



Instituto Colombiano de Energía Eléctrica



Electrificadora de Boyacá S.A.

355  
(351-355)

APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO  
DEL RIO CUSIANA

ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD

RESUMEN

ESTUDIO FINANCIADO POR

- FONADE -

FONDO NACIONAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO

BOGOTÁ - AGOSTO DE 1982

333.714  
I a  
1982

**SODEIC LTDA**

INGENIEROS CONSULTORES E INTERVENTORES



Instituto Colombiano de Energía Eléctrica

Electrificadora de Boyacá S.A.



APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO  
DEL RIO CUSIANA

ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD

RESUMEN

ESTUDIO FINANCIADO POR

- FONADE -

FONDO NACIONAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO

BOGOTÁ - AGOSTO DE 1982

SODEIC LTDA  
INGENIEROS CONSULTORES E INTERVENTORES

## I N D I C E

	PAG.
OBJETO DEL ESTUDIO	i
1. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS PROYECTOS	i
2. CARACTERISTICAS BASICAS DEL AREA	iv
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	vii

### FIGURAS

- No. 1-1. LOCALIZACION GENERAL
- 2-1. LOCALIZACION DE LOS PROYECTOS
- . LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DE LOS PROYECTOS

TABLA No. 2-1. CARACTERISTICAS BASICAS DE LOS PROYECTOS

## RESUMEN Y DESCRIPCION DEL PROYECTO

### OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto del presente estudio es el aprovechamiento hidroeléctrico de las corrientes de la Hoya del Río Cusiana, y corresponde a la Etapa A, la cual contempló dos fases:

Fase 1. Identificación y evaluación de los posibles aprovechamientos hidroeléctricos más atractivos dentro de la Hoya del Río Cusiana.

Fase 2. Estudios de Prefactibilidad de los aprovechamientos seleccionados en la fase 1, e incluyen los siguientes aspectos :

- . Hidrometeorología y Sedimentos
- . Geodesia y Topografía
- . Geología, Suelos, materiales de construcción y sismología
- . Esquemas Preliminares
- . Estudios de Generación
- . Estudios Ecológicos y Socio-Económicos
- . Estudios de infraestructura
- . Programas de Construcción

### 1. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS PROYECTOS

Los proyectos que resultaron más atractivos se ilustran en el esquema adjunto, y son los siguientes :

#### - PRESA DE EMBALSE DE TOQUILLA

Con el propósito de regular el caudal se ha proyectado una presa de embalse en el área de Toquilla para un embalse del orden de  $120 \times 10^6 \text{ m}^3$ ,

provista de un vertedero de azud con tres compuertas radiales y una des-  
carga regulada de fondo .

- PROYECTO GUSPAQUIRA

Consta de una presa-vertedero de derivación localizada en el lecho del  
Río Cusiana túnel de conducción de 8.550m de longitud y 2.5m de diámetro,  
almenara y tubería de presión de 1.130m y 1.8m de diámetro. Casa de má-  
quinas superficial con dos turbinas Pelton con capacidad instalada de --  
73.4 MW.

- PROYECTO RANCHERIA

Está constituido por una presa de derivación, túnel de conducción de --  
820m y 2.6m de diámetro, almenara y tubería de presión de 1.620m de lon-  
gitud y 2.1m de diámetro. La casa de máquinas superficial y alojará dos  
turbinas Pelton para una capacidad instalada de 94.6 MW.

- PROYECTO CANDELAS

Consiste de una presa de derivación con vertedero localizada aguas aba-  
jo del Salto de Candelas, túnel de conducción de 10.650m de longitud y  
2.9m de diámetro, por el cual se desvía el Río Cusiana al Río Charte --  
afluente del Río Cusiana, almenara y tubería de presión de 1.600m de --  
longitud y 2.5m de diámetro, casa de máquinas superficial con dos turb-  
nas Pelton y capacidad de 84.5 MW.

- PROYECTO SABANALARGA

Al igual que los tres anteriores consta de una pequeña presa-vertedero  
localizada en el Río Charte, túnel de conducción de 7.125m de longitud  
y 3.2m de diámetro, almenara y tubería de presión de 2.420m de longitud  
y 2.8m de diámetro. La casa de máquinas es del tipo superficial con dos  
turbinas Pelton y capacidad instalada de 144.2 MW.

## - PROYECTO CHAMEZA

En las cercanías de la confluencia de los Ríos Tonce y Sunce con el Salinero, afluentes del Río Cusiana, se ha localizado una presa de enrocado cuya altura máxima será de 165m para embalsar cerca de  $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ , estará provista de un vertedero de azud con compuertas radiales, tendrá una estructura de captación y un túnel de conducción de 5.900m de longitud y 3.4m de diámetro, almenara y tubería de presión de 940m de longitud y 2.8m de diámetro, casa de máquinas superficial con dos turbinas - Francis y capacidad instalada de 96.1 MW.

## - PROYECTO BOCAS DEL SALINERO

Inmediatamente aguas abajo de la desembocadura del Río Salinero al Río Cusiana se ha proyectado una presa de embalse con altura máxima de 153m, para una capacidad de almacenamiento total de  $252 \times 10^6 \text{ m}^3$  contará con un vertedero tipo azud con compuertas radiales, tendrá una captación seguida de un túnel de conducción de 1.700m y 5.6m de diámetro y una tubería de presión de 470m y 4.5m de diámetro.

La casa de máquinas sería superficial con dos unidades Francis y 133.9 MW de capacidad.

## 2. CARACTERISTICAS BASICAS DEL AREA

### LOCALIZACION

La zona de los proyectos está ubicada en el Departamento de Boyacá y en la intendencia de Casanare, entre los 4° 30' y 5° 40' de latitud norte entre los 71° 50' y 72° 55' de longitud oeste. La cuenca hidrográfica del Río Cusiana está situada en la vertiente oriental de la cordillera oriental y es uno de los afluentes del Río Meta. En la figura 1-1 se ilustra la localización en la región y en el territorio Colombiano.

### TOPOGRAFIA Y VEGETACION

Podemos distinguir cuatro sectores :

- 1er. Sector. Entre los 3.700 m.s.n.m, Páramo de la Sarna y los 2.700 m.s.n.m., con terrenos ondulados y pendientes relativamente suaves; con vegetación de páramo predominio de rastrojo, gramíneas, musgo, fraylejón y algunas zonas con pastos y pequeños cultivos de papa.
- 2do. Sector. De 2.700 a 800 m.s.n.m, con fuertes pendientes y terrenos escarpados.  
Rastrojos altos y bosques naturales, pastos, cultivos de café, caña y maíz.
- 3er. Sector. De 800 a 400 m.s.n.m, terrenos montañosos con pendientes medias y suaves.  
Rastrojo alto y bosques nativos entresacados, pastos naturales y cultivos de café, caña, maíz, huertas.
- 4to. Sector. Por debajo de los 400 m.s.n.m, en el piedemonte y comienzo de los llanos, caracterizados por terrenos planos.

Con predominio de rastrojos, pastos naturales y cultivos de arroz, pastos artificiales.

### PRECIPITACION

En la zona montañosa alta por encima de 2.700 m.s.n.m, la precipitación anual está entre 1000 y 2000 mm.

En la zona intermedia entre 2.700 y 400 m.s.n.m, la precipitación media anual fluctúa entre 2000 y 5000 mm.

En la zona baja por debajo de los 400 m.s.n.m, la precipitación es de 2000mm por año y va disminuyendo gradualmente con la altitud.

### GEOLOGIA

En el área afloran rocas sedimentarias de edad cretácea y terciaria; las cretáceas tienen un mayor grado de litificación y son de origen marino, mientras que las rocas terciarias son continentales y están medianamente consolidadas. Estas rocas están cubiertas por depósitos cuaternarios no consolidados. En la zona noroeste predominan los depósitos glaciares y fluvioglaciares mientras que al Sur este se presentan terrazas, llanuras aluviales y depósitos de detritos.

Las estructuras en el área están representadas por pliegues anticlinales y sinclinales con rumbo noreste y fallas inversas.

### LITOLOGIA

En el área de los proyectos, las rocas cretácicas y terciarias se componen de areniscas y lutitas. Se observan no solamente estratos de grandes espesores de areniscas y lutitas, sino también estratificaciones alternadas de los dos.

## MORFOLOGIA Y APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO

Desde el punto de vista del aprovechamiento hidroeléctrico y teniendo en cuenta la morfología del terreno podemos distinguir tres zonas y su aptitud natural es la siguiente :

- La parte alta de la cuenca es apta para localizar embalses
- La parte media es propia para localizar conducciones en túnel sin posibilidades de embalses pero con caídas considerables.
- En la parte inferior de la cuenca es posible ubicar embalses y conducciones de mediana longitud, las caídas no son apreciables pero los caudales ya son considerables.

De acuerdo con estas condiciones lo más aconsejable resulta construir un embalse regulador en Toquilla y desarrollar en primera instancia el proyecto Ranchería para continuar en etapas posteriores el desarrollo de la cascada de acuerdo con la demanda. Es necesario en la etapa de factibilidad estudiar y optimizar la operación combinada de las plantas con el fin de aumentar la energía firme del sistema.

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1 CONCLUSIONES

Como resultado del estudio de Prefactibilidad del aprovechamiento hidroeléctrico del Río Cusiana vale destacar algunos aspectos relevantes :

- El conjunto de proyectos más atractivo está constituido por la presa de embalse en Toquilla y los desarrollos de Guspaquirá, Rancherfa, Candelas y Sabanalarga. Este conjunto tendrá una capacidad instalada de 393.2 MW, la energía firme llegaría a 1.327 GWH/Año para un costo total 251.7 millones de dólares con costos unitarios muy favorables :  
U.S.\$ 643/KW instalado  
U.S.\$ 0.019/KW-H generado

Si distribuimos el costo de la Presa de Toquilla, U.S.\$ 39.2 millones, entre los cuatro proyectos de la cascada tendríamos las siguientes cifras :

<u>Proyecto</u>	<u>Capacidad Instalable</u>	<u>Costo millones US\$</u>	<u>COSTOS US\$/KW</u>	<u>UNITARIOS US\$/KW-H</u>
Guspaquirá	73.4	44.7	615	0.025
Rancherfa	92.8	50.0	539	0.021
Candelas	83.9	78.5	936	0.028
Sabalarga	143.8	79.4	552	0.018

De acuerdo con estas cifras convendría construir en primer término la Presa de embalse en Toquilla a continuación el proyecto Rancherfa y luego el Proyecto Guspaquirá con lo cual tendríamos una capacidad instalable de 167 MW, energía firme de 666 GWH/Año para una inversión de U.S.\$ 114.5 millones y los costos unitarios serían de U.S.\$ 687.6/KW -

instalado y de U.S.\$ 0.019 / KWH generado.

### 3.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un levantamiento aerofotogramétrico, fotos en escala 1:20.000, que continúe la banda existente Aguazul-Pajarito, hasta Toquilla con la adición de una banda o corredor a lo largo del río Salinero desde Chámeza hasta su desembocadura en el río Cusiana.
- Establecer redes de triangulación geodésica de control que permitan definir la localización futura de las obras. Estas triangulaciones deben realizarse en los ejes San Benito-Recetor y San Benito-Chámeza.
- Realizar restituciones de las zonas de presa y casas de máquinas de los proyectos de la alternativa recomendada en escala 1:2.000 con curvas de nivel cada 2m.
- Realizar una red de triangulaciones geodésicas mediante la cual se asignen tres coordenadas a puntos de interés en la zona de ejes de estructuras principales.
- Para la etapa de factibilidad se recomiendan investigaciones en cuanto a geología, geotecnia y materiales de construcción :

Excavaciones a cielo abierto : pozos, tajos y trincheras

Socavones o túneles de exploración

Sondeos de percusión con pruebas de permeabilidad (SPT)

Sondeos de rotación con pruebas de permeabilidad a presión

Secciones geofísicas : sísmicas y eléctricas

Observaciones hidrogeológicas

Pruebas de mecánica de rocas in situ

Pruebas de mecánica de suelos in situ

- Se proponen las siguientes actividades en lo concerniente a hidrología :  
Instalación de las siguientes estaciones climatológicas :

Toquilla sobre el Rfo Cusiana : Climatológica principal; serfa representativa de la zona alta del proyecto.

Pajarito : evaporímetro, termómetro, anemómetro, psicrómetro y pluviógrafo.

Municipio de Chámeza : estación climatológica principal

Bocas del Salinero : evaporímetro, termómetro, anemómetro.

Puente Charte, sobre el Rfo Charte : evaporímetro, termómetros, anemómetros, psicrómetro y pluviógrafo.

Instalación de estaciones pluviométricas en Toquilla, en el extremo este de la cuenca ; en las proximidades de la serranía del Gallo y parte alta de las cuencas de los ríos Unete y Charte.

Acondicionamiento de las estaciones existentes instaladas por SODEIC

- Para las zonas media y baja de las cuencas es indispensable que el Indereña tome medidas para evitar que continúe la destrucción del bosque. Se recomienda también desarrollar en lo posible el programa de conservación de la cuenca alta del Rfo Cusiana, permitiendo el desarrollo de la vegetación de rastrojo de páramo y estableciendo un vivero forestal en las cercanías de la Vereda Cañas.
- Son necesarios estudios más detallados de impacto ambiental, hidráulicos e hidrológicos con el fin de definir el comportamiento futuro del rfo -- Charte con el aumento de caudal desviado desde el rfo Cusiana.

- Sería conveniente estudiar el aspecto de propósito múltiple de proyectos atractivos como los de Charte y Bocas del Salinero, en lo referente a riego de las zonas del Piedemonte en inmediaciones de la carretera marginal de la Selva.
- Llevar a cabo un muestreo de peces que contemple la parte alta y media de la cuenca del Río Cusiana con el fin de poder determinar con mayor precisión el recurso pesquero existente en estas zonas. En el embalse de Toquilla conviene estudiar el manejo del recurso piscícola, el cual ofrecería una alternativa económica a los habitantes de la región.

### 3.3 IMPACTO AMBIENTAL DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

Los siete (7) desarrollos proyectados de acuerdo con las características técnicas y la problemática ambiental que generan, se analizan de la siguiente forma : Los proyectos con presas altas y con embalse, como son los desarrollos de Toquilla, Chámeza y Bocas del Salinero, los desarrollos en escalera en los que intervienen el vertimiento de Toquilla y los proyectos de Guspaquirá, Ranchería y Salto de Candelas, y la desviación y vertimiento de las aguas del Río Cusiana desde el Salto de Candelas al río Charte en el proyecto Sabanalarga.

#### A. Proyecto con Embalse

1. Proyecto Toquilla. Los conflictos que genera este proyecto están relacionados con el área inundada y con la detención del flujo regular de las aguas del río Cusiana. La zona de inundación presenta suelos de páramo, tiene una densidad rural de habitantes relativamente alta y una cobertura vegetal que en su mayoría es cultural. La subcuenca de este proyecto se encuentra en buen estado y -- aunque no se tienen datos exactos de la calidad del agua del río Cusiana se espera que por estar originada en el páramo, sea limpia y oxigenada.

El embalse generará la detención del flujo regular de las aguas afectando el ecosistema acuático; sin embargo,

dadas las condiciones de la calidad del agua y de la com  
posición fctica del río Cusiana en la zona con especies  
de trucha y carpa, se podría con un buen manejo, aprove-  
char el recurso piscícola del embalse, que ofrecería una  
alternativa económica a los habitantes de la región.

2. Proyecto Chámeza y Bocas de Salinero : Los conflictos am  
bientales generados pro estos proyectos se relacionan --  
principalmente con el ecosistema acuático. En primera ins  
tancia, los datos de calidad del agua de sus afluentes in  
dican unos niveles de fosfatos muy altos aumentando los -  
riesgos de eutroficación en los embalses. Además, la de-  
tención del flujo regular y natural de las aguas del río  
Cusiana junto con la transformación de la calidad de sus  
aguas por efecto del embalsamiento afectarán negativamen  
te un recurso pesquero de importancia localizando entre -  
el piedemonte y la desembocadura del río Cusiana en el -  
río Meta. Este hecho se basa en que al ser estos embalses  
relativamente profundos, el agua vertida saldrá con unos  
niveles muy bajos y nulos de oxígeno y con productos de -  
la anaerobiósis como son el  $H_2S$ , metanos, mercaptanos,  
etc., que inciden sobre la vida acuática. Por otro lado,  
el hecho de detener el flujo regular y natural de las --  
aguas afectará directamente las migraciones anuales de .  
los peces. Sería recomendable contemplar variaciones en  
los caudales de salida, teniendo en cuenta el ciclo natu

ral del río, cuando se hagan los estudios acerca de la operación y manejo de los embalses.

Adicionalmente, se considera que el vertimiento del proyecto Chámeza no deberá realizarse directamente al embalse de Bocas de Salinero, sino que se deberá permitir que estas aguas tengan un tramo de recorrido en el cual puedan elevar el contenido de oxígeno y, a su vez, oxidar los productos de la anaerobiósis. En forma general, éstos proyectos presentan los dos tipos básicos de conflicto ambiental: el primero de ellos va del ambiente hacia los proyectos y lo conforman los riesgos de eutroficación de los embalses; el segundo va de los proyectos hacia el ambiente al afectarse la vida acuática aguas abajo del Río Cusiana.

#### B. Proyectos en Escalera

Estos proyectos se basan en el proceso de captación, conducción, generación y vertimiento directo al proyecto siguiente y así sucesivamente. Incluyen los desarrollos de Toquilla, Guspaquirá, Ranchería y Candelas. Todos ellos afectarán el ecosistema acuático del río Cusiana, por la detención del flujo regular de las aguas. La distancia entre uno y otro desarrollo da origen a subcuencas pequeñas, las cuáles, en época de verano pueden no tener un rendimiento hídrico suficiente

te como para mantener la vida acuática presente. Por lo tanto, se deberá estudiar el rendimiento de cada una de las subcuencas para que, con base en los resultados, se pueda determinar el caudal requerido, el cual sería aconsejable no captar en los proyectos. Este caudal debe corresponder al caudal mínimo de verano.

### C. Desviación del Río Cusiana

La desviación de las aguas del río Cusiana consta de la captación en el proyecto Candelas y el vertimiento de estas aguas al Río Charte en el proyecto Sabanalarga. Adicionalmente, el proyecto Candelas también contempla la captación de las quebradas, Congutá, Rocha y La Legía, afluentes que desembocan al río Aguas abajo del proyecto. Las características anteriores hacen que el río Cusiana pueda secarse durante un buen tramo de su recorrido, especialmente durante la época de verano, aunque la zona se encuentre en una región de alta pluviosidad.

Por lo tanto, para la subcuenca creada entre el proyecto Candelas y el proyecto Bocas de Salinero se deberá evaluar el rendimiento hídrico a nivel mensual con el fin de poder determinar la magnitud del tramo que se secaría o que presentaría un déficit hídrico por debajo del caudal de verano y así se podrá determinar el caudal recomendable en el proyecto Candelas.

Por otro lado, el vertimiento de las aguas del Río Cusiana al río Charate en el proyecto Sabanalarga presenta conflicto por las diferencias en cuanto a la calidad de sus aguas. Mientras que las aguas que drenan al río Cusiana presentan niveles altos de fosfatos, las aguas del río Charate no contienen este elemento. Por lo tanto, para no transformar la dinámica natural de las aguas del río Charate, se deberá efectuar un muestreo seriado en diferentes épocas del año para conocer la calidad fisicoquímica y poder predecir el impacto real del vertimiento.

SANTANDER

Paipa

TUNJA

Ventaquemada

BOYACA

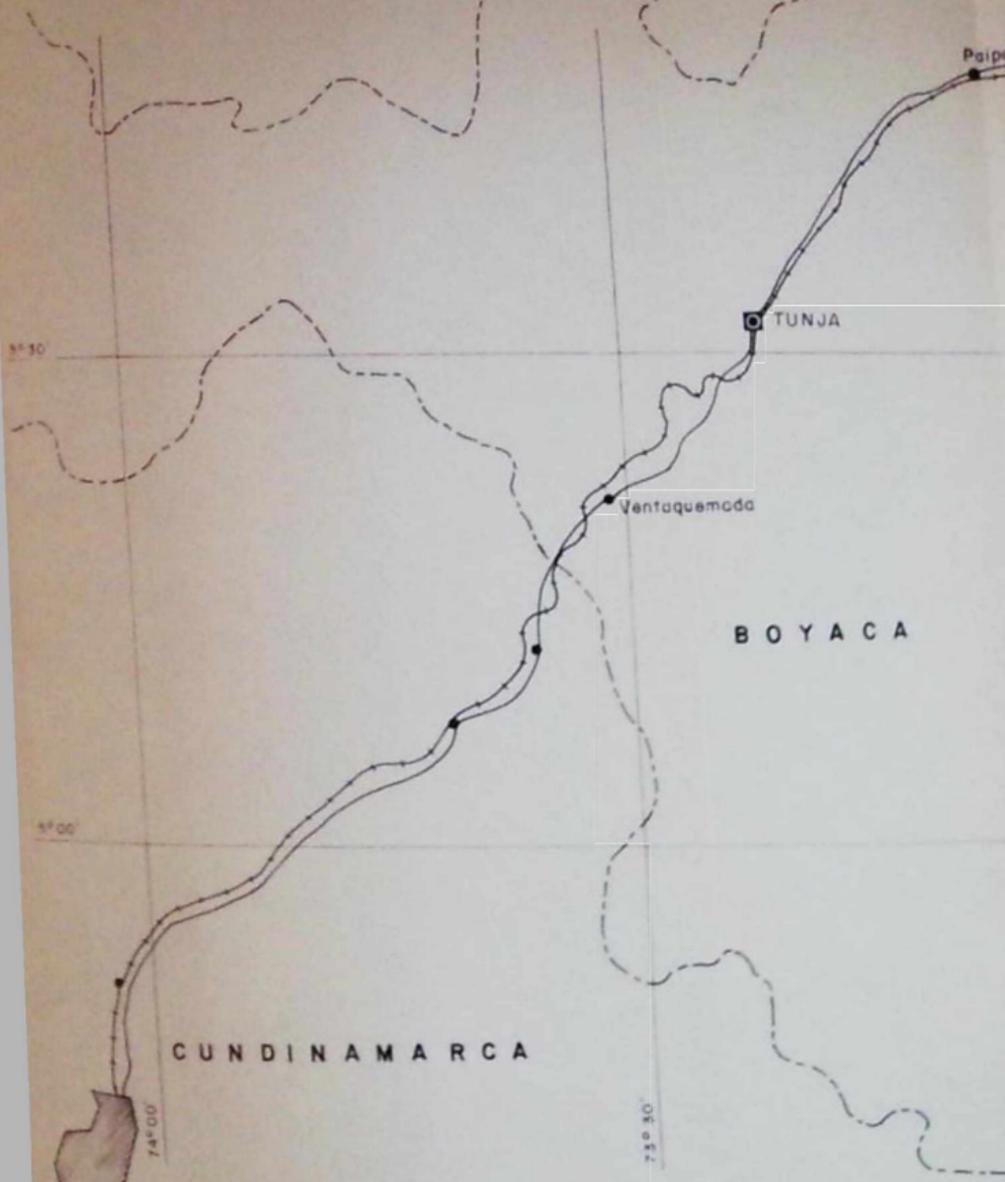
CUNDINAMARCA

BOGOTA

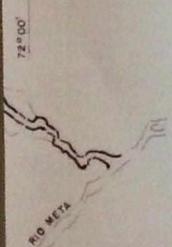
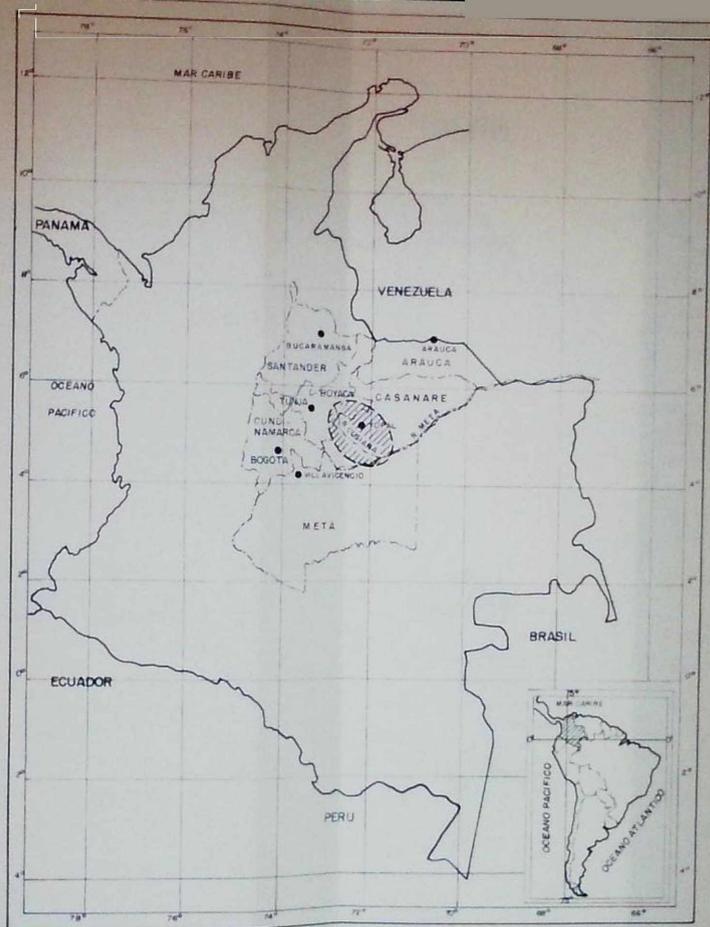
CONVENCIONES

— CARRETERA PAVIMENTADA  
- - - CARRETERA SIN PAVIMENTAR  
- - - LIMITE DEPARTAMENTAL

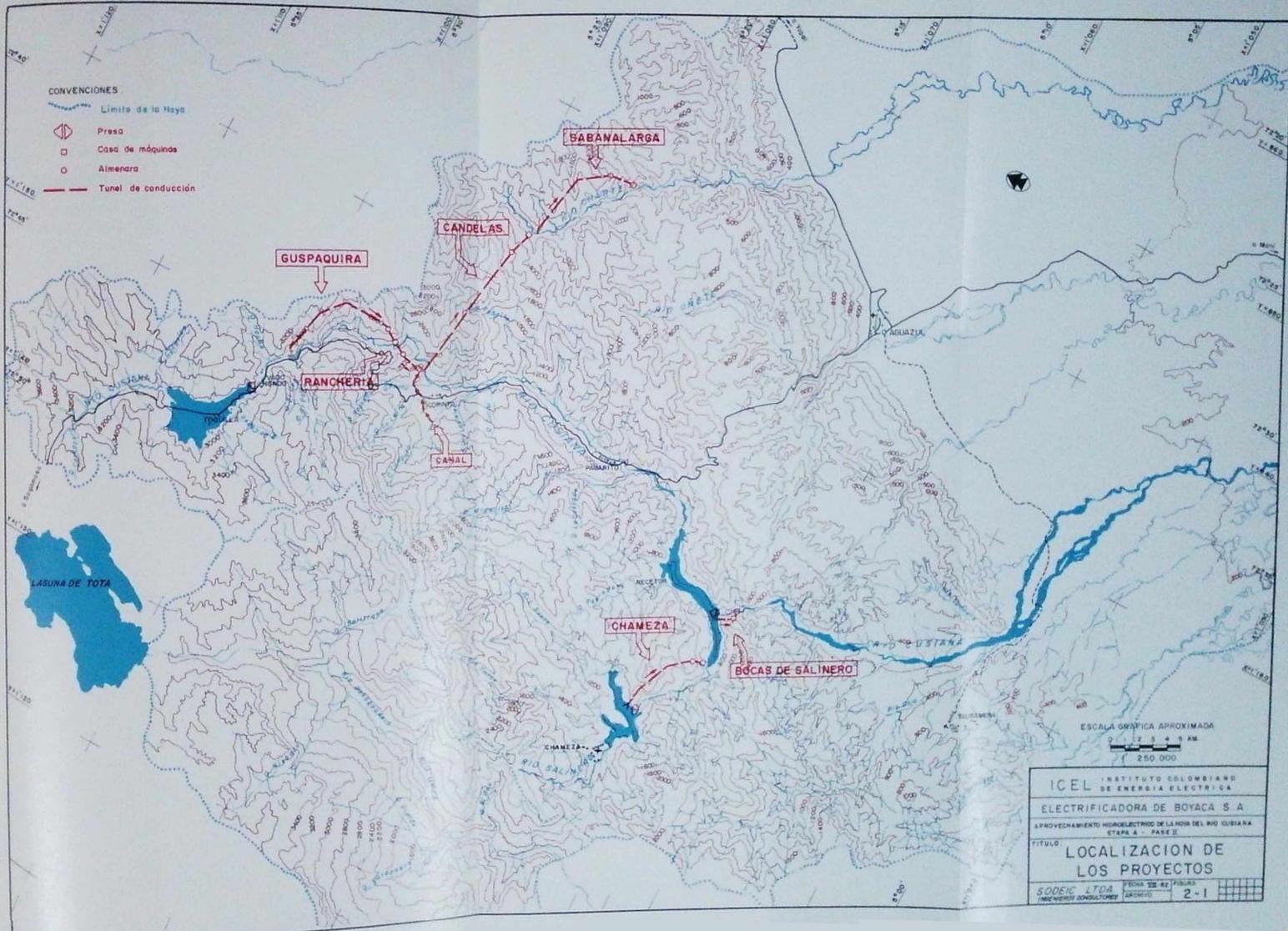
++++ FERROGARRIL  
~ ~ ~ RIO







<b>ICEL</b>		INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
<b>ELECTRIFICADORA DE BOYACA S A</b>			
APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO DE LA HORA DEL RIO CUSHING ETAPA A - FASE II			
TITULO			
<b>LOCALIZACION GENERAL</b>			
<b>SODEIC LTDA</b>		FECHA	ESCALA
INGENIEROS CONSULTORES		1981	1:50,000
		ARCHIVO	



APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO DEL RIO CUSIANA

Localización y Características de los Proyectos

**GUSPAQUIRA**

POTENCIA INSTALABLE 74.3 MW  
 ENERGIA FIRME 35.7 MW-mes  
 COSTO INVERSION U.S. \$ 47'6  
 COSTO INSTALACION U.S. \$ 648/KW.  
 COSTO GENERACION U.S. \$ 0,025/KWh

**SABANALARGA**

144.2 MW  
 46.4 MW-mes  
 U.S. \$ 85'  
 U.S. \$ 589/KW  
 U.S. \$ 0,018/KWh

**CANDELAS**

84.5 MW.  
 32.5 MW-mes  
 U.S. \$ 81.8  
 U.S. \$ 969/KW  
 U.S. \$ 0,028/KWh

**RANCHERIA**

94.5 MW  
 40.3 MW-mes.  
 U.S. \$ 53'8  
 U.S. \$ 569/KW  
 U.S. \$ 0,021/KWh

**BOCAS DE SALINERO**

133.9 MW  
 63.6 MW-mes  
 U.S. \$ 180'6  
 U.S. \$ 1.349/KW  
 U.S. \$ 0,029/KWh

**CHAMEZA**

96.1 MW  
 47.1 MW-mes  
 U.S. \$ 183'8  
 U.S. \$ 1912/KW  
 U.S. \$ 0,050/KWh

RIO CUSIANA

EMBALSE  
 PRESA EN TOQUILLA

LIMITE DE LA HOYA

LAGUNA DE TOTA

RIO TONCE

RIO UPIA

RIO SALINERO

RIO SUJINE

CASA DE MAQUINAS  
 ALMENARA

RIO CHARTE

PRESA DERIVACION

EMBALSE

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	PROYECTOS											PROYECTOS ESEE				
		PRESA TOCULLA	PRESA ALISAL	GUS-PIQUERA	RAN-CHERIA	CANDELA	SABANA LARGA	CHAMIZA	BOCAS SALINERO Con Desvío	CORINTO	PAJARITO	BOCAS SALINERO Sin Desvío	VAO MONDO	RAN-CHERIA	UNETE	PAJARITO	RECTOR
OBRAS CIVILES Y EQUIPOS																	
PRESA TIPO		Zo	En	Co	Co	Co	Co	En	En	Co	Co	En	En	Co	Co	Co	En
Localización Río		Cusiana	Cusiana	Cusiana	Cusiana	Cusiana	Chara	Salinero	Cusiana	Cusiana	Cusiana	Cusiana	Cusiana	Cusiana	Cusiana	Cusiana	Cusiana
Cota (m s.n.m)	m	2.920	2.859	2.715	2.160	1.555	1.080	0.42	512	1.555	1.090	512	2.822	2.178	1.203	1.103	512
Altura Máxima	m	51	107	5	5	5	10	166	153	5	5	152	150	22	22	22	158
Volumen	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	1.825	5.308	1.0	1.0	1.1	1.8	11.935	9.212	1.2	1.3	9.212	7.915	10.6	10.6	10.6	9.845
EMBALSE Volumen Total	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	120	122	-	-	-	-	205	252	-	-	246	135	-	-	-	280
Volumen Util	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	115	119	-	-	-	-	197	236	-	-	229	131	-	-	-	250
Nivel Máximo	m	2.962	2.956	2.720	2.165	1.560	1.095	1.004	655	1.560	1.095	654	2.942	2.200	1.225	1.125	660
DESVIACION Tipo		1	1	-	-	-	-	1	1	-	-	1	1	-	-	-	1
Diámetro	m	6	6	-	-	-	-	7	10	-	-	10	6	-	-	-	10.9
Longitud	m	470	550	-	-	-	-	820	710	-	-	710	626	-	-	-	620
Descarga de Fondo Válvula H. B. B.	m	12	1.1	-	-	-	-	12	1.9	-	-	1.9	0.9	-	-	-	2.0
Válvula Maroma Ø	m	1.7	1.7	-	-	-	-	2.5	5.6	-	-	5.6	1.7	-	-	-	3.7
VERTEDERO Tipo		Azud	Azud	Azud	Azud	Azud	Azud	Azud	Azud	Azud	Azud	Azud	Azud	Azud	Azud	Azud	Azud
Canal Ancho	m	33.3	33.3	-	-	-	-	44.7	78.7	-	-	78.7	33.3	-	-	-	80.0
Longitud	m	175	360	-	-	-	-	510	480	-	-	480	250	-	-	-	500
Número	V	3	3	-	-	-	-	4	7	-	-	7	3	-	-	-	7
Compuertas Radiales Ancho por Altura	m	10.4x7	10.4x7	-	-	-	-	10.4x7	10.4x9	-	-	10.4x9	10.4x7	-	-	-	10.5x9
CONDUCCIONES																	
Túnel de Conducción Diámetro	m	2'1/2	2'1/2	2.5	2.6	2.9	3.2	3.4	5.5	2.9	3.0	6.0	2.5	2.5	2.8	3.2	5.8
Longitud	m	700	640	8.555	820	10.650	7.125	5.900	1.700	4.000	17.200	1.700	6.600	6.100	12.650	12.320	3.750
Tubería de Plástico Diámetro	m	-	-	1.8	2.1	2.5	2.8	2.8	4.5	2.5	2.7	4.8	2.0	2.0	2.5	3.2	5.3
Longitud	m	-	-	1.130	1.620	1.600	2.420	940	470	1.720	1.540	470	3.200	2.700	3.050	2.580	1.350
Distribuidores Ø	m	-	-	2x1.3	2x1.5	2x1.8	2x2.0	2x2.0	2x3.2	2x1.8	2x1.9	2x3.4	2x1.4	2x1.4	2x1.6	2x2.3	2x3.7
CASA DE MAQUINAS Tipo		-	-	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Potencia Instalada	Mw	-	-	734	94.6	84.5	144.2	96.1	133.9	88.3	83.1	157.2	105.9	152.3	122.7	54.5	164.0
Número y Tipo de Turbinas		-	-	2 Pelton	2 Pelton	2 Pelton	2 Pelton	2 Francis	2 Francis	2 Pelton	2 Pelton	2 Francis	2 Pelton	2 Pelton	2 Pelton	2 Pelton	2 Francis
Cota (m s.n.m)	m	-	-	2.170	1.565	1.100	475	660	475	1.100	660	475	2.200	1.225	600	700	450
Caudal	m <sup>3</sup> /s	-	-	16.7	18.5	22.9	27.7	33.5	86.8	22.9	25.0	102.5	17.2	19.1	25.6	27.6	90.5
PARAMETROS ENERGETICOS																	
Energía Firme	Gwh/año	-	-	312.5	355.2	284.9	406.3	413.0	557.3	276.6	273.8	654.9	444.0	619.7	425.2	293.6	857.2
Energía Secundaria	Gwh/año	-	-	74.1	147.0	214.7	426.4	61.3	208.5	157.2	221.5	256.8	19.1	185.5	502.4	223.3	808.1
CONVENCIONES Zo = Zonificado En = Enrocado Co = Concreto 1 = Tonal																	
ICEL INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGÍA ELÉCTRICA		APROVECHAMIENTO HIDROELÉCTRICO DE LA HOYA DEL RÍO CUSIANA ETAPA A - FASE II											SODEC LTDA INGENIEROS CONSULTORES				
ELECTRIFICADORA DE BOYACA S. A.		CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS PROYECTOS											Tabla 2-1				