

PÚBLICO

DOCUMENTO DEL BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

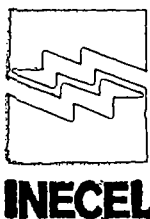
## **ECUADOR**

### **PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA-CODO SINCLAIR ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD**

(EC0123)

### **ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE PRESELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

**JUNIO 1987**



REPUBLICA DEL ECUADOR  
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS  
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION

---



## **PROYECTO HIDROELECTRICO COCA - CODO SINCLAIR**

ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

ACTUALIZACION DEL ESTUDIO DE  
PRESELECCION DE ALTERNATIVAS

VERSION FINAL

Junio de 1987

---

**ESTUDIOS REALIZADOS POR INECEL Y LA ASOCIACION DE FIRMAS CONSULTORAS**

**ELECTROCONSULT • TRACTIONEL • RODIO**

**ASTEC • INELIN • INGECONSULT • CAMINOS Y CANALES**

---

**FINANCIAMIENTO: INECEL — BID — FONAPRE**

Lo-701/SF-EE  
GS

ACTUALIZACION DEL ESTUDIO DE  
PRESELECCION DE ALTERNATIVAS

Junio de 1987

# ACTUALIZACION DEL ESTUDIO DE PRESELECCION DE ALTERNATIVAS

## Indice

	Página
INTRODUCCION	
1. ANTECEDENTES	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Estudio de preselección de alternativas	1
1.2.1 Alternativa filo de agua Malo M1 y sucesivamente Salado	2
1.2.2 Alternativa filo de agua Malo M2 y sucesivamente Salado	3
1.2.3 Alternativa Malo M1 presa de acumulación medio baja	3
1.2.4 Recomendaciones del Grupo Consultivo INECEL (febrero de 1987)	3
1.3 Evento del 5 de marzo de 1987	4
1.4 Consecuencias del evento sobre los criterios de diseño	5
1.4.1 Obras de captación	6
1.4.2 Obras de acumulación	6
1.4.3 Obras en subterráneo	6
1.4.4 Presa compensadora	7
1.5 Tercera Misión del Grupo Consultivo de INECEL	7
2. ACTUALIZACION DE ESTUDIOS Y DATOS BASICOS	8
2.1 Generalidades	8
2.2 Topografía y Cartografía	8
2.3 Sedimentología e Hidrología	8
2.3.1 Sedimentología	8
2.3.2 Hidrología	9
2.3.3 Operaciones de embalses	10
2.4 Geología	11
2.5 Actualización del diámetro económico de los túneles	11
2.6 Optimización altura de presas	12
2.7 Análisis de costos unitarios	13
3. ALTERNATIVAS QUE SE RECOMIENDAN DESPUES DEL EVENTO DEL 5 DE MARZO	14

	Página
4. OBRAS DE CAPTACION	16
4.1 Generalidades	16
4.2 Alternativas al sitio Salado	17
4.2.1 Alternativa con el desarenador en subterráneo y a presión	18
4.2.2 Alternativa con desarenador al exterior en el morro central	19
4.2.3 Alternativa con desarenador al exterior en la margen derecha	20
4.2.4 Comparación y conclusiones preliminares	20
4.3 Alternativas al sitio Malo M1	21
4.3.1 Alternativa con desarenador en subterráneo y a presión	24
4.3.2 Alternativa con desarenador al exterior	24
4.3.3 Comparación y conclusiones preliminares	25
5. TRAZADO Y DIAMETRO OPTIMO DE LOS TUNELES	26
5.1 Generalidades	26
5.2 Trazado del túnel de aducción	26
5.3 Revestimiento y diámetro de los túneles	27
5.4 Diámetro óptimo de los túneles asociados a chimenea de equilibrio	27
5.5 Diámetro óptimo de los túneles asociados al compensador	28
6. COMPENSADOR CON PRESA EN EL RIO GRANADILLA Y SUS ALTERNATIVAS	30
6.1 Generalidades	30
6.2 Solución básica	30
6.3 Alternativa con reservorio(s) excavado(s)	31
6.4 Alternativas con presa(s) en los tributarios del río Granadilla	32
6.4.1 Eje D1	32
6.4.2 Eje I1	33
6.4.3 Eje D2	34
6.4.4 Eje I2	34
6.5 Conclusiones	35
7. TUBERIA DE PRESION CASA DE MAQUINAS	39
7.1 Generalidades	39
7.2 Tuberías de presión	39
7.3 Casa de máquinas	40

7.3.1	Solución básica con dos cavernas	40
7.3.2	Alternativa con caverna única	41
7.3.3	Alternativa con subestación al exterior	42
7.3.4	Conclusiones	43
7.4	Líneas de transmisión	43
8.	INDICACIONES ECONOMICAS PRELIMINARES	44
8.1	Generalidades	44
8.2	Costos	44
8.3	Parámetros económicos preliminares	44
9.	ACTIVIDADES FUTURAS	49
9.1	Generalidades	49
9.2	Area de diseño e ingeniería	49
9.2.1	Topografía y cartografía	49
9.2.2	Costos	49
9.2.3	Obras de captación	50
9.2.4	Presa compensadora y sus alternativas	50
9.2.5	Obras subterráneas	50
9.2.6	Equipo electromecánico	50
9.3	Area de planificación y análisis económico	51

#### CROQUIS

0209-C-108	Estudio final de alternativas. Disposición de la captación, sitio Salado, alternativa con desarenador en subterráneo.
0209-C-109	Estudio final de alternativas. Disposición de la captación, sitio Salado, desarenador al exterior del morro central.
0209-C-110	Estudio final de alternativas. Trazado de los túneles de aducción Salado y Malo.
0209-C-111	Estudio final de alternativas. Ubicación de los ejes alternativos de la presa compensadora.

#### PLANOS

0209-C-1027	Estudio final de alternativas. Disposición presa filo de agua - Sitio M1, Alternativa la.
-------------	---

0209-C-1028	Estudio final de alternativas. Disposición presa filo de agua - Sitio M1, Alternativa 1b.
0209-C-1029	Estudio final de alternativas. Disposición presa filo de agua - Sitio M1, Alternativa 2a.
0209-C-1030	Estudio final de alternativas. Disposición presa filo de agua - Sitio Salado, Alternativa con desarenador subterráneo.
0209-C-1031	Estudio final de alternativas. Equipo electromecánico, esquema básico planimétrico, tubería de presión casa de máquinas.
0209-C-1032	Estudio final de alternativas. Equipo electromecánico, tubería de presión casa de máquinas, esquema básico altimétrico.
0209-C-1033	Estudio final de alternativas. Equipo electromecánico, disposición de la casa de máquinas

ANEXO

Anexo 1	Alternativa en doble salto
---------	----------------------------

## INTRODUCCION

### - Objeto y finalidad del informe

El objeto y la finalidad del presente informe consiste en una actualización del estudio de preselección de alternativas de enero de 1987 a la luz del evento del 5 de marzo de 1987 y de las actividades, mientras tanto ejecutadas.

### - Estructura del informe

El informe se estructura de la siguiente manera:

- . Los antecedentes y las actividades ejecutadas antes del evento sísmico.
- . El evento y sus consecuencias sobre el Proyecto.
- . La modificación de las alternativas y de sus obras componentes.
- . Parámetros económicos preliminares.
- . Actividades futuras.



## 1. ANTECEDENTES

### 1.1 Generalidades

En este capítulo se hace una breve descripción de los principales antecedentes que han llevado los estudios de alternativas hasta principios de mayo de 1987.

Entre los antecedentes tienen particular importancia los siguientes:

- estudio de preselección de alternativas (enero 1987) y sucesiva visita del Grupo Consultivo de INECCEL (febrero 1987),
- evento del 5 de marzo de 1987 y sus consecuencias sobre los criterios de diseño,
- tercera visita del Grupo Consultivo de INECCEL (fines de abril de 1987).

La actualización de los estudios y datos básicos de cartografía, hidrología, hidráulica, presas y costos, que fueron utilizados en el estudio de preselección de alternativas se describen en el capítulo 2 del presente informe.

### 1.2 Estudio de preselección de alternativas

El estudio de preselección de alternativas fue llevado en adelante en base a los criterios técnicos y económicos ilustrados en los capítulos 3 y 4 del Informe 0209-A-109/1 y se finalizó con la selección de tres alternativas.

Entre los criterios técnicos y económicos hay que mencionar en particular los siguientes:

- aportes hidrológicos basados sobre el "Estudio de Actualización del Proyecto Coca", INECCEL, julio de 1984,
- crecientes basadas sobre el estudio de prefactibilidad anterior de 1977,
- sedimentología basada principalmente en el "Estudio Sedimentológico de la cuenca del río Coca", INECCEL, febrero de 1984,
- costos unitarios (ver Cuadro 3/1 del Informe 0209-A-109/1) obtenidos en base a la información suministrada por INECCEL referente a los proyectos hidroeléctricos ya realizados o en fase de realización en el país,

- beneficios correspondientes a los costos del parque térmico equivalente (enero de 1986) suministrado por Planificación de INECCEL,
- previsiones globales de demanda eléctrica (potencia y energía primaria) del Sistema Nacional también suministradas por Planificación de INECCEL.

Entre las muchas alternativas analizadas en esta etapa de estudio se escogieron las tres que se ilustran a continuación y que el Grupo Consultivo de INECCEL concordó con algunas recomendaciones durante su segunda visita, en el mes de febrero de 1987.

#### 1.2.1 Alternativa filo de agua Malo Ml y sucesivamente Salado

Esta alternativa (A-Ml-5) estaba constituida por dos aprovechamientos previstos en etapas: el primero, el aprovechamiento Malo Ml a filo de agua (C-Ml-4) y sucesivamente el aprovechamiento Salado con presa de una altura de unos 110 a 120 metros y ampliación del aprovechamiento Malo-Codo Sinclair.

A su vez el aprovechamiento Malo Ml filo de agua-Codo Sinclair de primera etapa, se dividía por lo menos en dos etapas dependiendo del número de túneles de aducción.

La cota de derivación del agua para el aprovechamiento Malo Ml-Codo Sinclair era 1.260, mientras la cota máxima normal del embalse Salado era 1.355 a 1.365 metros.

El largo de los túneles de aducción Malo-Codo Sinclair era de unos 18,9 Km dividido en tres frentes de excavación, aprovechando de una ventana ubicada aproximadamente a un tercio de su largo total.

La casa de máquinas en el Codo Sinclair se consideró en subterráneo adentro de 500 metros (en horizontal) en la formación rocosa de Misahuallí.

El aprovechamiento Malo-Codo Sinclair puede ser asociado tanto al compensador Granadilla como a chimeneas de equilibrio; a nivel preliminar pareció resultar ventajoso el compensador para valores del factor de planta inferiores a 0,80.

Según los criterios ilustrados en el punto 3.3 del Informe 0209-A-109/1, el costo capital total de la alternativa variaba de 2.850 a 3.670 millones de dólares según el factor de planta (desde 1 a 0,5) con una potencia instalada total variable de 1.650 a 3.200 MW y una energía firme de unos 14.600 GWh/año; el número total de etapas previsto para esta alternativa fue en esta fase de estudio de 4.

Con el mercado eléctrico del escenario III y la entrada en operación de la primera etapa del proyecto en el 2004, la relación beneficio-costos (con tasa de interés del 10%) resultaba variable en-

12%

tre 2 y 2,5 y la tasa interna de retorno variable entre 19,5 y 22,5 por ciento según el factor de planta.

Cabe anotar que esta alternativa podría terminarse con el desarrollo completo del aprovechamiento a filo de agua sin construir sucesivamente el aprovechamiento Salado.

12%? En este último caso el costo capital variaba de 1.130 a 1.620 millones de dólares según el factor de planta con una potencia instalada variable de 830 a 1.690 MW y una energía firme de unos 7.350 GWh/año; la relación beneficio-costos (con tasa de interés al 10%) variable entre 2,4 y 3 y la tasa interna de retorno variable de 20,4 a 24,3 por ciento.

#### 1.2.2 Alternativa filo de agua Malo M2 y sucesivamente Salado

Esta alternativa (A-M2-5) era análoga a la anteriormente descrita presentando como mayor diferencia la ubicación de la presa a filo de agua en M2 en lugar de M1, es decir unos 2,0 Km más aguas arriba.

12%? El costo total de esta alternativa variaba de 2.920 a 3.800 millones de dólares según el factor de planta con una potencia instalada total variable de 1.660 a 3.220 MW y una energía firme de unos 14.650 GWh/año; con el mercado eléctrico correspondiente al escenario III la relación beneficio-costos (con tasa de interés al 10%) variaba, según el factor de planta, de 2,0 a 2,4 y la tasa interna de retorno de 18,6 a 22,0. También en este caso se había considerado un desarrollo total en cuatro etapas.

#### 1.2.3 Alternativa Malo M1 presa de acumulación medio baja

Esta alternativa (C-M1-3) estaba constituida por un sólo aprovechamiento (no existía el aprovechamiento Salado) y preveía la construcción de una presa de unos 70 metros de altura en el sitio M1 en su primera etapa.

Según la información topográfica existente, esta alternativa no puede ser asociada a un compensador sino solamente a chimeneas.

El costo total de esta alternativa variaba de 2.170 a 3.200 millones de dólares según el factor de planta con una potencia instalada total de 1.400 a 2.800 MW y con una energía firme de unos 12.550 GWh/año; con el mercado eléctrico correspondiente al escenario III la relación beneficio-costos (con tasa de interés al 10%) variaba, según el factor de planta, de 1,95 a 2,1 y la tasa interna de retorno de 16,5 a 17,0. En este caso se habían considerado solamente dos etapas de construcción (dos túneles de aducción).

1.2.4 Recomendaciones del Grupo Consultivo de INECOL (febrero 1987) El Grupo Consultivo de INECOL como se indica en el capítulo VII del Informe de su segunda visita, estuvo de acuerdo con la selección de las tres alternativas arriba descritas con la recomendación de considerar también la tercera alternativa (punto 1.2.3) dividida en dos saltos como las otras, es decir anteriormente filo de

agua y sucesivamente presa de acumulación en el sitio Malo M1 con central al pie de presa.

### 1.3 Evento del 5 de marzo de 1987

Mientras se estaba empezando el estudio definitivo de las tres alternativas descritas en los párrafos anteriores con el soporte de la actualización de los estudios y datos básicos (véase capítulo 2 del presente informe), ocurrió el evento del 5 de marzo de 1987, que afectó notablemente al sector interesado por las obras de captación/acumulación de las alternativas del Proyecto.

El evento fue originado por una serie de sismos de origen tectónico de intensidad Mercalli (de XII grados) hasta los VIII grados y de magnitud Ms hasta 6,9.

Según las fuentes del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica de Quito y de la red mundial de sismógrafos hay discrepancias en la ubicación y profundidad de los epicentros de los sismos principales; de todas maneras las zonas de los epicentros se localizan entre el nevado del Cayambe y el volcán El Reventador en la proximidad de este último (cuenca medio baja del río Salado, cuenca del río Malo, parte occidental de la cuenca del río Dué Grande).

Estos sismos asociados a los acontecimientos y a la situación anterior a los mismos (véase Informes 0209-A-251 y 0209-A-118), es decir las fuertes precipitaciones acumuladas en el mes de febrero estimadas con un tiempo de ocurrencia superior a los 20 años y las condiciones de inestabilidad potencial de las laderas sobre todo en las zonas adyacentes al anfiteatro del volcán El Reventador, causaron sobre un área bastante extensa grandes movimientos gravitacionales de las laderas montañosas constituidas por suelo vegetal, material coluvial y material laharrítico.

La parte de los materiales deslizados que alcanzó el fondo de los valles se mezcló al agua de los ríos aumentando notablemente el caudal sólido y creando frentes de agua, lodo, bloques y árboles que arrastraron todo lo que encontraron a lo largo de su camino.

Represamientos temporales deben haber ocurrido en el río Coca y en sus tributarios Malo y Salado, así como en el río Dué tributario del río Aguarico; estos represamientos efímeros fueron producidos por derrumbes que acarrearón árboles y bloques. Las olas producidas por el destaponamiento de estos represamientos fueron las causas de los mayores daños a lo largo de los valles.

Las zonas más afectadas por estos fenómenos son los valles de los siguientes ríos: Coca, aguas abajo de la confluencia del río Salado, Malo, Salado y Dué Grande, este último hasta su confluencia con el río Aguarico.

#### 1.4 Consecuencias del evento sobre los criterios de diseño

El evento afectó mayormente el sector del Proyecto relacionado a las obras de captación/acumulación a lo largo del río Coca, mientras afectó en grado mucho menor toda el área a la derecha del río, en la que se proyectan el túnel de aducción, el compensador, la tubería de presión y la casa de máquinas (todas en subterráneo excepto el compensador).

Inmediatamente después del evento las principales consecuencias del mismo sobre los criterios de diseño del Proyecto fueron las siguientes:

- ✓ Considerar un sismo de diseño más conservador de lo que se habría previsto sin el evento del 5 de marzo.
- Realizar un reanálisis integral de las obras de captación/acumulación para que un eventual fenómeno similar, aunque extremadamente improbable durante la vida útil del Proyecto, pueda ocurrir sin perjudicar las obras.
- Hacer una actualización de las alternativas del Proyecto a ser estudiadas a nivel de prefactibilidad.

En lo que se refiere a la actualización de las alternativas se tomó inmediatamente en cuenta que el evento del 5 de marzo prácticamente eliminó la diferencia entre los filos de agua Malo M1 y Malo M2, ya que no existen más las características topográficas peculiares de los dos sitios, mientras que afectó sólo marginalmente la topografía del sitio Salado.

✓ De otro lado, una eventual repetición del evento afectaría más a las presas de acumulación con respecto a las obras de captación a filo de agua.

En base a esto, se propuso seguir adelante con el estudio de las alternativas a filo de agua en el sitio M1 (un poco más atractivo del sitio M2) y en el sitio Salado.

La oportunidad de asociar en el futuro a un filo de agua Malo M1 una presa de acumulación en el Salado, o de estudiar la alternativa de una presa de acumulación en el sitio Malo M1 pareció bastante cuestionable a la luz de lo ocurrido tomando también en cuenta el criterio de la oportunidad de una distribución geográfica del riesgo relacionado a la producción eléctrica del país.

De todas maneras se dejó a que el Grupo Consultivo diera una orientación definitiva sobre la oportunidad de seguir adelante con el estudio de presas de acumulación.

A continuación se indican según las obras las modificaciones de diseño recomendadas en base a lo ocurrido.

1.4.1 Obras de captación Las obras de captación a filo de agua se decidió reestudiarlas pensando en una estructura de cierre totalmente en hormigón, controlada por un vertedero libre que permita descargar sin obstáculos no solamente la creciente de diseño, sino también avalanchas de lodo y árboles similares a las ocurridas.

Una eventual repetición de los fenómenos recientemente observados afectaría la operación de la central solamente por el tiempo necesario para efectuar la limpieza de la obra de toma (estimado en unas semanas). ?

Se evaluó que el fenómeno ocurrido pueda ser conservadoramente simulado con una creciente del orden de 15.000 a 20.000 m<sup>3</sup>/s, alrededor de 3 veces la creciente con tiempo de ocurrencia de 1.000 años.

1.4.2 Obras de acumulación En la remota eventualidad de que se hubiera decidido seguir adelante también con las presas de acumulación, éstas hubieran tenido que ser estudiadas bajo condiciones sísmicas más conservadoras y ser asociadas a obras hidráulicas anexas más seguras y flexibles.

En particular se había previsto para las obras hidráulicas anexas, las modificaciones siguientes:

- El vertedero totalmente o en buena parte libre (sin compuertas).
- Las obras de descarga de fondo incrementadas en su capacidad.
- La obra de toma ubicada a altura variable, para que pueda ser protegida de un llenado repentino del embalse, hasta en un caso límite, un poco más abajo del nivel máximo de operación (caso de embalse completamente lleno de sedimentos).

✓ Entre los problemas técnicos directamente relacionados a la presa misma cabe mencionar la posible licuación de las cimentaciones bajo fuertes fenómenos sísmicos del mismo orden de magnitud de los recientemente ocurridos.

1.4.3 Obras en subterráneo La mayoría de las obras del Proyecto se sitúan en subterráneo a lo largo de la margen derecha del río Coca.

Las consecuencias del sismo sobre estas obras serían en general de segundo orden ya que la zona interesada por estas obras resultó ser mucho menos afectada por el evento.

✓ Entre las consecuencias del evento cabe mencionar la decisión de eliminar la alternativa de la casa de máquinas al exterior, sea por problemas de inestabilidades de taludes, como por eventuales olas de material y agua a lo largo del cauce del río Coca.

1.4.4 Presa compensadora Se evidenció la necesidad de estudiar la presa compensadora con un sismo de diseño más conservador de lo que se hubiera previsto sin el evento del 5 de marzo; el sismo de diseño tendrá que resultar del análisis de toda la información disponible incluyendo de los últimos registros sismográficos.

La altura de la presa tendrá que ser reanalizada debido al efecto indirecto sobre la misma de la variación topográfica del valle del río Coca (variaciones de cotas de derivación del agua).

#### 1.5 Tercera Misión del Grupo Consultivo de INECCEL

La tercera visita del Grupo Consultivo de INECCEL prevista para agosto de 1987 fue adelantada para fines de abril, debido al extraordinario evento recientemente ocurrido.

Las principales recomendaciones del Grupo Consultivo, en general de acuerdo con el contenido del Informe 0209-A-118, fueron:

- ☒ Eliminación definitiva de las presas de acumulación, sea por probable llenado del embalse o por probables fenómenos de licuación al repetirse sismos similares a los ocurridos.
- ☒ Para las captaciones a filo de agua es imperativa la necesidad de vertederos de excesos sin compuertas.
- ☒ Eliminación de la alternativa de la casa de máquinas al exterior en la zona del Codo Sincliar.
- Mayor factibilidad del sitio Salado respecto al sitio Malo M1 pero sin descartar este último.

Entre las observaciones menores cabe mencionar las siguientes sugerencias de estudio:

- Vertedero de emergencia totalmente sin revestimiento de hormigón o sin cuenco disipador (según sea Salado o Malo).
- Desarenador en subterráneo a presión.
- Embalses artificiales o embalses menores en alternativa al embalse compensador con presa en el río Granadilla.

El Consultor compartió enteramente las primeras tres sugerencias principales, mientras la cuarta principal y las secundarias las analizará en el curso del estudio.

## 2. ACTUALIZACION DE ESTUDIOS Y DATOS BASICOS

### 2.1 Generalidades

En este capítulo se ilustran brevemente los estudios básicos que fueron llevados adelante paralelamente o después de la preparación de la versión final del Informe de Preselección de Alternativas 0209-A-109/1 (principios de febrero de 1987).

Particular referencia se hace a las nuevas informaciones o elaboraciones topo-cartográficas e hidro-sedimentológicas.

### 2.2 Topografía y cartografía

Complementación de la información topo-cartográfica utilizada durante el estudio de preselección de alternativas, es decir:

- Restitución a escala 1:2.000 de los sitios alternativos de presa derivadora, agosto de 1986.
- Restitución a escala 1:10.000 de la zona en doble salto y del compensador, septiembre de 1986.
- Restitución a escala 1:25.000 de la caldera y edificio antiguo del volcán El Reventador, agosto de 1986.
- Restituciones a escala 1:10.000 anteriores al de 1986 de otras áreas del Proyecto.

Se hizo sucesivamente un levantamiento topográfico terrestre a escala 1:1.000 de los sitios alternativos de la presa compensadora en el río Granadilla. Este último levantamiento confirmó con mayores detalles la restitución a escala 1:10.000 de agosto de 1986.

### 2.3 Sedimentología e Hidrología

La actividad en esta área se concluyó en paralelo con el estudio de preselección de alternativas; afinamientos menores y reajustes se han venido desarrollando prácticamente hasta la fecha.

2.1.3 Sedimentología El estudio de sedimentología que se ejecutó, tuvo como objetivos principales los siguientes:

- Evaluación del transporte de sólidos en las secciones de interés del Proyecto.
- Evaluación del fenómeno de acumulación de los sedimentos en las secciones Salado, Malo M1 y Malo M2.



El cálculo en su forma inicial (véase Informe 0209-A-107) se hizo utilizando los datos experimentales de estaciones y determinando el transporte sólido en suspensión separado según los siguientes componentes:

- Transporte del régimen normal de agua.
- Transporte en período de crecidas.
- Transporte de la franja de 25 cm próxima al fondo.

El transporte de fondo a falta de muestreos directos se ha efectuado utilizando la fórmula de Meyer Peter.

En base a los comentarios del Prof. Majone (Informe 0209-A-111) se han repetido los cálculos del transporte sólido en suspensión eliminando la diferencia entre el régimen normal de agua y los períodos de crecidas y haciendo reajustes menores.

Los resultados así obtenidos (véase Informe 0209-A-107/1) han llevado a satisfactorios balances sedimentológicos del material en suspensión en los principales nudos del retículo hidrográfico.

El valor total de transporte, obtenido en la estación Coca AJ Malo representativa de los sitios de presa, fue de 7.9 millones de toneladas por año; en base a este valor se estimó el valor del volumen muerto (en 50 años) de los embalses de acumulación Salado y Malo variable entre 230 y 270 millones de  $m^3$  según el volumen total de los embalses.

2.3.2 Hidrología El estudio hidrológico que se ejecutó ha tenido como objetivos principales los siguientes:

- Evaluación de la serie de caudales mensuales de un período suficientemente largo para los sitios de interés.
- Evaluación de curvas de duración de los caudales diarios en los sitios definidos para obras de captación a filo de agua.
- Evaluación de los valores de pico y de los hidrogramas de las crecientes en las secciones Salado y Malo.

Los datos básicos disponibles, en lo que se refiere a pluviometría, son constituidos por los valores de 11 estaciones en la cuenca del río Coca con período de observación de 7 a 22 años; mientras en lo que se refiere a hidrometría los datos básicos son constituidos por los valores de la estación del río Coca en San Rafael (observaciones diarias sobre 13 años de 1973 a 1985).

La elaboración básica que se hizo para transferir los caudales mensuales, desde la estación de San Rafael a la estación de mayor interés para el Proyecto, es decir la estación de Coca AJ Malo, consistió en la individualización del modelo de regresión lineal de los caudales entre las dos estaciones.

*Hidrología  
arteficial  
uso de  
modelo  
de regresión*

Sucesivamente los caudales mensuales en las otras estaciones de aguas arriba, se determinaron con elaboración de los datos correspondientes.

El valor promedio del caudal en el sitio Salado y Malo M1 resultó, respectivamente, de 291 y 294  $\text{m}^3/\text{s}$  con una reducción superior al 10 por ciento respecto a los estudios anteriores.

Para la evaluación de las curvas de duración de los caudales diarios siempre se hizo referencia a la curva del río Coca en San Rafael modificándola en base a similitud de las curvas adimensionales.

De esta manera se ha obtenido para los sitios Malo M1 y M2 (que prevén tomas a filo de agua) un valor Q90 diario de 130  $\text{m}^3/\text{s}$  (valor inferior al de los estudios anteriores en un 18 por ciento) y para el sitio Salado un valor de 128,5  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Los valores de picos de las crecientes se obtuvieron aplicando la función de Gumbel a los 13 valores de pico máximo anual y a los 13 valores máximos anuales de los caudales promedios diarios multiplicándolos por un coeficiente de pico deducido con las observaciones disponibles.

Los hidrogramas, con sus valores de pico, se obtuvieron con la aplicación de dos modelos calibrados con la creciente del 2-3 de mayo de 1983. El primer método de tipo cinemático, ha considerado una subdivisión de la cuenca en isocronas. El segundo método se basó en el empleo del hidrograma unitario del S.C.S. de los Estados Unidos.

Los valores de los caudales de pico obtenidos con los métodos adoptados están suficientemente concordantes entre sí, en particular los caudales de diseño en la sección AJ Malo resultaron ser los siguientes:

Caudal de	20 años (para el desvío)	3.500 $\text{m}^3/\text{s}$
Caudal de	1.000 años	5.500 $\text{m}^3/\text{s}$
Caudal de	10.000 años	7.000 $\text{m}^3/\text{s}$

2.3.3 Operaciones de embalses En base a los resultados de los nuevos estudios sedimentológicos e hidrológicos (ver respectivamente informes 0209-A-107/1 y 0209-A-108/1), se han repetido las operaciones de embalses ya ejecutados durante el estudio de preselección de alternativas.

Cabe anotar que los nuevos estudios hidrológicos de acuerdo a lo indicado en el numeral anterior, han llevado, en los sitios de presas, a una reducción del valor anterior, tanto del caudal promedio como del caudal Q90 diario.

Paralelamente el volumen muerto de los embalses de acumulación resultó ser aproximadamente el doble de aquel de los estudios anteriores, utilizado en la fase de preselección de alternativas.

*Resolución 7*

## 2.4 Geología

Muchas fueron las investigaciones y los estudios ejecutados en esta área paralelamente o posteriormente al estudio de alternativas.

Las principales actividades ejecutadas en este período fueron:

- Terminación de la geología de campo de los ~~sitios de captación/acumulación.~~
- Ejecución de sondeos rotativos. *y en perfiles geofísicos ?*
- Geología de campo y perfiles geofísicos en la zona del compensador-Codo Sinclair.
- Ejecución parcial de sondeos rotativos a lo largo del túnel de aducción.
- Continuación de muestras y análisis de laboratorio de materiales de construcción.
- Continuación de las actividades en las áreas de sismotectónica y vulcanología.

El grado de conocimiento actual, aunque incompleto por falta de sondeos en la parte terminal del túnel y en la zona compensador-Codo Sinclair, permite una mayor definición del diseño de las obras estudiadas preliminarmente durante el estudio de preselección de alternativas.

## 2.5 Actualización del diámetro económico de los túneles

Para dos de las alternativas seleccionadas en el estudio de preselección, A-M1-5 y C-M1-3, se han repetido, con los mismos costos unitarios de la etapa anterior del estudio, los cálculos del diámetro óptimo de los túneles de aducción, asumiendo un factor de planta 0,7 y haciendo variar el caudal regulado con presas a diferentes cotas, en el Malo: 1.315, 1.305 y 1.295 msnm, y en el Salado: 1.375, 1.360 y 1.345 msnm.

Se ha asumido en todos los casos que 2/3 del largo de los túneles de aducción hacia el Codo Sinclair no sea revestido y se ha asumido un valor del coeficiente de Strickler igual a 75 para los tramos revestidos y 60 para aquellos no revestidos.

? [ Se ha mantenido en el cálculo una tasa de interés del 12% por las razones ilustradas en el punto 3.4 del Informe de Preselección de Alternativas. ]

Se hizo el cálculo del diámetro óptimo de túneles asociados a chimeneas para las alternativas de presa Malo M1 con aducción directa al Codo Sinclair (alternativas C-M1-3) y para las alternativas filo de agua Malo M1 y Malo M2 con factor de planta 1. También

se hizo el cálculo para los casos de túneles asociados a compensador, es decir todas las alternativas a filo de agua con factor de planta inferior a 1, el diámetro óptimo se determinó en combinación con el cálculo de la altura óptima de la presa compensadora. En los dos casos se presentan los resultados obtenidos en los numerales 5.4 y 5.5 del presente informe.

## 2.6 Optimización altura de presas

En base a las operaciones de embalse con los valores diarios de aportes y a la actualización del diámetro económico de los túneles, se han repetido los cálculos económicos ya descritos en el punto 6.2.2 del Informe de Preselección de Alternativas 0209-A-109/1, utilizando los mismos costos unitarios de la etapa anterior del estudio, pero considerando que dos tercios de la longitud de los túneles de aducción puedan ser no revestidos.

Menores modificaciones respecto a la etapa anterior del estudio consisten en la optimización de los diámetros de la tubería de presión y del túnel de restitución.

Se optimizaron las alturas de las presas, asociándolas a 3 túneles de aducción que terminan con una chimenea de equilibrio (a estas soluciones no puede asociarse un embalse compensador). De los cálculos respectivos se obtuvieron los siguientes resultados:

### a. Para la presa Malo M1:

Cota coronamiento	B/C (-)	TIR (%)
1.300	2,38	20,53
1.310	2,42	20,40
1.320	2,42	19,86

### b. Para la presa Salado:

Cota coronamiento	B/C (-)	TIR (%)
1.340	2,27	21,72
1.355	2,28	21,66
1.370	2,23	21,34

Hay que observar que los aprovechamientos del Salado se consideraron como segunda etapa del aprovechamiento del sitio Malo M1. De todas maneras, las alternativas que incluyen presas altas y medio-altas han sido descartadas en consecuencia al sismo del 5 de marzo.

## 2.7 Análisis de costos unitarios

Desde fines de febrero de 1987 se empezaron, conjuntamente con INECEL, los análisis de costos unitarios de las principales obras civiles.

Hasta la fecha se han completado casi todos los costos unitarios de las obras en subterráneo resultando estos en su promedio bastante comparables con los costos unitarios adoptados durante el estudio de preselección.

Los costos unitarios de las obras civiles al exterior, así como las excavaciones con topo se determinarán en los meses de septiembre y octubre del presente año.

## 3. ALTERNATIVAS QUE SE RECOMIENDAN DESPUES DEL EVENTO DEL 5 DE MARZO

A la luz de las consecuencias del evento del 5 de marzo y en base a los nuevos criterios de diseño y de las sugerencias del Grupo Consultivo de INECEL durante su tercera visita, las alternativas que actualmente se recomiendan son solamente dos, es decir:

- Filo de agua Salado (B-4) con aducción al compensador o chimenea de equilibrio y casa de máquinas en subterráneo,
- Filo de agua Malo M1 (C-M1-4) igualmente con aducción al compensador o chimenea de equilibrio y casa de máquinas en subterráneo.

Cabe anotar que estas dos alternativas, a igualdad de factor de planta, no difieren en términos de potencia y de energía, ya que la diferencia de los niveles de captación del agua de unos 15 metros a favor del sitio Salado se reduce a 5 - 6 metros debido a las pérdidas hidráulicas por la mayor longitud del túnel (unos 6 kilómetros), lo que significa una diferencia en salto de aproximadamente 1%.

Por otro lado, el caudal al 90%, basado sobre los valores diarios, aumenta desde el sitio Salado hasta el sitio Malo M1 de 128,5 m<sup>3</sup>/s a 130 m<sup>3</sup>/s, lo que representa otra vez aproximadamente el 1%.

Esto significa que las dos alternativas tendrán que ser comparadas solamente en base a los costos, ya que los beneficios resultan casi idénticos.

Ambas alternativas filo de agua Salado y Malo, se están estudiando bajo las condiciones siguientes:

- Obras de control de la captación (vertederos) dimensionados para eventuales avalanchas de lodo correspondientes a caudales hidráulicos de 20.000 m<sup>3</sup>/s (ver punto 1.4.1).
- Desarenadores dimensionados para sedimentar partículas superiores a 0,2 mm en el caso de alternativas con compensador y partículas superiores a 0,15 mm para soluciones asociadas a chimeneas de equilibrio.
- Número de etapas constructivas principales relacionadas al número de túneles de aducción, que con el caudal disponible (ver punto 2.3.2) se fija en el número de dos; las subetapas pueden ser relacionadas al sistema tubería de presión-casa de máquinas.

- Compensador con presa en el eje básico sobre el río Granadilla o alternativas equivalentes con embalses artificiales, en contraposición a chimeneas de equilibrio.
- Casa de máquinas en subterráneo unos 500 metros adentro respecto al río Coca.

#### 4. OBRAS DE CAPTACION

##### 4.1 Generalidades

Como ya se mencionó, los sitios de las obras de captación fueron los más afectados por el evento del 5 de marzo y los criterios de las obras de captación han sido revisados según lo indicado en el punto 1.4 del presente informe.

La dificultad para los estudios de las obras de captación (sobre todo aquella del sitio Malo M1) radica en el hecho de que el tramo entre el Salado y el Malo está todavía lleno por una gran cantidad de barro y residuos vegetales, cuyo espesor no se conoce con exactitud. En consecuencia, cualquier proyecto en este sitio necesita de:

- Desde un punto de vista hidráulico, hacer hipótesis sobre los niveles futuros del río para diferentes caudales, y en particular el nivel aguas abajo de las obras para la creciente de proyecto, de manera de poder determinar la cota de la toma (nivel del umbral) y las dimensiones de las presas y de sus cuencos amortiguadores.
- Desde un punto de vista constructivo, hacer hipótesis sobre la evolución futura del cauce del río al momento de la construcción de las obras, sobre la posibilidad de drenar el área, de consolidar el lodo acumulado y, en consecuencia, las modalidades de ejecución de las excavaciones requeridas.

Cabe anotar que luego de las primeras visitas al sitio inmediatamente después del evento hasta la fecha actual, el espesor de barro, agua y residuos vegetales en el sitio Malo M1 relacionado esencialmente al represamiento del río Coca por la gran cantidad de material que bajó de la cuenca del río Malo, se ha reducido notablemente.

Inicialmente, en la margen izquierda del sitio Malo M1, se estimó un espesor de material sólido-líquido de unos 8 a 10 metros, que ahora se estima, en base a observaciones puntuales, que sea de solamente 2 - 4 metros.

También el río que inmediatamente después del evento no tenía absolutamente un camino definido entre el sitio Salado y el sitio Malo, ahora ya se está encauzando según un trazado que en varios tramos repite casi el que existía anteriormente al evento.

Todo esto significa que las condiciones de hidráulica fluvial y consecuentemente de asentamiento y de drenaje de los depósitos de



lodo y árboles están definiéndose rápidamente, lo que justifica ampliamente la decisión de no descartar la obra de captación en el sitio Malo M1.

#### 4.2 Alternativas en el sitio Salado

En este sitio inicialmente se estudió sólo la alternativa con desarenador en subterráneo. Esta alternativa (ver Plano 0209-A-1030) comprende:

- La obra de toma y el desarenador en subterráneo en la margen derecha.
- La obra de limpieza de la toma (flushing), que ocupa la parte derecha del lecho actual del río.
- Un umbral en hormigón en la cota 1.273 que ocupa toda la parte izquierda del lecho actual del río, con alrededor de 70 m de largo.
- Un vertedero auxiliar constituido por un umbral en hormigón, de 250 m de largo, en la cota 1.275, que ocupa la silla ubicada al lado izquierdo del morro central de granodiorita.

En estas condiciones, los caudales hasta un valor poco superior a  $500 \text{ m}^3/\text{s}$  se evacuan por el vertedero ubicado en el lecho del río (y por la obra de toma), siguiendo el cauce actual; el caudal de  $5.700 \text{ m}^3/\text{s}$  utilizado para el dimensionamiento hidráulico de los umbrales, se evacua con la cota 1.278,60, parte por el umbral en el lecho del río (alrededor de  $1.950 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y parte por el vertedero auxiliar (alrededor de  $3.550 \text{ m}^3/\text{s}$ ); el caudal de  $20.000 \text{ m}^3/\text{s}$  considerado por el momento como extremo, se evacua con el nivel 1.284,25, lo que determina la cota de protección de las obras o sea la cota 1.284,75.

Después de la tercera visita del Grupo Consultivo de INECCEL, se siguió el estudio de alternativas de las obras en este sitio.

Todas las alternativas fueron estudiadas suponiendo, por el momento, la obra de limpieza del desarenador equipada con bombas, de manera de poder así reducir la altura de las obras de captación (toma y vertedero) de unos 6 a 8 metros. Con el criterio mencionado, la altura de estas obras ya no será determinada por el circuito hidráulico de los desarenadores a gravedad, sino por el sistema obra de toma y correspondiente obra de limpieza. Alternativas de desarenador a gravedad se estudiarán sucesivamente.

Las alternativas que se están estudiando en este sitio son las tres siguientes:

- Alternativa con desarenador en subterráneo a presión.
- Alternativa con desarenador al exterior en el morro central.

- Alternativa con desarenador al exterior en la margen derecha.

Se está hipotizando que el nivel del agua del río aguas abajo de las obras, para el caudal promedio del mismo, sea de 1.261 metros y que este nivel suba a 1.269 metros en caso de caudal milenario de  $7.000 \text{ m}^3/\text{s}$ ; estas hipótesis tendrán que ser confirmadas o modificadas por las fotorestituciones en curso.

Para todas las alternativas en base a la aparente facilidad topográfica se había pensado (como lo sugirió el Grupo Consultivo de INECCEL) colocar un vertedero de emergencia no revestido en la margen izquierda del morro central aprovechando del paso lateral que allí se ubica. Un análisis detallado llevó a las siguientes conclusiones:

- El desvío del río durante la construcción (para  $3.500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) tiene que ser hecho a través de un canal de unos 100 metros de ancho ubicado al lado izquierdo del morro central a la cota más baja posible, ya que cualquier alternativa en subterráneo resultaría mucho más cara y menos segura.
- Este canal se aprovechará sucesivamente para la ubicación de un vertecero libre de operación normal.
- Con la disposición arriba mencionada, la eventual ubicación de un vertedero no revestido en la cota necesaria para operar sólo en emergencia, crearía problemas constructivos y necesitaría de obras costosas para dividir la zona de operación normal con aquella de operación de emergencia; todo esto para lograr descargar a través del vertedero de emergencia solamente un 15% del caudal total de  $20.000 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Se consigue la eliminación en este sitio del vertedero de emergencia con un pequeño aumento de la altura de los muros de cierre y de protección de las obras.

La única manera para mantener un vertedero de emergencia no revestido consistiría en construirlo en primera etapa dejando pasar el río por su lecho y después construir las obras en el lecho del río bajo una atagüa suficientemente alta para permitir desviar el río por el vertedero ya construido. Esto significaría una atagüa de unos 30 metros de altura para construir una obra definitiva en hormigón de una altura no superior de los 12 a 14 metros. Es evidente que esta última alternativa tiene que ser descartada.

4.2.1 Alternativa con el desarenador en subterráneo y a presión En base a las sugerencias del Grupo Consultivo de INECCEL y del Informe del Dr. Lombardi (0209-A-119), se decidió abandonar el estudio de la solución de desarenador en subterráneo a flujo libre y sustituirlo con un desarenador a presión.

Esta alternativa (ver Croquis 0209-C-108) está constituida esencialmente por las obras siguientes:

- Vertedero normal principal de 110 metros de ancho neto con umbral a la cota 1.269 ubicado en el canal de desvío al lado izquierdo del morro central.
- Vertedero normal secundario de 66 metros de ancho con el umbral a la cota 1.271 ubicado en el lecho actual del río.
- Obra de toma y de limpieza de la misma, ubicada en la margen derecha del lecho actual del río.
- Desarenador a presión en subterráneo unos 50 a 150 metros adentro de la formación rocosa de granodiorita.

En lo que se refiere a los vertederos normales sea principal o secundario, se consideró la oportunidad de poder inspeccionar y mantener sus cuencos disipadores, lo que implica la construcción de un puente arriba de los vertederos y de muros divisorios cada 20 a 25 metros. El puente arriba de estas obras es también necesario para el acceso definitivo a las obras de toma y de limpieza, así como al desarenador en subterráneo. En alternativa se examinará la posibilidad de construir un paso por debajo de los vertederos.

Los muros de cierre y de protección de las obras tendrán el coronamiento a la cota 1.283,4.

Los detalles geométricos e hidráulicos del desarenador, asociado a soluciones con compensador, se ilustraron en el Informe 0209-A-119 y sobre todo en el Informe 0209-A-304-C. Aquí simplemente se menciona que en base a cálculos de optimización resultó más conveniente asociar a cada una de las dos etapas constructivas 6 cámaras de sedimentación cada una de unos 90 m<sup>2</sup> de sección y de unos 90 m de largo.

4.2.2 Alternativa con desarenador al exterior en el morro central Esta alternativa difiere de la anterior esencialmente por la ubicación del desarenador que en lugar de ser en subterráneo se encuentra al exterior al lado izquierdo del morro central y que está previsto trabajar a flujo libre.

La diferente ubicación del desarenador afecta también la disposición de las otras obras.

La alternativa en examen está, por lo tanto, constituida por las obras principales siguientes (véase Croquis 0209-C-109):

- Vertedero normal principal de 110 metros de ancho neto con umbral en la cota 1.269, ubicado en el lecho actual del río.
- Vertedero normal secundario de 66 metros de ancho neto, con umbral a la cota 1.271, ubicado en el canal de desvío.
- Obra de toma y de limpieza de la misma ubicada en el sector derecho del canal de desvío.

- Desarenador al exterior inmediatamente al lado derecho del canal de desvío.
- Tramo de canal entre el desarenador y vertedero normal principal y túnel en el cuerpo de éste último hasta llegar a la margen derecha del valle.

También en este caso se aplicó el criterio de inspeccionar y mantener los cuencos disipadores y por lo tanto se pensó en un puente superior de los vertederos que sirva también (por lo menos al tramo arriba del vertedero normal secundario) como acceso a las obras de toma.

El desarenador fue en esta etapa preliminar del estudio diseñado como estructura cerrada para soportar mejor los efectos sísmicos.

El número óptimo de cámaras de sedimentación a ser asociado a cada etapa constructiva fue de 3, aunque también una alternativa con 4 cámaras tendrá que ser analizada en el futuro; la sección de cada cámara para soluciones asociadas al compensador resulta de unos 100 m<sup>2</sup> y el largo de unos 95 m.

Cabe mencionar que también esta alternativa, como la anterior, no requiere desplazamiento de la estación de bombeo del Salado y que la ubicación al exterior del desarenador al lado del morro central no constituye absolutamente ningún obstáculo a eventuales repeticiones de fenómenos similares, como los ocurridos en el pasado mes de marzo.

También en este caso los muros de cierre y de protección de las obras tendrán el coronamiento a la cota 1.283,4.

4.2.3 Alternativa con desarenador al exterior en la margen derecha Esta alternativa resulta de una combinación de las dos anteriores. En lo que se refiere a las obras al exterior en el eje del sitio Salado es idéntica a la primera (ver punto 4.2.1) y en lo que se refiere al desarenador es idéntica a la segunda (ver punto 4.2.2). El desarenador está ubicado unos 500 metros aguas abajo de la obra de toma y está conectado a esta última a través de túneles.

Esta solución implica una modificación inicial en el trazado del túnel de aducción, con un pequeño aumento del largo del mismo, y presenta un parcial riesgo de sedimentación en el primer tramo del túnel de aducción no protegido por el desarenador.

4.2.4 Comparación y conclusiones preliminares Una comparación económica preliminar de las estructuras variables de las obras de derivación y toma entre las tres alternativas hecha con la utilización de los costos unitarios y de los imprevistos del Informe 0209-A-109/1, llevó a los resultados siguientes:

- La solución con desarenador en subterráneo es más cara en un 20

a 25%, respecto a la con desarenador al exterior en el morro central.

- La solución con desarenador al exterior aguas abajo en la margen derecha es más cara en un 5 a 10%, respecto a la con desarenador en el morro central.

Además de estas consideraciones económicas preliminares hay que anotar lo que sigue:

- Mayor seguridad de la obra de toma y de limpieza de la misma para la solución con desarenador al exterior en el morro central por el peligro de derrumbes de las laderas muy empinadas en la margen derecha del río Coca donde se ubican las obras en cuestión para las otras alternativas.
- Seguridad un poco mayor de un desarenador en subterráneo respecto a un desarenador al exterior por efectos sísmicos.
- Falta de protección contra sedimentos en los primeros 400 metros del túnel de aducción en el caso de desarenador al exterior en la margen derecha del valle.

De todas las consideraciones arriba ilustradas resulta claramente más atractiva la solución con desarenador al exterior en el morro central. Por el momento se descarta solamente la alternativa con desarenador al exterior en la margen derecha, dejando para las etapas futuras del estudio un reanálisis comparativo entre la solución más conveniente al exterior y la alternativa en subterráneo.

#### 4.3 Alternativas en el sitio Malo M1

Se estudiaron dos series de alternativas, con niveles del río de 1.253 y 1.257 m, inmediatamente aguas abajo de las obras, para un caudal de 5.700 m<sup>3</sup>/s (el nivel calculado con las condiciones anteriores al 5 de marzo estaba alrededor de 1.251,5 m).

Se consideró también una serie de variantes con desarenador al exterior y una serie con desareanador en subterráneo, con el propósito de tener la máxima protección posible de esta obra.

Por último, una serie de variantes comprende, asociado al vertedero principal (umbral libre en hormigón), un dique de materiales sueltos, mientras que otra comprende un vertedero auxiliar constituido por otro umbral en hormigón.

Por supuesto, no se estudiaron todas las combinaciones de alternativas, ya que se pueden hacer unas comparaciones independientemente de otras.

En el cuadro siguiente se resumen las alternativas estudiadas:

Alter- nativa	Desarenador Subte- rráneo	Exterior	Vertedero Libre Principal	Auxiliar	Dique Mater. Suelto	Nivel aguas abajo para 5.700 m <sup>3</sup> /s 1.253      1.257
1a		x	x	x		x
1b	x		x	x		x
2a		x	x		x	x
1c		x	x	x		x
1d	x		x	x		x
2c		x	x		x	

#### Alternativa 1a (Plano 0209-C-1027)

Esta alternativa comprende:

- Un vertedero principal constituido por un umbral libre en hormigón, de 250 m de largo, en la cota 1.260, que permite evacuar por sí mismo la creciente milenaria de 5.700 m<sup>3</sup>/s con un nivel de aguas de 1.265 m aproximadamente.
- Un vertedero auxiliar constituido por un umbral libre en hormigón, de 220 m de largo, en la cota 1.265; este funciona para caudal afluente superior a 5.700 m<sup>3</sup>/s.
- Una obra de toma con una obra de limpieza (flushing).
- Un desarenador al exterior.

Los 2 vertederos de hormigón permiten evacuar un caudal equivalente a 20.000 m<sup>3</sup>/s de agua con un nivel de 1.269,7. Para las obras se añade un borde de 0,50 m sobre este nivel excepcional.

#### Alternativa 1b (Plano 0209-C-1028)

Esta alternativa difiere de la alternativa 1a sólo en lo siguiente:

- El desarenador es ubicado en subterráneo.
- El vertedero auxiliar tiene 320 m de largo en lugar de 220 m.

Los 2 vertederos permiten evacuar un caudal de 20.000 m<sup>3</sup>/s de agua bajo el nivel 1.269,2, o sea 0,50 m más bajo que para la alternativa 1a.

Alternativa 2a (Plano 0209-C-1029)

Esta alternativa comprende:

- Un vertedero principal idéntico al de las alternativas 1a y 1b.
- Un dique de materiales sueltos que cierre la presa en la margen izquierda.
- Una obra de toma con una obra de limpieza (flushing).
- Un desarenador al exterior.

El vertedero único permite evacuar el caudal excepcional de 20.000 m<sup>3</sup>/s de agua con el nivel 1.271,50, lo que obliga a subir los niveles máximos de las obras, con respecto a las precedentes alternativas, teniendo la cresta de los muros de hormigón en la cota 1.272 y el coronamiento de la presa en material suelto en la cota 1.273,50.

Comparaciones preliminares de costos de las alternativas indican costos casi equivalentes para las alternativas 1a y 2a (con un costo un poco menor para la primera), mientras el costo de la alternativa 1b (desarenador en subterráneo) resulta mayor en un 40%. Este porcentaje se refiere a una comparación sólo entre las obras de captación.

El terremoto del 5 de marzo afectó considerablemente el sitio M1, de todas maneras quedan las condiciones anotadas en el punto 4.1 del presente informe, donde se indica que la evolución morfológico-fluvial en este lugar parece más rápida de lo que se había previsto, lo que permite considerar este sitio con bastante optimismo.

En base a los estudios anteriores y a las consideraciones ya hechas para el sitio Salado, se han reestudiado en el sitio Malo M1 las dos alternativas siguientes:

- Alternativa con desarenador en subterráneo a presión.
- Alternativa con desarenador al exterior al lado derecho del valle.

La solución en subterráneo refleja y modifica en parte la solución ilustrada en el Plano 0209-C-1028 del presente Informe, mientras la del exterior refleja y modifica en parte la ilustrada en el Plano 0209-C-1027 del mismo informe.

Según los resultados de las comparaciones económicas ilustradas en el numeral 2.6 de este informe y las sugerencias del Grupo Consultivo de INECCEL, se abandonó la solución que preveía todavía parte de las obras de cierre en material suelto.

A nivel preliminar se está hipotizando que el nivel del río aguas abajo de la obra de limpieza de la toma, para el caudal promedio del mismo, será durante la construcción de la obra de 1.242 m y que este valor subirá a 1.251 m en el caso de creciente milenaria; estas hipótesis tendrán que ser confirmadas o modificadas por las fotorestituciones previstas.

En base a estas cotas, así hipotetizadas, y a la morfología anterior al evento de marzo, se escogió por el momento una cota de derivación de 1.254 m.

#### 4.3.1 Alternativa con desarenador en subterráneo y en presión

Esta alternativa está constituida esencialmente por las obras siguientes:

- Vertedero principal de unos 200 metros de ancho neto con umbral a la cota 1.254, ubicado en la zona central-izquierda del valle.
- Vertedero auxiliar de unos 280 metros de ancho neto con umbral a la cota 1.260, ubicado en la zona central-derecha del valle.
- Obra de toma y de limpieza de la misma, ubicada en la extremidad derecha del valle.
- Desarenador a presión en subterráneo unos 80 a 180 metros adentro en el macizo rocoso de la formación Misahuallí.

Para el vertedero auxiliar que trabaja sólo con caudales superiores a la creciente de 10.000 años, no se prevé la construcción de un cuenco disipador (véanse también sugerencias del Grupo Consultivo), mientras que para el vertedero normal se prevén operaciones de inspecciones y mantenimiento.

Las características hidráulicas del desarenador en subterráneo asociado a soluciones con compensador, serán las mismas ya descritas para el desarenador del Salado en el punto 4.2.1, mientras que las condiciones de la roca resultarán probablemente menos favorables que las correspondientes del sitio Salado; las protecciones de las excavaciones y los espesores de los revestimientos en hormigón resultarán probablemente mayores.

También en este caso todos los vertederos podrán tener un puente por encima de los mismos o un paso por debajo, mientras que los muros de cierre y de protección de las obras tendrán el coronamiento aproximado a la cota 1.266.

4.3.2 Alternativa con desarenador al exterior Esta alternativa está constituida esencialmente por las obras siguientes:

- Vertedero principal idéntico en dimensiones y ubicación al de la alternativa anterior.



- Vertedero auxiliar de 200 metros de ancho neto (unos 80 metros menor del de la alternativa anterior) a la cota 1.260 ubicado en la zona central del valle.
- La obra de toma y de limpieza de la misma ubicada cerca de la derecha del valle.
- Desarenador al exterior en la extremidad de la derecha del valle.

Para los vertederos valen las consideraciones hechas en el punto 4.3.1, mientras las características hidráulicas del desarenador asociado a soluciones con compensador son exactamente las mismas descritas en el punto 4.2.2.

Los muros de cierre y de protección de las obras tendrán esta vez coronamiento aproximado a la cota 1.266,50.

4.3.3 Comparación y conclusiones preliminares Una comparación económica muy preliminar de las obras variables de derivación entre las dos alternativas hecha con la utilización de los costos unitarios y de los imprevistos del Informe 0209-A-109/1 lleva a costos mayores para la solución en subterráneo de aproximadamente 35 a 40%.

También en este caso aunque la diferencia de costos resulta todavía mayor que la correspondiente diferencia en el sitio Salado, no se descarta por el momento la alternativa con desarenador en subterráneo.

## 5. TRAZADO Y DIAMETRO OPTIMO DE LOS TUNELES

### 5.1 Generalidades

En este capítulo se ilustran las modificaciones de trazado del túnel de aducción adoptadas para las dos alternativas de Salado y Malo Ml y se hacen algunas consideraciones sobre los valores mínimos del diámetro de los túneles y sobre el cálculo del diámetro óptimo de los mismos, ya sean asociados a chimeneas o al compensador.

### 5.2 Trazado del túnel de aducción

En base a las informaciones obtenidas con los dos primeros sondeos rotativos, que indican roca bastante alterada y fisurada a lo largo del primer tramo del trazado anterior del túnel de aducción, se decidió desplazar el túnel más adentro del macizo rocoso de la margen derecha para tratar de encontrar mejores condiciones de roca.

El desplazamiento del primer tramo del túnel más al interior del macizo rocoso fue también sugerido por parte del Grupo Consultivo de INECCEL.

En el Plano 0209-C-110 se indican los nuevos trazados para las dos alternativas con la obra de captación en el sitio Salado y en el sitio Malo Ml.

La ubicación de la embocadura de la ventana para la alternativa Malo Ml, queda la misma correspondiente al trazado original pero el largo de la ventana se aumentó desde 1 km hasta 1,7 km.

Para la alternativa Salado que tiene un largo de túnel mayor, la ventana de 1,8 km de largo se ubica 1,4 km más aguas arriba de la ventana de la alternativa Malo Ml.

Es evidente que los tres tramos del túnel tienen que ser excavados en contrapendiente con dos frentes de trabajo desde la ventana y un tercer frente desde el compensador o la chimenea de equilibrio.

El largo total del túnel de aducción del Salado asociado al compensador resulta de unos 24,8 km, mientras que el largo total del túnel del Malo Ml también asociado al compensador, se reduce a 18,9 km.

La ejecución del túnel de la alternativa Salado necesita tres topos que tienen que excavar respectivamente tramos de unos 8,9 km,

otra vez de 8,9 incluyendo la ventana y de 8,8 desde el compensador.

En el caso de alternativa Malo M1 puede ser que sean suficientes dos topos para los dos tramos terminales cada uno de 8,1 km (incluyendo la ventana), mientras que el primer tramo de unos 4,4 km podría ser excavado con métodos tradicionales.

### 5.3 Revestimiento y diámetro de los túneles

En base al grado de conocimiento actual del macizo rocoso en la margen derecha y a las sugerencias del Grupo Consultivo de INECCEL se están estudiando diferentes porcentajes de tramos revestidos de túnel sobre el largo total, desde un mínimo de un 20%, hasta un máximo del 100%; el espesor del revestimiento se está asumiendo en esta fase preliminar igual a  $1/14$  del diámetro interno del túnel.

Razones constructivas asociadas a las ubicaciones de las ventanas conllevan a fijar valores mínimos de los diámetros de los túneles para mantener el nivel piezométrico por encima del vértice altimétrico más desfavorable, también en condiciones de rugosidad excepcional.

Los cálculos hechos con valores normales del coeficiente de Strickler de 75 y de 55 respectivamente para tramos revestidos y tramos no revestidos excavados con topo, y con valores excepcionales del mismo coeficiente respectivamente de 65 y 47,5 lleva a imponer valores mínimos de excavación de diámetros de túnel.

En el caso de túneles asociados al compensador el valor mínimo del diámetro de excavación según que se relacionen al Sitio Malo M1 o al sitio Salado y según el diferente porcentaje de revestimiento varía entre 5,70 y 6,00 metros.

En el caso de que estos valores se alejen demasiado de aquellos resultantes del cálculo de diámetro óptimo, habría que reanalizar la posición y la altura del vértice altimétrico más desfavorable; esto puede significar que la ventana de la alternativa del Salado tenga que ser nuevamente desplazada aguas abajo y coincidir con la de la alternativa de Malo M1 como era anteriormente.

### 5.4 Diámetro óptimo de los túneles asociados a chimenea de equilibrio

El cálculo del diámetro óptimo de túneles asociados a chimeneas de equilibrio se había ya actualizado después del estudio de preselección de alternativas en base a los nuevos valores de caudales derivables y a nuevas hipótesis de porcentaje de revestimiento de los túneles.

Este ejercicio siempre hecho con el diagrama de carga diario indicado en la página C-4 del Tomo II del Informe 0209-A-109/1, había dado valores de diámetro óptimo aproximadamente un 5% menores de los anteriores debido esencialmente a la reducción de los cauda-

les derivados compensados sólo en parte por la reducción de costos de los túneles.

*Metod*

Todos estos cálculos se repetirán con diferentes porcentajes de revestimiento del túnel y con las curvas de carga recibidas recientemente de Planificación de INECCEL, que se anexa en la Figura 5/1; la tasa de interés a utilizarse será el 10% y se tomarán en cuenta los intereses intercalares y el tiempo necesario para poder aprovechar de los beneficios en base a las curvas de demanda del Escenario III.

#### 5.5 Diámetro óptimo de los túneles asociados al compensador

También el cálculo del diámetro óptimo de los túneles asociados al compensador se había ya actualizado después del estudio de pre-selección de alternativas en base a los nuevos valores de los caudales, a nuevas hipótesis de porcentaje de revestimiento y a nuevos costos más conservadores del compensador y sus obras anexas.

Este otro ejercicio hecho todavía con el diagrama de carga diario indicado en la página D-3 del Tomo II del Informe 0209-A-109/1, había dado valores de diámetro óptimo aproximadamente un 10% menores de los anteriores.

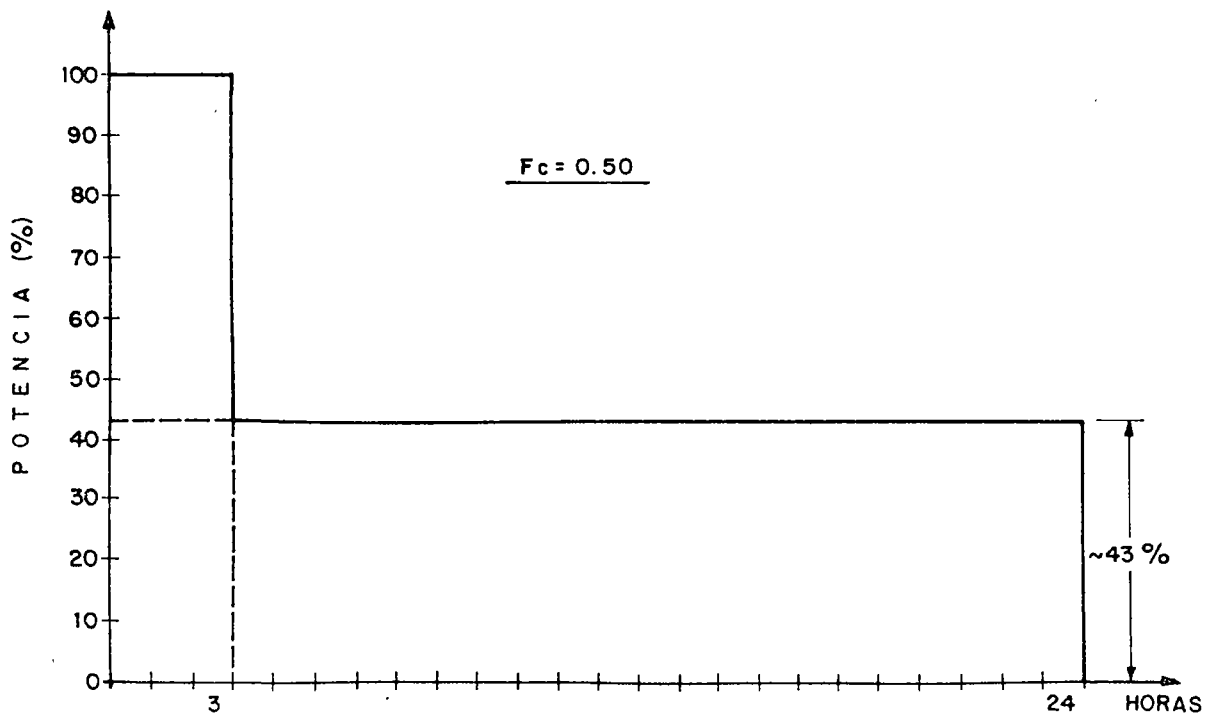
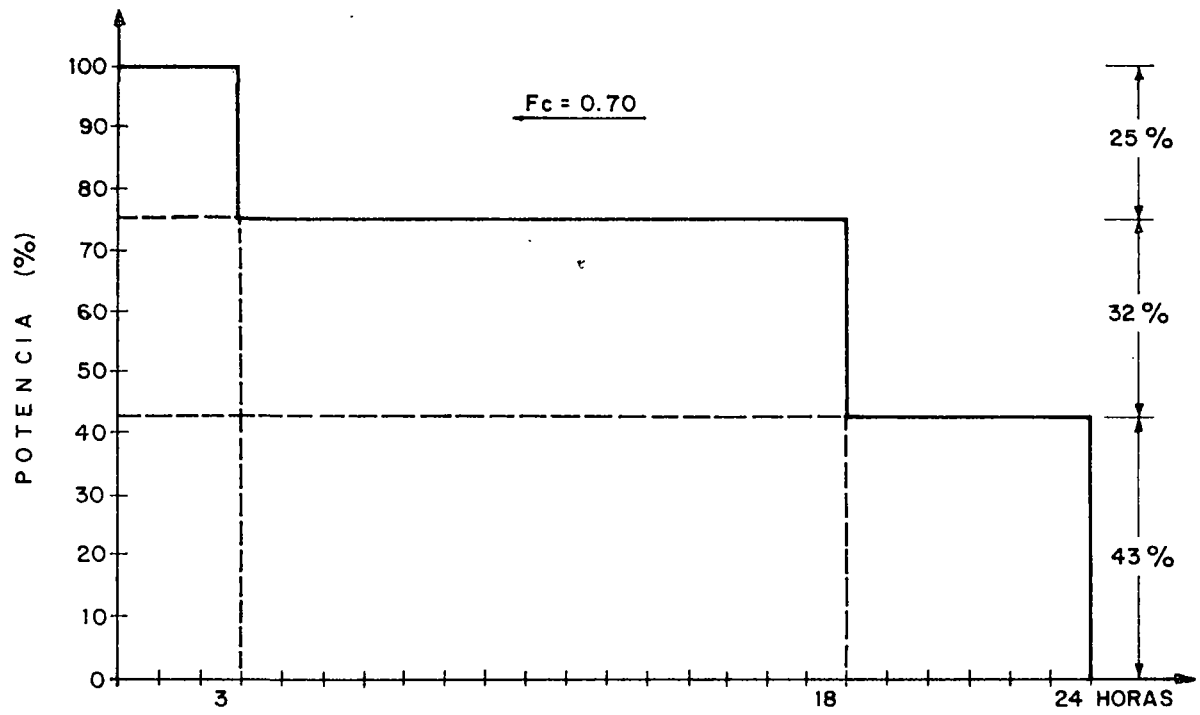
También estos cálculos se repetirán con diferentes porcentajes de revestimiento del túnel, con las curvas de cargas ilustradas en la Figura 5/1, la tasa de interés del 10% y las curvas de demanda del Escenario III; al costo de los túneles se asociará también el costo del compensador Granadilla con sus obras anexas o eventualmente el costo de las alternativas a este último (véase capítulo siguiente).

La optimización combinada del sistema túnel-compensador, con las limitaciones de diámetro mínimo ilustradas en el punto 5.3, se hará sea considerando solamente la primera etapa como aislada, o considerando las dos etapas.

Según nuestra opinión la conveniencia de construir una presa compensadora de la altura necesaria para la primera etapa y de levantarla sucesivamente con todas las complicaciones sobre las obras anexas, se justifica sólo en el caso de que la diferencia de cota entre las dos etapas supere los 8 a 10 metros; de otra manera se piensa construir toda la presa y sus obras anexas en primera etapa y dejar para la segunda solamente la protección de embalse que no se necesite inicialmente.

CURVAS DE CARGA DIARIA

29.



## 6. COMPENSADOR CON PRESA EN EL RIO GRANADILLA Y SUS ALTERNATIVAS

### 6.1 Generalidades

Es bastante clara la conveniencia de tener un compensador en las cercanías de la casa de máquinas a las cotas necesarias para poder hacer servicio de punta, mientras que los túneles de aducción hacia el compensador hacen un servicio de base.

Mientras más bajo es el factor de planta, más atractivo resulta el sistema túnel de aducción-compensador, comparado con el sistema alternativo túnel chimenea de equilibrio.

En este capítulo, sin analizar las alternativas que se refieren a las chimeneas de equilibrio, se hace una descripción de la solución básica del compensador en el río Granadilla analizada hasta la fecha y de sus diferentes alternativas.

El estudio de las alternativas al compensador del río Granadilla, ya anticipado en el Informe 0209-A-118, fue también recomendado por el Grupo Consultivo de INECCEL en su tercera visita.

### 6.2 Solución básica

La solución básica del compensador, estudiada hasta la fecha, está constituida por el embalse obtenido con una presa en el río Granadilla, inmediatamente aguas abajo de la confluencia de sus dos tributarios principales.

Del área interesada para la presa y parte del área de su embalse se hizo un levantamiento topográfico en escala 1:1.000 que sirvió para la actualización de la curva cota-volúmenes del embalse (véase Figura 6/1).

El tipo de presa escogido para los análisis preliminares de costos, se mantiene el de escollera con pantalla impermeable de hormigón armado a lo largo del paramento de aguas arriba bordeado por su muro perimetral. La altura probable de la presa varía entre 100 y 110 metros.

Después del evento del 5 de marzo, los dos taludes de la presa han sido suavizados a 1,6 horizontal para 1 vertical, para tomar en cuenta condiciones sísmicas más conservadoras de aquellas que se habían previsto anteriormente ("Seismic design of concrete faced rockfill dams" por H. Seed and others, Symposium Convention ASCE. Detroit, octubre 1985).

Por otra parte, ya que existen riesgos de sedimentación, en parte por los aportes de la propia cuenca y sobre todo por el agua de los túneles de aducción, se han previsto descargas de fondo diseñadas para permitir una limpieza de las dos ramas del embalse.

y la  
descarga  
¿no?

Estas descargas, con un caudal máximo de alrededor de 100 m<sup>3</sup>/s, se encuentran en un zócalo de hormigón compactado que rellena todo el fondo del valle bajo la presa, en unos 12 m de altura; para la estimación del presupuesto, el costo del m<sup>3</sup> de hormigón compactado fue tomado como un 50% del costo del m<sup>3</sup> de hormigón tradicional para obras gruesas al exterior.

Por último, para tomar en cuenta el riesgo de deslizamientos superficiales ocasionados por las oscilaciones de nivel del embalse en la formación Napo, se ha previsto una protección sistemática de toda la superficie de esta formación que se encuentra por debajo del nivel máximo del embalse. Esta protección podría consistir en un revestimiento de hormigón lanzado, anclado y drenado.

A nivel comparativo, se hizo una estimación del costo de una presa a gravedad en hormigón. Este costo depende mucho de la profundidad que requieren las excavaciones de la presa. Por ejemplo, con una profundidad de excavación de 20 m en la formación Napo y 5 m en la formación Hollín, el costo de una presa de hormigón-gravedad y obras anexas, sería de alrededor de 10-15% más caro que el de una presa de enrocado con pantalla aguas arriba con sus obras anexas, incluyendo las descargas de fondo.

Esta indicación preliminar, que está sometida a los imprevistos de cimentación (sólo se podrán precisar con investigaciones de terreno), permite pensar también en alternativas en hormigón y en particular en una presa de gravedad en hormigón compactado, a ser consideradas en una etapa posterior del Proyecto.

Debido al costo relativamente alto de esta presa compensadora y de sus obras anexas (variable preliminarmente entre 60 y 100 millones de dólares sin imprevistos) se pensó oportuno estudiar alternativas que permitan el mismo servicio de la solución básica.

### 6.3 Alternativa con reservorio(s) excavado(s)

Según las sugerencias del Grupo Consultivo de INECCEL se estudiaron alternativas de reservorios excavados en lugar de construir la presa en el río Granadilla.

En base a la topografía disponible, en su mayoría constituida por fotorestitución a escala 1:10.000 integrada parcialmente y localmente por el levantamiento terrestre en escala 1:1.000, se identificaron dos zonas posibles para construir reservorios excavados: una al lado derecho del río Granadilla aguas abajo del eje de la presa y la otra simétrica al río mismo en su lado izquierdo. Los dos sitios están indicados en el Croquis 0209-C-110.

El ejercicio hecho en base a las curvas de carga utilizadas en el estudio anterior de preselección de alternativas, llevó a determinar la necesidad de excavar volúmenes de 7,5 a 8,5 millones de metros cúbicos en cada una de las dos etapas para tener un volumen útil por etapa de 1,5 millones de metros cúbicos, más un volumen muerto mínimo de 0,5 millones.

Esto se debe al hecho que se consideraron reservorios artificiales completamente excavados para evitar costosas obras de relleno, y la accidentada topografía de esta zona conlleva a excavaciones de este orden para obtener un volumen de 2 millones de metros cúbicos.

Todas las excavaciones de los reservorios se encuentran en la formación Napo y Tena y por lo tanto toda la zona sujeta a las fluctuaciones de niveles de agua tendrá que ser protegida con el mismo sistema previsto para el embalse del compensador Granadilla.

De lo descrito anteriormente, y sin tomar en cuenta mayores costos de operación debidos a la necesidad de dragado y los mayores costos del sistema aducción-tubería de presión, se llega a costos de 2 a 3 veces mayores de los de la solución básica.

Utilizando las últimas curvas de carga entregadas por Planificación, que reducen apreciablemente el volumen necesario para la regulación, no se necesitan más dos reservorios excavados sino solamente uno oportunamente ampliado; también en este caso el costo de esta alternativa sería superior por lo menos en un 60% al de la solución básica.

La alternativa de reservorio(s) de compensación completamente excavado(s), resulta por lo tanto definitivamente descartada.

#### 6.4 Alternativas con presa(s) en los tributarios del río Granadilla

Siempre con el fin de estudiar alternativas menos costosas que la solución básica se analizaron otros ejes de presa a lo largo de los tributarios del río Granadilla.

Los sitios alternativos empiezan con el eje D1 en el tributario derecho (véase Croquis 0209-C-111), ya mencionado en el punto 7.6.3 del Informe 0209-A-118 y se completan con el eje D2, siempre en el tributario derecho y con los ejes I1 e I2 en el tributario izquierdo.

6.4.1 Eje D1 En este sitio la altura probable de la presa queda comprendida entre 55 y 65 metros y el volumen de la misma resulta aproximadamente el 35-40 por ciento del volumen de la presa de la solución básica.

La curva cota-volumen del embalse, evaluada en base a la restitución aerofotogramétrica en escala 1:10.000, ya que la gran mayoría de este embalse no está cubierto con el levantamiento topográfico terrestre a escala 1:1.000, se ilustra en la Figura 6/2.



En base a las curvas de carga utilizadas en la fase anterior del estudio de preselección de alternativas y con factor de planta 0,5, el volumen necesario para la regulación era de 1,5 y 3 millones de metros cúbicos respectivamente, para la primera y para la segunda etapa; el volumen disponible tomando en cuenta un mínimo de 0,5 millones de volumen muerto, no resultaría suficiente. Solamente con niveles máximos del embalse suficientemente altos (asociables solamente a la alternativa Salado), el volumen hubiera resultado suficiente para la primera etapa. Se necesitará por lo tanto aumentar de una vez el volumen de regulación con la excavación necesaria o asociar a este embalse un segundo embalse con eje presa en II, a construirse en segunda etapa.

Con las nuevas curvas de carga la situación del embalse asociado al eje DI mejora bajando, con factor de planta de 0,5, el volumen útil necesario a la regulación, a 0,7 millones de metros cúbicos en primera etapa y a 1,4 en segunda. Dada la incertidumbre sobre la curva de carga que realmente será requerida por el Proyecto cuando esté en operación (probablemente después del año 2000), se introduce para los volúmenes necesarios a la regulación un coeficiente de seguridad igual a 1,5.

De esta manera se comparó la solución básica con la solución alternativa DI modificándola con las excavaciones necesarias y se llegó a tener una ventaja para esta última con cotas de coronamiento superior a la 1.255, quedando más atractiva la solución básica para alturas menores, que parecen hasta la fecha ser más probables.

Otra posibilidad es la de asociar al embalse de primera etapa con presa en el eje DI, otro embalse en segunda etapa con presa en el eje II.

6.4.2 Eje II También en este sitio la altura probable de la presa queda comprendida entre 55 y 65 metros con un volumen estimado (por falta de topografía de detalle) superior en un 10% al correspondiente de la presa en DI.

Paralelamente la curva cotas volúmenes, siempre en base a la topografía a escala 1:10.000, da valores aproximadamente inferiores en un 10% a los del embalse DI (véase Figura 6/2).

✓ Por lo tanto este sitio considerado como aislado y comparado con el sitio DI resulta menos atractivo.

Queda la posibilidad de asociarlo en segunda etapa al embalse DI construido en primera, conectando los dos embalses con un túnel de unos 700 metros de largo.

De cálculos económicos orientativos, también esta combinación de embalse DI en primera etapa asociado al embalse II en segunda etapa, tomando en cuenta los escalonamientos de costos y beneficios, resulta más atractiva que la alternativa básica solamente con cotas de coronamiento superior a la 1.255, lo que no parece ser en base a los cálculos preliminares

6.4.3 Eje D2 Entre el eje de la solución básica en el río Granadilla y el eje D1 en el tributario derecha, unos 220 metros aguas arriba de la confluencia, se está actualmente analizando otro eje definido D2 que de un lado reduzca el volumen total de la presa (solución básica), y, de otro, no requiera excavaciones adicionales para aumentar el volumen del embalse.

La ubicación de este eje alternativo se indica en el Croquis 0209-C-111, mientras que la relativa curva cotas-volúmenes se ilustra en la Figura 6/3.

La altura probable de la presa varía entre 85 y 95 metros y el volumen de la misma resulta aproximadamente 50-55 por ciento de la presa de la solución básica.

El volumen útil arriba de la cota 1.225 (volumen muerto de 1.2 millones de m<sup>3</sup>) varía entre 0,6 y 2,3 millones de metros cúbicos al variar el nivel máximo normal de 1.235 hasta 1.250, lo que significaría un valor suficiente también para la segunda etapa con niveles máximos superiores a 1.248 metros.

Esta alternativa, aunque se encuentra todavía a nivel muy preliminar de estudio, parece resultar bastante atractiva a pesar de los problemas secundarios de cierre en la margen izquierda por insuficiencia parcial de cotas topográficas.

En el caso de que se juzgue conveniente tener un volumen muerto mayor de lo arriba indicado, o de que lo sugieran los cálculos económicos de optimización del sistema túnel-compensador, todavía a hacerse, puede ser que para la etapa final se necesite un embalse adicional y éste estaría constituido por una segunda presa en el sitio I2, en el tributario izquierdo del río Granadilla.

6.4.4 Eje I2 También la ubicación del eje I2 se encuentra entre la del eje de la solución básica y la del eje I1 en el tributario izquierdo, unos 210 metros aguas arriba de la confluencia (ver Croquis 0209-C-111).

La curva cotas volúmenes de este embalse se ilustra también en la Figura 6/3; como se ve, los valores del volumen total del embalse resultan aproximadamente un 40-50 por ciento inferiores a los correspondientes del embalse D2, mientras que la suma de los valores de los volúmenes totales de los dos embalses D2 e I2 resulta un 40 por ciento inferior a los volúmenes del embalse del río Granadilla.

El volumen del cuerpo de la presa resulta aproximadamente igual a un 40-50% del volumen de la presa sobre el río Granadilla, mientras que la suma del volumen de la presa I2 con el de la presa D2 resulta del mismo orden.

La ventaja de esta solución, D2 + I2, consiste en la posibilidad de escalonar las inversiones según las etapas y de facilitar completamente la construcción del segundo túnel de aducción.

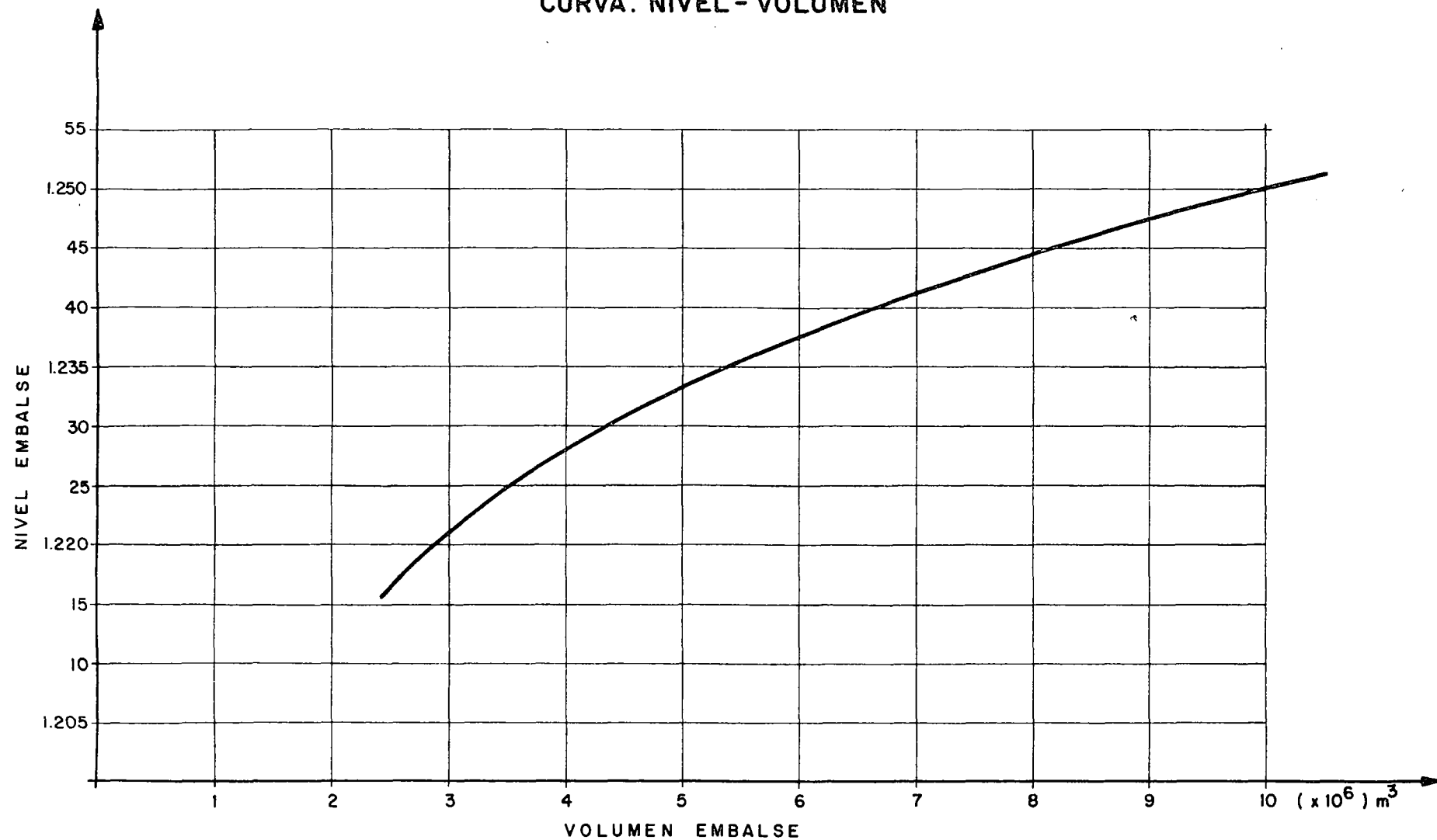
Los dos embalses podrán ser fácilmente conectados a través de un canal con o sin estructura de control; la existencia de esta última permitiría hacer la operación de limpieza del embalse izquierdo sin interrumpir completamente la producción de la planta.

#### 6.5 Conclusiones

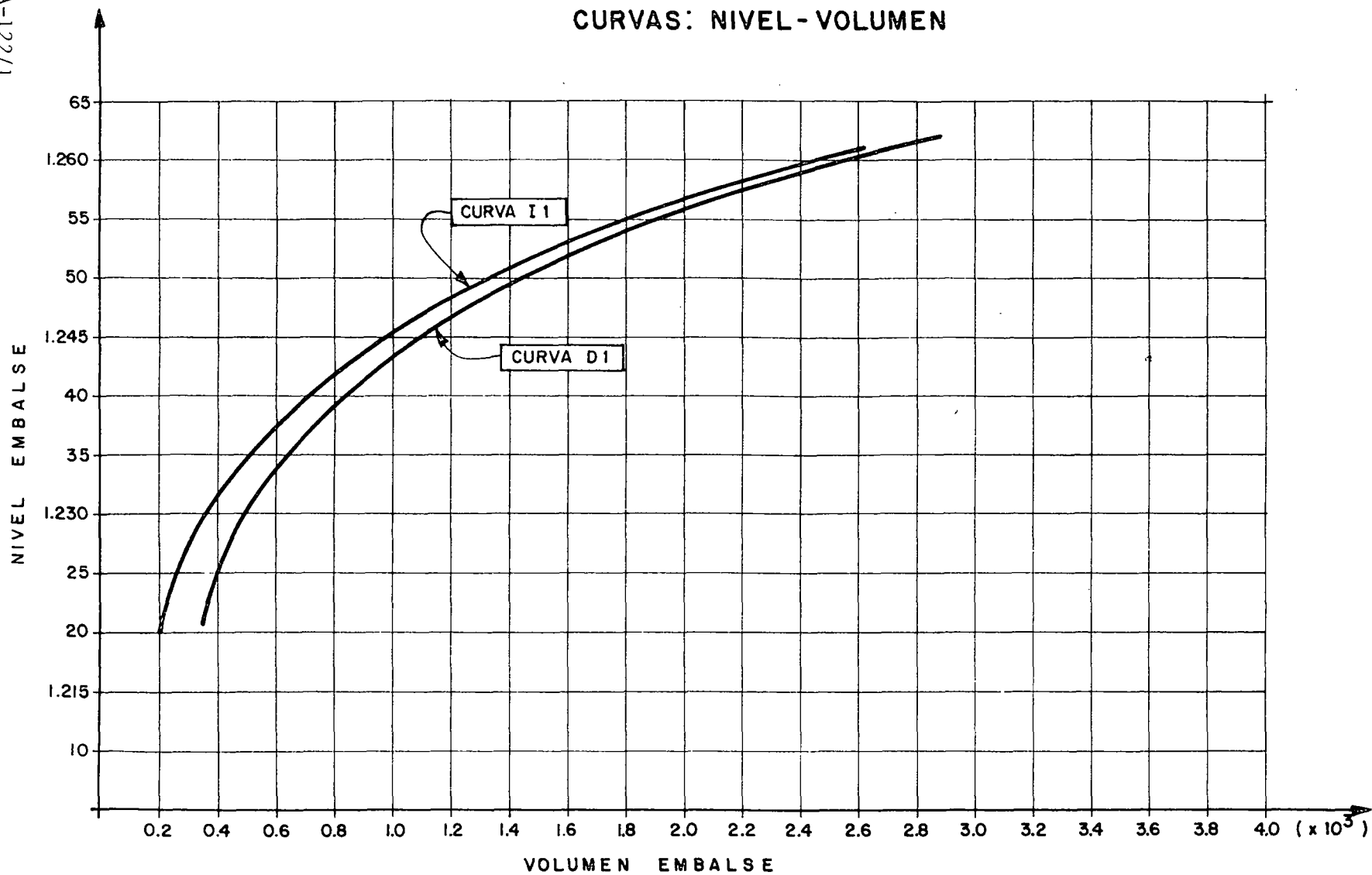
De la comparación preliminar entre la solución básica con presa en el río Granadilla y sus alternativas, se concluye lo que sigue:

- es evidente la eliminación de la alternativa con reservorio(s) completamente excavado(s),
- es conveniente también la eliminación de las presas D1 e I1 en los tributarios del río Granadilla por ser probablemente menos atractivas que la presa en el río Granadilla y seguramente menos atractivas que las presas D2 e I2,
- existe interés por la alternativa con presa en D2 y eventualmente en I2 a ser estudiadas en paralelo con la solución básica.

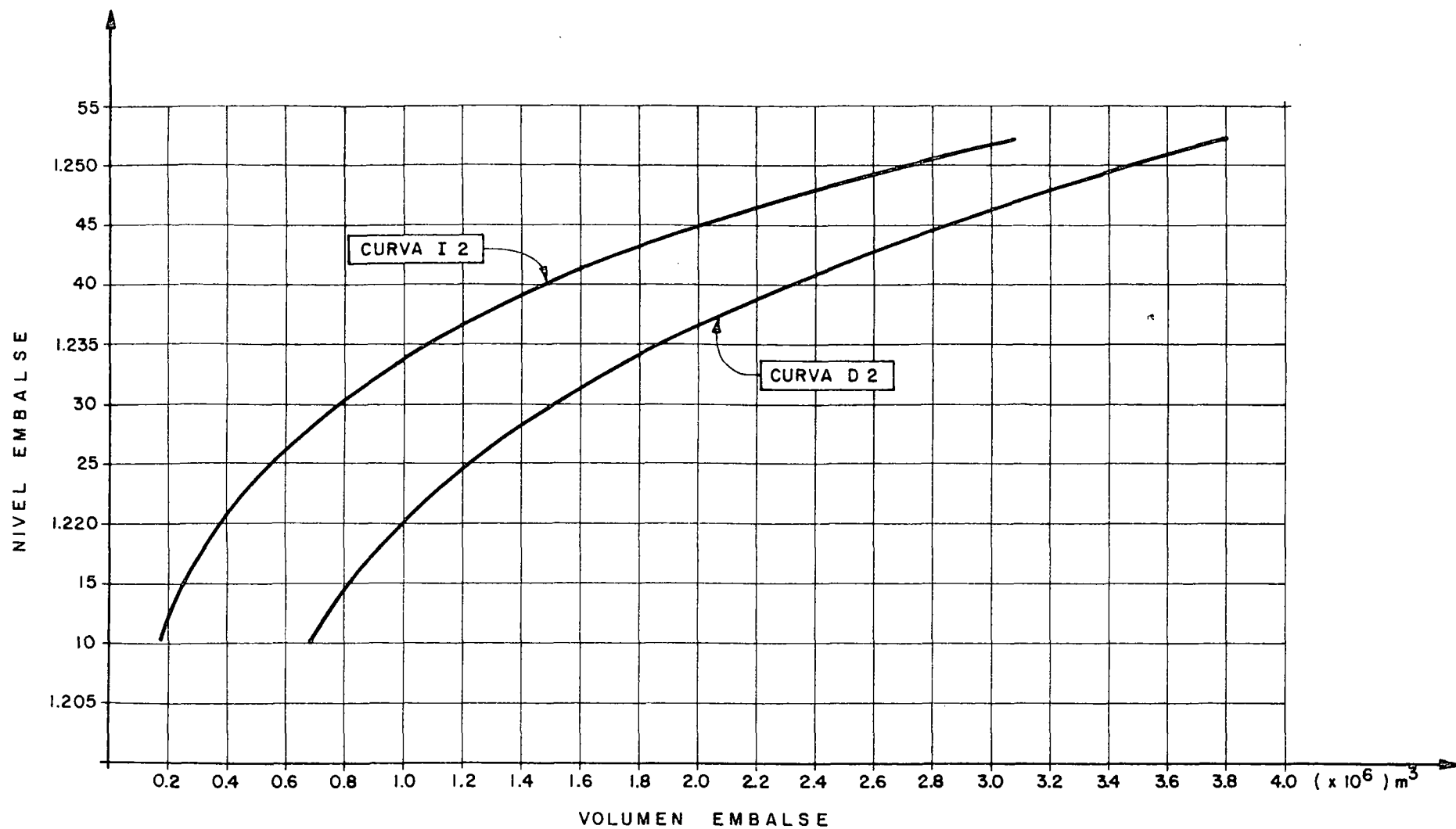
EMBALSE COMPENSADOR SOLUCION BASICA  
CURVA: NIVEL - VOLUMEN



EMBALSES COMPENSADORES D1 e I1  
CURVAS: NIVEL - VOLUMEN



EMBALSES COMPENSADORES D2 e I2  
CURVAS: NIVEL - VOLUMEN



## 7. TUBERIA DE PRESION CASA DE MAQUINAS Y SUBESTACION

### 7.1 Generalidades

En este capítulo se describe someramente el avance del estudio de la parte del proyecto aguas abajo del compensador (o chimenea de equilibrio) hasta la restitución al río Coca. Se hace también referencia al estudio de las líneas de transmisión de la subestación del Proyecto hasta la subestación existente de Santa Rosa cerca de Quito.

El contenido de este capítulo constituye en parte un resumen del Informe Preliminar del Equipo Electromecánico (0209-A-302-M), cuyos objetivos principales son:

- Determinación del tipo y potencia unitaria de los grupos.
- Definición de la mejor disposición de la casa de máquinas y sus obras anexas.

### 7.2 Tuberías de presión

Por falta de información geológica hasta la fecha se consideró la solución de tubería de baja y sucesivamente alta presión indicada en el Plano 0209-C-1032.

El largo de la tubería en baja presión (asociada al compensador) resulta de 600 metros, mientras la de la tubería de alta presión de 925 metros.

Muy conservadoramente se están considerando, por el momento, tuberías de alta presión embebidas en hormigón, cuyo espesor está calculado para la máxima presión, incluyendo el golpe de ariete, sin tomar en cuenta la colaboración de la roca.

La longitud de la tubería es suficiente para considerar que su diámetro puede ser reducido en la parte inferior y aumentado en la parte superior, reduciendo así los espesores máximos de acero.

Se consideró en el cálculo de las diferentes alternativas, un caudal límite por tubería de 115-120 m<sup>3</sup>/s y una velocidad máxima de 6,6 m/s.

Los diámetros de las tuberías según los casos (variación del factor de planta y de la potencia unitaria de los grupos) varían entre un mínimo de 3,7 y un máximo de 4,8 metros; el espesor del hormigón de empotramiento se ha estimado de 0,80 metros para permitir el montaje y la soldadura de los ramales.

### 7.3 Casa de máquinas

La poca información geológica disponible evidencia, sin embargo, la orientación de dos sistemas de fracturaciones perpendiculares en dirección N-W y N-E; este último parece resultar preponderante, lo que induce a orientar la casa de máquinas en dirección N-W (véase Plano 0209-C-1031); esta orientación, así como la ubicación de la casa de máquinas, deberá ser confirmada cuando se tengan informaciones precisas.

Por el momento la ubicación de la casa de máquinas queda alrededor de 500 metros al oeste del Codo Sinclair.

En lo que se refiere al tipo de los grupos, la caída neta disponible variable entre 610 y 630 metros y la presencia de sedimentos abrasivos en el agua, requieren la instalación de grupos de generación tipo Pelton.

Haciendo variar el factor de planta de 0,5 a 1 y la potencia unitaria de los grupos de 110 a 210 MW, se estudiaron 13 alternativas de casas de máquinas, calculando para cada una los costos tanto de las obras civiles como del equipo. Se añadió un grupo de reserva para cualquier factor de planta examinada. La necesidad del grupo de reserva será reanalizada por los técnicos electromecánicos y en el Informe sobre el Equipo Electromecánico se indicarán las razones que justifiquen su existencia o su eliminación. ??

Las alternativas fueron comparadas sistemáticamente entre sí mismas con la disposición básica de casa de máquinas en dos cavernas, mientras que la comparación con la alternativa de caverna única fue hecha solamente para las alternativas más atractivas.

El estudio se efectuó considerando una limitación en el transporte local de aproximadamente 70 t de peso, aunque de informaciones preliminares se conoció que tomando precauciones y medidas especiales, se podría llegar a un máximo de 100 t. En el rango de potencias que merece considerar y con alta tensión de 345 kV pueden ser transportados transformadores trifásicos por potencia de 120 MW y únicamente monofásicos por potencias de 160 MW y 210 MW. ?

7.3.1 Solución básica con dos cavernas La solución básica estudiada está suficientemente ilustrada en el Plano 0209-C-1033.

La casa de máquinas y galería de equipos de alta tensión están en cavernas separadas. El área de montaje está situada al centro entre los grupos de primera y segunda etapa en las soluciones con la caverna única y al extremo de la caverna con soluciones de cavernas separadas para cada etapa.

La longitud del área de montaje se tomó igual a 1,5 veces la distancia entre grupos con soluciones hasta 6 grupos y 2 veces con soluciones con más de 6 grupos.



El túnel de acceso, de aproximadamente 510 m de longitud, llega al área de montaje cruzando la galería de transformadores, que está ubicada aguas abajo de la casa de máquinas y paralela a ésta.

En la casa de máquinas son instalados los grupos de generación de tipo Pelton de 6 inyectores, la válvula de entrada de tipo esférica y los equipos auxiliares eléctricos y mecánicos.

Al lado de cada válvula esférica se encuentra el área para desmontaje del rodete turbina. Esta área, como también el área de la válvula están servidas por grúas. Debido al número de grupos y/o potencia unitaria de estos se prevé la instalación de dos grúas principales iguales, que para la carga máxima trabajan conjuntamente.

El canal de descarga de cada grupo es equipado con compuertas de mantenimiento (stop-logs), operadas por una pequeña grúa montada en monorriel. El (los) canal(es) principal(es) de descarga sale(n) por debajo de la galería de transformadores y corren paralelos al túnel de acceso hacia el río.

Los transformadores principales son conectados a los grupos principales por medio de barras blindadas y están instalados en una galería separada; se consideraron transformadores de tipo monofásico únicamente para las soluciones a 160 MW y 210 MW, debido a limitaciones de transporte. En la misma galería son instalados los transformadores de los servicios auxiliares.

El mantenimiento de los transformadores se efectúa en casa de máquinas, en el área de montaje, donde se prevé una fosa de dimensiones adecuadas. Arriba de los transformadores es instalada la subestación en SF6 de 345 kV. La subestación es servida por una grúa auxiliar que permite desmontar los equipos y bajarlos hacia la galería de acceso.

X De la galería de transformadores sale el túnel de cables hacia el portal de salida ubicado cerca del túnel de acceso. El mismo túnel se utiliza para ventilación de casa de máquinas con disposición adecuada para la seguridad en caso de incendio. Otro túnel de dimensiones reducidas está previsto para el circuito de ventilación y además para escape en caso de incendio.

La casa de control y mando se encuentra al exterior, cerca de la salida del túnel de acceso.

7.3.2 Alternativa con caverna única En el marco de las alternativas se ha estudiado también una solución de casa de máquinas con caverna única y con bóveda circular. Esta solución permite alojar en una sola caverna también el patio de transformación y la subestación en SF6 (ver Plano 0209-C-1033). De esta manera se simplifica la conexión de barras y cables entre casa de máquinas y área de transformación, pero las dimensiones de la bóveda son mucho más amplias y su factibilidad tecnológica aún debe ser confirmada

---

por las investigaciones a realizarse en la zona de la casa de máquinas.

El esquema de conjunto de las tuberías forzadas, casa de máquinas, accesos y galerías de descarga, de la solución con una caverna es prácticamente similar a la de dos cavernas. La única diferencia apreciable está representada por la cota del área de montaje y accesos que en la solución con una caverna es de 6 a 8 m más bajo, permitiendo así reducir la altura total de la casa de máquinas con el consiguiente ahorro de espacio y de costo. De esta manera la altura total de la casa de máquinas varía entre 35,90 y 41,40 m, según las dimensiones del grupo, con un incremento máximo contenido en 2,30 m con respecto a la solución con dos cavernas; el ancho de la bóveda es de 37,60 m para grupos de 120 MW y de 43,00 m para grupos de 201 MW.

Con el fin de hacer comparaciones se han cuantificado para la solución con caverna, las tres alternativas siguientes: la N° I (12 grupos de 120 MW), la N° VII (9 grupos de 160 MW) y la N° XI (7 grupos de 210 MW), que son las alternativas con el mayor número de grupos y desde luego las que tienen dimensiones más grandes de las casas de máquinas y del patio de transformación.

La diferencia de costo total de casa de máquinas con dos cavernas y casa de máquinas con caverna única resulta, muy limitada y contenida en un valor máximo del 5%; esto significa que las dos soluciones son desde un punto de vista económico prácticamente equivalentes y por lo tanto la elección entre las dos soluciones deberá ser hecha basándose también en consideraciones de carácter constructivo y geomecánico una vez concluida la campaña de investigaciones.

7.3.3 Alternativa con subestación al exterior En las alternativas descritas en los párrafos anteriores siempre se consideró una subestación en SF6 o en la caverna separada de los transformadores o en una única caverna que contiene también estos últimos.

Para completar el estudio se analizó también la alternativa con subestación al exterior al borde de la meseta superior.

La subestación al exterior tiene como diferencia fundamental con una subestación subterránea aislada en SF6, el número y longitud de cables de alto voltaje a emplear.

Mientras que, con la subestación subterránea se requieren los cables para unir las dos líneas aéreas con el patio de maniobras, para la subestación exterior se necesitan cables para cada unidad de generación. Cuando el número de unidades es 12, se deben emplear 36 cables monopolares que irían en la misma excavación de una de las tuberías de presión con una longitud tres veces mayor que la requerida para salir hasta la entrada del túnel de acceso, hacia donde se puede llegar para el caso de las salidas de línea. La diferencia de longitud y el desnivel entre terminales de cable, que exige tomar medidas adicionales para limitar la presión de aceite

al interior del cable, resulta en una diferencia de costo que, para la subestación exterior es más de dos veces lo que costaría la subterránea.

7.3.4 Conclusiones Las principales conclusiones del estudio preliminar del equipo electromecánico de casa de máquinas resultan las siguientes:

- ???
- Grupos tipo Pelton de 6 inyectores.
  - Subestación en exafluoruro (SF6) en subterráneo.
  - Elección entre alternativa de casa de máquinas en dos cavernas y alternativa en casa de máquinas única a hacerse sucesivamente en base a los resultados de las investigaciones geológicas.

#### 7.4 Líneas de transmisión

???

El voltaje de transmisión desde la central hasta Quito, para enlazarse en esta ciudad al Sistema Nacional de Transmisión se adopta en 345 kV. Desde la subestación subterránea aislada en SF6 salen cables aislados de 345 kV hasta pórticos terminales de las líneas áreas.

Los pórticos terminales se ubican cerca de la entrada del túnel de acceso a la casa de máquinas; desde ahí las líneas suben a la meseta de la margen derecha del río Coca y siguen una ruta aproximada paralela al río, hasta un sector aguas arriba de la desembocadura del río Salado en donde cruzan el río Quijos para tomar una ruta compatible con el trazado de la carretera Pifo-Papallacta-Baeza-El Chaco.

Después de cruzar la cordillera un poco arriba de los 4.000 metros, las líneas se orientarán hacia la Subestación Santa Rosa en Quito en donde terminan.

En consideración a que las dos etapas del Proyecto pueden estar bastante lejanas entre sí como para justificar diferentes criterios técnicos sobre el tipo de línea de transmisión más conveniente y adecuado, se estima conveniente considerar dos líneas independientes, una por cada etapa.

## 8. INDICACIONES ECONOMICAS PRELIMINARES

### 8.1 Generalidades

Sin entrar en hacer comparaciones entre las alternativas del sitio Salado con las alternativas del sitio Malo M1 y limitando el ejercicio a la alternativa del primer sitio con desarenador al exterior en el morro central, se hicieron algunos análisis económicos preliminares haciendo variar el factor de planta desde 1 hasta 0,5.

Es claro que la subalternativa con factor de planta 1 será asociada a una chimenea de equilibrio mientras que las subalternativas (en su desarrollo final) con factor de planta 0,7 y 0,5 serán asociadas a un compensador.

### 8.2 Costos

Los costos de las subalternativas se determinaron haciendo por el momento siempre referencia a los costos unitarios de preselección de alternativas (Cuadro 3/1 del Informe 0209-A-109/1).

Se hipotetizó de tener un 60% del largo del túnel revestido (sobretudo en el primer tramo hasta la ventana y en la parte terminal cuando se encuentre la formación Hollín) y por el momento se hizo referencia al compensador en el río Granadilla ya construido casi por completo en la primera etapa.

En las Tablas de 8/1 a 8/3 al final del capítulo, se indican para las tres subalternativas los costos de los principales componentes del Proyecto en su desarrollo completo.

Los tiempos de construcción sin tomar en cuenta accesos y campamentos (que tienen una incidencia bien baja sobre el costo total) se estiman para la primera etapa de la alternativa Salado en 6 años y en 5,5 años para la segunda etapa.

### 8.3 Parámetros económicos preliminares

*Nota 8.3 b* Siempre basándose sobre las hipótesis simplificativas y los criterios económicos ilustrados en el estudio de preselección de alternativas (ver puntos 3.3 y 6.2 del Informe 0209-A-109/1) que consisten esencialmente en:

- Curvas de demanda del escenario III.
- Entrada en operación de la primera etapa del Proyecto en el año 2004.

- Entrada en operación de la segunda etapa inmediatamente después de la primera en base a las curvas de demanda.
- Desembolsos durante la construcción considerados constantes.
- Tasa de interés del 10. 12%

Se repitieron los cálculos económicos preliminares que no pretenden absolutamente ser definitivos, éstos se efectuarán oportunamente, conjuntamente con la Dirección de Planificación de INECEL previa a la decisión definitiva al respecto.

Los resultados de estos cálculos así como los valores por el momento aproximados de potencia y energía, se indican a continuación:

Factor de planta	Potencia (MW)	Energía (GWh/a)	B-C (10 <sup>6</sup> US\$)	B/C (-)	TIR (%)	Costo por kW (US\$/kW)
1	690	6.080	1.608,59	2,74	23,92	1.339,80
0,7	965	6.080	1.604,61	2,52	22,07	1.093,90
0,5	1.380	6.080	1.670,12	2,42	21,22	852,30

Como se puede ver estos resultados aunque aproximativos y preliminares confirman la factibilidad económica del Proyecto.

Tabla 8/1

ALTERNATIVA SALADO CON DESARENADOR AL EXTERIOR			PF $\approx$ 1
RESUMEN DE LOS COSTOS DIRECTOS*			(10 <sup>6</sup> US\$)
Item	COSTOS		Total
	Obras Cíviles	Equipo	
Expropiaciones y carretera de acceso	5.000	-	5.000
Obras de captación y desarenador	89.500	7.900	97.400
Túneles de aducción	235.300	-	235.300
Chimenea de equilibrio	9.600	-	9.600
Toma y tubería forzada**	23.600	35.800	59.400
Casa de máquinas**	34.900	115.500	150.400
Transformadores y subestación**	19.900	19.300	30.200
Galería de descarga	8.800	-	8.800
Total costos directos	417.600	178.500	596.000
Sistema de transmisión	4.600	59.700	64.300
Total con sistema de transmisión	422.200	238.200	660.400
*: Incluyen los imprevistos.			
**: Con unidades de 120 MW.			

Tabla 8/2

ALTERNATIVA SALADO CON DESARENADOR AL EXTERIOR			PF $\approx$ 0,7
RESUMEN DE LOS COSTOS DIRECTOS*			(10 <sup>6</sup> US\$)
Item	COSTOS		Total
	Obras Cíviles	Equipo	
Expropiaciones y carretera de acceso	5.000	-	5.000
Obras de captación y desarenador	73.400	6.900	80.300
Túneles de aducción	235.300	-	235.300
Embalse compensador	94.200	1.000	95.200
Toma y tubería forzada**	26.700	43.800	70.500
Casa de máquinas**	39.800	148.300	188.100
Transformadores y subestación**	13.100	23.300	36.400
Galería de descarga	10.200	-	10.200
Total costos directos	497.700	223.300	731.000
Sistema de transmisión	5.600	63.800	69.400
Total con sistema de transmisión	503.300	287.100	790.400
-----			
*: Incluyen los imprevistos.			
**: Con unidades de 120 MW.			
-----			

Tabla 8/3

ALTERNATIVA SALADO CON DESARENADOR AL EXTERIOR  
RESUMEN DE LOS COSTOS DIRECTOS\* PF  $\cong$  0,5  
(10<sup>6</sup> US\$)

Item	COSTOS		Total
	Obras Civiles	Equipo	
Expropiaciones y carretera de acceso	5.000	-	5.000
Barraje, toma y desarenador	73.400	6.900	80.300
Túneles de aducción	252.300	-	252.300
Embalse compensador	101.400	1.000	102.400
Toma y tubería forzada**	42.600	59.100	101.700
Casa de máquinas**	47.300	197.100	244.400
Transformadores y subestación**	15.600	29.200	44.800
Galería de descarga	11.800	-	11.800
Total costos directos	549.400	293.300	842.700
Sistema de transmisión	7.200	70.200	77.400
Total con sistema de transmisión	556.600	363.500	920.100

\*: Incluyen los imprevistos.

\*\* : Con unidades de 120 MW.



## 9. ACTIVIDADES FUTURAS

### 9.1 Generalidades

En este capítulo se describen las principales actividades futuras de la Fase A del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair, necesarias para llegar a la selección de la alternativa, cuya primera etapa tendrá que ser estudiada a nivel de factibilidad en la Fase B.

Mientras las actividades de estudios e investigaciones en el área general de geología hace referencia al Informe 0209-A-252. A continuación se describen las actividades en el área de diseño e ingeniería, así como en el área de planificación.

### 9.2 Area de diseño e ingeniería

9.2.1 Topografía y cartografía A las actividades ya previstas de complementación del replanteo de las perforaciones planificadas, hay que añadir:

- Control de los hitos del proyecto y eventual identificación/ubicación de nuevos.
- Control y apoyo de campo para la fotorestitución del área comprendida entre el sitio Salado y aguas abajo de la confluencia del Malo.
- Levantamientos puntuales y perfiles del valle del río Coca.
- Fotorestitución en escala 1:5.000 (o mayor) de un área estimada de 20.000 Ha en base a la nueva fotografía.
- Levantamiento terrestre a escala 1:1.000 de las colas del embalse compensador.

9.2.2 Costos A mediados de agosto se reanudarán las actividades del área de costos para completar el trabajo de análisis de costos unitarios realizado hasta la fecha. En particular se tendrán que analizar los costos unitarios siguientes:

- Soportes de excavación en subterráneo.
- Excavación de túneles con topo y con métodos tradicionales.
- Excavación del desarenador en subterráneo.
- Hormigón de las estructuras de presa y captación.
- Enrocado o "rollcrete" de la presa compensadora.
- Gunita de protección de las laderas del embalse.
- Acero de refuerzos.

9.2.3 Obras de captación La actualización del estudio de las obras de captación, que se hará partir de septiembre, necesita la fotorestitución del tramo del río, entre el Salado y el Malo, y observaciones sobre la evolución fluvial del río Coca en este tramo.

Con estas informaciones y con hipótesis un poco más precisas sobre los niveles futuros del río, aguas abajo de las obras de captación se podrán definir con mayor en detalle estos últimos.

También la definición futura de los precios unitarios será de valiosa ayuda para la comparación final entre las dos alternativas que quedan para cada sitio de captación.

9.2.4 Presa compensadora y sus alternativas Las actividades de estudio de la presa compensadora y sus alternativas (eje clásico y ejes D2 e I2) siguen desarrollándose con continuidad en base a la información actual, en espera de tener el levantamiento de detalle de los dos tramos terminales de los tributarios y los resultados de los sondeos previstos en esta área.

Una vez definido el sitio se estudiarán también alternativas al tipo de presa hasta ahora adoptado (escollera con pantalla de hormigón); entre las alternativas se mencionan aquellas en hormigón con sus diferentes naturalezas.

9.2.5 Obras subterráneas Las actividades en esta área, que se reanudarán en septiembre, resultan un poco reducidas respecto a lo anteriormente previsto por la forzada reducción de las investigaciones. En particular se prevé que en base a las investigaciones (sondeos), se pueda decidir sobre:

- El tipo y el porcentaje de revestimiento de los túneles.
- La solución de las tuberías de presión más adecuada para este nivel de estudio.
- La ubicación y disposición definitiva de la casa de máquinas.

9.2.6 Equipo electromecánico Las actividades básicas en el área de equipo electromecánico se acabarán al final del mes de junio con la presentación a INECEL del borrador del Informe Preliminar 0209-A-302-M.

Este informe será revisado por INECEL y sucesivamente discutido y actualizado en septiembre y octubre, para llegar a su edición definitiva.

En esta oportunidad se harán también, sobre las soluciones más probables, los cálculos de estabilidad del sistema y de regulación de frecuencia.

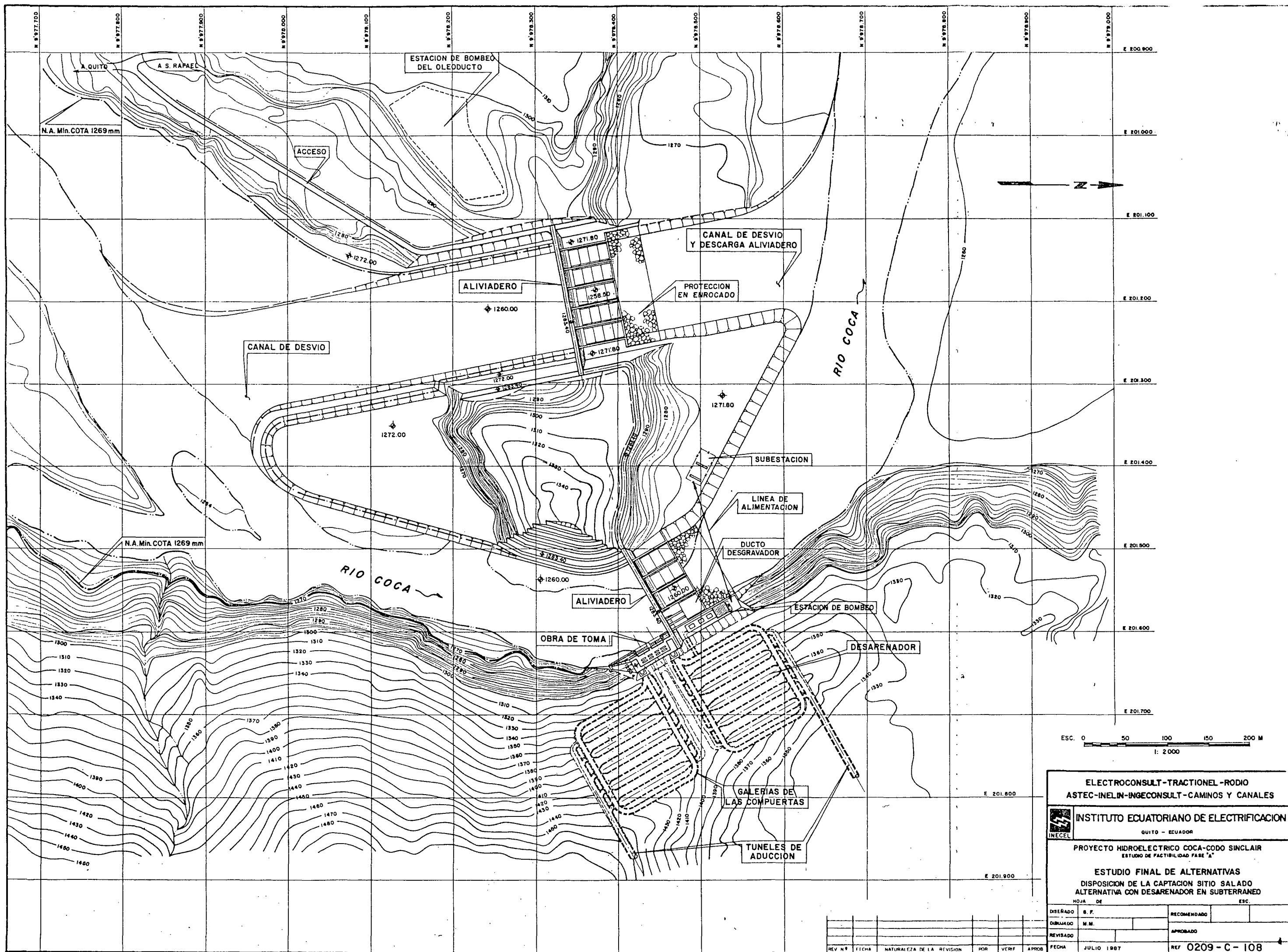
### 9.3 Area de planificación y análisis económico

Una vez que se tengan los costos de las alternativas escogidas (variables según el factor de planta), así como los tiempos de construcción de las mismas, se utilizarán los programas de Planificación de INECEL para determinar, según los escenarios de demanda, aquellos proyectos hidrotérmicos que se necesitan para abastecer la demanda.

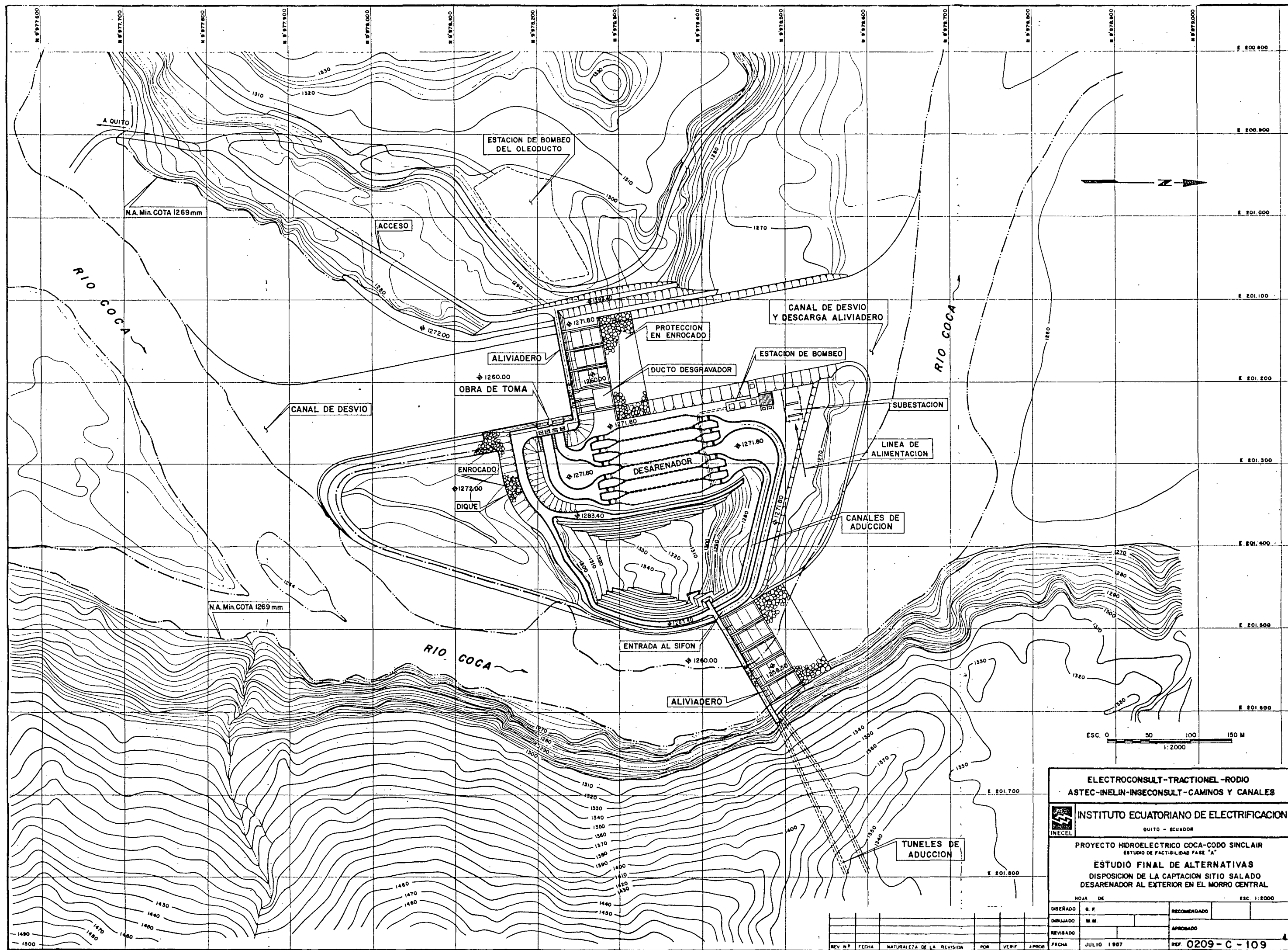
Con estos programas y con los programas de optimización de operación de los sistemas hidrotérmicos previstos se establecerán, para cada alternativa, la fecha de entrada en operación de la primera y de la segunda etapa, así como todos los parámetros económicos; en base a estos últimos se decidirá cual es la mejor alternativa a seleccionarse y en particular cual tiene que ser su primera etapa.

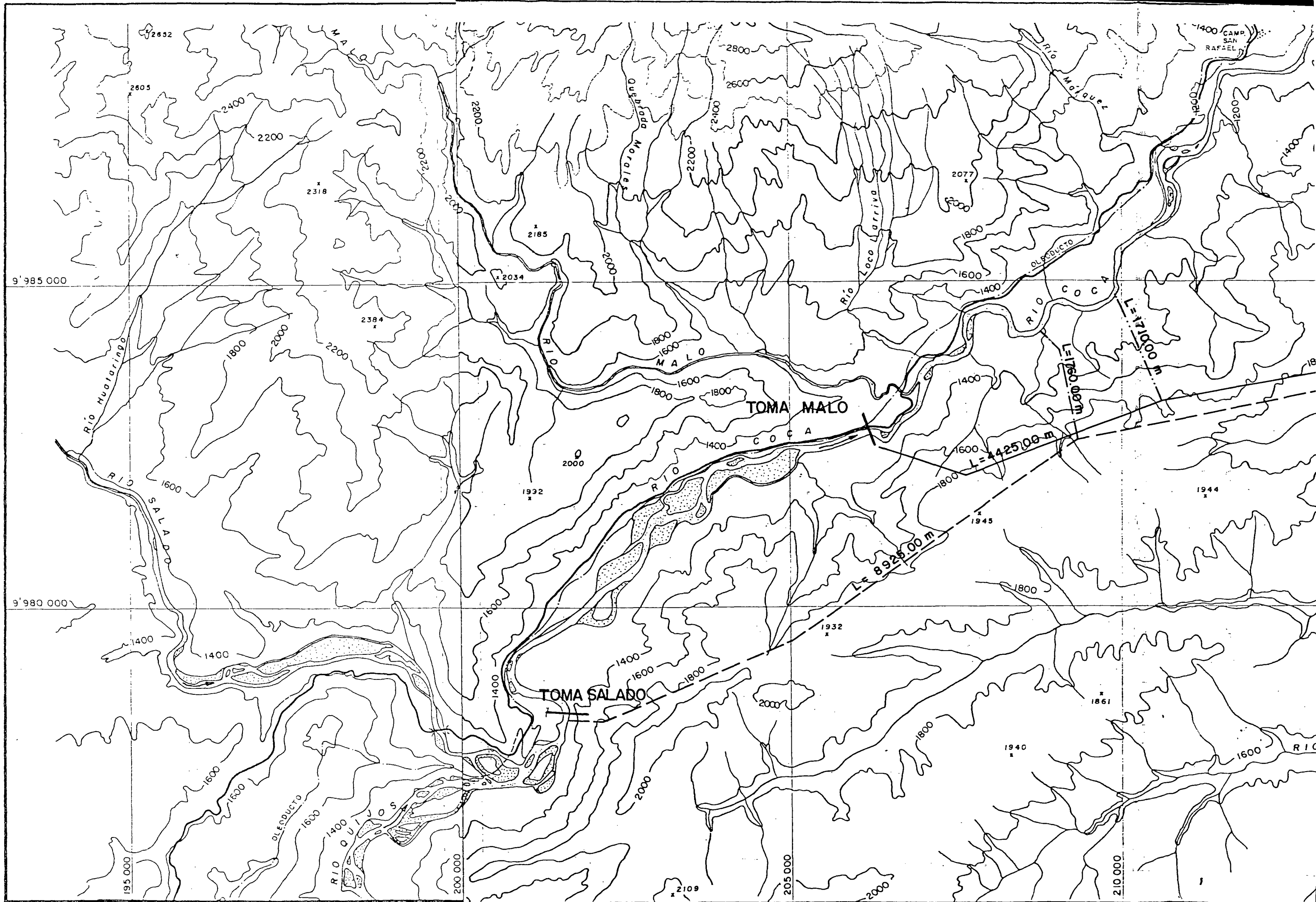
Solamente para fines comparativos con los otros proyectos futuros analizados solamente a nivel de inventario, se definirán también costos y valores de potencia instalada y energía producida en el caso de dimensionar todo el proyecto, no para el caudal al 90% diario sino para el caudal al 90% mensual; cabe anotar que en el caso del río Coca, este último valor supera el primero en casi un 40 por ciento.

C R O Q U I S

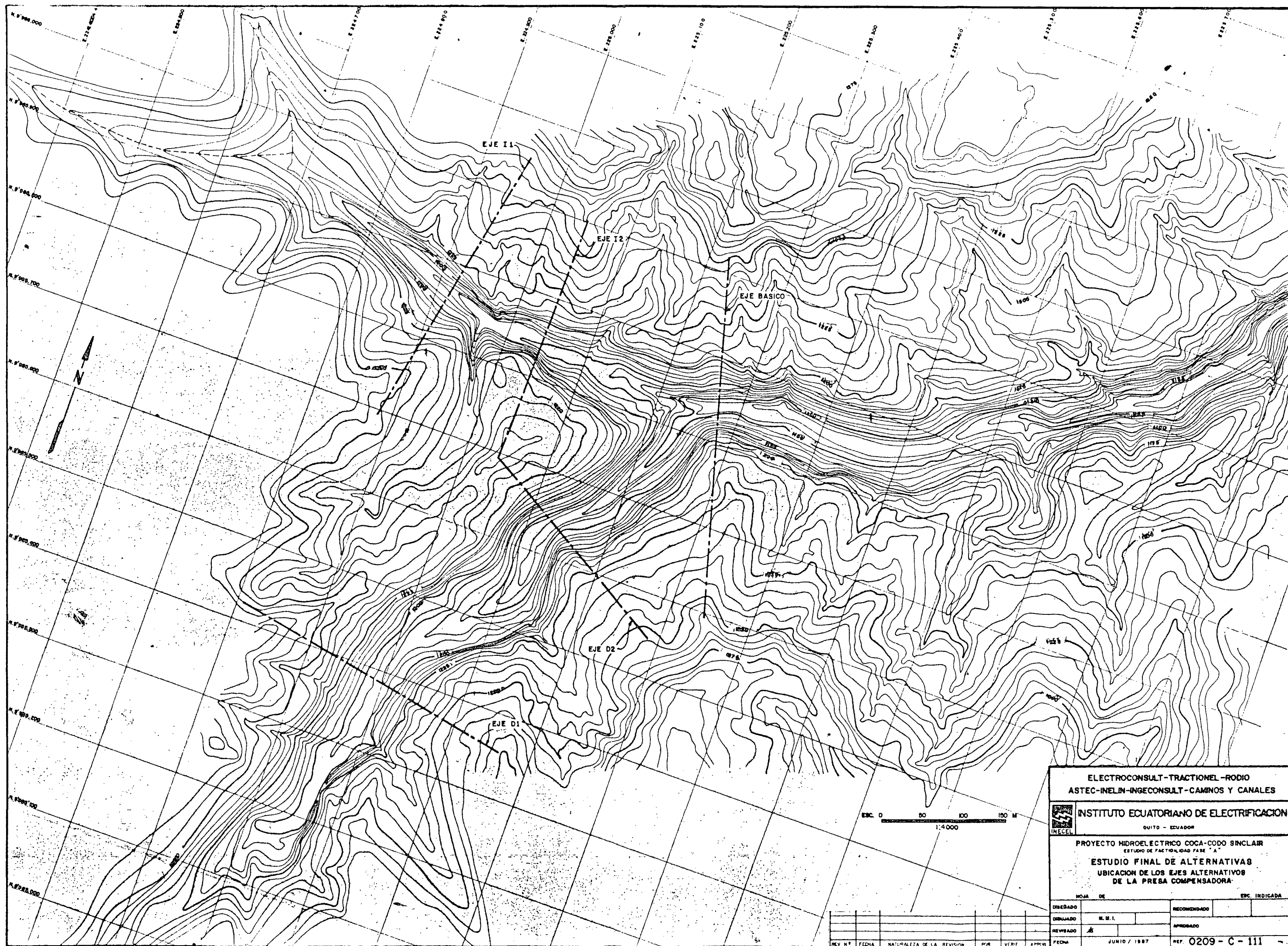


ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO	
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR	
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"	
ESTUDIO FINAL DE ALTERNATIVAS	
DISPOSICION DE LA CAPTACION SITIO SALADO	
ALTERNATIVA CON DESARENADOR EN SUBTERRANEO	
HOJA DE	ESC.
DISEÑADO S. F.	RECOMENDADO
DIBUJADO M. M.	APROBADO
REVISADO	
REV. N°	FECHA
NATURALEZA DE LA REVISION	
POR	VERIF
APROB	FECHA
JULIO 1987	
REF 0209-C-108	

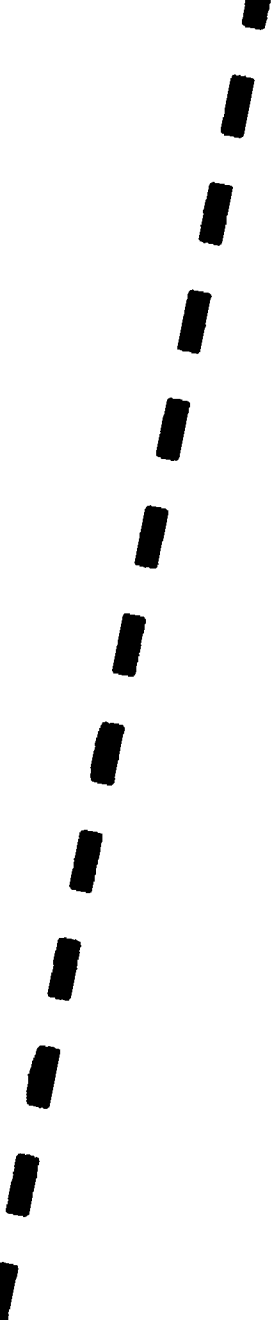




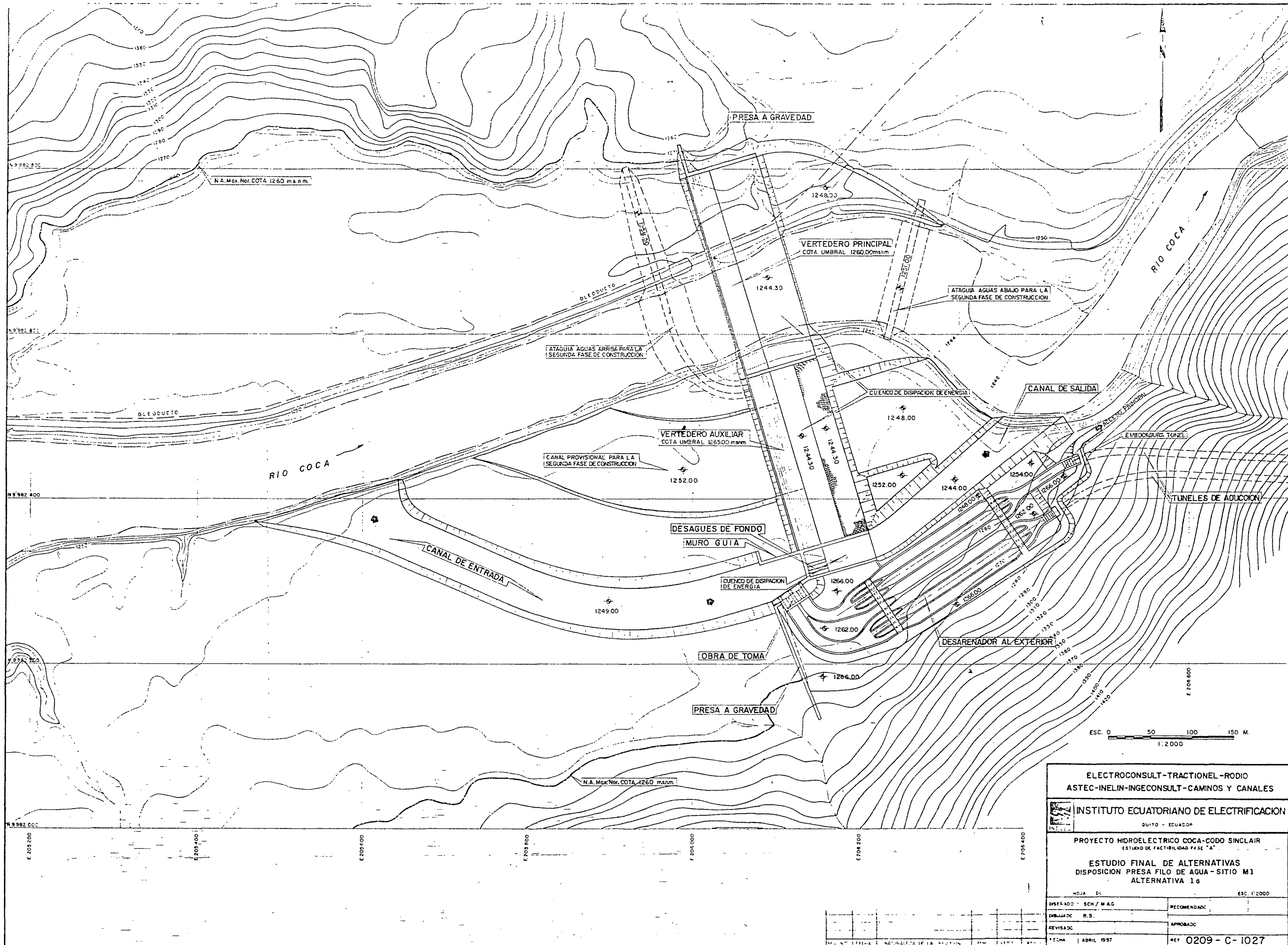




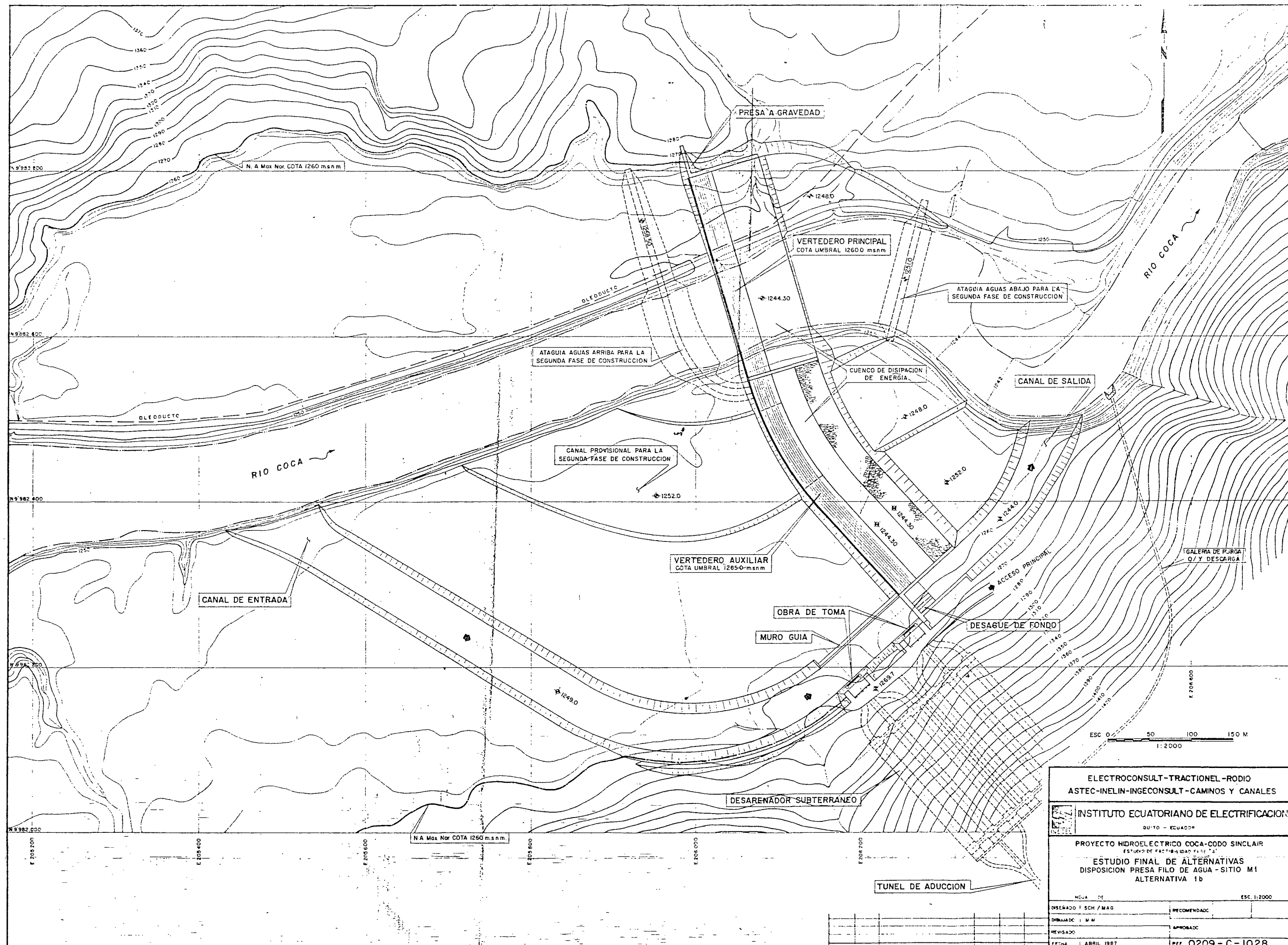




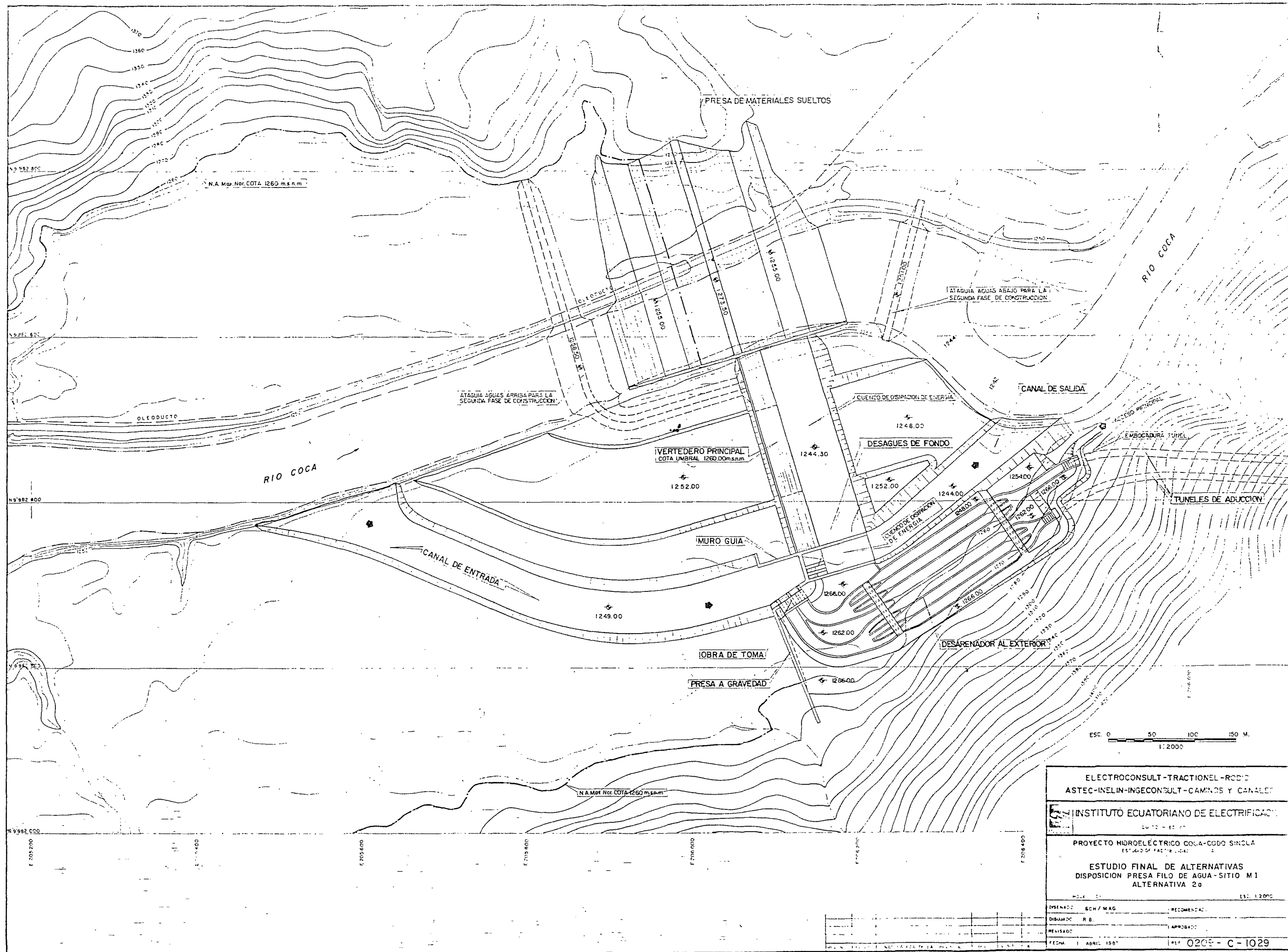
P L A N O S



ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO	
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR	
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"	
ESTUDIO FINAL DE ALTERNATIVAS	
DISPOSICION PRESA FILO DE AGUA-SITIO M1	
ALTERNATIVA 1a	
Escala: 1:2000	
ELABORADO: SCH / M AG	RECOMENDADO:
DISEÑADO: R.B.	APROBADO:
REVISADO:	
FECHA: ABRIL 1997	REF: 0209 - C-1027



ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO	
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR	
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"	
ESTUDIO FINAL DE ALTERNATIVAS	
DISPOSICION PRESA FILO DE AGUA - SITIO M1	
ALTERNATIVA 1b	
MOA DE ESC. 1:2000	
DISEÑADO: I. SCH / MAG	RECOMENDADO:
DIBUJADO: I. M. M.	APROBADO:
REVISADO:	FECHA: 1 ABRIL 1987
PER 0209-C-1028	

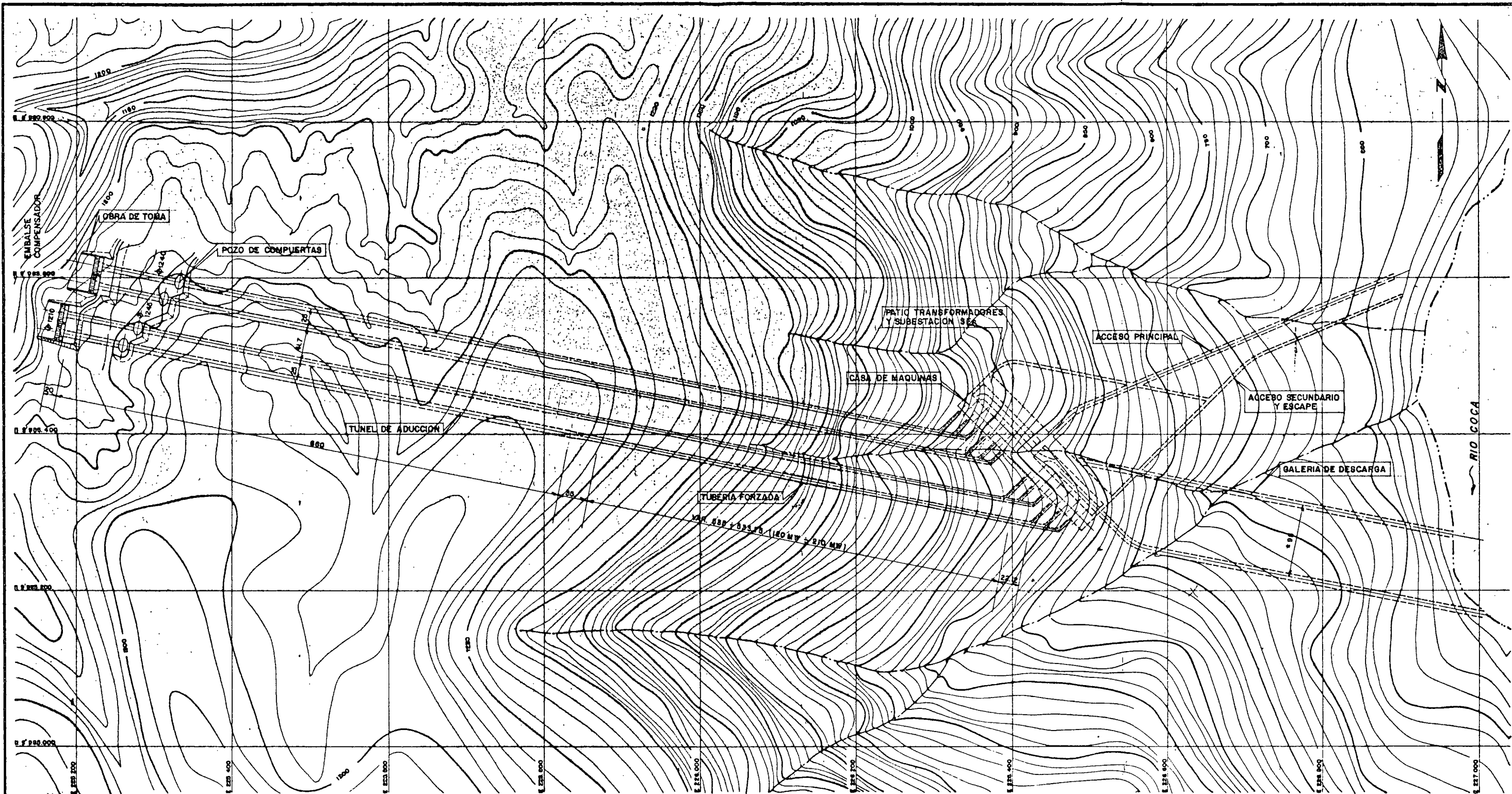


ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO	
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLA	
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	
DISPOSICION PRESA FILO DE AGUA-SITIO M1	
ALTERNATIVA 2a	
Escala: 1:2000	
DISEÑADO: SCH / MAG	RECOMENDADO:
DIBUJADO: R. B.	APROBADO:
REVISADO:	
FECHA: 1 ABRIL 1987	REF: 0209 - C-1029



ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO	
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR	
ESTUDIO FINAL DE ALTERNATIVAS	
DISPOSICION PRESA FILO DE AGUA-SITIO SALADO	
ALTERNATIVA CON DESARENADOR SUBTERRANEO	
ENCARGADO: SCH / MAG	RECOMENDADO:
REVISADO: M. M.	1800-100
ABRIL 1987	
0209 - C - 1030	





TUBERIA DE PRESION - DIMENSIONES

ALTERNATIVA	POTENCIA UNITARIA (MW)	NUMERO TOTAL DE GRUPOS	NUMERO DE GRUPOS EN 1ª ETAPA	NUMERO DE GRUPOS EN 2ª ETAPA	TUBERIAS 1ª ETAPA n x DIAMETRO (m)	CAUDAL POR TUBERIA (m³/s)	VELOCIDAD DEL AGUA (m/s)	TUBERIAS 2ª ETAPA n x DIAMETRO (m)	CAUDAL POR TUBERIA (m³/s)	VELOCIDAD DEL AGUA (m/s)
I	120	12	6	6	2 x 3.8	66.0	6.9	2 x 3.8	66.0	6.9
II	120	11	6	5	2 x 3.8	66.9	6.9	1 x 4.7	111.5	6.4
III	120	10	5	5	1 x 4.7	111.5	6.4	1 x 4.7	111.5	6.4
IV	120	9	5	4	1 x 4.7	111.5	6.4	1 x 4.5	99.2	5.6
V	120	8	4	4	1 x 4.5	99.2	5.6	1 x 4.5	99.2	5.6
VI	120	7	4	3	1 x 4.5	99.2	5.6	1 x 3.8	66.9	5.9
VII	160	9	5	4	1 x 4.5	99.2	5.6	1 x 4.5	118.9	6.0
VIII	160	8	4	4	1 x 4.5	118.9	6.0	1 x 4.5	118.9	6.0
IX	160	7	4	3	1 x 4.5	118.9	6.0	1 x 4.5	99.2	5.6
X	160	6	3	3	1 x 4.5	99.2	5.6	1 x 4.5	99.2	5.6
XI	210	7	4	3	2 x 4.2	78.0	6.6	1 x 4.5	117.0	6.5
XII	210	6	3	3	1 x 4.5	117.0	6.5	1 x 4.5	117.0	6.5
XIII	210	5	3	2	1 x 4.5	117.0	6.5	1 x 4.2	78.0	6.6

Longitud tubería de baja presión en concreto = 660 m  
Longitud tubería de alta presión en acero = 926 (promedio)

TABLA RESUMEN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA GALERIA DE DESCARGA (CASA DE MAQUINAS)

ALTERNATIVA	POTENCIA UNITARIA P (MW)	Nº DE GRUPOS 1ª ETAPA N	Nº DE GRUPOS 2ª ETAPA N	CAUDAL 1ª ETAPA (m³/s)	CAUDAL 2ª ETAPA (m³/s)	DIAMETRO 1ª ETAPA (m)	DIAMETRO 2ª ETAPA (m)
I	120	6	6	133.5	133.5	7.00	7.00
II	120	6	5	133.5	111.5	7.00	6.80
III	120	5	5	111.5	111.5	6.80	6.80
IV	120	5	4	111.5	99.2	6.80	6.00
V	120	4	4	99.2	99.2	6.00	6.00
VI	120	4	3	99.2	66.9	6.00	5.20
VII	160	5	4	148.7	118.9	7.40	6.70
VIII	160	4	4	118.9	118.9	6.70	6.70
IX	160	4	3	118.9	99.2	6.70	6.00
X	160	3	3	99.2	99.2	6.00	6.00
XI	210	4	3	156.0	117.0	7.50	6.70
XII	210	3	3	117.0	117.0	6.70	6.70
XIII	210	3	2	117.0	78.0	6.70	5.80

Longitud de la galería de descarga = 540.00 m  
Espesor de la galería de descarga = 0.65 m

ESC. 0 250 M  
1:5.000

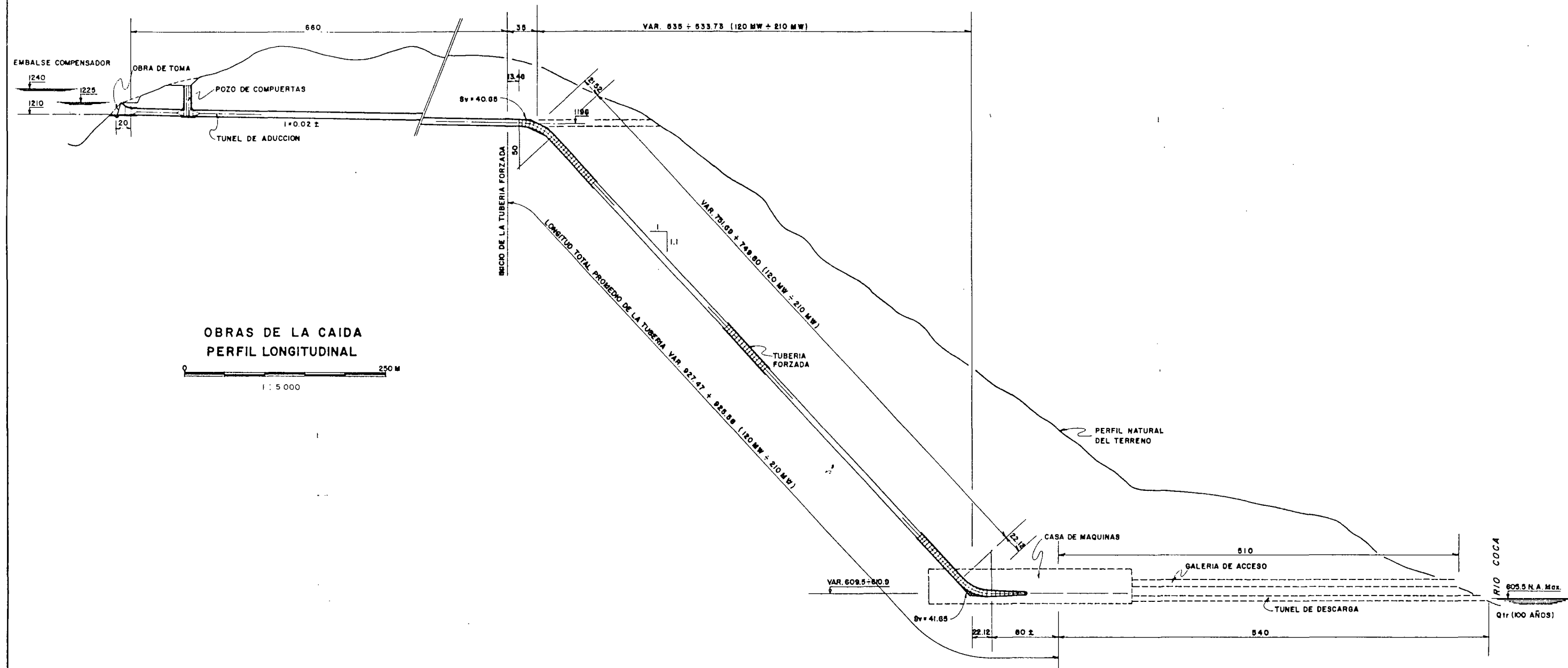
ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ABTEC-INELIN-INSECONSULT-CAMPOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO MICROELECTRICO COCA-CODO SINGLAS  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

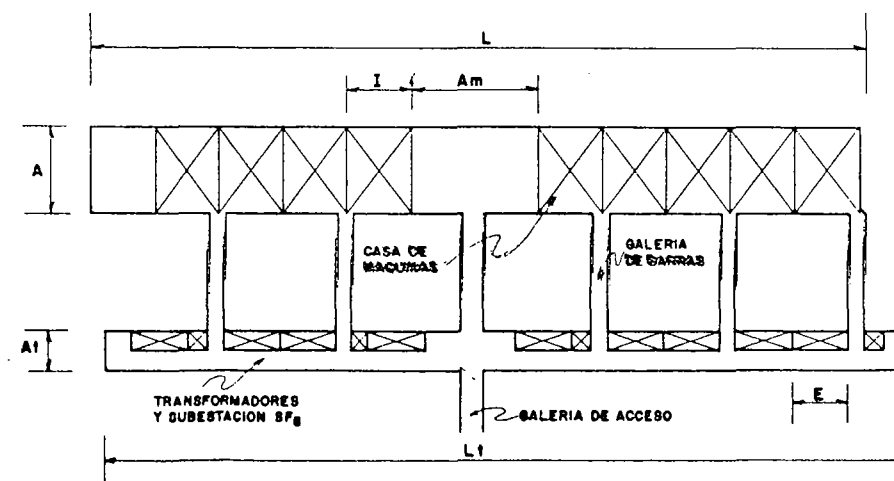
ESTUDIO FINAL DE ALTERNATIVAS  
EQUIPO ELECTROMECANICO  
TUBERIA DE PRESION - CASA DE MAQUINAS  
ESQUEMA BASICO PLANIMETRICO

BOJA DE  
DISEÑADO E. F.  
DISEÑADO M. R.  
REVISADO  
FECHA JUNIO 1987  
REF 0209 - C - 1031



CASA DE MAQUINAS, TRANSFORMADORES Y SUBESTACION  
DIMENSIONES PRINCIPALES

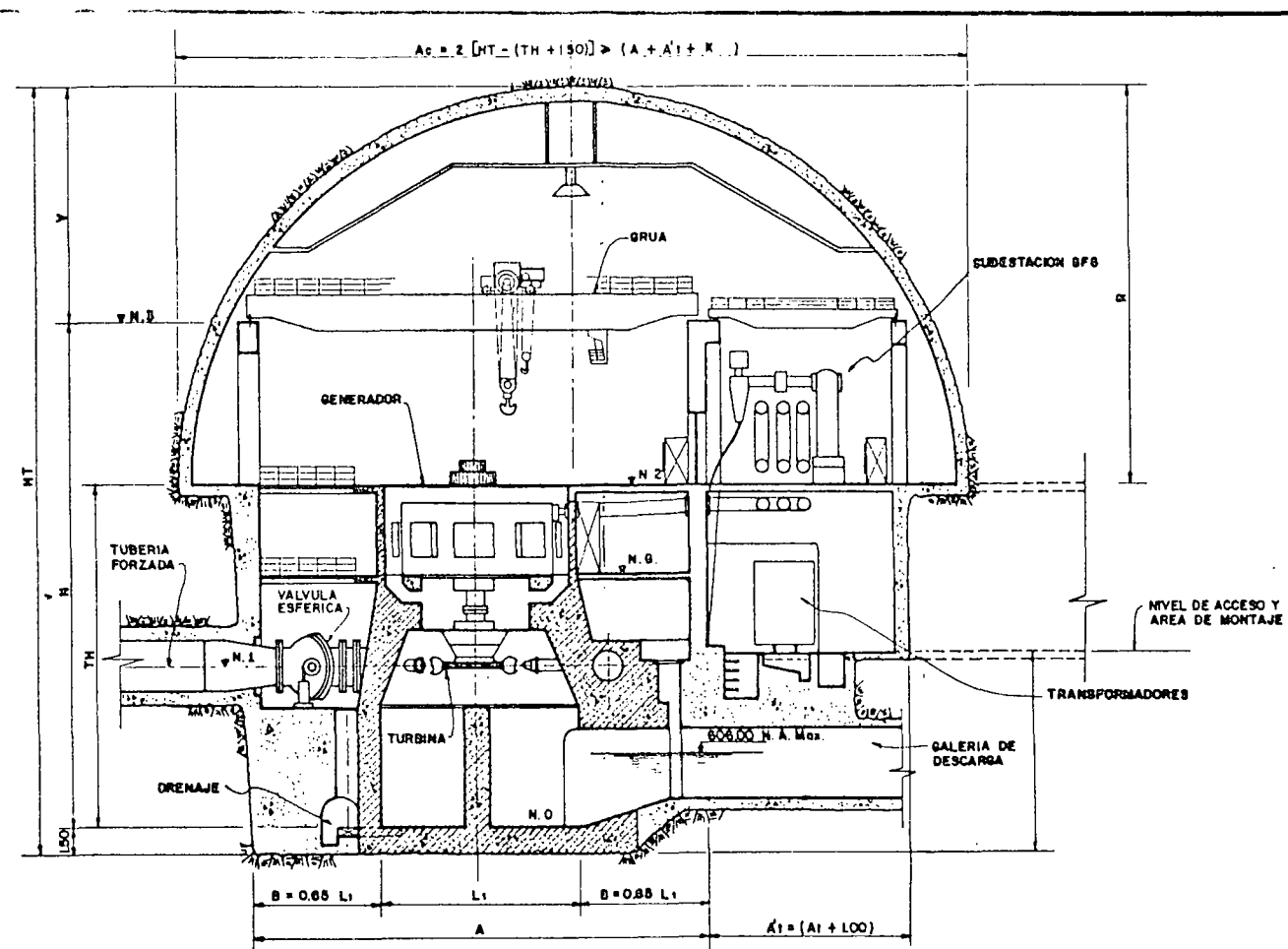
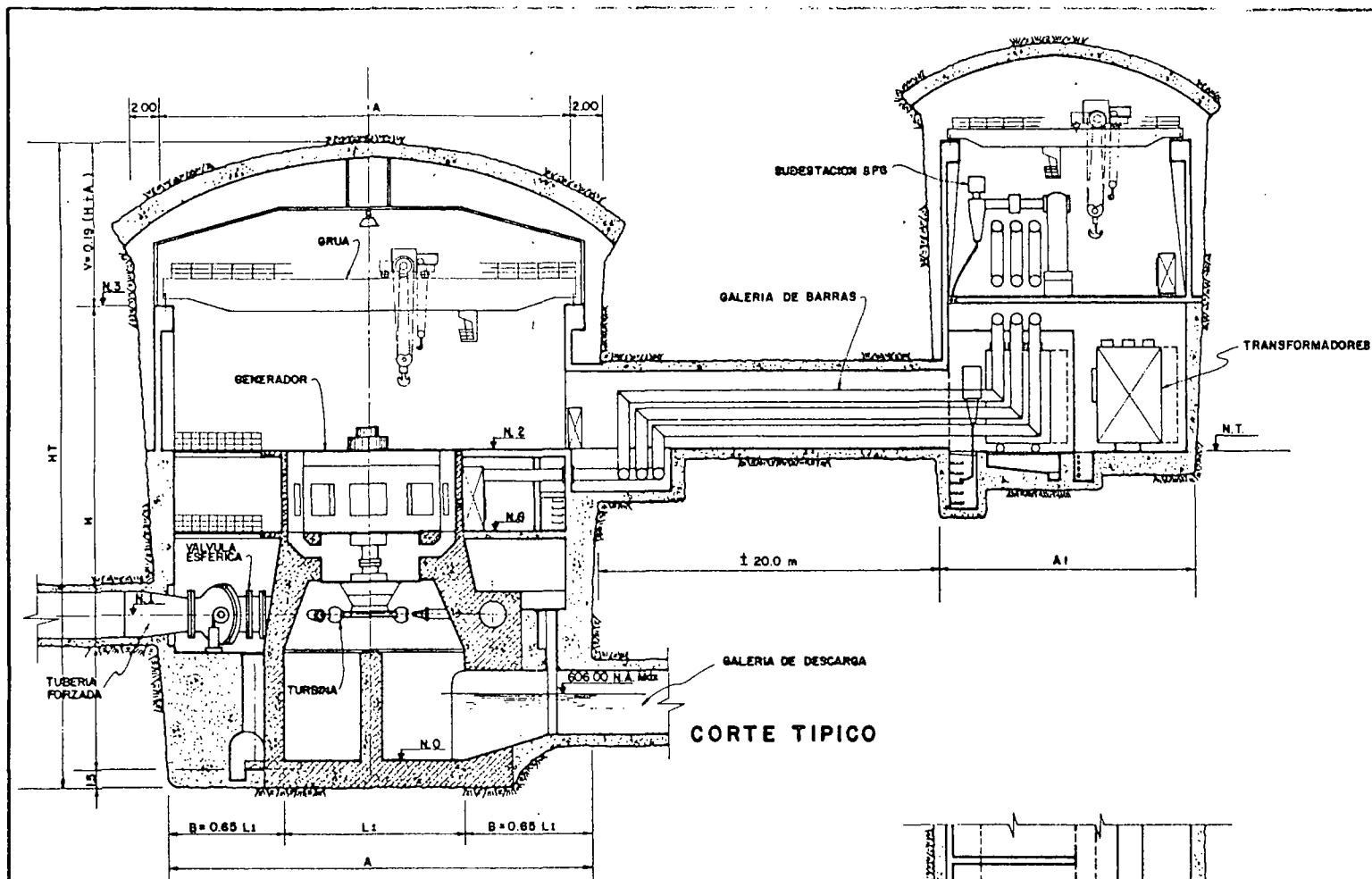
Alternativa	POTENCIA UNITARIA MW	Nº GRUPOS N	CASA DE MAQUINAS				TRANSFORMADOR Y SUBESTACION		
			ANCHO A	ENTREEJE I	Area Montaje Am	LONG TOTAL L	ANCHO A1	CELDA E	LONG TOTAL L
I	120	12	19.60	15.00	30.00	225	13.00	12.00	224
II	120	11	19.60	15.00	30.00	210	13.00	12.00	212
III	120	10	19.60	15.00	30.00	195	13.00	12.00	200
IV	120	9	19.60	15.00	30.00	180	13.00	12.00	188
V	120	8	19.60	15.00	30.00	165	13.00	12.00	168
VI	120	7	19.60	15.00	30.00	150	13.00	12.00	158
VII	160	9	22.00	16.90	33.80	202.8	10.00	18.00	228
VIII	180	8	22.00	16.90	33.80	185.9	10.00	18.00	209
IX	180	7	22.00	16.90	33.80	169	10.00	18.00	194
X	180	6	22.00	16.90	28.50	143.8	10.00	18.00	179
XI	210	7	24.50	18.90	37.80	189	10.50	18.00	194
XII	210	6	24.50	18.90	28.50	160.8	10.50	18.00	179
XIII	210	5	24.50	18.90	28.50	141.9	10.50	18.00	160



CASA DE MAQUINAS  
ESQUEMA DE CONJUNTO

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
ESTUDIO FINAL DE ALTERNATIVAS EQUIPO ELECTROMECANICO TUBERIA DE PRESION - CASA DE MAQUINAS ESQUEMA BASICO ALTIMETRICO			
HOJA DE	ESC. INDICADA		
DISEÑADO S.F.	RECOMENDADO		
DIBUJADO W.H.	APROBADO		
REVISADO			
FECHA JUNIO 1987	REF. 0209 - C - 1032		

REV. N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	POR	VERIF.	APROB.



CORTE TIPICO  
SOLUCION CON UNA CAVERNA

DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA CASA DE MAQUINAS (2 CAVERNAS)

ALTERNATIVA	POT. UNIT. (MW)	Nº GRUPOS	ANCHO A	ALT. GRUA H	BOVED. DESCARGA V	AREA MONTAJE TRANSBOVED. L1	ANCHO PISO TRANSBOVED. A1	RADIO TRANSBOVED. R	ALT. REST. NADO	TIPO FONDA NO	RUEDA H1	GRUA N8
I	120	12	19.60	23.90	8.30	8.00	34.50	606	602.7	609.5	626.6	
II	120	11	19.60	23.90	8.30	8.00	34.50	606	602.7	609.5	626.6	
III	120	10	19.60	23.90	8.30	8.00	34.50	606	602.7	609.5	626.6	
IV	120	9	19.60	23.90	8.30	8.00	34.50	606	602.7	609.5	626.6	
V	120	8	19.60	23.90	8.30	8.00	34.50	606	602.7	609.5	626.6	
VI	120	7	19.60	23.90	8.30	8.00	34.50	606	602.7	609.5	626.6	
VII	160	9	22.00	25.40	9.00	9.40	36.70	606	602.4	610.2	627.8	
VIII	160	8	22.00	25.40	9.00	9.40	36.70	606	602.4	610.2	627.8	
IX	160	7	22.00	25.40	9.00	9.40	36.70	606	602.4	610.2	627.8	
X	160	6	22.00	25.40	9.00	9.40	36.70	606	602.4	610.2	627.8	
XI	210	7	24.50	27.00	9.80	10.85	39.10	606	602.1	610.9	629.1	
XII	210	6	24.50	27.00	9.80	10.85	39.10	606	602.1	610.9	629.1	
XIII	210	5	24.50	27.00	9.80	10.85	39.10	606	602.1	610.9	629.1	

$$L = I(N+1) + AM \quad HT = H + V + 2.30 \quad I = B + C + 3.00 \quad A = D + E + 1.95 D_v + 8.00$$

$$H = TH + 1.14 (HG + HA)$$

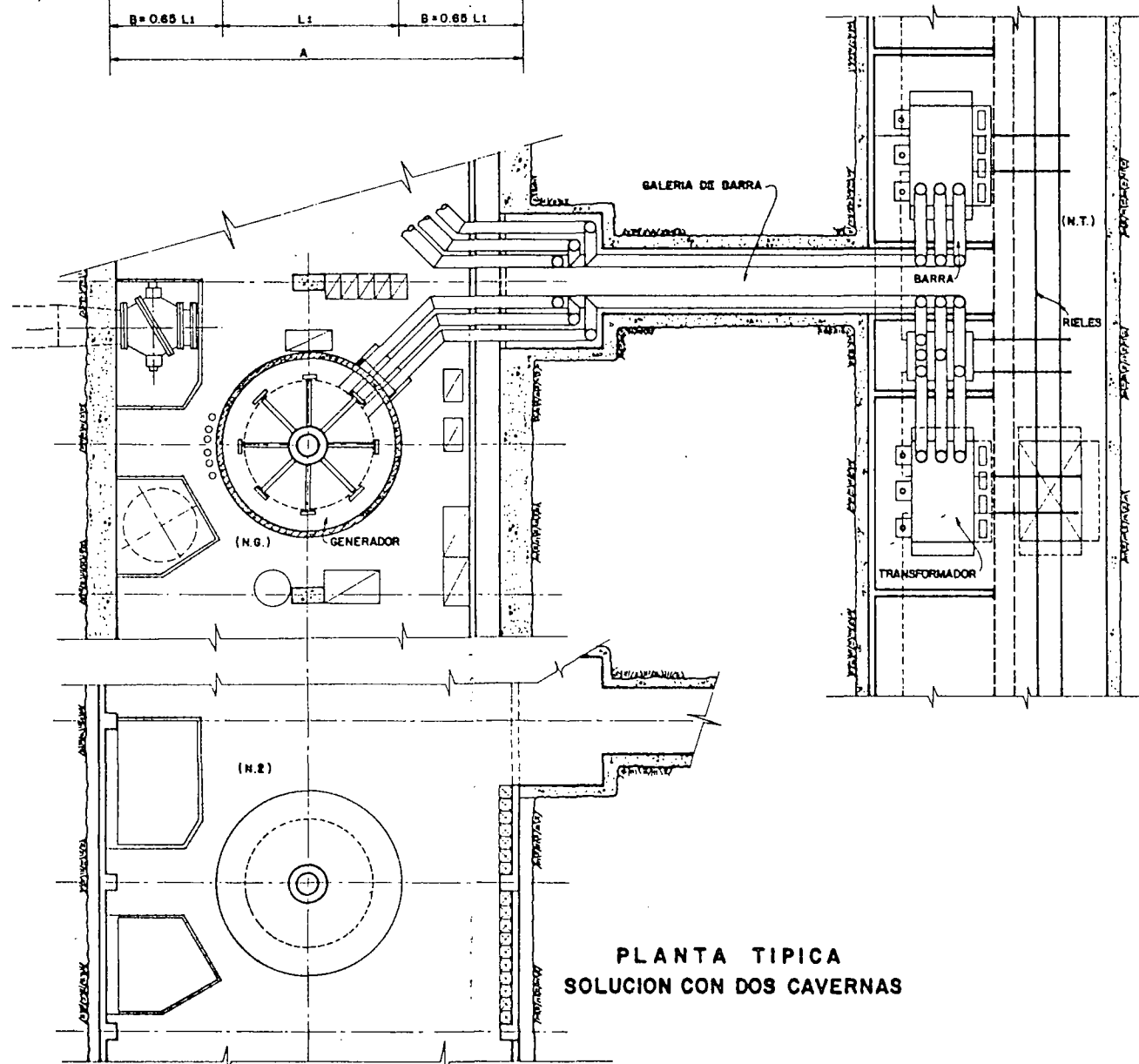
DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA CASA DE MAQUINAS (1 CAVERNA)

ALTERNATIVA	POT. UNIT. (MW)	Nº GRUPOS	ANCHO A	ALT. GRUA H	BOVED. DESCARGA V	AREA MONTAJE TRANSBOVED. L1	ANCHO PISO TRANSBOVED. A1	RADIO TRANSBOVED. R	ALT. REST. NADO	TIPO FONDA NO	RUEDA H1	GRUA N8
I/120/12	19.60	23.90	10.50	8.00	30.00	13.50	10.35	18.80	37.80	35.90	606	609.5
II/120/11	19.60	23.90	10.50	8.00	30.00	13.50	10.35	18.80	37.80	35.90	606	609.5
III/120/10	19.60	23.90	10.50	8.00	30.00	13.50	10.35	18.80	37.80	35.90	606	609.5
IV/120/9	19.60	23.90	10.50	8.00	30.00	13.50	10.35	18.80	37.80	35.90	606	609.5
V/120/8	19.60	23.90	10.50	8.00	30.00	13.50	10.35	18.80	37.80	35.90	606	609.5
VI/120/7	19.60	23.90	10.50	8.00	30.00	13.50	10.35	18.80	37.80	35.90	606	609.5
VII/160/9	22.00	25.40	13.30	9.40	33.80	16.00	10.20	21.75	43.50	40.20	606	610.2
VIII/160/8	22.00	25.40	13.30	9.40	33.80	16.00	10.20	21.75	43.50	40.20	606	610.2
IX/160/7	22.00	25.40	13.30	9.40	25.50	16.00	10.20	21.75	43.50	40.20	606	610.2
X/160/6	22.00	25.40	13.30	9.40	25.50	16.00	10.20	21.75	43.50	40.20	606	610.2
XI/210/7	24.50	27.00	12.90	10.85	37.80	12.00	13.90	21.50	43.00	41.40	606	610.9
XII/210/6	24.50	27.00	12.90	10.85	28.50	12.00	13.90	21.50	43.00	44.40	606	610.9
XIII/210/5	24.50	27.00	12.90	10.85	28.50	12.00	13.90	21.50	43.00	44.40	606	610.9

$$R = (A + A') + k/2 \text{ DONDE } k = 6.80 (210 \text{ MW}), 6.80 (160 \text{ MW}), 4.50 (120 \text{ MW}) \quad A_c = 2R$$

$$HT = TH + 1.50 + R \quad MA = TH + 1.5 - 1.5 (h) \text{ DONDE } h = 4.50 (120 \text{ MW}), 6.80 (160 \text{ MW}), 4.00 (210 \text{ MW})$$

$$V = HT - (H + 1.50)$$



ESC. 0 5 10 15 M  
1:400

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

ESTUDIO FINAL DE ALTERNATIVAS  
EQUIPO ELECTROMECHANICO  
DISPOSICION DE LA CASA DE MAQUINAS

NOVA DE	ESP. INDICADA
DESARROLLADO	S. P.
DISEÑADO	S. M. I.
REVISADO	
FECHA	JUNIO / 1987
REF.	0209 - C - 1033



A N E X O 1

## ANEXO 1

## ALTERNATIVA EN DOBLE SALTO

## PREMISA

El presente Anexo al Informe 0209-A-122, "Actualización del estudio de preselección de alternativas", ha sido redactado a pedido del BID, con el fin de aclarar en detalle las razones por las cuales se ha tomado la decisión de eliminar la alternativa en doble salto.

## 1. ANTECEDENTES

En el transcurso de los estudios que se han realizado en la cuenca de los ríos Quijos y Coca, se ha analizado la alternativa de aprovechamiento hidroeléctrico dividiendo la caída entre el río Malo y el Codo Sinclair en dos saltos. Este estudio se lo ha hecho en consideración de la posible mayor flexibilidad que se podía dar al Proyecto, al subdividir el desarrollo de éste en dos o cuatro etapas y adaptarse mejor a las exigencias de desarrollo del Sistema Nacional y de la curva de demanda del país.

Pero posteriormente se demuestra que esta alternativa no representa ventaja alguna, tanto desde el punto de vista energético como económico, conjuntamente con el mayor riesgo geovolcánico que ésta conlleva con respecto a las otras soluciones en simple salto, y el problema de operación y regulación de las 2 centrales subterráneas funcionando en serie.

Sobre estas desventajas de la alternativa en mención ya se habla en estudios anteriores realizados en el río Coca. Así, en el informe final de inventario presentado en febrero de 1978 por el Consorcio de los Consultores Hidroservice-Integral-Idco-Adec-Ingeconsult, se manifiesta la influencia negativa del volcán El Reventador sobre obras ubicadas aguas arriba y aguas abajo de la cascada San Rafael.

Así mismo, en el curso de los estudios anteriores de factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Salado, ya se mencionaba, tanto en el Informe N° 2 del Grupo Consultivo de INECEL, como en el Informe de riesgos relacionados con el volcán El Reventador, del Dr. Minard L. Hall, el alto riesgo volcánico al cual estarían sujetas todas las obras que se ubiquen en el río Coca aguas abajo de la confluencia del río Malo. Tanto es así que se llegó a considerar oportuno abandonar cualquier proyecto que considerara obras ubicadas unos kilómetros aguas abajo de la confluencia del río Malo y de la cascada de San Rafael.

Sin embargo, los Consultores del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair, aún conscientes del riesgo que representaba la ubicación de una casa de máquinas y de las respectivas obras de restitución aguas abajo de la cascada de San Rafael, decidieron estudiar esta alternativa en doble salto, tratando de proyectar una obra que esté libre en lo máximo posible de los problemas geovolcánicos, sísmicos y eventos asociados, ubicando la descarga a 40 m sobre el nivel del río. Al tomar esa decisión también se consideró que la alternativa en doble salto se podría aceptar sólo en el caso de representar una sustancial ventaja económica, apoyados en eso por el consenso del Grupo Consultivo de INECEL.

En el transcurso de estos estudios también se hizo una evaluación del riesgo volcánico para las obras que se construirán unos kilómetros aguas abajo de la confluencia del río Malo y de la cascada de San Rafael; los resultados se presentan en los Informes 0209-A-404-GC de octubre de 1986, 0209-A-103 de junio de 1986 y 0209-A-116 de marzo de 1987, cuyas conclusiones se resumen a continuación:

- a. Informe 0209-A-404-GC: "Estudio geológico del sector San Rafael. Alternativa en doble salto", octubre de 1986.

En este informe se presentan en forma extensa y detallada las características geológicas de la zona aguas abajo de la cascada San Rafael, donde se ubicaron las tres alternativas de la casa de máquinas del primer salto.

En las conclusiones se hacen resaltar dos consideraciones importantes:

- La ubicación del túnel de restitución en las diferentes alternativas, conlleva varios riesgos relacionados a la presencia de depósitos laharíticos inconsolidados e inestables aflorantes.
- Los problemas señalados y relacionados a la inestabilidad de los depósitos laharíticos son pequeños en comparación con los riesgos vulcanológicos. Aunque es cierto que los flujos de lava no tienen muchas posibilidades de llegar hasta los sitios indicados para las alternativas en doble salto, no cabe duda que los efectos de grandes fenómenos de deslizamiento y/o explosión, tales como los ocurridos durante la evolución del edificio del volcán El Reventador, serían considerables no solamente a la salida del túnel de restitución, sino en toda el área del primer salto.

- b. Informe 0209-A-103: "Evaluación del riesgo volcánico. Programación de las investigaciones y de los estudios", junio de 1986.

En este informe los profesores Barberi y Pasquaré hacen una primera evaluación general del riesgo volcánico y proponen un programa de estudios e investigaciones a ser efectuados en el

curso de la Fase A. para llegar a determinar el riesgo volcánico del Proyecto.

En las conclusiones se afirma lo siguiente: "Sin embargo aparece ya claro que obras aguas abajo de la confluencia del río Malo con el río Coca, o a lo largo del río Coca frente al anfiteatro, están expuestas a riesgos geológicos y volcánicos muy serios".

Como consecuencia de esta conclusión se eliminó la alternativa de presa de captación ubicada en la posición M0, aguas abajo de la confluencia río Malo-río Coca, decisión que resultó muy acertada a la luz de los hechos ocurridos en marzo de 1987.

- c. Informe 0209-A-116: "Evaluación del riesgo volcánico. Estado de avance de las investigaciones y de los estudios", marzo de 1987.

En este informe el Prof. Barberi hace un análisis de las actividades y estudios ejecutados hasta marzo de 1987 y actualiza el programa de actividades en relación a lo ocurrido con el evento del 5 de marzo.

El Prof. Barberi comenta que: "Las observaciones de campo efectuadas en las laderas meridionales del antiguo edificio, han confirmado la existencia de lineamientos estructurales y escarpes morfológicos relacionados con movimientos de deslizamiento, todavía activos, que podrían afectar el área del Proyecto".

? | Claramente el área del proyecto a la que se refiere el Prof. Barberi es la que se ubica frente a las laderas del volcán El Reventador y, por lo tanto, aguas abajo de la confluencia del río Malo con el río Coca. | ?

## 2. ESQUEMA ESTUDIADO

Esta alternativa consiste en dividir el salto entre el sitio Malo y el Codo Sinclair en dos: un primer salto de aproximadamente 250 m con un túnel de 11,8 km de longitud desde la captación Malo M1 a la primera central, ubicada unos 2,5 km aguas abajo de la cascada San Rafael, y un segundo salto de aproximadamente 400 m con un túnel de 12,1 km de longitud que llegaría a la segunda central ubicada en el Codo Sinclair.

La primera casa de máquinas se ubica en subterráneo, a unos 40 m sobre el nivel del cauce del río Coca, tanto por razones de riesgo volcánico como por razones necesariamente impuestas por la construcción del túnel del segundo salto. La única obra al exterior está representada por la restitución al río Coca y evidentemente por acceso a la casa de máquinas.

También se proyectó instalar sistemas de by-pass de la casa de máquinas del primer salto y de disipación de energía para alimentar la casa de máquinas del segundo salto en el caso de que la primera, por alguna razón, saliera de servicio.

El estudio se asoció a las dos obras de captación que resultaron en la fase de preselección de alternativas, las más atractivas, es decir:

- Filo de agua en el Malo M1, con chimenea y factor de planta 1 (F-M1-4-CH/1).

- Presa medio-alta en M1, con chimenea y factor de planta 0,7 (F-M1-3-CH/.7).

El esquema estudiado se presenta en el anexo en las láminas 0209-C-1004, 0209-C-1020 y 0209-C-1021.

## 3. CARACTERISTICAS ENERGETICAS DE LA ALTERNATIVA

	Alternativa	Potencia Instalada (MW)	Energía Primaria (6 wh/a)	Período Construc. (años)	Costos Totales (10 <sup>6</sup> US\$)
Primer Salto	F-M1-4-CH/1	276	2.422	4,5	648,9
	F-M1-3-CH/.7	728	4.666	5,5	1.588,3
Segundo Salto	F-M1-4-CH/1B	536	4.692	4,5	580,5
	F-M1-3-CH/.7B	1.224	7.728	4,5	1.008,8
Desarrollo Completo	F-M1-4-CH/1	812	7.114	5,5	1.291,8
	F-M1-3-CH/.7	1.952	12.394	5,5	2.648,1

#### 4. COMPARACION CON LAS OTRAS ALTERNATIVAS

##### 4.1 Aspectos geológicos

Los estudios vulcanológicos actualmente en curso están concluyendo que existen pocas posibilidades de que los derrames lávicos del volcán El Reventador puedan alcanzar directamente los sitios para las obras de esta alternativa en doble salto y, así mismo, la actividad explosiva del cono actual puede ser considerada relativamente moderada, de manera que los productos piroclásticos de caída no constituirán un problema mayor para las obras de acceso y de restitución de la casa de máquinas del primer salto.

Desde el punto de vista geológico, el túnel de aducción, el de restitución y el de la casa de máquinas del primer salto, estarían ubicados en rocas volcánicas antiguas, en general macizas y duras, aunque posiblemente bastante fracturadas según lo observado en los primeros sondeos ejecutados antes del sismo del 5 de marzo.

*preg?*

Sin embargo, en todos los sitios examinados para el estudio de este esquema, se ha reconocido que los trabajos de afrontamiento y de excavación del túnel de restitución conllevarían varios problemas relacionados a la presencia de grandes depósitos de material laharrítico inconsolidado e inestable aflorantes sobre los taludes empinados de ambas márgenes. La inestabilidad de estos materiales determinaría condiciones de peligro también para las instalaciones de servicio, las obras provisionales y los campamentos a construirse en zonas aledañas a la embocadura del túnel de restitución. En realidad, la acción de socavación al pie de estos depósitos determinada por las crecientes del río y la erosión superficial y saturación relacionadas a las fuertes precipitaciones que caracterizan la región, podrían determinar deslizamientos locales de gran volumen y el represamiento temporal en algunos tramos del río determinando cuantiosas pérdidas de las infraestructuras y de los equipos.

Por otro lado, tomando en cuenta las condiciones de precaria estabilidad que caracterizan los materiales de cobertura en los flancos del volcán y en los taludes del valle del río Coca y de los afluentes laterales, se evidencia que el riesgo sísmico resulta ser mucho mayor que el riesgo volcánico en vista de la completa denudación de terrenos superficiales sobre áreas muy extensas que determinarían las vibraciones producidas por sismos de intensidad regular a fuerte. Los terremotos ocurridos el 5 de marzo de 1987 han constituido una extraordinaria demostración de los efectos inducidos sobre las faldas de El Reventador y las márgenes de los ríos de la cuenca del Coca, con el desprendimiento y el desplazamiento de grandes volúmenes en los depósitos de materiales laharríticos y demás residuos volcánicos, así como también, en las capas de suelos coluviales que, en condición de saturación, cubren las formaciones rocosas en el área del Proyecto. Los deslizamientos de suelos y las corrientes barrosas que se desplazaron por la parte baja de los valles han permitido apreciar las consecuencias de estos movimientos de masa en los diferentes sitios considerados para las obras del Proyecto. En la zona examinada para las alternativas en doble

salto, los efectos inducidos por los sismos, aunque menos catastróficos que los registrados en el valle del río Coca aguas arriba de la cascada de San Rafael, desestabilizando a todos los depósitos sueltos en las laderas, habrían producido el colapso de las obras de infraestructura en la zona del túnel de restitución y la acumulación de detritos con consecuente represamiento de las aguas e inundación de las obras subterráneas. 1 ??

#### 4.2 Aspectos operacionales

Un problema adicional constituye la operación de dos centrales en serie, por la dependencia completa de la segunda central de la operación de la de aguas arriba.

Está claro que la central de aguas abajo sólo puede operar con los caudales restituidos por la primera central o por medio de un by-pass; a menos de que se construya una cámara de compensación en subterráneo. Las dimensiones de esta cámara serían tales que llegarían a descalificar la solución por su costo excesivo (como ejemplo, se debe indicar que  $130 \text{ m}^3/\text{s}$  en 5 minutos representan un volumen de  $40.000 \text{ m}^3$ ). Para esta alternativa es necesario aclarar que no hay posibilidad técnica de ubicar un embalse compensador.

Y el de GR no se llama  
OK También, esta solución impone construir una obra de by-pass con disipación de energía, para poder continuar la operación de la segunda central, en caso de que se pare la primera (aunque sea parcialmente ya que hay un número reducido de grupos en las dos centrales). Esta situación se agrava en vista de que la segunda central tiene mayor potencia y producción energética que la primera y está dependiendo totalmente de ésta.

Por otra parte, las obras de disipación de energía que se necesitarían para el by-pass son teóricamente factibles, pero presentarían problemas constructivos y operativos, pues se trataría de un pozo de 250 m de altura y de 7 a 8 m de diámetro (existen obras construidas para caudales similares pero con alturas de caída menores).

Evidentemente también, los costos de operación de las casas de máquinas del doble salto, resultarán más elevados de los correspondientes a la casa de máquinas a salto simple.

#### 4.3 Producción energética y parámetros económicos

Desde el punto de vista de su producción energética y potencia, la alternativa en doble salto resulta en un 2 a 3 por ciento inferior a las alternativas de simple salto. En forma paralela los costos totales representan valores del 10 al 15 por ciento superiores a los similares de simple salto, ver en el Cuadro 6/1 del anexo los esquemas 38, 51, 55 y 56. Estas constataciones se reflejan de manera similar en el análisis económico donde, cabe anotar que resultan menos atractivas de aquellas con aducción directa, sobre todo en el caso de considerar un mercado infinito. Para el ejercicio de comparación de alternativas con el mercado eléctrico asocia-



do al escenario III\*, se adoptó el criterio simplificativo de asociar etapas constructivas a cada túnel; este criterio penaliza evidentemente la aducción directa (2 etapas) con respecto a la en doble salto (4 etapas), hecho que no ocurriría basándose en etapas relacionadas a escalones de potencia. A pesar de esta penalización, también en este caso las alternativas con aducción directa resultan en promedio más atractivas, ver en el Cuadro 6/2 del anexo, los esquemas 38, 51, 55 y 56.

#### 4.4 Limitaciones del factor de planta

En base a la decisión de eliminar las presas de acumulación a lo largo del río Coca, después del evento del 5 de marzo, la solución en doble salto pierde aún más interés debido al hecho de ser dimensionada en su desarrollo completo solamente para un factor de planta de 1, ya que no puede ser asociada a ningún embalse compensador.

Otros factores de planta podrán ser analizados solamente en las primeras etapas del desarrollo, cuando el caudal disponible (caudal natural diario al 90%) supera bastante el caudal promedio derivado; o no utilizando a desarrollo completo todo el potencial hidroenergético.

Por otro lado, con captación a filo de agua ya sea en el sitio Malo M1 (o eventualmente Salado) la potencia total a instalarse en el primer salto, con la construcción de dos túneles cada uno de un largo superior a 12 (ó 18) km, no supera los 300 MW, lo que significaría instalar un grupo de menos de 150 MW para cada túnel. Estos escalones de potencia, sobre todo pensando que es una proyección para alrededor del año 2000, parecen demasiado limitados.

#### 4.5 Accesos y problemas constructivos

La ubicación de la casa de máquinas del primer salto conlleva también problemas constructivos y de accesos mayores de los relacionados a la solución con simple salto.

El espacio disponible para la instalación de los campamentos de construcción para las obras de caída-casa de máquinas y restitución del primer salto, resulta extremadamente reducido y sujeto a los problemas de inestabilidades de las laderas muy empinadas del valle del Coca. Las mismas inestabilidades afectarían las carreteras de accesos ya sean provisionales o definitivos, que deberán ser construidas desde el futuro sistema vial del país y la casa de máquinas.

---

\*: Previsiones globales de demanda eléctrica (potencia y energía primaria) del Sistema Nacional:

- escenario I: muy optimista
- escenario II: moderadamente optimista
- escenario III: pesimista

## 5. CONCLUSIONES

Por todas las razones anteriormente mencionadas ya sean de riesgo geológico, de carácter técnico y económico o de operación, se decidió descartar la solución en doble salto.

Esta decisión resultó aún más justificada después del evento del 5 de marzo, por razones de estabilidad de laderas y de limitaciones de variaciones del factor de planta y/o de dimensiones demasiado reducidas de escalones de potencia relacionadas a obras de captación a filo de agua.

6. ANEXOS

Cuadro 6/1

INDICES DE COSTOS Y BENEFICIOS DE LAS ALTERNATIVAS  
ALTERNATIVAS A DESARROLLO COMPLETO CON MERCADO INFINITO

Alternativas	Potencia instalada (MW)	Energía firme (GWh/a)	Costo** Capital Total (10 <sup>6</sup> US\$)	Costo anual (10 <sup>6</sup> US\$)	Beneficio anual (10 <sup>6</sup> US\$)	Costo por KW (US\$/KW)	Costo por KWh (10 <sup>-3</sup> US\$/KWh)	B/C	B-C (10 <sup>6</sup> US\$)
SALADO CONTRAEMBALSE M1									
1 A-M1-1-CH/.7	2.581	16.234	3.663,8	408,2	1.131,4	1.419,5	25,15	2,77	723,2
2 A-M1-1-CO/.7	2.653	16.257	3.651,0	406,4	1.140,9	1.376,2	25,00	2,81	734,5
3 A-M1-2-CH/.7	2.329	14.670	3.187,5	355,5	1.022,1	1.368,6	24,23	2,87	666,6
4 A-M1-2-CO/.7	2.407	14.736	3.223,1	359,2	1.034,5	1.333,9	24,32	2,88	675,3
5 A-M1-3-CH/.7	2.102	13.231	2.801,6	312,5	921,8	1.332,8	23,62	2,95	609,3
6 A-M1-3-CO/.7	2.160	13.224	2.764,9	308,4	927,7	1.280,0	23,32	3,01	619,4
SALADO CONTRAEMBALSE M2									
7 A-M2-1-CH/.7	2.585	16.286	3.779,6	420,7	1.134,3	1.462,2	25,79	2,70	713,6
8 A-M2-1-CO/.7	2.661	16.504	3.753,8	418,1	1.154,3	1.411,0	25,33	2,76	736,2
9 A-M2-2-CH/.7	2.333	14.716	3.298,2	367,7	1.024,7	1.413,6	24,98	2,79	657,0
10 A-M2-2-CO/.7	2.412	14.966	3.326,1	371,0	1.046,7	1.379,0	24,79	2,82	675,7
11 A-M2-3-CH/.7	2.105	13.275	2.906,5	324,1	924,4	1.380,8	24,41	2,85	600,3
12 A-M2-3-CO/.7	2.170	13.466	2.922,0	326,1	941,8	1.346,1	24,22	2,89	615,7
FILO DE AGUA M1 CO-SALADO									
13 A-M1-4-CO/.5	3.513	16.091	4.250,7	475,2	1.233,9	1.210,1	29,53	2,60	758,7
14 A-M1-4-CO/.7	2.569	16.214	3.662,9	408,7	1.128,8	1.426,0	25,20	2,76	720,1
*15 A-M1-5-CO/.5	3.200	14.556	3.668,5	410,9	1.118,9	1.146,5	28,22	2,72	708,0
*16 A-M1-5-CO/.7	2.328	14.659	3.218,1	359,5	1.021,1	1.382,5	24,52	2,84	661,6

Alternativas	Potencia instalada (MW)	Energía firme (GWh/a)	Costo** Capital Total (10 <sup>6</sup> US\$)	Costo anual (10 <sup>6</sup> US\$)	Beneficio anual (10 <sup>6</sup> US\$)	Costo por KW (US\$/KW)	Costo por KWh (10 <sup>-3</sup> US\$/KWh)	B/C	B-C (10 <sup>6</sup> US\$)
17 A-M1-6-CO/.5	2.915	13.159	3.317,5	372,0	1.014,2	1.137,9	28,26	2,73	642,2
18 A-M1-6-CO/.7	2.111	13.223	2.879,3	321,9	922,5	1.363,7	24,34	2,87	600,6
FILO DE AGUA M2 CO-SALADO									
19 A-M2-4-CO/.5	3.523	16.159	4.348,0	486,0	1.238,7	1.234,0	30,07	2,55	752,7
20 A-M2-4-CO/.7	2.572	16.273	3.780,0	421,5	1.132,1	1.469,8	25,90	2,69	710,6
* 21 A-M2-5-CO/.5	3.218	14.662	3.791,0	424,4	1.126,4	1.178,2	28,94	2,65	702,0
* 22 A-M2-5-CO/.7	2.378	14.725	3.323,5	371,1	1.025,7	1.421,7	25,20	2,76	654,6
23 A-M2-6-CO/.5	2.919	13.208	3.420,7	383,3	1.017,0	1.171,7	29,02	2,65	633,7
24 A-M2-6-CO/.7	2.114	13.260	2.967,4	331,6	924,7	1.403,4	25,00	2,79	593,1
FILO DE AGUA M1 CH-SALADO									
25 A-M1-4-CH/1	1.826	16.006	3.267,3	363,2	1.030,5	1.789,1	22,69	2,84	667,3
* 26 A-M1-5-CH/1	1.654	14.500	2.851,4	317,4	933,6	1.723,5	21,89	2,94	616,2
27 A-M1-6-CH/1	1.487	13.031	2.526,3	281,5	838,0	1.699,4	21,60	2,98	557,4
FILO DE AGUA M2 CH-SALADO									
28 A-M2-4-CH/1	1.835	16.079	3.338,6	371,0	1.035,3	1.818,9	23,07	2,79	664,3
* 29 A-M2-5-CH/1	1.663	14.567	2.920,6	325,0	937,9	1.756,3	22,31	2,89	612,9
30 A-M2-6-CH/1	1.494	13.091	2.592,9	288,8	842,9	1.735,1	22,06	2,92	554,1
PRESAS ALTAS M1									
31 C-M1-1-CH/.5	3.499	15.833	4.274,7	476,1	1.219,2	1.221,7	30,07	2,56	743,1
32 C-M1-1-CH/.7	2.517	15.860	3.446,3	383,1	1.104,6	1.369,2	24,16	2,88	721,5
33 C-M1-1-CH/1	1.793	15.707	3.011,5	339,9	1.011,3	1.679,6	21,20	2,97	671,4
34 C-M1-2-CH/.5	3.132	14.221	3.749,1	417,9	1.094,9	1.197,0	29,39	2,62	677,0
35 C-M1-2-CH/.7	2.261	14.271	2.973,3	331,3	993,4	1.315,0	23,22	3,00	662,1
36 C-M1-2-CH/1	1.607	14.077	2.499,5	277,8	906,3	1.555,4	19,73	3,26	628,5

0209-A-122		Alternativas	Potencia instalada (MW)	Energía firme (GWh/a)	Costo**	Costo anual (10 <sup>6</sup> US\$)	Beneficio anual (10 <sup>6</sup> US\$)	Costo por KW (US\$/KW)	Costo por KWh (10 <sup>-3</sup> US\$/KWh)	B/C	B-C (10 <sup>6</sup> US\$)
					Capital Total (10 <sup>6</sup> US\$)						
	*37	C-M1-3-CH/.5	2.764	12.556	3.199,0	356,2	965,6	1.157,4	28,37	2,71	609,4
⇒	*38	C-M1-3-CH/.7	2.001	12.619	2.507,0	279,4	878,4	1.252,9	22,14	3,14	599,3
	*39	C-M1-3-CH/1	1.417	12.414	2.167,2	241,1	799,3	1.529,4	19,42	3,32	558,2
PRESA ALTAS M2											
	40	C-M2-1-CH/.5	3.505	15.892	4.570,6	508,4	1.222,8	1.304,0	31,99	2,41	714,4
	41	C-M2-1-CH/.7	2.523	15.924	3.700,0	410,9	1.108,6	1.466,5	25,81	2,70	697,7
	42	C-M2-1-CH/1	1.795	15.715	3.250,9	360,2	1.012,0	1.811,1	22,92	2,81	651,8
	43	C-M2-2-CH/.5	3.217	14.620	4.163,6	463,4	1.119,0	1.294,3	31,70	2,41	655,6
	44	C-M2-2-CH/.7	2.323	14.672	3.311,3	368,5	1.021,2	1.425,4	25,11	2,77	652,7
	45	C-M2-2-CH/1	1.648	14.433	2.818,2	313,0	929,4	1.710,1	21,68	2,97	616,4
	46	C-M2-3-CH/.5	2.797	12.751	3.589,8	399,5	979,4	1.283,4	31,33	2,45	579,9
	47	C-M2-3-CH/.7	2.032	12.840	2.830,2	315,2	893,6	1.392,8	24,55	2,83	578,4
	48	C-M2-3-CH/1	1.439	12.604	2.428,2	269,7	811,5	1.687,4	21,40	3,01	541,8
FILO DE AGUA M1 AISLADO											
	*49	C-M1-4-CO/.5	1.693	7.385	1.624,3	182,3	575,9	959,4	24,69	3,16	393,6
	*50	C-M1-4-CO/.7	1.203	7.385	1.321,9	147,9	518,0	1.098,9	20,03	3,50	370,1
→	*51	C-M1-4-CH/1	832	7.297	1.126,9	125,6	469,7	1.354,5	17,21	3,74	344,1
FILO DE AGUA M2 AISLADO											
	*52	C-M2-4-CO/.5	1.689	7.370	1.669,2	187,2	574,6	988,3	25,40	3,07	387,4
	*53	C-M2-4-CO/.7	1.119	7.361	1.362,1	152,3	516,3	1.136,0	20,69	3,39	364,0
	*54	C-M2-4-CH/1	837	7.334	1.181,6	131,6	472,2	1.411,3	17,95	3,59	340,6
DOBLE SALTO											
⇒	55	F-M1-3-CH/.7	1.952	12.394	2.648,1	294,5	861,4	1.356,6	23,76	2,92	566,9
→	56	F-M1-4-CH/1	812	7.111	1.291,8	143,9	458,1	1.591,0	20,23	3,18	314,2

Alternativas	Potencia instalada (MW)	Energía firme (GWh/a)	Costo** Capital Total (10 <sup>6</sup> US\$)	Costo anual (10 <sup>6</sup> US\$)	Beneficio anual (10 <sup>6</sup> US\$)	Costo por KW (US\$/KW)	Costo por KWh (10 <sup>-3</sup> US\$/KWh)	B/C	B-C (10 <sup>6</sup> US\$)
SALADO AISLADO									
57 A-1-S/.7	332	2.105	1.482,6	163,5	146,3	4.472,4	77,68	0,89	-17,2
58 A-2-S/.7	259	1.650	1.147,7	126,8	114,5	4.434,8	76,87	0,90	-12,3
59 A-3-S/.7	188	1.209	901,4	99,8	83,9	4.787,2	82,51	0,84	-15,9

- . Tasa de interés adoptada:  $i = 10\%$ .
- . Gastos de ingeniería y administración: 10% del costo total directo.
- . Gastos anuales: 1% del costo directo de las obras civiles y 2% del costo directo del equipo.
- . Beneficios:
  - de potencia garantizada 118,07 US\$/KW/año.
  - de energía primaria 50,91 US\$/MWh
- . Las alternativas identificadas con \* forman parte del grupo de las seleccionadas. Muchas de estas alternativas difieren entre sí mismas por el factor de planta y la existencia de chimeneas equilibrio en lugar del compensador.
- . Las alternativas de 49 a 54 pueden existir aisladas o como primera etapa de las alternativas de 13 a 30.
- \*\* Con costo capital total (véase punto 3.3.4) se entiende la suma de todos los costos directos e indirectos con la inclusión de los intereses intercalares.

Cuadro 6/2

PARAMETROS ECONOMICOS DE LAS ALTERNATIVAS  
ALTERNATIVAS A DESARROLLO ESCALONADO CON MERCADO DEL ESCENARIO III

Alternativas		Potencia Instalada (MW)	Energía Firme (GWh/a)	Costos Totales Actualiz. C (10 <sup>6</sup> US\$)	Beneficios Totales Actualiza. B (10 <sup>6</sup> US\$)	Beneficio Total Neto B-C (10 <sup>6</sup> US\$)	Relación B/C (-)	TIR (%)
SALADO CONTRAEMBALSE M1								
1	A-M1-1-CH/.7	2.581	16.234	2.629,6	4.391,2	1.761,6	1,670	14,57
2	A-M1-1-CO/.7	2.653	16.257	2.638,9	4.404,8	1.765,9	1,669	14,53
3	A-M1-2-CH/.7	2.329	14.670	2.318,1	4.207,9	1.889,9	1,815	15,61
4	A-M1-2-CO/.7	2.407	14.736	2.354,9	4.194,6	1.839,7	1,781	15,39
5	A-M1-3-CH/.7	2.102	13.231	2.102,6	4.029,3	1.935,9	1,916	16,31
6	A-M1-3-CO/.7	2.160	13.224	2.127,9	4.040,5	1.912,5	1,899	16,13
SALADO CONTRAEMBALSE M2								
7	A-M2-1-CH/.7	2.585	16.286	2.688,9	4.395,1	1.706,2	1,635	14,37
8	A-M2-1-CO/.7	2.661	16.504	2.692,1	4.408,8	1.716,7	1,638	14,36
9	A-M2-2-CH/.7	2.333	14.716	2.380,7	4.217,7	1.837,0	1,772	15,37
10	A-M2-2-CO/.7	2.412	14.966	2.413,5	4.232,0	1.818,4	1,753	15,25
11	A-M2-3-CH/.7	2.105	13.275	2.160,3	4.033,8	1.873,5	1,867	16,01
12	A-M2-3-CO/.7	2.170	13.466	2.198,1	4.049,2	1.851,1	1,842	15,81
FILO DE AGUA M1 CO-SALADO								
13	A-M1-4-CO/.5	3.513	16.091	2.166,1	4.543,3	2.377,2	2,097	19,37
14	A-M1-4-CO/.7	2.569	16.214	1.865,2	4.388,5	2.523,3	2,353	22,01



Alternativas		Potencia Instalada (MW)	Energía Firme (GWh/a)	Costos Totales Actualiz. C (10 <sup>6</sup> US\$)	Beneficios Totales Actualiza. B (10 <sup>6</sup> US\$)	Beneficio Total Neto B-C (10 <sup>6</sup> US\$)	Relación B/C (-)	TIR (%)
*15	A-M1-5-CO/.5	3.200	14.556	1.983,2	4.382,3	2.399,1	2,210	19,88
*16	A-M1-5-CO/.7	2.328	14.659	1.717,2	4,206,9	2.489,7	2,450	22,38
17	A-M1-6-CO/.5	2.915	13.159	1.894,0	4.211,2	2.317,2	2,224	19,92
18	A-M1-6-CO/.7	2.111	13.223	1.626,1	4.030,8	2.404,7	2,479	22,43
FILO DE AGUA M2 CO-SALADO								
19	A-M2-4-CO/.5	3.523	16.159	2.245,4	4.549,1	2.303,7	2,026	18,63
20	A-M2-4-CO/.7	2.572	16.273	1.952,6	4.392,2	2.439,7	2,249	20,86
*21	A-M2-5-CO/.5	3.218	14.662	2.069,6	4.393,3	2.323,7	2,123	19,08
*22	A-M2-5-CO/.7	2.378	14.725	1.801,2	4.214,1	2.412,9	2,340	21,25
23	A-M2-6-CO/.5	2.919	13.208	1.975,5	4.219,5	2.244,0	2,136	19,12
24	A-M2-6-CO/.7	2.114	13.260	1.705,2	4.034,6	2.329,5	2,366	21,26
FILO DE AGUA M1 CH-SALADO								
25	A-M1-4-CH/1	1.826	16.006	1.873,4	4.218,1	2.344,8	2,252	21,46
*26	A-M1-5-CH/1	1.654	14.500	1.716,1	4.035,4	2.319,3	2,352	22,00
27	A-M1-6-CH/1	1.487	13.031	1.572,6	3.847,6	2.275,0	2,447	22,64
FILO DE AGUA M2 CH-SALADO								
28	A-M2-4-CH/1	1.835	16.079	1.930,8	4.225,1	2.294,2	2,188	20,71
*29	A-M2-5-CH/1	1.663	14.567	1.771,9	4.042,8	2.270,9	2,282	21,26

3/4

Alternativas		Potencia Instalada (MW)	Energía Firme (GWh/a)	Costos Totales Actualiz. C (10 <sup>6</sup> US\$)	Beneficios Totales Actualiza. B (10 <sup>6</sup> US\$)	Beneficio Total Neto B-C (10 <sup>6</sup> US\$)	Relación B/C (-)	TIR (%)
30	A-M2-6-CH/1	1.494	13.091	1.626,7	3.855,0	2.228,3	2,370	21,81
PRESAS ALTAS M1								
31	C-M1-1-CH/.5	3.499	15.833	2.876,4	4.557,2	1.680,8	1,584	13,80
32	C-M1-1-CH/.7	2.517	15.860	2.718,8	4.344,3	1.625,5	1,598	13,73
33	C-M1-1-CH/1	1.793	15.707	2.529,6	4.173,7	1.644,1	1,650	14,08
34	C-M1-2-CH/.5	3.132	14.221	2.472,7	4.348,0	1.875,3	1,758	15,12
35	C-M1-2-CH/.7	2.261	14.271	2.348,6	4.164,9	1.816,3	1,773	14,93
36	C-M1-2-CH/1	1.607	14.077	2.086,3	3.988,9	1.902,6	1,912	15,76
*37	C-M1-3-CH/.5	2.764	12.556	2.133,6	4.127,5	1.993,9	1,935	16,46
⇒ *38	C-M1-3-CH/.7	2.001	12.619	1.942,3	3.954,1	2.011,8	2,036	16,63
*39	C-M1-3-CH/1	1.417	12.414	1.797,1	3.740,8	1.943,7	2,082	17,04
PRESAS ALTAS M2								
40	C-M2-1-CH/.5	3.505	15.892	3.103,9	4.531,0	1.427,1	1,460	13,07
41	C-M2-1-CH/.7	2.523	15.924	2.938,1	4.363,3	1.425,2	1,485	13,07
42	C-M2-1-CH/1	1.795	15.715	2.745,2	4.181,5	1.436,3	1,523	13,41
43	C-M2-2-CH/.5	3.217	14.620	2.793,6	4.391,2	1.597,5	1,572	13,89
44	C-M2-2-CH/.7	2.323	14.672	2.638,6	4.208,7	1.570,1	1,595	13,82
45	C-M2-2-CH/1	1.648	14.433	2.368,2	4.029,6	1.661,4	1,702	14,50
46	C-M2-3-CH/.5	2.797	12.751	2.431,4	4.155,3	1.723,9	1,709	15,00
47	C-M2-3-CH/.7	2.032	12.840	2.258,1	3.980,8	1.722,7	1,763	15,04
48	C-M2-3-CH/1	1.439	12.604	2.037,7	3.781,7	1.744,0	1,856	15,63

Alternativas	Potencia Instalada	Energía Firme	Costos Totales Actualiz. C	Beneficios Totales Actualiza. B	Beneficio Total Neto B-C	Relación B/C	TIR
	(MW)	(GWh/a)	(10 <sup>6</sup> US\$)	(10 <sup>6</sup> US\$)	(10 <sup>6</sup> US\$)	(-)	(%)

## FILO DE AGUA M1 AISLADO

*49	C-M1-4-CO/.5	1.693	7.385	1.322,6	3.200,5	1.887,9	2,420	20,36
*50	C-M1-4-CO/.7	1.203	7.385	1.083,9	2.992,7	1.908,8	2,760	22,78
→ *51	C-M1-4-CH/1	832	7.297	953,0	2.822,7	1.869,7	2,960	24,38

## FILO DE AGUA M2 AISLADO

*52	C-M2-4-CO/.5	1.689	7.370	1.368,2	3.197,0	1.828,8	2,340	19,81
*53	C-M2-4-CO/.7	1.119	7.361	1.125,5	2.994,8	1.869,3	2,660	22,07
*54	C-M2-4-CH/1	837	7.334	1.002,0	2.830,7	1.828,7	2,820	23,42

## DOBLE SALTO

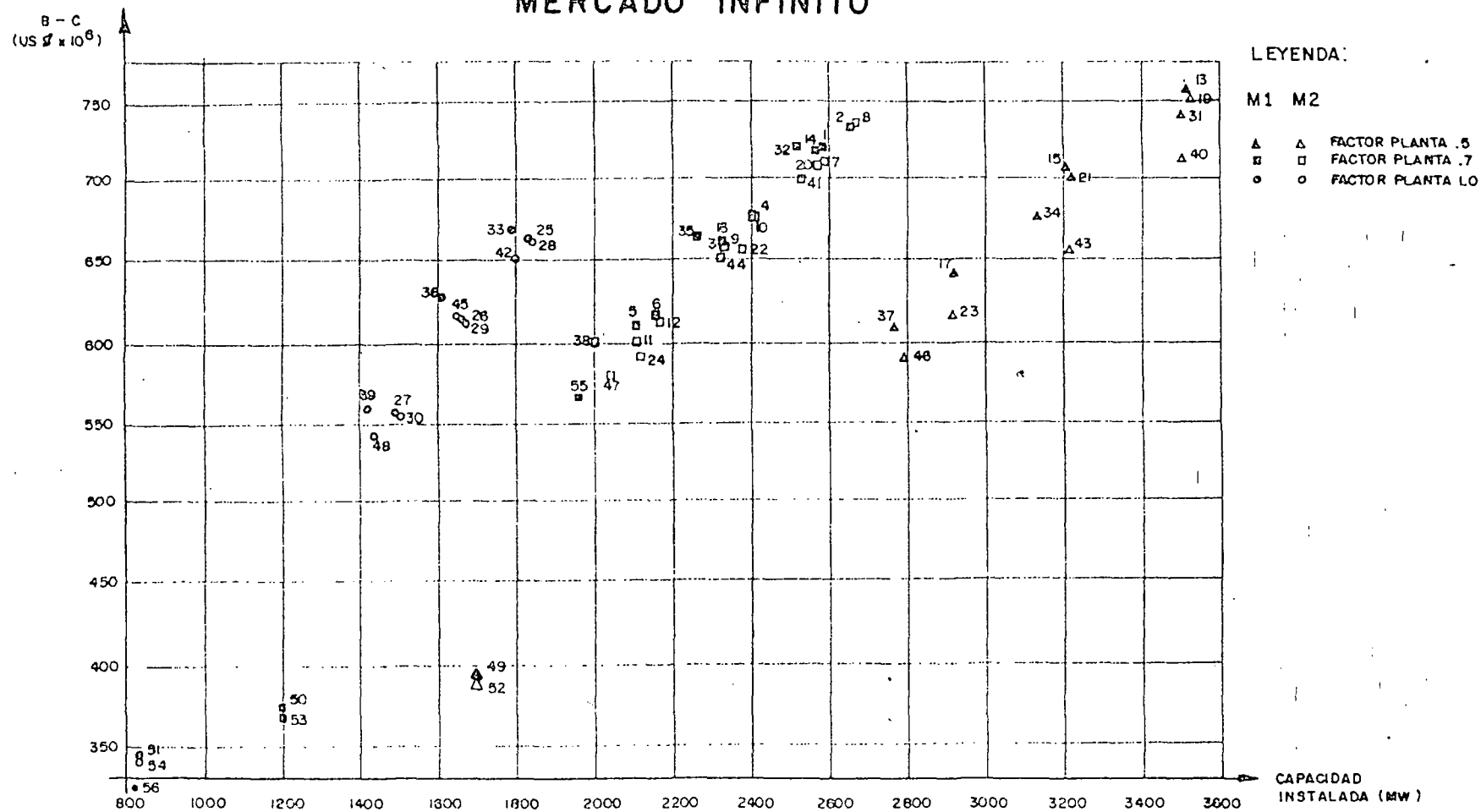
⇒ 55	F-M1-3-CH/.7	1.952	12.394	1.940,3	3.906,8	1.966,6	2,013	17,10
→ 56	F-M1-4-CH/1	812	7.111	1.027,4	2.783,0	1.755,6	2,709	24,22

## SALADO AISLADO

57	A-1-S/.7	332	2.105	1.537,8	1.235,1	- 302,7	0,803	7,96
58	A-2-S/.7	259	1.650	1.193,4	1.008,0	- 185,4	0,845	8,35
59	A-3-S/.7	188	1.209	949,4	767,8	- 181,6	0,809	7,90

- . Año de referencia 2004. Tasa de interés 10%.  
 . Las alternativas identificadas con (\*) hacen parte del grupo de las seleccionadas. Muchas de estas alternativas difieren entre sí mismas por el factor de planta y la existencia de chimeneas de equilibrio en lugar del compensador.  
 . Las alternativas de 49 a 54 pueden existir aisladas o como primera etapa de las alternativas de 13 a 30.

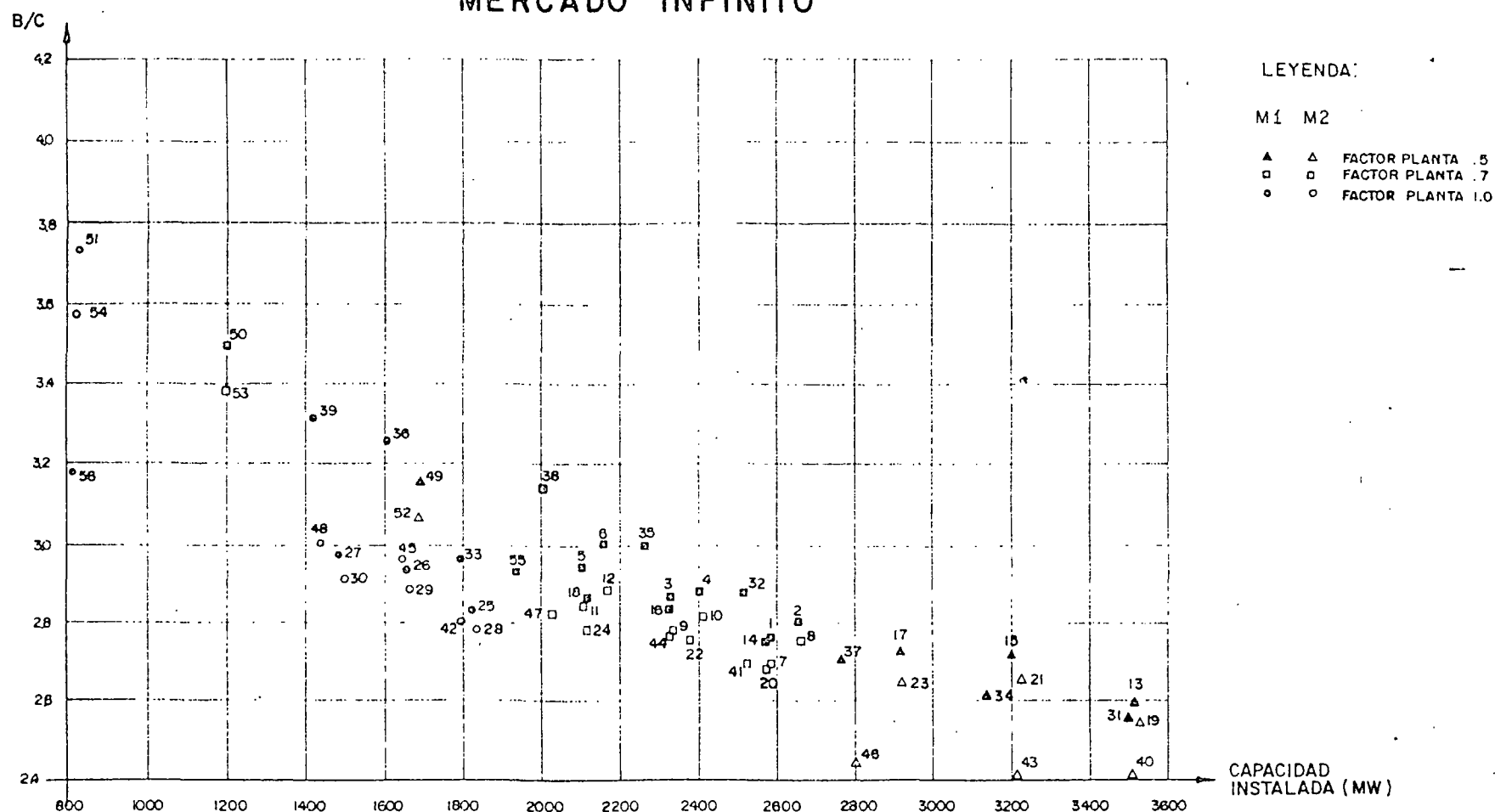
# BENEFICIO NETO (B-C) VS. CAPACIDAD INSTALADA MERCADO INFINITO



- LOS VALORES CORRESPONDIENTE AL APROVECHAMIENTO SALADO AISLADO (Nº 57 - 58 - 59) QUEDAN FUERA DEL CUADRO.

# RELACION (B/C) VS. CAPACIDAD INSTALADA

## MERCADO INFINITO



0209-A-122

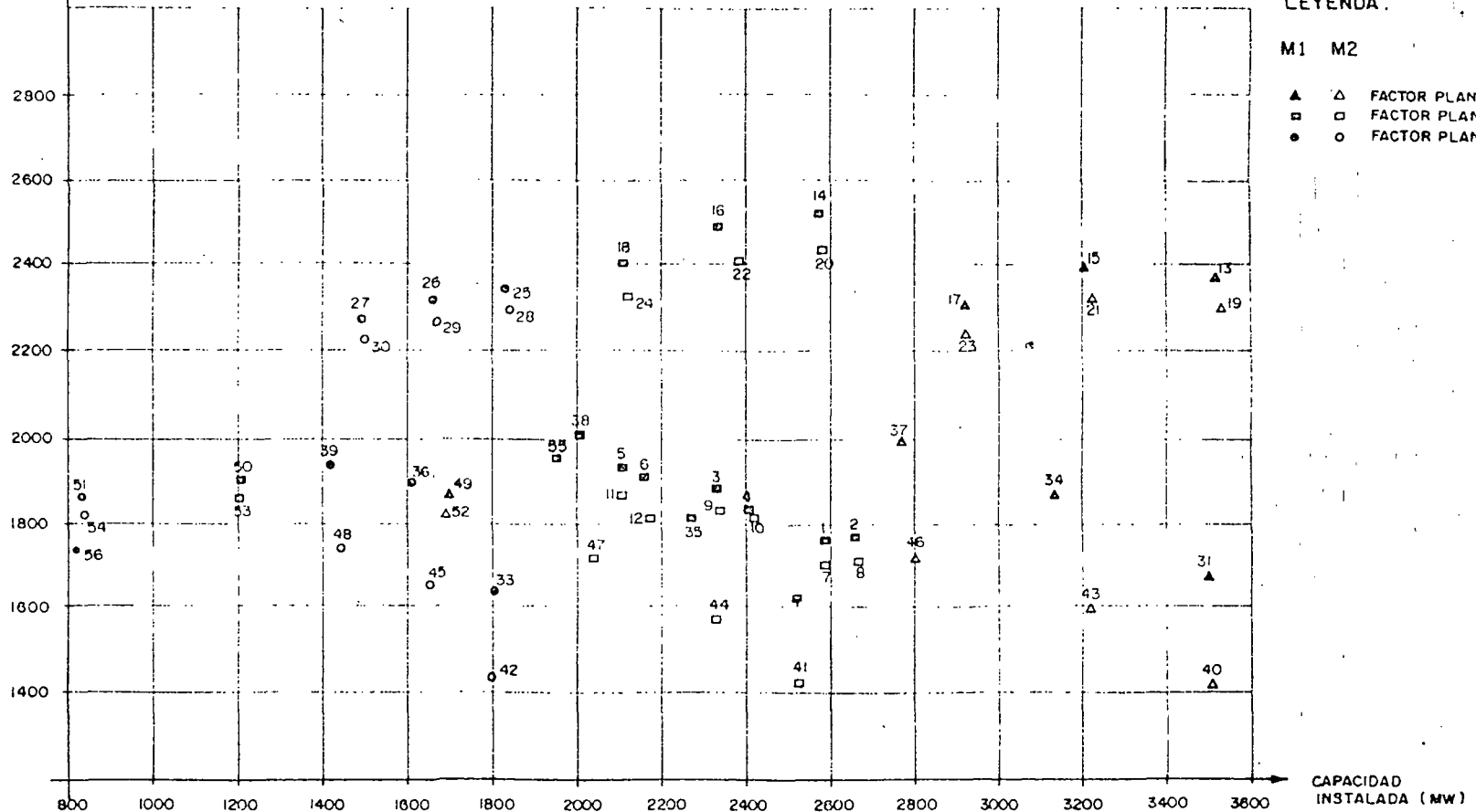
# BENEFICIO NETO (B-C) VS. CAPACIDAD INSTALADA ESCENARIO # 3 (P.I.B. 3%)

B - C  
 ( US \$ x 10<sup>6</sup> )

LEYENDA:

M1 M2

- ▲ Δ FACTOR PLANTA .5
- □ FACTOR PLANTA .7
- ○ FACTOR PLANTA 1.0

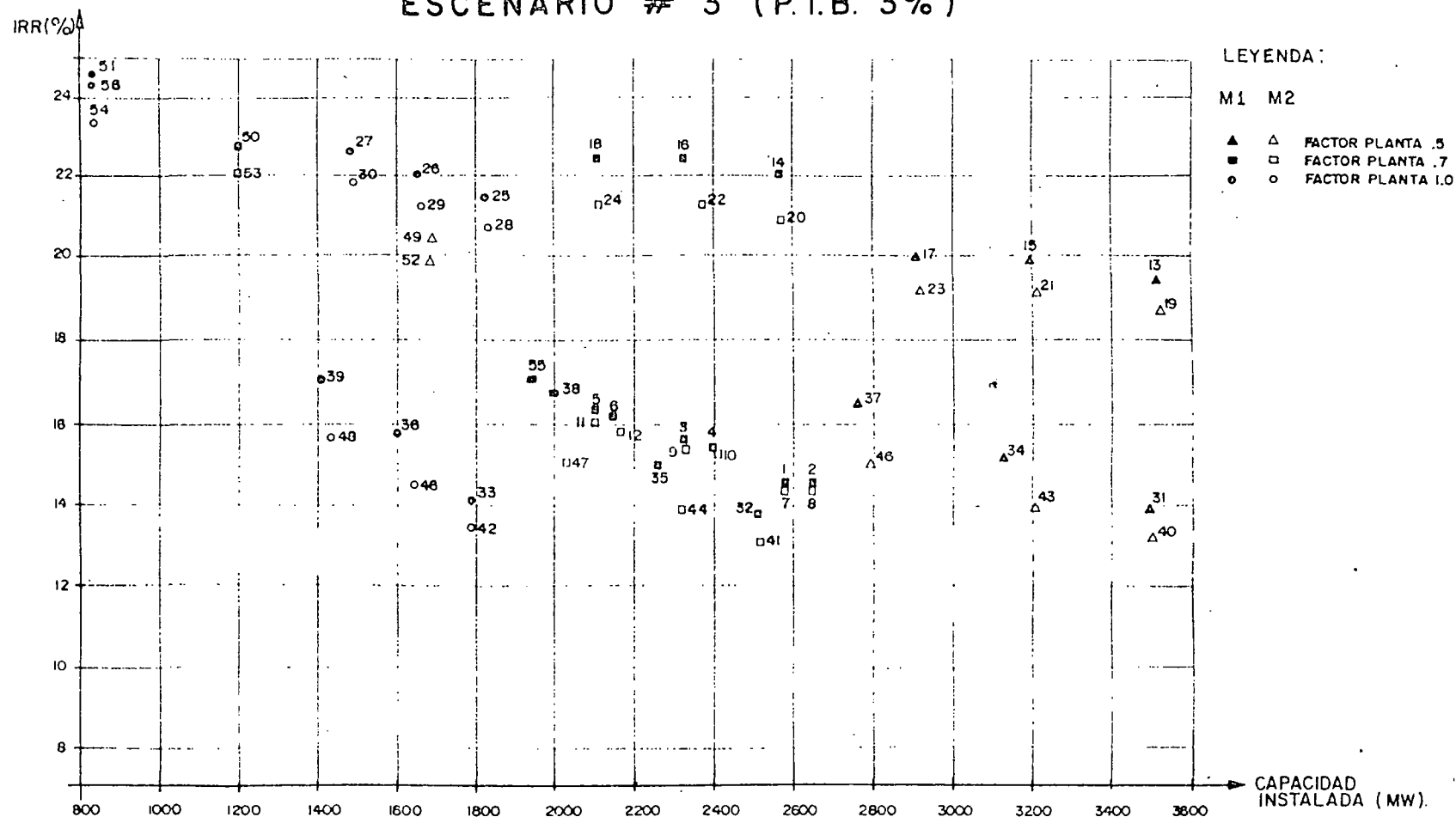


~ LOS VALORES CORRESPONDIENTE AL APROVECHAMIENTO SALADO AISLADO (Nº 57 - 58 - 59 ) QUEDAN FUERA DEL CUADRO.

FIGURA 6/3

## TIR VS. CAPACIDAD INSTALADA

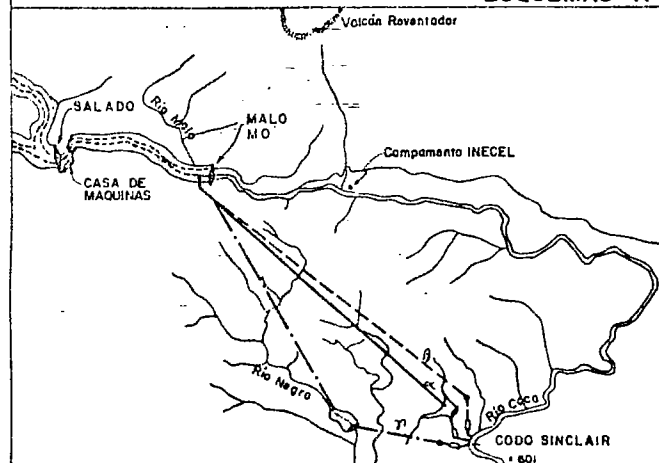
ESCENARIO # 3 (P.I.B. 3%)



- LOS VALORES CORRESPONDIENTE AL APROVECHAMIENTO SALADO AISLADO (Nº 57 - 58 - 59 ) QUEDAN FUERA DEL CUADRO.

A-1	SALADO	1385	MALO	1264	CODO SINCLAIR	(...)
A-2	SALADO	1365	MALO	1264	CODO SINCLAIR	(...)
A-3	SALADO	1345	MALO	1264	CODO SINCLAIR	(...)
A-4	SALADO	1385	MALO	1255	CODO SINCLAIR	(...)
A-5	SALADO	1365	MALO	1255	CODO SINCLAIR	(...)
A-6	SALADO	1345	MALO	1255	CODO SINCLAIR	(...)
A-7	SALADO	1385	MALO FILO AGUA		CODO SINCLAIR	(...)
A-8	SALADO	1365	MALO FILO AGUA		CODO SINCLAIR	(...)
A-9	SALADO	1345	MALO FILO AGUA		CODO SINCLAIR	(...)

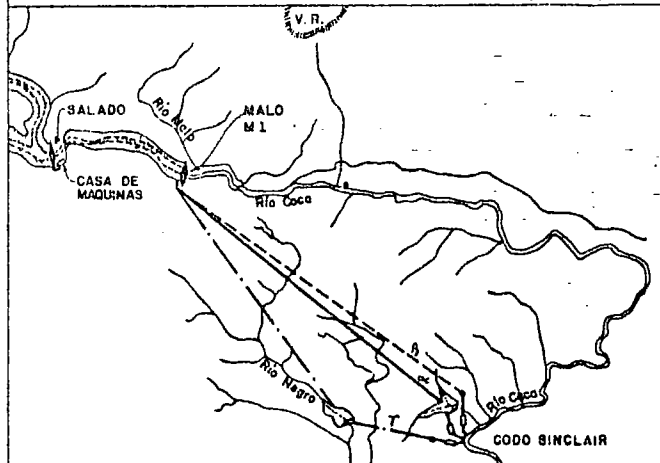
ESQUEMAS -A-



A0-1						
A0-2						
A0-3						
A0-4						
A0-5						
A0-6						
A0-7						
A0-8						
A0-9						

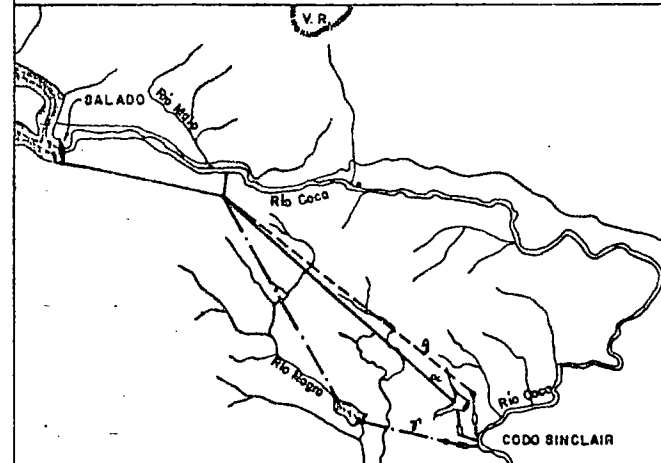
COMO EL ESQUEMA -A- CON PRESA MALO (EJE M1)

ESQUEMAS -A0-



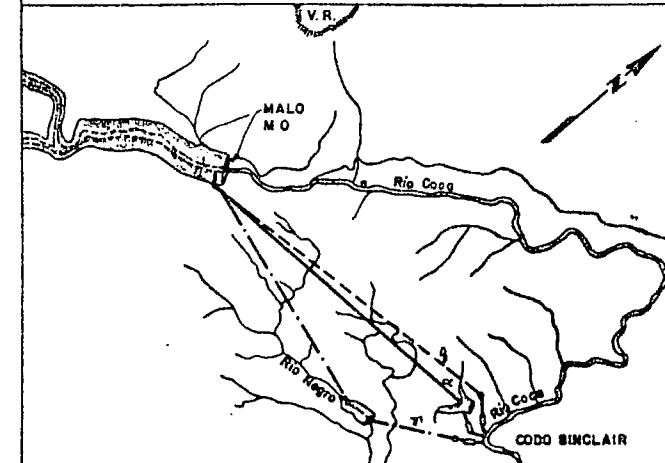
B-1	SALADO	1385			CODO SINCLAIR	(...)
B-2	SALADO	1365			CODO SINCLAIR	(...)
B-3	SALADO	1345			CODO SINCLAIR	(...)
B-4	SALADO FILO AGUA				CODO SINCLAIR	(...)

ESQUEMAS -B-



C-1	MALO	1365			CODO SINCLAIR	(...)
C-2	MALO	1345			CODO SINCLAIR	(...)
C-3	MALO	1325			CODO SINCLAIR	(...)

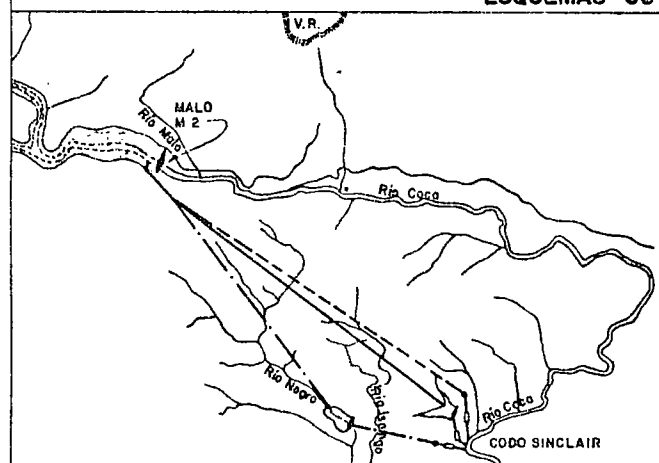
ESQUEMAS -C-



CD-1						
CD-2						
CD-3						

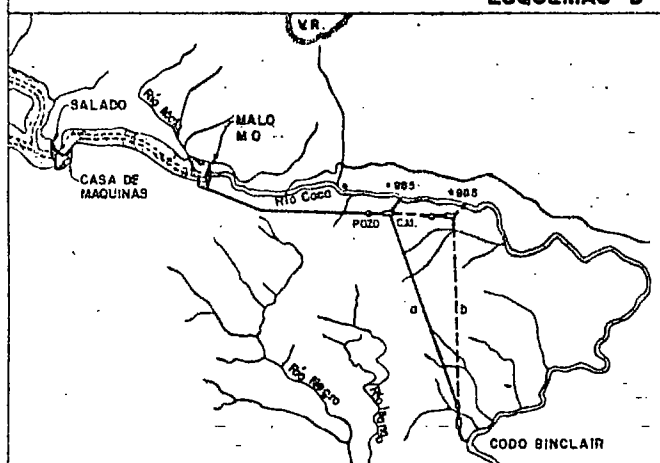
COMO EL ESQUEMA -C- CON PRESA MALO (EJE M2)

ESQUEMAS -C0-



D-1	SALADO	1385	MALO	1264	Ag. Ab. CASCADA - CODO SINCLAIR	
D-2	SALADO	1365	MALO	1264	Ag. Ab. CASCADA - CODO SINCLAIR	
D-3	SALADO	1345	MALO	1264	Ag. Ab. CASCADA - CODO SINCLAIR	
D-4	SALADO	1385	MALO	1255	Ag. Ab. CASCADA - CODO SINCLAIR	
D-5	SALADO	1365	MALO	1255	Ag. Ab. CASCADA - CODO SINCLAIR	
D-6	SALADO	1345	MALO	1255	Ag. Ab. CASCADA - CODO SINCLAIR	
D-7	SALADO	1385	MALO FILO AGUA		Ag. Ab. CASCADA - CODO SINCLAIR	
D-8	SALADO	1365	MALO FILO AGUA		Ag. Ab. CASCADA - CODO SINCLAIR	
D-9	SALADO	1345	MALO FILO AGUA		Ag. Ab. CASCADA - CODO SINCLAIR	

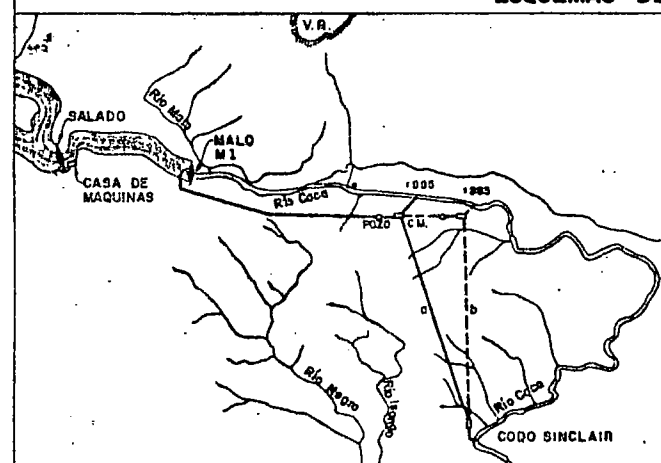
ESQUEMAS -D-



D0-1						
D0-2						
D0-3						
D0-4						
D0-5						
D0-6						
D0-7						
D0-8						
D0-9						

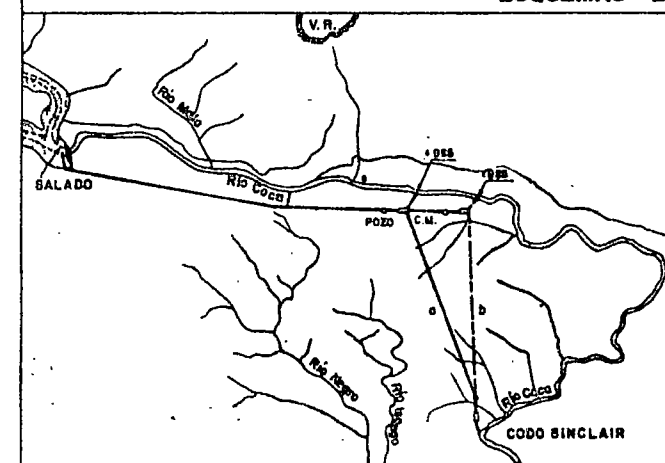
COMO EL ESQUEMA -D- CON PRESA MALO (EJE M1)

ESQUEMAS -D0-



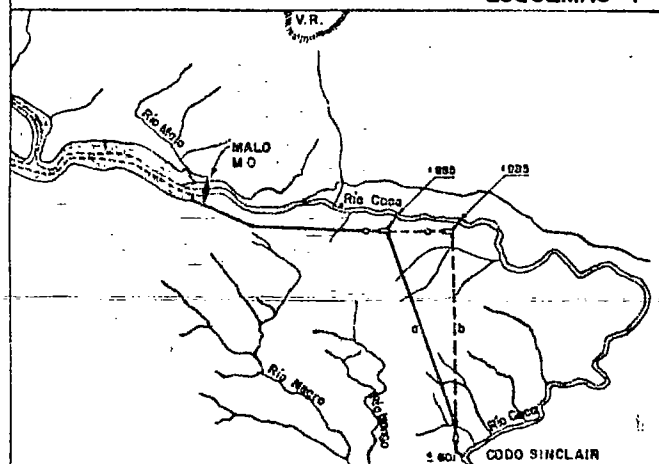
E-1	SALADO	1385	Ag. Ab.	CASCADA - CODO SINCLAIR	
E-2	SALADO	1365	Ag. Ab.	CASCADA - CODO SINCLAIR	
E-3	SALADO	1345	Ag. Ab.	CASCADA - CODO SINCLAIR	
E-4	SALADO FILO AGUA		Ag. Ab.	CASCADA - CODO SINCLAIR	

ESQUEMAS -E-



F-1	MALO	1365			CASCADA - CODO SINCLAIR	
F-2	MALO	1345			CASCADA - CODO SINCLAIR	
F-3	MALO	1325			CASCADA - CODO SINCLAIR	

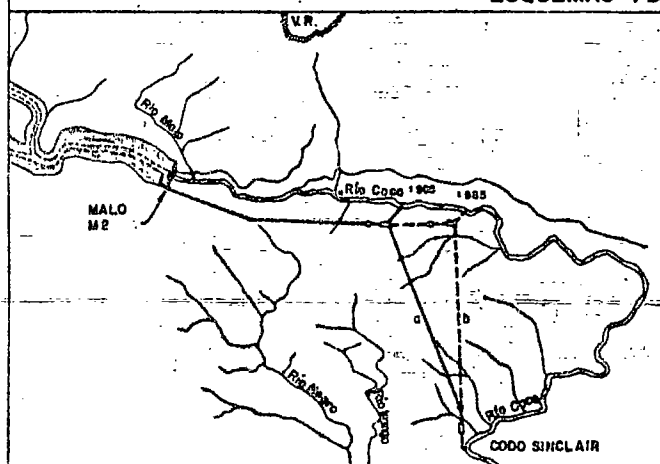
ESQUEMAS -F-



F0-1						
F0-2						
F0-3						

COMO EL ESQUEMA -F- CON PRESA MALO (EJE M2)

ESQUEMAS -F0-



NOTAS:  
 \* - ESQUEMAS PRATICAMENTE COINCIDENTES CON LOS CORRESPONDIENTES A FILO DE AGUA  
 - LAS ALTERNATIVAS MACHACUYACU (ISANGO Y NEGRO) ESTAN RESULTANDO DEFINITIVAMENTE MENOS ATRACTIVAS QUE LAS ALTERNATIVAS DIRECTAS (MALO-CODO)

0 1 2 5 10 Km  
 1:400.000

ANEXO A INFORME 0209-A-101-1			
ELECTROCONSULT- TRACTIONEL - RODIO			
ASTEC-INELIN - INGECONSULT - CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
ESQUEMAS ALTERNATIVOS A SER ESTUDIADOS			
HOJA DE		EBO. GRAFICA	
CREADO	L. E.	RECOMENDADO	
DISEÑADO	M. M. I.	APROBADO	
REVISADO			
FECHA	MAYO/88	REF.	0209 - C - 1004-1





