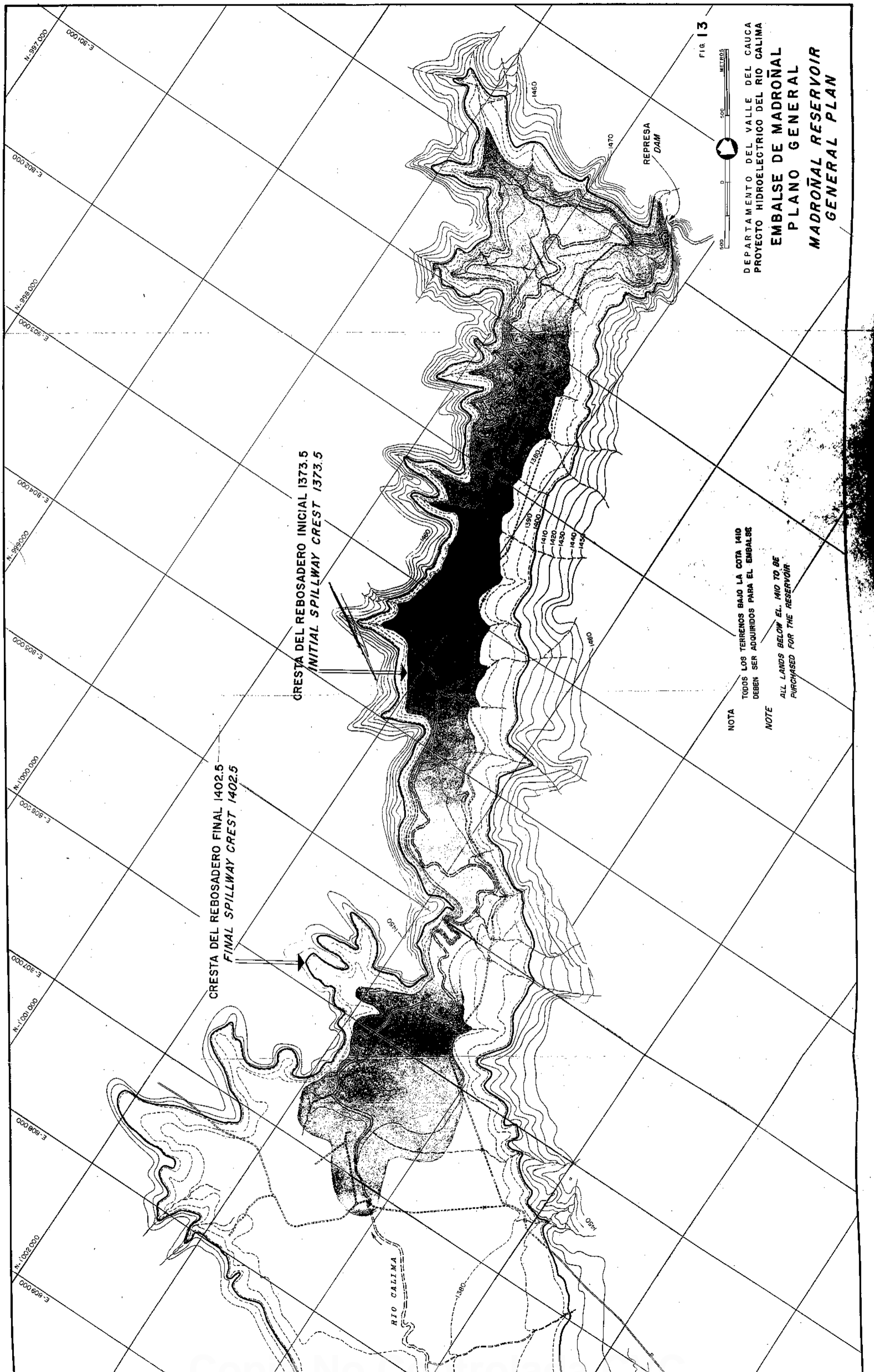


FIG. 13



DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
EMBALSE DE MADROÑAL
PLANO GENERAL
MADROÑAL RESERVOIR
GENERAL PLAN

CRESTA DEL REBOSADERO INICIAL 1373.5
 INITIAL SPILLWAY CREST 1373.5

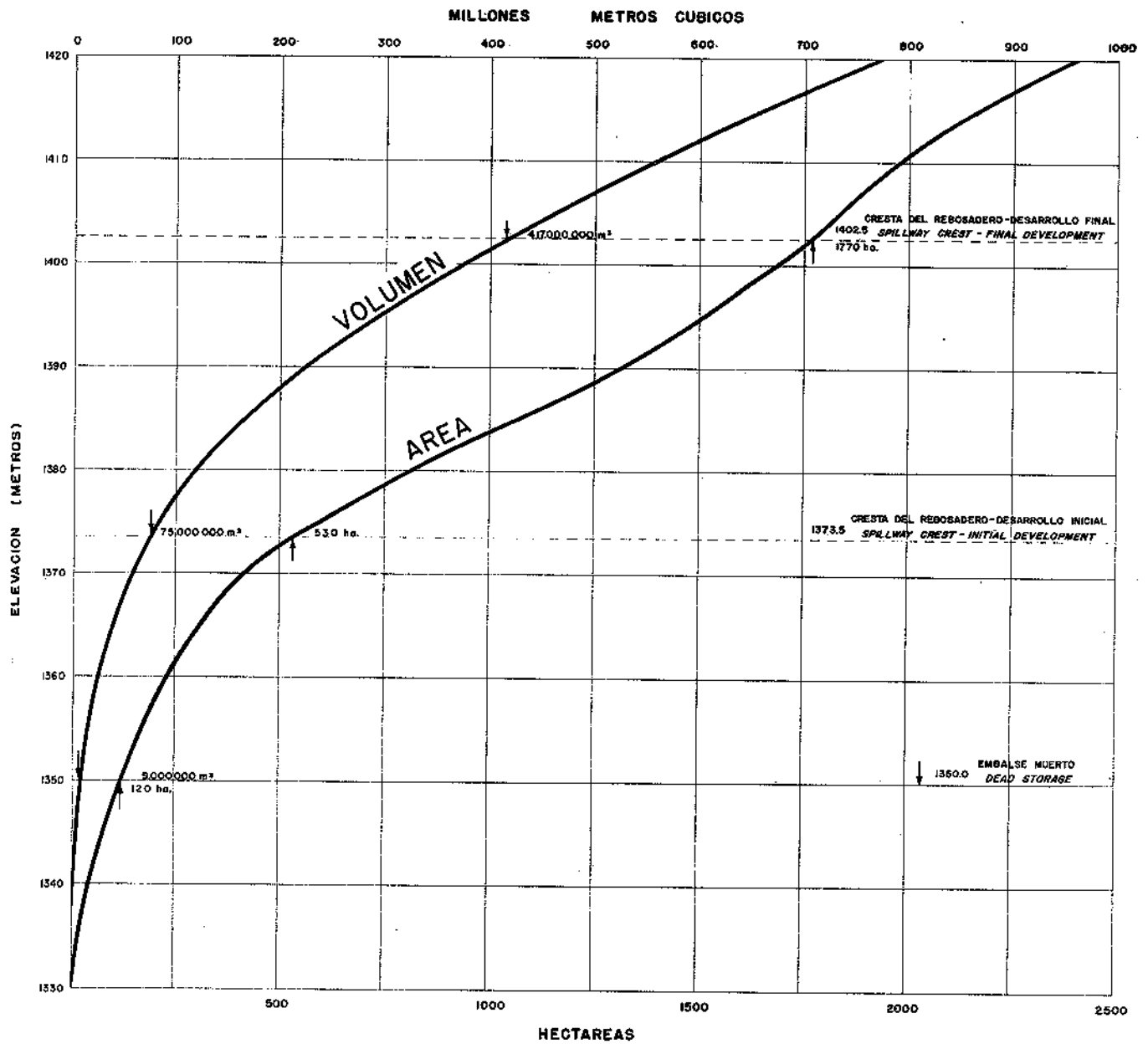
CRESTA DEL REBOSADERO FINAL 1402.5
 FINAL SPILLWAY CREST 1402.5

REPRESA
 DAM

RIO CALIMA

NOTA
 TODOS LOS TERRENOS BAJO LA COTA 1410
 DEBEN SER ADQUIRIDOS PARA EL EMBALSE

NOTE
 ALL LANDS BELOW EL. 1410 TO BE
 PURCHASED FOR THE RESERVOIR



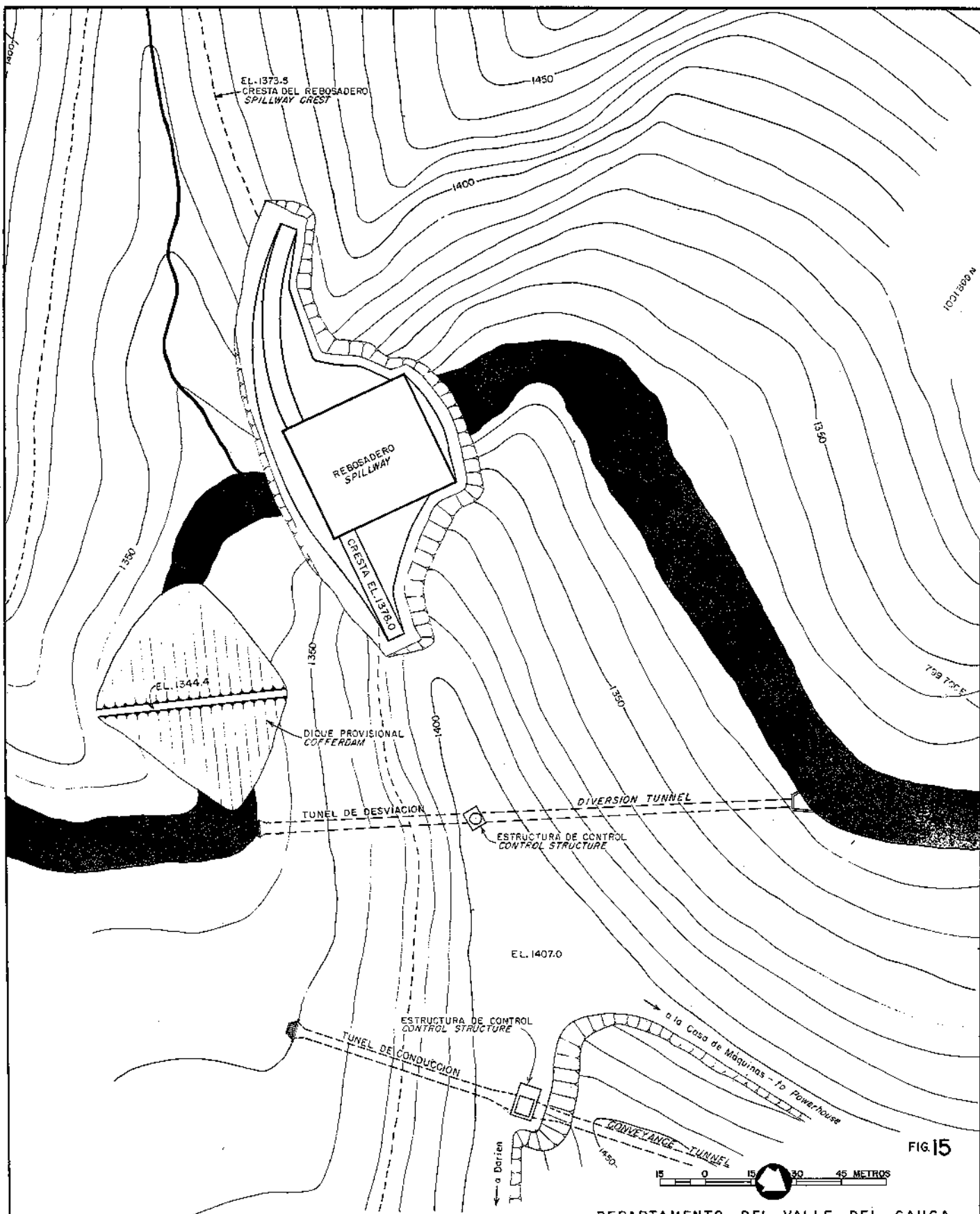


FIG 15

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO GALIMA

REPRESA DE MADROÑAL
DESARROLLO INICIAL

MADROÑAL DAM
INITIAL DEVELOPMENT

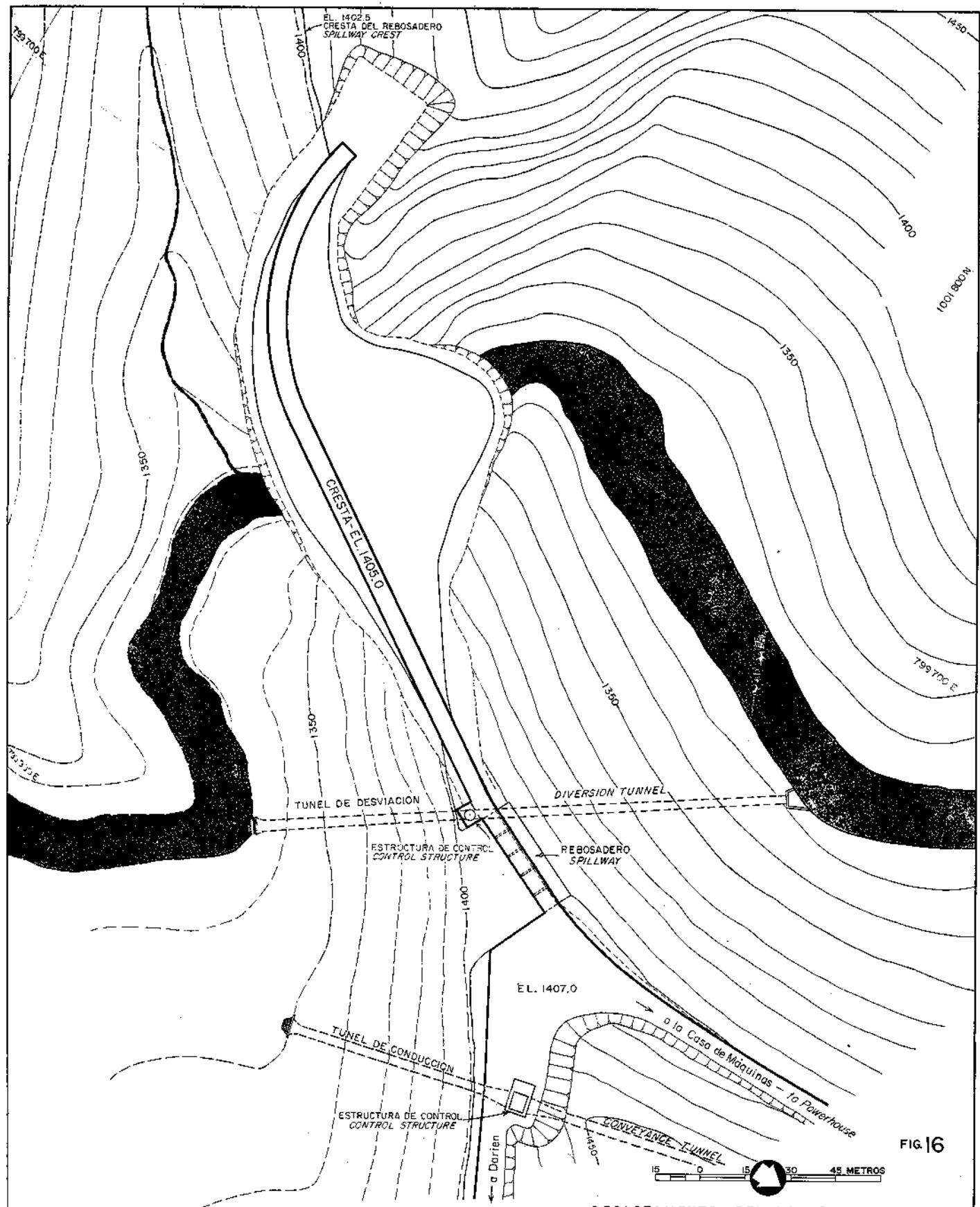


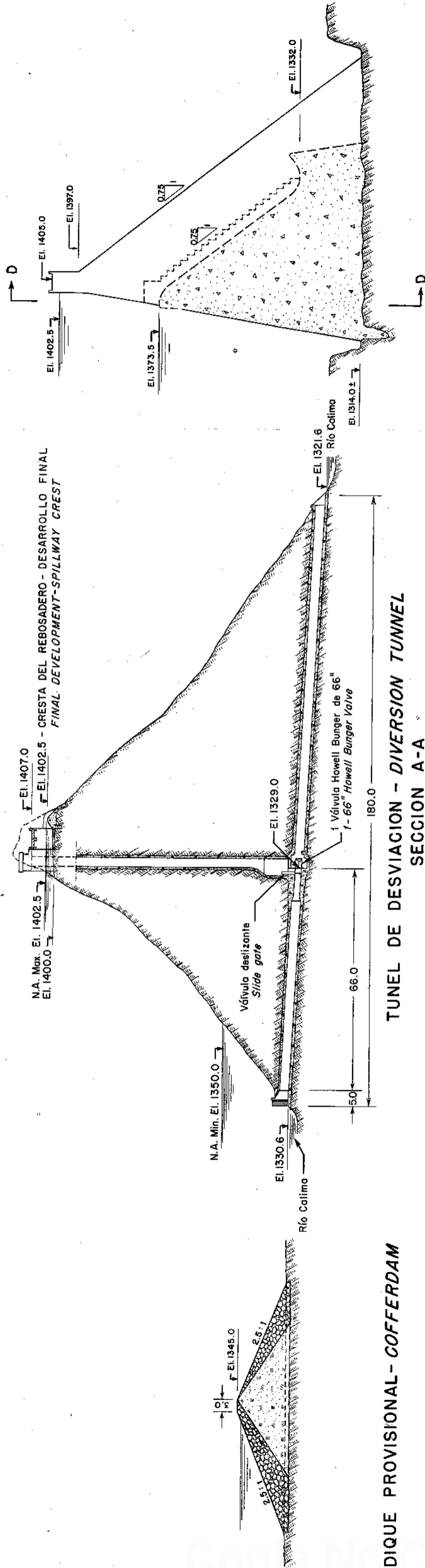
FIG. 16

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA

REPRESA DE MADROÑAL
 DESARROLLO FINAL

MADROÑAL DAM
 FINAL DEVELOPMENT

OLAP-KTAM



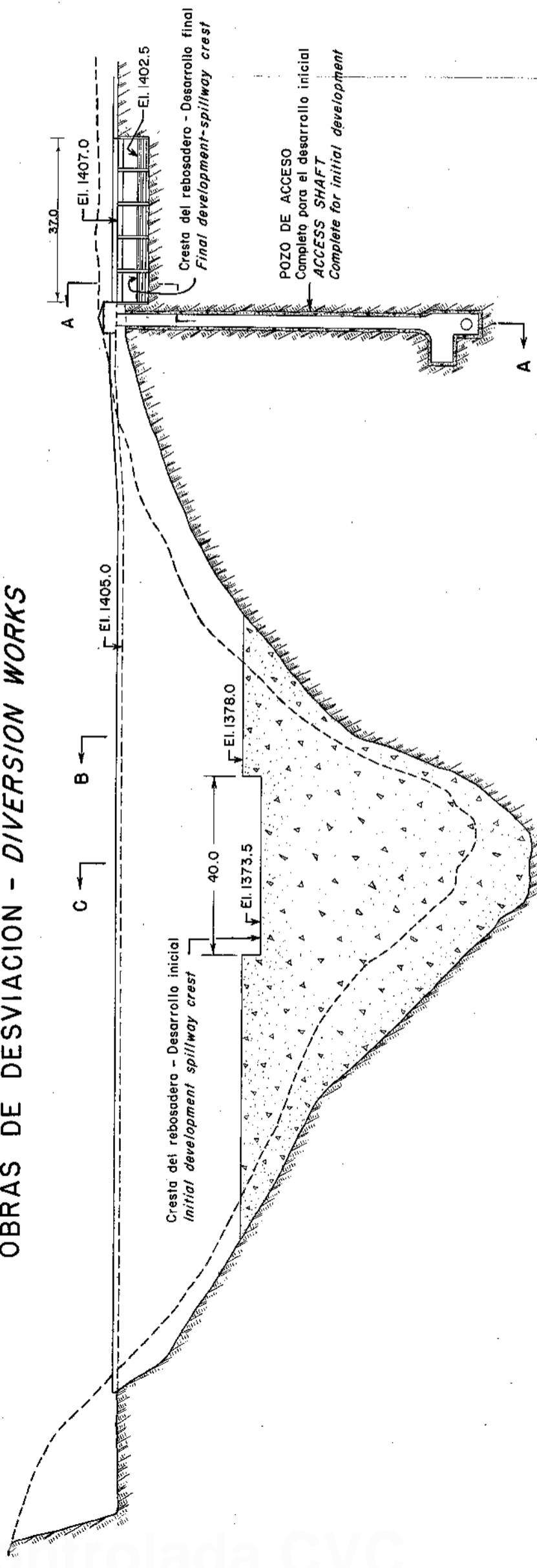
DIQUE PROVISIONAL - COFFERDAM

TUNEL DE DESVIACION - DIVERSION TUNNEL

SECCION A-A

OBRAS DE DESVIACION - DIVERSION WORKS

SECCION C-C



SECCION B-B

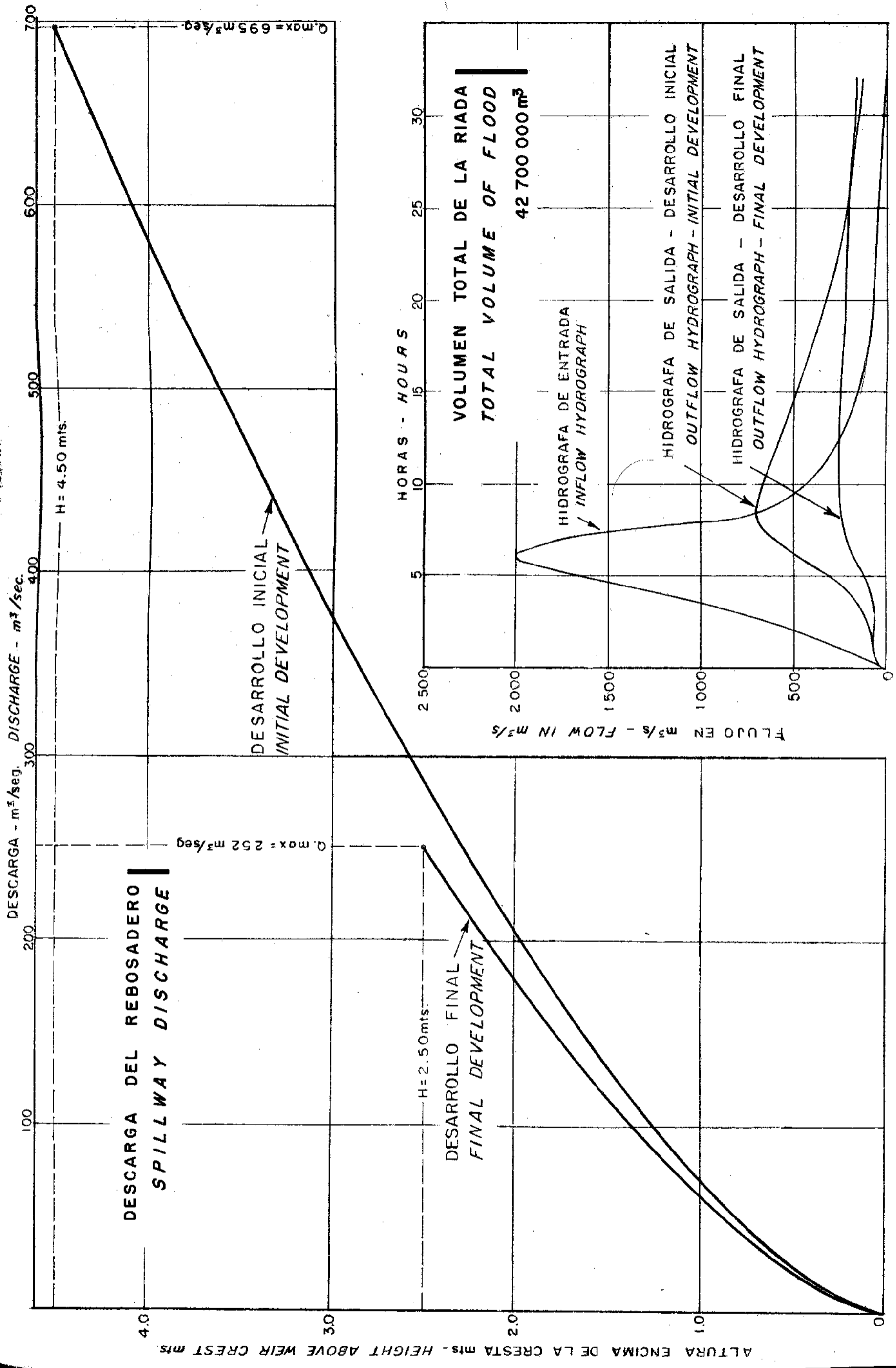
FIG 17



DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
 SECCIONES DE LA REPRESA DE
 MADRONAL Y OBRAS DE DESVIACION
 MADRONAL DAM SECTIONS
 AND DIVERSION WORKS

SECCION D-D DESARROLLADA PARALELA AL EJE DE LA REPRESA

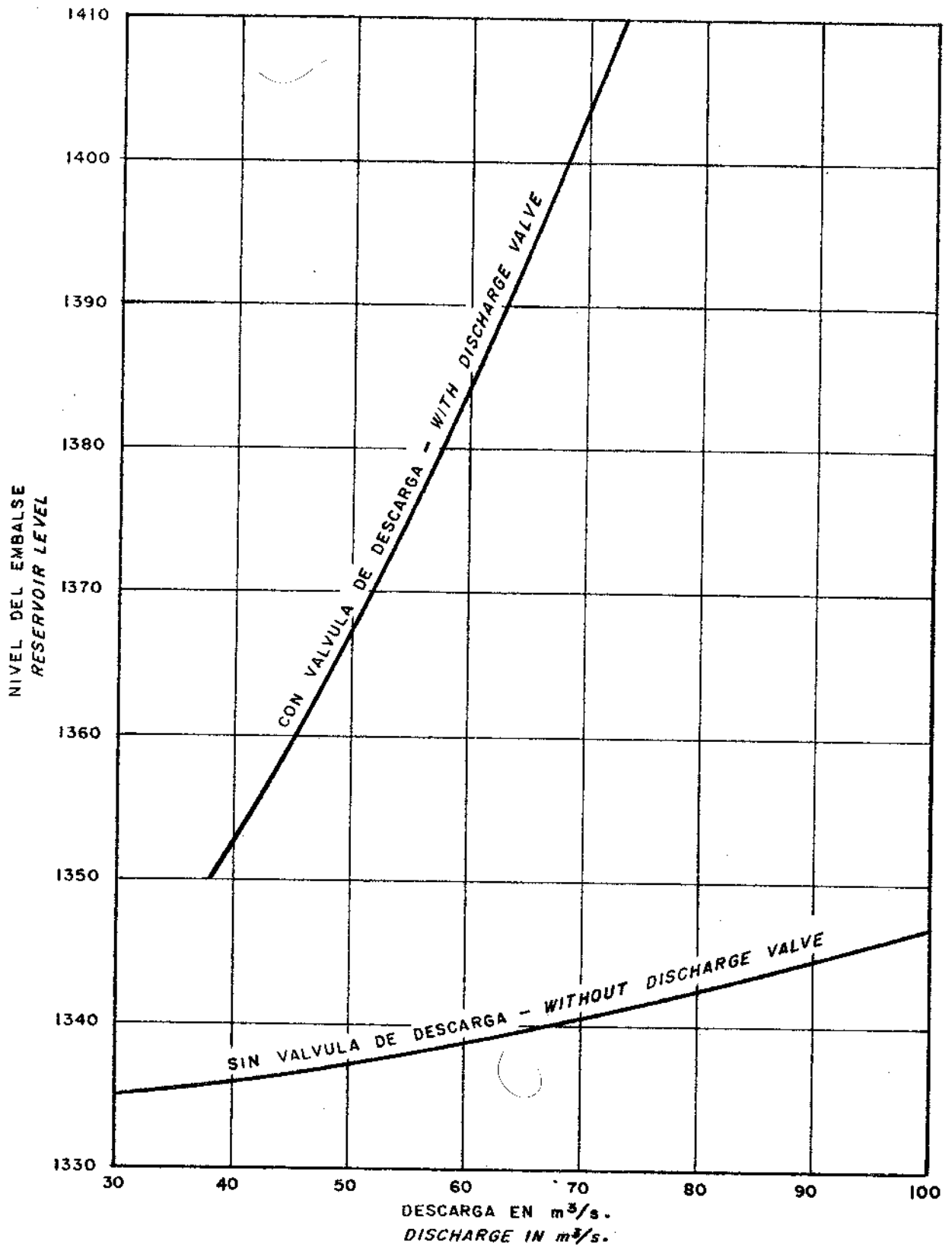
SECTION D-D DEVELOPED PARALLEL TO AXIS OF DAM



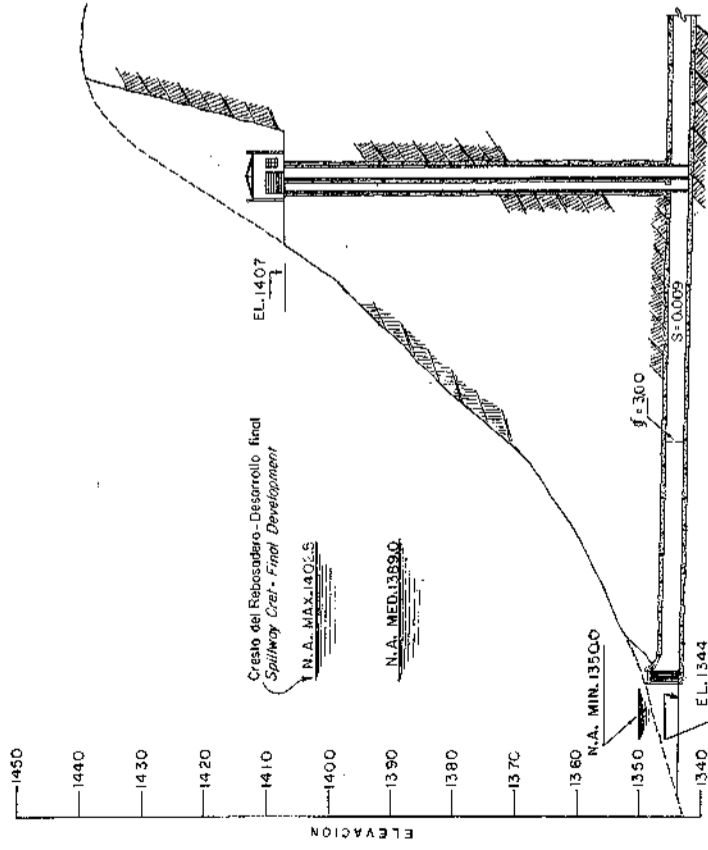
CAPACIDAD DEL REBOSADERO Y EFECTO REGULADOR DEL EMBALSE
SPILLWAY CAPACITY AND FLOOD ROUTING THROUGH RESERVOIR

FIG.

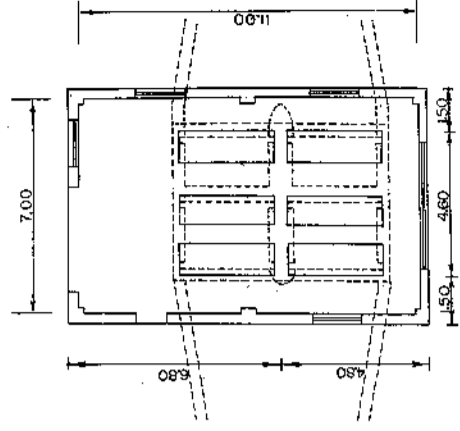
Copia No Controlada CVC



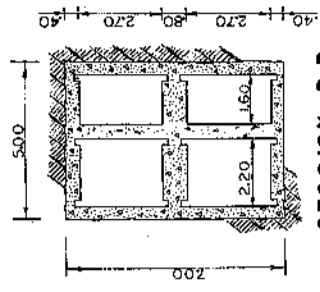
DESCARGA EN EL TUNEL DE DESVIACION | FIG. 19
 DIVERSION TUNNEL DISCHARGE



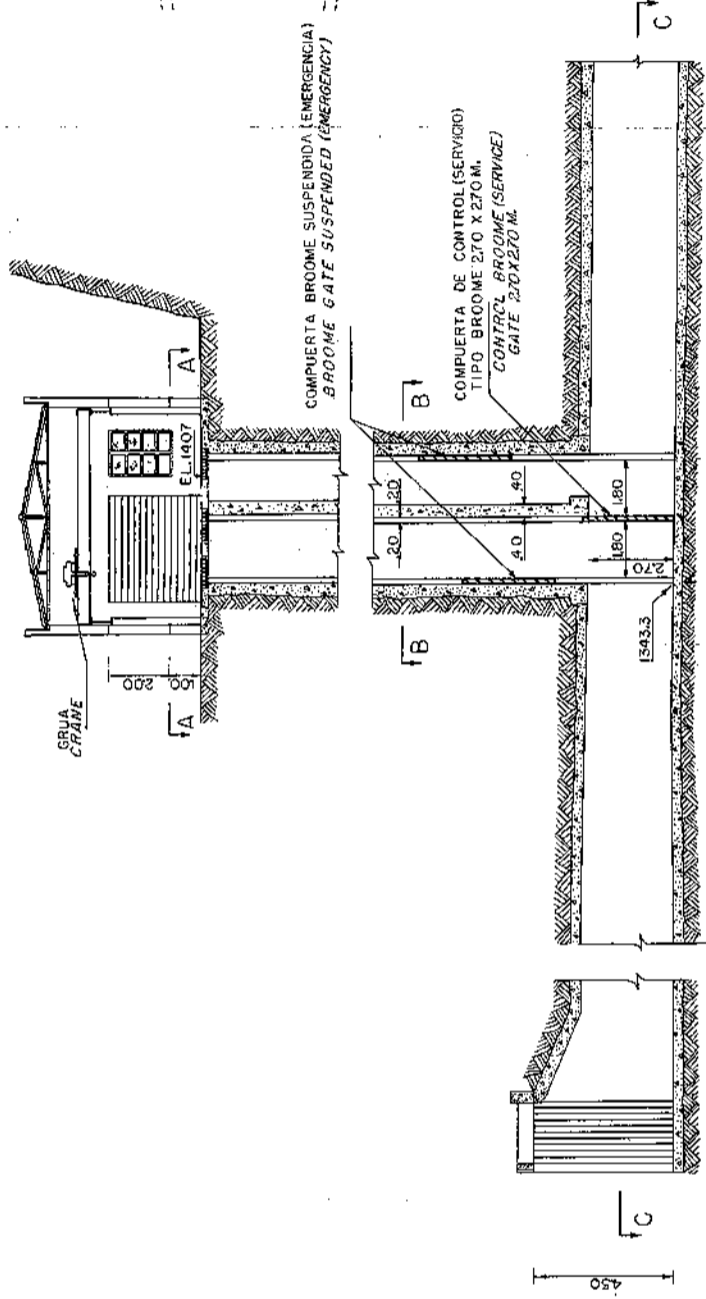
PERFIL GENERAL
ESTRUCTURA DE ENTRADA Y CONTROL
INTAKE AND CONTROL STRUCTURE



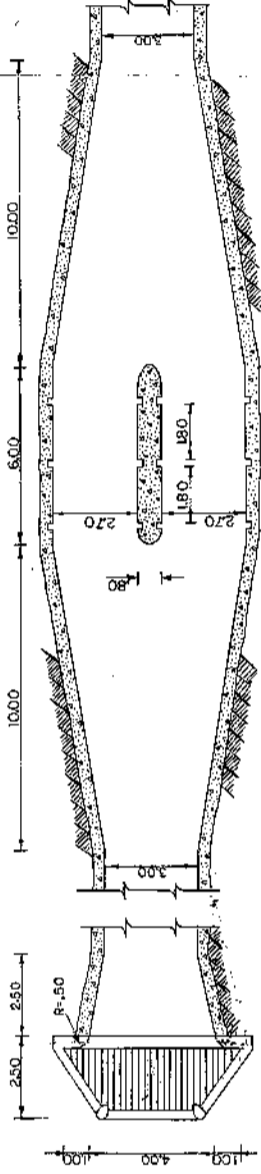
SECCION A-A



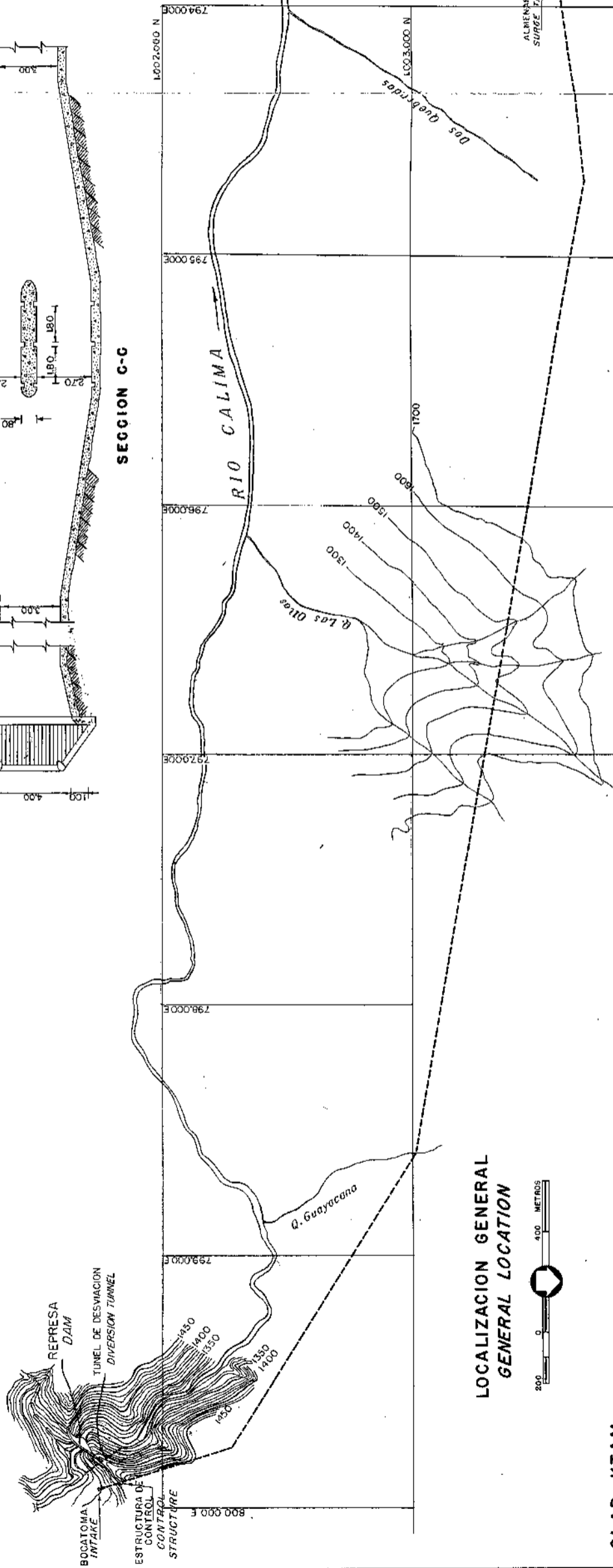
SECCION B-B



PERFIL DETALLADO



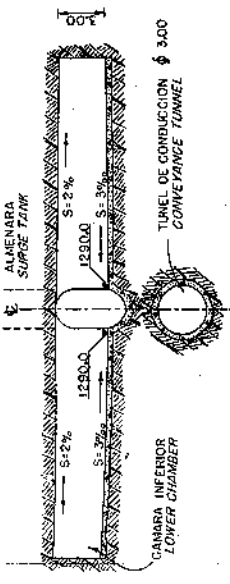
SECCION C-C



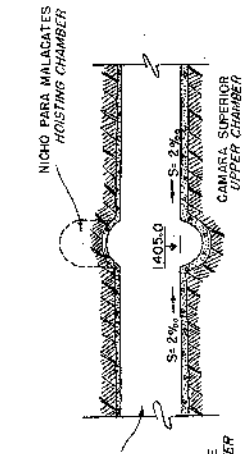
LOCALIZACION GENERAL
GENERAL LOCATION

NOTA La sección típica del túnel se muestra en la Fig. 12
NOTE Typical section of tunnel is shown in Fig. 12

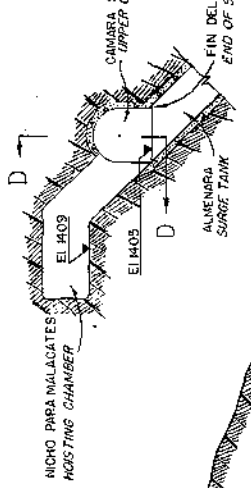
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
TUNEL DE CONDUCCION
DE MADROÑAL
MADROÑAL CONVEYANCE TUNNEL



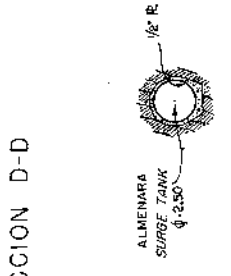
SECCION B-B



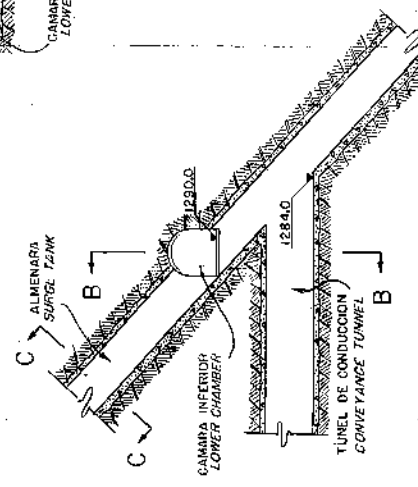
SECCION D-D



DETALLE "B"



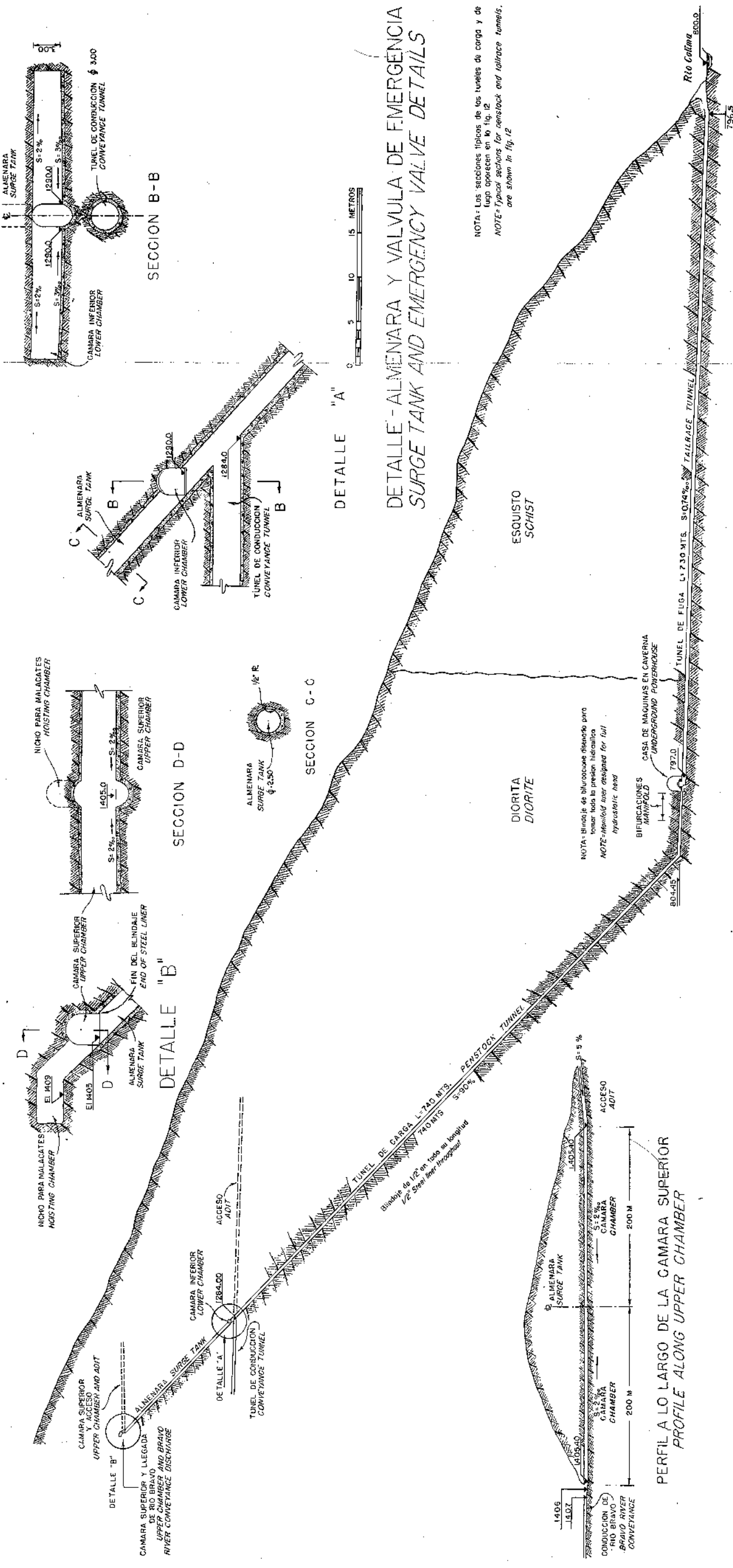
SECCION C-C



DETALLE "A"

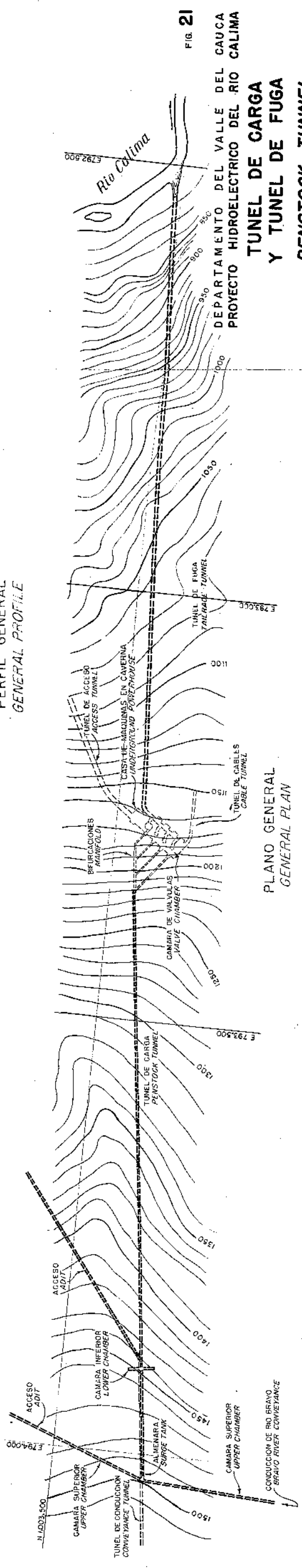
DETALLE - ALMENARA Y VALVULA DE EMERGENCIA SURGE TANK AND EMERGENCY VALVE DETAILS

NOTA: Las secciones típicas de los túneles de carga y de fuga aparecen en la fig. 12.
NOTE: Typical sections for penstock and tailrace tunnels are shown in fig. 12.



PERFIL A LO LARGO DE LA CAMARA SUPERIOR PROFILE ALONG UPPER CHAMBER

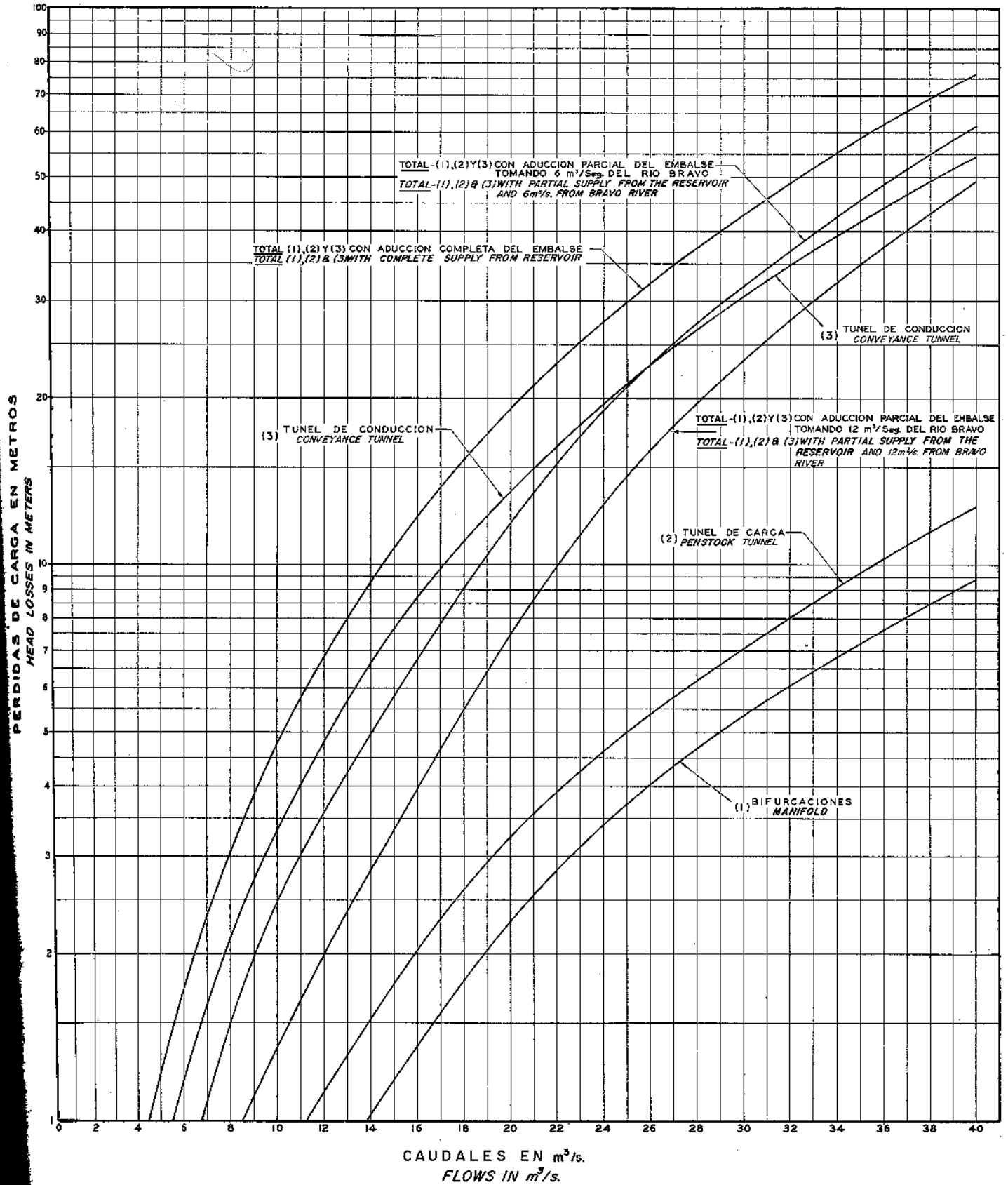
PERFIL GENERAL GENERAL PROFILE



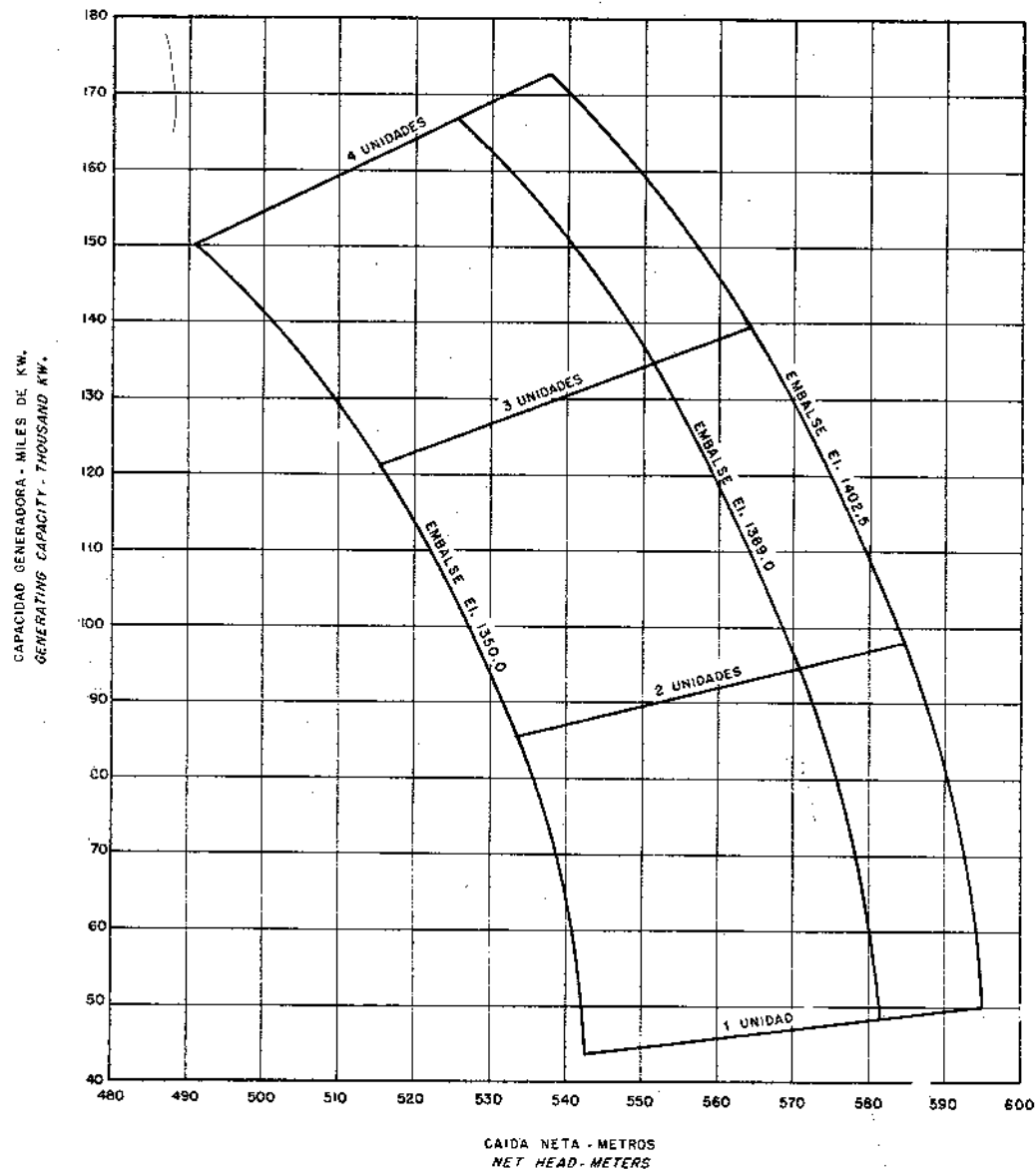
PLANO GENERAL GENERAL PLAN

FIG. 21

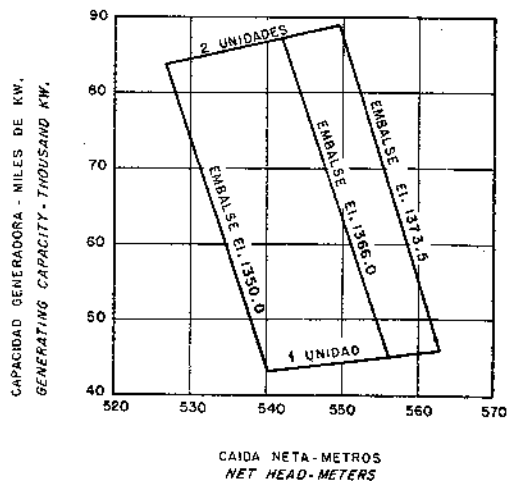
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
TUNEL DE CARGA Y TUNEL DE FUGA
PENSTOCK TUNNEL AND TAILRACE TUNNEL



PERDIDAS DE CARGA EN LA CONDUCCION FIG.
CONVEYANCE HEAD LOSSES 22



DESARROLLO FINAL - (CON ABASTECIMIENTO DE 6 m³/s. DE RIO BRAVO)
 FINAL DEVELOPMENT - (WITH 6 m³/s. SUPPLIED FROM BRAVO RIVER)



DESARROLLO INICIAL
 (TODA EL AGUA PROVIENE DEL EMBALSE)
 INITIAL DEVELOPMENT
 (ALL WATER FROM RESERVOIR)

NOTA:
 Eje de turbinas a El. 805.0
 NOTE:
 Turbine axis at El. 805.0

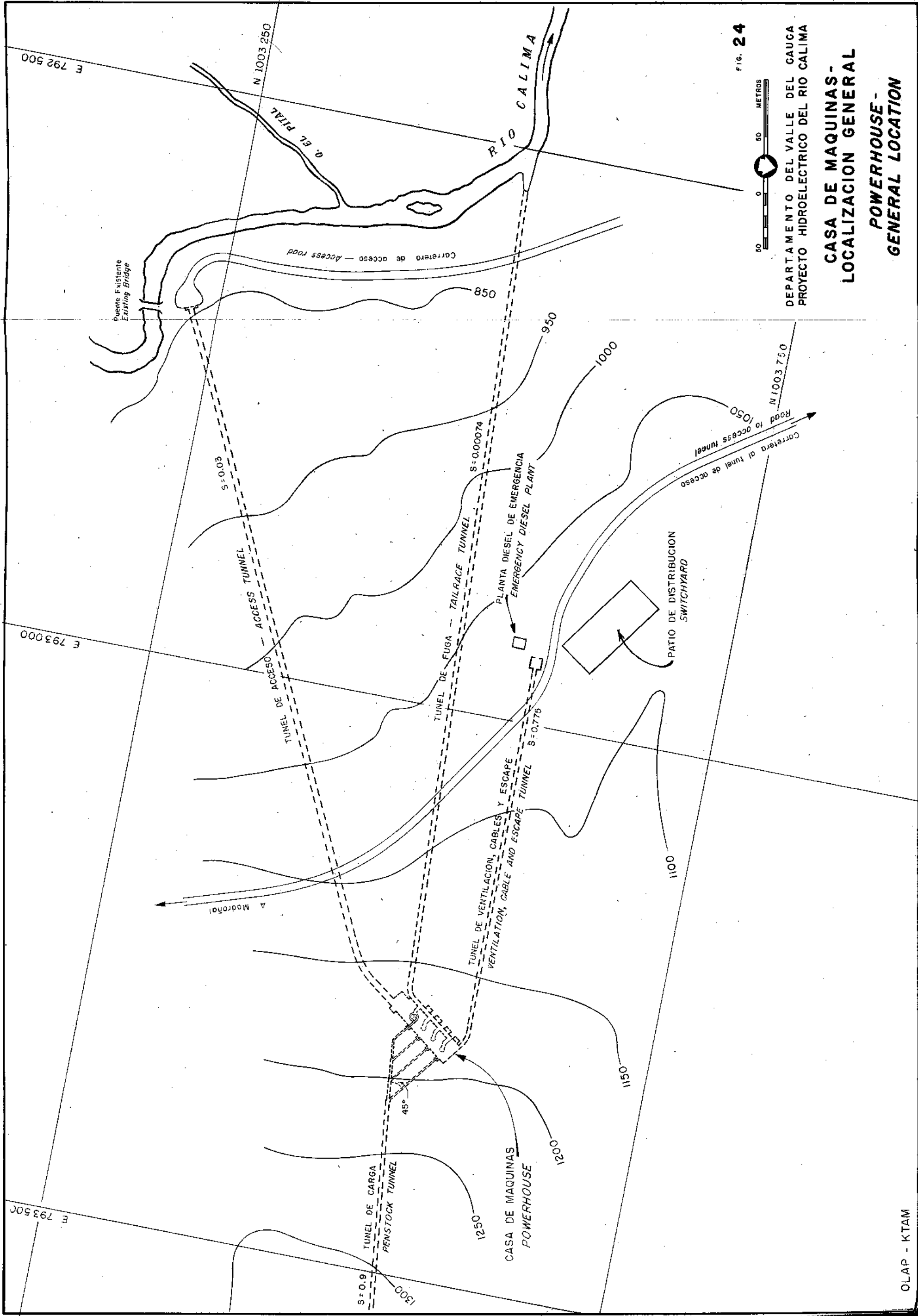
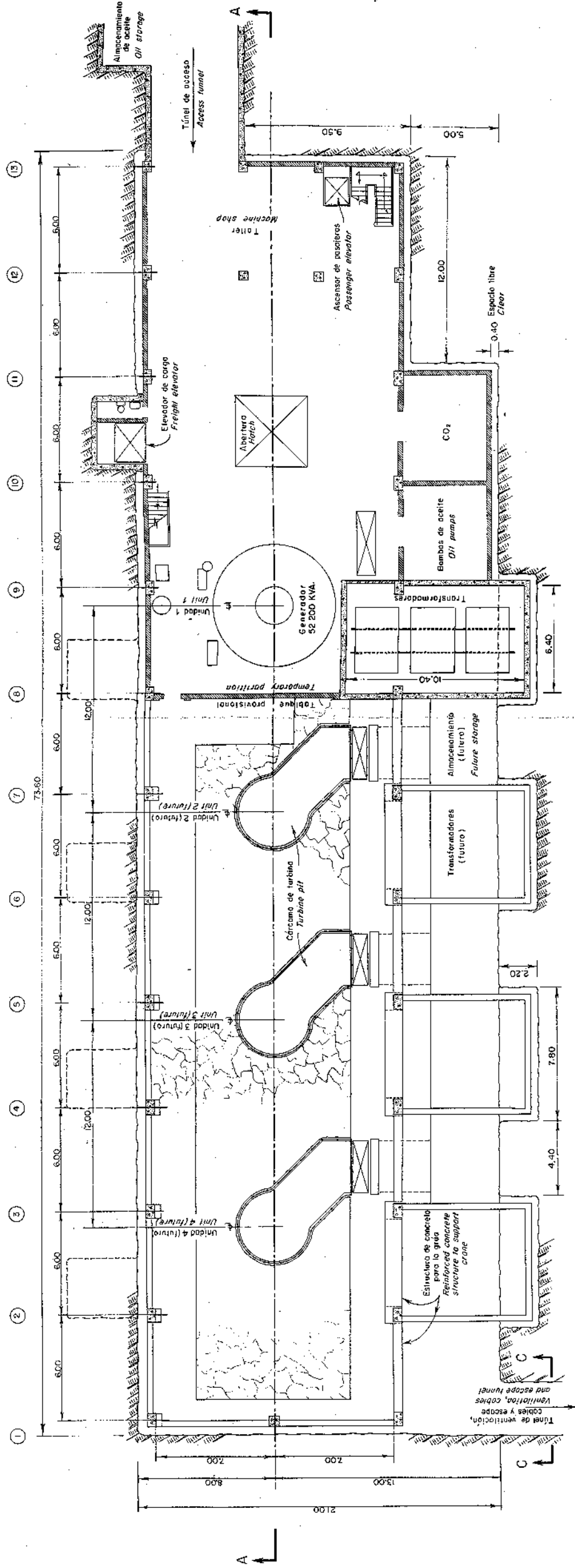


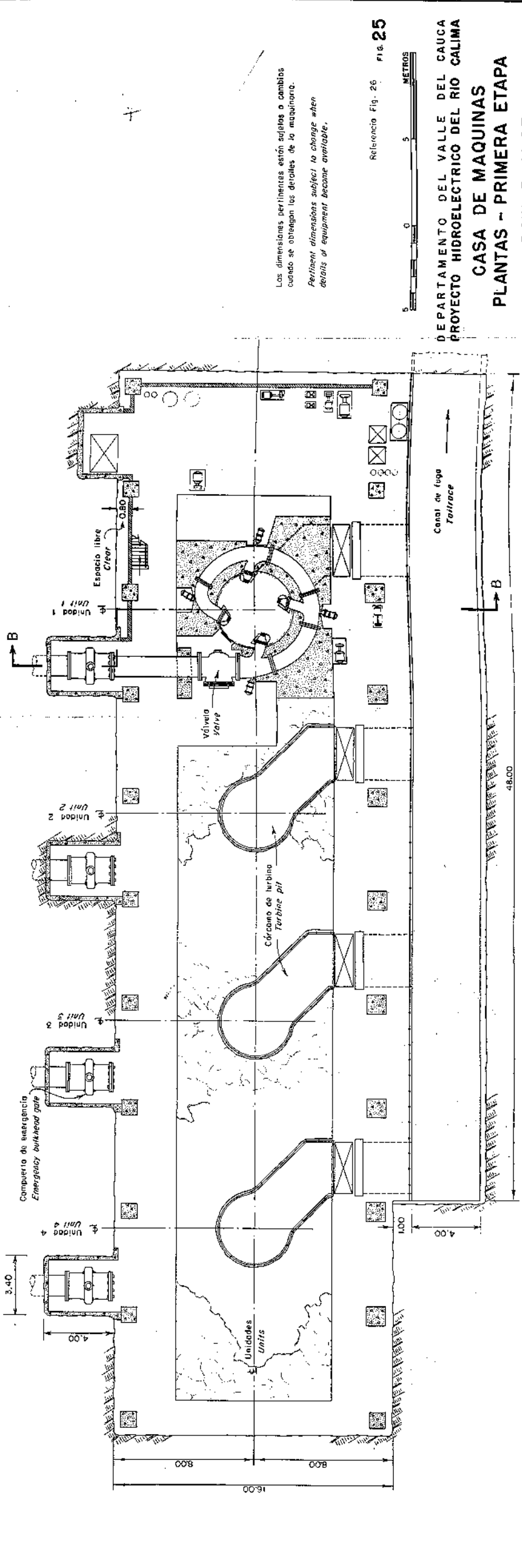
FIG. 24

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA

**CASA DE MAQUINAS -
 LOCALIZACION GENERAL -
 POWERHOUSE -
 GENERAL LOCATION**



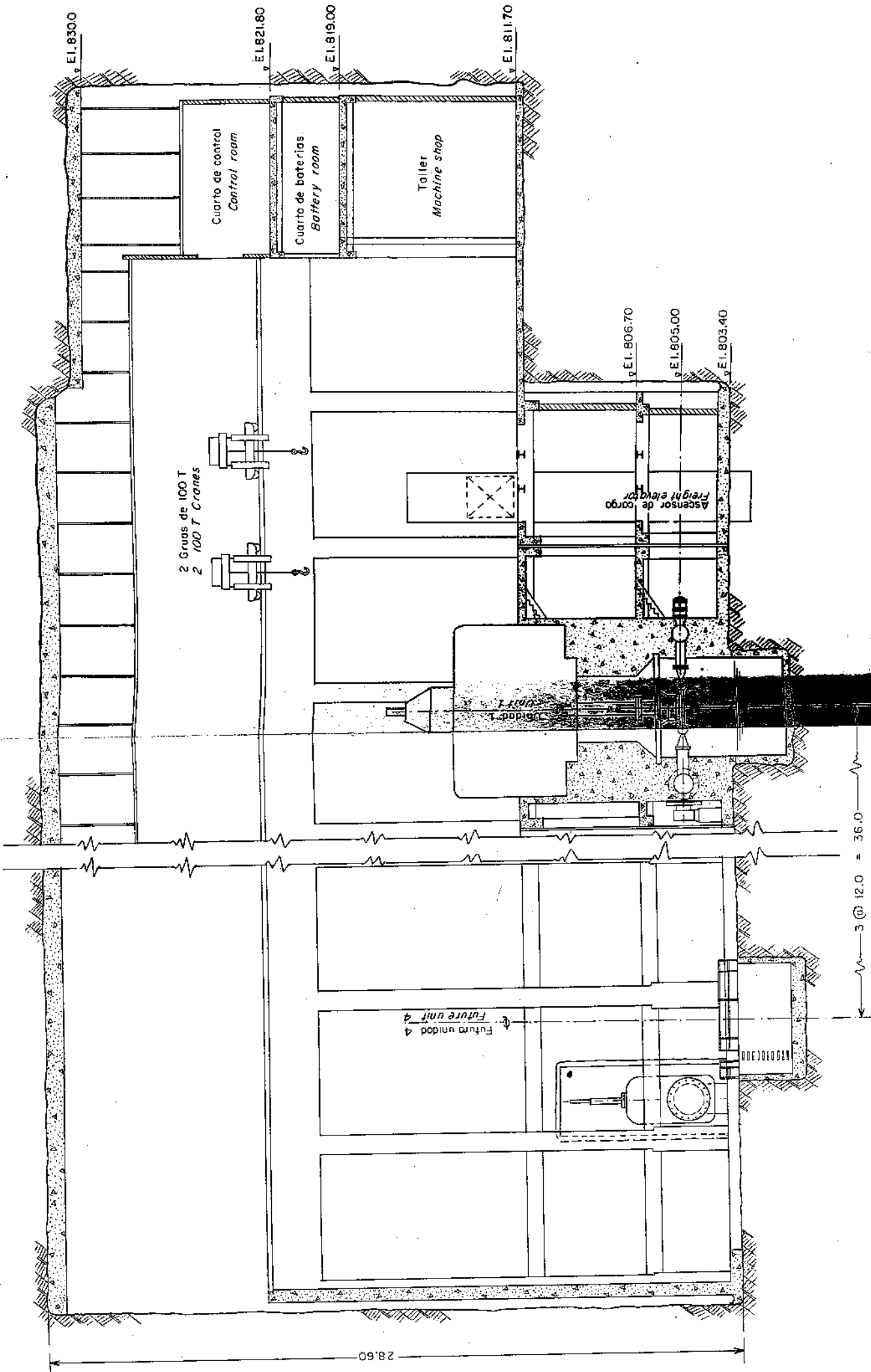
PISO DE GENERADORES EL. 811.70 - GENERATOR FLOOR



PISO DE TURBINAS EL. 803.40 TURBINE FLOOR

Los dimensiones pertinentes están sujetas a cambios cuando se obtengan los detalles de la maquinaria.
 Pertinent dimensions subject to change when details of equipment become available.





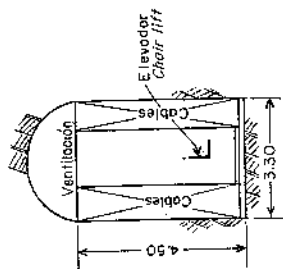
SECCION A - A

Véase Fig. 25 para la localización de las Secciones y para notas generales.
For location of Sections and for general notes see Fig. 25

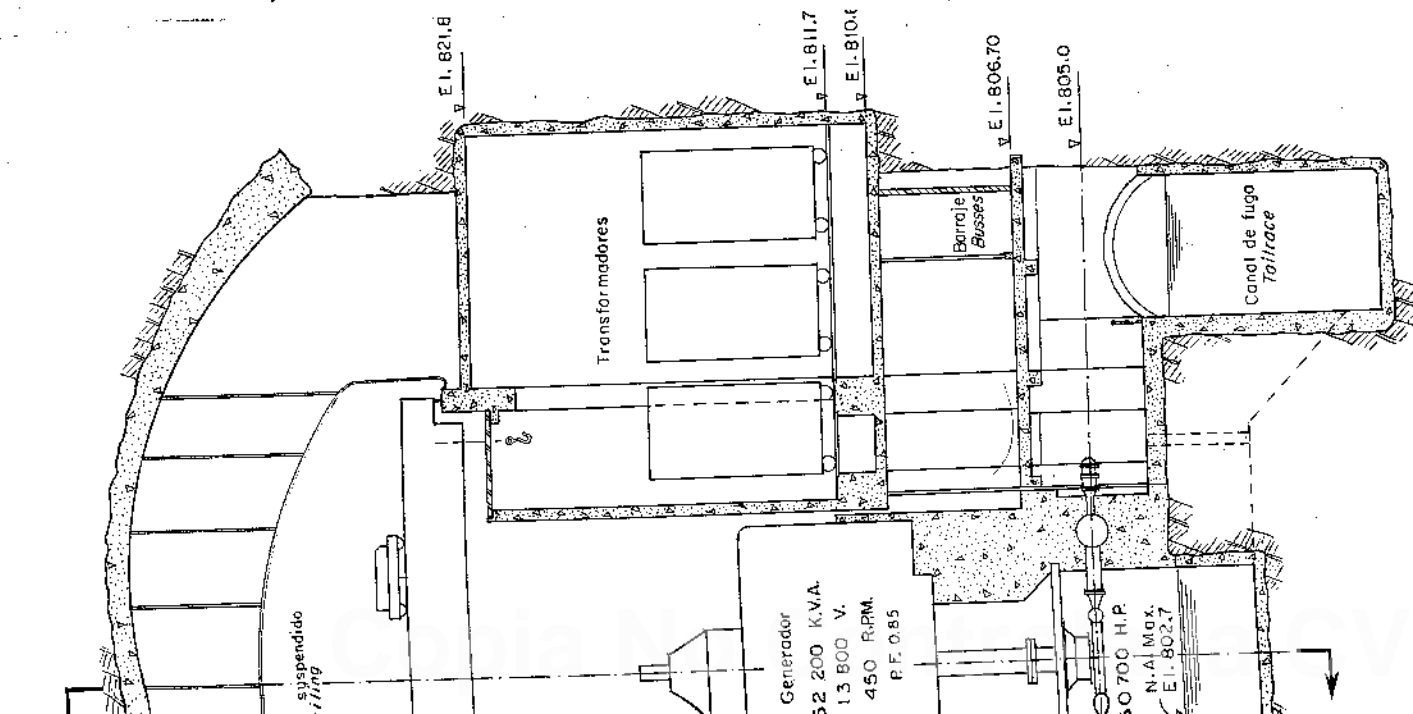
FIG. 26



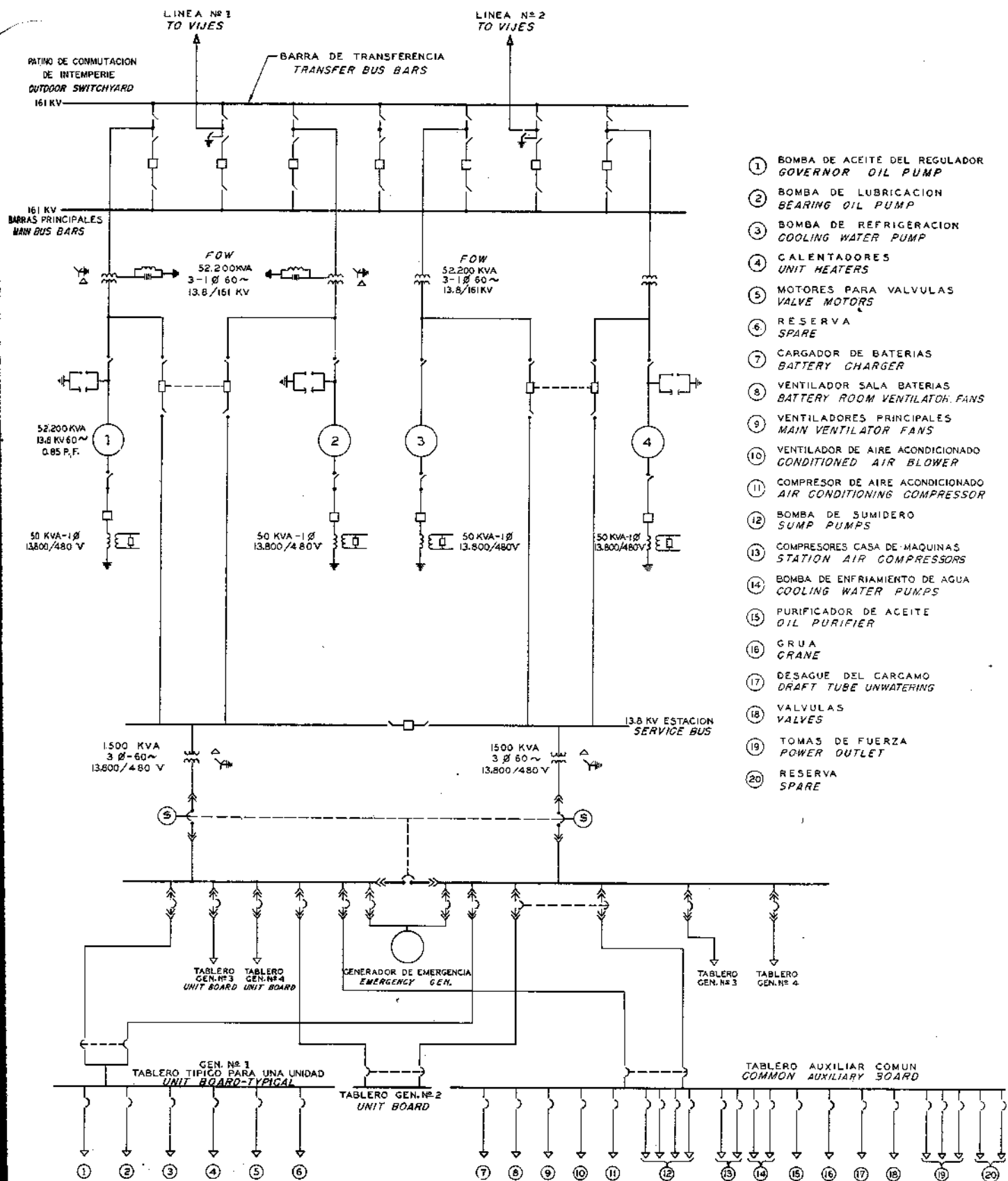
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
CASA DE MAQUINAS
SECCIONES - PRIMERA ETAPA
POWERHOUSE
SECTIONS - FIRST STAGE



SECCION C-C
TUNEL DE VENTILACION
LONGITUD 550 m



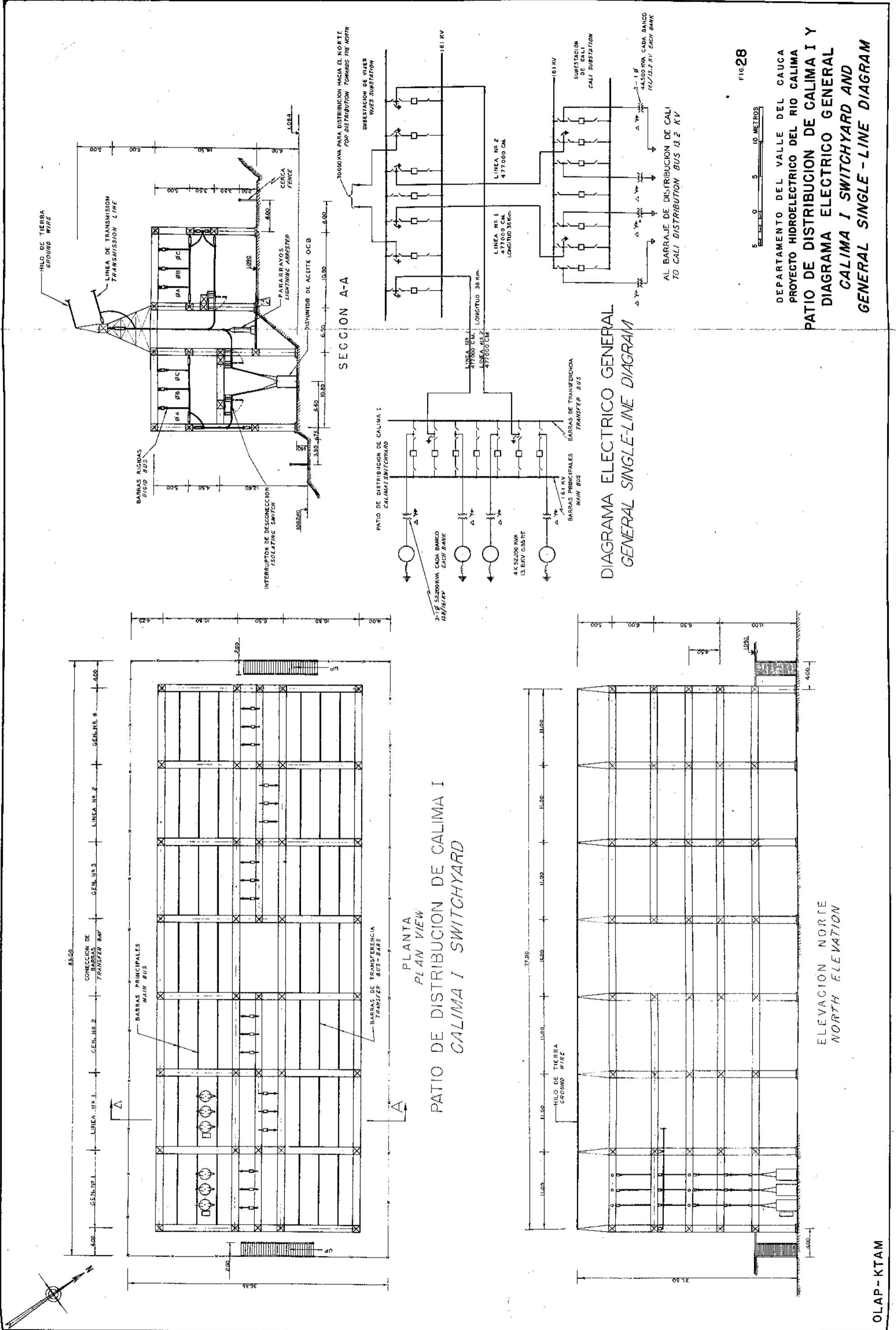
SECTION B-B



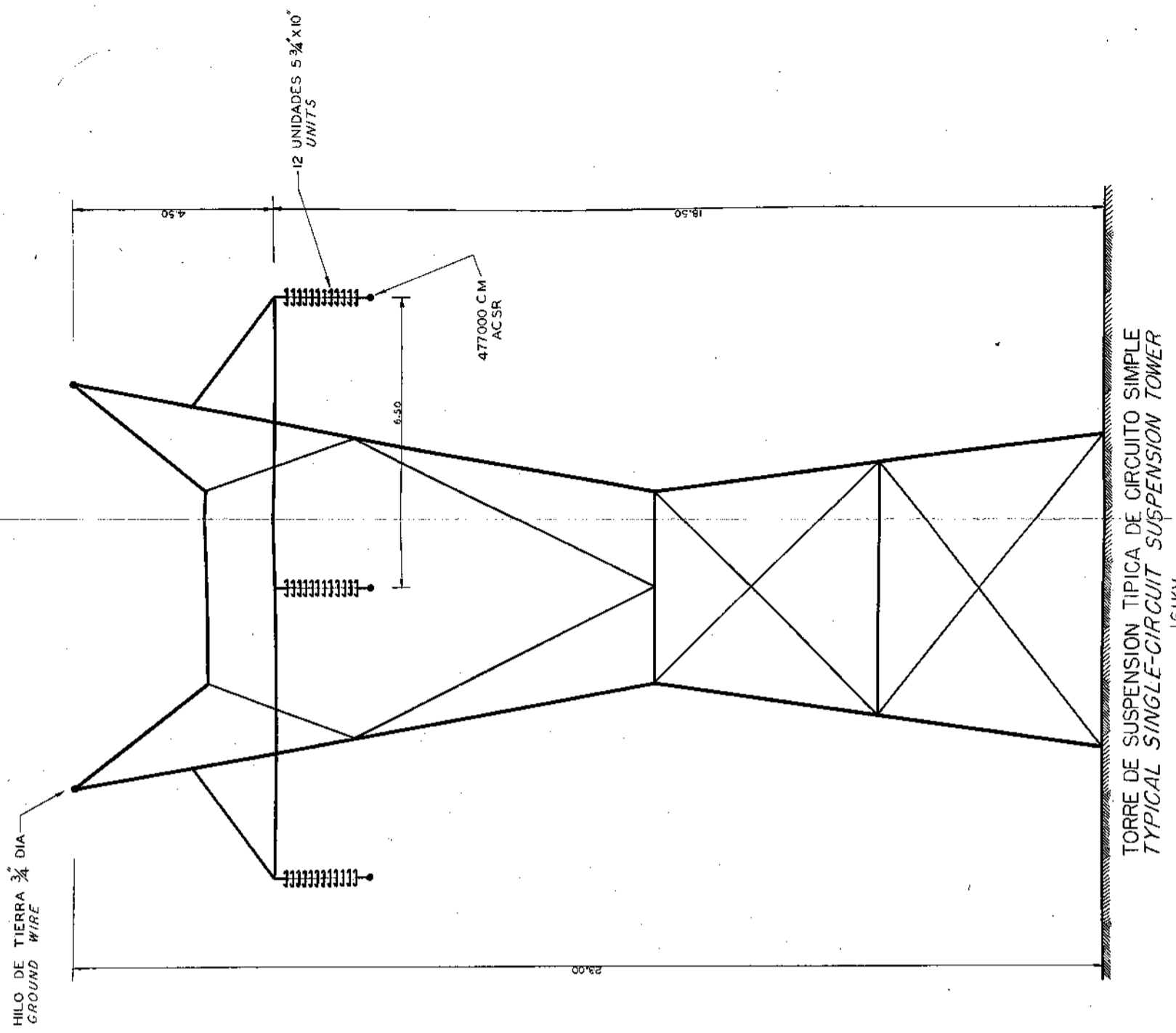
- ① BOMBA DE ACEITE DEL REGULADOR
GOVERNOR OIL PUMP
- ② BOMBA DE LUBRICACION
BEARING OIL PUMP
- ③ BOMBA DE REFRIGERACION
COOLING WATER PUMP
- ④ CALENTADORES
UNIT HEATERS
- ⑤ MOTORES PARA VALVULAS
VALVE MOTORS
- ⑥ RESERVA
SPARE
- ⑦ CARGADOR DE BATERIAS
BATTERY CHARGER
- ⑧ VENTILADOR SALA BATERIAS
BATTERY ROOM VENTILATOR FANS
- ⑨ VENTILADORES PRINCIPALES
MAIN VENTILATOR FANS
- ⑩ VENTILADOR DE AIRE ACONDICIONADO
CONDITIONED AIR BLOWER
- ⑪ COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO
AIR CONDITIONING COMPRESSOR
- ⑫ BOMBA DE SUMIDERO
SUMP PUMPS
- ⑬ COMPRESORES CASA DE MAQUINAS
STATION AIR COMPRESSORS
- ⑭ BOMBA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA
COOLING WATER PUMPS
- ⑮ PURIFICADOR DE ACEITE
OIL PURIFIER
- ⑯ GRUA
CRANE
- ⑰ DESAGUE DEL CARCAMO
DRAFT TUBE UNWATERING
- ⑱ VALVULAS
VALVES
- ⑲ TOMAS DE FUERZA
POWER OUTLET
- ⑳ RESERVA
SPARE

CASA DE MAQUINAS-DIAGRAMA ELECTRICO DE UNA SOLA LINEA

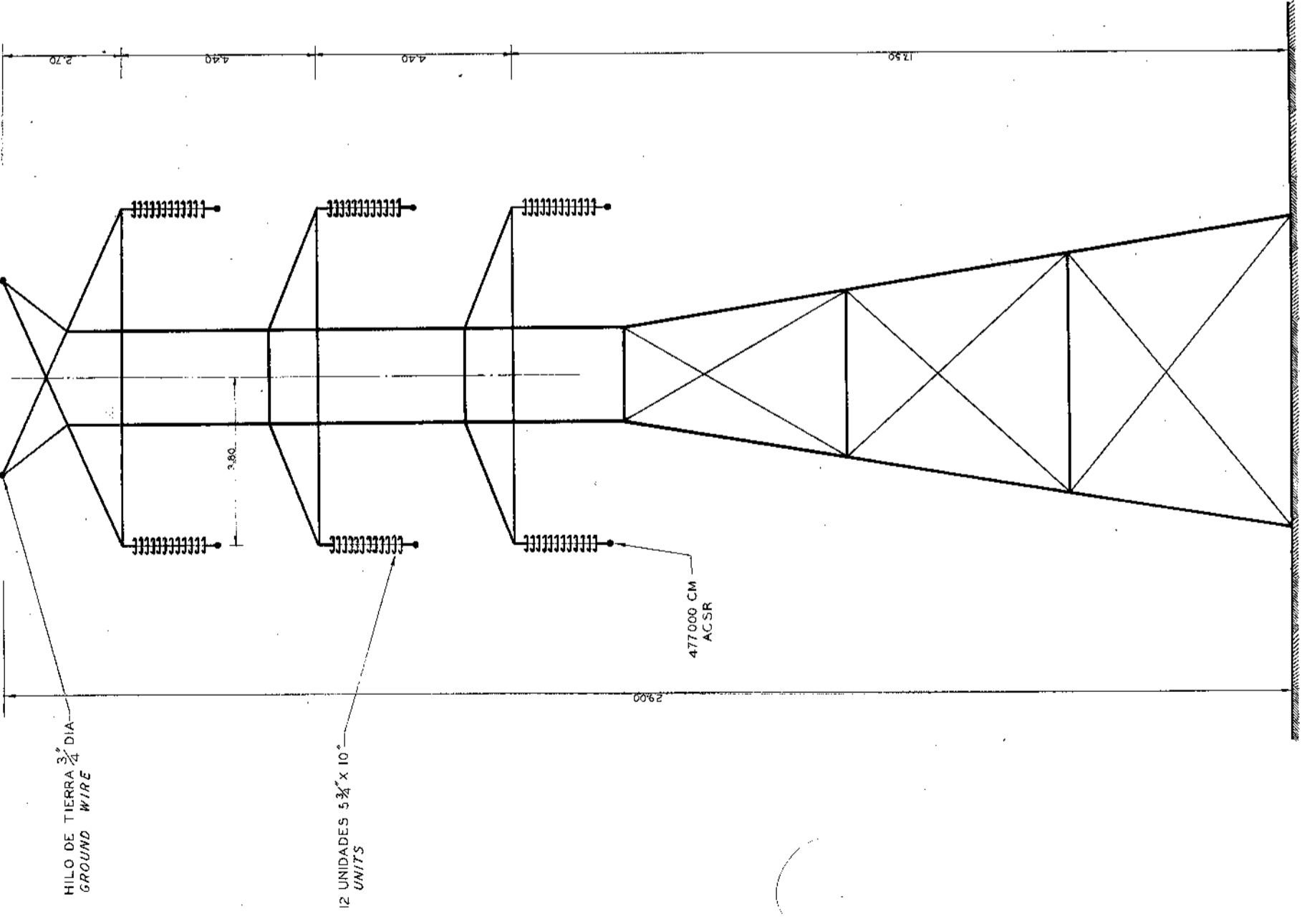
FIG.



OLAP-KTAM



TORRE DE SUSPENSION TIPICA DE CIRCUITO SIMPLE
TYPICAL SINGLE-CIRCUIT SUSPENSION TOWER
161KV



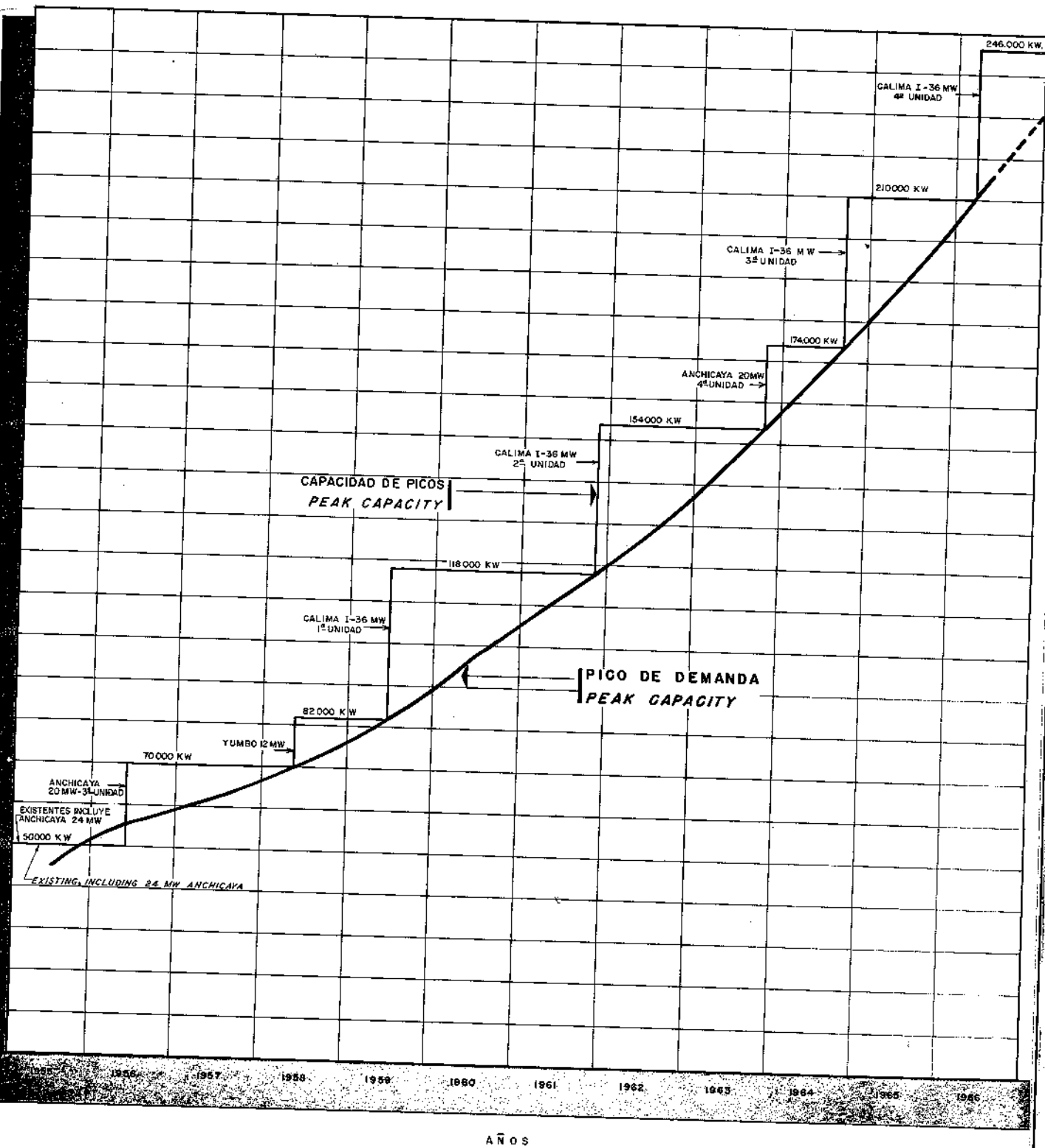
TORRE DE SUSPENSION TIPICA DE DOBLE CIRCUITO 161KV
TYPICAL DOUBLE-CIRCUIT SUSPENSION TOWER 161KV

FIG. 29

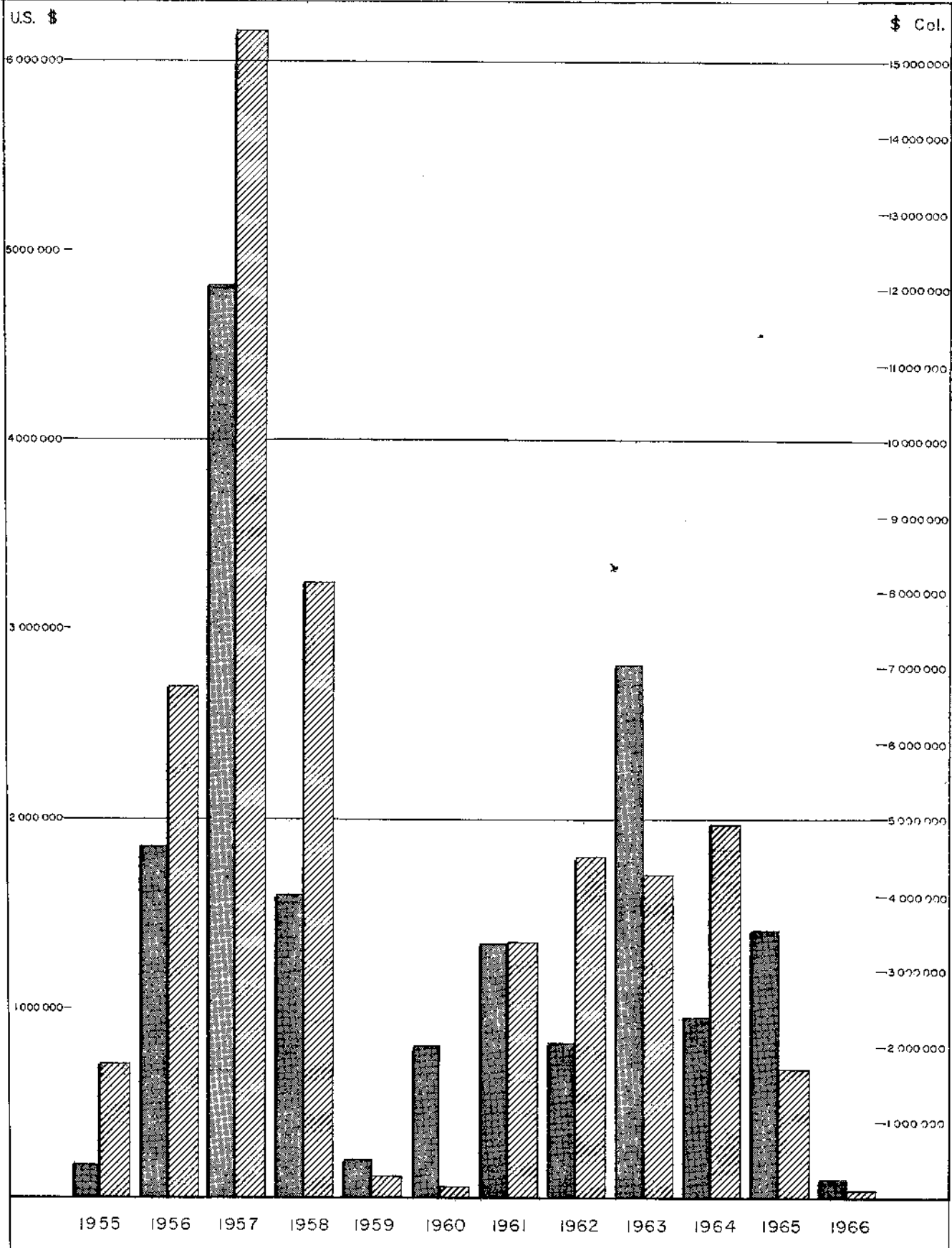
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO GALIMA
LINEA DE TRANSMISION-
TORRES TIPICAS
TRANSMISION LINE-
TYPICAL TOWERS

OLAP-KTAM

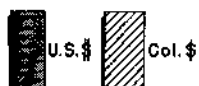
KILOVATIOS



PROGRAMA DE DESARROLLO | FIG. 30
DEVELOPMENT PROGRAM



CONVENCIONES
LEGEND



OLAP - KTAM

PROGRAMA DE INVERSIONES FIG.
REQUIRED INVESTMENTS 32

APPENDICES

APENDICE A

GEOLOGIA

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. Introducción	
2. Investigaciones Geológicas Recomendadas	A - 2
3. Observaciones Geológicas Hechas en el Curso de los Renocimientos	A - 2
4. Informe del Geólogo Consultor	A - 3
5. Terremotos	A - 3
	A - 23

LISTA DE FIGURAS

- A-1 : Mapa Geológico del Area del Proyecto
- A-2 : Mapa Geológico del Sitio de Represa
- A-3 : Sección Geológica de la Conducción
- A-4 : Perfiles Geológicos de los sitios de Represa
- A-5 : Perfil Geológico del Angostamiento del Embalse
- A-6 : Perfiles Geológicos del Valle del Calima
- A-7 : Esquema Geológico de la Represa para el Segundo Desarrollo

APENDICE A

GEOLOGIA

1. INTRODUCCION

Los estudios geológicos para este informe comprendieron un cuidadoso reconocimiento geológico del área, hecho por el Dr. F. A. Nickell, geólogo consultor, asistido del ingeniero W. H. Bussey. Durante las investigaciones de campo se excavaron apiques y trincheras, siguiendo las recomendaciones de los geólogos, para permitir el examen de las condiciones de la fundación y para obtener muestras de la roca.

En los reconocimientos que se describen en el Apéndice C, Levantamientos y Reconocimientos, se hicieron también algunas observaciones sobre las condiciones geológicas en las zonas de la hoya del Río Calima que no habían sido examinadas por los Geólogos Consultores.

2. INVESTIGACIONES GEOLOGICAS RECOMENDADAS

En la Figura A2. de este Apéndice, se muestra la localización de las perforaciones con taladro, de los apiques y de los túneles exploratorios-recomendados por el Geólogo Consultor para la investigación del sitio de la represa en el Alto Madroñal, con algunas adiciones posteriores que cubren las obras del proyecto que no habían sido localizadas cuando se elaboró el informe geológico. Las perforaciones con taladro de corona para la represa y sus anexos se han estimado en 1500 metros lineales.

El Geólogo Consultor recomendó también ciertas investigaciones para el sitio del Bajo Madroñal en el caso de que tal sitio resultara aceptable, pero este sitio, como se indica en el Capítulo IV, no parece ser económico para la construcción de la represa de Madroñal, por lo tanto no será necesario llevar a cabo estas investigaciones. Por razones similares, no se necesitará de investigaciones para una represa de tierra en la angostura aguas arriba de Madroñal.

Deberían hacerse también investigaciones que confirmaran las condiciones geológicas del túnel principal de conducción, de la almenara, del túnel de carga, del sitio de la casa de máquinas, del túnel de fuga y de los túneles de acceso. Estas investigaciones consistirán principalmente en la determinación de la disposición de los contactos entre la diorita y el esquisto con un número reducido de perforaciones en las bocas de los túneles, ya que estas obras del proyecto están localizadas generalmente a gran profundidad para que las perforaciones con taladro de corona sean de alguna utilidad y dado que las características de la roca pueden definirse por medio de perforaciones con taladro a menor profundidad. Se pueden requerir hasta 1500 metros lineales de perforaciones con taladro de corona, además de un reducido número de apiques y túneles exploratorios.

Pueden ser necesarias también algunas perforaciones adicionales en la selección de los sitios para las canteras, para las cuales se estima que se requerirán 300 metros lineales.

Las exploraciones que se recomiendan no incluyen las investigaciones para la desviación y conducción del Río Bravo, ya que tales investigaciones pueden aplazarse para una de las etapas finales del proyecto.

La localización exacta de todas las investigaciones deberá ser seleccionada por los ingenieros consultores que estén diseñando el proyecto.

3. OBSERVACIONES GEOLOGICAS HECHAS EN EL CURSO DE LOS RECONOCIMIENTOS

Durante los reconocimientos efectuados se hicieron observaciones de la roca, que se halla expuesta frecuentemente en la hoya del Río Bravo así como también en el cañón de Calima y en el Río Azul. A todo lo largo del área comprendida entre las confluencias del Calima con el Bravo y el Azul, se hallaron esquistos de dureza variable, similares a los encontrados en Campoalegre. En toda la hoya del Río Azul lo mismo que en la confluencia del Calima con éste, se encontró una roca ígnea azul grisosa, de fina granulación, posiblemente una diabasa. En algunos sitios a lo largo del Río Azul se observaron afloramientos de esquistos y de pizarras, muy similares a los de Madroñal; en general, los esquistos ocupan diques angostos.

A todo lo largo del cañón del Río Bravo hasta la elevación 1400, se encontraron esquistos similares a los encontrados en su confluencia con el Calima.

4. INFORME DEL GEOLOGO CONSULTOR

En la época en que los Geólogos Consultores estaban efectuando su investigación, parecía que el proyecto más favorable sería el que consideraba el desarrollo con una casa de máquinas cerca de la represa, tal como se describe en el Capítulo IV y se muestra en la Figura 10. En el informe del Geólogo Consultor, por consiguiente, se hace alusión a ciertas características propias de este desarrollo.

A continuación, se presentan las secciones del informe presentado por el Geólogo Consultor el 8 de Febrero de 1954, relativas a las características geológicas del Proyecto de Calima.

" Informe del Geólogo Consultor "

En los días comprendidos entre el 20 y el 29 de Enero de 1954 se llevó a cabo, en unión de Mr. N. H. Bussey (de KTAM.), una inspección del proyecto de desarrollo del Río Calima. La información de que se dispone para este proyecto comprende un informe geológico preliminar de Mr. Bussey (Diciembre 31, 1953), la traducción de un informe sobre la geología del lugar elaborado por OLAP (1949), dibujos topográficos y anteproyectos de varias alternativas del desarrollo suministrado por dicha firma, y datos sobre las obras civiles.

Se están efectuando levantamientos en el sitio de la represa y a lo largo del cañón aguas abajo de ella, bajo la dirección del Sr. Ingeniero Ives Pret (de OLAP), que permitirán la revisión de la topografía que se posee sobre esta región.

Topografía de la región. Esta área forma parte de la cordillera occidental de los Andes. En esta región la cordillera es una cadena continua de montañas que sigue una dirección norte - noroeste al occidente del Valle del Cauca, que es una amplia depresión estructural en la cual están situadas Cali y otras ciudades importantes del Occidente colombiano. La cima de la cordillera es bastante amplia; las laderas muy pendientes, descienden hacia el Oriente hasta el Valle del Cauca (elevación aproximada 1000 metros) y hacia el occidente hasta la planicie de la costa (elevación de 100 metros). La anchura de la cordillera occidental en esta latitud llega hasta los 60 Kms. y sus picos al norte de esta región, sobrepasan a veces los 4000 metros de elevación. Los cerros y filos por encima de elevaciones entre 1500 y 2000 metros son comunes en los lugares que circundan el área.

Las formaciones geológicas y muchas de las topográficas siguen una dirección general norte-noroeste de acuerdo con la estructura Andina. Hacia el oriente, en dirección del Río Cauca, son escasas las corrientes de agua; en cambio, los ríos que corren hacia el occidente están mejor desarrollados y se benefician también de las abundantes lluvias que son interceptadas por cima de las montañas. La mayoría de los ríos siguen la pendiente de la cordillera y los ríos tributarios siguen una dirección NNE - SSE de acuerdo con la estructura Andina predominante.

Los tributarios del Río Calima, provenientes todos del noroeste, son en su orden descendente: el Río Bravo, el Río Azul y el Santa Rita.

El Valle del Calima, que sería usado en parte para el embalse propuesto, está fuera de lo común en muchos aspectos: además de ser una de presión de tamaño considerable en la región de la cima de la cordillera occidental; tiene mérito no solamente como cuenca para un almacenamiento de gran capacidad, aprovechable con una represa de tamaño razonable, sino también como un depósito del que una tremenda cantidad de potencial eléctrico puede ser desarrollado por medio de caídas, túneles y plantas subterráneas.

Material de acarreo. Los bosques del Valle del Calima han sido talados en parte para crear tierras de pastaje. Con la excepción de las tierras bajas que están cultivadas (una porción considerable de las cuales sería inundada por el embalse) los cerros adyacentes, en general, están cubiertos de pastos exuberantes sin cuya cubierta protectora, el grueso suelo arcilloso de las laderas sería fácilmente erosionado. Debido a la reducida pendiente de la cuenca, puede preverse que la cantidad de material de acarreo que los ríos llevarán al embalse propuesto ha de ser pequeña.

El color natural del Río Calima es alterado por los sedimentos en las épocas de lluvias. El material en suspensión lo traen los afluentes y será transportado a la cuenca. Cuando se estudie la capacidad del embalse se debe -

tomar en cuenta la cantidad de sedimentos. El estudio de este problema antes de la construcción debe ser combinado con un programa de la conservación de los suelos de la hoya hidrológica.

Diferentes alternativas para el sitio de la represa. Numerosos son los sitios excelentes que se encuentran a lo largo del cañón, aguas abajo de la angostura en Madroñal. El sitio lógico para aprovechar mayor cabeza bajo las condiciones existentes con una planta subterránea, es cerca del área donde pueda obtenerse el embalse de mayor capacidad. Después de entrar en el cañón, el Río Calima tiene un gradiente promedio de 7 por ciento, aproximadamente. La represa, por lo tanto, debería de estar localizada cerca de la cabecera del cañón. Los sitios que se pueden tomar en cuenta son:

a) Alto Madroñal. El eje de la represa estaría localizado en una sección estrecha del cañón (elevación del río 1326 metros) formada por una faja resistente de rocas que cruza el río en una dirección norte-noroeste. La altura de la represa que podría ser construída aquí estará determinada por la configuración del filo en el estribo derecho (NNE).

b) Bajo Madroñal. Puede tenerse en cuenta un sitio más amplio (con una elevación de cerca de 1315 metros) donde el eje de la represa estaría tal vez a 300 metros aguas abajo del eje en alto Madroñal. El mayor costo de la represa en este sitio, debido a la topografía (que está siendo obtenida) y a otros factores, podría ser balanceado con otras ventajas que presente esta alternativa.

c) Un eje seleccionado arbitrariamente entre el Alto Madroñal y el Bajo Madroñal con el fin de acomodar la sección óptima de una represa cualquiera, preferiblemente una de enrocado. La localización de esta represa estaría basada en la consideración de numerosos factores técnicos y económicos que están todavía sin estudiar.

d) Una represa de tierra en una angostura localizada a 5.6 Km. aguas arriba de Madroñal. Este lugar (elevación del río cerca de 1360 metros) controla la cuenca abierta cerca de Darién en la cual puede obtenerse un embalse económico. El uso que pueda hacerse de este sitio depende de numerosos factores que serían evaluados en los estudios que se hagan del proyecto.

e) Embalse de compensación del Río Calima, localizado a una corta distancia aguas abajo de su confluencia con el Río Bravo. Otra represa pequeña sería construída allí para llevar a cabo una regulación suplementaria, sirviendo al mismo tiempo para controlar el río tributario.

Esta represa no es un sustituto ni una alternativa en la localización de la represa principal cerca a Madroñal.

Geología General de la Región. Es muy poca la información que se ha publicado sobre la geología de la cordillera occidental de Colombia, si se compara con la que se encuentra disponible sobre las otras regiones del país. Por lo tanto, la correlación de las formaciones geológicas está sujeta a mayor estudio en un futuro, cuando se desarrolle un mayor interés por la re

gión.

Los Andes en Colombia no son una sola cadena de montañas como en los otros países más al sur, sino que están divididos en tres cordilleras, a saber: La oriental, la central y la occidental (además del ramal del Chocó en el noroeste, cerca de la costa del Pacífico). En las regiones comprendidas entre estas cordilleras se encuentran grandes depresiones estructurales tales como el valle del Magdalena, entre la oriental y la central y el valle del Cauca, entre la central y la occidental. La cordillera occidental, en el norte (más allá de Antioquia), se divide a su vez en tres ramales que en el departamento de Bolívar descienden gradualmente hacia la costa del Caribe.

El Valle del Calima está en el departamento del Valle del Cauca, el cual se encuentra en la región central del occidente Colombiano. La cordillera occidental en este departamento, es una sierra maciza, sin ramales, que presenta un frente empinado al este hacia el Valle del Cauca y una pendiente constante al occidente, hacia la planicie costanera en la Bahía de Buenaventura en el Pacífico. La cima de la cordillera es bastante amplia, pero accidentada. Hay muchos filos y picos de una elevación que varía entre 1500 y 2000 metros. Debido al control estructural de los Andes, todas las características principales de la región, como son el Valle del Cauca y la Cordillera occidental, así como otros detalles de menor importancia tienen una alineación nortnoreste de acuerdo con la estructura Andina.

Estratigrafía.

Rocas metamórficas (Mesozoicas ?). La más antigua de las formaciones locales es una serie de esquistos y de pizarras que se encuentran principalmente en los cerros al noroeste (a la derecha) del Valle del Calima y en las fajas que cruzan el cañón a intervalos irregulares. Se preparó un mapa de reconocimiento (véase Fig. A-1) para mostrar su incidencia que va, hacia el este, hasta el Río Bravo.

Los esquistos incluyen dos tipos principales. Hay unos sitios en que los esquistos sericíticos predominan y hay otros en que los esquistos carbonáceos son comunes. Las cuarcitas se encuentran tan solo en ínfima parte en el área considerada, mientras que los esquistos cuarcíticos son abundantes, especialmente en las cercanías del Río Bravo (8 Km. al oeste de Madroñal). Las rocas son algo calcáreas si se tiene en cuenta la capa caliza que se forma ocasionalmente en las superficies meteorizadas. En los esquistos carbonáceos aparecen especialmente cristales de calcopirita. A veces se encuentran filitas.

Las pizarras, son densas, altamente silíceas y sumamente duras. Se encuentran en losas de capas muy delgadas que presentan fisuras solamente a medida que la acción de la intemperie progresa. La estratificación es por lo general más prominente que el agrietamiento típico en la pizarra, hasta tal punto que la roca se puede comparar físicamente con una cuarcita.

El criterio que se aplicó para la determinación de la edad de las rocas metamórficas no es definitivo. Provisionalmente, la serie de rocas se

puede considerar como de la Edad Mesozoica, probablemente del bajo Cretáceo. Sin embargo, es posible que las rocas sean aún más antiguas y de origen Paleozoico. La formación se extendía anteriormente, sin interrupciones, sobre la mayor parte del área que hoy ocupa la cordillera occidental. La distribución actual es irregular y discontinua. Para la interpretación de las condiciones del subsuelo que se confrontan en el proyecto, se asume que estas rocas metamórficas persisten sin disminuir en su espesor por debajo de los límites que aparecen en la superficie.

Tres grupos de rocas metamórficas son de importancia si se tienen en cuenta las características de construcción del proyecto: la faja que cruza el río en la cabecera del cañón y que forma el sitio de la represa del alto Madroñal; un ancho macizo que aparece 5 Km. aguas abajo (cerca de Buenos Aires) el cual sería interceptado por el canal de descarga que se propone, y una densa serie de rocas metamórficas que se encuentran en Campoalegre, desde donde continúan hacia el oeste más allá del Río Bravo.

La estructura de salida del túnel de fuga y la represa de regulación propuesta en el Calima, cerca de la confluencia con el Río Bravo estarían localizadas en roca metamórfica. Existe la posibilidad de que se encuentren fajas delgadas e irregulares en la construcción del túnel, ya que hay afloramientos cubiertos de vegetación en muchos lugares. El terreno más despejado caracteriza las áreas de esquistos que son de más fácil erosión y alteración.

Los esquistos se rajan muy fácilmente y tienen muy poca resistencia cuando se encuentran en un estado meteorizado. Las pizarras conservan su dureza, pero se fragmentan y laminan. A cierta profundidad, especialmente a la del túnel de fuga, los esquistos son aún bastante fuertes cuando están confinados y se encuentran más allá de la roca afectada por la meteorización.

El sitio del Alto Madroñal está localizado sobre una faja considerable de pizarra en la que ha abierto brecha el río, cerca de la cabecera del cañón. En las laderas, la roca es sumamente dura y adecuada para las condiciones requeridas en el embalse. En lugares más altos y en donde las superficies de buzamiento tienen gran inclinación, la meteorización de las rocas ha avanzado hasta tal punto que la roca está descompuesta. La excavación para la fundación de la presa que se propone, eliminaría los materiales alterados o la roca que no pudiera ser tratada satisfactoriamente.

Diorita (Cretáceo ?) Una gran parte del área de la cordillera occidental se encuentra sobre rocas cristalinas que invadieron las formaciones más antiguas y se encuentran ahora expuestas debido a la erosión. El reconocimiento que se hizo de la zona indica que la mayor parte del Valle del Calima, en donde estará el embalse, y una gran parte de los cerros que han sido cortados hacia el oeste por el cañón, son de diorita y rocas cristalinas similares, cubiertas en algunos lugares por una capa aluvial.

Se necesita la ayuda del microscopio para distinguir los diferentes tipos de roca, especialmente aquellas de textura fina. En general, la diorita es de color oscuro y su granulación varía entre fina y media. La forma -

ción es en su mayor parte diorita, mezclada con diorita básica, porfirita (densa y vidriosa) y gabro.

Debido a que hay intrusiones de diorita en las rocas metamórficas (resultando así un pequeño metamorfismo termal), se puede decir que aquella es más joven que las series de esquistos y pizarras. Esto lo confirma la ausencia de metamorfismo en la diorita. Como una deducción del análisis de varios factores, se puede decir que la diorita es probablemente de la Edad Cretácea.

La diorita, además de estar debajo de la mayor parte del área del embalse propuesto, cubierta por una capa aluvial, forma el filo que confina el lado sureste del río, con excepción de los sitios en donde se encuentran depósitos volcánicos. El sitio de la represa del Bajo Madroñal (que será seleccionado después de que se tengan los mapas del caso) estaría completamente sobre esta roca. El posible sitio de represa en el Valle del Calima, 5.6 Km. aguas arriba del Madroñal, está encerrado por diorita, la cual está cubierta de sobrecargas de diversa índole.

Alrededor de 6200 metros de los 7.5 Kms. de la longitud a lo largo de la línea propuesta para la tubería de carga y del túnel de fuga desde el sitio de la represa del Alto Madroñal, (Quebrada Cocona) hasta su salida en el Río Calima cerca del Río Bravo, estarán en diorita o en rocas similares. Además, existe la posibilidad de que se encuentren capas delgadas de rocas metamórficas, cuyos afloramientos se encuentren cubiertos de vegetación.

La diorita en estado inicial de formación y sin haber sido removida, es fuerte y resistente cuando se encuentra más allá de la zona de meteorización. La apertura de túneles, aún en grande escala, debe poder hacerse dentro de esta formación con un mínimo de dificultades.

Series Volcánicas (Paleoceno). Hay una densa área de rocas volcánicas en el lado sureste de la divisoria del Valle del Calima, en el valle de Restrepo. En un punto cerca a la pista de aterrizaje (en la carretera a Restrepo) los depósitos volcánicos conducen al Valle del Calima a lo largo de la parte más baja del filo que, por lo demás, es de diorita.

La formación consiste principalmente de tufa grandemente alterada (arcillosa), de aglomerado, breccia y flujos de lava delgados e irregulares (diabasa). La zona cubierta por rocas volcánicas es extensa, llegando hasta cerca de La Cumbre y a una distancia considerable al oeste de Restrepo. Estas rocas tienen un papel secundario en este proyecto del Calima y no están dentro de la zona de construcción.

Debido a la alteración y a la desvitrificación de los fragmentos de lava y al considerable buzamiento de las capas, se cree que la serie volcánica es de comienzos de la Edad Terciaria, y que experimentó el proceso de la formación de montañas durante el cual se desarrolló la cordillera occidental. La formación se considera provisionalmente como del Paleoceno.

Sedimentos aluviales (Cuaternarios). En el Valle del Calima se en

cuentran extensos depósitos aluviales (véase Figs. A-1 y A-6). En el estrecho cañón de laderas pendientes y en las gargantas tributarias, la sobrecarga consiste principalmente de rocalla o de cantos rodados depositados en el cauce de los ríos.

Los depósitos de las épocas cuaternaria y actual, contienen material aluvial de las riberas depositado en forma de abanicos y conos formados principalmente por partículas angulares mezcladas con arena y arcilla, además de los depósitos de los ríos tributarios (guijarros escasamente redondeados) y de los del Río Calima, provenientes de las tierras bajas y de las zonas de inundación. Tales depósitos incluyen arcilla, limo, arena y cantos rodados según el sitio. El espesor es desconocido, pero puede ser considerable en algunos lugares.

Además, el suelo formado por disgregación, de carácter arcilloso, se encuentra muy esparcido y es señaladamente profundo sobre las rocas dioríticas del filo al sureste del Valle del Calima. Los depósitos en terraza están bien definidos a diferentes niveles en el lado noroeste de la cuenca, e incluyen fragmentos angulares en una matriz areno-arcillosa.

Los depósitos de carácter aluvial reflejan las diferentes épocas de la historia de la erosión del Valle del Calima. Los cerros más altos en el lado noroeste han producido grandes abanicos que han forzado el río hacia el lado oriental de la cuenca, a lo largo de la base del filo inferior, formado por diorita.

Las formaciones aluviales son importantes en este proyecto sólo en lo que se refiere a la cantidad de sobrecapa que ha de ser excavada para la fundación de la represa y de las obras adicionales. Son además, una fuente en potencia de materiales de construcción para la ataguía o cualquier otra estructura en tierra que se llegare a indicar en estudios más avanzados.

Estructura. Las estructura dominante se refleja en la topografía del área, en gran parte bajo el control ejercido sobre la erosión por las rocas más resistentes. Existe la conformación general de la estructura andina al norte de la cordillera occidental.

Fallas. El Valle del Calima es probablemente de origen estructural, aunque un reconocimiento apresurado, sin contar con el apoyo de una exploración, no reveló ninguna falla de importancia dentro de las series del subsuelo, que es predominantemente diorítico. Sin embargo, las dimensiones del valle excepcionales den considerablemente la amplitud que es de esperarse normalmente como resultado de la erosión causada por un río del tamaño del Río Calima.

La parte escarpada en el lado noroeste de la cuenca está relativamente en línea recta; esto se debe a la orientación de la erosión controlada por fajas de rocas metamórficas que tienen la misma dirección.

Una falla importante en el Valle (si se toma en cuenta la dirección y tamaño) no representaría una imposibilidad para hacer el embalse que se propone. La falta de escarpados o desprendimientos de rocas en las quebradas -

tributarias y de otra evidencia de desplazamientos de la superficie actual, demuestran conjuntamente que tal falla hipotética en todo caso sería inactiva y no constituiría una amenaza para la seguridad de la represa que se propone.

Ocasionalmente se encuentran fallas menores bastante inclinadas, en una dirección este-oeste. Estas son comunes a las estructuras del relieve resultante de los esfuerzos creados por el proceso de formación de las montañas. Estas fallas guardan relación con la distribución de las grietas que tienen una orientación similar. Estas características de la región son aproximadamente paralelas a la dirección del cañón del Calima y serán encontradas en la excavación.

Estratificación. Existe paralelismo en la estratificación y en la formación seguida por las capas de rocas metamórficas. La tendencia es sin lugar a dudas el resultado de un alineamiento estructural debido a la similitud con la dirección de la estructura Andina. Se supone que las capas metamórficas fueron inclinadas por las fuerzas ejercidas por la formación de las montañas y experimentaron un alargamiento en dirección noroeste. Los contactos intrusivos entre las rocas metamórficas y la diorita están íntimamente ligados por fusión. Tales contactos no son zonas de especial debilidad en la trayectoria de los túneles que los crucen.

Sismicidad. Los Andes son un sistema de montañas jóvenes que se encuentran aún en un período de desarrollo que se manifiesta en el relieve topográfico, en la edad de las formaciones geológicas que se encuentran alteradas y en la recurrencia de fuertes terremotos de cuando en cuando.

Las cordilleras Central y Oriental de Colombia, desde un punto de vista sísmico, son más activas que las otras regiones del país. Sin embargo, se han registrado terremotos de importancia no lejos del Valle del Calima. Una lista de las perturbaciones mayores que se han registrado aparece en el Aparte 5.

La experiencia indica que los terremotos generalmente no producen daños en los túneles, a menos que se hayan interceptado fallas activas; en cambio las estructuras en la superficie no son igualmente inmunes. La represa debería diseñarse utilizando un décimo de la gravedad como valor aproximado de la aceleración horizontal de las ondas sísmicas. Se debe tener en cuenta este valor cuando se diseñen las estructuras que también sean vulnerables a las fuerzas sísmicas.

Características de la geología de los sitios para la represa. Se pueden hacer varias combinaciones para el desarrollo del Río Calima. Existen varios sitios donde se puede localizar la represa con el fin de conservar el escurrimiento dentro del embalse en el Valle del Calima. La selección del sitio y la determinación del diseño (tipo y tamaño de represa) estarán basados en los resultados de cuidadosos análisis sobre los aspectos técnicos y económicos de la obra. Hay otros factores que deben tenerse en cuenta como son la financiación, la demanda de energía eléctrica y la posible integración de este proyecto con el resto de las fuentes de electricidad en el país. Todas estas -

consideraciones justifican la construcción inicial de una represa pequeña, aumentada en un futuro por una segunda etapa de tal manera que el nivel de aguas y la capacidad pudieran ser aumentados. La cuenca del Calima es sin lugar a dudas el único lugar para un considerable almacenamiento con el fin de hacer uso de la gran capacidad y de la caída total de que se dispone.

La discusión de las condiciones geológicas de los diferentes sitios no implican que sean de igual importancia desde el punto de vista técnico y económico. La selección definitiva del sitio que se escoja para la presa estaría basado en la consideración de todos los factores que entran en su estudio.

Sitio del Alto Madroñal. La parte más angosta del cañón está localizada en el Alto Madroñal (elevación 1326 metros) prácticamente en el comienzo de la garganta. Una faja muy resistente de pizarra silíceo cruza el lecho del río en una dirección noreste (véase Figs. A-2 y A-4). La pizarra es densa, de color oscuro y muy dura en estado de reciente formación (cerca del río). El buzamiento varía de vertical a unos 60° grados aguas arriba. El rumbo es N-60°-E; desviándose ligeramente a ambos lados aguas abajo, a elevaciones mayores.

Estribo derecho. El estribo derecho es empinado hasta una elevación de 1390 metros; de ahí en adelante la pendiente es nula o muy gradual, siguiendo la cresta de un agudo filo. La ladera (busamiento) de aguas arriba (inclinada de 60 a 70 grados) está sobre roca descubierta y es despeñadiza, así que las capas tienden a separarse. Se hicieron tres zanjas a distancias iguales en la cresta del filo y se encontró roca meteorizada y ampliamente agrietada por lo menos hasta 1 metro de profundidad. La ladera de aguas abajo, de gran tamaño, está cubierta de densa rocalla con una pendiente de 45°. El ancho de la cima en algunos sitios es alrededor de 7 metros.

La elevación hasta la cual se extiende la roca aceptable, es decir, hasta donde las reparaciones normales son factibles, tiene que ser establecida por medio de una investigación. Parece que hay limitaciones topográficas del estribo derecho. El espesor de los machones para una represa de arco, o el ancho de la base para el soporte de una estructura después de que la fundación ha sido completamente preparada, deben ser suficientes para asegurar la estabilidad de la represa.

Estribo izquierdo (S.O.) El espesor de la faja de pizarra parece ser mayor en el lado izquierdo del cañón que en el lado derecho, debido quizás a que no existe un filo pronunciado a elevaciones mayores. En ambos estribos habrá necesidad de desbastar y excavar las laderas para moldearlas en forma de que puedan soportar mejor los esfuerzos producidos por la represa. El buzamiento inclinado que mira aguas arriba requerirá la excavación de las capas que se hayan separado.

Patrones de Grietas. A lo largo del sendero en el estribo izquierdo, se pueden ver grietas pequeñas y pendientes (hasta verticales) paralelas al río. Debe fijarse en ellas la atención con el fin de prevenir filtraciones en

el área de la represa. Más importantes aún son las grietas ampliamente espaciadas y bastante abiertas que se ven a ambos lados (especialmente en el estribo izquierdo), las cuales se internan oblicuamente dentro del estribo derecho (N.E.), aguas abajo. Estas pueden crear zonas débiles a la acción de cargas concentradas o permitir el libre paso del agua si no son selladas.

Excavación. Además de la excavación de la roca suelta e inadecuada y del material que tiene que ser removido con el fin de obtener la forma deseada en cada uno de los estribos de la represa, deberá hacerse el descapote de la fundación.

La profundidad a que se encuentra la roca en el lecho del río es probablemente pequeña; parte del esquisto tendrá que ser excavado con el fin de crear el espacio necesario para la construcción de una represa en arco.

Detalles de la construcción. Si se usa el sitio del Alto Madroñal, deben tenerse en cuenta algunas de sus características.

a) Desviación del río. Para la desviación del río habría necesidad de hacer un túnel a través del filo que forma el estribo del lado derecho (N.E.), como se ha planeado (100 m³/s. con una velocidad de 5 m/s). Este túnel debería revestirse con el fin de instalar compuertas o un tapón, una vez que la represa esté terminada. La quebrada Cocona en el lado izquierdo (S.O.) tiene que ser desviada, posiblemente por un canalón a un nivel más alto.

b) Ataguías. Se necesita una ataguía bastante alta, aguas arriba, con el fin de desviar el río y de dar al agua la velocidad requerida dentro del túnel. El eje de esta ataguía cruzaría el río oblicuamente siguiendo una dirección norte con el fin de proveer suficiente espacio para el canal de acceso al túnel. La ataguía de aguas abajo podría ser muy pequeña debido a la pendiente del río. El llegar hasta la roca parece presentar mayor problema. El material de construcción de las ataguías puede obtenerse de la excavación en la roca y en los depósitos aluviales (impermeables) de la cuenca del embalse.

Inyecciones de lechada. Normalmente, la pizarra pura y sin remover debería de ser prácticamente impermeable; sin embargo, las grietas en la roca tienen que ser inyectadas con lechada, lo mismo que cualquier otro contacto entre las capas que se hallen al descubierto, especialmente en las partes de mayor altura de ambos estribos. Debe tenerse en cuenta el empleo de inyecciones de colchón a baja presión en caso de que el área de la fundación se encuentre principalmente en esquisto (eje curvo).

Para el tamaño de represa requerido (aún en su primera etapa, elevación 1363 metros) se necesita crear una verdadera cortina de inyecciones y reparar cualquier zona defectuosa que pudiera existir a lo largo del angosto filo que sirve de estribo derecho. (N.E.) La cortina principal de inyecciones debería de ser de una profundidad que llegará por lo menos hasta la mitad de la altura del agua en el embalse. La preparación y el tratamiento de la roca de las fundaciones de la represa se deben determinar más precisamente haciendo unas investigaciones al respecto.

c) Rebosadero. Existen muchos factores que deben de ser considerados cuando se decida sobre el tamaño y tipo del rebosadero. En el caso de estructuras macizas de concreto sería posible descargar por encima de la represa, en cuyo caso sólo se necesita prestar atención a la socavación de la línea de base aguas abajo. Para estructuras delgadas de concreto, (o de otros tipos) sería mejor un rebosadero lateral sobre el filo del lado derecho (N.E.). Debido al clivaje de la roca (y al de la rocalla) se necesita una caída inclinada revestida, que proteja completamente el filo del estribo contra la socavación.

Sitio del Bajo Madroñal (véase Fig. A-6). Se está obteniendo la topografía a lo largo del cañón en una distancia por lo menos de 350 metros, aguas abajo del sitio del Alto Madroñal. El contacto intrusivo entre la diorita y la pizarra (en un punto alrededor de 250 metros aguas abajo del eje original) tiene una dirección N-50°-E y un buzamiento de 70° SE (aguas arriba). Puede encontrarse una sección adecuada, aunque un poco más ancha (nivel aproximado del río 1315 metros) en donde se podría colocar la represa enteramente en diorita. Las ventajas de una roca monolítica con pocas complicaciones y estribos adecuados para la represa final, pueden contrarrestar el mayor costo de una sección más grande. Otro factor más, aunque de poca importancia, sería la posibilidad de que el túnel de carga estuviera en diorita, evitando el esquisto y la pizarra que habría en la estructura de entrada como sería en el caso de la represa en el sitio del Alto Madroñal.

Estribos. Los afloramientos esparcidos en las laderas, que están por lo demás densamente cubiertas de vegetación, indican la existencia de diorita maciza y agrietada cerca de la superficie, a ambos lados del cañón. El carácter de los estribos, la cantidad de excavación, el tratamiento de la roca hasta cierta profundidad y otros detalles de importancia en el diseño y construcción no pueden ser definidos sino explorando y estudiando más el terreno.

Detalles de la construcción. Las características de la construcción dependen hasta cierto punto de las condiciones del sitio. Generalmente, la roca y el material de sobrecarga que no puedan ser utilizados para las fundaciones de la represa o que no puedan prepararse satisfactoriamente tendrán que ser excavados, dándosele a los estribos la forma que mejor se adapte a la carga proveniente de la represa. Debido a la anchura normal del cañón es posible diseñar una represa curva. El diseño que se seleccione estaría determinado por las consideraciones técnicas y económicas, con plena apreciación de los requisitos para la seguridad y la estabilidad de la represa.

El túnel de desviación estaría probablemente localizado en el lado izquierdo (oeste) para aprovechar el acceso que ofrece la curvatura del cañón inmediatamente aguas arriba. La posición de la boca del túnel de desviación afectaría la localización de la ataguía de aguas arriba. Debe evitarse la interferencia con la localización del túnel de carga que se considere como óptima.

La topografía y el tipo de represa tendrán su efecto sobre el diseño del rebosadero. La construcción de un rebosadero lateral puede ser difícil, debido a la uniformidad en la pendiente de las laderas.

Angostura (Valle del Calima) La angostura localizada 5.6 Km. aguas arriba de Madroñal, que separa la parte amplia del Valle (cerca de Darién) del resto de la cuenca más próxima al cañón, es un posible sitio para la represa - (véase Figs. A-1 y A-5). Una represa (elevación del río aproximadamente 1.360 metros) con un eje en una dirección de norte a occidente tendría una longitud de cresta de unos 700 metros. Un máximo contorno normal de inundación a la elevación de 1415 metros proveería un embalse que se estima en unos 500 millones de metros cúbicos. La adopción del sitio para una construcción eventual dependería del análisis de muchos factores.

De acuerdo con la inspección, ambos estribos abarcan diorita cubierta por diferentes suelos y depósitos aluviales.

La zona de inundación localizada a través del fondo del valle está sobre depósitos de carácter y espesor desconocidos.

Se cree que podría construirse una represa de tierra utilizando materiales aluviales seleccionados que se encuentran en el valle (sujetos a adecuados ensayos de laboratorio y de campo). Puede cimentarse la represa sobre roca (diorita) tanto en el fondo como en los lados, si la roca no está muy profunda. Si se construyera la represa en la segunda etapa o etapa final del proyecto de Calima para suplementar el embalse de una represa baja en Madroñal, no habría necesidad de una cortina interceptora debido a que la infiltración pasaría inmediatamente al embalse de la represa existente (primera etapa).

Debido a lo ancho de la sección, la construcción por etapas es posible sin necesidad de un túnel de desviación. Sin embargo, se necesita de un rebosadero adecuado localizado posiblemente en el estribo izquierdo (S.E.). El contorno de inundación máxima estaría limitada por la altura de Darién.

Sitio de la represa de regulación en el Río Bravo. Habrá fluctuaciones diarias de carga en la planta de Madroñal. Sería deseable construir en el futuro una represa de regulación en el Río Calima en un punto seleccionado con este fin, aguas abajo de la salida del túnel de fuga. (Véase Fig. A-1). - Solo por medio de esta represa auxiliar se podría llevar al embalse el incontrolado escurrimiento proveniente del Río Bravo, importante tributario del Río Calima que, proveniente del noreste, tiene su confluencia a una elevación de 780 metros aproximadamente. Esta represa serviría también para recoger el esca so escurrimiento del cañón del Calima entre Madroñal y el Río Bravo.

Finalmente, (cuando lo justifique la demanda) podría llevarse a cabo un desarrollo que comprenda la combinación de tubería de carga casa de - máquinas subterránea-túnel de descarga, parecido al desarrollo que se propone para Madroñal y que utilizaría la caída total entre el Río Bravo y el Río Azul, siguiente tributario de importancia hacia el occidente. Para este proyecto no se hicieron estudios geológicos de ninguna especie.

Estribos. Un sitio situado inmediatamente aguas abajo de la confluencia con el Río Bravo estaría localizado sobre una serie de rocas metamórficas (véanse Figs. A-1 y A-7). La formación, con un rumbo alrededor de N-50°-E,

contiene capas de esquisto cuarcítico verticales o con un pronunciado buzamiento en una dirección sureste (aguas arriba). En el estribo izquierdo (SE) aparece un afloramiento de diorita más o menos al nivel del río, frente a la confluencia con el Río Bravo. No pudo determinarse la extensión de la diorita debido a la vegetación del lugar, pero aparentemente se trata de un dique intrusivo del esquisto.

Las paredes del cañón son muy empinadas hasta los 840 metros. Existe la posibilidad de construir una represa hasta el nivel de la entrada del túnel de fuga de Madroñal (a una elevación alrededor de 800 metros) lo que requeriría una estructura de 25 metros de altura, aproximadamente.

Si se utilizara el sitio indicado, se presentaría un difícil problema de construcción cuando se tratara de desviar el caudal del Río Calima - (aumentado por la descarga de la casa de máquinas) y el caudal normal del Río Bravo. Se podría buscar una alternativa en la localización del sitio, aguas abajo, de tal manera que con una sola obra de desviación se pudieran abarcar los dos caudales. Como consecuencia de las observaciones sobre el terreno se tiene la creencia de que las rocas metamórficas, especialmente esquisto, se extienden hasta 1 kilómetro aguas abajo de la confluencia con el Río Bravo.

Tipo de Represa. Lo angosto del cañón y la fácil accesibilidad de la roca en la fundación, por debajo del nivel del río, permiten la selección - del diseño más económico y conveniente desde el punto de vista técnico. Por esta razón, se debe hacer un análisis comparativo de diferentes tipos de represa para ambas ubicaciones en Madroñal.

Se cree que una estructura de concreto (cuya altura, si se desea, puede luego aumentarse fácilmente) presenta ciertas ventajas en cuanto a construcción y costo total. Una represa de tierra, para la cual se encuentran disponibles abundantes materiales de construcción en los depósitos del embalse, sería difícil de construir en este angosto cañón. El rebosadero y las obras de salida y de desviación, serían también problemáticas para una represa de este tipo.

Represa de enrocado. Puede construirse una represa de enrocado - dentro de las justas limitaciones en la altura necesaria para llenar los requisitos del proyecto. El material de construcción apropiado (con la debida selección) para este tipo de represa se puede obtener en abundancia de la explotación de canteras y de las excavaciones en túnel.

El eje definitivo para una represa de enrocado estaría aparentemente situado entre el Alto y Bajo Madroñal. Todos los depósitos de rocalla en ambos estribos deben ser completamente removidos para asegurar la estabilidad de la represa. Debido a la configuración y curvatura del cañón, se deben efectuar estudios especiales con el fin de dar a la represa la impermeabilidad necesaria (bien sea pavimentado o por medio de un núcleo impermeable) y para evitar la posible filtración por las laderas que forman la garganta. Un núcleo central impermeable cuyo diseño se haría de tal manera que permitiera más tarde el aumento de la altura original de la represa, podría simplificar este problema. Debe hacerse un completo análisis de la represa de enrocado (cortina -

de inyecciones a manera de muros interceptora hasta la roca firme, rebosadero, túnel de desviación, etc.) con el fin de tener una base de comparación con los otros tipos de represa.

Represa de concreto. Puede construirse una represa de concreto en el Alto o en el Bajo Madroñal y, sin duda alguna, en el sitio considerado para el embalse de regulación, donde se necesitaría de una estructura más baja. Sin embargo, se requiere de una detallada investigación para determinar las limitaciones en el tamaño de la represa (que estarían dadas por la topografía y otros factores de importancia) y decidir sobre el tratamiento necesario para sus cimientos. Uno de los problemas de la ubicación de la represa en el Alto Madroñal sería la aparente oblicuidad de cualquiera de los ejes, lo que haría muy difícil el diseño de una represa simétrica.

Represa de Arco. Cualquier decisión con respecto al diseño se debería basar en una información completa sobre el estado de la roca y demás condiciones que afectarían la construcción, incluyendo las diferentes etapas en que ésta se efectuaría.

Debería considerarse la construcción de una represa en arco, tal vez con bloques de presión (por gravedad) a cada lado (Alto Madroñal) de manera que se pueda obtener una mejor simetría, una vez que se hayan tenido en cuenta la configuración y el tipo de la roca sana.

Deben considerarse cuidadosamente los esfuerzos resultantes del arco y el ángulo que éstos formarían con la dirección de las capas de pizarra, a lo largo de las cuales podrían ocurrir deslizamientos. Los contrafuertes a ambos lados tendrían una forma tal que los capacitara para una óptima recepción de los esfuerzos del arco. La excavación de capas delgadas de rocas es otro punto que se debe considerar en vista de lo angosto del lomo de la roca en el lado derecho (N.E.) del eje en el Alto Madroñal. Cuando se haya completado la topografía del área que se considera, podría verse la conveniencia de una estructura curva o, específicamente, en arco.

En cualquier proyecto de utilización del Alto Madroñal se necesitaría de inyecciones de lechada en la roca, especialmente para prevenir filtración a través de la angosta ladera que forma el estribo en el eje de aguas arriba. El rebosadero y las obras de salida estarían probablemente localizados en roca en cualquiera de las dos posibles ubicaciones de la represa en Madroñal.

No hay evidencia directa de que serios terremotos puedan afectar el área del Valle del Calima. Sin embargo, la región en general es sísmicamente activa, factor que debe considerarse en el diseño. Si se tiene en cuenta este factor, una represa delgada sería menos aconsejable que una de mayor espesor.

Represa de Gravedad. Si la configuración de la roca sana lo permite, podría construirse una represa de gravedad, recta o curva, en cualquier lugar del cañón. Se debe dar una adecuada preparación a los cimientos y se debe proceder con cautela en el diseño con respecto a la estabilidad de la represa

en los lugares donde haya buzamientos de rocas metamórficas o donde el ancho de la base sea pequeño. En vista de las irregularidades en las empinadas laderas naturales, debe imponerse una limitación al diseño con el fin de evitar diferencias extremas de elevación entre los cimientos de las caras de la represa, río arriba y río abajo, para cualquier sección más o menos transversal a los ejes. La orientación de los ejes curvos debe ser tal que no dé origen a excesiva oblicuidad en la represa, lo que sería indeseable desde el punto de vista estructural. Se necesita de una cortina de inyecciones tanto en los cimientos como en los estribos (incluyendo la loma en el sitio del Alto Madroñal si llegara a utilizarse) al mismo tiempo que de sistemas típicos de drenaje.

El rebosadero puede probablemente colocarse sobre la represa pero en vista de lo angosto del cañón, se hace necesario un túnel de desviación.

La ventaja de una represa de gravedad cimentada sobre roca apropiada consiste en que, además de ser estable en casi todas las condiciones si está propiamente diseñada, puede fácilmente aumentarse su altura en una fecha posterior.

Represa de tierra. Una represa de tierra es solamente aconsejable en la angostura que divide el Valle del Calima aproximadamente 5.6 kilómetros aguas arriba de Madroñal. Su diseño estaría basado en la determinación de las propiedades de los materiales disponibles para la construcción que se encuentran en los depósitos aluviales de las cercanías. Además, sería posible la construcción por etapas, eliminándose así el túnel de desviación.

Materiales de Construcción. Los materiales para la construcción de los diferentes tipos de represa y las otras obras necesarias para el desarrollo del proyecto son generalmente abundantes y se encuentran favorablemente localizados, pero restringidos en su carácter. Estos incluyen los siguientes:

Impermeables. Los materiales para la parte impermeable de la ataguía y el núcleo de la represa de enrocado que estará ubicada en Madroñal o para la sección donde se requiere una represa de tierra en la angostura (5.6 kilómetros aguas arriba) serían seleccionados (después de ensayos de campo y de laboratorio) de los depósitos aluviales que se encuentran en las cercanías del Valle del Calima. En general estos depósitos aluviales incluyen cantos rodados depositados en las riberas y sedimentos del río con considerable cantidad de roca y una matriz areno-arcillosa. Este material tendría que ser clasificado de acuerdo con su gradación y utilidad.

Semi-impermeables. En los depósitos aluviales de la cuenca podrían obtenerse parte de los materiales necesarios en la construcción de ataguías, así como los que se requieren para una represa de tierra construida por etapas y probablemente aquellos que pudieran usarse para llenar las cavidades de la superficie de una represa de enrocado, aunque para este fin puede utilizarse también la roca resultante de las excavaciones.

Roca. Solamente en el caso de una represa de enrocado tendrán que usarse grandes cantidades de dicho material. La roca resultante de la excavación de los túneles será en general demasiado pequeña en tamaño (debido a

la manipulación). Los bloques grandes de roca requeridos para una represa serían obtenidos en una cantera en un lugar seleccionado en la región de diorita, cerca al sitio del Alto Madroñal o aguas abajo de él.

Agregado. Se necesitan enormes cantidades de agregado para llenar los requisitos de una represa de concreto, para el revestimiento requerido en el túnel y para las otras obras adjuntas. No se encuentra grava natural en cantidad apreciable y conveniente para el proyecto, a lo largo del Río Calima. Además, las gravas naturales contienen pizarra, esquisto y otros elementos nocivos.

La diorita de la región producirá agregado satisfactorio mediante la trituración de la roca de cantera. La acción petroquímica de este tipo de roca es esencialmente la misma que para el granito, el cual es substancialmente inerte en concreto. El sitio para la cantera principal (para la represa, revestimiento del túnel de carga, casa de máquinas, etc.) debe seleccionarse considerando su colocación, elevación, accesibilidad, espacio para almacenaje y otros detalles importantes.

Deben hacerse estudios adecuados, tales como el análisis petrográfico y químico de muestras representativas, antes de que cualquier material sea aceptado. Deben hacerse perforaciones con taladro en el lugar para la cantera propuesta, con el fin de establecer la uniformidad de la roca en cantidades suficientes para la obra. Es aconsejable el efectuar una voladura de ensayo para establecer la forma como debe beneficiarse la cantera. Se deben llevar a cabo operaciones de prueba de molimiento con anticipación a la construcción, y así poder seleccionar el equipo adecuado para la trituración (debe hacerse mención de la Planta de Anchicayá que también usa diorita).

El agregado para la represa de regulación tendrá que ser extraído de una cantera situada en roca metamórfica. Por lo tanto, deberá efectuarse la búsqueda de material conveniente para dicho agregado.

Las estructuras especiales, así como los trayectos del túnel de descarga que van revestidos, requerirán el uso de agregados. Las canteras locales y el uso de pequeñas plantas móviles de trituración y mezcla serían convenientes para este propósito para evitar el largo transporte de la cantera principal al lugar de la represa.

Construcción de túneles.

Tipo de roca. La construcción de los túneles de carga y fuga, así como la de la casa de máquinas subterránea, es de mucha importancia en el proyecto. De acuerdo con los reconocimientos hechos, la línea proyectada para el túnel desde la quebrada Cocona en la parte alta del Madroñal hasta la estructura de salida sobre el Río Calima, cerca del Río Bravo, estará en las siguientes rocas (véanse Figs. A-1 y A-3):

350 - 1850 metros Rocas metamórficas, particularmente pizarras; Diorita y rocas afines. La casa de máquinas subterránea estará en -

este intervalo, a una elevación de 826 metros (elevación del río en el lugar de la represa 1326 ±);

- | | |
|------------------|--|
| 1850-2550 metros | Rocas metamórficas en capas, en Buenos Aires; incluye esquistos sericíticos y carbonáceos; |
| 2550-7250 metros | Diorita y rocas afines entre Dos Quebradas y Campoalegre; |
| 7250-7500 metros | Rocas metamórficas, principalmente esquistos sericíticos y carbonáceos; |

La verdadera extensión de cada tipo de roca será determinada por el alineamiento final para el túnel de carga y el de fuga. Es enteramente probable que se encuentran pequeños grupos irregulares de diorita en las rocas metamórficas (y viceversa) debido a que los afloramientos de roca están ocultos por la sobrecapa y la vegetación.

Soporte y Revestimiento. Cerca del 18 por ciento de la excavación para el túnel (desde la Quebrada Cocona en la parte alta de Madroñal) será en roca metamórfica. Aunque las rocas metamórficas son de reciente formación y se encuentran bajo tierra, fuera del alcance de los efectos de la intemperie, son hendibles y pueden requerir de soportes livianos para el embovedado y de algún revestimiento de protección en la apertura del túnel. En los presupuestos preliminares, deben considerarse soportes de madera hasta en un 25% de la longitud combinada del túnel y galerías y soportes de acero tal vez en un 2% de la longitud total. Los verdaderos requisitos serán determinados durante la excavación. Debe estimarse el revestimiento del canal de fuga para las secciones de roca metamórfica (aproximadamente 1000 metros) pero, de nuevo, los verdaderos requisitos estarán basados en los resultados de la excavación. Se requiere revestimiento reforzado (con inyecciones de alta presión) desde la estructura de toma de las tuberías de carga hasta la casa de máquinas.

Drenaje. Es de esperarse que las grietas y rajaduras de la roca serán herméticas, más allá de una profundidad de 100 metros de la superficie. Sin embargo, las zonas de grandes esfuerzos cortantes que puedan encontrarse y las porciones del túnel cerca a la superficie (a la salida) o cerca del río, pueden llevar aguas freáticas. Habrá que disponer de amplias capacidades de bombeo para extraer el agua filtrada en la excavación de los túneles y en la de la galería de la casa de máquinas. En el caso de que se encuentre mucha afluencia, se podría sellar con inyecciones de lechada la roca a través de la cual va a pasar el túnel.

Métodos para abrir túneles. En el presente, solamente pueden darse algunas ideas con respecto a las operaciones de apertura de túneles. Ciertamente, para las secciones en túnel de la estructura de toma y de las tuberías de carga, incluyendo los frentes de la galería de la casa de máquinas subterránea, se necesitaría de una galería piloto inclinada, para proveer información sobre el carácter de las formaciones y que podría usarse a la vez para facilitar la remoción de escombros.

Las bocas del túnel deben ser excavadas hasta hallar roca razona-

blemente dura, más allá de la superficie meteorizada (observando la estabilidad de los taludes para evitar deslizamientos) y proveerse de soportes hasta que se encuentre roca sana. Probablemente todas las secciones en roca metamórfica (pizarras y esquistos) deben excavarse por el método de galería-piloto en la bóveda (a menos que las exploraciones que se efectúen lo indiquen en otra forma. Exceptuando las zonas de esfuerzos cortantes y las particularmente débiles, la diorita y las rocas similares pueden excavarse en toda la cara de avance, usando vagones barrenadores. La excavación de la enorme galería de la casa de máquinas debe planearse en secciones hasta tanto no se conozca el comportamiento de la roca (incidentalmente, el drenaje de la galería debe ser tal que la casa de máquinas se mantenga seca).

Los socavones de acceso y las galerías de compartimientos pueden excavarse verticalmente o en fuertes pendientes, sin grandes problemas, de acuerdo con el sitio y características de la roca.

Debe hacerse un estudio detallado del programa de excavación para proporcionar adecuados socavones y galerías de transporte así como ventilación y equipo, para efectuar el trabajo de una manera eficiente y efectiva.

Recomendaciones. Será necesario complementar la información de que se dispone con anterioridad a la construcción y al diseño final, aunque puede ser posible obtener algunos datos durante la primera etapa de construcción como parte del contrato de construcción. Existe la oportunidad de determinar más adelante el futuro desarrollo hidroeléctrico, tanto local como en la región, lo que permitirá establecer el alcance inicial del proyecto requerido así como también el planeamiento de etapas para alcanzar el desarrollo final. Al mismo tiempo, pueden obtenerse datos sobre precipitación y escurrimiento con juntamente con las mediciones de las ratas de evaporación y el contenido de sedimentos en el río. Además de estos estudios generales, se necesitará de la información específica que se indica a continuación:

Levantamientos.

1. Levantamientos topográficos adecuados en el Alto y Bajo Madroñal para permitir una comparación preliminar de represas y diseños.
2. Levantamientos en la hoya del embalse de Calima para confirmar las relaciones entre área y capacidad y las características físicas en la angostura (5.6 Km. aguas arriba de Madroñal).
3. Trazado y nivelación adecuados para fijar la pendiente y los puntos sobre los túneles de carga y fuga.
4. Mapa del sitio del embalse de regulación sobre el Río Calima, abajo de su confluencia con el Río Bravo, para uso futuro.
5. Suficientes mapas detallados de las presuntas áreas de préstamos, regiones en las bocas de túneles, lugares para diques de desviación y otros sitios comprendidos en la construcción.

6. Levantamientos de las carreteras de acceso y transporte.

Materiales de construcción. Se requiere un concepto preliminar de los materiales de construcción para el plan general del proyecto; subsecuente información detallada será necesaria:

1. Determinación petrográfica de los principales tipos de rocas de cantera que haya de triturarse para ser usadas como agregado.

2. Apiques y ensayos típicos de laboratorio sobre las características físicas de todos los depósitos de materiales de importancia que vayan a ser usados en la construcción.

Investigación de los sitios para la represa. Antes de avanzar con el diseño y la construcción, se requiere una información detallada de las alternativas para la localización de la represa y particularmente del sitio elegido.

A. Perforaciones con taladro (con ensayos de percolación)

1. Deben perforarse series de 17 taladros, todos ligeramente inclinados en la dirección de aguas abajo, pero con varias perforaciones angulares, a 60° con la horizontal, en el sitio del Alto Madroñal (véase Fig. A-2), que sean suficientes para represas de arco, curvas, o de gravedad, de diversas alturas. Todos los taladros deben perforarse 50 mts. dentro de la roca y la rata de percolación tiene que determinarse a intervalos uniformes durante el progreso de la perforación (bajo tres atmósferas).

2. Tres líneas de taladros en el Bajo Madroñal, en la diorita, - después de que se obtenga la topografía y siempre que el sitio sea aceptable.

Un total de diez taladros a una profundidad de 50 mts. dentro de la roca, así:

a) 1 taladro a la elevación de la cresta en cada estribo, sobre los ejes.

b) 1 taladro a la mitad de la altura, en cada estribo, sobre el eje, (posiblemente taladro en ángulo).

c) 1 taladro en la base de la ladera en cada estribo, sobre el eje.

d) 1 taladro en la base de la ladera en cada estribo, en la línea de base aguas arriba y en el talón de la represa de gravedad, respectivamente.

3. Los taladros necesarios a lo largo del eje de la represa de regulación (cerca del Río Bravo) sobre el Río Calima cuando se considere su construcción.

4. Taladros a lo largo de la cortina interceptora de la represa de tierra en la angostura (5.6 km. río arriba del Madroñal) si se tiene en cuenta esta estructura.

5. Los taladros necesarios en todas las bocas de los túneles para establecer el nivel de la roca.

6. Un taladro en la galería de acceso a la casa de máquinas subterránea, perforado a una profundidad mínima de 100 mts. en roca sana y a una máxima igual al nivel del piso de la casa de máquinas, de acuerdo con los resultados de perforación.

B. Apiques. (En general, profundizados hasta la roca de manera que se pueda observar el espesor de la sobrecapa).

1. Seis apiques en el área de rocalla, a ambos lados del río (véase mapa) en el sitio del Alto Madroñal. Podrían necesitarse otros apiques para fines especiales.

2. Los apiques necesarios para desarrollar el perfil de la roca en el sitio del Bajo Madroñal, junto con apiques suplementarios, según se necesiten.

3. Apiques para el estudio de la sobrecapa y el nivel de la roca en el sitio del embalse de regulación (Río Bravo) y en el de la angostura (5.6 kms. aguas arriba de Madroñal), cuando dichos sitios sean tenidos en cuenta.

C. Túneles exploratorios. (para mostrar el carácter de la roca subterránea).

1. Una galería horizontal en el estribo derecho (véase Fig. A-2) del sitio del Alto Madroñal para explorar el carácter de la roca en el delgado filo (extender la galería al menos 50 metros).

2. Un túnel en la entrada seleccionada para el socavón de la tubería de carga.

3. En caso de que se necesiten, se excavarán túneles en el sitio del Bajo Madroñal y en otros sitios, de acuerdo con su importancia y las características del diseño.

Conclusiones. El proyecto propuesto para el desarrollo hidroeléctrico de Calima, está situado en una área de la cordillera occidental donde las series metamórficas, incluyendo el esquisto y la pizarra, presentan intrusiones de grandes masas de diorita y rocas afines. El Río Calima fluye a través de un ancho Valle encerrado por filos de rocas de más antigua formación, antes de entrar al empinado cañón en cuya cabecera se encuentra el lugar propuesto para la represa. El embalse resultante puede proveer almacenamiento para la afluencia total del Río. El agua del embalse pasaría entonces por las tuberías de carga en un túnel inclinado que va a dar a la casa de máquinas subte

rránea. El salto sería de 500 mts. o más, sin que haya necesidad de una represa demasiado alta.

El agua pasaría de la casa de máquinas al túnel de fuga y regresaría al Río Calima en un punto situado unos 8 Km. aguas abajo de la represa. Continúa allí el empinado descenso del río lo que da lugar a pensar en un segundo proyecto de similar magnitud en el futuro, cuando se desarrolle la demanda de energía.

El plan considerado en el Proyecto de Calima para desarrollar la energía potencial, es muy llamativo en vista de la magnitud del salto y del amplio almacenamiento de que se dispone. Por lo demás, no hay características anormales que compliquen la construcción de la represa o la excavación de los túneles, socavones y galería subterránea.

Debería obtenerse la pronta autorización del Proyecto de Calima.

Sometido respetuosamente,

Dr. F. A. Nickell
Geólogo Consultor
Bogotá, Colombia,
Febrero 8 de 1954.

5. TERREMOTOS

Los siguientes datos con respecto a los terremotos que han afectado los Departamentos de Caldas y el Valle, fueron suministrados por el Instituto Geográfico de los Andes Colombianos:

<u>Fecha del terremoto</u>	<u>Intensidad</u>	<u>Observaciones</u>
1575	B	El primer terremoto de que haya registro, y que tuvo lugar en la parte central de Colombia.
1595	B	Un terremoto que sacudió principalmente las ciudades de Mariquita y Honda.
1763 Enero	A	Un fuerte temblor que fué sentido en la cordillera Central y que se originó en el Valle del Cauca.
1799 Septiembre	C	Un terremoto que sacudió el territorio comprendido entre las ciudades de Cartago (Colombia) y Trujillo (Venezuela).
1805 Julio 16	C	La ciudad de Mariquita fué destruída y de acuerdo con el Coronel Hamilton, cerca de 500 personas perecieron en esta catástrofe.

Fecha del terremoto

Intensidad

O b s e r v a c i o n e s

1824 Dic. 31	A	Algunos de los habitantes de los Departamentos de Caldas y Tolima fueron alarmados por un temblor nocturno.
1827 Nov. 16	C	Caldas debió de haber sentido los efectos de este fuerte terremoto que causó daños en los Departamentos del Valle, Cauca y Huila.
1829 Dic. 9	C	Terremoto sentido entre las cordilleras Central y Occidental y particularmente fuerte en Santa Ana, Honda, Cartago, etc.
1868 Sept. 15	B	Fuerte temblor en la Cordillera Central, que causó leves daños en Medellín.
1885	B	Terremoto sentido en el Valle del Cauca y la Cordillera Central.
1906 Enero 31	C	Un violento terremoto, cuyo epicentro fué en el Pacífico frente a Tumaco, pero que sacudió casi toda la República.
1911 Abril 11	B	Un fuerte terremoto se sintió en los Departamentos de Caldas y Antioquia y sin daños notables.
1915 Junio 17	B	Temblor que sacudió la parte noroeste de Colombia.
1925 Junio 8	A	Temblor sentido en la parte central de Colombia.
1938 Feb. 4	C	Terremoto destructivo en Caldas y Antioquia con epicentro localizado en 5.1 N y 75 O, lo que corresponde a un punto al suroeste de la ciudad de Manizales y a una distancia de unos 30 km. Profundidad focal 130 km.
1944 Abril 12	A	Temblor sentido en los Departamentos de Antioquia y Caldas.
1944 Mayo 9	A	Temblor sentido en casi toda la República, pero sin daños notables a los edificios.
1944 Sept. 3	A	Este temblor tuvo su epicentro muy probablemente en el Departamento de Caldas y fué sentido desde Cali hasta El Banco.

<u>Fecha del terremoto</u>	<u>Intensidad</u>	<u>O b s e r v a c i o n e s</u>
1944 Nov. 8	A	Debió de sentirse en Caldas y regiones adyacentes.
1945 Feb. 5	A	Temblo registrad en Bogotá y con epicentro probablemente en la Cordillera Central, sentido fuertemente en Pereira.
1954 Enero 29	A	Sentido en Cali a las 10:02 P.M. Movimiento de Este a Oeste (Registro del Autor).

NOTA 1. La escala de intensidad que se muestra en este Aparte es enteramente arbitraria y puede ser descrita como sigue:

Intensidad.

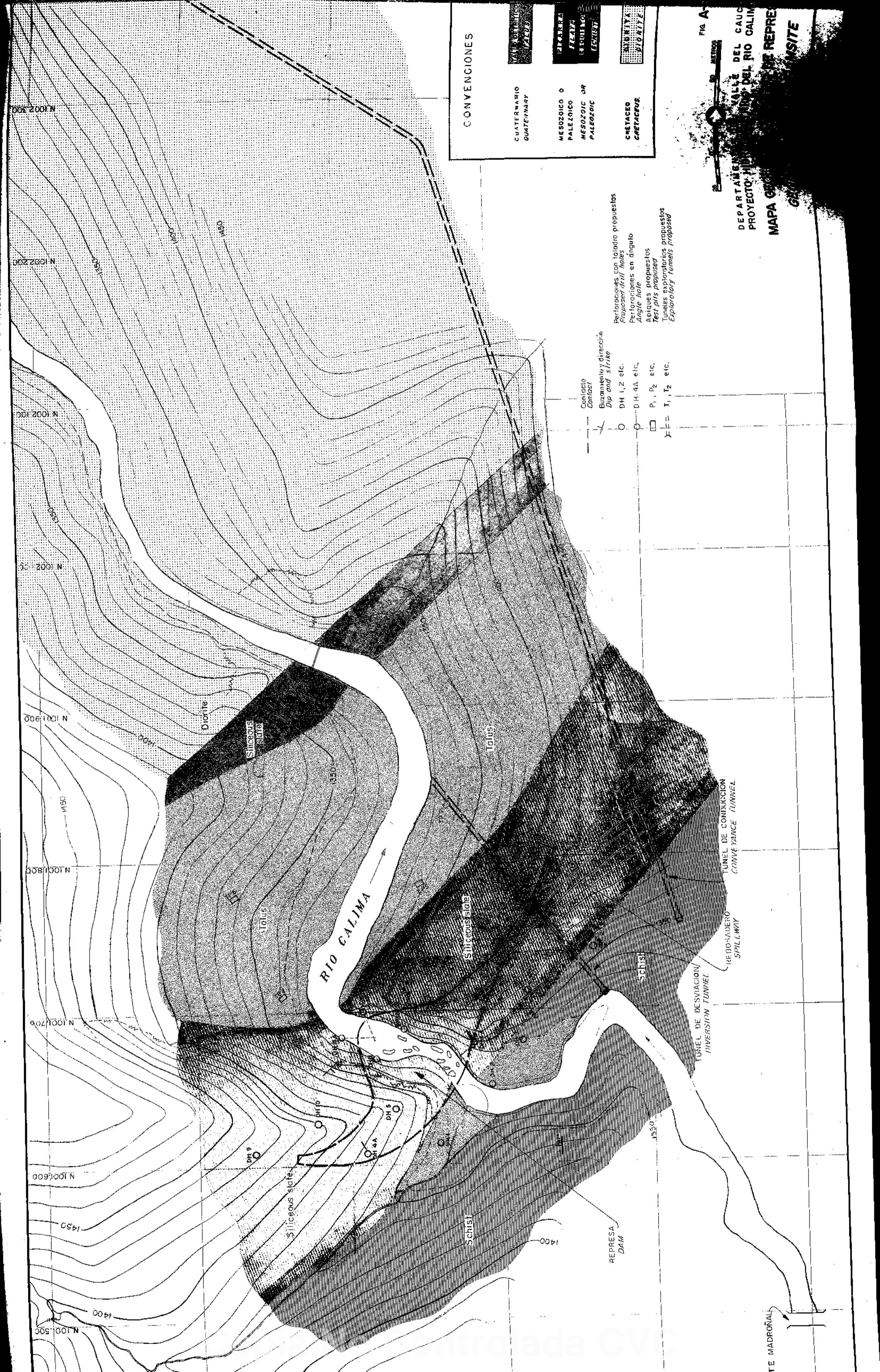
A - Temblor no destructivo - Escala de Rossi-Forel I-IV.

B - Fuerte terremoto causando algunos daños - Escala de Rossi-Forel V-VII.

C - Terremoto Catastrófico - Escala de Rossi-Forel VIII-X.

NOTA 2. Los detalles del temblor del 4 de Febrero de 1938 se encuentran en la "Revista Javeriana" Vol. IX, No. 45, Junio de 1938, páginas 340-344 en el artículo "Algunos datos sobre el terremoto Colombiano del 4 de Febrero de 1938".

Es evidente, de acuerdo con el Aparte arriba presentado, que la región en la cual está situado el proyecto de Calima, está sujeta a terremotos de apreciable intensidad. Este factor debe tenerse en cuenta en el diseño de estructuras importantes.



CONVENCIONES

CUATERNARIO QUATERNARY	VALDERRAMA VALDERRAMA
MESOZOICO O PALEOZOICO MESOZOIC OR PALEOZOIC	IPARRA IPARRA
CRETACEO CRETACEOUS	ESQUIVA ESQUIVA

- Perforaciones con taladro propuestos
Proposed drill holes
- Perforaciones en ángulo
Angle hole
- Atiques propuestos
Test pits proposed
- Túneles exploratorios propuestos
Exploratory tunnels proposed
- Contacto
Contact
- Buzamiento y dirección
Dip and strike
- DH 1, 2 etc.
- DH 4A etc.
- P₁, P₂ etc.
- T₁, T₂ etc.

FIG. A
METROS

DEPARTAMENTO DE VALLE DEL CAUCA
PROYECTO DE REPRESA DEL RIO GALIMA
MAPA GEOLOGICA DEL SITIO DE REPRESA
GEOLOGICAL SITE

RIO GALIMA

Siliceous slate

Siliceous slate

Schist

REPRESA
DAM

TUNEL DE DESVIACION/
DIVERSION TUNNEL

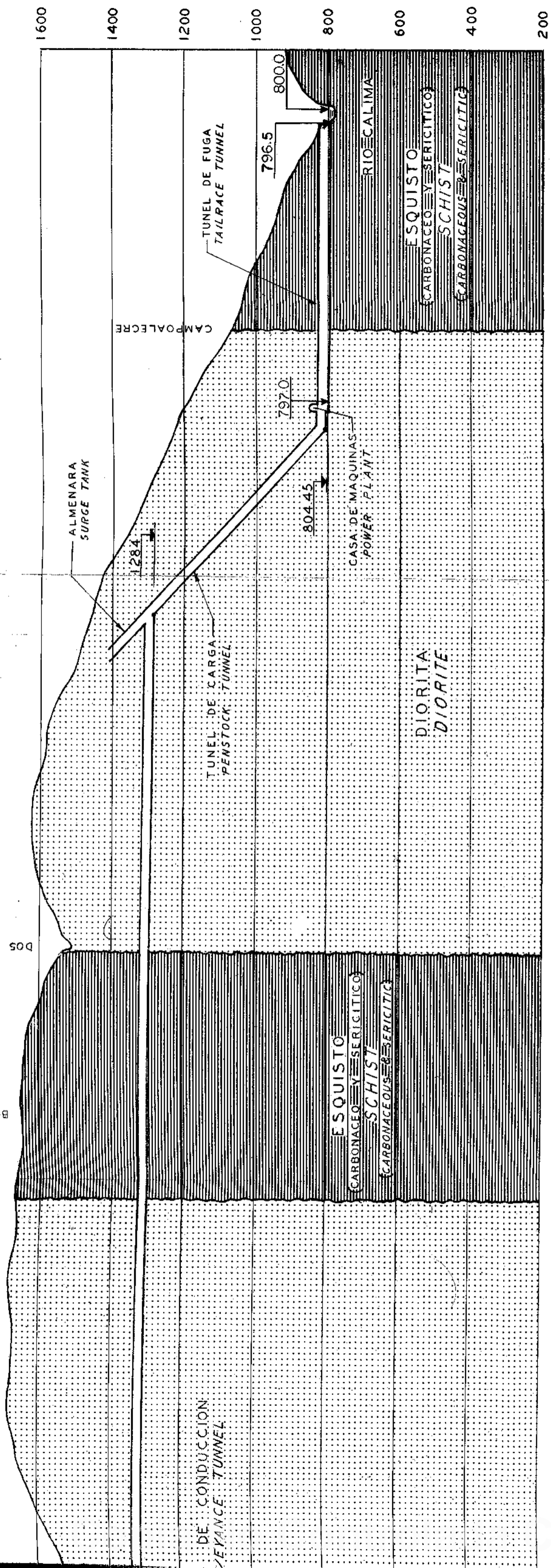
TUNEL DE CONDUCCION/
CONVEYANCE TUNNEL

REDONADERO
SPILLWAY

TE MADRONAL

BUENOS AIRES

DOS QUEBRADAS



SECCION GEOLOGICA DE LA CONDUCCION FIG.

LAS OLLAS

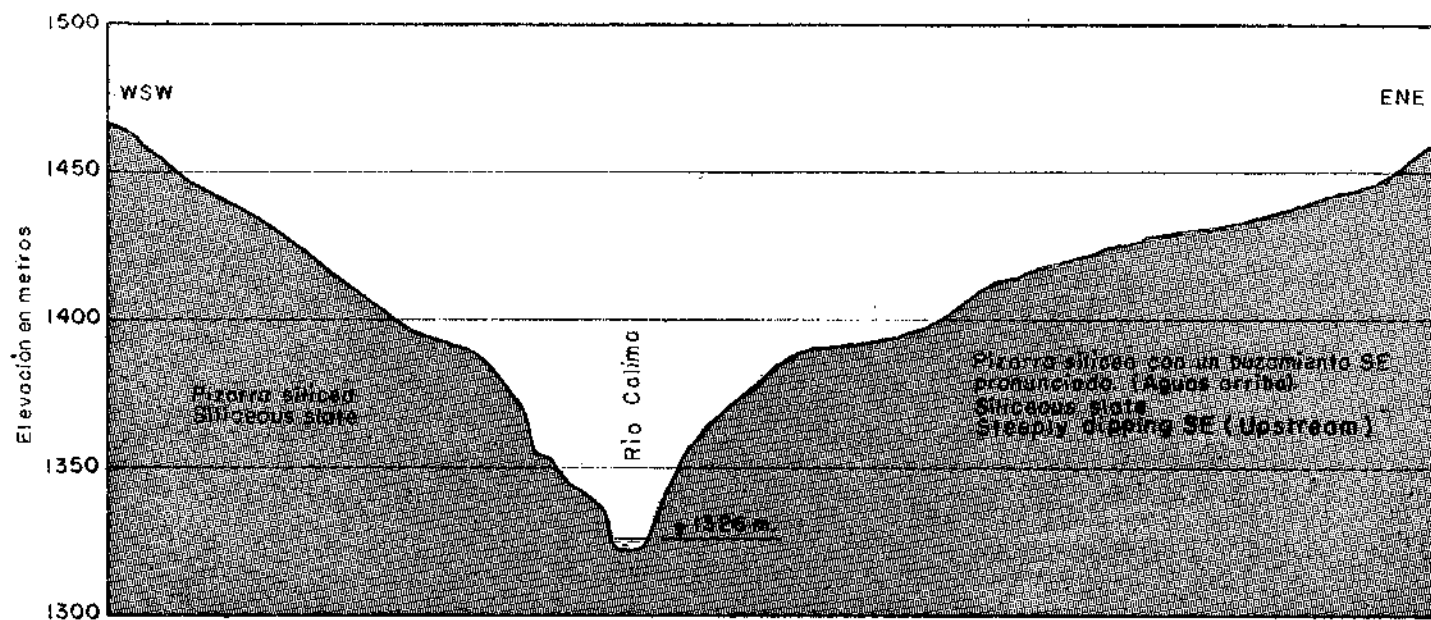
EMBALSE
RESERVOIR

TUNEL DE
CONVEYANCE

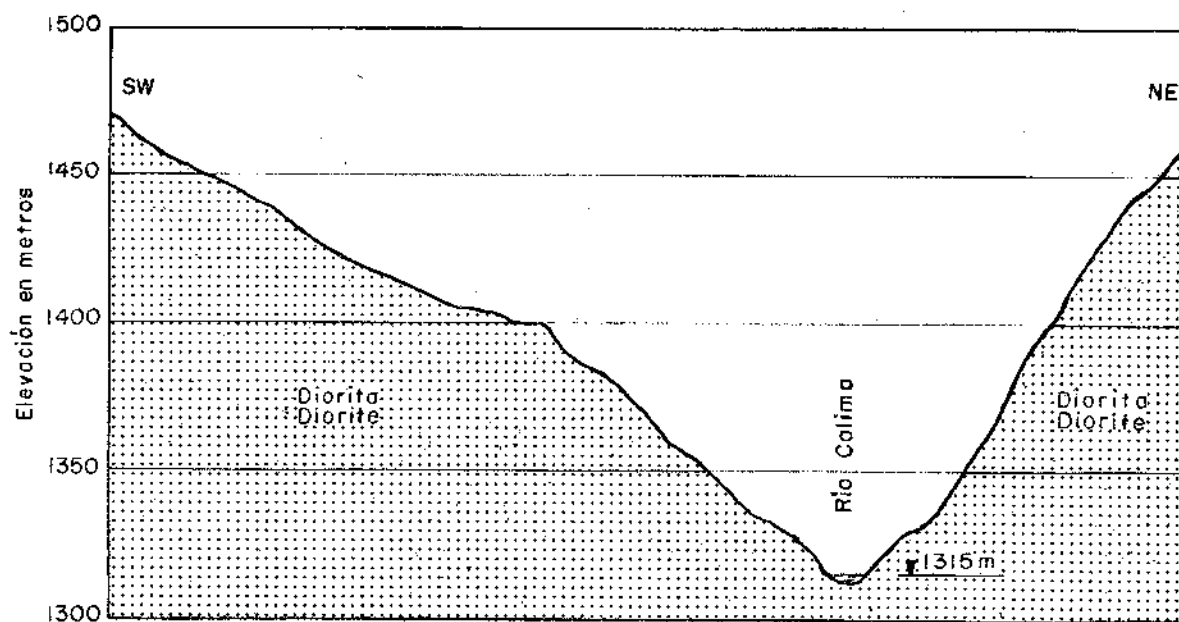
DIORITA Y ROCAS AFINES
DIORITE AND AFFILIATED ROCK

PIZARRA
SLATE

ELEVACION EN METROS
1600
1344
1400
1200
1000
800
600
400
200

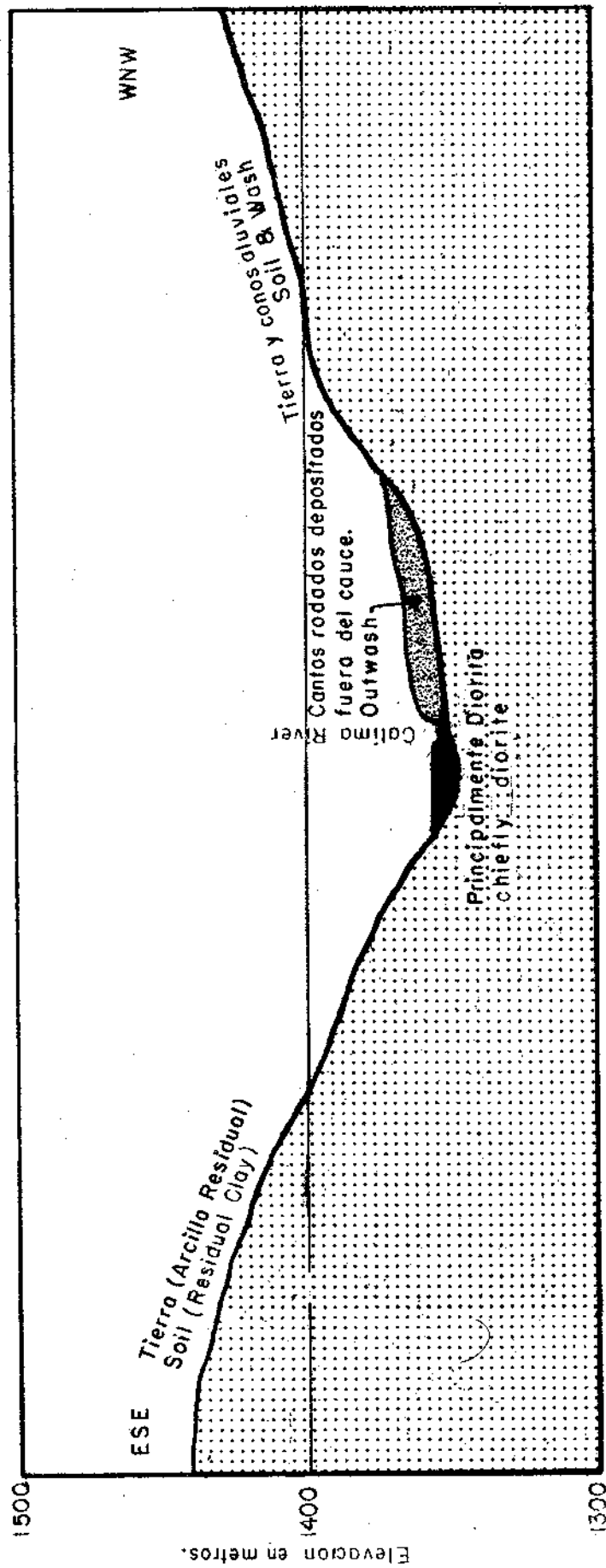


ALTO MADROÑAL - UPPER DAMSITE



BAJO MADROÑAL - LOWER DAMSITE

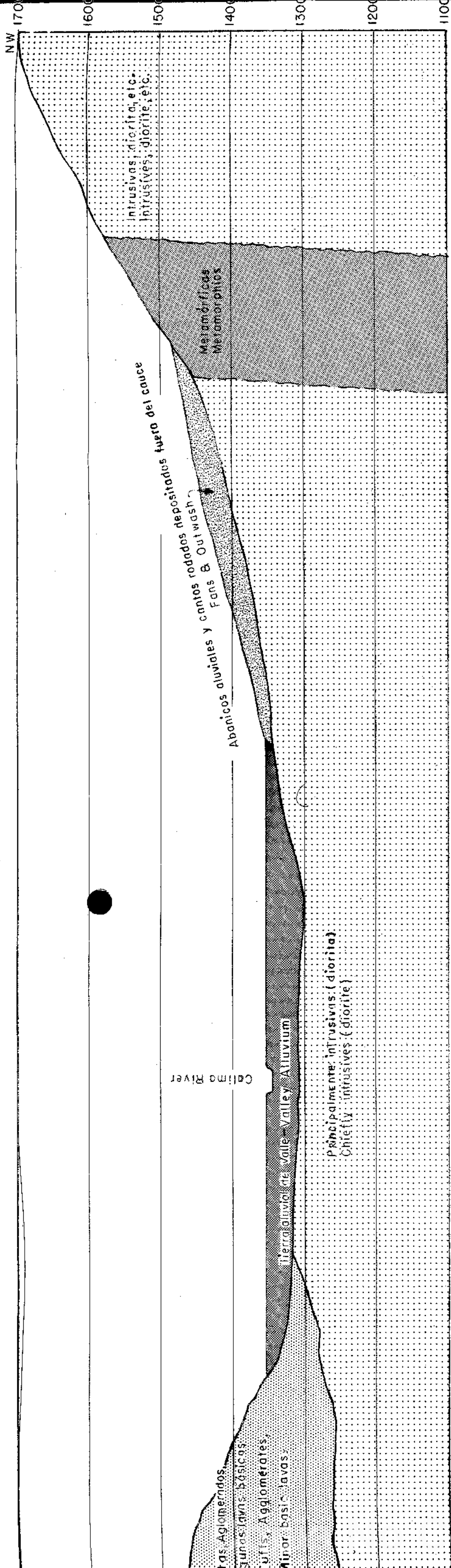




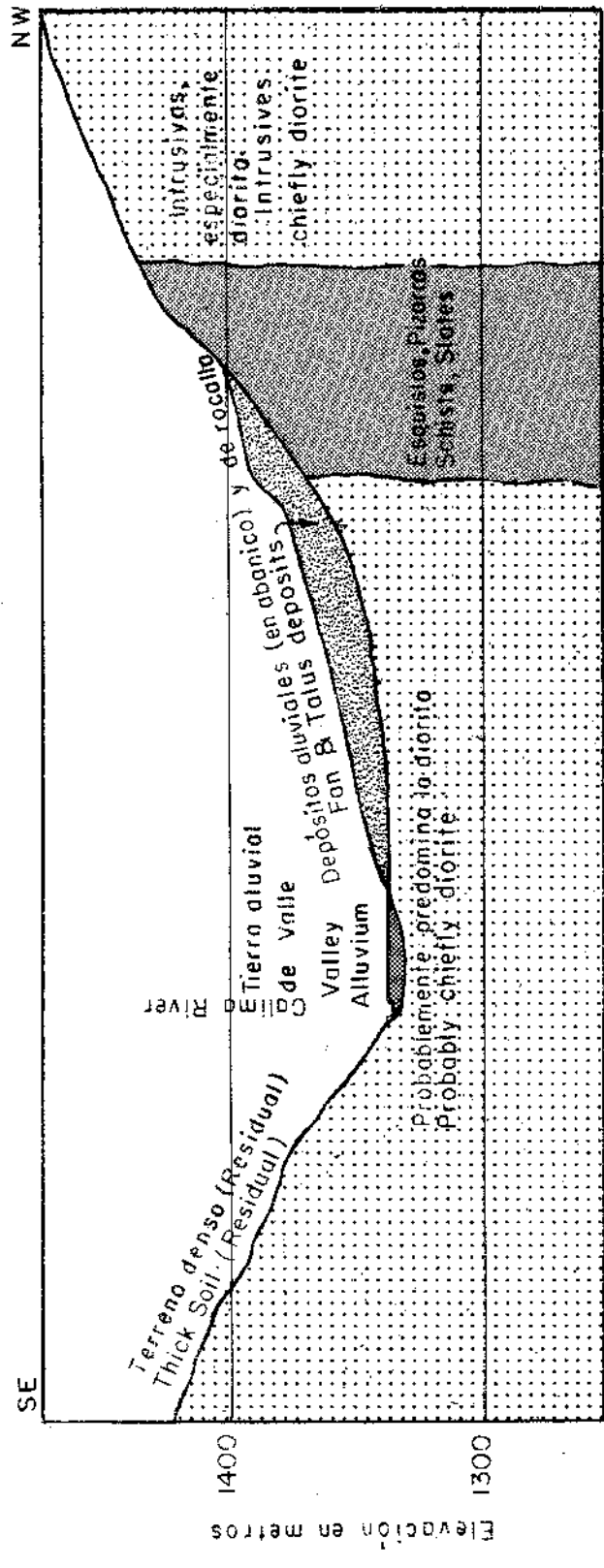
PERFIL GEOLOGICO DEL ANGOSTAMIENTO DEL EMBALSE FIG.

OLAP-KTAM

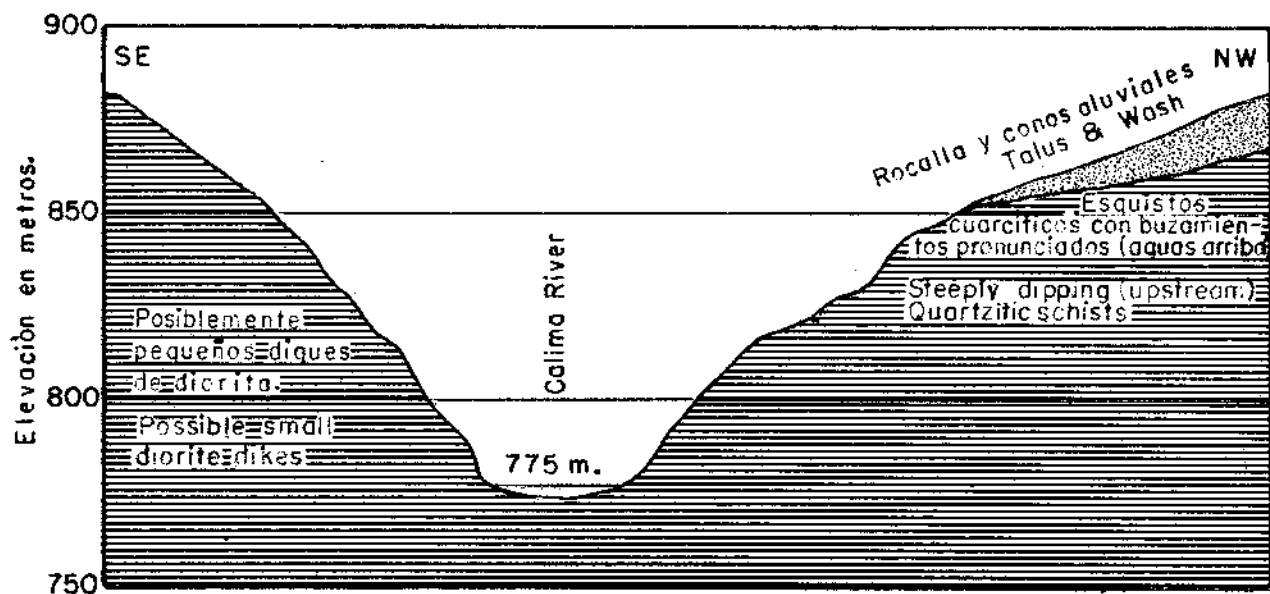
GEOLOGICAL PROFILE AT NARROWS OF RESERVOIR A5



SECCION ESQUEMATICA A TRAVES DE LA PARTE AMPLIA DEL VALLE
 SCHEMATIC SECTION ACROSS THE BROAD PORTION OF THE VALLEY



SECCION ESQUEMATICA CERCA AL CAÑON DE MADROÑAL
 SCHEMATIC SECTION NEAR MADROÑAL CANYON



ESQUEMA GEOLOGICO DE LA REPRESA
PARA EL SEGUNDO DESARROLLO

GEOLOGICAL SKETCH OF THE DAMSITE
FOR THE SECOND DEVELOPMENT

APENDICE B

HIDROLOGIA

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. Introducción	B - 3
2. Pluviometría	B - 3
3. Régimen del Alto Calima	B - 4
4. Análisis del Hidrograma del Río Calima	B - 5
5. Estudio de la Regulación	B - 6
6. Pérdidas por Evaporación	B - 6
7. Estudio de la Riada Extraordinaria	B - 6
8. Capacidad del Túnel de Desviación	B - 7
9. El Río Bravo	B - 7
10. Régimen del Río Anchicayá	B - 9
11. El Bajo Calima	B - 10

LISTA DE CUADROS

B-1.	Pluviosidad en La Manuelita : 1900-1954
B-2.	Pluviosidad en Madroñal : 1946-1954
B-3.	Caudales del Río Calima : 1946
B-4.	Caudales del Río Calima : 1947
B-5.	Caudales del Río Calima : 1948
B-6.	Caudales del Río Calima : 1949
B-7.	Caudales del Río Calima : 1950
B-8.	Caudales del Río Calima : 1951
B-9.	Caudales del Río Calima : 1952
B-10.	Caudales del Río Calima : 1953
B-11.	Caudales del Río Calima : 1954
B-12.	Caudales del Río Calima : 1946-1954
B-13.	Caudales del Río Cauca (Juanchito) : 1934-1954
B-14.	Caudales del Río Bravo : 1946-1953
B-15.	Caudales del Río Anchicayá : 1946-1953

LISTA DE FIGURAS

B-1 :	Localización de la Hoya y Estaciones Hidrológicas
B-2 :	La Manuelita - Análisis Pluviométrico
B-3 :	Hidrogramas Diarios del Río Calima 1946-1949
B-4 :	Hidrogramas Diarios del Río Calima 1950-1953
B-5 :	Hidrograma Mensual del Río Calima 1946-1953
B-6 :	Análisis Hidrográfico del Río Calima
B-7 :	Hidrograma Mensual del Río Cauca en Juanchito 1934-1953
B-8 :	Curvas de Duración de Caudales, Río Calima y Río Cauca
B-9 :	Río Calima - Análisis de Regulación

- B-10 : Río Calima - Volumen de Embalse Requerido
- B-11 : Pérdidas por Evaporación
- B-12 : Estudio de la Riada Máxima. Río Calima
- B-13 : Hidrograma Mensual de los Ríos Calima y Bravo
- B-14 : Ríos Calima y Bravo - Análisis de Regulación
- B-15 : Ríos Calima y Bravo - Volumen de Embalse Requerido
- B-16 : Hidrogramas Diarios del Río Anchicayá, 1942 y 1946 - 1949
- B-17 : Hidrogramas Diarios del Río Anchicayá, 1950 - 1953

APENDICE B

HIDROLOGIA

1. INTRODUCCION

En general se puede decir que existen pocos datos hidrológicos de larga duración en la zona del Proyecto del Calima. La única estación pluviométrica en esta región es la de Madroñal, de la cual existen datos a partir del mes de Abril de 1949. Del Río Calima en Madroñal existen datos de caudales a partir de Enero de 1946, los cuales en la actualidad cubren un período de ocho años más o menos continuo. La Figura B-1 muestra la hoya del Calima y la localización de las estaciones hidrológicas.

La estación pluviométrica más cercana a la hoya del Calima que tiene datos de larga duración es la de La Manuelita, situada en el Valle del Cauca, cerca a Palmira. Su registro se extiende desde el año de 1900 hasta la actualidad. Los únicos datos de caudales que cubren un largo período corresponden a los caudales medios mensuales del Río Cauca en Juanchito, cerca a Cali. La estación en dicho sitio tiene registros continuos a partir de 1934. En general estas dos fuentes de información son las que sirven como base de comparación en estudios del régimen hidrológico general del Valle.

2. PLUVIOMETRIA

El régimen pluviométrico en la Hoya del Calima se ha estudiado con base en los registros de La Manuelita ya que el registro de Madroñal es corto e incompleto.

Los registros de Madroñal y de La Manuelita aparecen en los Cuadros B-1 y B-2.

La Figura B-2 muestra el análisis de los registros de La Manuelita, de los cuales se han sacado las conclusiones siguientes:

De 1900 a 1953 sólo hubo tres años secos durante los primeros 25 años de que se tienen datos, mientras que los 25 años siguientes incluyen siete años secos.

La sequía de 1946 representa el cuarto de los períodos de doce meses más secos y está incluida en el segundo de los períodos de 24 meses más secos y en los 36 meses consecutivos más secos. La sequía de 1944 a 1949 ha sido la peor dentro de los períodos de 60 meses consecutivos.

Si se consideran los registros de lluvias en La Manuelita durante el período para el cual hay datos de caudales del Río Calima (Enero de 1946 - hasta el presente) se llega a las siguientes conclusiones:

De los períodos que abarcan doce meses consecutivos, el más seco es el comprendido entre Junio de 1946 y Mayo de 1947, con 701 mm. Este período es el sexto más seco entre 1900 y 1953.

De los períodos que abarcan 24 meses consecutivos, el más seco es el comprendido entre Marzo de 1946 y Febrero de 1948, con 1819 mm, el cual representa el séptimo período más seco entre 1900 y 1953.

El período de 36 meses consecutivos más seco es el comprendido entre Enero de 1946 y Diciembre de 1948, con 2736 mm, el cual representa el quinto período más seco desde 1900.

El año lluvioso más reciente (1950) ocupa el octavo lugar entre los períodos de doce meses consecutivos de mayor pluviosidad. El período 1950-1952 ocupa el séptimo lugar entre los períodos de 24 meses consecutivos de mayor pluviosidad. El período 1949 - 1953 ocupa el sexto lugar entre los períodos de 36 meses consecutivos de mayor pluviosidad. Por último, el período 1947-1952 ocupa el quinto lugar entre los 60 meses consecutivos de mayor pluviosidad.

Con base en estas conclusiones se puede afirmar que el período 1946 - 1953 puede considerarse como un período representativo para efectos de un análisis, ya que incluye un año de estiaje (1946), un año húmedo (1950) y seis años que parecen ser el término medio.

3. REGIMEN DEL ALTO CALIMA

Las observaciones hidrológicas del Río Calima fueron iniciadas en 1946 por la Compañía Colombiana de Electricidad y continuadas primero por OLAP y luego por el Servicio Hidrológico del Valle del Cauca.

Los registros disponibles son los siguientes:

1. Enero 19 de 1946 a Diciembre 31 de 1946: Estación de la Compañía Colombiana de Electricidad en el sitio de Madroñal, controlada con limnómetro.

2. Enero 1º de 1947 a Julio 30 de 1947: Estación V-1, de OLAP, localizada unos 10 Km. aguas arriba del sitio de Madroñal, cerca a Darién, controlada con limnómetro.

3. Julio 27 de 1948 en adelante: Estación V-2, de OLAP, que más tarde pasó al Servicio Hidrológico del Valle del Cauca, localizada en el sitio de Madroñal. Observación con limnómetro hasta Enero 1º de 1953 y controlada con limnógrafo desde esa fecha. El registro fué interrumpido durante el mes de Diciembre de 1950.

La Estación de Aforos V-2 está situada a unos 200 m. aguas arriba del puente de Madroñal y controlaría todas las afluencias al embalse. De este punto en adelante cuando se mencione el caudal del Río Calima, se tratará del

referente al sitio de la Estación V-2 o al de la represa de Madroñal.

Los caudales en la Estación V-1 fueron referidos a la Estación V-2, con base en las afluencias medias en estas estaciones. El registro de los datos correspondientes a los meses comprendidos entre Agosto de 1947 y Julio de 1948 se reconstruyeron con base en las relaciones establecidas con los registros del Río Frío (Nov. 1945 - Ene. 1953), cuya hoya hidrográfica es adyacente a la del Río Calima. Ambos ríos están situados detrás del alto filo secundario que da origen a la zona de menor precipitación en el Alto Calima, en relación con las zonas situadas al oeste y el este de ella. En esta forma, se ha obtenido un registro casi continuo para la sección de Madroñal durante el período 1946 - 1953. Los datos de caudales diarios aparecen en los Cuadros B-3 a B-11 y en las Figuras B-3 y B-4. Los caudales medios mensuales aparecen en el Cuadro B-12 y en la Figura B-5.

Las características hidrológicas para el Río Calima en Madroñal son las siguientes:

Area de la Hoya Hidrográfica	250 Km ²
Caudal mínimo medio diario	2.2 m ³ /s.
Caudal mínimo medio mensual	2.6 m ³ /s.
Caudal mínimo medio anual	9.5 m ³ /s.
Caudal máximo medio anual	19.3 m ³ /s.
Caudal medio para el período de 1946 a 1953	11.8 m ³ /s.

4. ANALISIS DEL HIDROGRAMA DEL RIO CALIMA

Para conocer las características de la regulación del río en condiciones de máxima seguridad, se ha efectuado un estudio comparativo con las afluencias del Río Cauca en la estación de Juanchito.

La Figura B-6 muestra el análisis hidrográfico del Río Calima para diferentes períodos comprendidos entre los años de 1946 y 1953. La Figura B-7 muestra el hidrograma de caudales medios mensuales del Río Cauca para el período de 1934 a 1953.

La Figura B-8 presenta la curva de duración de caudales del Río Calima para el período 1946-1953 y del Río Cauca (Juanchito) para el período 1934 - 1953. Se usaron varios métodos para estudiar la relación entre los caudales medios mensuales del Río Cauca y los del Río Calima, sin que los resultados obtenidos fueran consistentes. Por consiguiente, se decidió no extender el hidrograma del Río Calima hacia atrás.

Para determinar lo representativo del período en el cual hay datos para Calima se han usado los siguientes promedios:

Lluvia Anual en La Manuelita:

1900 - 1953	1121 mm.	104.3%
1900 - 1946	1129 mm.	105.0%
1946 - 1953	1074 mm.	100.0%

Caudales Promedios: Río Cauca en Juanchito

1934 - 1953	275 m ³ /s.	101.1%
1934 - 1946	278 m ³ /s.	102.1%
1946 - 1953	272 m ³ /s.	100.0%

De ellos se desprende que el período 1946 - 1953 fue ligeramente más seco que el período 1934 - 1953 (1.1%) y considerablemente más seco que el período 1900 - 1946 (5.0%). Por estas razones se considera que el período para el cual existen registros del Calima es un período representativo que deja un margen de seguridad con respecto a períodos anteriores más largos.

5. ESTUDIO DE LA REGULACION

En la Figura B-9 se presenta un análisis de la regulación del caudal del Río Calima en Madroñal. En la Figura B-10 se presenta una gráfica de los volúmenes de embalse requeridos para regular el río a diferentes caudales. Esta figura muestra que para regular al caudal medio del período, es decir, a 11.8 m³/s. se hubiera requerido un volumen de embalse de 340 Mm³.

6. PERDIDAS POR EVAPORACION

No hay datos satisfactorios de observaciones en la hoya del Alto Calima ni en el Valle del Cauca que puedan analizarse para determinar las pérdidas por evaporación.

Se considera aceptable un valor de 0.60 m. por año para una región con una temperatura media alrededor de 20°C, si se tienen en cuenta las pérdidas por evapo-transpiración que tienen lugar en el presente en la vegetación de la región.

La Figura B-11 muestra las pérdidas netas anuales debidas a la evaporación en el embalse, para diferentes volúmenes de éste.

7. ESTUDIO DE LA RIADA EXTRAORDINARIA

Para diseñar el rebosadero se hizo un estudio de la forma y duración de la riada máxima probable.

Como se dijo anteriormente, el control de la Estación de Aforos V-2 por medio de limnógrafo sólo fué iniciado en el año de 1953. Por consiguiente, sólo pueden investigarse la forma y duración de las riadas registradas en ese año, cuyos caudales máximos fueron los siguientes:

En Mayo 27:	58.8 m ³ /s.
En Noviembre 25:	60.7 m ³ /s.
En Diciembre 14:	53.9 m ³ /s.

Un análisis de las hidrógrafas de estas riadas, obtenidas con base en las gráficas del limnógrafo y la curva de calibración de la sección de afo-

ros, permitió definir como riada típica la ocurrida en Mayo 27 de 1953, que se presenta en la Figura B-12. Se anota que la forma general y el pico de esta riada coinciden casi exactamente con la hidrógrafa típica para cuencas vertientes de 100 millas cuadradas (véase Creager y Justin - Hydroelectric Handbook, Segunda Edición, página 80).

Dada la importancia de la represa en proyecto y la ausencia de informaciones sobre el nivel de las riadas ocurridas en años anteriores, se ha considerado aconsejable estimar el pico de la riada extraordinaria con base en las curvas de Creager deducidas de las observaciones de los ríos de los Estados Unidos. Para una cuenca vertiente de 250 Km² se obtienen los siguientes resultados:

<u>Coefficientes de Creager</u>	<u>Riada Máxima</u>
100	3300 m ³ /s.
60	2000 m ³ /s.
30	1000 m ³ /s.

Es sabido que los ríos de la vertiente oeste de la cordillera occidental son propicios a grandes riadas. El Río Anchicayá en seis años de observaciones ha registrado una riada máxima de 1800 m³/s. en el sitio de la represa en construcción, donde la hoya tiene un área de 800 kilómetros cuadrados. El rebosadero para la represa de Anchicayá se diseñó para una creciente máxima de 5700 m³/s., que corresponde al coeficiente de Creager C = 100. Durante el mismo período, el Río Calima registró una riada máxima de 122 m³/s. Se ha juzgado adecuado estimar la riada con el coeficiente C = 60 que proporciona una riada máxima de 2,000 m³/s.

En la misma Figura B-12 se ha desarrollado una hidrógrafa para la riada extraordinaria, con base en las características de la creciente registrada el 27 de Mayo de 1953. Con estas bases, el volumen de la riada sería de 42.7 millones de m³.

8. CAPACIDAD DEL TUNEL DE DESVIACION

En la Figura B-12 se presenta un hidrograma de los picos máximos de riada registrados en cada uno de los meses del período de observaciones. El pico máximo en un año medio no excede de 70 m³/s., y es de unos 90 m³/s. para un año lluvioso como el de 1950. La riada excepcional registrada en 5 1/2 años fue de 122 m³/s.

En consecuencia, se estima que una capacidad de 90 m³/s. puede ser adecuada para las riadas probales durante un período de construcción de unos tres años.

9. RIO BRAVO

El Río Bravo es el principal tributario del Calima que se puede desviar en forma económica para ser utilizado en el aprovechamiento de Calima I.

Por lo tanto en los estudios de campo se le dió especial importancia a visitar la hoya de este río y estudiar la relación de caudales que pueda existir entre éste y el Calima en Madroñal.

La hoya del Río Bravo está situada al este de la hoya del Alto Calima y sigue paralela y adyacente a ésta.

No existen posibilidades de embalses de almacenamiento en ninguna de las áreas exploradas debido a las empinadas laderas del valle y a la fuerte pendiente de los ríos. Toda la región es muy montañosa. Sin embargo, este río es el único tributario del Río Calima en el cual puede considerarse la posibilidad de una conducción superficial.

Más del 70% del área de la hoya del Río Bravo comprendida entre su confluencia con el Río Calima y la elevación 1400, está cubierta de bosques. Por encima de la elevación 1400, la hoya está cubierta de bosques y totalmente deshabitada.

Las observaciones hechas en los reconocimientos, están de acuerdo con las informaciones obtenidas de los habitantes de la región en el sentido de que la precipitación en la hoya del Río Bravo es más frecuente e intensa que en la hoya del Alto Calima.

No existen datos satisfactorios de larga duración sobre los caudales de este río. Hasta ahora no se ha establecido una estación de aforos. Las razones por las cuales no se tienen datos de este río son las siguientes:

1. El Río Bravo tiene una pendiente que varía entre el 4 y el 10% y no se ha podido localizar una sección apropiada para aforos.
2. En los estudios anteriores no se tuvo en cuenta la posibilidad de desviar el río para su utilización en el proyecto de Calima I.
3. El acceso al Río Bravo tanto por Campoalegre como por el camino de La Siberia es bastante arduo y por lo tanto hubiera sido difícil montar y mantener una estación de aforos. Será necesario construir un control artificial en el Alto Bravo e instalar un limnógrafo.

En los meses de Julio y Septiembre de 1948 se hicieron reconocimientos del Bravo y en los aforos de esa época se estableció una relación de caudales entre el Bravo en su confluencia y el Calima en Madroñal. Las cifras a proximadas que se indican en seguida fueron obtenidas para el Bravo:

Caudal Mínimo	2.0 m ³ /s.
Caudal Medio	7.0 m ³ /s.

En los nuevos reconocimientos (Véase Apéndice C, Levantamientos y Reconocimientos) se hicieron los siguientes aforos en el Río Bravo:

Febrero 26, 1954.	Cota 1130 (arriba de R. Recio)	2.8 m ³ /s.
Febrero 27, 1954.	Cota 820	3.7 m ³ /s.

Con base en estos aforos y en observaciones que se hicieron en los otros reconocimientos, se estimó que el caudal del Río Bravo en la cota 1420 es alrededor de 60% del caudal del Calima en Madroñal.

Las observaciones que se hicieron en los estudios de 1948, indican que el Río Bravo en su confluencia tenía un caudal mínimo similar al del Calima en Madroñal. Datos esporádicos en los nuevos reconocimientos, indican que la relación de caudales en la confluencia, es probablemente del 80% para el Río Bravo y del 100% para el Río Calima en Madroñal.

Todos los análisis de utilización se han hecho con base en que el Río Bravo a la elevación 1420, (que sería posiblemente la del sitio de desviación, véase Figura B-1), tiene un caudal igual al 60% del caudal del Río Calima en Madroñal. Se considera que esta suposición es bastante segura. Debido a las características de la hoya del Río Bravo y a su meteorología, se espera que en las épocas de lluvia habrá afluencias mayores que las que hay en el Río Calima.

Para la regulación conjunta se ha hecho un análisis similar al presentado para el Río Calima, de acuerdo con las suposiciones siguientes:

1. El túnel de conducción del Río Bravo tendrá capacidad para 12 m³/s.
2. Los caudales utilizables del Río Bravo serán iguales al 60% de los caudales del Río Calima, pero el caudal mensual del Río Bravo no excederá de 10 m³/s.

En la Figura B-13 aparece el hidrograma de los caudales totales utilizables del Río Calima y el Río Bravo. El caudal medio para el período 1946-1953 es 18.3 m³/s.

En la Figura B-14 se presenta un análisis de la regulación conjunta de estos dos ríos en el embalse de Madroñal. En la Figura B-15 se presenta una gráfica de los volúmenes de embalse requeridos para regular ambos ríos a diferentes caudales. Esta Figura muestra que el embalse requerido para una regulación total (18.3 m³/s.) es de 445 Mm³.

10. REGIMEN DEL RIO ANCHICAYA

El régimen del Río Anchicayá es el típico de los ríos de la vertiente del Pacífico, que son propicios a grandes riadas y que se caracterizan también por una gran variación en el caudal, con crecientes menores que ocurren casi a diario durante una gran parte del año. No obstante la pluviosidad en la hoya (3000 a 4000 mm. anuales) se observan también períodos de estiaje, que son más o menos simultáneos con los de la hoya del Río Cauca, aunque de menor duración.

La extensión de la hoya del Río Anchicayá, hasta el sitio de la represa en construcción, se ha estimado en unos 800 kilómetros cuadrados. Esta

área se ha determinado de acuerdo con los datos que se tienen de las hoyas de los principales tributarios del Río Anchicayá.

El régimen del Río Anchicayá debe tenerse en cuenta cuando se considere la operación conjunta de la Central de Anchicayá con la Central de Calima. En las Figuras B-16 y B-17 se presentan los hidrogramas de caudales diarios para el Río Anchicayá durante el período 1942- 1953.

11. EL BAJO CALIMA

En el curso de los reconocimientos de que se habla en el Apéndice C, Levantamientos y Reconocimientos, se hicieron aforos y estimativos de caudales para el Río Azul y los tributarios menores, cuyos caudales serán utilizados en los aprovechamientos de Calima II y Calima III.

Es evidente, según se observó en los reconocimientos, que el régimen de lluvias en el Bajo Calima y en el Río Azul es diferente al del Valle del Alto Calima. Aparentemente, la única época seca de alguna importancia en el Bajo Calima es el mes de Agosto, mientras que en el Alto Calima, Julio, Agosto y Septiembre, lo mismo que Febrero y Marzo son meses de poca precipitación. La hoya del Río Bravo parece ser una zona de transición entre el Alto Calima y el Río Azul.

Del Río Azul se tienen muy pocos datos. En los reconocimientos de 1948 se estimó su caudal así:

Caudal mínimo	6.0 m ³ /s.
Caudal medio	21.0 m ³ /s.

En los nuevos reconocimientos (1954) se hicieron aforos del Río Azul en su confluencia con el Río Calima. Se estimó que su caudal de estiaje sería aproximadamente el doble que el del Río Calima en Madroñal, pero se asumió que la relación de estiaje no se aplicaría a caudales mayores.

El estimativo efectuado en esta exploración para los caudales del Río Azul en su confluencia fué el siguiente:

Caudal mínimo	5.0 m ³ /s.
Caudal aforado (Marzo 6/54)	8.0 m ³ /s.
Caudal el 90% del tiempo	9.5 m ³ /s.
Caudal medio	30.0 m ³ /s.

Para el Río Azul a la cota 800 se estimó un caudal igual a los 2/3 del caudal en la confluencia.

Para los tributarios menores se hicieron los siguientes estimativos:

	<u>Caudal</u> <u>Mínimo</u> <u>en m3/s.</u>	<u>Caudal</u> <u>Medio</u> <u>en m3/s.</u>
Tributarios entre Madroñal y Campoalegre	0.5	2.1
Q. Cristalina	1.0	4.1
Q. Cuzumbo	0.4	1.7
Q. de Los Micos	0.6	2.4
Q. Chachafruto	0.4	1.7
Q. Nicolás	0.3	1.2
Q. Cuzumbito	0.2	0.8
Q. Primo	0.4	1.7

Según los conocedores de la región, el Río Chanco, que confluye - con el Calima unos cinco Km. aguas abajo de la confluencia entre éste y el Azul tiene un caudal de un 50% a un 100% mayor que el del Azul en su confluencia.

C U A D R O B-2

PLUVIOSIDAD EN MADROÑAL

LLUVIAS MENSUALES EN MILIMETROS

ANO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTALES
1949	-	-	-	92	142	66	140	138	109	229	177	77	- -
1950	82	118	107	168	244	117	2	80	31	133	171	-	- -
1951	27	38	29	62	93	63	30	26	78	85	78	90	699
1952	59	3	14	131	135	52	93	80	30	118	81	58	854
1953	49	13	37	68	101	48	65	8	130	107	85	69	780
1954	43	24	55	141	99	76							

CUADRO B-3

CAUDALES DEL RIO CALIMA

ESTACION DE AFOROS V-2

AÑO 1946

Caudales Medios Diarios en m³/s.

DIA.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	---	6.0	11.6	11.4	23.2	10.6	6.0	4.2	3.0	5.7	8.9	11.6
2	---	5.7	6.4	9.7	16.9	11.9	6.0	3.6	3.0	3.2	6.8	10.0
3	---	5.7	5.9	9.5	23.9	11.4	5.8	3.8	2.8	3.0	5.9	11.6
4	---	5.7	7.4	9.5	18.8	11.6	5.8	3.5	2.7	3.0	6.0	13.4
5	---	6.4	6.2	9.5	17.4	10.9	5.5	3.4	2.7	5.0	5.5	12.5
6	---	6.4	6.2	9.2	15.8	10.6	5.5	3.4	2.7	3.2	5.8	11.8
7	---	6.0	13.4	37.8	13.8	10.2	5.3	3.3	3.0	3.0	10.0	11.4
8	---	5.7	9.9	37.3	13.0	10.9	5.0	3.3	2.5	3.0	5.9	11.1
9	---	5.1	8.5	26.1	36.0	10.2	5.0	3.3	2.5	3.0	5.4	11.3
10	---	5.0	7.5	21.0	56.1	9.5	4.5	3.3	2.5	5.2	20.0	12.2
11	---	5.5	7.5	28.2	20.2	8.9	4.8	3.4	2.5	5.2	14.5	14.3
12	---	5.0	6.8	16.2	34.6	9.2	4.5	3.2	2.5	3.2	24.6	13.2
13	---	5.0	6.8	11.8	34.1	8.9	4.5	3.2	2.5	5.3	19.5	11.3
14	---	5.0	8.5	9.5	35.1	8.3	4.8	3.4	2.5	3.8	39.3	12.0
15	---	5.2	7.1	13.3	36.2	8.3	4.8	3.2	2.5	21.7	24.6	9.8
16	---	6.2	6.4	8.6	34.1	7.8	4.8	3.2	2.5	20.3	22.2	9.4
17	---	5.5	6.4	13.3	28.2	7.8	4.5	3.0	2.2	9.6	17.4	8.5
18	---	5.5	6.4	12.2	25.9	7.7	4.3	3.0	2.3	14.5	15.9	16.4
19	9.3	5.8	6.4	11.0	23.8	7.1	4.0	3.0	2.3	9.5	13.4	28.5
20	9.0	5.5	6.0	11.0	27.3	6.8	4.0	2.9	2.3	6.2	13.8	22.8
21	8.5	5.9	5.8	10.6	23.8	6.5	4.0	2.8	2.5	4.2	9.6	14.8
22	8.1	5.0	5.7	12.2	22.8	6.5	4.0	2.9	2.5	3.9	14.6	14.6
23	7.8	5.1	5.8	11.8	19.8	6.5	3.8	3.0	2.4	5.2	14.1	13.4
24	7.6	6.4	5.5	11.0	19.8	6.5	3.9	3.6	2.3	6.0	15.8	12.3
25	7.8	6.4	5.2	18.4	18.0	6.3	6.0	3.2	2.3	6.1	12.1	12.2
26	7.2	6.2	5.0	11.6	15.2	6.3	4.2	6.7	2.8	5.8	12.0	11.5
27	7.1	5.7	5.4	22.5	13.0	6.3	4.0	3.4	2.9	6.8	12.5	10.5
28	6.8	6.2	7.4	17.8	12.0	6.0	4.0	4.2	2.5	5.7	16.3	9.8
29	6.4	---	7.8	17.8	12.0	6.0	4.0	3.0	2.3	8.7	16.3	9.5
30	6.4	---	7.4	15.8	11.2	6.0	3.8	3.0	2.5	11.6	14.9	9.4
31	6.2	---	7.4	---	10.6	---	3.6	3.2	---	12.0	---	9.6
PROM.		5.7	7.1	15.6	23.0	8.4	4.7	3.4	2.6	6.9	14.1	12.7

CUADRO B-4

CAUDALES DEL RIO CALIMA

ESTACION DE AFOROS V -2

(Calculados de la Estación V-1)

AÑO 1947

Caudales Medios Diarios en m³/s.

<u>DIA.</u>	<u>ENE.</u>	<u>FEB.</u>	<u>MAR.</u>	<u>ABR.</u>	<u>MAY.</u>	<u>JUN.</u>	<u>JUL.</u>
1	34.3	8.3	6.8	6.8	8.6	9.7	20.3
2	12.6	8.3	6.8	6.5	6.9	8.3	25.7
3	11.2	7.8	6.8	30.6	6.2	14.4	20.9
4	12.3	7.4	6.4	10.7	--	11.1	19.8
5	11.1	15.4	6.1	9.3	6.5	19.9	18.1
6	9.8	10.8	6.1	9.3	6.5	14.4	18.0
7	9.3	9.4	6.1	9.7	6.7	12.2	19.4
8	9.1	8.7	7.1	9.0	6.2	12.2	17.0
9	9.1	8.3	6.1	8.1	6.9	9.1	14.7
10	9.1	8.3	5.7	7.7	5.6	8.3	13.8
11	9.1	8.3	5.3	7.4	6.9	15.4	12.9
12	9.1	8.3	5.3	6.7	6.2	10.7	12.4
13	9.1	8.3	4.9	6.7	5.9	10.1	10.9
14	7.9	6.9	4.9	6.0	6.5	10.1	9.8
15	7.7	8.0	4.9	6.0	5.9	22.5	9.6
16	8.4	7.6	4.9	6.0	8.3	26.3	9.2
17	7.9	7.1	4.9	6.0	6.9	17.2	9.0
18	7.9	7.1	4.9	7.7	10.4	12.4	8.5
19	7.2	7.1	4.9	7.2	13.7	12.2	7.9
20	6.8	10.4	4.9	8.1	14.8	10.5	7.9
21	6.5	12.9	5.3	9.3	21.5	16.0	8.7
22	14.4	9.7	6.6	7.0	12.5	12.2	9.3
23	9.3	8.9	6.3	5.8	31.2	19.9	10.6
24	9.1	7.4	10.7	5.6	15.8	29.1	12.2
25	8.8	7.1	10.7	5.3	28.1	18.6	16.6
26	8.4	6.9	10.9	5.3	17.0	17.2	12.8
27	8.4	6.7	7.5	13.0	19.3	20.8	12.8
28	8.4	6.4	6.6	13.2	12.5	14.4	12.2
29	8.4	-	8.5	11.2	12.0	15.3	18.9
30	8.8	-	6.8	23.2	30.9	19.4	14.1
31	8.6	-	10.7	-	13.6	-	-
<u>PROM.</u>	9.9	8.5	6.6	9.1	12.0	15.0	13.8

CUADRO B-5

CAUDALES DEL RIO CALIMA

ESTACION DE APOROS V -2

AÑO 1948

Caudales Medios Diarios en m³/s.

<u>DIA.</u>	<u>JUL.</u>	<u>AGO.</u>	<u>SEP.</u>	<u>OCT.</u>	<u>NOV.</u>	<u>DIC.</u>
1	--	3.9	2.9	9.2	10.4	9.9
2	--	3.8	2.9	7.5	10.2	9.7
3	--	3.8	2.9	7.2	14.7	9.1
4	--	3.7	2.9	7.9	66.3	8.8
5	--	4.5	2.9	7.4	18.2	8.3
6	--	4.5	3.8	11.7	11.4	9.7
7	--	4.5	3.6	10.0	32.0	12.2
8	--	5.2	3.3	10.7	16.7	9.6
9	--	4.3	3.3	14.2	17.0	8.7
10	--	4.0	3.0	15.1	15.9	8.0
11	--	3.7	3.7	12.1	13.2	8.6
12	5.1	3.6	3.2	10.0	12.8	9.1
13	6.5	3.5	5.5	18.9	12.8	18.5
14	--	3.5	4.4	15.5	24.0	15.0
15	--	3.5	5.2	14.1	19.9	13.8
16	--	3.4	4.2	12.2	15.1	11.7
17	--	3.2	9.6	11.2	17.9	9.7
18	--	3.1	13.2	10.5	20.4	10.0
19	--	3.1	6.6	8.0	16.5	9.3
20	--	3.2	5.3	9.6	20.6	8.9
21	--	3.5	4.5	12.2	17.0	8.7
22	3.9	6.0	4.3	11.1	14.7	8.4
23	--	9.6	4.0	26.5	14.2	8.4
24	--	4.2	9.5	19.4	13.8	8.1
25	--	3.8	7.8	18.2	12.5	7.9
26	--	3.6	13.5	16.1	11.7	7.8
27	4.9	3.2	6.7	13.7	11.9	9.2
28	6.9	3.1	15.1	12.6	18.3	7.4
29	4.3	3.1	8.0	11.2	10.9	7.3
30	4.4	3.1	23.5	10.5	10.8	6.8
31	4.3	3.0	--	11.0	--	6.6
<u>PRM.</u>	--	3.9	6.3	12.4	17.3	9.5
<u>MAX.</u>	--	15.8	26.5	26.5	66.3	21.3
<u>MIN.</u>	--	2.9	2.8	6.8	10.3	6.5

CUADRO B-6

CAUDALES DEL RIO CALIMA

ESTACION DE AFOROS V-2

AÑO 1949

Caudales Medios Diarios en m³/s.

DIA.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	9.4	8.4	8.6	6.8	65.0	11.6	8.1	6.4	5.5	8.0	22.6	20.3
2	10.3	8.8	17.6	6.9	21.8	13.0	8.1	6.2	7.1	10.2	19.0	18.8
3	8.0	9.0	11.4	6.5	36.1	11.2	8.6	5.7	7.2	9.3	18.8	16.8
4	6.7	10.2	11.4	13.8	23.2	9.8	8.3	5.6	6.6	8.4	29.1	16.8
5	6.5	10.0	10.0	8.2	17.8	14.8	15.9	5.5	6.4	8.0	19.2	14.8
6	6.7	10.3	10.7	8.0	15.9	10.5	11.3	5.4	6.0	7.7	42.4	13.7
7	6.5	10.4	11.2	12.8	20.6	10.2	16.8	6.8	5.4	7.1	32.8	12.9
8	6.3	15.2	11.4	8.4	16.3	8.3	10.0	6.4	5.2	19.9	35.8	12.0
9	6.1	13.5	10.2	12.8	17.0	8.5	9.3	6.2	7.2	8.7	26.6	11.1
10	5.9	12.5	9.7	7.3	13.2	23.6	9.8	5.9	6.0	22.4	46.0	10.6
11	5.8	11.5	10.2	8.2	12.4	37.8	10.1	5.5	12.0	16.7	27.4	11.1
12	7.3	9.8	9.0	7.8	11.5	15.7	10.8	5.4	8.0	16.1	25.9	30.4
13	6.3	8.9	8.5	7.4	11.1	30.5	8.7	5.2	7.0	17.8	29.0	18.6
14	6.1	8.5	9.0	7.0	13.0	17.4	11.0	24.0	7.9	22.8	20.9	17.4
15	9.7	7.9	10.1	6.9	12.1	14.7	20.5	7.2	7.0	19.1	45.9	20.9
16	15.4	8.4	12.2	7.5	19.1	15.3	25.0	6.7	6.9	16.9	27.4	27.8
17	11.1	8.8	9.7	6.8	26.7	13.2	17.8	6.4	6.2	15.5	26.2	23.3
18	14.5	9.2	8.0	10.2	21.0	14.6	15.0	6.2	5.7	15.7	62.3	18.0
19	10.9	9.5	7.6	8.5	17.0	15.1	13.0	7.5	5.6	16.1	44.4	15.8
20	9.7	9.5	7.4	10.7	17.7	16.6	11.8	7.5	5.5	15.7	35.8	14.2
21	8.6	9.8	12.2	8.1	15.9	13.9	15.7	11.0	6.8	53.2	43.5	13.1
22	8.3	8.4	10.2	8.4	13.4	13.5	11.3	9.4	5.4	102.0	39.8	12.5
23	7.7	8.2	8.5	8.3	12.4	12.6	10.0	8.5	4.9	46.5	38.0	11.8
24	9.7	9.8	9.7	7.0	11.8	11.0	9.6	7.4	4.7	35.6	35.3	11.6
25	12.1	10.9	10.2	8.0	10.8	10.3	9.2	6.7	7.7	26.4	30.0	11.1
26	10.3	10.5	9.4	8.1	9.9	9.8	8.7	7.4	6.1	22.0	28.2	10.6
27	9.4	9.5	8.0	11.4	21.6	9.3	8.4	7.0	6.0	35.6	23.7	10.8
28	12.0	9.0	7.4	9.0	10.4	10.4	8.1	6.3	15.4	28.4	22.6	9.4
29	10.6	--	7.1	9.1	9.6	8.9	7.2	5.7	14.3	88.0	27.9	8.8
30	9.8	--	7.0	12.7	10.7	8.6	6.8	8.1	8.9	29.8	23.2	8.1
31	8.9	--	6.9		10.7	--	6.6	5.0	--	23.4	--	8.1
PROM.	8.9	9.8	9.7	8.8	17.6	14.0	11.3	7.2	7.2	24.9	31.6	14.9
MAX.	17.4	16.5	18.7	17.0	77.0	46.4	25.0	24.0	17.5	122.0	83.0	47.1
MIN.	5.7	7.7	6.9	6.5	9.6	8.2	6.5	5.0	4.6	6.8	18.4	8.1

CUADRO B-7

CAUDALES DEL RIO CALIMA

ESTACION DE AFOROS V -2

AÑO 1950

Caudales Medios Diarios en m³/s.

DIA.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	8.1	23.2	16.1	19.0	25.1	25.5	25.2	8.5	7.7	5.1	18.0	+
2	7.3	14.8	38.6	20.6	21.6	68.3	22.6	8.8	7.4	4.7	21.3	+
3	19.4	25.7	19.7	35.5	22.4	40.1	21.1	9.7	7.1	11.7	20.0	+
4	10.8	18.0	15.5	21.0	25.2	59.5	20.0	11.7	9.7	6.3	20.5	+
5	9.0	22.1	17.6	21.0	20.6	39.4	18.6	12.2	7.8	7.8	29.8	
6	8.0	20.9	18.4	57.4	23.8	34.6	17.0	10.5	7.5	5.6	43.5	
7	9.0	20.0	26.0	20.4	20.2	39.7	20.7	8.5	7.1	33.5	21.7	
8	10.2	26.1	21.6	19.8	46.7	37.1	17.8	7.7	7.1	10.5	28.1	
9	8.8	29.6	20.4	53.7	25.1	30.2	15.8	7.4	6.9	11.8	22.2	
10	7.7	27.4	16.7	24.0	26.8	28.3	14.8	7.7	6.4	8.7	20.5	
11	7.4	25.4	35.6	21.2	45.3	28.8	13.8	7.7	6.3	14.0	22.5	
12	9.2	33.8	20.0	20.2	43.6	31.1	14.0	10.3	6.3	12.9	22.2	
13	9.0	23.4	31.8	19.1	29.7	22.8	13.2	20.1	6.0	11.8	20.2	
14	7.4	20.6	19.5	18.6	26.9	21.8	12.7	34.4	5.8	9.3	20.0	
15	14.6	18.6	17.8	18.4	32.3	32.2	12.2	29.9	5.5	11.8	29.3	
16	8.8	17.7	19.5	29.5	50.7	28.8	12.7	14.8	5.5	9.5	39.3	
17	8.8	24.1	19.5	17.1	30.5	30.7	11.0	12.8	5.2	16.4	43.9	
18	12.5	16.0	18.8	17.5	25.6	26.9	15.6	11.1	5.2	20.1	42.0	
19	8.3	14.8	25.0	17.7	26.4	28.3	11.7	10.5	5.0	13.1	28.6	
20	18.3	17.3	24.9	33.6	24.6	31.0	11.3	8.5	5.0	14.8	25.0	
21	12.7	15.9	21.6	25.2	23.2	26.2	14.9	7.4	5.0	32.9	33.5	
22	11.5	13.9	28.7	20.4	21.6	31.1	11.0	6.7	5.7	17.2	31.0	
23	14.8	11.2	21.0	25.8	20.4	30.0	10.3	6.0	5.2	23.3	29.3	
24	17.2	10.0	22.0	24.9	42.2	26.9	9.7	10.4	5.2	16.4	29.3	
25	13.3	10.0	26.7	25.1	27.4	31.0	9.4	9.2	5.0	14.4	28.3	
26	10.8	9.6	22.0	25.3	30.6	26.2	8.8	7.6	5.1	12.6	24.3	
27	15.8	11.0	31.5	18.8	34.1	23.2	8.8	8.4	5.3	29.3	23.5	
28	12.5	14.2	20.8	20.4	26.9	21.8	8.5	9.7	5.0	16.4	26.5	
29	11.1	--	25.3	19.1	25.3	33.2	8.4	8.8	4.9	12.6	19.4	
30	12.7	--	21.0	25.1	41.9	34.9	8.3	8.0	5.2	32.6	49.6	
31	11.1	--	15.9	--	24.2	--	8.7	8.3	--	22.2	--	
PROM.	11.1	19.1	22.5	24.5	29.4	32.3	13.8	11.0	6.1	15.1	27.7	+
MAX.	26.4	37.5	59.0	85.4	65.0	81.0	26.0	39.0	10.8	48.3	55.7	--
MIN.	7.4	9.6	14.4	16.3	19.3	21.4	8.0	5.8	4.7	4.7	17.6	--

+ Sin Datos. Observaciones interrumpidas.

CUADRO B-8

CAUDALES DEL RÍO CALIMA

ESTACION DE AFOROS V -2

AÑO 1951

Caudales Medios Diarios en m³/s.

DIA.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	16.8	10.4	10.8	6.5	25.2	14.4	7.8	5.3	4.5	4.6	14.4	18.0
2	14.0	10.4	10.4	6.5	13.8	12.8	10.8	5.3	7.8	4.5	15.0	15.8
3	13.2	13.4	11.6	6.2	12.8	12.0	9.2	5.3	5.1	4.3	14.0	15.2
4	11.9	11.3	10.1	6.0	11.3	39.1	8.3	5.3	4.5	5.4	12.5	21.6
5	14.0	10.5	12.2	5.8	10.4	17.4	10.4	5.1	4.5	10.0	10.5	17.5
6	13.6	9.2	10.8	7.5	9.9	26.3	9.2	5.0	5.0	12.6	27.4	11.3
7	11.6	8.0	9.8	6.7	12.0	16.0	14.4	5.0	7.1	7.1	19.4	10.8
8	13.8	35.4	8.9	36.4	10.3	13.1	10.4	5.0	5.7	7.4	17.0	10.7
9	10.8	14.4	8.4	8.9	10.1	12.5	20.5	4.9	5.6	4.8	16.4	10.3
10	10.1	15.4	10.8	8.0	9.8	11.1	13.4	5.4	5.1	4.6	15.4	10.1
11	14.0	13.6	12.2	7.5	9.8	26.9	13.0	5.7	5.0	4.6	29.8	9.6
12	13.2	14.4	10.3	7.3	9.2	14.6	12.0	4.9	5.3	5.1	23.3	9.2
13	10.4	13.4	9.3	8.7	8.3	12.5	11.1	4.8	8.5	4.9	21.5	29.7
14	9.2	32.6	8.4	7.4	20.9	10.3	10.1	5.4	7.1	4.6	19.2	19.4
15	11.6	18.4	8.3	7.0	17.1	9.3	9.2	5.1	5.1	21.1	16.4	14.0
16	10.1	27.4	7.9	6.0	13.4	9.2	9.2	5.6	5.0	9.2	15.6	12.5
17	9.0	22.9	10.6	6.0	11.9	10.0	13.4	8.5	5.0	8.4	14.4	16.2
18	8.6	17.4	10.5	8.5	10.4	9.5	10.4	7.8	6.6	7.8	25.0	12.5
19	11.3	16.4	8.9	6.1	9.9	9.2	9.6	7.1	9.7	7.3	19.4	11.7
20	9.5	14.4	8.3	7.8	9.2	8.7	9.2	6.7	6.3	7.3	16.4	11.1
21	8.9	13.6	7.6	7.0	22.2	8.3	8.3	6.0	5.0	7.5	15.4	10.8
22	8.0	12.3	7.5	6.8	20.9	8.3	7.8	5.3	9.6	7.0	13.2	10.5
23	9.7	14.0	10.0	8.9	18.1	8.3	7.3	5.1	5.6	6.0	41.5	10.5
24	19.2	12.2	8.3	8.3	12.5	16.4	7.0	5.1	5.3	6.0	20.0	10.1
25	11.7	10.4	8.3	15.4	11.3	9.6	6.8	5.1	5.1	7.3	18.0	10.7
26	22.7	12.5	7.6	10.0	10.8	7.8	6.5	5.0	5.1	9.2	16.4	11.5
27	10.6	10.4	7.5	8.3	10.3	13.4	6.3	4.6	5.1	7.8	16.4	12.2
28	10.3	11.6	7.1	7.8	18.4	10.6	6.2	4.5	5.0	13.4	15.8	11.5
29	10.1	--	7.0	7.3	13.4	8.3	6.2	4.5	4.8	12.2	14.4	10.8
30	11.6	--	7.0	7.0	11.9	7.7	5.7	4.4	4.6	11.9	14.4	9.2
31	12.4	--	7.0	--	14.9	--	5.6	4.3	--	11.5	--	9.0
ROM.	12.0	15.2	9.1	8.6	13.2	13.1	9.5	5.4	5.8	8.2	18.3	13.0
MAX.	27.0	43.5	12.5	62.0	43.5	55.7	22.6	9.2	10.8	29.8	55.7	43.5
MIN.	7.8	7.8	7.0	5.7	7.0	7.5	5.5	4.3	4.5	4.3	10.1	8.9

CUADRO B-9

CAUDALES DEL RIO CALIMA

ESTACION DE AFOROS V -2

AÑO 1952

Caudales Medicos Diarios en m³/s.

DIA.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	8.4	15.7	9.5	5.3	10.7	17.0	5.6	8.6	4.6	4.9	13.9	11.8
2	8.3	17.2	7.7	6.1	17.5	15.7	5.9	6.4	4.7	11.5	11.5	10.8
3	10.5	13.9	7.1	5.4	17.5	11.6	6.2	6.2	4.9	18.9	10.5	10.5
4	14.0	11.8	7.6	5.4	18.3	9.5	6.0	6.0	4.9	7.8	7.6	11.3
5	12.5	18.6	7.2	5.2	26.7	11.8	6.9	7.2	6.8	6.0	8.8	19.4
6	10.8	16.6	7.0	5.3	24.5	10.6	6.6	7.0	5.3	5.6	9.3	15.7
7	9.7	12.8	6.7	5.8	26.0	9.8	6.5	6.2	5.1	5.3	8.5	14.5
8	9.2	11.5	7.4	5.4	24.2	9.1	7.7	6.0	4.9	4.9	8.0	13.1
9	17.4	12.7	7.0	6.6	18.4	26.2	6.0	5.9	5.2	12.7	7.3	12.5
10	14.4	15.7	6.2	6.8	17.7	25.8	6.3	5.9	4.6	9.6	7.0	11.5
11	13.0	15.4	6.0	7.4	15.4	14.5	5.9	18.7	4.7	8.0	7.2	38.0
12	11.1	12.3	7.9	6.4	13.8	11.6	6.0	9.9	5.1	8.2	8.8	24.0
13	10.8	13.6	7.5	6.0	17.5	9.5	8.9	7.0	5.2	6.8	24.7	26.2
14	9.4	12.7	6.8	8.5	13.9	8.5	7.9	6.4	5.3	6.6	26.2	37.9
15	9.2	11.3	6.8	6.8	13.1	7.8	10.8	6.2	4.9	6.4	19.5	20.7
16	8.7	10.5	8.9	7.3	12.4	7.2	9.4	5.9	5.6	6.4	14.8	17.8
17	8.0	9.4	7.1	5.6	14.6	7.8	20.8	5.7	5.2	6.8	13.6	16.4
18	7.8	9.0	6.5	12.8	13.3	9.0	12.3	5.7	5.1	6.4	16.4	14.6
19	6.9	8.8	6.2	9.2	12.8	8.2	6.2	5.7	4.6	6.6	13.5	13.5
20	6.4	6.2	6.1	10.7	14.2	7.4	7.9	5.7	4.7	5.6	13.7	13.1
21	6.0	5.9	6.0	10.4	20.0	9.2	6.8	8.6	4.9	5.5	17.6	12.5
22	5.7	5.7	5.8	8.1	13.8	8.0	5.9	23.8	4.9	5.3	24.3	12.2
23	5.3	6.0	6.4	7.7	12.8	7.7	5.4	10.7	4.9	5.2	20.7	12.0
24	5.0	6.2	5.9	7.1	11.8	7.3	6.0	17.9	5.9	5.0	17.3	12.2
25	5.0	6.9	5.9	6.4	12.2	8.0	6.0	9.2	5.5	4.7	14.3	11.5
26	5.0	7.2	5.6	8.4	10.3	7.0	9.0	6.7	5.3	5.0	15.5	11.5
27	4.5	7.3	5.4	8.2	9.0	6.2	10.8	6.2	5.8	15.6	17.5	10.8
28	9.4	6.8	5.4	7.3	10.4	5.2	12.4	5.9	5.0	8.4	15.2	10.5
29	11.7	6.9	5.4	12.3	10.0	5.3	11.5	5.1	4.9	7.9	13.8	19.7
30	10.0	--	5.4	10.8	9.2	5.3	7.9	4.7	5.3	10.7	13.0	13.5
31	35.4	--	5.3	--	23.4	--	6.4	4.6	--	42.3	--	10.6
PROM.	10.0	10.8	6.6	7.5	15.6	10.2	8.0	7.9	5.1	8.7	14.0	15.5
MAX.	43.5	27.4	10.5	14.8	27.4	27.4	25.0	25.0	5.9	62.0	27.4	49.5
MIN.	4.5	5.7	5.3	5.2	9.0	4.9	5.3	4.6	4.6	4.6	6.2	9.9

CUADRO B-10

CAUDALES DEL RIO CALIMA

ESTACION DE AFOROS V -2

AÑO 1953

Caudales Medios Diarios en m³/s.

<u>DIA.</u>	<u>ENE.</u>	<u>FEB.</u>	<u>MAR.</u>	<u>ABR.</u>	<u>MAY.</u>	<u>JUN.</u>	<u>JUL.</u>	<u>AGO.</u>	<u>SEP.</u>	<u>OCT.</u>	<u>NOV.</u>	<u>DIC.</u>
1	9.9	12.7	6.3	5.3	17.6	8.4	4.6	3.4	2.7	11.7	21.8	20.6
2	9.3	8.3	8.6	5.4	11.8	8.2	4.8	3.3	2.8	12.2	21.4	17.4
3	9.0	8.4	6.1	7.5	11.5	9.6	4.4	3.2	2.9	10.1	31.7	15.4
4	8.5	8.9	5.8	6.8	11.5	9.6	4.8	3.2	2.8	8.1	19.5	13.8
5	8.3	9.2	5.3	12.2	17.0	11.2	4.5	3.2	3.1	6.4	17.8	12.7
6	8.1	23.7	5.2	10.0	10.2	9.0	5.7	3.1	3.1	5.9	17.8	12.4
7	7.6	13.3	5.2	7.9	9.8	8.0	5.1	3.2	3.4	5.5	17.4	16.2
8	7.4	8.1	5.2	9.6	8.7	7.5	5.0	3.1	3.5	6.9	15.2	17.7
9	8.1	10.0	5.2	10.9	11.9	11.1	4.4	3.1	3.5	8.7	13.6	17.3
10	8.0	8.0	5.0	9.5	13.1	7.5	4.1	3.1	3.9	9.3	16.6	17.4
11	7.7	7.5	5.5	8.7	11.0	8.1	4.1	3.0	3.3	12.3	15.6	17.1
12	7.7	7.3	8.4	8.1	12.0	6.9	4.0	3.0	3.0	10.2	15.4	24.3
13	11.0	7.1	7.0	9.8	10.6	6.7	3.9	3.0	2.9	10.0	14.4	17.1
14	9.3	6.6	6.1	7.6	8.9	6.5	3.9	3.0	2.9	10.4	16.5	32.2
15	8.1	6.2	5.8	9.0	8.5	6.6	3.9	3.0	3.0	10.9	17.8	19.2
16	8.5	7.1	5.3	12.2	12.3	7.1	3.7	2.9	3.2	17.1	17.3	16.6
17	16.4	6.5	5.4	8.3	11.1	9.4	3.7	3.0	3.1	23.8	19.8	14.1
18	9.8	6.4	5.8	7.4	10.2	8.6	3.8	2.9	4.8	16.6	20.7	12.8
19	8.7	6.0	5.9	7.5	12.0	5.9	3.8	2.9	4.2	13.8	17.0	12.3
20	14.8	5.8	5.3	7.7	9.8	5.6	3.9	2.9	4.0	13.0	18.6	12.2
21	10.7	5.5	5.2	8.1	9.7	5.3	3.7	2.9	3.6	27.2	16.4	12.6
22	8.2	6.1	5.1	7.6	14.1	5.1	3.6	2.9	4.3	34.1	20.4	12.1
23	7.7	5.9	5.8	8.5	10.6	5.1	3.6	2.8	5.5	39.8	18.9	11.0
24	7.6	5.7	5.5	9.2	12.1	5.0	3.7	2.9	4.0	38.6	16.1	11.9
25	14.0	5.7	10.8	7.3	11.6	5.3	3.5	3.0	6.5	26.0	17.9	10.1
26	10.2	7.5	6.8	13.4	9.1	5.1	3.6	2.9	7.5	22.2	44.9	9.9
27	8.8	7.0	6.0	14.3	21.7	5.2	3.5	2.9	10.8	32.0	33.7	9.1
28	8.2	7.3	5.6	16.3	10.6	5.0	3.5	2.8	5.8	27.2	26.3	8.5
29	16.5	--	5.9	13.2	9.6	4.7	3.5	2.8	6.3	31.4	26.8	7.9
30	10.3	--	5.4	11.3	8.9	4.6	3.8	2.8	11.7	26.8	22.5	7.5
31	13.8	--	5.3	--	8.7	--	3.6	2.8	--	23.8	--	8.4
PROM.	9.7	8.1	6.0	9.3	11.5	7.0	4.0	3.0	4.4	17.8	20.3	14.4
MAX.	56.7	29.8	18.1	36.6	58.8	22.2	7.3	3.5	26.5	52.6	60.7	53.9
MIN.	7.3	5.5	5.0	5.0	8.5	4.6	3.5	2.8	2.7	5.2	13.2	7.4

CUADRO B-11

CAUDALES DEL RÍO CALIMA

ESTACION DE AFOROS V -2

AÑO 1954

Caudales Medios Diarios en m³/s.

<u>DIA.</u>	<u>ENE.</u>	<u>FEB.</u>	<u>MAR.</u>	<u>ABR.</u>	<u>MAY.</u>	<u>JUN.</u>	<u>JUL.</u>
1	11.5	6.6	5.3	7.8	13.9	9.8	10.3
2	9.4	6.4	7.3	6.5	55.4	9.5	11.5
3	8.8	6.4	6.6	5.9	24.8	9.0	10.2
4	8.4	6.0	5.5	10.6	20.7	8.4	10.2
5	8.1	6.6	5.2	8.1	29.2	8.2	8.7
6	8.0	6.3	4.8	8.3	21.6	7.7	8.2
7	8.3	6.1	4.7	13.5	19.6	7.4	8.0
8	7.8	5.8	5.1	14.0	16.6	7.2	14.2
9	8.1	8.0	11.6	19.0	15.0	7.0	8.6
10	9.0	8.8	8.1	17.1	14.1	6.8	8.7
11	15.6	7.0	6.3	14.5	13.2	6.7	11.4
12	13.5	6.5	5.7	17.3	12.5	6.6	9.0
13	10.6	6.9	5.5	11.6	11.7	8.3	8.1
14	10.1	6.4	5.4	10.5	11.1	8.4	9.2
15	8.8	6.8	5.7	14.6	10.7	12.2	10.8
16	8.3	6.1	5.9	10.1	12.7	22.7	10.5
17	7.8	6.0	6.0	10.2	12.4	14.0	10.2
18	7.6	5.6	5.3	19.1	13.1	16.8	9.0
19	7.2	5.4	5.1	13.8	13.2	12.6	8.3
20	7.0	5.4	6.1	11.2	12.9	12.2	7.8
21	7.4	5.2	5.8	10.7	12.1	15.1	8.8
22	7.5	5.4	5.1	11.0	13.2	16.8	7.9
23	7.4	5.4	7.5	16.4	15.9	14.3	7.6
24	6.8	6.3	5.7	9.6	16.0	13.1	7.3
25	6.4	5.4	6.9	8.8	15.7	13.3	7.0
26	6.4	5.3	7.9	23.0	12.8	18.0	6.7
27	6.3	5.6	6.5	32.2	16.0	15.1	6.8
28	9.5	5.1	6.5	16.4	11.8	11.2	11.9
29	10.5	-	6.0	12.5	13.2	11.4	13.3
30	8.0	-	5.5	12.9	10.1	11.1	12.0
31	6.9	-	8.6	-	11.6	-	12.2
<u>PROM.</u>	<u>8.6</u>	<u>6.2</u>	<u>6.2</u>	<u>13.2</u>	<u>16.2</u>	<u>11.4</u>	<u>9.5</u>
<u>MAX.</u>	<u>28.3</u>	<u>13.1</u>	<u>13.1</u>	<u>84.0</u>	<u>104.0</u>	<u>32.0</u>	<u>37.5</u>
<u>MIN.</u>	<u>6.3</u>	<u>5.1</u>	<u>5.1</u>	<u>5.9</u>	<u>9.9</u>	<u>6.5</u>	<u>6.6</u>

CUADRO B-12

CAUDALES DEL RIO CALIMA

1946 - 1954

Caudales Medios Mensuales en m³/s.

ANOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1946	9.5	5.7	7.1	15.6	23.0	8.4	4.7	3.4	2.6	6.9	14.1	12.7
1947	9.9	8.5	6.6	9.1	12.0	15.0	13.8	9.4 ⁺	11.6 ⁺	20.6 ⁺	14.0 ⁺	9.1 ⁺
1948	5.7 ⁺	5.3 ⁺	5.7 ⁺	11.0 ⁺	17.7 ⁺	16.8 ⁺	8.5 ⁺	3.9	6.3	12.4	17.3	9.5
1949	8.9	9.8	9.7	8.8	17.6	14.0	11.3	7.2	7.2	24.9	31.6	14.9
1950	11.1	19.1	22.5	24.5	29.4	32.3	13.8	11.0	6.1	15.1	27.7	19.3
1951	12.0	15.2	9.1	8.6	13.2	13.1	9.5	5.4	5.8	8.2	18.3	13.0
1952	10.0	10.8	6.6	7.5	15.6	10.2	8.0	7.9	5.1	8.7	14.0	15.5
1953	9.7	8.1	6.0	9.3	11.5	7.0	4.0	3.0	4.4	17.8	20.3	14.4
1954	8.6	6.2	6.2	13.2								

+ Promedios calculados con base en relaciones establecidas con registros de ríos cercanos.-

CAUDALES MEDIOS ANUALES m³/s.

1946:	9.5
1947:	11.6 ⁺
1948:	10.0 ⁺
1949:	13.8
1950:	19.3
1951:	10.9
1952:	10.0
1953:	9.6

CUADRO B-13

CAUDALES DEL RIO CAUCA - JUANCHITO

1934 - 1954

Caudales Medios Mensuales en m³/s.

ANOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1934	483	346	256	271	299	315	214	159	134	332	552	568
1935	469	215	283	461	493	355	270	211	162	234	451	302
1936	150	160	150	260	450	430	270	160	110	160	190	380
1937	520	430	390	350	400	350	170	110	90	230	450	550
1938	400	410	350	550	560	350	220	240	160	350	580	680
1939	309	186	228	273	262	223	159	122	103	197	444	275
1940	203	180	158	179	220	188	122	116	102	206	253	262
1941	220	179	160	259	215	124	114	89	78	114	136	160
1942	153	162	225	204	362	227	125	103	110	248	545	541
1943	595	392	393	445	376	281	195	146	90	202	357	362
1944	314	350	247	235	500	534	248	132	110	223	437	388
1945	331	238	159	323	394	224	151	133	90	221	389	380
1946	333	195	243	227	284	158	108	142	75	88	255	264
1947	235	200	134	120	161	189	179	138	145	352	431	261
1948	165	136	236	396	311	247	139	111	74	183	249	219
1949	258	294	247	254	316	260	211	155	128	261	597	518
1950	375	773	747	613	715	613	313	175	119	228	440	535
1951	378	410	324	230	230	215	206	114	104	163	401	391
1952	313	328	220	254	392	246	180	132	81	118	297	426
1953	277	232	192	335	337	229	160	112	91	363	581	650
1954	259	250	226	457	387	243						

CAUDALES MEDIOS ANUALES m³/s.

1934:	327
1935:	325
1936:	239
1937:	337
1938:	404
1939:	232
1940:	182
1941:	154
1942:	250
1943:	320
1944:	310
1945:	253
1946:	198
1947:	212
1948:	205
1949:	291
1950:	470
1951:	267
1952:	249
1953:	296

CUADRO B-14

CAUDALES DEL RIO BRAVO

CAUDALES MEDIOS MENSUALES m³/s.

Deducidos de los caudales medios mensuales del Río Calima

<u>ANOS</u>	<u>ENE.</u>	<u>FEB.</u>	<u>MAR.</u>	<u>ABR.</u>	<u>MAY.</u>	<u>JUN.</u>	<u>JUL.</u>	<u>AGO.</u>	<u>SEP.</u>	<u>OCT.</u>	<u>NOV.</u>	<u>DIC.</u>
1946	5.7	3.4	4.3	9.4	13.8	5.0	2.8	2.0	1.6	4.1	8.5	7.6
1947	5.9	5.1	4.0	5.5	7.2	9.0	8.3	5.6	7.0	12.4	8.4	5.5
1948	3.4	3.2	3.4	6.6	10.6	10.1	5.1	2.3	3.8	7.4	10.4	5.7
1949	5.3	5.9	5.8	5.3	10.6	8.4	6.8	4.3	4.3	14.9	19.0	8.9
1950	6.7	11.5	13.5	14.7	17.6	19.4	8.3	6.6	3.7	9.1	16.6	11.6
1951	7.2	9.1	5.5	5.2	7.9	7.9	5.7	3.2	3.5	4.9	11.0	7.8
1952	6.0	6.5	4.0	4.5	9.4	6.1	4.8	4.7	3.1	5.2	8.4	9.3
1953	5.8	4.9	3.6	5.6	6.9	4.2	2.4	1.8	2.6	10.7	12.2	8.6

CAUDALES MEDIOS MENSUALES UTILIZABLES

LIMITADOS POR UNA CONDUCCION CON CAPACIDAD PARA 12 m³/s.

<u>ANOS</u>	<u>ENE.</u>	<u>FEB.</u>	<u>MAR.</u>	<u>ABR.</u>	<u>MAY.</u>	<u>JUN.</u>	<u>JUL.</u>	<u>AGO.</u>	<u>SEP.</u>	<u>OCT.</u>	<u>NOV.</u>	<u>DIC.</u>
1946	5.7	3.4	4.3	9.4	10.0	5.0	2.8	2.0	1.6	4.1	8.5	7.6
1947	5.9	5.1	4.0	5.5	7.2	9.0	8.3	5.6	7.0	10.0	8.4	5.5
1948	3.4	3.2	3.4	6.6	10.0	10.0	5.1	2.3	3.8	7.4	10.0	5.7
1949	5.3	5.9	5.8	5.3	10.0	8.4	6.8	4.3	4.3	10.0	10.0	8.9
1950	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	8.3	6.6	3.7	9.1	10.0	10.0
1951	7.2	9.1	5.5	5.2	7.9	7.9	5.7	3.2	3.5	4.9	10.0	7.8
1952	6.0	6.5	4.0	4.5	9.4	6.1	4.8	4.7	3.1	5.2	8.4	9.3
1953	5.8	4.9	3.6	5.6	6.9	4.2	2.4	1.8	2.6	10.0	10.0	8.6

CUADRO B-15

CAUDALES DEL RIO ANCHICAYA

CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN m³/s.

ANOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1942	-	-	-	-	-	106	62	-	(80)	-	-	-
1946	75 ⁺	48 ⁺	58 ⁺	119 ⁺	172 ⁺	67 ⁺	(39)	30	31	132	163	156
1947	118	71	42	58	94	(128)	106 ⁺	74 ⁺	90 ⁺	155 ⁺	(157)	69
1948	(62)	48	48 ⁺	86 ⁺	134 ⁺	128 ⁺	68 ⁺	35 ⁺	52 ⁺	96 ⁺	131 ⁺	75 ⁺
1949	71 ⁺	(65)	53	77	114	96	72	61	61	147	178	123
1950	(99)	117	94	104	179	170	96	91	74	146	174	137
1951	72	63	(69)	(69)	(85)	76	70	52	65	96	(96)	80
1952	82	67	54	90	115	76	73	66	52	96	119	133
1953	75	63	48	73	124	84	63	42	82	141	161	128

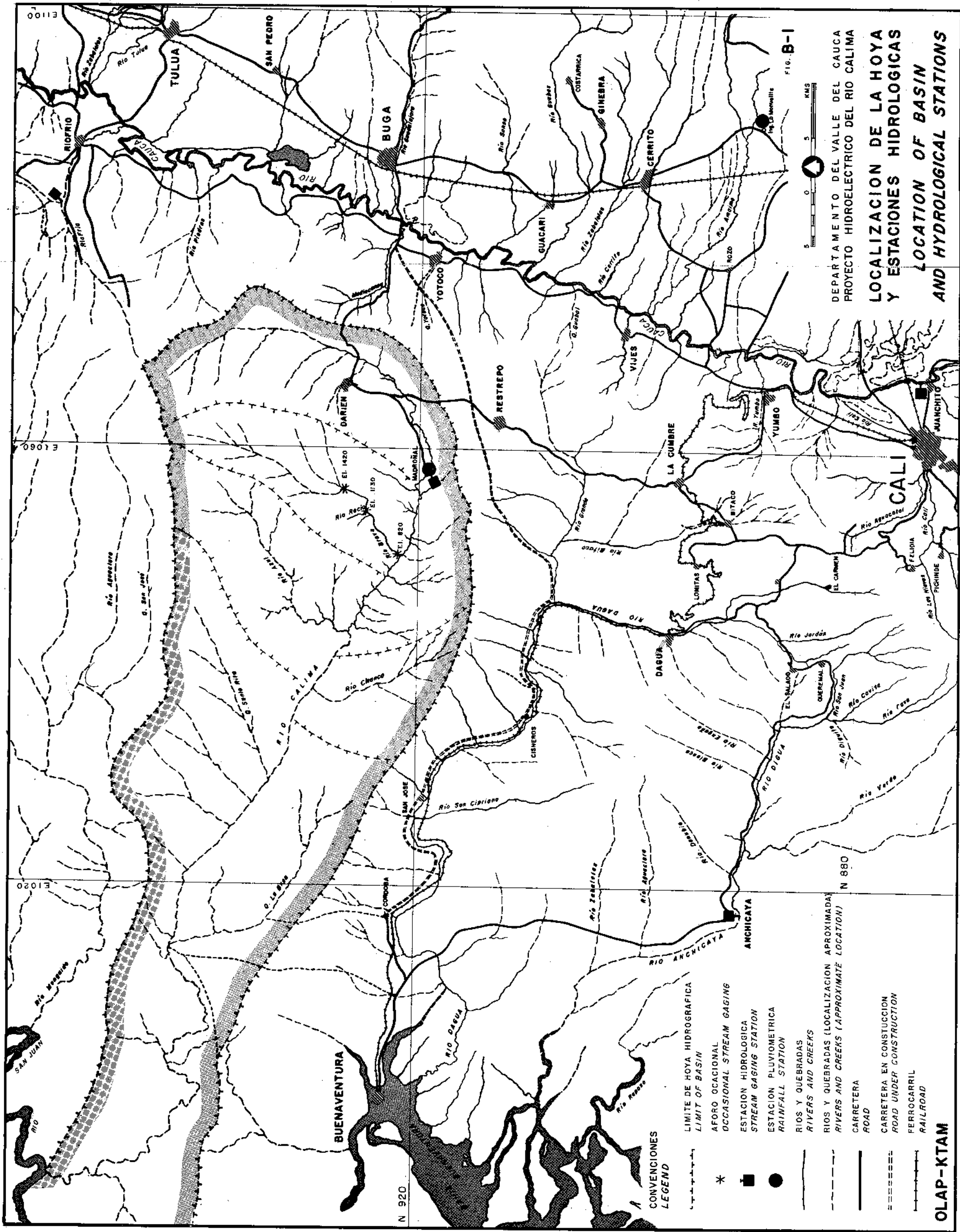
+ Deducidos mediante comparación con el Río Calima
 () Promedios obtenidos de registros incompletos

CAUDALES MEDIOS MENSUALES UTILIZABLES CON

CAUDALES MEDIOS DIARIOS LIMITADOS A UN MAXIMO DE 115 m³/s.

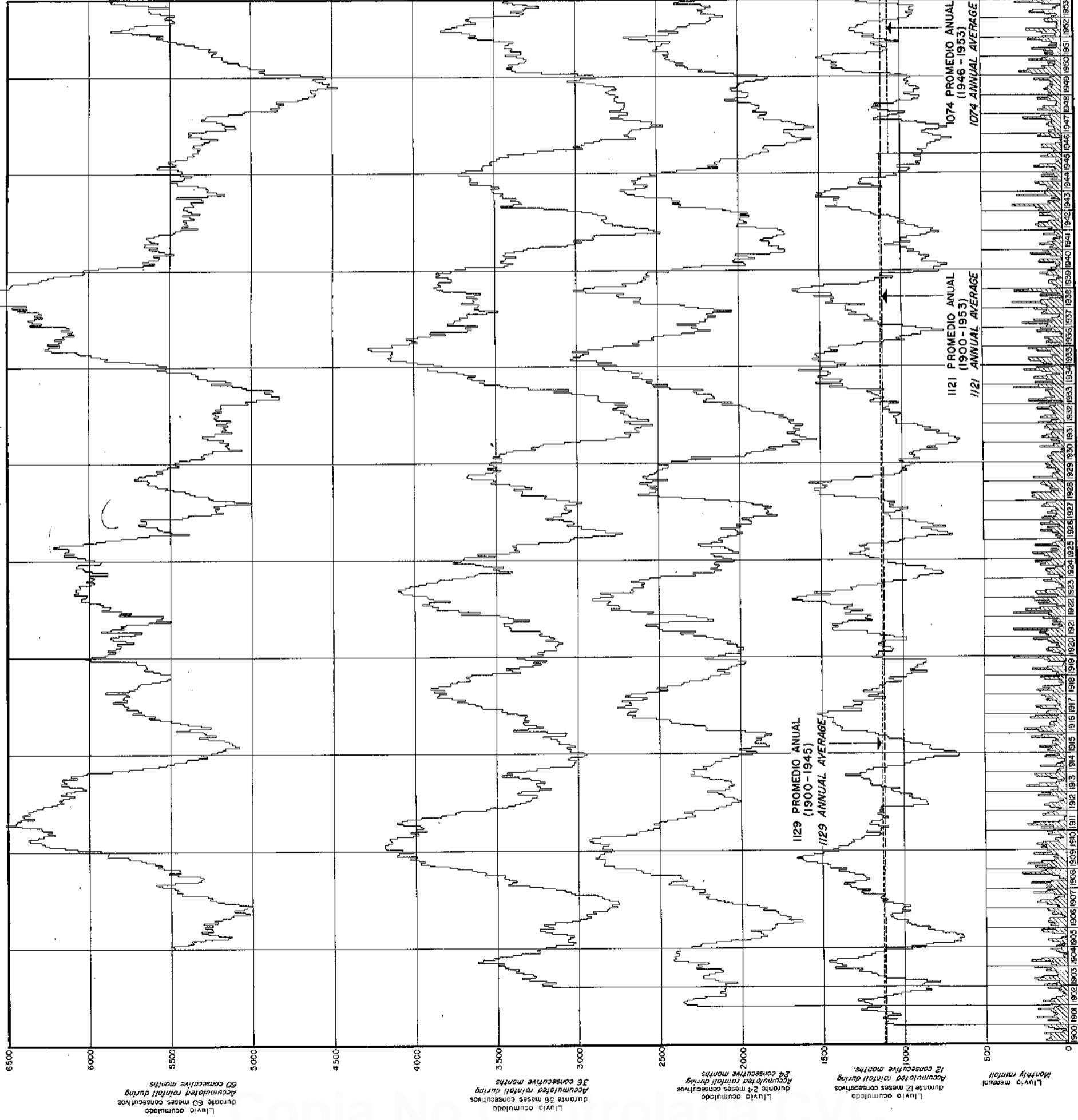
ANOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1946	75	48	58 ⁺	110 ⁺	110 ⁺	67 ⁺	39	30	31	93	111	105
1947	88	65	42	58	86	103	106 ⁺	74 ⁺	90 ⁺	110 ⁺	110	69
1948	62	48	48 ⁺	86 ⁺	110 ⁺	110 ⁺	68 ⁺	35 ⁺	52 ⁺	96 ⁺	110 ⁺	75 ⁺
1949	71 ⁺	65	52	77	100	92	71	61	61	107	115	104
1950	94	105	90	93	115	115	95	91	71	113	114	103
1951	71	63	67	67	84	75	69	52	64	88	94	79
1952	79	66	53	83	97	75	72	66	52	89	101	107
1953	75	63	48	71	102	82	63	42	77	112	115	105

+ Deducidos mediante comparación con el Río Calima



LA MANUELITA
ANALISIS PLUVIOMETRICO

ANALYSIS OF
RAINFALL RECORDS



PERIODOS MAS SECOS
DRIEST PERIODS

PERIODOS DE MAYOR
PLUVIOSIDAD
PERIODS OF HEAVIEST
RAINFALL

EN 60 MESES CONSECUTIVOS
IN 60 CONSECUTIVE MONTHS

	mm	mm	
1 ^o JUL. 1944 - JUN. 1949	4 456	JUN. 1933 - MAY. 1938	6 656
2 ^o JUL. 1928 - JUN. 1933	4 326	JUN. 1906 - MAY. 1911	6 513
3 ^o ABR. 1902 - MAR. 1907	5 004	OCT. 1920 - SEP. 1925	6 218
4 ^o ENE. 1923 - DIC. 1927	5 007	ENE. 1915 - DIC. 1919	6 025
5 ^o JUN. 1910 - MAY. 1915	5 080	JUN. 1947 - MAY. 1952	5 860

EN 36 MESES CONSECUTIVOS
IN 36 CONSECUTIVE MONTHS

1 ^o JUL. 1944 - JUN. 1947	2 461	ENE. 1933 - DIC. 1935	4 279
2 ^o ENE. 1939 - DIC. 1941	2 473	ABR. 1907 - MAR. 1910	4 188
3 ^o ENE. 1929 - DIC. 1931	2 532	JUL. 1920 - JUN. 1923	4 102
4 ^o JUN. 1923 - MAY. 1926	2 726	JUN. 1915 - MAY. 1918	3 902
5 ^o MAY. 1904 - ABR. 1907	2 754	MAR. 1936 - FEB. 1939	3 874
6 ^o		JUN. 1949 - MAY. 1952	3 825

EN 24 MESES CONSECUTIVOS
IN 24 CONSECUTIVE MONTHS

1 ^o ABR. 1928 - MAR. 1931	1 525	JUN. 1933 - MAY. 1935	3 033
2 ^o JUN. 1945 - MAY. 1947	1 529	ENE. 1937 - DIC. 1938	3 009
3 ^o JUN. 1904 - MAY. 1908	1 626	AGO. 1908 - JUL. 1910	2 938
4 ^o FEB. 1939 - ENE. 1941	1 710	ENE. 1921 - DIC. 1922	2 906
5 ^o MAY. 1925 - ABR. 1927	1 769	JUN. 1915 - MAY. 1917	2 755
6 ^o ENE. 1914 - DIC. 1915	1 813	MAR. 1942 - FEB. 1944	2 722
7 ^o		FEB. 1950 - ENE. 1952	2 702

EN 12 MESES CONSECUTIVOS
IN 12 CONSECUTIVE MONTHS

1 ^o AGR. 1904 - JUL. 1905	634	ENE. 1922 - DIC. 1922	1 678
2 ^o ABR. 1930 - MAR. 1931	638	ENE. 1936 - DIC. 1938	1 666
3 ^o DIC. 1913 - NOV. 1914	660	SEP. 1908 - AGR. 1909	1 659
4 ^o NOV. 1945 - OCT. 1946	660	NOV. 1933 - OCT. 1934	1 629
5 ^o MAY. 1925 - ABR. 1926	689	ENE. 1928 - DIC. 1928	1 572
6 ^o MAY. 1939 - ABR. 1940	709	FEB. 1916 - ENE. 1917	1 526
7 ^o DIC. 1935 - NOV. 1936	738	NOV. 1942 - OCT. 1943	1 516
8 ^o MAY. 1923 - ABR. 1924	749	ENE. 1950 - DIC. 1950	1 508
9 ^o ENE. 1939 - DIC. 1939	760	MAY. 1903 - ABR. 1904	1 466
10 ^o ENE. 1941 - DIC. 1941	761		

Lluvia acumulada durante 60 meses consecutivos
Accumulated rainfall during 60 consecutive months

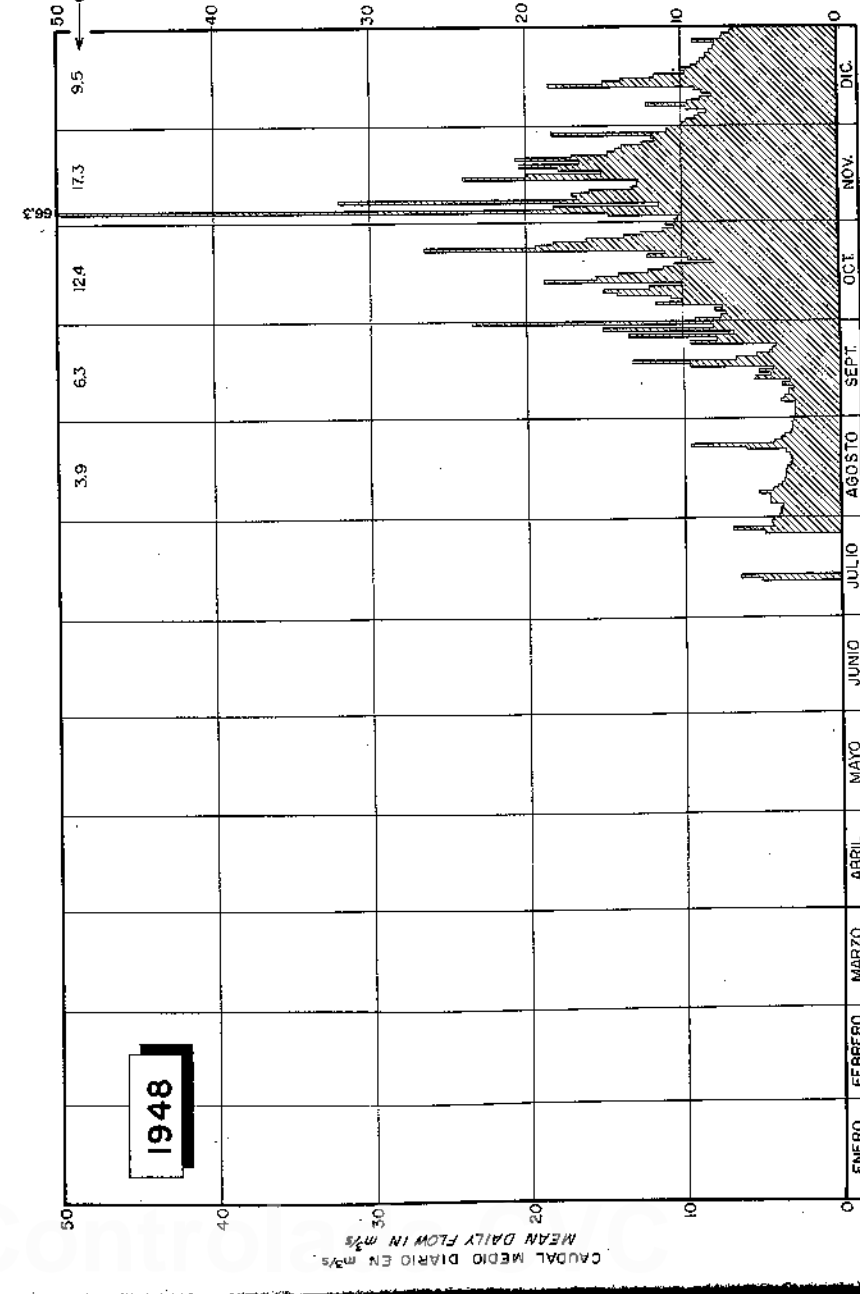
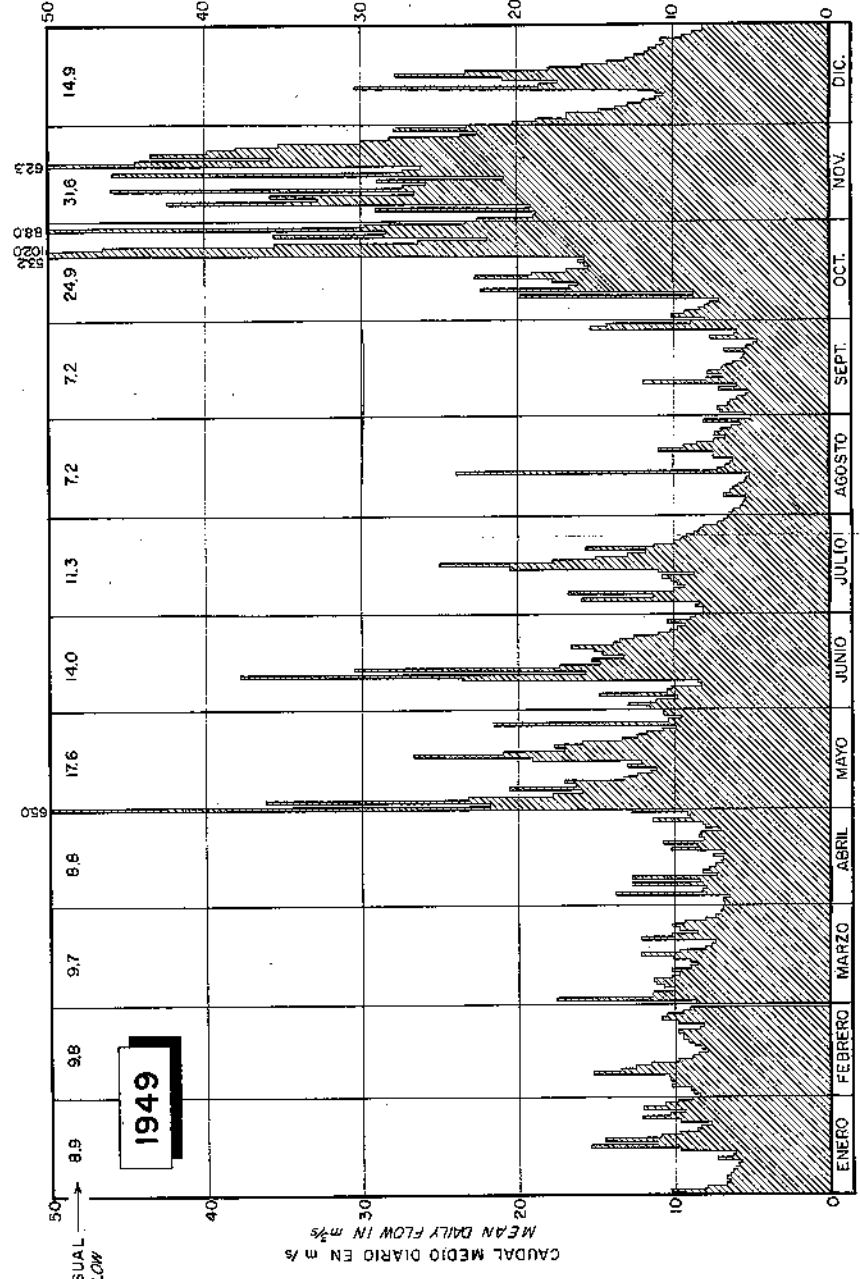
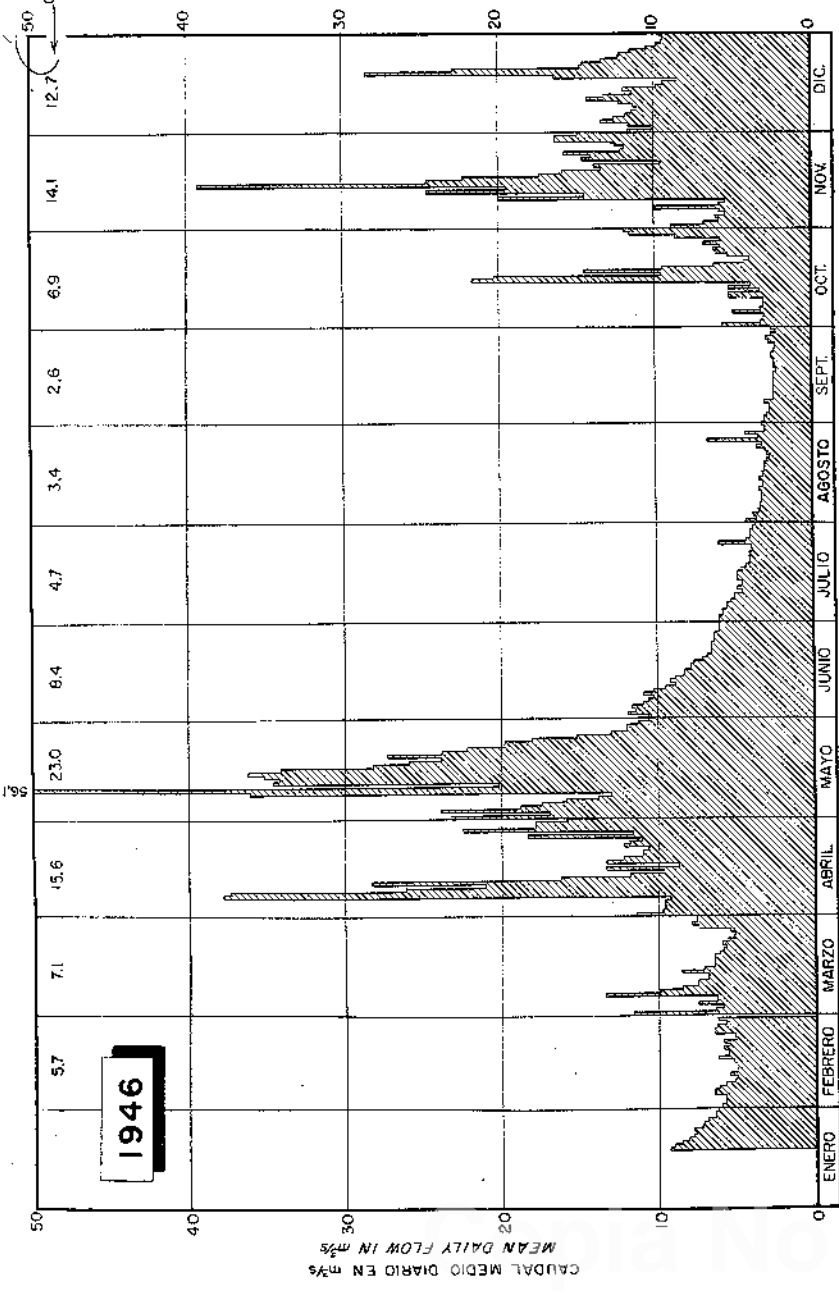
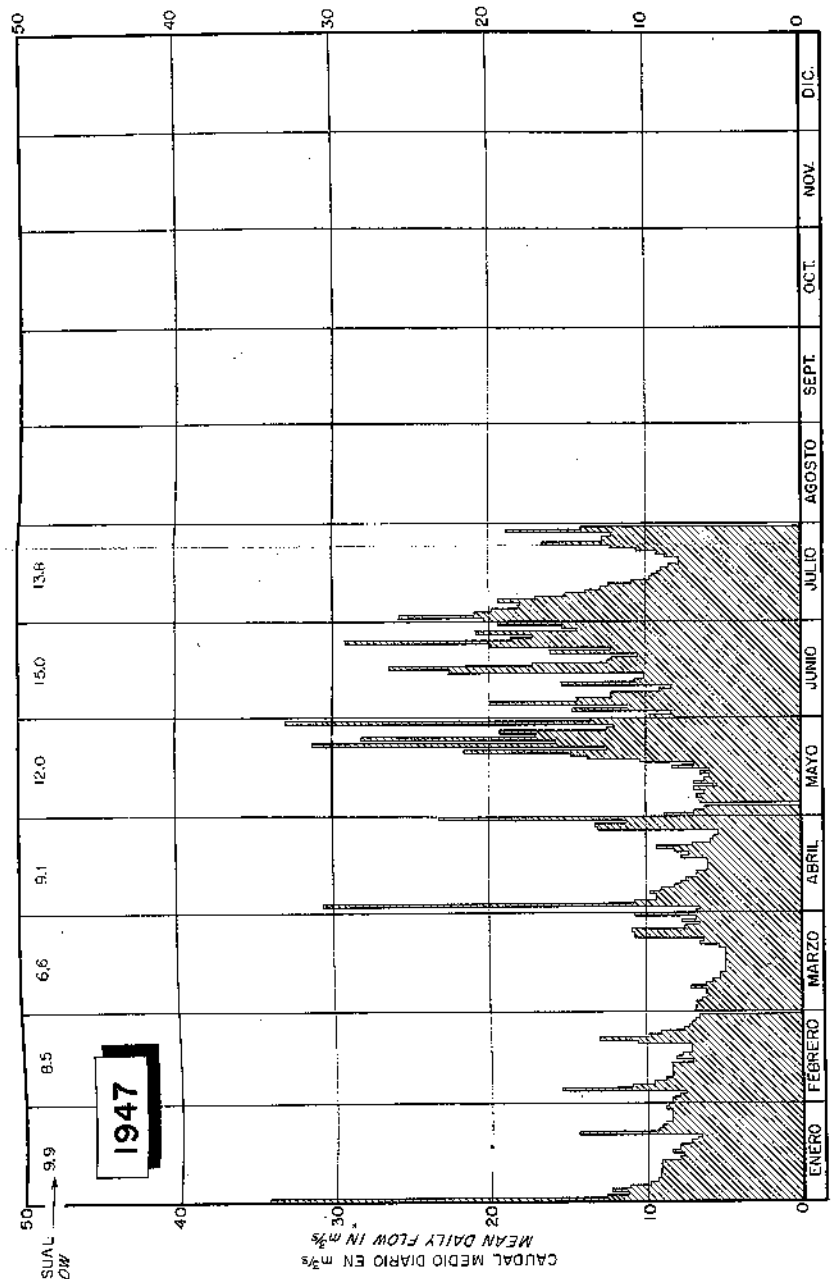
Lluvia acumulada durante 36 meses consecutivos
Accumulated rainfall during 36 consecutive months

Lluvia acumulada durante 24 meses consecutivos
Accumulated rainfall during 24 consecutive months

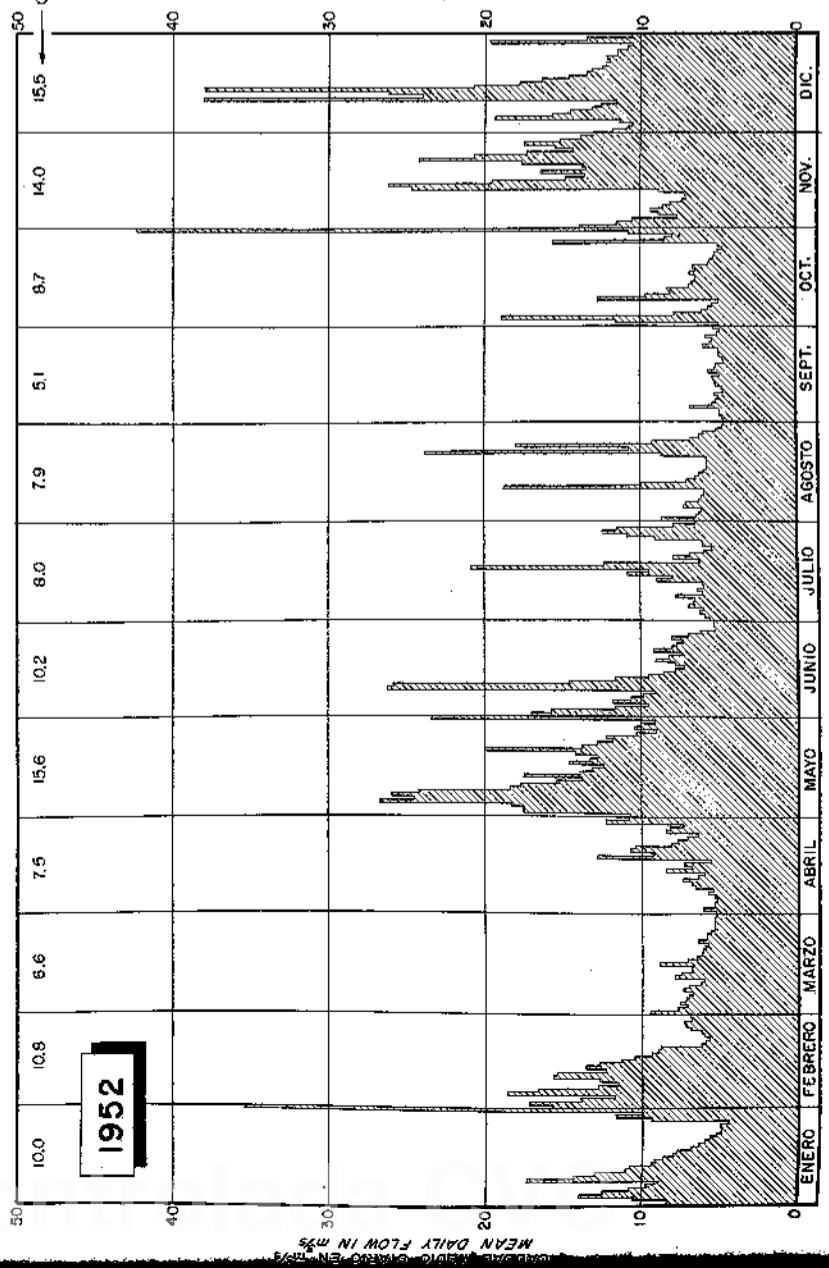
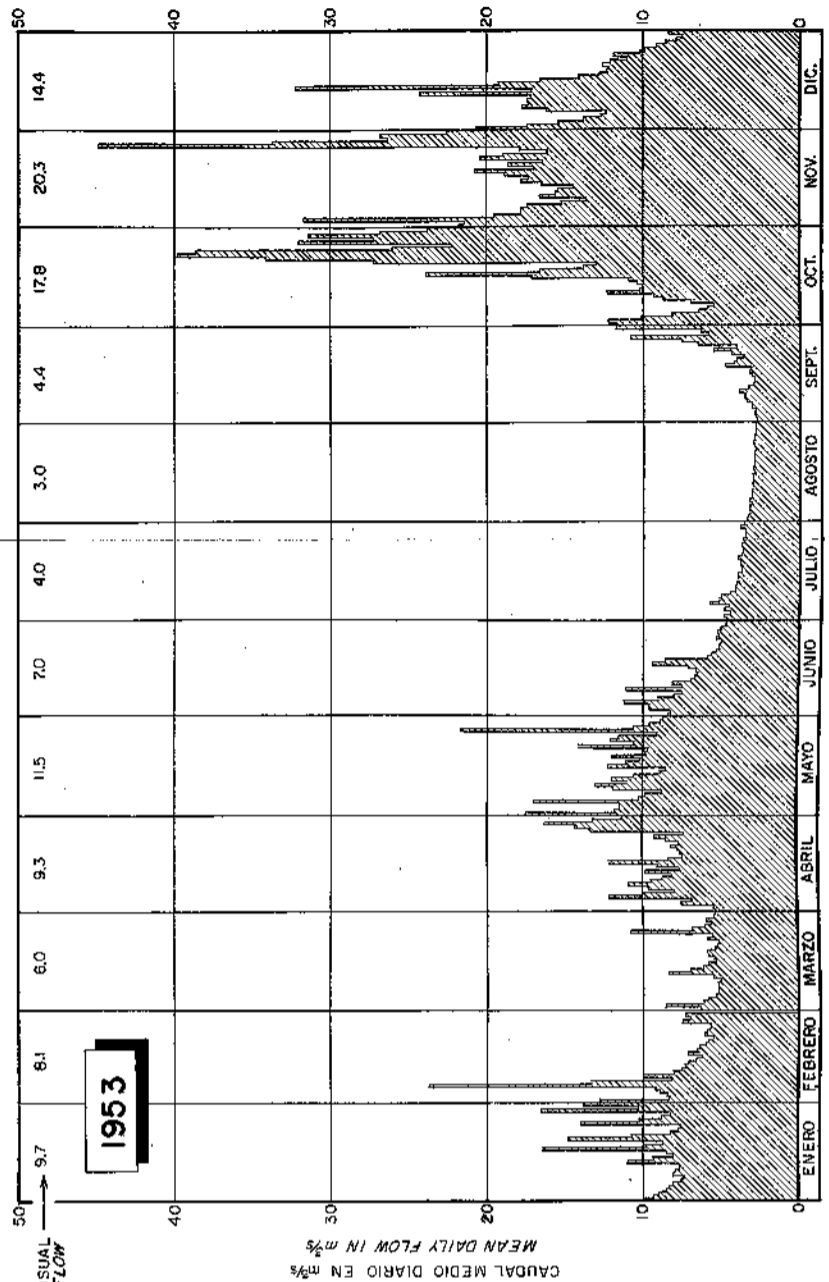
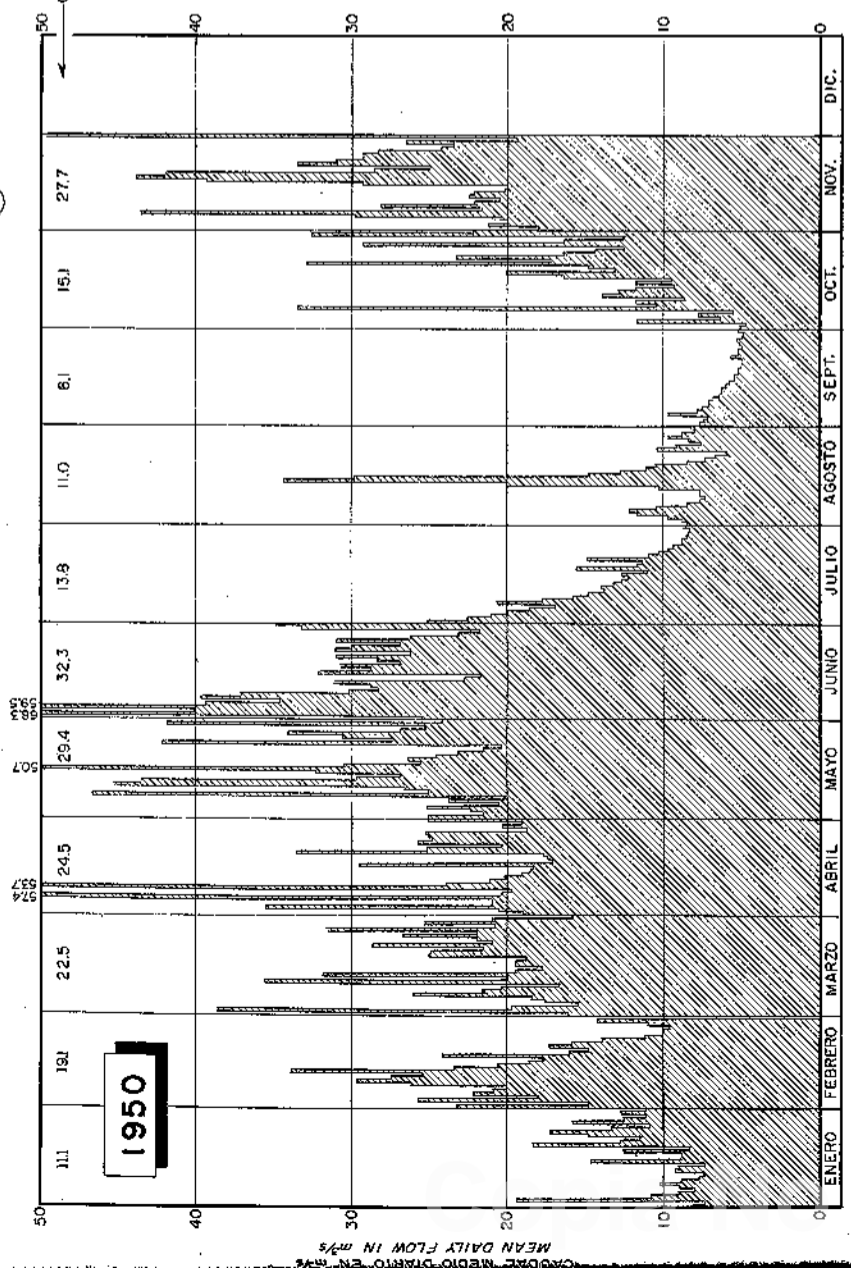
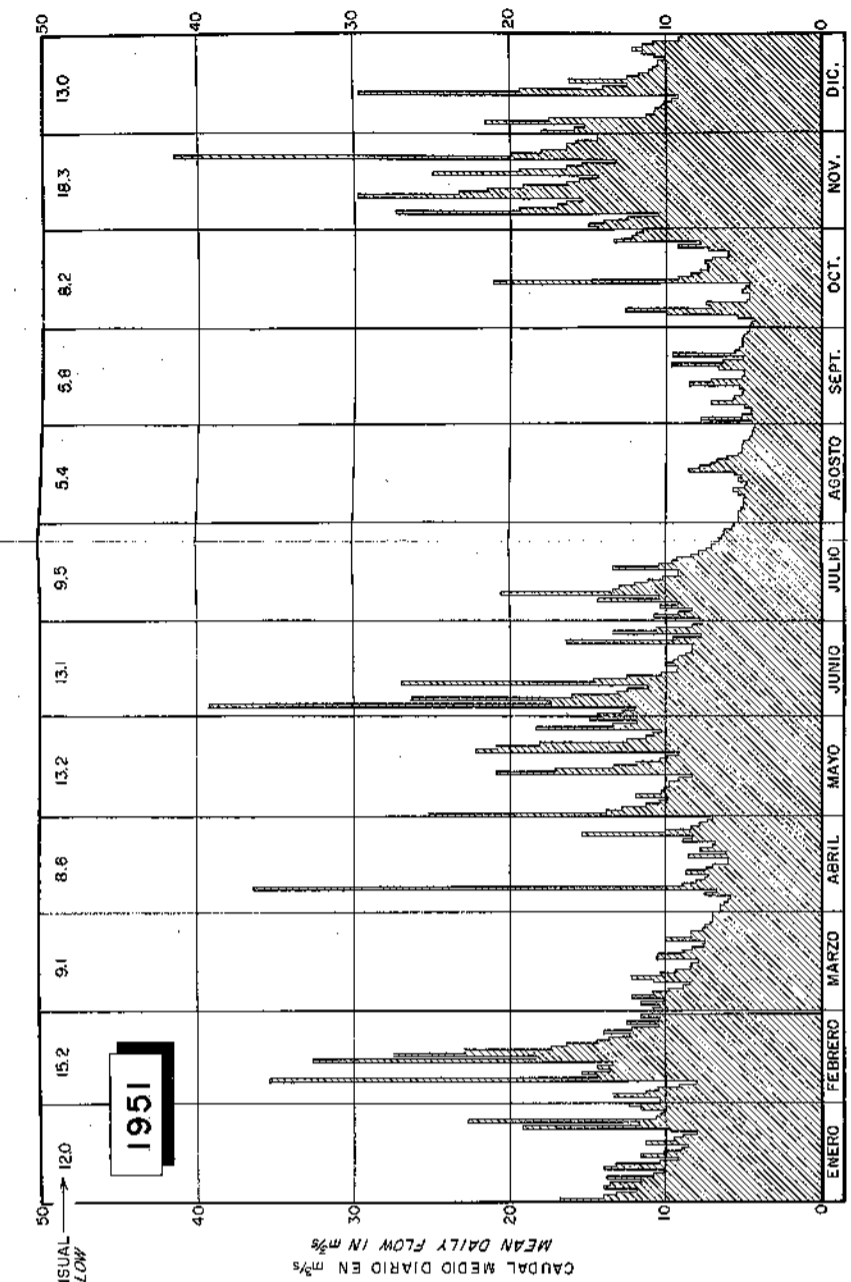
Lluvia acumulada durante 12 meses consecutivos
Accumulated rainfall during 12 consecutive months

Lluvia mensual
Monthly rainfall

MILIMETROS



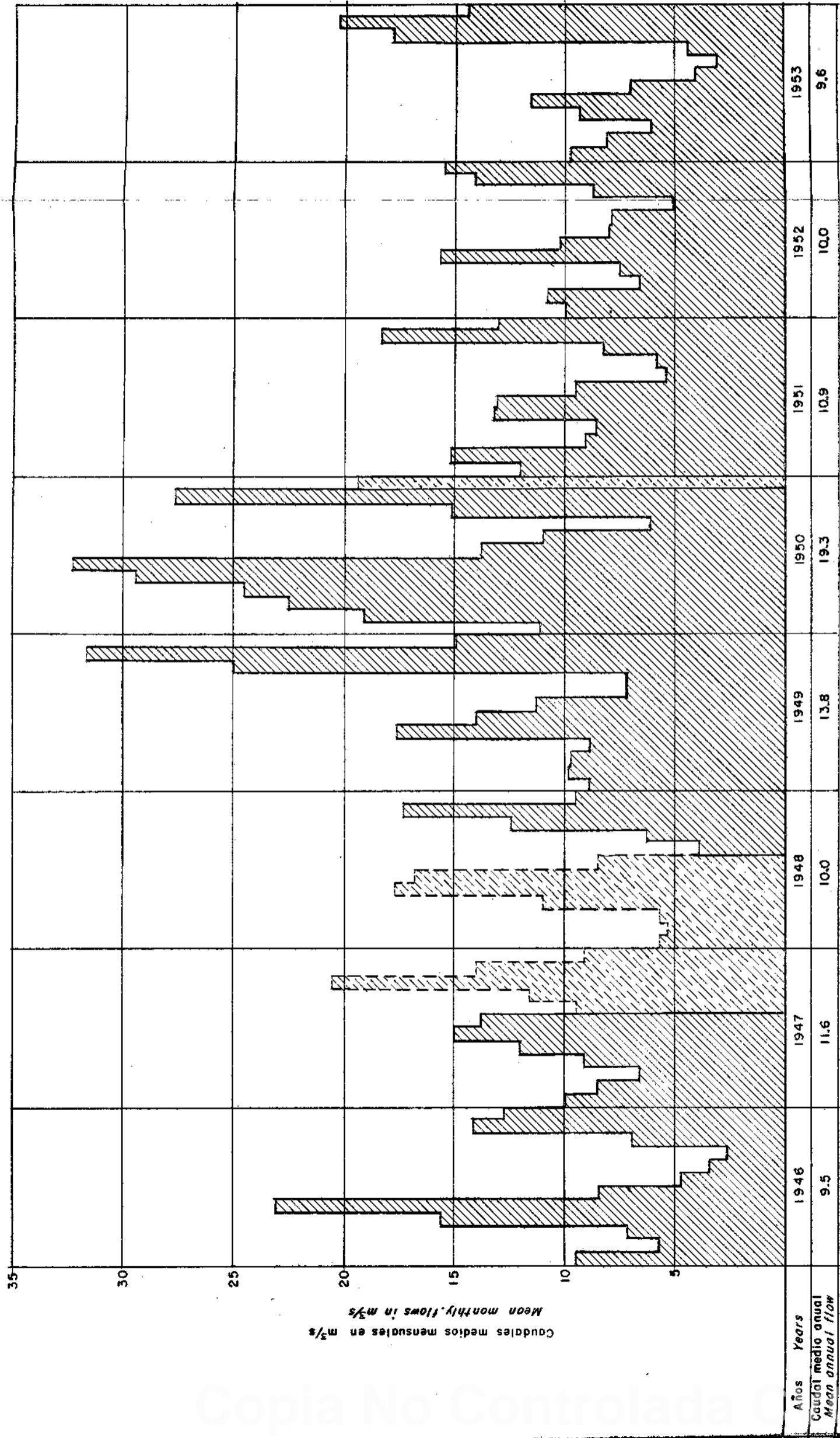
HIDROGRAMAS DIARIOS DEL RIO CALIMA
ESTACION DE AFOROS V-2 (MADRONAL)
DAILY HYDROGRAPHS OF CALIMA RIVER
GAGING STATION V-2 (MADRONAL)



HIDROGRAMAS DIARIOS DEL RIO CALIMA
ESTACION DE AFOROS V-2 (MADROÑAL)
DAILY HYDROGRAPHS OF CALIMA RIVER
GAGING STATION V-2 (MADROÑAL)

FIG.

B-4



NOTA - La parte punteada corresponde a promedios calculados con base en relaciones establecidas con registros de ríos cercanos.

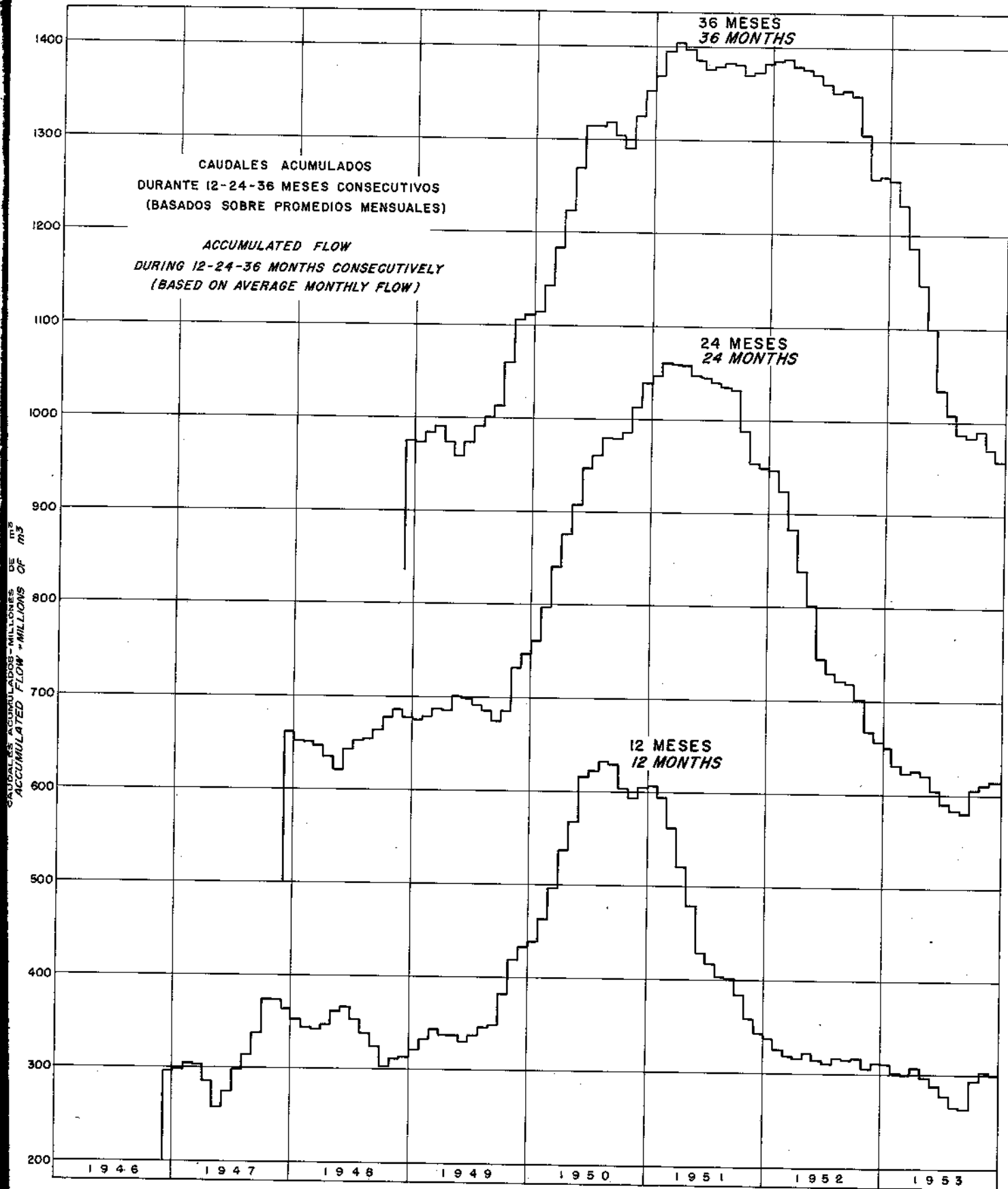
NOTE - Dotted lines correspond to average values computed from records of other rivers.

HIDROGRAMA MENSUAL DEL RIO CALIMA EN MADROÑAL
PERIODO - 1946 - 1953

MONTHLY HYDROGRAPH OF CALIMA RIVER AT MADROÑAL
PERIOD - 1946 - 1953

FIG.

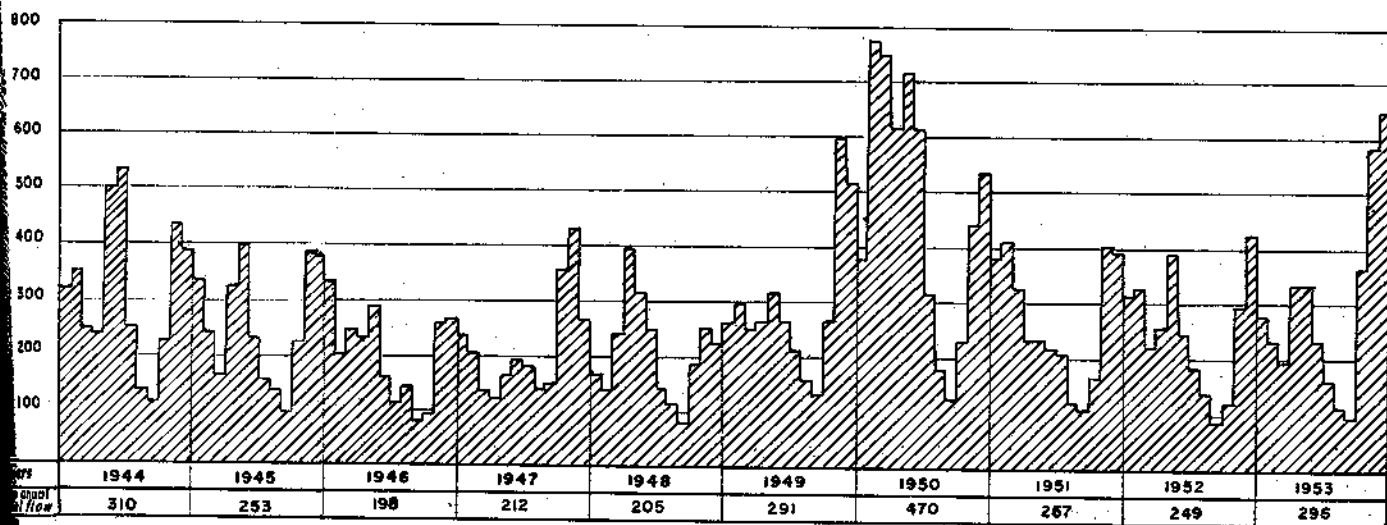
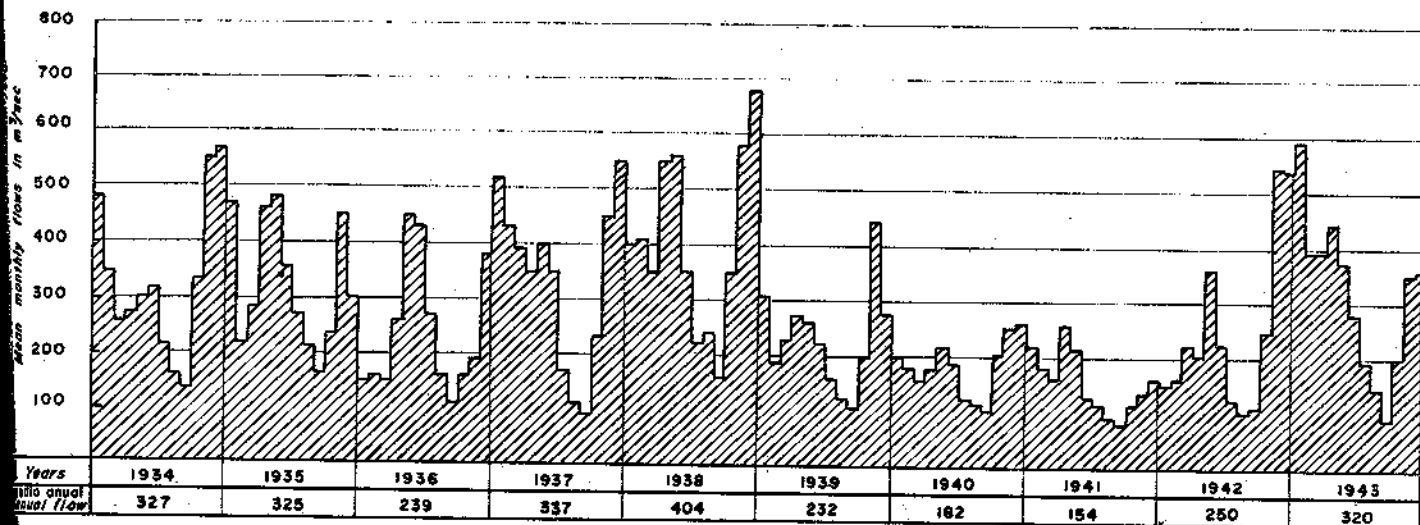
B-5



ANALISIS HIDROGRAFICO
DEL RIO GALIMA
HYDROGRAPHIC ANALYSIS
OF GALIMA RIVER

FIG.

B-6

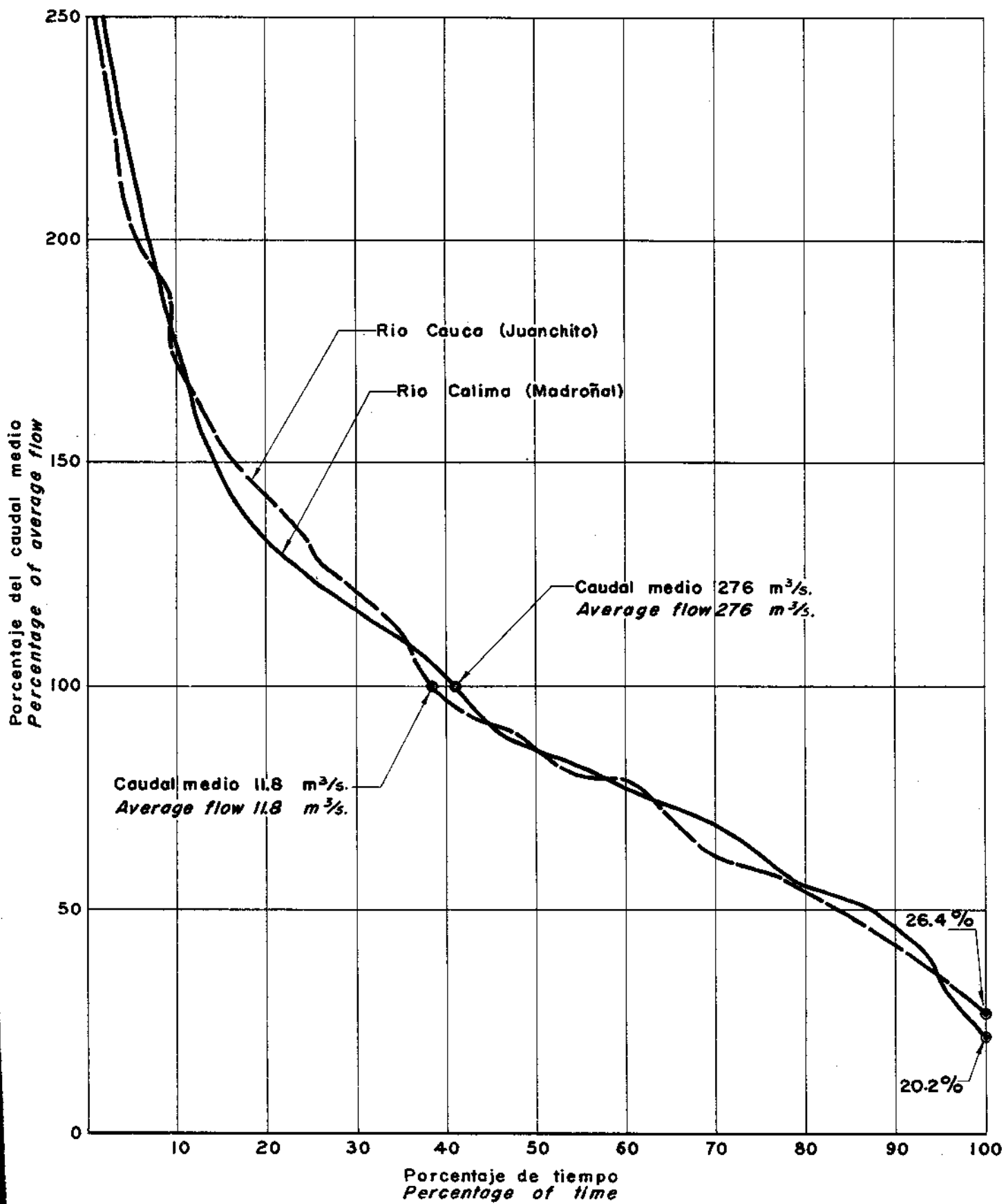


HIDROGRAMA MENSUAL
DEL RIO CAUCA EN JUANCHITO
PERIODO 1934 - 1953

MONTHLY HYDROGRAPH
OF CAUCA RIVER AT JUANCHITO
PERIOD 1934 - 1953

FIG.

B-7

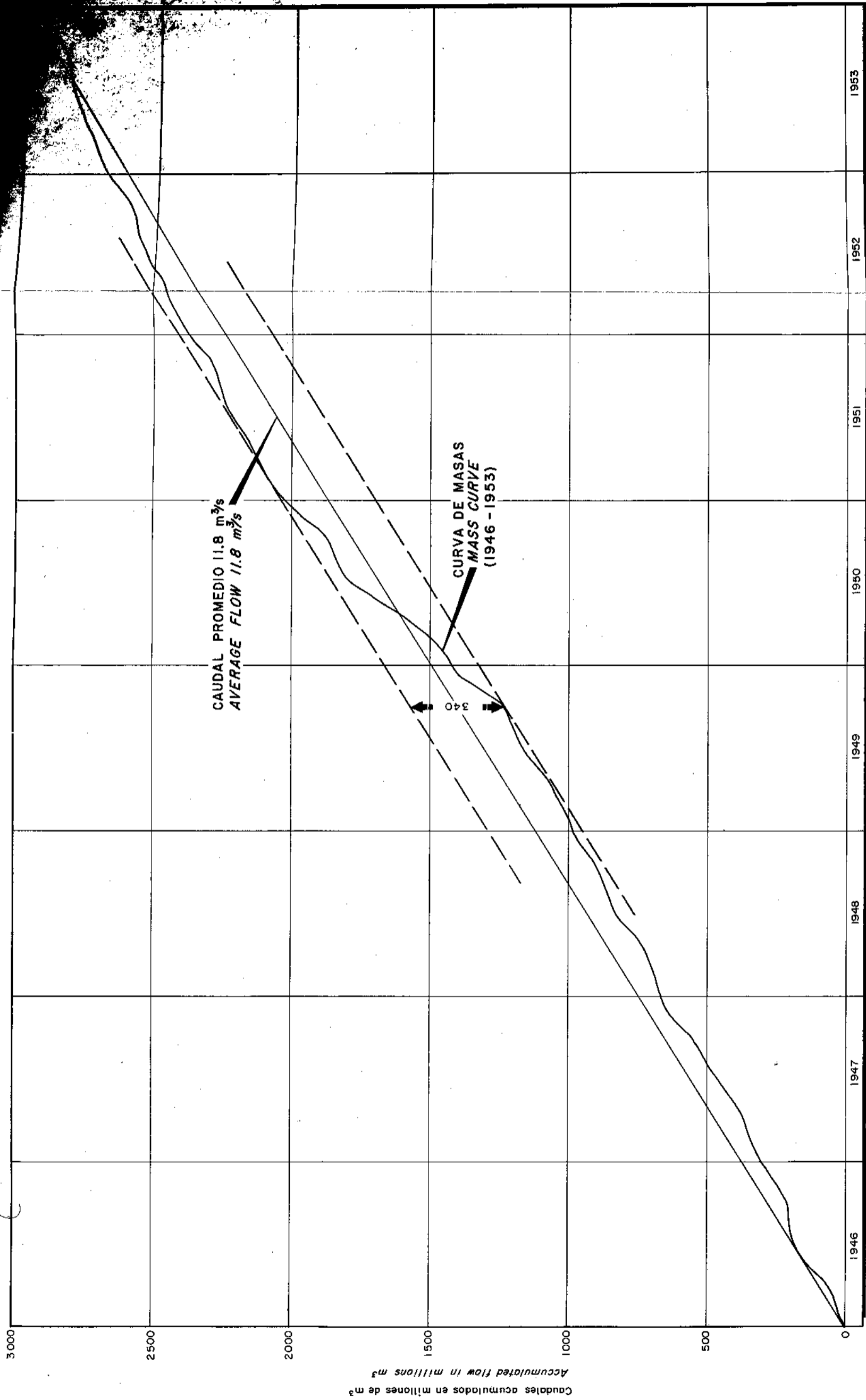


CURVAS DE DURACION DE CAUDALES
 RIO CALIMA 1946-1953 Y RIO CAUCA 1934-1953
 PROMEDIOS MENSUALES

FLOW DURATION CURVES
 CALIMA RIVER 1946-1953 AND CAUCA RIVER 1934-1953
 MONTHLY AVERAGES

FIG.

B-8



RIO CALIMA

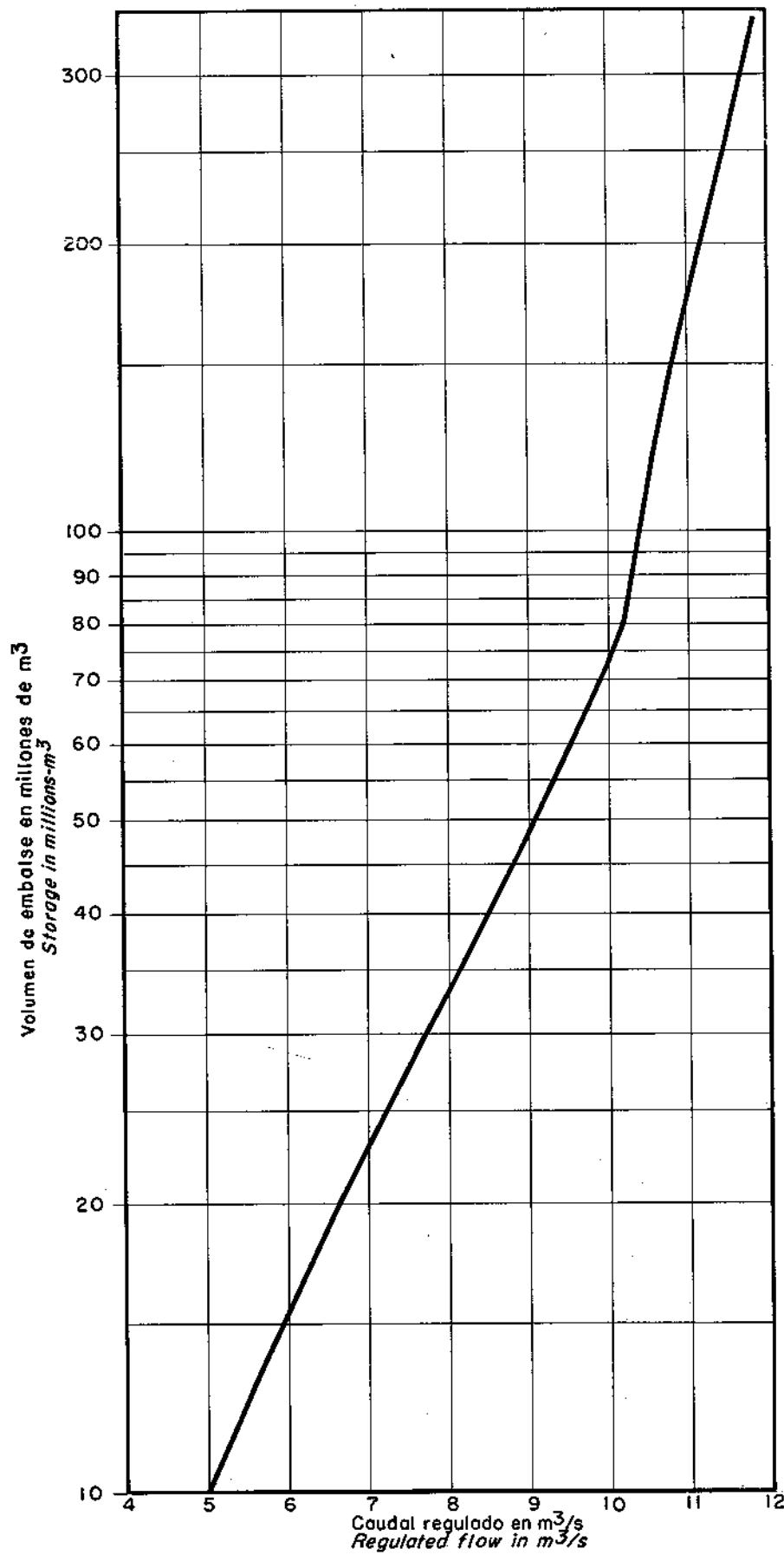
ANALISIS DE REGULACION

FIG.

REGULATION ANALYSIS

B-9

OLAP - KTAM



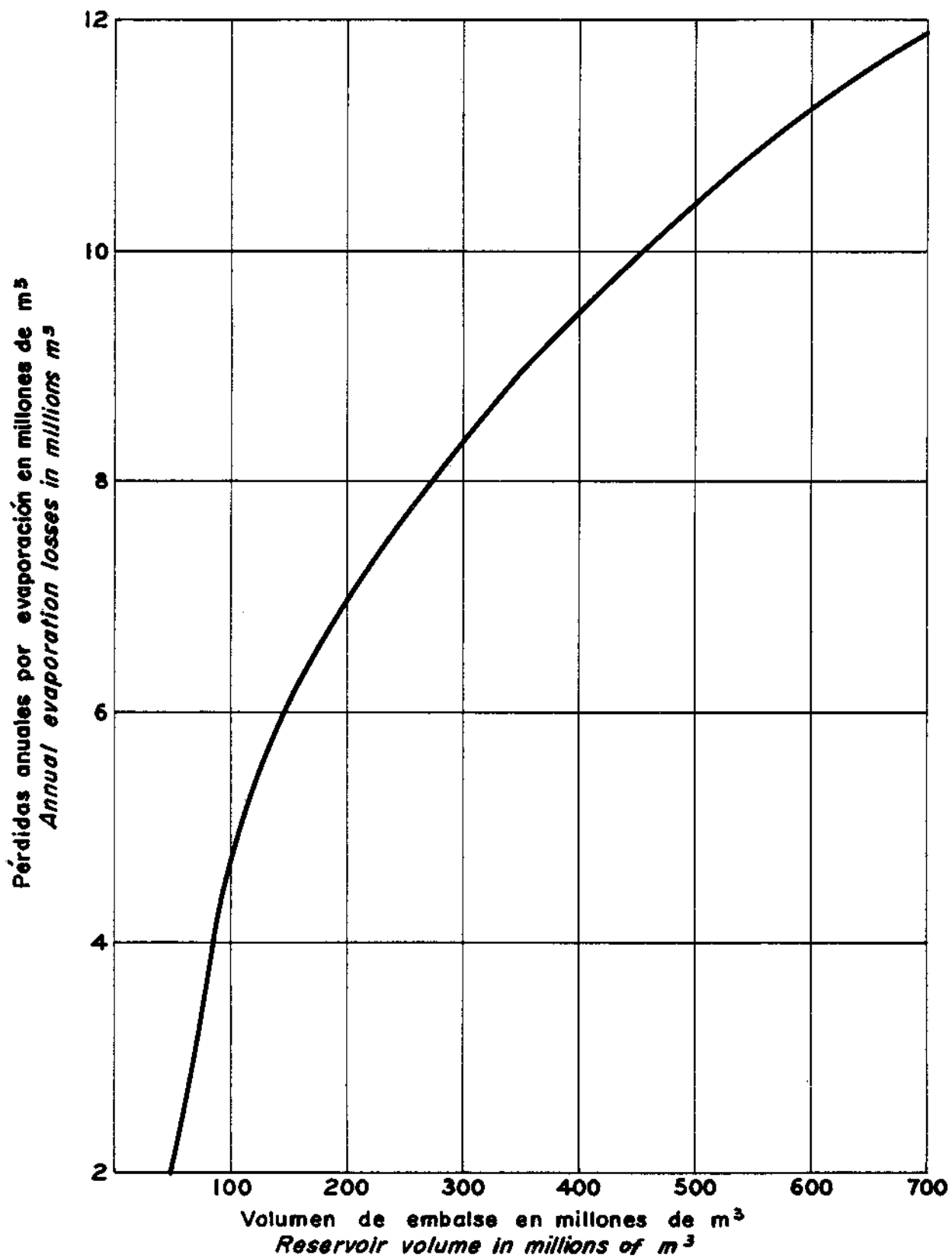
RIO CALIMA
VOLUMEN DEL EMBALSE REQUERIDO

11.8 m³/s. CAUDAL MEDIO 1946 - 1953

FIG.

REQUIRED STORAGE
 AVERAGE FLOW 1946 - 1953

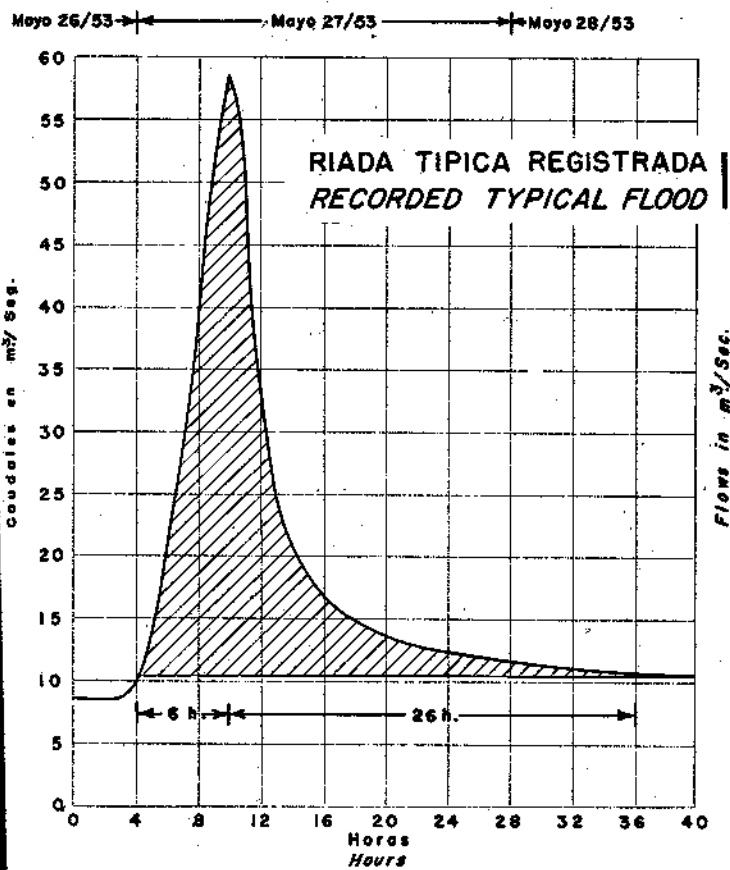
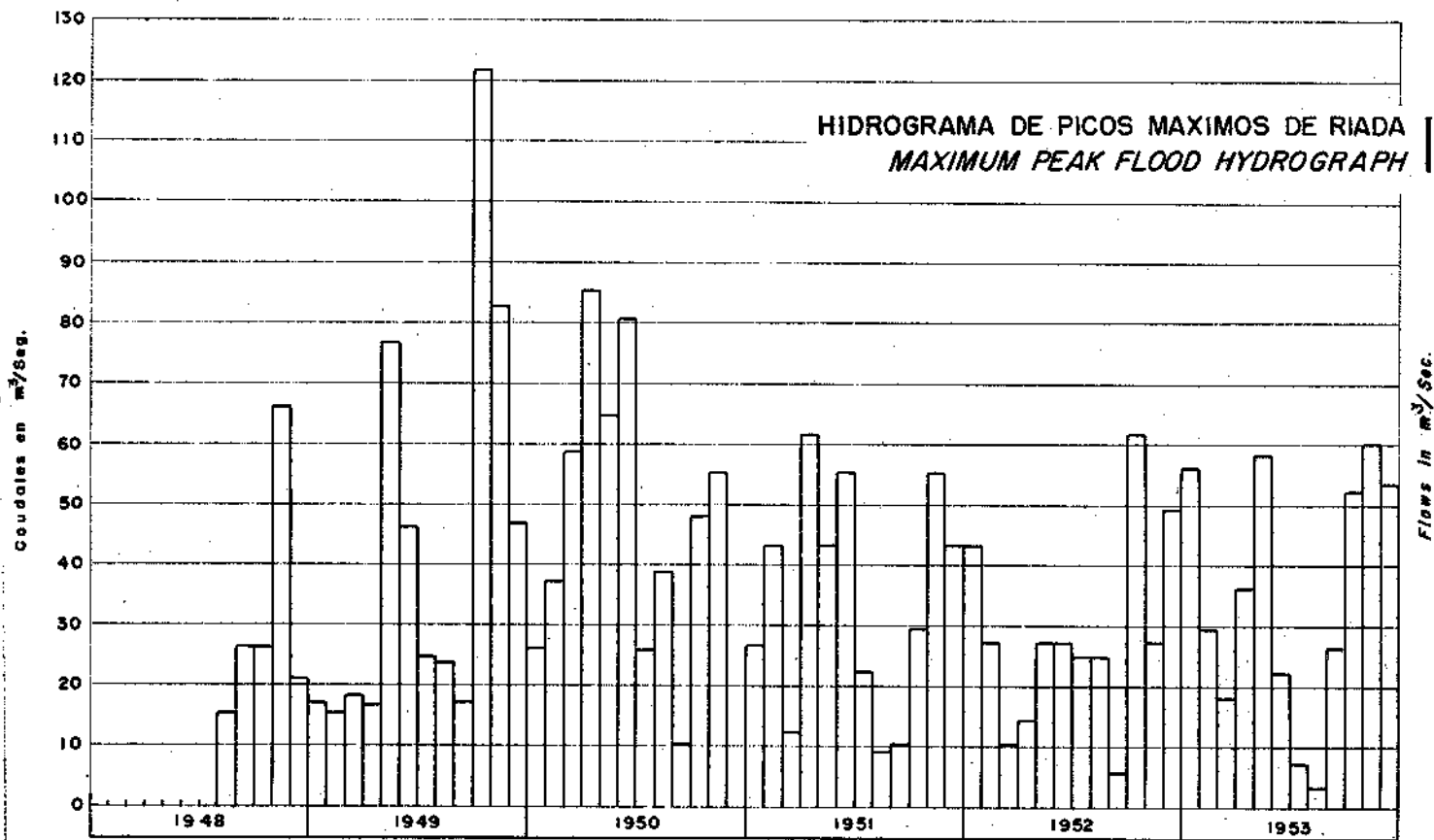
B-10



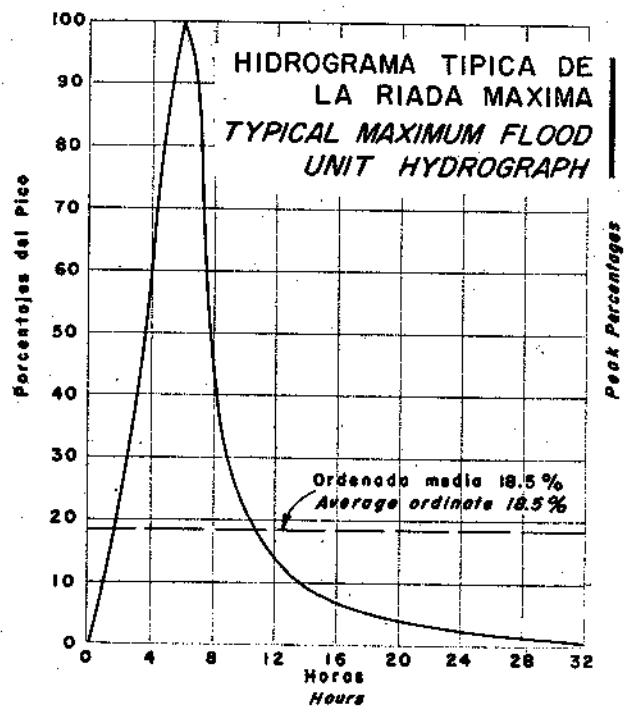
PERDIDAS POR EVAPORACION

FIG. 11

EVAPORATION LOSSES B-II



Riada Máxima Estimada 2000 m³/Seg.
Estimated Maximum Flood 2000 m³/Sec.
Volumen de la Riada 42.700.000 m³.
Volume of Flood 42.700.000 m³.



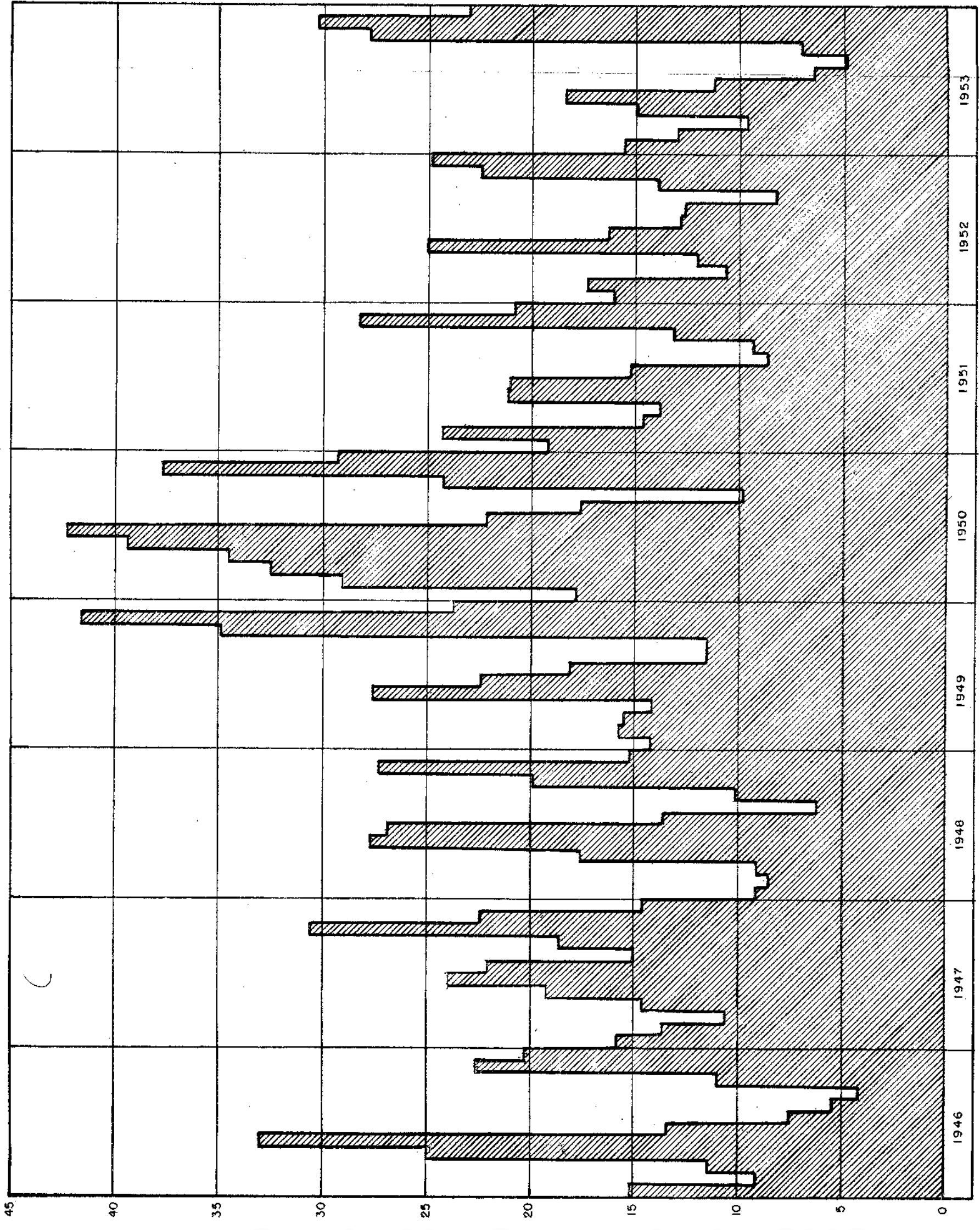
ESTUDIO DE LA RIADA MAXIMA
RIO CALIMA EN MADROÑAL
MAXIMUM FLOOD STUDY
GALIMA RIVER AT MADROÑAL

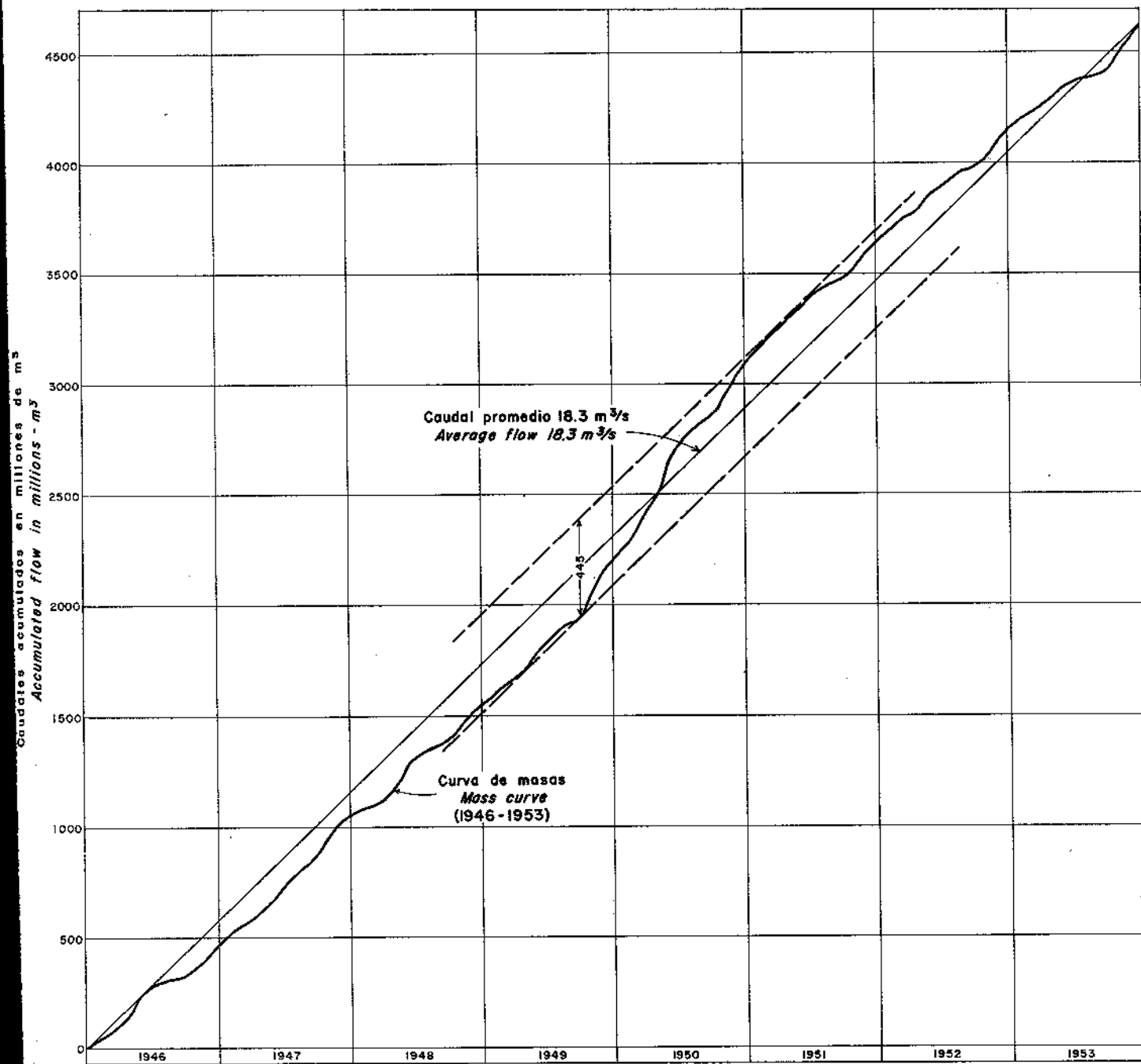
FIG.

B-12

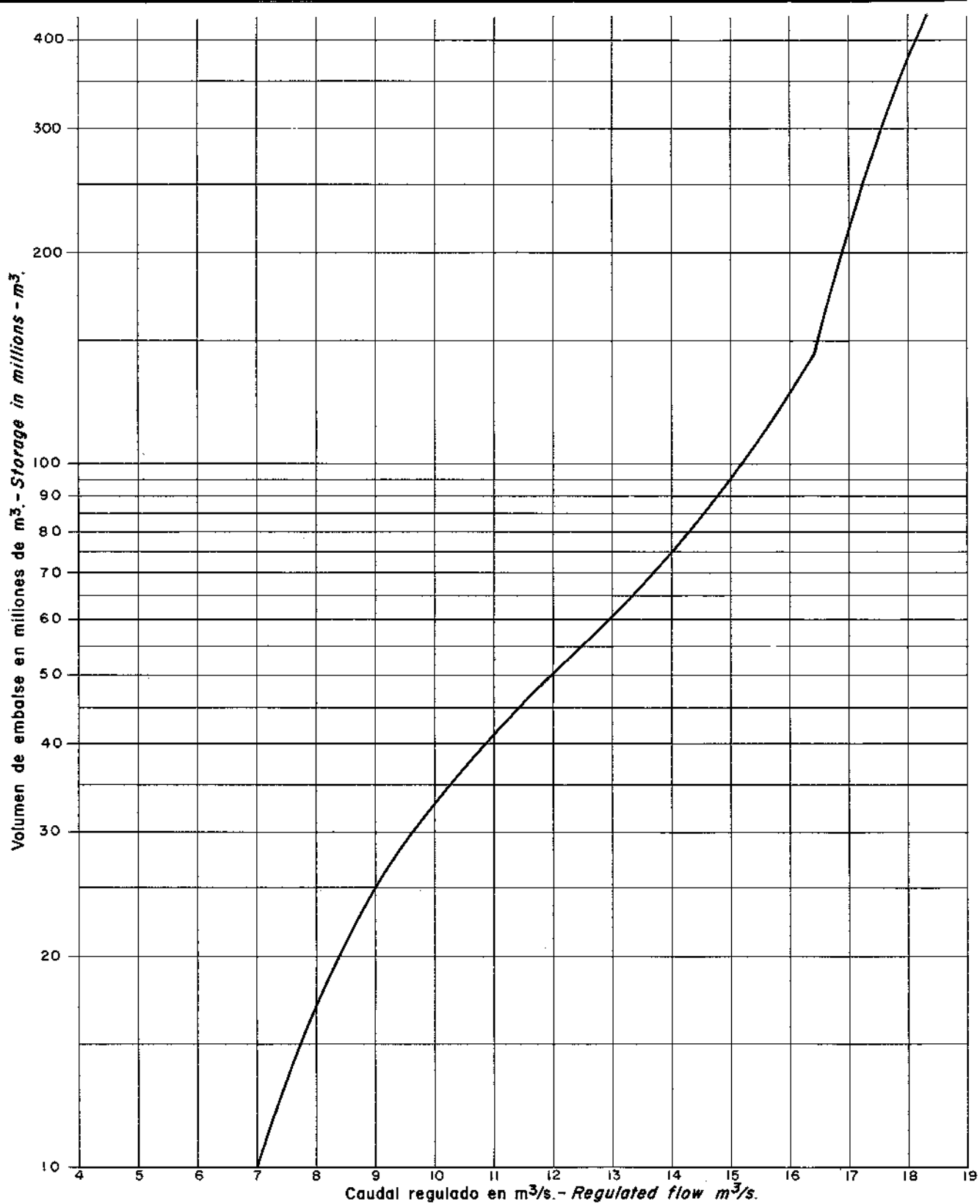
HIDROGRAMA MENSUAL DE LOS RIOS CALIMA Y BRAVO
PERIODO - 1946-1953

MONTHLY HYDROGRAPH OF THE CALIMA AND BRAVO RIVERS
PERIOD - 1946-1953





RIOS CALIMA Y BRAVO

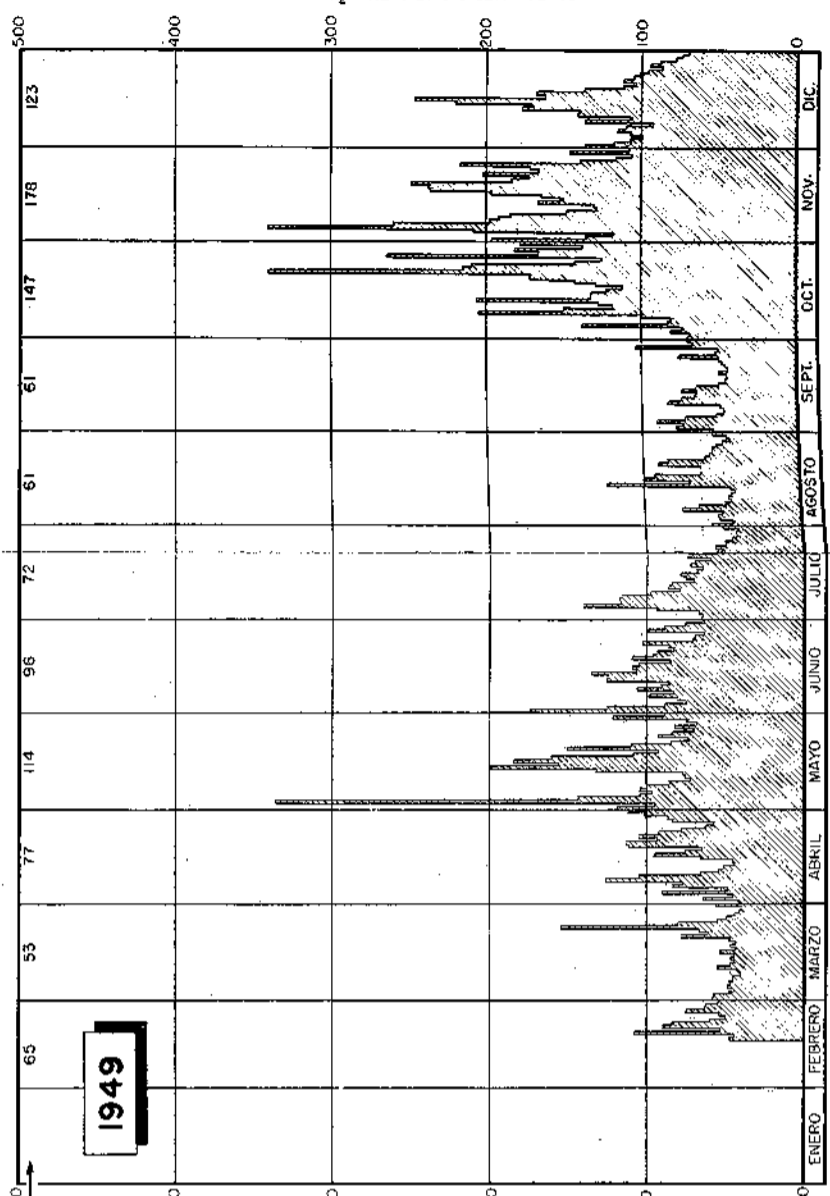
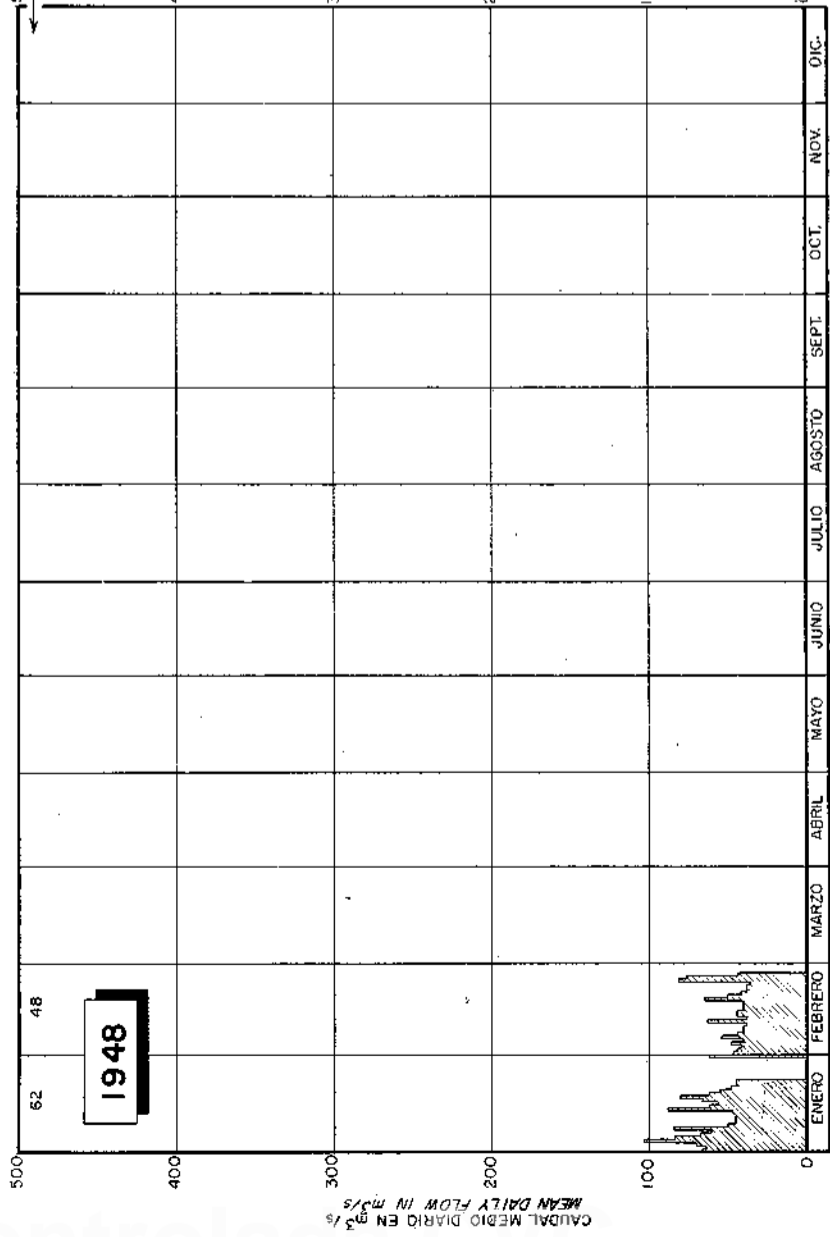
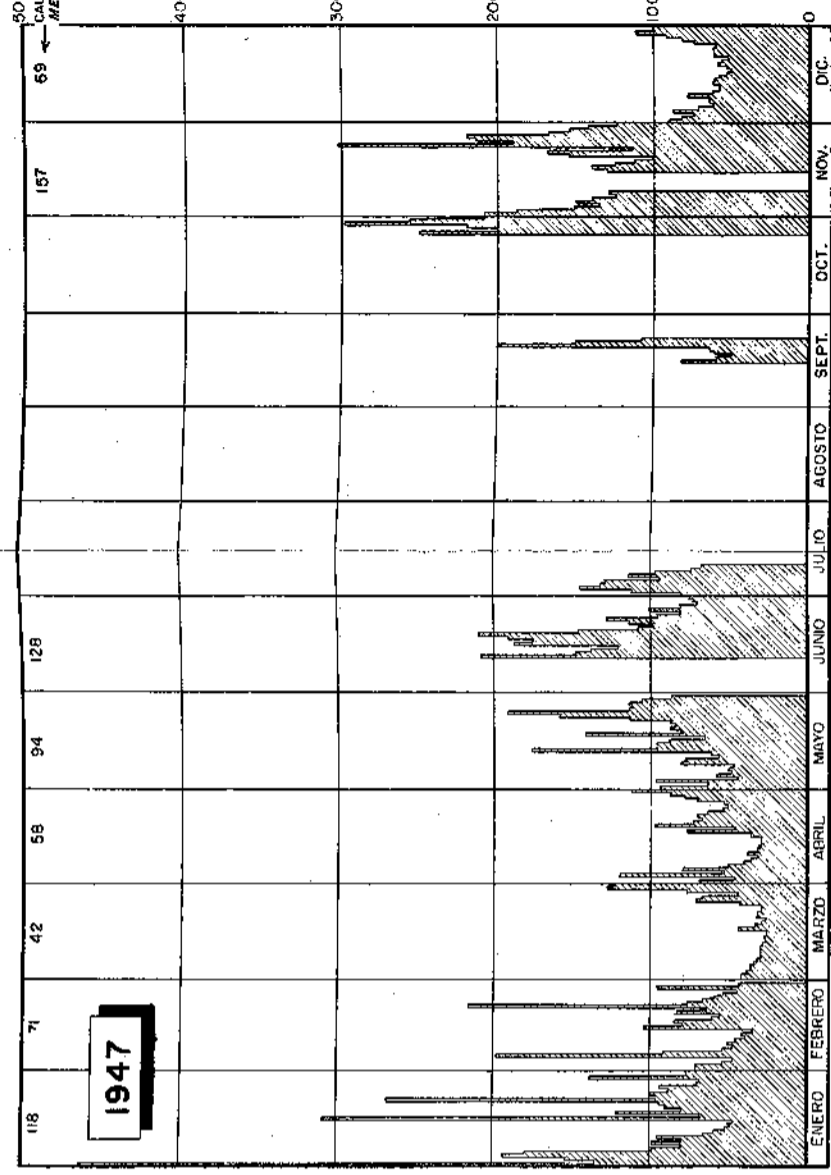
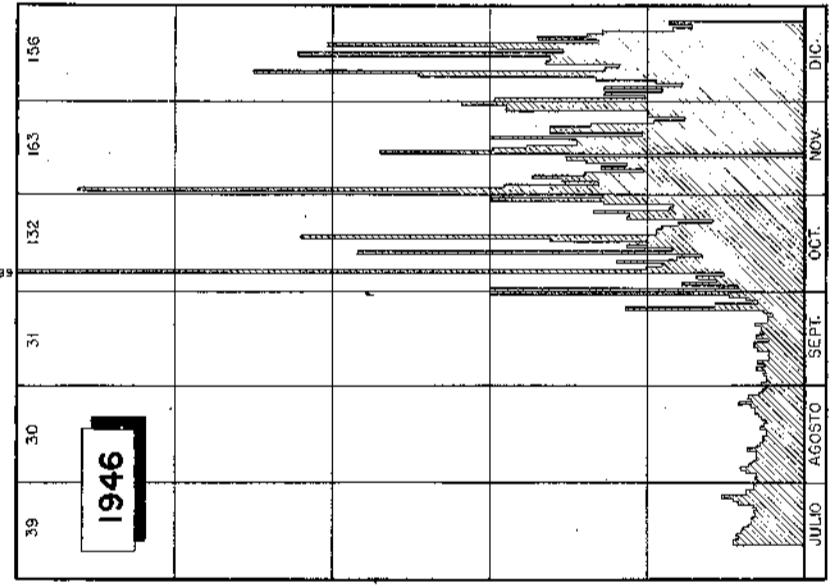
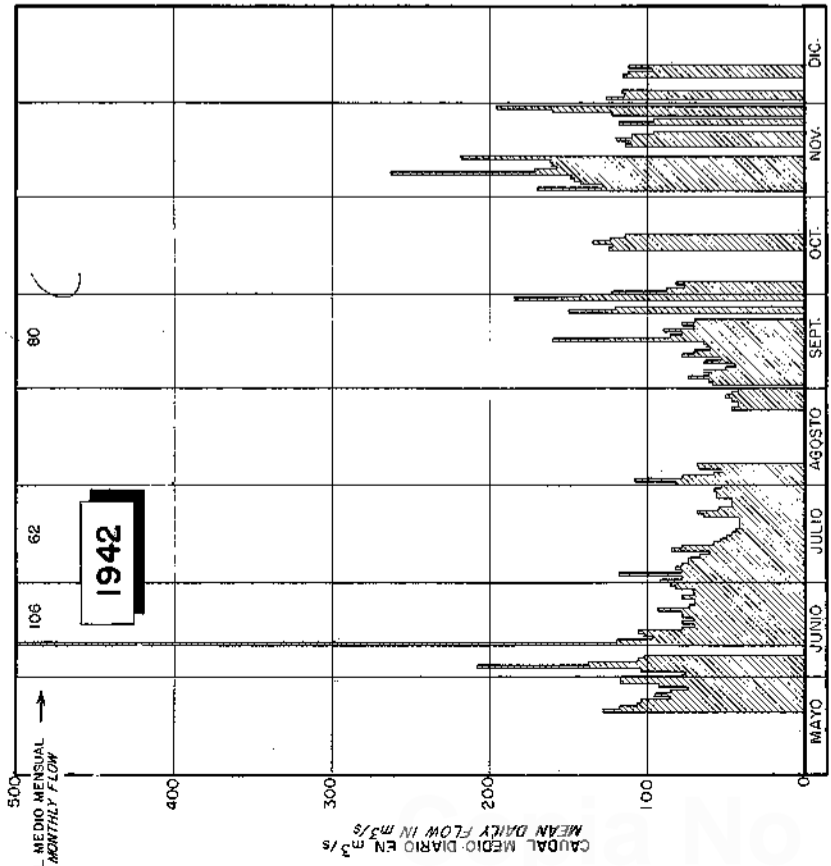


18.3 m³/s caudal medio 1946-1953
 183 m³/s Average flow 1946-1953

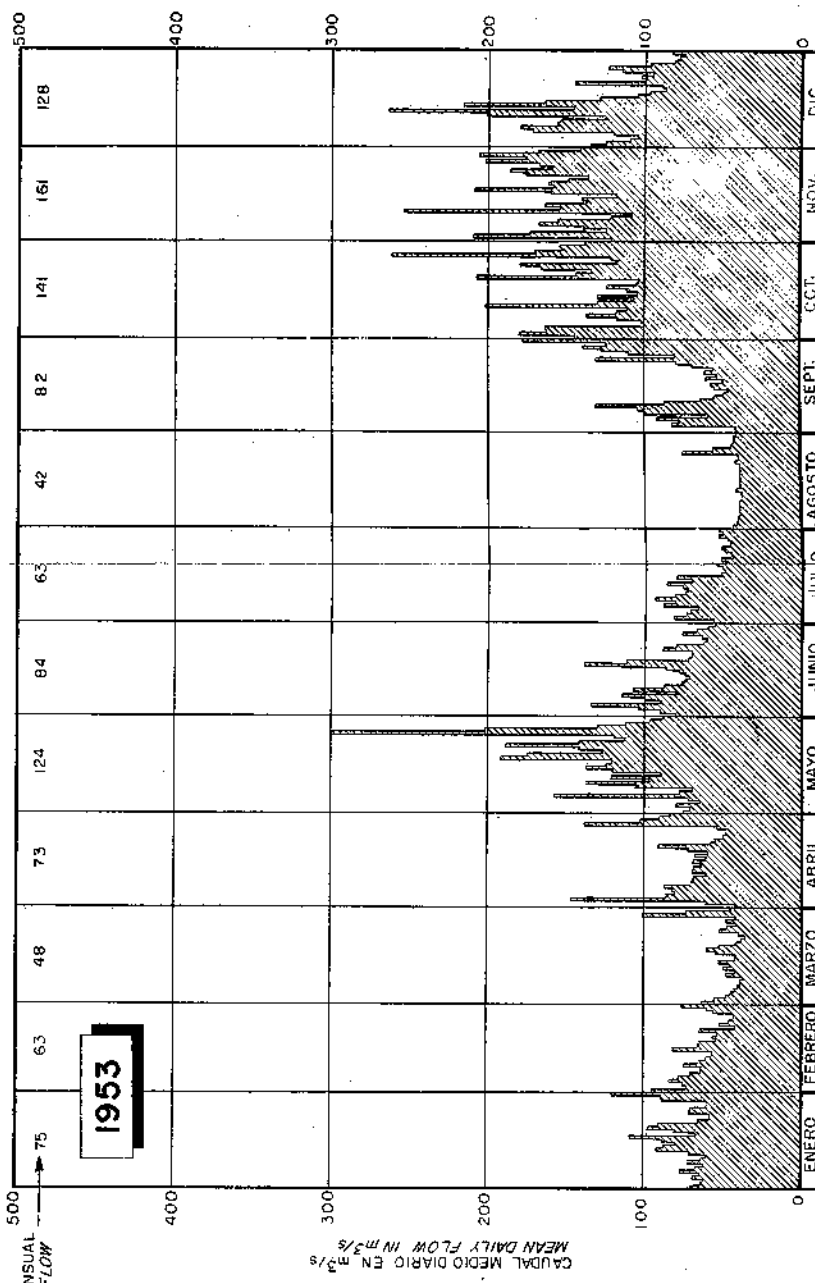
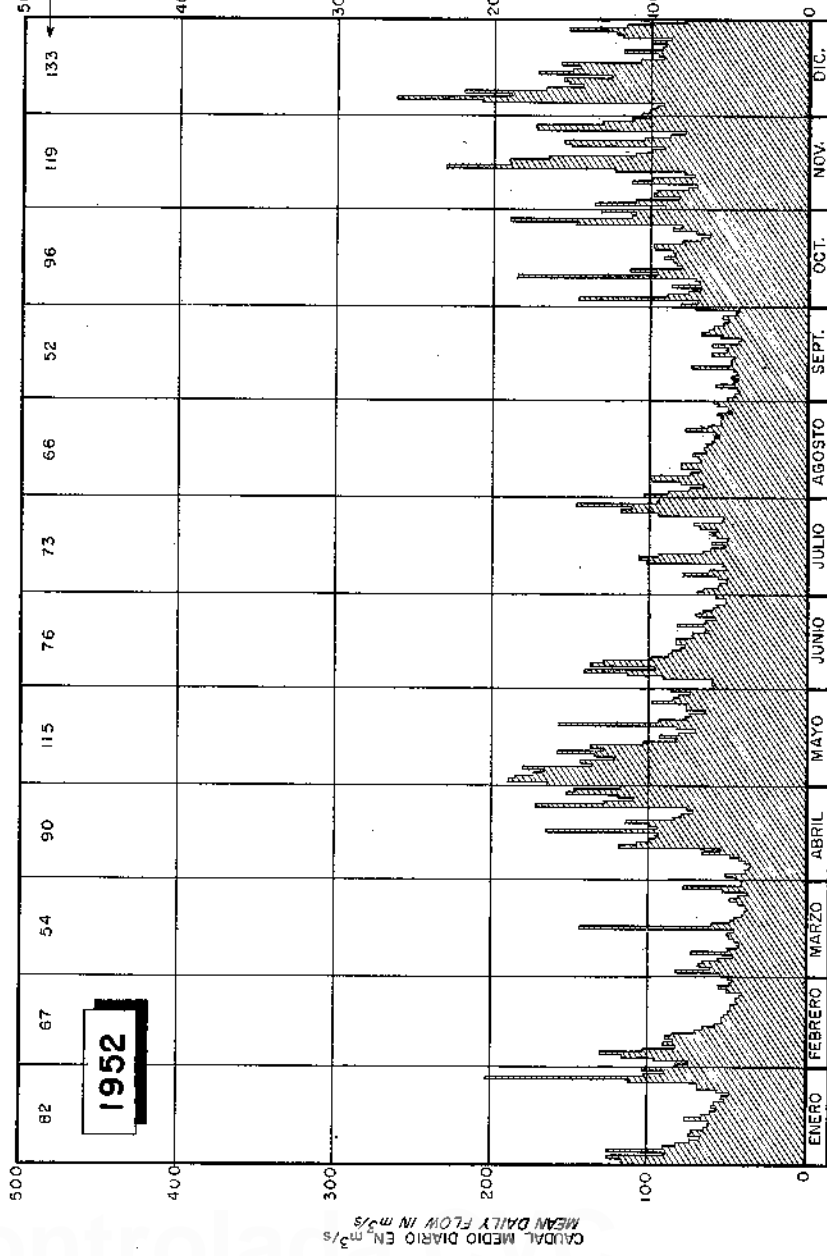
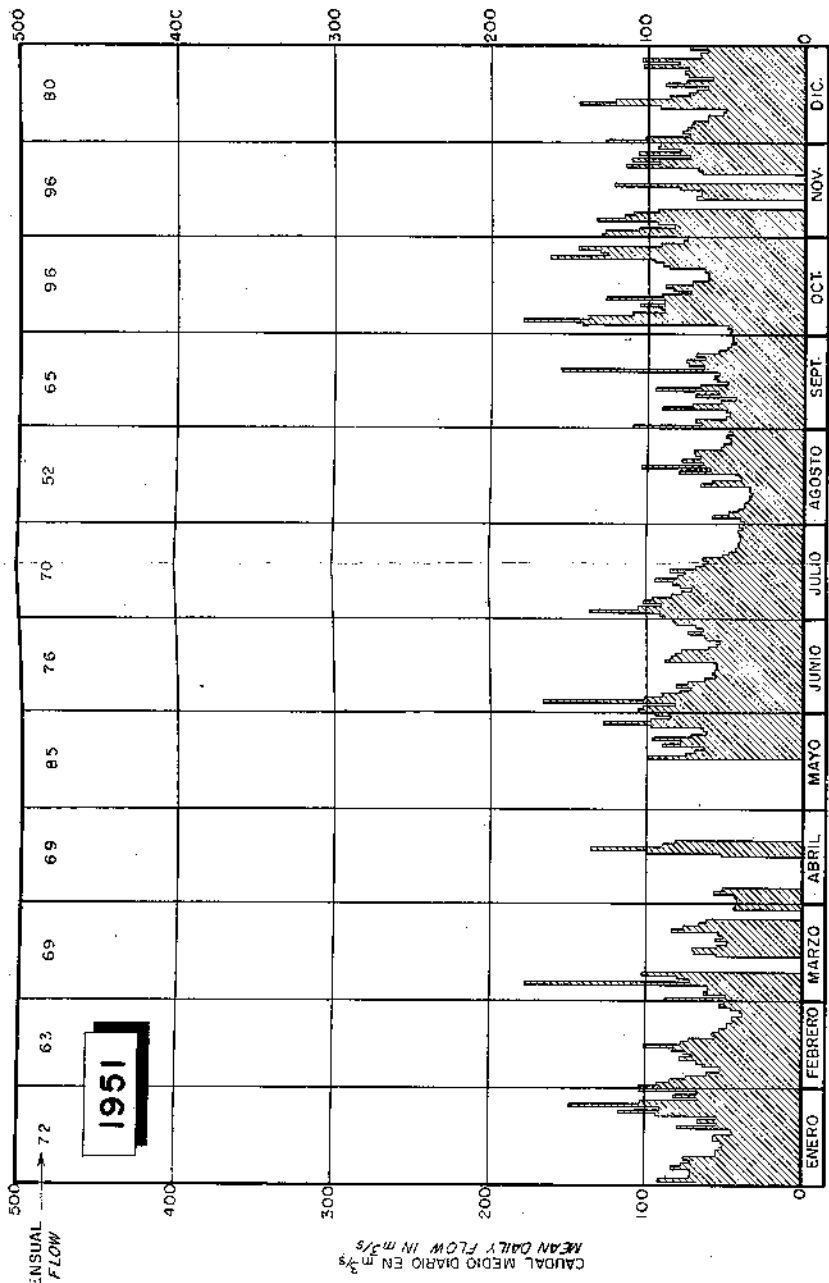
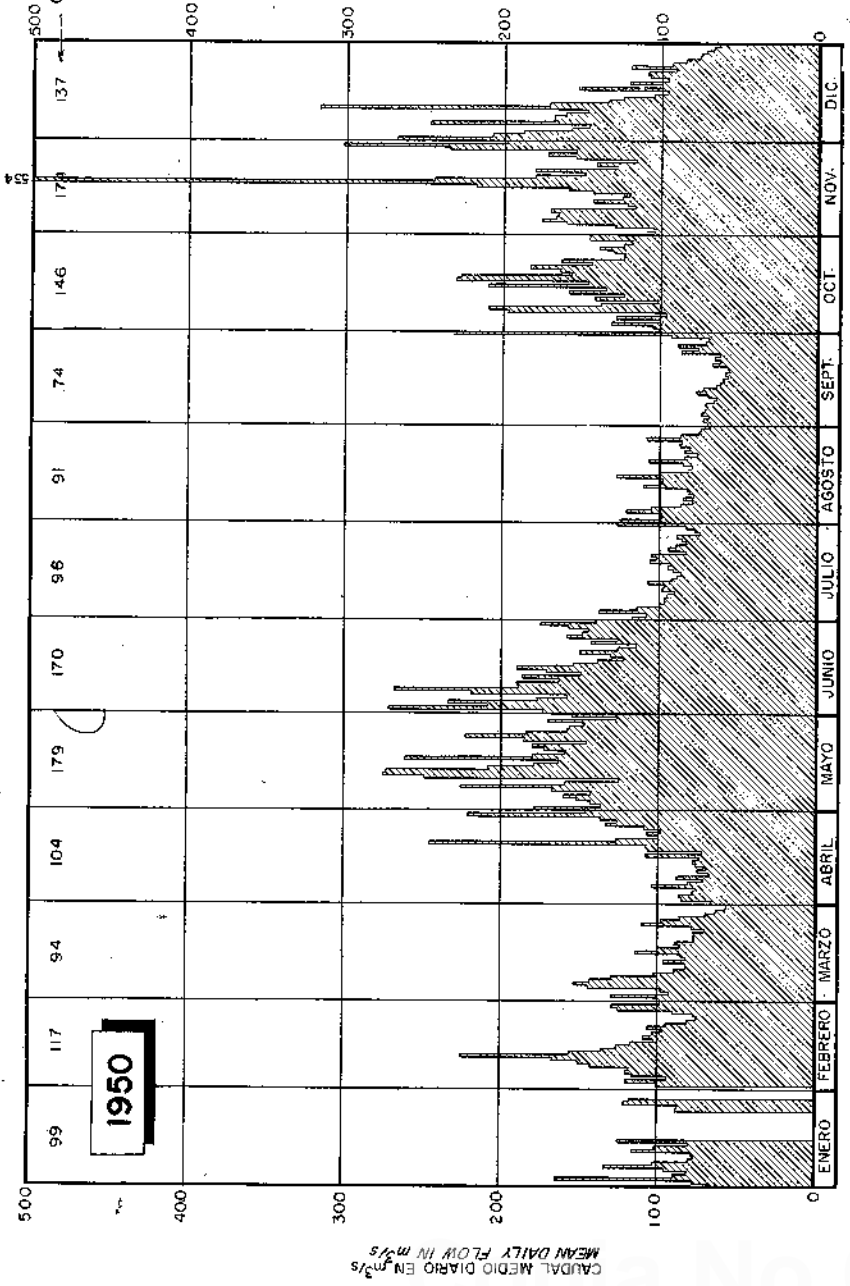
RIOS CALIMA Y BRAVO
 VOLUMEN DEL EMBALSE REQUERIDO
 CALIMA AND BRAVO RIVERS
 REQUIRED STORAGE

FIG.

B15



HIDROGRAMAS DIARIOS DEL RIO ANCHICAYA
ESTACION DE AFOROS V-10
DAILY HYDROGRAPHS OF ANCHICAYA RIVER
GAGING STATION V-10



HIDROGRAMAS DIARIOS DEL RIO ANCHICAYA

ESTACION DE AFOROS V-10

DAILY HYDROGRAPHS OF ANCHICAYA RIVER
GAGING STATION V-10

FIG.

B-17

APENDICE C

RECONOCIMIENTOS Y LEVANTAMIENTOS

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. Introducción	C - 2
2. Reconocimientos y Levantamientos Anteriores	C - 2
3. Nuevos Reconocimientos	C - 3
4. Levantamientos Topográficos en el Sitio del Embalse	C - 4
5. Levantamientos Topográficos en el Sitio de la Represa	C - 5
6. Levantamientos Topográficos entre Madroñal y Campoalegre	C - 5
7. Otros Levantamientos Topográficos	C - 5

CUADROS

C-1. Coordenadas y Cotas

LISTA DE FIGURAS

- C-1 : Reconocimiento en la Hoya del Río Calima
- C-2 : Embalse de Madroñal - Topografía General
- C-3 : Embalse de Madroñal - Topografía General
- C-4 : Embalse de Madroñal - Topografía General
- C-5 : Embalse de Madroñal - Topografía General
- C-6 : Embalse de Madroñal - Topografía General
- C-7 : Represa de Madroñal - Topografía Detallada
- C-8 : Poligonal Madroñal - Campoalegre
- C-9 : Embalse de Calima II - Topografía General

APENDICE C

LEVANTAMIENTOS Y RECONOCIMIENTOS

1. INTRODUCCION

En este Apéndice se presenta una descripción de los reconocimientos y de los levantamientos topográficos detallados efectuados para la elaboración de este Informe. También se presentan los planos topográficos generales y las coordenada y niveles de los mojones y de los puntos de las poligonales. En esta forma se podrán reconstruir estas poligonales y utilizar sus puntos como base de levantamientos adicionales que sean necesarios en los estudios detallados de la Planta.

En relación con datos topográficos anteriores sobre la hoya del Calima, puede decirse que los únicos de los cuales se tiene una información completa son los que fueron tomados en el período de 1946 a 1949 por OLAP.

Se han efectuado muchas exploraciones y reconocimientos a lo largo del Río Calima relacionados en un principio con la localización del Ferrocarril y posteriormente con la localización de la carretera Buga-Buenaventura. Además, la Compañía Colombiana de Electricidad y el Ministerio de Obras Públicas debieron hacer reconocimientos para la elaboración de los proyectos hidroeléctricos que se mencionan en otro sitio.

2. RECONOCIMIENTOS Y LEVANTAMIENTOS ANTERIORES

El primer reconocimiento del Río Calima de que se tienen datos se hizo en el mes de Abril de 1946 por cuenta de la Secretaría de Agricultura del Valle y tenía por objeto investigar las posibilidades de un embalse aguas arriba de Darién, con el propósito de regular el caudal del Río Calima y de desviarlo hacia la hoya del Río Mediacanoa. En esa época se estableció la estación de aforos V-1.

En el mes de Junio de 1948, en los estudios para el Planeamiento General de Electrificación del Valle del Cauca, los Ingenieros de OLAP exploraron el Río Calima aguas abajo hasta su confluencia con el Río Bravo. En Julio del mismo año se continuaron aguas abajo los reconocimientos del cañón del Calima y en Septiembre se hizo un reconocimiento hasta su confluencia con el Río Azul utilizando un camino y una trocha que seguía la margen izquierda del Río Calima, aguas abajo del Bravo.

Estas exploraciones dieron una idea definida del gran potencial hidroeléctrico del Río Calima y se decidió con base en ellas hacer los siguientes levantamientos topográficos:

- a. Topografía con plancheta del sitio del Embalse de Madroñal, cotas cada 16 m., a escala 1:5000. Este levantamiento se extendió hasta la cota 1390.

- b. Topografía con plancheta del sitio de la represa en escala - 1:1000 hasta la cota 1450, con curvas de nivel cada 2 metros.
- c. Poligonal de Madroñal a Campoalegre, cerca a la confluencia con el Río Bravo, con plancheta y taquímetro, siguiendo el camino alto de herraduras; se tomó topografía de algunas zonas a lo largo de la poligonal y de la ladera del río Campoalegre.

Estos reconocimientos y levantamientos preliminares sirvieron de base para el esquema de desarrollo que se presentó en el "Proyecto General de Electrificación" al Departamento del Valle en 1949.

3. NUEVOS RECONOCIMIENTOS

En los meses de Febrero, Marzo y Mayo de 1954 se hicieron nuevos reconocimientos del cañón del Calima entre la confluencia con el Bravo y la confluencia con el Azul; del Cañón del Río Azul hasta la cota 800 y del cañón del Río Bravo hasta la cota 1400. Estos reconocimientos tuvieron por objeto definir las condiciones topográficas e hidrológicas de los Ríos Bravo y Azul puesto que se pensó que el caudal del Río Bravo podría utilizarse en las Plantas de Calima I y Calima II y que el Azul podría desviarse para su utilización en Calima II y Calima III.

El reconocimiento del Cañón del Calima entre las confluencias con el Bravo y el Azul se hizo sin dificultades hasta Altaflor (véase la Fig. C-1) pero de este punto en adelante el avance se hizo con grandes dificultades pues la trocha por la orilla izquierda había desaparecido y por la orilla derecha no se logró avanzar satisfactoriamente. El hecho de que el viaje desde Campoalegre hasta la confluencia con el Río Azul tomó cuatro días, da una indicación de las dificultades presentadas por el terreno y las vías de acceso existentes.

El reconocimiento del Río Azul entre su confluencia y la cota 800 se hizo en diez días, venciendo las más grandes dificultades pues este río aparentemente no había sido explorado antes y presentaba condiciones topográficas muy desfavorables para la construcción de una trocha con los elementos limitados de que se disponía. La corta distancia explorada en esos diez días da una idea de lo difícil del terreno. En este reconocimiento, por terreno completamente despoblado y cubierto de bosques, fueron de gran utilidad las aerofotografías tomadas durante un vuelo de reconocimiento pocos días antes de la iniciación de la expedición.

El cañón del Río Bravo se visitó en dos épocas diferentes: la parte baja se visitó en el mes de Febrero y la parte alta en el mes de Mayo. Esta exploración se hizo con menos dificultades ya que la parte baja cerca a la confluencia es accesible desde Campoalegre y la parte alta está conectada con Darién por un camino de herradura satisfactorio.

La Figura C-1 muestra la ruta seguida en estas exploraciones.

Las observaciones de las condiciones geológicas, que incluyen estos reconocimientos, se presentan en el Apéndice A, Geología, a tiempo que los aforos y estimativos de caudales efectuados en ese entonces se describen en el Apéndice B, Hidrología. A continuación se da cuenta de otras informaciones obtenidas durante las exploraciones.

a. Topografía. El Valle del Río Calima entre el Bravo y el Azul tiene laderas muy abruptas especialmente en la margen derecha. Por la margen izquierda será posible la construcción de una vía de acceso hasta la confluencia con el Río Azul, aunque en esta margen las quebradas Pital y Cristalina forman cañones profundos y abruptos. El Río Azul atraviesa también un cañón muy abrupto en su parte baja, entre la Quebrada Militar y el Río Calima. El acceso en este trecho sería por la margen izquierda. La Q. Militar tiene un cañón de gran profundidad y el cauce tiene una pendiente superior al 10%. El cruce de la Q. Militar con la vía de acceso ofrecería algunas dificultades pero el trayecto es corto. De esta quebrada hacia arriba el cañón del Azul tiene pequeñas vegas seguidas por sectores muy angostos. Cualquier vía tendría que cruzar el río varias veces. Toda la zona del Azul es de gran pendiente.

El cañón del Río Bravo es menos abrupto que el del Bajo Calima y que el del Azul, pero aún así toda su hoya es bastante quebrada. Sin embargo, este río es el único en el cual se puede considerar la posibilidad de una conducción superficial.

En ninguna de las zonas visitadas existen posibilidades de embalses de almacenamiento, debido a que las laderas son muy empinadas y los ríos tienen gran pendiente.

b. Vegetación. La hoya hidrográfica del Río Calima entre la confluencia con el Bravo y la confluencia con el Río Azul, está cubierta de bosques en un 95% de su extensión.

La hoya del Río Azul parece estar cubierta de bosques en toda su extensión y está totalmente deshabitada.

La hoya del Río Bravo entre su confluencia y la elevación 1420, está cubierta de bosques en un 70% de su extensión. La hoya del mismo río arriba de la cota 1420, está cubierta de bosques y completamente deshabitada.

La hoya de la Quebrada Cristalina está cubierta de bosques en un 90% de su extensión y del sitio propuesto para su desviación en el proyecto Calima II, hacia arriba, parece estar totalmente deshabitada y cubierta por completo de bosques.

4. LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS EN EL SITIO DEL EMBALSE

En el curso de los nuevos estudios de campo se hicieron levantamientos topográficos en la zona del embalse, para completar los efectuados en 1948. Estos trabajos se extendieron hasta la cota 1450 en la parte baja del embalse y hasta la cota 1420 en el extremo superior. Los levantamientos fueron efectuados con tránsito y con plancheta y fueron controlados por poligona

les cerradas y niveladas con nivel de precisión.

Las Figuras C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6, muestran el resultado de estos levantamientos. En estas Figuras se muestran las poligonales que sirvieron de base para la extensión de los levantamientos topográficos en el sitio de la represa.

5. LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS EN EL SITIO DE LA REPRESA

En el curso de los presentes estudios se tomó de nuevo la topografía del sitio de la represa, puesto que la anterior había sido tomada con plancheta y taquímetro y se necesitaba de un levantamiento de mayor precisión para los fines de este informe. Además, la topografía existente tan sólo se extendía hasta la cota 1430 y sólo incluía el sitio considerado para la represa en la cañada del cañón.

La nueva topografía se tomó usando como base poligonales medidas con cinta y niveladas con nivel de precisión y se extendió, por una parte hasta la cota 1450 y por la otra aguas abajo hasta incluir un segundo posible sitio de represa. El resultado de los levantamientos en esta zona se presenta en la Figura C-7.

6. LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS ENTRE MADROÑAL Y CAMPOALEGRE

Se llevó a cabo un levantamiento de precisión con tránsito y cinta y nivelado con nivel de precisión, desde el sitio de la Represa de Madroñal hasta el "Puente Nuevo" sobre el Río Calima, cerca a Campoalegre. Esta poligonal siguió el camino nuevo que pasa por Las Ollas y Buenos Aires. Véase Figura C-8. (Se debe recordar que la poligonal de plancheta, que se había corrido en 1948, seguía el camino superior y pasaba por Las Delicias).

Las coordenadas y las cotas de estas poligonales y de los mojones respectivos aparecen en el Cuadro C-1.

7. OTROS LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

Para poder definir la altura de la represa de regulación para Calima II, se hizo un levantamiento topográfico preliminar de la Zona entre el "Puente Nuevo" sobre el Río Calima y la confluencia con el Río Bravo, y se siguió por este río aguas arriba hasta la cota 810. Este levantamiento se hizo con tránsito y taquímetro y se tomaron secciones con nivel Abney. En la Figura C-9 aparece el resultado de este levantamiento y la poligonal auxiliar respectiva.

CUADRO C-1

COORDENADAS Y ELEVACIONES

a) Mojoneros de levantamientos anteriores que sirvieron de referencia en los nuevos levantamientos.

MOJONES	COORDENADAS		ELEVACIONES	OBSERVACIONES
	ESTE	NORTE		
Mineconomía 378	800.049.10	1.001.303.40	1331.982	Placa metálica en anclaje izquierdo de tarabita. Estación de aforos R. Calima.
Mineconomía 377	800.044.30	1.001.343.40	1332.482	Placa metálica en anclaje derecho de tarabita. Estación de aforos R. Calima.
JE. 220	800.009.34	1.001.449.97	1333.563	Raíz de árbol, situado 40 M. Sur, estribo derecho puente Madroñal.
JE. 253	799.883.92	1.001.642.59	1354.540	Corte en tronco de árbol, de la cerca que queda 170 M. aguas abajo del Puente Madroñal.
JE. 254	799.653.50	1.001.708.80	1341.993	Árbol en camino a Campoalegre, 140 M. abajo cauce Q. Cocona.
JE. 4	799.879.79	1.001.637.26	1329.855	Piedra en camino a Campoalegre, cerca puente de Guadua, en parte baja cañón de Madroñal.
JE. 261	799.561.39	1.001.982.09	1326.798	Piedra en camino a Campoalegre, 130 M. aguas abajo puente de Guadua.
JE. 262	799.319.96	1.002.298.74	1297.168	Piedra en camino a Campoalegre, 500 M. aguas abajo del puente de Guadua.
JE. 263	798.905.12	1.002.407.88	1248.465	Estribo derecho Puente Guayacana.

CUADRO C-1 - Hoja No. 2

b) Mojoneros establecidos en los nuevos levantamientos

MOJONES	COORDENADAS		ELEVACIONES	OBSERVACIONES
	ESTE	NORTE		
CT. 1	800.162.47	1.001.475.95	1358.846	Piedra a 160 M. Este del es- tribo derecho Puente Madro- ñal.
CT. 2	799.875.28	1.001.631.33	1356.561	Corte en tronco de árbol, de la cerca que queda 170 M. aguas abajo del Puente Madro- ñal.

JE. - Levantamientos de Juan Enciso.
CT. - " de Carlos Téllez.

Todos estos mojoneros, con excepción del JE.263 aparecen localizados en la Fig. C-7.

c) Poligonal del Embalse

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
A-0	800.010.2	1.001.679.5	1356.46
A-1	088.0	820.5	1393.80
A-2	143.0	863.6	1420.79
A-3	225.4	824.2	1419.54
A-4	341.5	722.4	1424.23
A-5	468.0	770.9	1421.92
A-6	549.9	718.9	1423.72
A-7	667.9	734.7	1423.30
A-8	774.4	823.2	1426.23
A-9	885.9	933.7	1436.00
A-10	801.073.0	1.002.019.9	1438.53
A-11	342.6	019.9	1435.39
A-12	549.0	274.9	1444.94
A-13	979.0	273.6	1431.18
A-14	802.319.6	368.8	1424.38
A-15	657.0	461.9	1425.86

CUADRO C-1 - Hoja No. 3

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
A-16	803.083.6	1.002.722.8	1413.39
A-17	481.2	954.2	1433.90
A-18	848.7	1.003.136.1	1439.76
A-19	937.7	100.1	1432.09
A-20	804.038.1	158.2	1439.35
A-21	407.5	448.7	1435.80
A-22	507.1	780.1	1445.51
A-23	782.7	987.6	1430.57
A-24	805.253.3	909.7	1391.79
A-25	722.9	930.1	1394.93
A-26	747.6	1.004.034.7	1414.64
A-27	837.3	471.6	1441.15
A-28	806.197.6	836.8	1439.58
A-29	387.3	983.8	1428.24
A-32	685.0	1.005.041.0	1391.00
A-57	740.4	152.9	1394.80
A-58	750.9	272.3	1398.92
A-59	764.9	406.5	1303.04
A-60	786.1	529.5	1308.08
A-61	913.4	701.6	1311.41
A-62	807.003.7	777.5	1312.54
A-63	038.6	852.6	1316.33
A-64	077.6	947.4	1319.26
A-65	044.1	1.006.054.5	1324.79
A-66	051.5	182.3	1327.08
A-67	098.7	249.1	1332.19
A-68	171.7	360.7	1334.19
A-69	271.0	523.3	1335.49
A-70	317.0	577.8	1336.69
A-71	372.5	632.6	1337.03
A-72	427.1	686.9	1336.70
A-73	474.1	761.3	1337.33
A-74	629.9	761.5	1332.36
A-75	771.2	767.4	1428.68
A-76	906.9	775.1	1423.09
A-77	808.052.4	795.1	1415.48
A-78	223.6	850.5	1413.22
A-79	287.0	957.6	1417.25
A-80	332.2	1.007.072.6	1419.07
A-81	304.6	220.4	1424.21
A-82	391.6	345.7	1425.62
A-83	514.6	443.3	1425.06
A-84	630.8	566.1	1426.10

CUADRO C-1 - Hoja No. 4

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
A-85	808.744.8	1.007.709.3	1425.52
A-86	890.6	631.8	1418.39
A-87	809.044.5	536.0	1414.63
A-88	177.4	552.8	1412.41
A-89	333.2	676.6	1412.99
A-90	437.8	836.4	1414.44
A-91	539.6	815.7	1411.02
A-92	771.5	755.9	1407.22
A-93	941.1	703.5	1410.72
A-94	543.4	913.7	1413.03
A-95	560.7	1.008.041.4	1415.98
A-96	532.9	151.3	1419.81
A-97	523.3	269.9	1421.18
A-98	577.9	398.8	1421.48
A-99	646.3	518.7	1420.81
A-100	682.2	649.8	1418.16
A-101	733.5	805.6	1417.41
A-102	825.1	1.009.005.6	1418.75
A-103	996.2	117.2	1420.40
B-0	800.018.2	1.001.501.3	1337.75
B-1	799.865.2	491.3	1401.99
B-2	805.1	441.7	1431.12
B-3	716.2	395.2	1458.38
B-4	715.9	316.2	1458.32
B-5	750.9	128.0	1438.51
B-26	801.757.8	218.0	1412.43
B-27	802.134.5	480.3	1488.59
B-29	541.7	565.1	1428.81
B-30	838.8	606.4	1417.32
B-31	803.055.5	558.2	1441.83
B-32	468.5	792.8	1495.51
B-33	823.4	952.2	1412.82
B-34	917.7	1.002.241.2	1429.70
B-35	940.7	255.4	1428.82
B-36	804.505.3	537.1	1401.36
B-37	852.7	771.3	1426.07
B-38	805.008.5	1.003.010.0	1440.63
B-39	432.6	293.2	1424.13
B-40	590.1	231.1	1405.19
B-41	601.2	011.4	1411.57
B-42	600.2	1.002.942.4	1411.32

CUADRO C-1 - Hoja No. 5

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
B-43	805.412.2	1.002.823.4	1408.58
B-44	555.9	743.3	1413.18
B-45	719.5	771.4	1415.38
B-46	973.8	790.3	1421.30
B-47	806.070.6	911.3	1422.11
B-48	157.0	1.003.027.3	1414.36
B-49	253.1	040.8	1415.07
B-50	367.1	010.5	1414.78
B-51	514.8	1.002.968.3	1422.40
B-52	575.6	921.0	1415.20
B-53	659.3	711.1	1408.92
B-54	698.8	618.2	1410.11
B-55	781.5	358.8	1496.23
B-56	909.0	474.3	1409.25
B-57	808.159.3	1.003.994.4	1379.64
B-58	371.9	1.004.187.7	1385.83
B-59	554.1	288.0	1409.53
B-60	644.5	320.1	1413.69
B-61	765.7	357.8	1416.82
B-62	863.7	391.1	1418.81
B-63	929.9	387.6	1420.95
B-64	809.005.8	333.8	1422.22
B-65	110.4	347.6	1422.37
B-66	187.9	348.5	1420.88
B-67	369.4	441.2	1414.88
B-68	419.1	439.9	1418.98
B-69	570.9	462.3	1415.80
B-70	730.7	563.3	1418.08
B-71	805.5	681.6	1414.82
B-72	930.0	666.0	1417.15
B-73	810.188.8	573.1	1419.20
B-74	443.5	549.8	1412.12
B-75	775.5	485.5	1401.44
B-76	884.2	570.1	1396.56
B-77	773.9	699.4	1395.32
B-78	615.9	930.1	1405.75
B-79	464.1	952.6	1414.62
B-80	269.1	1.005.021.6	1421.35
B-81	132.9	059.4	1412.04
B-82	809.905.4	197.2	1409.60
B-83	720.0	124.9	1409.26
B-84	640.5	199.4	1405.99
B-85	515.1	240.6	1404.55
B-86	333.7	177.9	1400.06
B-87	121.5	358.9	1406.38

CUADRO C-1 - Hoja No. 6

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
B-88	809.202.3	1.005.554.9	1404.66
B-89	332.2	742.9	1407.55
B-90	330.5	901.9	1406.83
B-91	298.8	1.006.017.6	1405.55
B-92	304.7	135.5	1407.19
B-93	356.8	301.0	1409.64
B-94	479.3	382.9	1403.68
B-95	534.9	535.0	1401.76
B-96	554.4	739.2	1410.99
B-97	555.2	861.6	1408.09
B-98	697.7	1.007.032.7	1399.46
B-99	809.8	151.1	1400.93
B-100	855.7	273.3	1402.45
B-101	897.6	295.7	1412.25
B-102	897.4	435.6	1409.34
B-103	849.0	498.0	1404.59
B-104	853.4	585.8	1405.10
B-105	869.0	618.2	1404.81
B-106	911.5	651.4	1406.81
B-107	810.010.2	875.6	1412.71
B-108	113.8	1.008.027.7	1415.10
B-109	206.4	095.9	1417.01
B-110	265.7	164.9	1417.70
B-111	360.5	170.5	1418.28
B-112	483.7	318.4	1420.13
B-113	588.4	428.5	1423.69
B-114	729.2	572.5	1428.45
B-115	768.5	702.7	1427.35
B-116	879.2	905.3	1421.71
B-117	711.1	950.0	1425.24
B-118	603.1	948.8	1426.11
B-119	552.9	968.8	1426.60
B-120	551.4	997.8	1426.38
B-121	669.7	1.009.157.8	1423.37
B-122	485.7	220.4	1417.77
B-123	350.0	297.3	1418.97
B-124	159.4	189.5	1418.24
E-1	807.234.6	1.005.010.9	1382.45
E-2	260.1	095.0	1384.54
E-3	313.4	266.9	1387.15

CUADRO C-1 - Hoja No. 7

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
E-4	807.381.1	1.005.403.0	1388.31
E-5	493.9	507.9	1390.28
E-6	584.4	617.4	1391.90
E-7	678.5	741.7	1395.21
E-8	764.3	846.0	1398.05
E-9	860.0	996.1	1400.38
E-10	973.1	1.006.153.7	1401.85
E-11	808.030.7	313.6	1404.32
E-12	040.1	489.2	1408.83
E-13	040.2	577.2	1410.04
E-14	156.8	683.8	1409.08

d) Poligonal auxiliar en el cañón de Madroñal

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
A	799.629.3	1.001.831.3	1392.28
B	632.9	844.3	1394.63
C	640.5	881.6	1384.37
D	622.6	890.3	1378.30
E	529.3	799.6	1446.26
F	501.2	672.6	1489.00
G	531.9	647.3	1494.63
H	549.8	637.9	1491.68
I	539.8	616.1	1483.86
J	520.5	594.8	1475.05
K	482.9	469.9	1444.09
L	528.9	445.5	1416.29
LL	533.4	497.3	1388.55
M	501.9	511.9	1398.04
N	535.5	528.9	1420.48
M!	483.0	531.3	1405.32
N!	468.4	537.6	1417.97
O	541.8	485.9	1386.23
P	567.8	475.8	1381.46
Q	611.4	480.4	1371.63

CUADRO C-1 - Hoja No. 8

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
R	799.657.0	1.001.520.7	1361.99
RR	712.5	568.2	1354.89
S	727.1	573.9	1350.88
X	423.6	1.002.039.6	1412.9
Y	434.2	1.001.946.1	1446.8

e) Poligonal Madroñal - Campoalegre

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
C.T.O.	800.084.29	1.001.393.81	1343.51
1	799.979.66	490.09	1337.74
2	977.80	515.60	1338.24
3	958.09	529.03	1345.17
4	879.79	637.26	1354.48
5	806.79	617.18	1353.25
6	791.97	610.14	1351.38
7	768.65	587.36	1350.01
8	732.62	586.55	1347.17
9	749.10	605.39	1347.28
10	756.88	643.90	1343.88
11	746.26	650.01	1341.85
12	708.91	665.67	1340.55
13	674.08	687.30	1331.93
14	654.46	710.76	1340.02
15	681.78	838.76	1353.17
16	687.53	865.04	1353.34
17	684.98	878.65	1348.32
18	682.05	889.24	1343.65
19	660.71	918.46	1337.42
20	634.99	939.58	1327.71
21	597.98	958.24	1327.19
22	565.53	977.04	1326.53
23	545.58	1.002.032.25	1324.46
24	537.58	048.03	1322.00
25	531.59	082.57	1314.94

CUADRO C-1 - Hoja No. 9

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
26	799.519.97	1.002.102.10	1312.95
27	498.44	116.68	1315.56
28	453.99	155.11	1314.26
29	410.78	222.15	1307.90
30	372.11	249.36	1302.01
32	319.96	298.74	1295.72
33	265.45	363.93	1287.22
34	236.50	377.66	1287.51
35	203.31	368.13	1283.70
36	151.32	328.06	1281.17
37	128.68	328.26	1280.57
38	106.54	321.50	1279.67
39	082.89	338.51	1278.47
40	072.78	349.25	1279.20
41	068.07	359.64	1277.19
42	003.89	392.27	1265.41
43	798.966.57	386.73	1260.11
44	931.49	377.53	1253.08
45	900.86	389.36	1248.89
46	909.75	412.51	1248.19
47	881.94	424.52	1250.88
48	759.51	374.63	1240.30
49	679.61	317.71	1243.02
50	684.66	273.80	1251.79
51	679.84	255.33	1255.28
52	658.25	232.08	1266.16
53	604.92	197.69	1282.38
54	579.00	174.11	1280.47
55	542.02	190.63	1272.48
56	497.04	180.96	1257.47
57	473.11	128.29	1231.97
58	454.35	126.86	1224.56
59	448.82	112.82	1218.16
60	387.45	094.49	1214.74
61	336.47	059.74	1215.24
62	301.40	035.82	1210.88
63	235.09	1.001.987.46	1208.33
64	176.68	948.88	1205.04
65	131.07	937.55	1205.20
66	108.95	916.09	1203.39
67	080.96	912.67	1201.55
68	013.94	940.66	1216.74
69	797.996.93	937.09	1221.65

CUADRO C-1 - Hoja No. 10

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
70	797.979.06	1.001.943.22	1221.48
71	957.77	937.66	1214.27
72	944.89	970.04	1203.97
73	928.24	1.002.034.33	1187.29
74	914.65	114.65	1184.05
75	860.36	136.44	1177.25
76	796.52	145.79	1180.23
77	769.22	137.29	1178.11
78	734.41	130.86	1179.02
79	612.04	086.44	1173.61
80	506.26	061.56	1167.21
81	441.01	062.49	1162.85
82	411.72	081.71	1161.64
83	374.65	118.26	1160.18
85	316.59	145.97	1159.09
86	284.58	156.28	1160.49
87	254.25	159.49	1152.79
88	218.41	174.15	1155.47
89	196.08	175.38	1156.39
90	140.03	174.01	1153.91
91	093.55	184.81	1151.38
92	060.13	190.28	1146.02
93	014.87	178.77	1140.87
94	796.957.24	177.03	1141.28
95	886.15	173.32	1134.46
96	819.24	137.27	1128.87
97	701.37	136.89	1122.77
98	658.57	161.29	1125.57
99	609.97	177.07	1122.92
100	558.28	181.77	1116.61
101	521.86	225.61	1115.29
102	419.00	276.67	1110.65
103	398.90	301.57	1115.75
104	378.98	332.26	1116.60
105	361.63	367.44	1121.21
106	308.29	430.01	1129.55
107	312.53	449.76	1124.31
108	328.91	485.70	1121.98
109	307.56	488.55	1126.68
110	247.83	485.89	1140.46
111	166.26	484.51	1157.73
112	099.24	499.80	1162.73
113	065.01	539.20	1169.17
114	026.45	519.07	1174.75

CUADRO C-1 - Hoja No. 11

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
115	796.007.76	1.002.534.91	1178.14
116	795.992.02	552.94	1180.09
117	937.72	539.94	1187.92
118	904.06	546.84	1194.92
119	838.11	575.31	1205.02
120	805.57	560.73	1212.37
121	771.39	565.40	1221.40
122	740.94	567.09	1221.97
123	714.25	580.79	1219.21
124	689.97	542.96	1218.01
125	667.83	511.81	1221.48
126	641.09	494.23	1219.80
127	609.74	509.79	1215.94
128	572.30	536.48	1221.84
129	477.86	592.29	1232.86
130	406.25	636.95	1244.69
131	380.90	618.93	1248.94
132	367.61	621.32	1250.54
133	311.06	657.58	1257.00
134	281.17	627.37	1258.92
135	269.37	621.91	1260.26
136	247.57	624.88	1264.65
137	147.00	626.84	1270.29
138	120.93	631.60	1266.57
139	109.88	646.16	1257.08
140	096.08	665.91	1241.70
141	050.87	641.90	1246.21
142	794.953.50	684.68	1261.63
143	893.36	718.24	1263.54
144	837.94	827.01	1278.25
145	824.97	870.10	1282.24
146	718.95	880.25	1286.12
147	686.76	870.43	1296.35
148	593.60	907.66	1307.56
149	535.24	920.10	1309.32
150	519.43	948.98	1308.35
151	560.98	1.003.192.46	1290.72
152	573.81	238.71	1284.70
153	608.74	350.17	1268.37
154	610.77	381.96	1261.62
155	575.79	359.63	1251.57
156	484.98	348.61	1248.47
157	423.78	355.60	1250.40

CUADRO C-1 - Hoja No. 12

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
158	794.341.19	1.003.379.57	1246.03
159	269.11	350.20	1245.77
160	209.85	338.56	1245.75
161	161.05	272.60	1233.28
162	126.53	247.72	1225.93
163	005.68	199.34	1215.96
164	793.936.22	182.77	1203.88
165	899.53	176.97	1193.08
166	804.72	112.05	1186.68
167	789.90	068.68	1185.86
168	770.61	056.03	1188.47
169	732.71	051.54	1188.67
170	661.55	162.88	1183.46
171	635.10	209.09	1192.28
172	615.57	256.43	1190.91
173	457.69	223.88	1199.48
174	369.53	283.87	1210.79
175	328.06	287.85	1210.41
176	310.20	295.68	1204.55
177	298.14	348.19	1194.09
178	291.29	484.12	1170.66
179	242.34	560.71	1157.96
180	161.81	690.59	1135.14
181	792.895.09	688.88	1092.79
182	853.05	614.21	1071.46
183	914.32	555.76	1060.12
184	879.74	521.18	1038.42
185	840.36	540.16	1023.92
186	816.89	525.63	1017.63
187	835.79	485.34	997.82
188	814.62	469.02	986.80
189	835.05	452.41	977.17
190	818.37	364.99	955.36
191	826.40	343.62	947.76
192	797.58	359.69	941.78
193	801.03	317.45	928.08
194	778.20	326.47	919.40
195	773.37	305.48	912.18
196	737.72	289.92	894.76
197	720.13	281.78	881.94
198	681.12	292.65	853.13
199	650.14	262.72	837.96
200	677.99	207.99	823.92

CUADRO C-1 - Hoja No. 13

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
201	792.639.97	1.003.220.59	819.20
202	624.05	255.98	819.77
203	606.65	307.10	819.62
204	602.36	340.86	818.80
205	592.53	404.84	811.19
206	553.34	389.46	810.78
207	538.11	437.08	809.07
208	486.76	475.71	806.27
209	434.08	503.23	796.53
210	382.94	507.51	799.45
211	337.17	506.40	794.89
212	268.45	508.34	795.11
213	194.05	500.15	789.31
214	172.20	498.62	785.24
215	118.85	503.08	781.46
216	088.86	525.09	780.00
217	070.11	573.84	783.82
218	049.56	600.99	782.60
219	037.99	618.28	775.05
220	039.67	656.03	777.51
221	002.25	713.55	775.09
222	791.973.87	746.06	773.29
223	962.52	807.72	766.49
224	956.17	819.67	765.54
225	932.79	838.44	766.38
226	917.34	853.39	764.28
227	872.63	868.77	761.86
228	861.24	875.77	757.19

El punto 228 es el último de la poligonal Madroñal-Campoalegre. Quedó localizado al nivel del agua, sobre la orilla izquierda del Río Calima.-

CUADRO C-1 - Hoja No. 14

f) Poligonal de Río Bravo

PUNTOS	C O O R D E N A D A S		ELEVACIONES
	ESTE	NORTE	
221B	792.136.93	1.003.712.56	778.75
222B	175.50	764.93	786.68
223B	331.35	941.39	789.63
224B	369.41	966.27	790.76
225B	736.69	1.004.012.99	807.10
226B	722.37	043.52	808.74
227B	864.87	114.52	815.41
228B	839.65	192.53	816.25

El punto 228B es el último de la poligonal de Río Bravo. Quedó localizado al nivel del agua, en la margen derecha del Río Bravo.

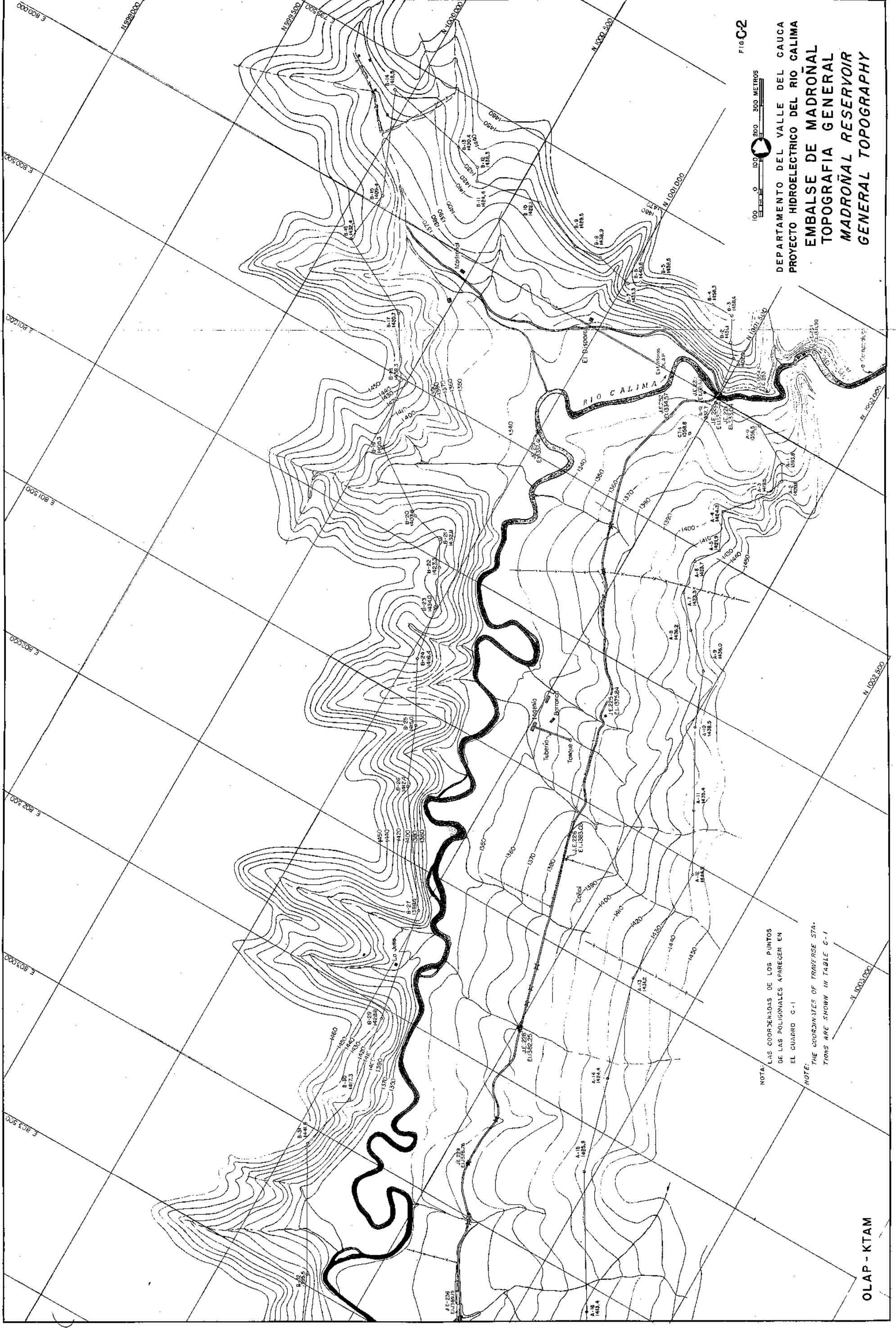


FIG C-2



DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
EMBALSE DE MADRONAL
 TOPOGRAFIA GENERAL
MADRONAL RESERVOIR
 GENERAL TOPOGRAPHY

NOTA: LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE LAS POLIGONALES APARECEN EN EL CUADRO C-1

NOTE: THE COORDINATES OF TRAVERSE STATIONS ARE SHOWN IN TABLE C-1

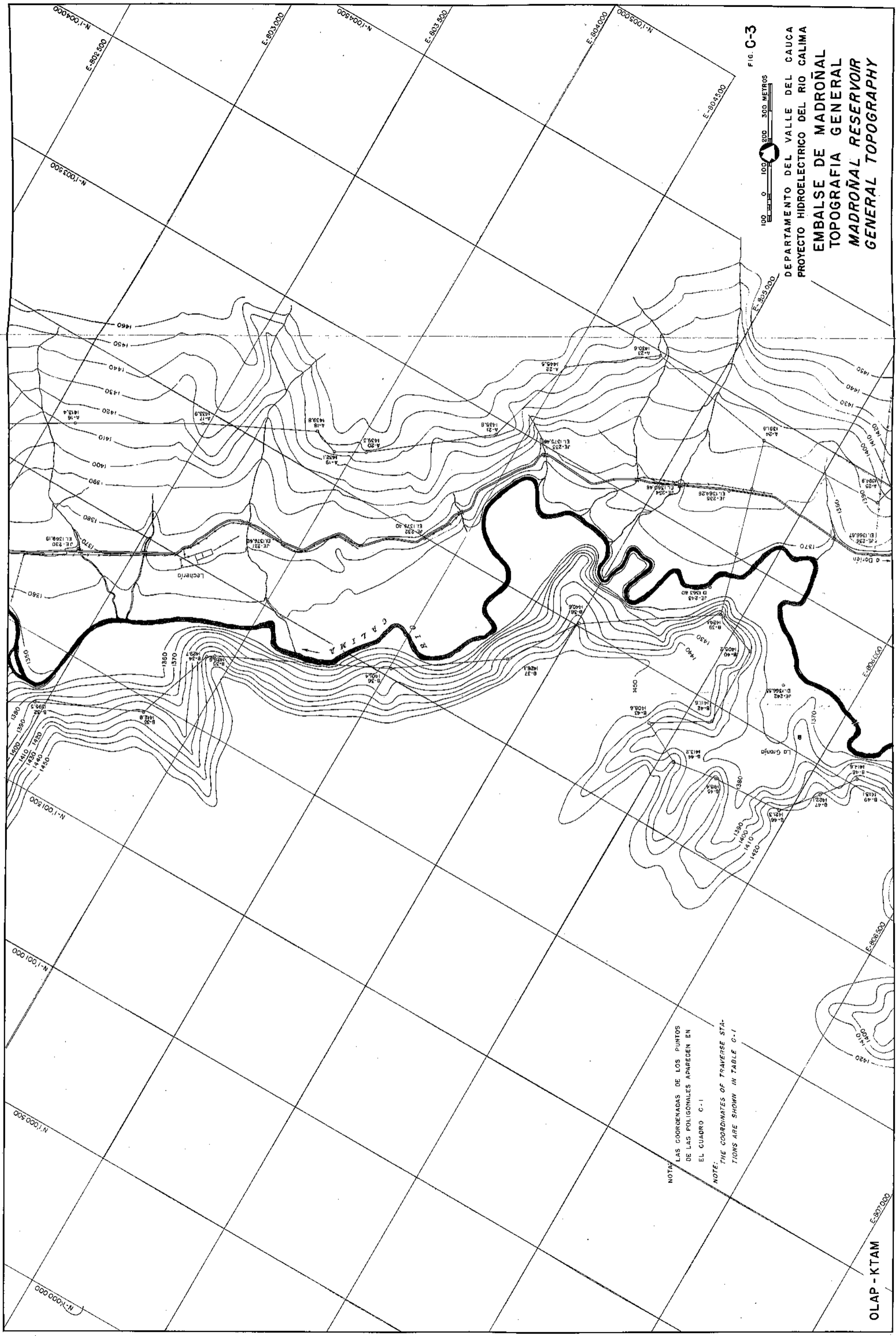


FIG. C-3



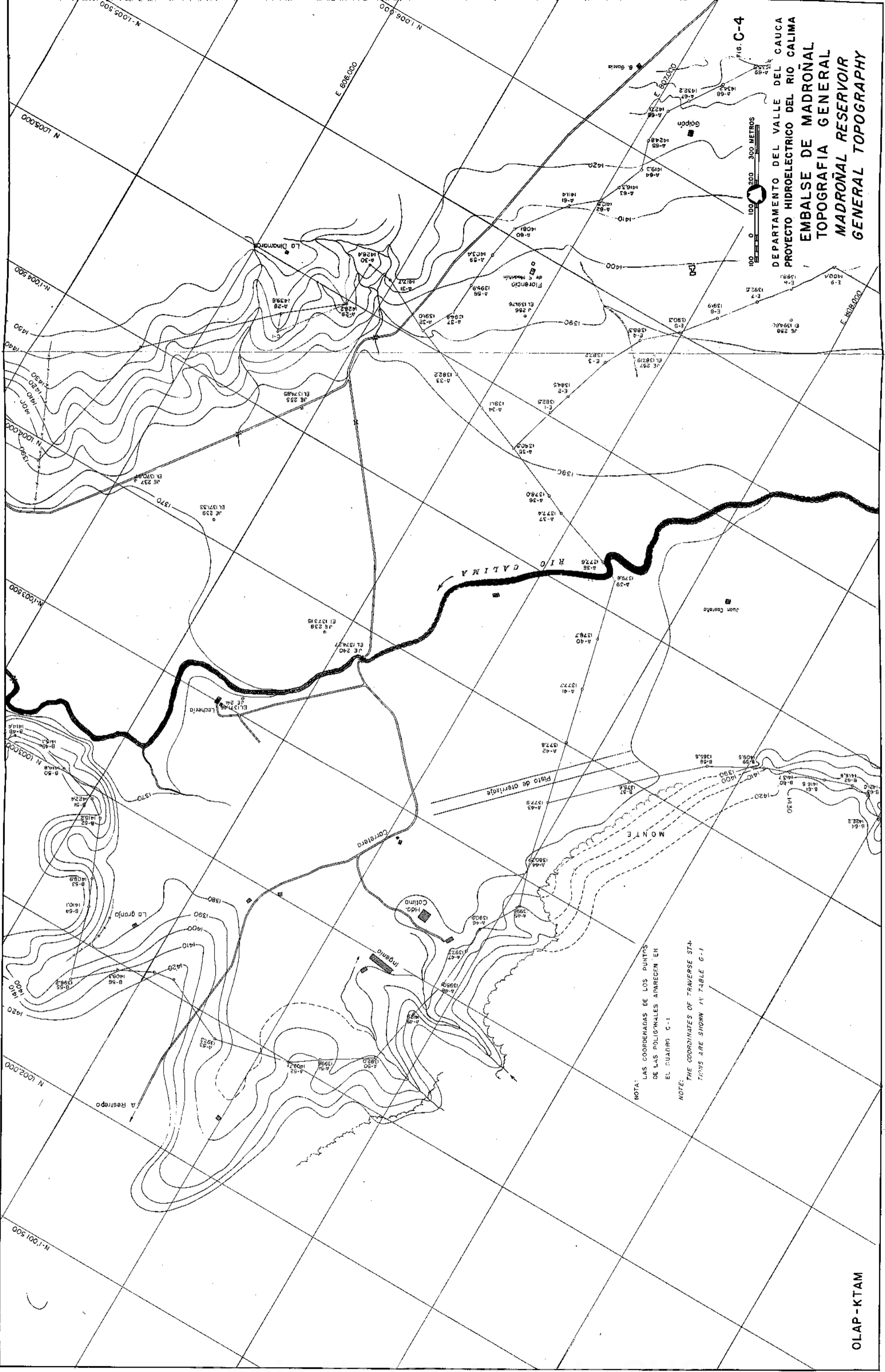
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
EMBALSE DE MADROÑAL
TOPOGRAFIA GENERAL
MADROÑAL RESEVOIR
GENERAL TOPOGRAPHY

NOTA:
 LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS
 DE LAS POLIGONALES APARECEN EN
 EL CUADRO C-1

NOTE:
 THE COORDINATES OF TRAVERSE STA-
 TIONS ARE SHOWN IN TABLE C-1

FIG. C-4

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
EMBALSE DE MADRONAL
TOPOGRAFIA GENERAL
MADRONAL RESERVOIR
GENERAL TOPOGRAPHY



NOTA:
LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS
DE LAS POLIGONALES APARECEN EN
EL CUADRO C-1

NOTE:
THE COORDINATES OF TRAVERSE STA-
TIONS ARE SHOWN IN TABLE C-1

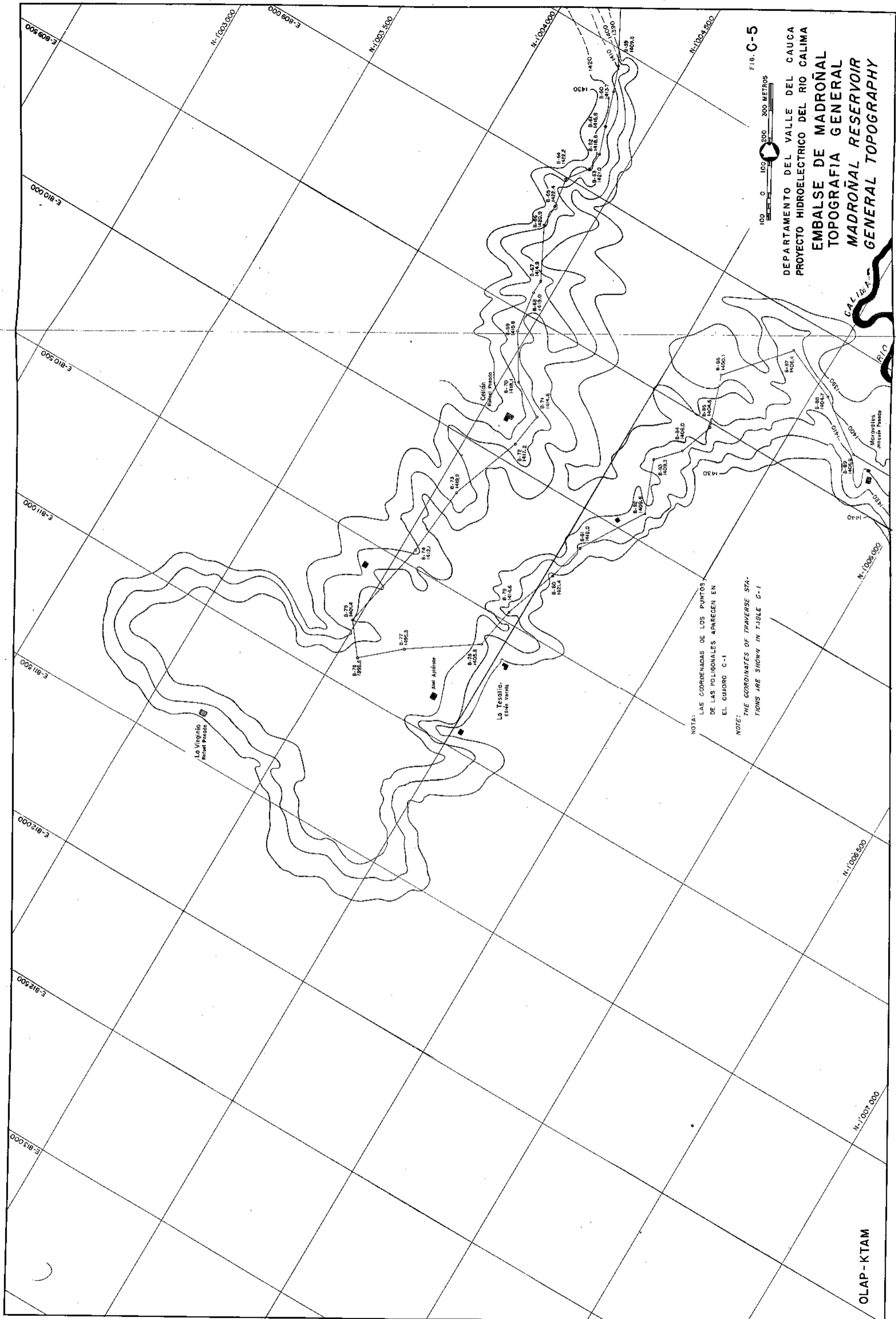


FIG. C-5

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
EMBALSE DE MADROÑAL
 TOPOGRAFIA GENERAL
MADROÑAL RESERVOIR
 GENERAL TOPOGRAPHY



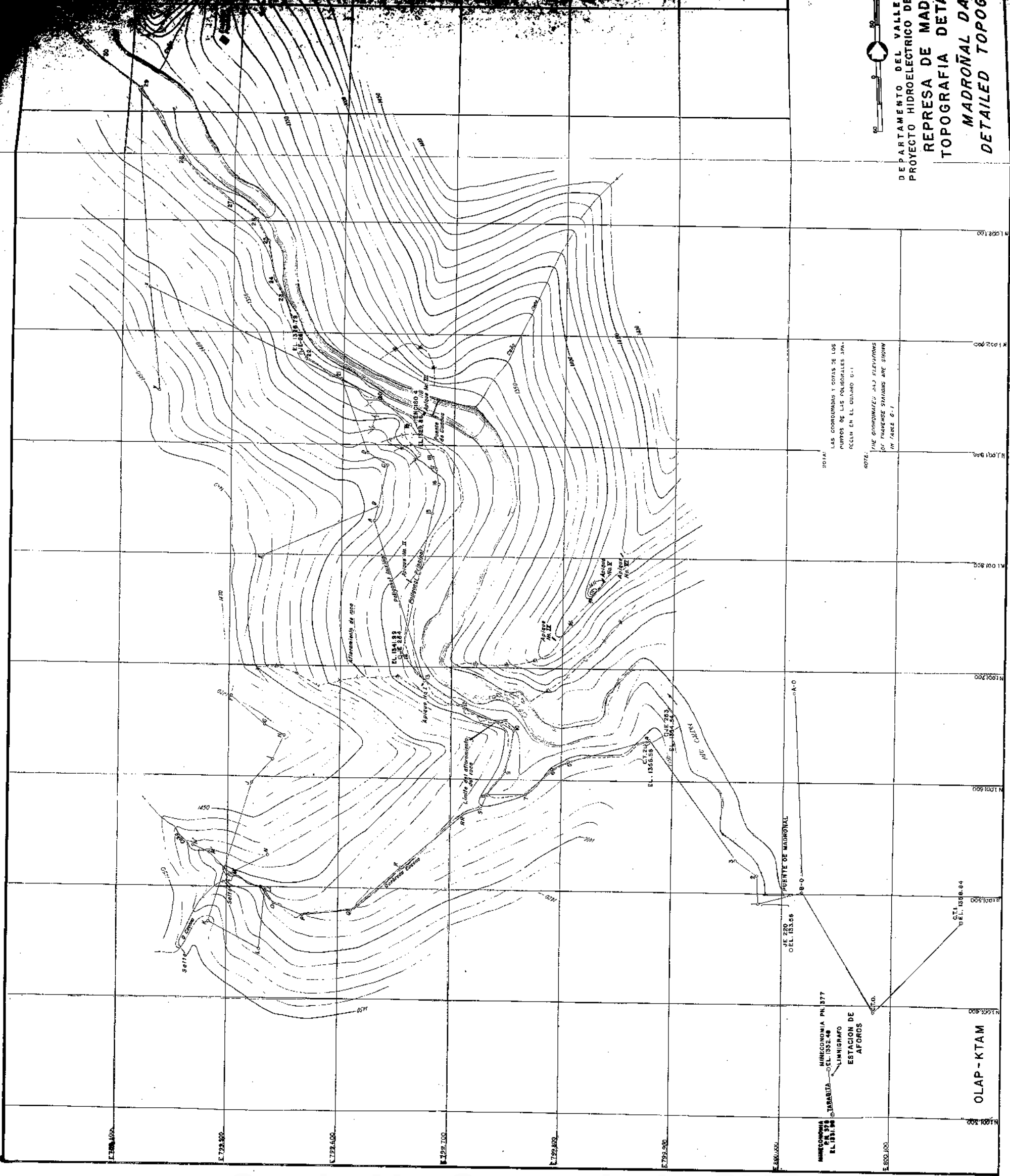
NOTA:
 LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS
 DE LAS POLIGONALES APARECEN EN
 EL CUADRO C-1

NOTE:
 THE COORDINATES OF TRAVERSE STA-
 TIONS ARE SHOWN IN TABLE C-1

OLAP-KTAM



DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO
REPRESA DE MADRONAL
 TOPOGRAFIA DETALLADA
MADRONAL DAM
 DETAILED TOPOGRAPHY



NOTA: LAS COORDENADAS Y CORTES DE LOS
 PUNTOS DE LAS POLIGONALES APRI-
 REGLEN EN EL CUADRO G-1

NOTE: THE COORDINATES AND ELEVATIONS
 OF TRIANGULAR STATIONS ARE SHOWN
 IN TABLE G-1

MINECONOMIA
 P.N. 377
 EL. 1344.54
 TABABITA

MINECONOMIA P.N. 377
 EL. 1332.49
 LINNIGRATO

ESTACION DE
 AFOROS

OLAP-KTAM

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

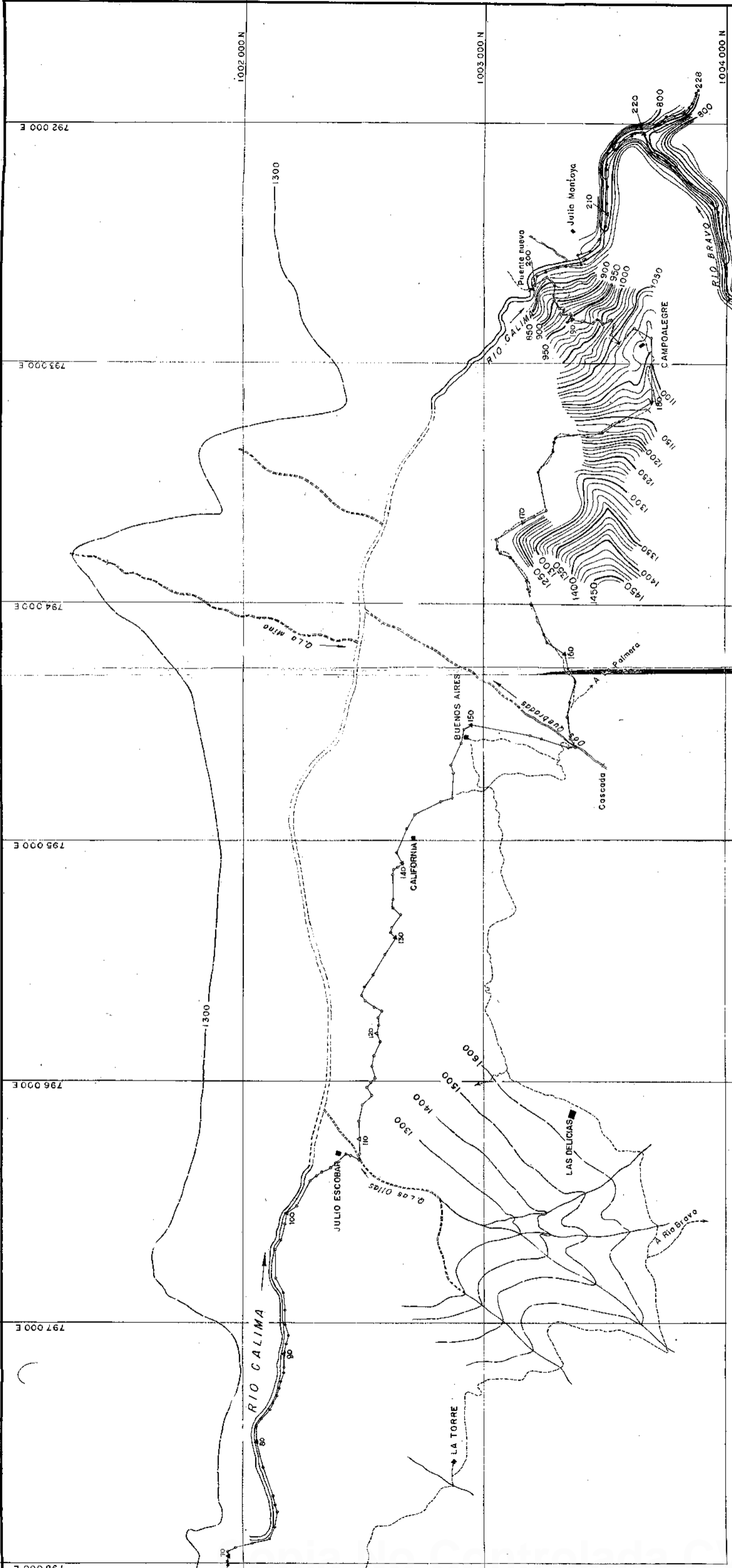
8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

8000.000

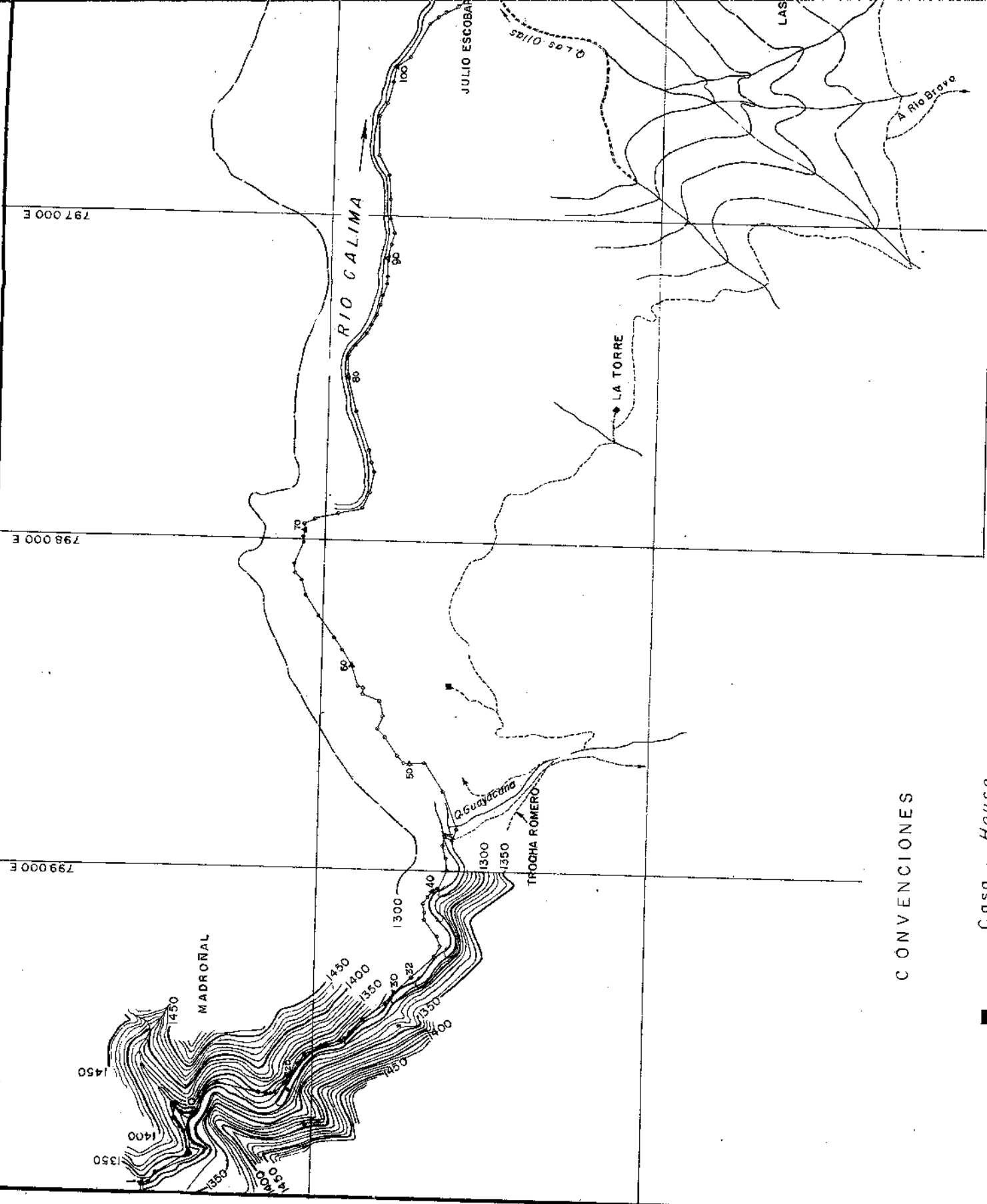


NOTA:
 LAS COORDENADAS Y COTA DE LOS
 PUNTOS DE LAS POLIGONALES APA-
 RECEN EN EL CUADRO C-1

NOTE:
 THE COORDINATES AND ELEVATIONS
 OF TRAVERSE STATIONS ARE SHOWN
 IN TABLE C-1

FIG. C-8
 0 0.1 1.0 KM.

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
 POLIGONAL MADRONAL CAMPOALEGRE
 MADRONAL-CAMPOALEGRE TRAVERSE



CONVENCIONES

■ Casa — House

--- Camino — Path

||| Puente — Bridge

~ Rios y quebradas

~ Rivers and creeks

~ curso incierto
approximate location

OLAP - KTAM

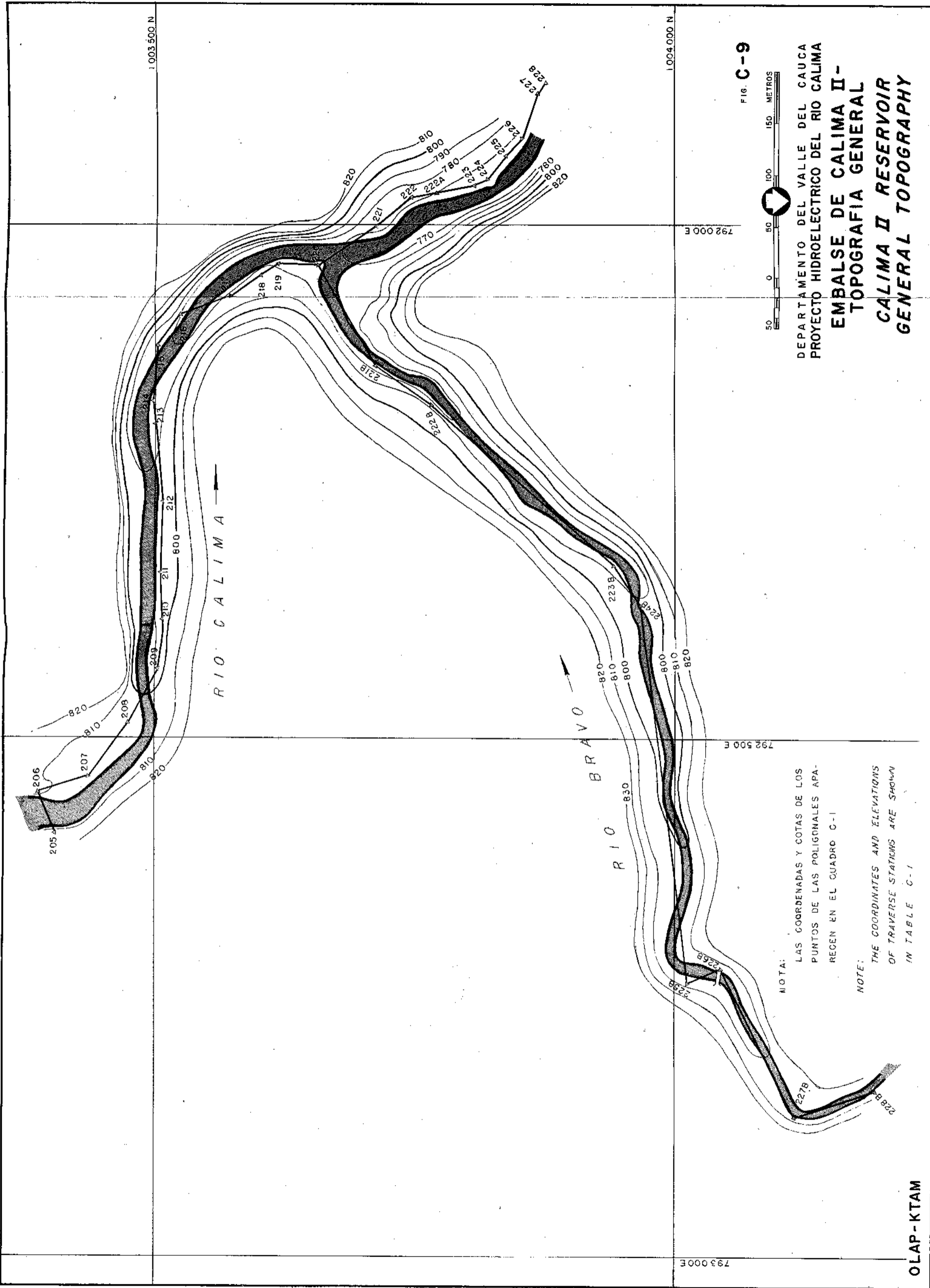


FIG. C-9

DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA
 PROYECTO HIDROELECTRICO DEL RIO CALIMA
**EMBALSE DE CALIMA II -
 TOPOGRAFIA GENERAL**
**CALIMA II RESERVOIR
 GENERAL TOPOGRAPHY**



RIO CALIMA

RIO BRAVO

NOTA:
 LAS COORDENADAS Y COTAS DE LOS
 PUNTOS DE LAS POLIGONALES APA-
 REGEN EN EL CUADRO C-1

NOTE:
 THE COORDINATES AND ELEVATIONS
 OF TRAVERSE STATIONS ARE SHOWN
 IN TABLE C-1

OLAP-KTAM

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
DOCUMENTACION Y BIBLIOTECA



El préstamo vence en la fecha del último sello

Con la entrega oportuna de este libro,

Usted nos ayuda a prestar un mejor servicio.

25 FEB. 2000

27 JUN. 2000

13 OCT. 2000

22 NOV. 1999

13 OCT. 1997

7 MAR. 1997

7 NOV. 1997

OIAP-KITAM
Proyecto hidroeléctrico del
río Calima



621.312
C718b

VENCE	NOMBRE DEL LECTOR
22 NOV. 1999	<i>[Handwritten signature]</i>

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL
DEL VALLE DEL CAUCA
CEID



621.312
C718b