

PÚBLICO

DOCUMENTO DEL BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

ECUADOR

PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD

(EC0004)

ANEXO VI ESTUDIOS DE OPTIMIZACIÓN DE LOS DESARROLLOS HIDROELÉCTRICOS DE LA CUENCA DEL RÍO QUIJOS-COCA

MARZO 1978

10-412/SF-EE.
271/OC-EE.
411/SF-EE
Kpis

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION - INECEL

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

INFORME DE PREFACTIBILIDAD

ANEXO VI - ESTUDIOS DE OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS
HIDROELECTRICOS DE LA CUENCA DEL RIO QUIJOS-COCA

MARZO DE 1978

QUITO - ECUADOR

ANEXO VI

ESTUDIOS DE OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS DE LA CUENCA DEL RIO QUIJOS-COCA

INDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION.	1
1.1 Consideraciones Generales	1
1.2 Planteamiento Matemático General	3
2. VARIABLES Y RESTRICCIONES	6
2.1 Transformación de Estados	6
2.2 Niveles de Operación	8
2.3 Cotas de Restitución	9
2.4 Saltos de Operación	9
2.5 Generación Media	10
2.6 Generación Firme	11
2.7 Potencia Firme	12
3. FUNCION OBJETIVO	14
3.1 Criterios Generales	14
3.2 Coeficientes de Ingreso	16
3.3 Coeficientes de Costo	20
3.4 Coeficientes de la Función Objetivo	21

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

	<u>Página</u>
4. IMPLEMENTACION DEL MODELO	22
4.1 Características Físicas de los Aprovecha- mientos	22
4.2 Hidrología	37
4.3 Costos	41
4.4 Coeficientes de Ingreso	59
4.5 Coeficientes de la Función Objetivo	65
5. RESULTADOS DEL ESTUDIO	67
5.1 Análisis de los Resultados	67
5.2 Análisis de Sensibilidad	77
5.3 Conclusiones	81

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

CUADROS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
VI.4.1	Presa y Embalse del Aprovechamiento Borja. Características Físicas y Operacionales para la Cota Pivote y Cotas Secundarias.	24
VI.4.2	Bocatoma, Conducciones y Central del Aprovechamiento Borja. Características Físicas y Operacionales para la Cota Pivote y Cotas Secundarias	25
VI.4.3	Presa y Embalse del Aprovechamiento El Chaco. Características Físicas y Operacionales para la Cota Pivote y Cotas Secundarias	26
VI.4.4	Bocatoma, Conducciones y Central del Aprovechamiento El Chaco. Características Físicas y Operacionales para la Cota Pivote y Cotas Secundarias	27
VI.4.5	Presa y Embalse del Aprovechamiento Balsas. Características Físicas y Operacionales para la Cota Pivote y Cotas Secundarias	28

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
VI.4.6	Bocatoma, Conducciones y Central del Aprovechamiento Balsas. Características Físicas y Operacionales para la Cota Pivote y Cotas Secundarias	29
VI.4.7	Presa y Embalse del Aprovechamiento Salado. Características Físicas y Operacionales para la Cota Pivote y Cotas Secundarias	30
VI.4.8	Bocatoma, Conducciones y Central del Aprovechamiento Salado. Características Físicas y Operacionales para la Cota Pivote y Cotas Secundarias	31
VI.4.9	Bocatomas, Conducciones de Alta Presión, Central y Túneles de Descarga del Aprovechamiento Malo-Codo Sinclair. Características Físicas y Operacionales en Función de los Factores de Instalación Estudiadas	32
VI.4.10	Correlación Cota = f (Volumen)	34
VI.4.11	Correlación Area = f (Volumen)	34
VI.4.12	Correlación Cota Restitución = f (Descarga)	35

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
VI.4.13	Correlación Nivel Mínimo = f (Cota Coronamiento)	35
VI.4.14	Correlación Nivel Máximo = f (Cota Coronamiento)	36
VI.4.15	Correlación Potencia = f (Salto Mín., Salto Máx., Pot. Inst.)	36
VI.4.16	Caudales Medios y Extremos	38
VI.4.17	Variaciones Máximas (Anuales y Mensuales)	39
VI.4.18	Caudales para los Cuatro Años Hidrológicos Típicos	42
VI.4.19	Matriz de Costos - Aprovechamiento Borja	44
VI.4.20	Matriz de Costos- Aprovechamiento El Chaco	45
VI.4.21	Matriz de Costos - Aprovechamiento Balsas	46
VI.4.22	Matriz de Costos - Aprovechamiento Salado	47
VI.4.23	Matriz de Costos - Aprovechamiento Malo/ Codo Sinclair	48
VI.4.24	Programas de Inversiones	49

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
VI.4.25	Función de Costos	51
VI.4.26	Correlación de Costos - Borja	52
VI.4.27	Correlación de Costos - El Chaco	53
VI.4.28	Correlación de Costos - Balsas	54
VI.4.29	Correlación de Costos - Salado	55
VI.4.30	Correlación de Costos - Malo/Codo Sinclair	56
VI.4.31	Reposiciones Intermediarias	
VI.4.32	Costos de una Central Nuclear Tipo	60
VI.4.33	Costos de una Central a Vapor Tipo	61
VI.4.34	Costos de una Turbina a Gas Tipo	62
VI.4.35	Costos del Parque Termoeléctrico Optimizado	63
VI.4.36	Coeficiente de la Función Objetivo	66
VI.5.1	Resultados de Procesos Básicos	68
VI.5.2	Optimización de la Cuenca - Esquema Integrado	72
VI.5.3	Optimización de la Cuenca: El Chaco-Salado- Malo	73

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
VI.5.4	Optimización de la Cuenca: Salado-Malo	74
VI.5.5	Optimización de la Cuenca: Salado Aislado	75
VI.5.6	Beneficio Neto Anual	76
VI.5.7	Deseconomía en el Salado por Disminución de la Altura de la Presa con respecto al Valor Optimo	79
VI.5.8	Deseconomías por Disminución de la Altura de la Presa de Salado	80
VI.5.9	Deseconomías por Disminución de la Altura de la Presa de El Chaco	82
VI.5.10	Optimo de Malo-Codo Sinclair, Condicionado a la Potencia y Altura de Presa Decididas para El Salado	83

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

LAMINAS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Entre Páginas</u>
HS/IA-442-ES-004	Concepción Esquemática de Desarrollo de una Cuenca	3 y 4
HS/IA-442-HA-083	Localización de Sitios de Presa. Planta y Perfil	23 y 24
HS/IA-442-HM-069	Relación Duración Anual y Variación Mensual de Caudales	41 y 42
HS/IA-442-ES-005	Programa de Inversiones Acumuladas	43 y 44

ANEXO VI

ESTUDIOS DE OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS DE LA CUENCA DEL RIO QUIJOS-COCA

1. INTRODUCCION

1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El objetivo del estudio es optimizar el desarrollo hidroeléctrico del curso principal del Río Quijos-Coca, entendiéndose por esto, la determinación de los parámetros básicos del conjunto de aprovechamientos en cascada, altura de las presas, potencias a ser instaladas y niveles mínimos de operación (volumen económico de regulación). Otras variables internas del modelo pueden explicarse, ya que son calculadas dentro del proceso de optimización: niveles, cotas de descarga, producción, etc.

En el planteamiento se considera la optimización individual de la cuenca, como si todos los aprovechamientos se construyesen simultáneamente. Es decir, se determina el nivel final del equipamiento de la cuenca hidrológica. Nos es posible incorporar el problema de las secuencias constructivas, ya que la solución dependería

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

de los coeficientes de valor de los proyectos en otras hoyas y de alternativas de generación termoeléctrica.

Aunque la optimización se refiere a la cuenca aislada, las características del Sistema Eléctrico en el cual operarán las instalaciones son incorporadas a través del criterio de evaluación de la producción a costos de oportunidad derivados del desarrollo del Sistema y mediante la adopción de restricciones operativas coherentes con las características del Sistema. De este modo, los aprovechamientos de la cuenca, optimizados individualmente, pueden ser incluidos en modelos más globales de programación de obras a nivel de sistema. Esto permite determinar el grado de compatibilidad de los aprovechamientos de la cuenca, con otras alternativas y definir la prioridad constructiva de ellos.

El modelo, aplicado a varios esquemas de desarrollo, con menor o mayor grado de integración, desde aprovechamientos aislados hasta la secuencia completa de la cascada, permite analizar la variación de las características óptimas de los aprovechamientos, en función del grado de desarrollo de la cuenca.

De este modo se evita la incorporación de las variables bivalentes enteras que sería necesario considerar si se aceptasen alternativas excluyentes, y se simplifica la operación del modelo.

ANEXO VI - OPTIMIZACIÓN DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

1.2 PLANTEAMIENTO MATEMATICO GENERAL

El esquema de la hoya hidrográfica se compone de K embalses con sus correspondientes centrales de derivación ($k = 1, 2, \dots, K$), según lo mostrado en la Lámina N° HS/IA-442-ES-004.

En un caso general, es posible incorporar las llamadas variables de instalación, lo que permite determinar si es conveniente eliminar algún embalse y reemplazarlo por una caída mayor dada al aprovechamiento de aguas arriba, o si es conveniente construir sólo el embalse (como medio de regulación) sin instalar central de derivación. En este caso se ha preferido incorporar un rango de variación de las alturas de las presas y de la potencia a ser instalada. Computacionalmente esta estructura es más eficiente y, como quedó comprobado, no quitó generalidad al problema ya que las instalaciones fueron siempre superiores a los mínimas establecidas.

El cálculo de la cascada se hace a través de etapas de tiempo ($t = 1, 2, \dots, T$), correspondientes a una cierta secuencia hidrológica, necesaria para la evaluación de la producción. Como esta evaluación se basa en la generación firme y secundaria de las centrales, no es necesario incorporar toda una serie hidrológica, sino considerar una secuencia sintética simple con caudal medio, variaciones estacionales y períodos críticos similares a los de la serie natural extrapolada. De esta manera, se ahorra mucho tiempo en el procesamiento del modelo matemático.

STIRN

ING. CIVIL LINCOLN A. QUEIROZ
CNEA 2033/0 4.º Reg.-VISTO 32306-6.º Reg.

FASE DE PREFACTIBILIDAD

CONSORCIO HIDROSERVICE /
INTEGRAL-IDCO-ADCO-INGECOMULY

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRICIDAD S.A.
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA
CONCEPCION ESQUEMATICA
DE DESARROLLO DE UNA CUENCA

HOJA	DE	RECOMENDADO
ESCALA		APROBADO

100-225200-1

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

El problema se ha planteado en términos de un modelo de Programación Matemática, es decir: el conjunto de variables quedan relacionadas mediante un conjunto de restricciones (ecuaciones y/o inequaciones) y forman parte de una función objetivo que debe optimizarse.

El modelo consta del siguiente conjunto de variables:

De Operación	{	<ul style="list-style-type: none">. descargas turbinables (Q). vertimientos (V). niveles (N). cotas de restitución (R). saltos máximos y mínimos (\bar{S} y \underline{S})
De Producción	{	<ul style="list-style-type: none">. potencia firme (PF). generación firma (GF). generación media (GM)
De Instalación	{	<ul style="list-style-type: none">. potencia instalada (PI). altura de presa (HP)

El conjunto de restricciones es el siguiente:

- de transformación de estado (niveles) de los embalses (TRt)
- de definición de las cotas de restitución (C1t y C2t)
- de definición de la generación firme (GFt)
- de definición de la generación mensual (GMt)

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

- de restricción de los niveles de operación (N_{1t} y N_{2t})
- de definición de potencia firme (PF_{1t} , PF_{2t} y PF_{3t})
- de restricción de los saltos (S_{1t} y S_{2t}).

En forma simbólica el planteamiento del modelo es el siguiente:

$$\text{Máx } B = f(PF, GF, GM, PI, HP)$$

bajo las condiciones:

$$TR_t = f(N, Q, V)$$

$$C_{1t} = f(R, Q, V)$$

$$C_{2t} = f(R, N)$$

$$GF_t = f(GF, GM)$$

$$GM_t = f(GM, PI)$$

$$M_{1t} = f(N, HP)$$

$$M_{2t} = f(N, HP)$$

$$PF_{1t} = f(PI, PF)$$

$$PF_{2t} = f(GF, PF)$$

$$PF_{3t} = f(\bar{S}, \underline{S}, PI)$$

$$S_{1t} = f(N, R, \underline{S})$$

$$S_{2t} = f(N, R, \bar{S})$$

El problema es no lineal debido principalmente a que la conversión agua-energía, la cual requiere el producto de dos variables de ope-

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

ración (niveles y descarga) y a que la relación cota-área-volumen de los embalses no es lineal.

La resolución del problema no lineal requiere el uso de un algoritmo de programación cuadrática o de gradiente reducida.

Dada la magnitud del problema, se ha usado como alternativa más eficiente y rápida, linealizar las funciones y usar el algoritmo de programación lineal (simplex), aprovechando las ventajas de disponerse de las diversas opciones operativas del MPS (Mathematic Programming System) de la IBM.

La linealización casi no provoca errores de importancia y siempre es posible mejorar la precisión de las correlaciones en iteraciones sucesivas.

2. VARIABLES Y RESTRICCIONES

2.1 TRANSFORMACION DE ESTADOS

Las ecuaciones de transformación de estados, o relaciones de continuidad, corresponden al balance hídrico necesario para calcular los niveles finales en función de las afluencias, descargas y niveles iniciales de los embalses. Además, estas ecuaciones permiten tam-

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

bién representar las relaciones descarga-afluencia de los embalses en cascada.

Para un embalse k se tiene la siguiente relación, en la etapa t:

$$L(k,t+1) - L(k,t) + Q(k,t) + V(k,t) - \sum_{j \in J} [Q(j,t) + V(j,t)] - b_{k,t} \cdot A(k,t) = a_{k,t} \quad (1)$$

donde:

$L(k,t)$ = nivel inicial del embalse expresado en volumen acumulado y medido en unidades de caudal; función del nivel expresado en cota: $L(k,t) = f \{N(k,t)\}$

$Q(k,t)$ = descarga turbinable del embalse, expresada en unidades de caudal

$V(k,t)$ = vertimiento del embalse, expresado en unidades de caudal (variables de holgura)

J = conjunto de embalses localizados aguas arriba del embalse k y descargando directamente en él (curso principal y afluentes intermediarios)

$b_{k,t}$ = balance precipitación menos evaporación, por unidad de área y de tiempo (constante)

$A(k,t)$ = área media del embalse durante la etapa; función de los niveles iniciales y finales: $A(k,t) = f \{N(k,t), N(k,t+1)\}$

$a_{k,t}$ = afluente lateral medio del embalse durante la etapa (caudal medio afluente).

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

Habrán K.T ecuaciones de este tipo, siendo K el número de embalses y T el número de etapas.

2.2 NIVELES DE OPERACION

Los niveles iniciales y finales de operación de cada etapa deben permanecer en un rango cuyo máximo está determinado por la cota de coronamiento disminuida en la revancha necesaria y un mínimo dado por razones técnicas (cavitación, sedimentación, etc.).

Ambas restricciones han sido expresadas en función de la altura de la presa (cota de coronamiento o altura referida a una cierta cota de referencia).

$$f_1 [H(k)] - N(k,t) \geq 0 \quad (2)$$

$$N(k,t) - f_2 [H(k)] \geq 0 \quad (3)$$

donde:

$H(k)$ = altura de la presa (variable de proyecto)

$N(k,t)$ = nivel del embalse a comienzos de la etapa (expresado en cota)

f_1, f_2 = función que fija los niveles máximos y mínimos, respectivamente.

En total, habrá K.T restricciones del tipo (2) y también K.T restricciones del tipo (3).

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

2.3 COTAS DE RESTITUCION

Aceptando la posibilidad de ahogamiento de la descarga de las centrales de aguas arriba por los niveles del embalse de aguas abajo, en forma simplificada se ha considerado la siguiente representación:

$$R(k,t) = \text{MAX} \begin{cases} R(k,t) = f_1 [Q(k,t)] & (4) \\ R(k,t) = f_2 [N(k+1,t), N(k+1,t+1)] & (5) \end{cases}$$

donde, $R(k,t)$ es la cota de restitución, expresada en unidades lineales. La primera expresión corresponde a la función cota-descarga, mientras que la segunda corresponde al nivel medio del embalse de aguas abajo.

2.4 SALTOS DE OPERACION

Los saltos medios de operación de cada etapa quedan expresados como la diferencia entre el nivel medio y la cota de descarga. No es necesario que se representen a través de una variable explícita del problema, ya que la generación puede expresarse directamente en función de las variables ya definidas: niveles y cotas de descarga.

Los saltos mínimo y máximo deben ser definidos explícitamente, ya que intervienen en el cálculo de la potencia firme.

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

Las expresiones establecidas son las siguientes:

$$S_m(k) = \min_t \left\{ \frac{N(k,t) + N(k,t+1)}{2} - R(k,t) \right\} \quad (6)$$

$$S_M(k) = \max_t \left\{ \frac{N(k,t) + N(k,t+1)}{2} - R(k,t) \right\} \quad (7)$$

donde $S_m(k)$ y $S_M(k)$ son los saltos mínimos y máximos respectivamente.

Cada una de las anteriores expresiones da origen a K.T restricciones del modelo.

2.5 GENERACION MEDIA

La generación de cada etapa debe ser inferior a un máximo determinado por la posibilidad de colocación de la energía en el mercado. Dicha generación debe ser también superior a un mínimo necesario para respaldar la potencia firme que requiere el Sistema en las horas de máxima demanda.

La generación de la etapa está dada por:

$G(k,t) = f [N(k,t), N(k,t+1), R(k,t), Q(k,t)]$, no es necesario que dicha generación quede expresada en forma explícita, ya que puede establecerse las siguientes restricciones:

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

$$f \left[N(k,t), N(k,t+1), R(k,t), Q(k,t) \right] \geq h \cdot \underline{f}_k \cdot PI(k) \quad (8)$$

$$f \left[N(k,t), N(k,t+1), R(k,t), Q(k,t) \right] \leq h \cdot \bar{f}_k \cdot PI(k) \quad (9)$$

donde:

h = horas del año

$\underline{f}_k, \bar{f}_k$ = factores de utilización mínimo y máximo, respectivamente

$PI(k)$ = potencia instalada de la central k .

En general, será posible considerar el número medio de horas por etapa y factores de utilización iguales para las centrales, por lo que se tendría: $h_j = h = \text{cte.}$, $\underline{f}_k = \underline{f} = \text{cte.}$ y $\bar{f}_k = \bar{f} = \text{cto.}$ Así ha sido considerado en este caso.

La generación media anual de la central queda definida por:

$GM(k) = \frac{e}{T} \sum_t f \left[N(k,t), N(k,t+1), R(k,t), Q(k,t) \right]$, donde e es el número de etapas por año. Tampoco es imprescindible que $GM(k)$ sea variable explícita.

2.6 GENERACION FIRME

La generación firme queda definida, en sus términos más generales, como la generación que la central pueda generar durante un cierto período y con una cierta seguridad. En este caso se ha considerado una seguridad anual de 90% resultante de la determinación de

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

las generaciones mensuales con 100% de garantía. El ploteo de la curva de duración de estas generaciones mensuales permite definir la energía firme anual con 90% de seguridad.

De acuerdo a lo anterior y a lo definido en la sección 2.5, la generación anual firme de la central, queda dada por la siguiente expresión:

$$GF(k) = e. \min_t \left\{ f \left[N(k,t), N(k,t+1), R(k,t), Q(k,t) \right] \right\} \quad (10)$$

donde $GF(k)$ es la generación firme de la central k , expresada en términos anuales.

2.7 POTENCIA FIRME

La potencia firme queda definida como la potencia de punta que la central puede ofrecer al mercado en ciertas condiciones de garantía. Se han considerado tres tipos de restricciones para definirla:

- a) máxima potencia disponible con el salto mínimo de la central
- b) máxima potencia colocable en una curva hipotética de demandas, con la energía firme disponible (máximo empuntamiento posible)
- c) máxima potencia electro-mecánica disponible, considerando los factores de pérdidas e indisponibilidades.

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

La primera restricción se ha expresado en forma aproximada, mediante la expresión:

$$PF(k) \leq \left[S_m(k)/S_M(k) \right]^{3/2} \cdot PI(k) \quad (11)$$

de acuerdo a los valores definidos anteriormente. Esta expresión, que es una adecuada aproximación de la curva potencia-caudal para la máxima abertura del distribuidor, asume que la potencia instalada corresponde a una caída de diseño igual al salto máximo.

La segunda restricción, se ha representado a través de:

$$PF(k) \leq \frac{GF(k)}{h \cdot \bar{f}_k} \quad (12)$$

donde h son las horas medias del año y \bar{f}_k es el empuntamiento máximo aceptado para la energía firme de la central (factor de utilización mínima). Este último valor puede asumirse constante e independiente de la central.

La tercera restricción se establece como:

$$PF(k) \leq d_k \cdot PI(k) \quad (13)$$

donde d_k es la tasa de disponibilidad neta del equipo electromecánico. Este valor, en general, puede asumirse igual para todos los aprovechamientos.

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

Las relaciones (11), (12) y (13) permiten establecer el valor menor de potencia de punta disponible con cierta garantía, valor que se define como la potencia firme del aprovechamiento.

Estrictamente hablando, entonces, la potencia firme queda determinada por:

$$PF(k) = \min \left\{ \begin{array}{l} \left[S_m(k)/S_M(k) \right]^{3/2} \cdot PI(k) \\ \frac{GF(k)}{h \cdot f_k} \\ d_k \cdot PI(k) \end{array} \right.$$

3. FUNCION OBJETIVO

3.1 CRITERIOS GENERALES

La función objetivo del modelo está compuesta por la suma de los beneficios netos esperados, de todos los aprovechamientos incluidos en el esquema en estudio, expresados en valor presente o en valor anual equivalente.

Es decir, los beneficios se miden como la diferencia de los ingresos vinculados a la producción, menos los costos de inversión y

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

gastos de operación de los aprovechamientos. Además, como la producción, o por lo menos parte de ella, es eminentemente aleatoria, los ingresos provenientes de la producción, y por lo tanto el beneficio neto, deben expresarse en términos de esperanza matemática.

Una de las hipótesis básicas en el aspecto económico del modelo, es que se representa la optimización estática de la cuenca, sin considerarse la influencia de la secuencia en que se construyan los aprovechamientos y como si estos entrasen en servicio simultáneamente.

Esto permite, por una parte, determinar las características principales de las centrales en una situación final de óptimo integrado y, además, dar elementos de juicio para la selección de las prioridades de construcción en función de los coeficientes de valor de los aprovechamientos.

En teoría es fácil determinar la función objetivo para una secuencia de instalación de los proyectos, ya que sólo interviene la mecánica de actualización aplicada al cálculo de los coeficientes de la función. En la práctica, la aplicación de un procedimiento de este tipo es difícil, ya que la secuencia constructiva es función no sólo de los aprovechamientos de la cuenca, por lo que el análisis tendría que efectuarse a nivel del Sistema.

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

Como criterio para expresar los ingresos y costos, se ha adoptado el de valor presente a la fecha de puesta en operación de las centrales, expresado en valor anual equivalente. Por lo tanto, las inversiones incluyen el monto de los intereses intercalares durante su período de construcción.

El criterio de esperanza, se ha basado en la operación secuencial de los embalses a través de las etapas establecidas. En estricto rigor, sería conveniente utilizar una estadística hidrológica representativa del régimen. Sin embargo, es suficientemente aproximado usar una pequeña secuencia sintética que permita valorizar los dos tipos de producción que son evaluados: firme y secundaria.

3.2 COEFICIENTES DE INGRESO

En su aspecto más general, el ingreso actualizado correspondiente a la producción de las centrales de la cuenca, está dado por:

$$I = \frac{e}{R \cdot T} \sum_{t \in T} \pi(t) \cdot \sum_{k \in K} G(k, t)$$

donde:

R = factor de recuperación del capital para la vida útil del aprovechamiento en su conjunto.

T = número de etapas consideradas

$\pi(t)$ = precio de la energía generada para condiciones hidrológicas correspondientes a la etapa t.

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

La expresión anterior requiere la determinación previa del sistema de precios $\Pi(t)$, calculado como el ahorro que provocaría la inclusión de los aprovechamientos en el Sistema, para cada una de las condiciones hidrológicas especificadas. Esto tendría sentido si se tratase de un modelo de operación en que $\Pi(t)$ fuese el valor de la sustitución termoeléctrica del Sistema, o si se deseara valorizar la energía en términos comerciales $\Pi(t) = \Pi = \text{tarifa}$.

Al tratarse de un problema de determinación de las características básicas de los aprovechamientos (altura de presa, potencia a instalar y volumen de regularización a utilizar), se ha preferido representar la producción de las centrales a través de los productos típicos: energía primaria (o firme), potencia firme (o de punta) y energía secundaria (o aleatoria).

Para los efectos de este trabajo, y ante la imposibilidad de utilizar criterios semejantes a los usados en procedimientos de simulación, se ha definido la energía anual primaria, como la parcela correspondiente a la mínima potencia media mensual (o de la etapa que se defina) generada por la central.

La potencia firme se ha definido como la potencia que la central puede garantizar con la energía firme y el salto mínimo disponibles.

La energía secundaria se define como la diferencia de la energía

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLÓS HIDROELECTRICOS

media menos la energía firme. Es decir, corresponde a la energía con la cual no se cuenta en forma segura y que en un sistema básicamente hidroeléctrico, como será el SNI del Ecuador en el futuro, tiene un valor solo eventual como sustitución de generación termoeléctrica.

Como se vé, las definiciones se han planteado desde el punto de vista de la cuenca y no del sistema. La definición de la generación garantizada basada en los períodos críticos del Sistema, es correcta para un modelo que pretenda seleccionar los proyectos, que deben entrar a operar en un período futuro determinado, cuyas características de oferta y demanda son conocidas.

Para un caso como el presente, se ha preferido referirse a la seguridad hidrológica interna de la cuenca y tomar en cuenta la no coincidencia de los períodos críticos de la cuenca y del Sistema, mediante la disminución de la seguridad exigida a dicha cuenca. Por otra parte, interesa fundamentalmente comparar los aprovechamientos entre sí, por lo que el factor anterior es de menor importancia.

Aunque los aprovechamientos pueden presentar períodos críticos menores o mayores que un año, se ha definido este período por las siguientes razones:

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

- a) Si el período crítico es menor que un año, en el Sistema existirán normalmente los medios de regularización (embalses y centrales termoeléctricas) capaces de uniformar la variación estacional que pueda presentarse en la generación de un año hidrológico seco.
- b) Si el período crítico es plurianual, por definición la potencia continua es constante, o sea, la valorización de la energía firme con criterio anual coincide con el criterio mensual. Además, el período crítico de tipo energético en el Sistema, es decir, el período para el cual la probabilidad de falla de abastecimiento es máxima, es generalmente un período menor de un año, ya que la oferta varía en forma discontinua y se modifican las condiciones de sobrequipamiento del Sistema.

De acuerdo a lo anterior y a las definiciones dadas en las secciones 2.5, 2.6 y 2.7, los ingresos anuales están dados por la expresión:

$$I_k = p_p \cdot PF(k) + p_f \cdot GF(k) + p_s \cdot [GM(k) - GF(k)] \quad (14)$$

donde:

p_p = "precio" de la potencia firme

p_f = "precio" de la energía firme

p_s = "precio" de la energía secundaria.

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRÍCOS

3.3 COEFICIENTES DE COSTO

El costo anual de los aprovechamientos corresponde a la suma de los cargos de capital, más los gastos de operación y mantenimiento. Los primeros se obtienen aplicando a la inversión (incluidos los intereses intercalarios), los factores de recuperación del capital inicial y de las reposiciones intermedias. Los gastos de operación y mantenimiento se han expresado como una proporción de la inversión inicial, de modo que llevan implícito una economía de escala similar.

Dado que las variables de proyecto vinculadas con los costos del aprovechamiento, son la altura de la presa y la potencia instalada, los costos de inversión deben expresarse en función de dichas variables.

De acuerdo a lo anterior los costos anuales están dados por:

$$C_k = (R' + R'' + G) \cdot f \{ H(k), PI(k) \} \quad (15)$$

donde:

R' = factor de recuperación del capital para la vida útil del aprovechamiento en su conjunto.

R'' = factor de recuperación de las reposiciones intermedias

G = coeficiente de gasto anual por operación y mantenimiento

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

f = inversión total en función de la altura de la presa y la potencia instalada

Lógicamente, los costos se expresan en un nivel monetario común para todos los aprovechamientos y el análisis se efectúa en moneda equivalente sin inflación.

3.4 COEFICIENTES DE LA FUNCION OBJETIVO

Los coeficientes de la función objetivo se calculan como diferencia de los coeficientes de ingreso y de costo definidos en los numerales anteriores.

De acuerdo a las expresiones (14) y (15), los coeficientes de beneficio de la función objetivo, se obtienen de la siguiente expresión:

$$B_k = I_k - C_k = p_p \cdot PF(k) + (p_f - p_s) \cdot GF(k) + p_s \cdot GM(k) - (R' + R'' + G) \cdot f[H(k), PI(k)] \quad (16)$$

separando cada una de las variables explícitas del modelo.

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

4. IMPLEMENTACION DEL MODELO

4.1 CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS APROVECHAMIENTOS

Para suministrar los datos necesarios a la optimización del esquema integrado de centrales y embalses ubicados a lo largo del curso principal del río, se ha determinado, para cada aprovechamiento, una faja de posible variación de la altura de la presa en torno a un valor relativamente central (valor "pivote") y definida en función de las características físicas del aprovechamiento y criterios empíricos de ingeniería de proyectos.

Para un conjunto de alturas de presa, dentro de la faja posible, se ha definido otra faja de posible variación de la potencia instalada. El menor equipamiento corresponde a un factor de utilización de 0,75, mientras que el máximo equipamiento se ha definido para un factor de utilización de 0,25. Para cada altura de presa se ha determinado, además, un nivel mínimo de operación definido, en general, como el mayor nivel entre los mínimos requeridos por razones de sedimentación y cavitación. De esta forma, se ha denominado solución "pivote" a la que corresponde a la altura de presa intermedia y un equipamiento para un factor de utilización de aproximadamente 0,50

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

El esquema general del desarrollo de la cuenca se muestra en la Lámina N° HS/IA-442-HA-083. Las principales características de los aprovechamientos y las fajas de variación consideradas para la altura de presa y potencia instalada, se muestran en los Cuadros Nos. VI.4.1 a VI.4.9.

Como se puede apreciar, las alturas intermedias de presa, correspondientes a la solución llamada pivote, han sido definidas en forma de ahogar algo las descargas de los aprovechamientos de aguas arriba. Las alturas mínimas han sido determinadas de modo de aprovechar el tramo sin pérdida de alturas de caída significativa.

Los valores operativos corresponden a estudios de regulación preliminares destinados a definir el rango de variación de los parámetros. Por ello, los valores son independientes del nivel del equipamiento.

En la implementación lineal del modelo ha sido necesario calcular varias correlaciones, para representar en forma adecuada ciertas funciones que ligan las principales variables. Ellas son:

- Cota en función de volúmen acumulado.

Para disminuir la dificultad computacional, se ha preferido expresar los niveles en términos de volumen acumulado en los embalses. Pero, tanto para respetar los límites impuestos a

CUADRO N° VI.4.1

PRESA Y EMBALSE DEL APROVECHAMIENTO BORJA

CARACTERISTICAS FISICAS Y OPERACIONALES PARA LA COTA PIVOTE Y COTAS SECUNDARIAS

N.A. MAX. NOR. m		1.845	1.833	1.820*	1.810	1.790
DESCRIPCION						
Cota de Coronamiento de la Presa	(m)	1.848	1.836	1.823*	1.813	1.793
Longitud de Coronamiento	(m)	2.580	2.430	2.232	2.062	1.636
Altura máxima de la presa	(m)	222	210	197	187	167
Volumen de presa	(10 ³ m ³)	49.700	40.900	32.500	27.100	18.800
Volumen total de embalse	(Hm ³)	1.119	935	757	630	442
Volumen útil	(Hm ³)	880	700	552	465	305
Volumen para atenuación de crecientes	(Hm ³)	41	35	33	27	22
Volúmenes inactivo y muerto	(Hm ³)	175	170	140	70	50
Area inundada	(Ha)	1.562	1.397	1.217	1.079	830
Caudal regulado	(m ³ /s)	101,1	99,2	98,0	96,4	89,8
Grado de regulación	(%)	99,0	97,7	96	94,5	88,0

* Cota pivote.

CUADRO N° VI.4.2

BOCATOMA, CONDUCCIONES Y CENTRAL DEL APROVECHAMIENTO BORJA
CARACTERISTICAS FISICAS Y OPERACIONALES PARA LA COTA PIVOTE Y COTAS SECUNDARIAS

DESCRIPCION	N.A. MAX. NORM m	1.845	1.833	1.820*	1.810	1.790
Altura bocatoma (m)		105,8	93,8	88,4	99,9	89,8
Diámetro túnel baja presión (m)		7,25	7,20	7,20	7,10	6,90
Longitud túnel baja presión (m)		840	770	760	750	750
Diámetro tubería alta presión (m)		3,78	3,75	3,72	3,69	3,56
Longitud tubería alta presión: túnel (m)		175	175	170	130	110
	trinchera (m)					
Potencia continua (MW)		157,5	154,7	142,8	128,9	106,7
Potencia de referencia (MW)		315,0	309,3	285,6	257,7	213,3
Salto de diseño, $H_d = H_{on}$ (m)		176,8	177,2	165,5	151,9	134,9
Potencia para el salto de diseño (MW)		310,2	310,2	285,5	257,6	231,3
Potencia instalada (MW)		421,5	379,8	351,0	331,8	274,5
Potencia mínima (MW)		173,6	170,4	157,0	117,3	97,2

* Cota pivote.

CUADRO Nº VI.4.3

PRESA Y EMBALSE DEL APROVECHAMIENTO EL CHACO

CARACTERISTICAS FISICAS Y OPERACIONALES PARA LA COTA PIVOTE Y COTAS SECUNDARIAS

DESCRIPCION		N.A. MAX. NOR. m	1.623	1.628*	1.634	1.641
Cota de coronamiento de la presa	(m)		1.626	1.631	1.637	1.644
Longitud de coronamiento	(m)		1.800	1.865	1.935	2.010
Altura máxima de la presa	(m)		155	160	166	173
Volumen de presa	(10 ³ m ³)		16.000	18.250	21.230	25.140
Volumen total de embalse	(Hm ³)		629	702	799	912
Volumen útil	(Hm ³)		477	477	477	477
Volumen para atenuación crec.	(Hm ³)		34	39	40	43
Volúmenes inactivo y muerto	(Hm ³)		152	225	322	435
Area inundada	(Ha)		1.280	1.389	1.519	1.671
Caudal regulado	(m ³ /s)		187,5	187,5	187,5	187,5
Grado de regulación	(%)		99,0	99,0	99,0	99,0

* Cota pivote.

CUADRO Nº VI.4.4

BOCATOMA, CONDUCCIONES Y CENTRAL DEL APROVECHAMIENTO EL CHACO
CARACTERISTICAS FISICAS Y OPERACIONALES PARA LA COTA PIVOTE Y COTAS SECUNDARIAS

DESCRIPCION		N.A. MAX. NOR. m	1.623	1.628*	1.636	1.641
Altura bocatoma	(m)		70,2	60,5	65,9	72,9
Diámetro túnel baja presión	(m)		9,4	9,4	9,4	9,4
Longitud túnel baja presión	(m)		43	58	51	40
Diámetro tubería alta presión	(m)		8,92	8,92	8,92	8,92
Longitud tubería alta presión:						
túnel	(m)		95	103	110	126
sobre apoyos	(m)		209	195	195	195
Potencia continua	(MW)		215,4	231,9	244,5	259,4
Potencia de referencia	(MW)		430,8	463,8	489,0	518,7
Salto de diseño, $H_d = H_{on}$	(m)		130,5	140,6	148,2	157,2
Potencia para el salto de diseño	(MW)		430,8	463,8	489,0	518,7
Potencia instalada	(MW)		543,9	549,9	566,7	586,2
Potencia mínima	(MW)		265,5	317,4	370,5	414,9

* Cota pivote.

CUADRO N° VI.4.5

PRESA Y EMBALSE DEL APROVECHAMIENTO BALSAS

CARACTERISTICAS FISICAS Y OPERACIONALES PARA LA COTA PIVOTE Y COTAS SECUNDARIAS

DESCRIPCION	N.A. MAX. NOR. m	1.465	1.470*	1.480	1.491
Cota de coronamiento de la presa	(m)	1.469	1.474*	1.484	1.495
Longitud de coronamiento	(m)	675	700	730	770
Altura máxima de la presa	(m)	115	120	130	140
Volumen de presa	(10 ³ m ³)	7.600	8.600	10.800	13.500
Volumen total de embalse	(Hm ³)	150	178	244	332
Volumen útil	(Hm ³)	34	64	106	140
Volumen para atenuación creciente	(Hm ³)	3	3	3	3
Volúmenes inactivo y muerto	(Hm ³)	116	114	138	192
Area inundada	(Ha)	464	532	667	815
Caudal regulado	(m ³ /s)	205,0	206,6	208,3	209,6
Grado de regulación	(%)	96,8	97,6	98,4	99,0

* Cota pivote.

CUADRO N° VI.4.6

BOCATOMA, CONDUCCIONES Y CENTRAL DEL APROVECHAMIENTO BALSAS
CARACTERISTICAS FISICAS Y OPERACIONALES PARA LA COTA PIVOTE Y COTAS SECUNDARIAS

N.A. MAX. NOR. m		1.465	1.470*	1.480	1.491
DESCRIPCION					
Altura bocatoma	(m)	22,8	31,6	37,9	34,9
Diámetro túnel baja presión	(m)	6,15	6,15	6,20	6,20
Longitud túnel baja presión	(m)	10	10	10	10
Diámetro tubería alta presión	(m)	5,40	5,40	5,40	5,4
Longitud tubería alta presión: túnel	(m)	20	20	20	20
	trinchera (m)	85	118	151	154
Potencia continua	(MW)	188,3	194,9	210,3	233,4
Potencia de referencia	(MW)	376,7	389,8	420,6	466,9
Salto de diseño, $H_d = H_{on}$	(m)	104,4	107,2	114,7	126,6
Potencia para el salto de diseño	(MW)	376,7	389,8	420,6	466,9
Potencia instalada	(MW)	394,6	420,0	464,5	505,9
Potencia mínima	(MW)	336,5	315,3	325,6	381,7

* Cota pivote.

CUADRO N° VI.4.7

PRESA Y EMBALSE DEL APROVECHAMIENTO SALADO
CARACTERISTICAS FISICAS Y OPERACIONALES PARA LA COTA PIVOTE Y COTAS SECUNDARIAS

DESCRIPCION	N.A. MAX. NOR. m	1.352	1.357*	1.372	1.385
Cota de coronamiento de la presa	(m)	1.355	1.360*	1.375	1.388
Longitud de coronamiento	(m)	1.050	1.070	1.115	1.170
Altura máxima de la presa	(m)	113	118	133	146
Volumen de presa	(10 ³ m ³)	9.420	10.960	16.220	21.620
Volumen total de embalse	(Hm ³)	557	618	832	1.050
Volumen útil	(Hm ³)	298	331	362	362
Volumen para atenuación creciente	(Hm ³)	32	32	40	45
Volúmenes inactivo y muerto	(Hm ³)	259	287	470	688
Area inundada	(Ha)	1.000	1.078	1.312	1.515
Caudal regulado	(m ³ /s)	303,3	304,2	305,3	305,3
Grado de regulación	(%)	98,3	98,6	99,0	99,0

* Cota pivote.

CUADRO N° VI.4.8

BOCATOMA, CONDUCCIONES Y CENTRAL DEL APROVECHAMIENTO SALADO
CARACTERISTICAS FISICAS Y OPERACIONALES PARA LA COTA PIVOTE Y COTAS SECUNDARIAS

DESCRIPCION	N.A. MAX. NOR. m	1.352	1.357*	1.372	1.385
Altura bocatoma (m)		57,2	56,2	48,5	41,5
Diámetro túnel baja presión (m)		8,60	8,60	8,65	8,65
Longitud túnel baja presión (m)		272	380	277	4,40
Diámetro tubería alta presión (m)		6,55	6,56	6,57	6,57
Longitud tubería alta presión: túnel (m)		122	59	70	60
trinchera(m)		56	71	102	85
Potencia continua (MW)		194,9	215,7	258,8	300,5
Potencia referencia (MW)		389,7	431,4	517,5	600,9
Salto de diseño, $H_d = H_{on}$ (m)		73,0	80,5	96,3	111,8
Potencia para el salto de diseño (MW)		389,7	431,4	517,5	600,9
Potencia instalada (MW)		534,6	553,8	633,9	694,2
Potencia mínima (MW)		189,3	217,8	346,2	459,0

* Cota pivote.

CUADRO Nº VI.4.9

BOCATOMAS, CONDUCCIONES DE ALTA PRESION, CENTRAL Y TUNELES DE DESCARGA DEL
APROVECHAMIENTO MALO-CODO SINCLAIR

CARACTERISTICAS FISICAS Y OPERACIONALES EN FUNCION DE LOS FACTORES DE INSTALACION ESTUDIADAS

DESCRIPCION	N.A. MAX.NOR m	0,667	0,444	0,331	0,263	0,218
Número de bocatomas y tuberías de presión		4	6	8	10	12
Altura de las bocatomas (m)		27,3	31,5	33,5	34,9	35,6
Diámetro tubería alta presión (m)		4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
Longitud tubería alta presión (m)		980	980	980	980	980
Número de grupos		8	12	16	20	24
Potencia continua (MW)		1.715,1	1.710,8	1.702,9	1.693,3	1.681,9
Potencia de referencia (MW)		3.421,6	3.421,6	3.421,6	3.421,6	3.421,6
Salto de diseño, $H_d = H_{on}$ (m)		629,3	627,4	624,5	621,0	616,8
Potencia para el salto de diseño (MW)		2.572,7	3.857,3	5.141,7	6.427,0	7.710,5
Potencia instalada (MW)		2.663,2	3.944,8	5.326,4	6.658,0	7.989,6
Potencia mínima (MW)		2.549,3	3.786,0	5.023,8	6.260,1	7.499,2
Número de túneles de descarga		2	2	3	3	4
Diámetro túneles de descarga (m)		10,03	12,28	11,58	12,95	12,28

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

los niveles, como para el cálculo de los saltos, se hace necesario relacionar ambas unidades de medida.

- Area en función de volumen acumulado.

Para considerar el balance lluvia-evaporación es necesario tener el área en función del nivel expresado en volumen acumulado.

- Cota de restitución en función de la descarga.

La cota de restitución es una función del nivel del embalse de aguas abajo y del caudal descargado por la central; luego, es necesario disponer de esta última relación.

- Nivel máximo de operación en función de la cota de coronamiento.

Necesidad similar a la del literal anterior.

- Potencia en función del salto mínimo, salto máximo y potencia instalada.

Esta función es necesaria para establecer una de las restricciones que definen la potencia firme de los aprovechamientos.

Estas seis correlaciones se presentan en los Cuadros Nos. VI.4.10 a VI.4.15. Ellas fueron establecidas dentro de los rangos de variación total de las variables, con la idea de aplicar nuevas correlaciones, con rangos más reducidos, después de las primeras rodadas del modelo. Finalmente, se decidió no efectuar esta aproximación, ya que los errores de las correlaciones iniciales son aceptables y no deben influir en las soluciones.

CUADRO N° VI.4.10

CORRELACION COTA = f (VOLUMEN)

$$COTA (m) = \alpha + \beta V (10^6 m^3)$$

APROVECHAMIENTO	α	β	ERROR TÍPICO	COEFICIENTE CORRELACION
Borja	1.725,5	0,1177	11,0	0,967
El Chaco	1.555,5	0,0985	8,3	0,969
Balsas	1.439,8	0,1578	2,0	0,990
Salado	1.299,0	0,0855	4,7	0,987
Malo	1.250,7	0,2304	0,9	0,988

CUADRO N° VI.4.11

CORRELACION AREA = f (VOLUMEN)

$$AREA (km^2) = \alpha + \beta V (10^6 m^3)$$

APROVECHAMIENTO	α	β	ERROR TÍPICO	COEFICIENTE CORRELACION
Borja	2,2	0,0131	0,5	0,995
El Chaco	2,9	0,0163	1,1	0,982
Balsas	1,4	0,0233	0,3	0,992
Salado	4,6	0,0130	0,3	0,998
Malo	1,7	0,0882	0,7	0,941

CUADRO N° VI.4.12

CORRELACION COTA RESTITUCION = f (DESCARGA)

$$COTA RESTITUCION (m) = \alpha + \beta \cdot D (m^3/s)$$

APROVECHAMIENTO	α	β	ERROR TÍPICO	COEFICIENTE CORRELACION
Borja	1.626,7	0,0045	0,2	0,9824
El Chaco	1.469,0	0,0030	0,2	0,9771
Balsas	1.355,4	0,0041	0,2	0,9825
Salado	1.259,9	0,0020	0,2	0,9856
Malo-Codo*	599,5	0,0018	0,2	0,9843

* Hasta descarga de Codo Sinclair.

CUADRO N° VI.4.13

CORRELACION NIVEL MINIMO = f (COTA CORONAMIENTO)

$$NIVEL MINIMO (10^6 m^3) = \alpha + \beta \cdot C (m)$$

APROVECHAMIENTO	α	β	ERROR TÍPICO	COEFICIENTE CORRELACION
Borja	- 4.424,2	2,4982	11,3	0,9727
El Chaco	- 31.671,0	19,5387	10,3	0,9969
Balsas	- 5.769,4	3,9760	3,5	0,9961
Salado	- 17.356,0	12,9195	22,7	0,9910
Malo	- 5.115,3	4.0633	0,4	0,9992

CUADRO N° VI.4.14

CORRELACION NIVEL MAXIMO = f (COTA CORONAMIENTO)

$$\text{NIVEL MAXIMO } (10^6 \text{ m}^3) = \alpha + \beta \cdot C \text{ (m)}$$

APROVECHAMIENTO	α	β	ERROR TIPICO	COEFICIENTE CORRELACION
Borja	- 21.843,6	12,4102	25,8	0,9940
El Chaco	- 24.952,9	15,7266	7,8	0,9972
Balsas	- 10.209,6	7,0507	5,9	0,9965
Salado	- 19.718,9	14,9594	10,0	0,9987
Malo	- 6.836,7	5,4432	0,6	0,9990

CUADRO N° VI.4.15

CORRELACION POTENCIA = f (SALTO MIN., SALTO MAX., POT. INST.)

$$\text{POT. (MW)} = \alpha + \beta \cdot \underline{S} \text{ (m)} + \gamma \cdot \overline{S} \text{ (m)} + \delta \cdot \text{P.INST. (MW)}$$

APROVECHAMIENTO	α	β	γ	δ
Borja	1,5	2,8737	- 2,1205	0,6468
El Chaco	- 5,2	5,4492	- 3,9760	0,6476
Balsas	- 4,4	6,4894	- 5,8035	0,8548
Salado	2,9	8,9288	- 6,5591	0,6425
Malo	0,0	8,8200	- 8,7800	0,9932

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

4.2 HIDROLOGIA

La representación hidrológica se basa en el análisis de una estadística disponible para 28 años; de 1949 a 1976.

Las características principales son las siguientes:

- las afluencias mantienen a lo largo del trecho estudiado, un padrón homogéneo; así, los años que fueron secos y aquellos que fueron lluviosos, afectaron en forma similar a todos los aprovechamientos;
- las afluencias anuales tienen variaciones relativamente bajas ($\sim \pm 30\%$), en tanto que la variación estacional es bastante superior ($\sim \pm 70\%$).

Lo anterior puede visualizarse en los Cuadros Nos. VI.4.16 y 17, respectivamente. En el primero de ellos se verifica, entre otras, las siguientes propiedades:

- el año más seco de la estadística* (1963/64) es común para todos los aprovechamientos;

* De acuerdo a las curvas de variación estacional calculadas, se definió el año hidrológico de Febrero a Enero.

CUADRO N° VI.4.16

CAUDALES MEDIOS Y EXTREMOS

AÑO HIDROLOGICO	APROVECHAMIENTO	AÑO	CAUDAL ANUAL	
			m ³ /s	% *
SECO	Borja	1963/64	72,1	70,6
	El Chaco	1963/64	138,6	72,0
	Balsas	1963/64	151,5	70,1
	Salado	1963/64	227,0	73,6
	Malo	1963/64	237,1	73,6
MEDIO	Borja	-	102,1	100,0
	El Chaco	-	192,4	100,0
	Balsas	-	216,2	100,0
	Salado	-	308,4	100,0
	Malo	-	322,1	100,0
LLUVIOSO	Borja	1954/55	119,4	116,9
	El Chaco	1954/55	223,9	116,9
	Balsas	1955/56	313,5	145,0
	Salado	1972/73	369,4	119,8
	Malo	1972/73	385,8	119,8

* Con respecto a caudal medio.

CUADRO Nº VI.4.17

VARIACIONES MAXIMAS (ANUALES Y MENSUALES)
(%)

APROVECHAMIENTOS	VARIACION ANUAL	VARIACION MENSUAL PARA DURACION DE:		
		10%	50%	90%
Borja	165,6	826,4	247,4	261,9
El Chaco *	161,5	209,0	234,8	266,3
Balsas	206,9	221,0	237,1	260,7
Salado	162,7	216,0	216,1	242,9
Malo	162,7	222,7	219,3	232,0

* Incluido el desvío del Río Oyacachi.

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

- . el año más lluvioso cambia para los aprovechamientos de más aguas abajo, sin embargo, el cambio en valor de los caudales es pequeño;
- . el año seco tiene una afluencia 30% inferior a la media, mientras que el año lluvioso presenta una afluencia del orden de 20% superior a la media (salvo el caso de Balsas).

En el Cuadro N° VI.4.17 se observa la fuerte variación estacional de la cuenca, la que presenta fuertes crecidas en los meses de Junio y Julio y estiajes importantes en Diciembre, Enero y Febrero.

Como se ha dicho, el modelo no es de regulación de caudales y para el análisis económico, sólo necesita valorizar, adecuadamente, la variación de la generación primaria, secundaria y potencia firme, en función del volumen de regulación y de la potencia instalada.

Considerando las características hidrológicas analizadas anteriormente, se ha considerado la operación en cuatro años hidrológicos típicos representados por afluencias medias perimetrales.

Esta serie sintética se ha preparado basándose en las curvas de variación estacional, de modo de garantizar que para todos los

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

aprovechamientos se tenga la misma seguridad hidrológica.

Los estudios han definido los caudales intermediarios, el balance lluvia-evaporación y las curvas de duración anual y mensual. Estas últimas han permitido el análisis de variación estacional y la definición de la información tal como es requerida por el modelo.

Los resultados se muestran en el Cuadro N° VI.4.18. Como se aprecia, los cuatro años se han elegido para duraciones mensuales tipo 20%, 40%, 60% y 80%. Estas últimas afluencias, que determinan el año seco que servirá para definir la producción firme de las centrales, tienen una seguridad anual de 95%. Este valor es prácticamente válido para cada uno de los aprovechamientos, como se puede ver en la Lámina N° HS/IA-442-HM-069.

Lógicamente, para los estudios que incorporan distintas secuencias de aprovechamientos en cascada, se deberán calcular los caudales intermediarios correspondientes, como diferencia de los valores incluidos en el Cuadro N° VI.4.18.

4.3 COSTOS

Los costos de inversión de los aprovechamientos deben ser expresados en función de la altura de las presas y de la potencia instalada.

INTEGRAL IDCO-ADEC-INSECCION ULT		FECHA		DIBUJO		VERIFICADO	
25-ENE-78		C. M. N. D. E.					
JEFE ADJUNTO PROYECTO		RESP. CONSORCIO NACIONAL					
C. H.							

FECHA		DIBUJO		VERIFICADO	
25-ENE-78		C. M. N. D. E.			

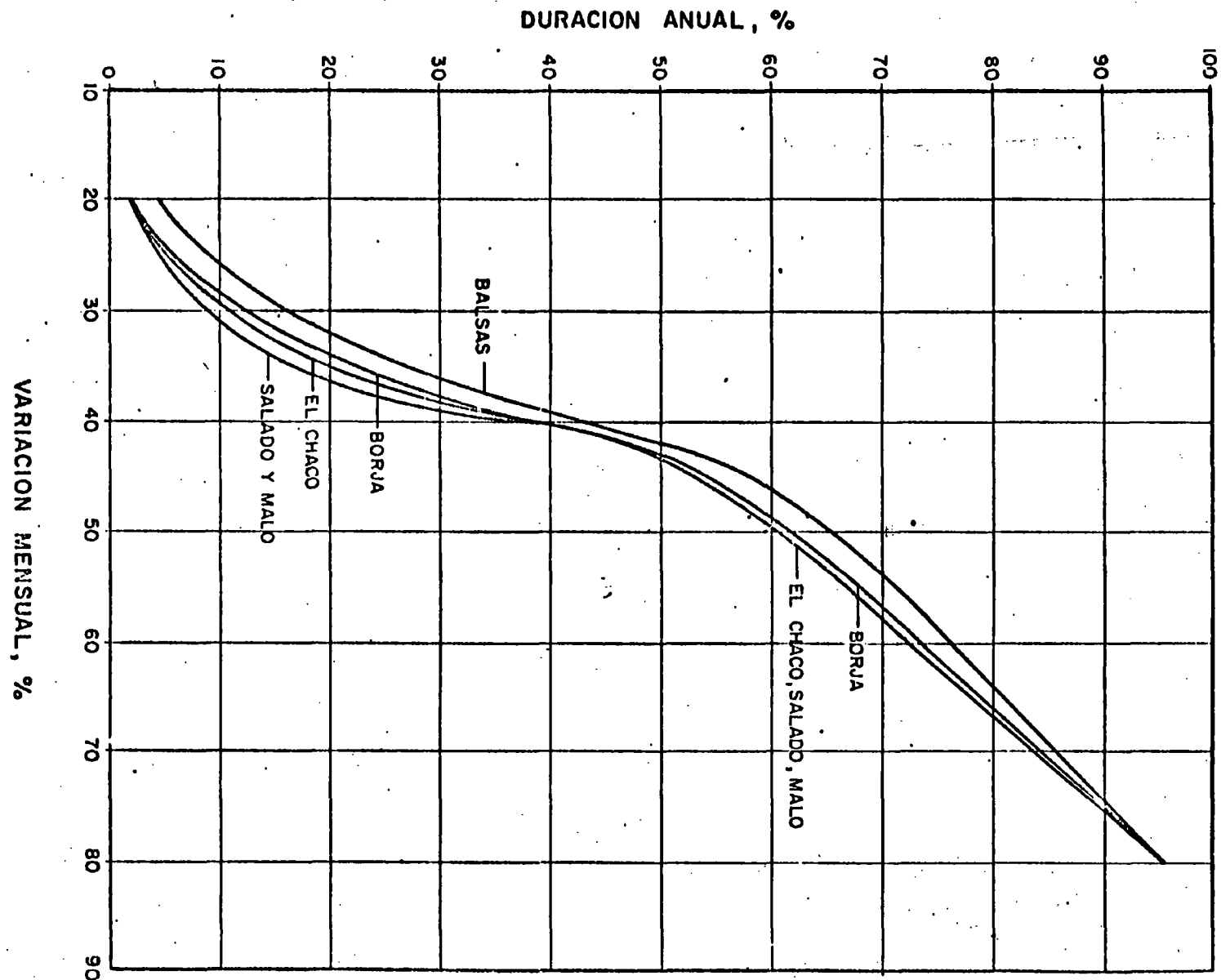
U.A. RESP. TAREA		ENC. GRUPO		JEFE U.A.		SUPERV. U.A.	

JEFE PROYECTO		DIRECTOR U.A. PART.		DIREC. SUPERV. PROV.	

RESPONSABLE POR EL CONSORCIO

ING. CIVIL LINCOLN A. QUEIROZ

CREA 2063/D 4^o Reg.-VISTO 32306-6^o Reg.



CONSORCIO HIDROSERVICE/
 INTEGRAL-IDCO-ADEC-INSECCION ULT
 INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRICIDAD
 QUITO-ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO 0000
 RELACION DURACION ANUAL Y
 VARIACION MENSUAL DE CAUDALES

HOJA 02

ESCALA

APROBADO

CUADRO Nº VI.4.18

CAUDALES PARA LOS CUATRO AÑOS HIDROLOGICOS TÍPICOS

(m³/s medio bimensual)

DURACION MENSUAL	DURACION ANUAL	APROVECHAMIENTOS				
		BORJA	EL CHACO	BALSAS	SALADO	MALO
20%		92,5	179,0	201,3	286,2	298,5
		127,5	232,4	261,2	370,9	386,1
		201,9	355,4	408,9	565,4	595,0
		134,6	257,1	285,5	396,1	411,8
		109,3	208,7	229,7	323,5	340,8
		95,5	188,0	209,1	303,8	313,6
MEDIO ANUAL	1%	126,9	236,8	266,0	374,3	391,0
40%		76,1	148,7	168,3	241,9	253,2
		111,3	205,7	230,8	333,1	349,4
		172,5	317,1	357,2	492,8	514,0
		121,4	230,4	256,6	359,8	373,5
		89,9	171,4	193,1	275,6	289,5
		79,4	155,8	174,0	256,0	264,8
MEDIO ANUAL	36,5%	108,4	204,9	230,0	326,5	340,7
60%		64,3	126,0	142,0	207,6	218,0
		98,2	183,0	204,4	298,8	315,1
		149,8	282,3	314,9	434,9	451,6
		109,4	205,2	229,7	325,0	338,8
		76,2	144,2	164,7	240,9	251,7
		66,0	129,6	147,1	217,7	226,0
MEDIO ANUAL	72,2%	94,1	178,4	200,6	287,5	300,2
80%		52,6	102,8	116,2	173,8	183,7
		83,5	156,3	174,5	257,0	271,8
		126,5	242,0	267,9	372,9	386,6
		94,4	177,4	197,7	284,2	297,0
		63,2	117,5	176,8	206,6	215,0
		53,4	101,6	117,2	177,4	184,8
MEDIO ANUAL	95,0%	78,9	149,6	168,4	245,3	256,5
MEDIO GENERAL		102,1	192,4	216,2	308,4	322,1

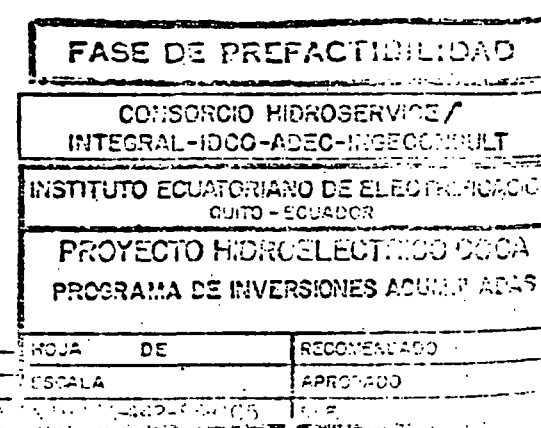
ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

La información básica corresponde a las matrices de costos de inversión de cada uno de los aprovechamientos, incluidas en los Cuadros Nos. VI.4.19 a VI.4.23. En estas matrices se muestran las inversiones para distintas alturas de presa y potencias instaladas. Además se han agregado los imprevistos y los intereses intercalarios durante la construcción.

Como valor de imprevistos se ha considerado un 20% aplicado al costo de las obras. Los intereses intercalarios se han calculado para una tasa de interés de 8%, independientemente de la tasa de actualización empleada posteriormente para el cálculo de los coeficientes de la función objetivo (8%, 10% y 12%). E- decir, se ha asumido que los intereses han sido incorporados al costo de las obras como parte integrante de él y con una tasa que garantiza la obtención de los recursos financieros necesarios.

Los períodos de construcción y los correspondientes programas de inversión se muestran en el Cuadro N° VI.4.24 y en la Lámina N° HS/IA-442-ES-005.

En forma coherente con la filosofía de optimización, el desarrollo integral como si se construyese de una sola vez al aprovechamiento Malo-Codo-Sinclair, se han cargado intereses sin considerar la posibilidad de construcción por etapas.

INVERSION ACUMULADA, %

CUADRO Nº VI.4.19

MATRIZ DE COSTOS - APROVECHAMIENTO BORJA

B O R J A		2 GRUPOS Fi = 0,750	3 GRUPOS Fi = 0,500	4 GRUPOS Fi = 0,375	5 GRUPOS Fi = 0,300	6 GRUPOS Fi = 0,250	7 GRUPOS Fi = 0,214
N.A. Máx.: 1.790 Cota coron.: 1.793	PI (MW)	183,0	274,5	366,0	457,5	594,0	640,5
	Costo	284.995.559	309.716.128	333.860.345	357.611.681	381.161.971	404.169.479
	Imprevistos	56.999.112	61.943.226	66.772.069	71.522.336	76.232.394	80.833.896
	Intereses	61.866.836	67.233.177	72.474.404	77.630.344	82.742.641	87.737.110
	C. Total	403.861.507	438.892.531	473.106.818	506.764.361	540.137.006	572.740.485
N.A. Máx.: 1.810 Cota Coron.: 1.813	PI (MW)	221,2	331,8	442,4	553,0	663,6	774,2
	Costo	358.313.085	386.171.732	413.737.452	440.963.729	467.154.309	494.133.774
	Imprevistos	71.662.617	77.234.346	82.747.490	88.192.746	93.430.862	98.826.755
	Intereses	77.782.604	83.830.160	89.814.126	95.724.406	101.409.857	107.266.560
	C. Total	507.758.306	547.236.238	586.299.068	624.880.881	661.995.028	700.227.089
N.A. Máx.: 1.820 Cota Coron.: 1.823	PI (MW)	234,0	351,0	468,0	585,0	702,0	819,0
	Costo	405.397.974	436.234.931	466.585.954	495.947.488	521.493.862	554.146.049
	Imprevistos	81.079.595	87.246.986	93.317.191	99.189.498	104.298.772	110.829.210
	Intereses	88.003.792	94.697.879	101.286.479	107.660.281	113.205.888	120.294.024
	C. Total	574.481.361	618.179.796	661.189.624	702.797.267	738.998.522	785.269.283
N.A. Máx.: 1.833 Cota Coron.: 1.836	PI (MW)	253,2	379,8	506,4	633,0	759,6	886,2
	Costo	464.500.461	497.377.782	529.547.219	559.671.399	590.675.576	621.161.684
	Imprevistos	92.900.092	99.475.556	105.909.444	111.934.280	118.135.115	124.232.337
	Intereses	100.833.760	107.970.769	114.954.110	121.493.467	128.223.854	134.841.778
	C. Total	658.234.313	704.410.773	750.410.773	793.099.146	837.034.545	880.235.799
N.A. Máx.: 1.845 Cota Coron.: 1.848	PI (MW)	281,0	421,5	562,0	702,5	843,0	983,5
	Costo	530.596.886	565.462.312	598.092.119	630.012.399	646.660.046	689.403.058
	Imprevisto	106.119.377	113.092.462	119.612.424	126.003.280	129.320.009	137.880.612
	Intereses	115.181.972	122.750.559	129.833.837	136.763.960	140.363.938	149.655.616
	C. Total	751.898.235	801.305.333	847.544.380	893.873.639	916.283.993	976.939.286

NOTA: i = .8%

Total intereses = 18,09% (costo + imprevistos)

imprevistos = 20%, construcción 4 1/2 años, precios Junio/76 (US\$)

CUADRO Nº VI.4.20

MATRIZ DE COSTO - APROVECHAMIENTO EL CHACO

E L C H A C O		2 GRUPOS Fi = 0,750	3 GRUPOS Fi = 0,500	4 GRUPOS Fi = 0,375	5 GRUPOS Fi = 0,300	6 GRUPOS Fi = 0,250	7 GRUPOS Fi = 0,214
Cota: 1.623 Cota coron.: 1.626	PI (MW)	362,6	543,9	725,2	906,5	1.087,8	1.269,1
	Costo	321.463.764	377.541.160	433.986.976	484.074.657	535.157.380	587.388.041
	+ 39.000.000 *	360.463.764	416.541.160	472.986.976	523.074.657	574.157.380	626.388.041
	Imprevistos	72.092.753	83.308.232	94.597.395	104.614.931	114.831.476	125.277.608
	Intereses	78.249.474	90.422.755	102.676.013	113.549.046	124.638.084	135.976.316
	C. Total (US\$)	510.805.991	590.272.147	670.260.384	741.238.634	813.626.940	887.641.965
Cota: 1.628 Cota coron.: 1.631	PI (MW)	366,6	549,9	733,2	916,5	1.099,8	1.283,1
	Costo	342.932.396	396.113.396	453.707.911	504.887.533	556.183.277	609.277.640
	+ 39.000.000 *	381.932.396	435.113.448	492.707.911	543.887.533	595.183.277	648.277.640
	Imprevistos	76.386.479	87.022.698	98.541.582	108.777.507	119.036.655	129.655.528
	Intereses	82.909.884	94.454.436	106.957.033	118.067.106	129.202.386	140.728.110
	C. Total (US\$)	541.228.759	616.590.622	698.206.526	770.732.146	843.422.318	918.661.278
Cota: 1.634 Cota coron.: 1.637	PI (MW)	377,8	566,7	755,6	944,5	1.133,4	1.322,3
	Costo	366.715.529	421.604.097	480.766.637	532.656.005	586.790.905	641.410.407
	+ 39.000.000 *	405.715.529	460.604.097	519.766.637	571.656.005	625.790.905	680.410.407
	Imprevistos	81.143.106	92.120.819	103.953.327	114.331.201	125.158.181	136.082.081
	Intereses	88.072.727	99.987.937	112.830.942	124.095.086	135.846.690	147.703.491
	C. Total (US\$)	574.931.362	652.712.853	736.550.906	810.082.292	886.795.776	964.195.979
Cota: 1.641 Cota coron.: 1.644	PI (MW)	390,8	586,2	781,6	977,0	1.172,4	1.367,8
	Costo	397.158.706	453.309.416	514.675.950	568.420.005	623.791.980	680.097.228
	+ 39.000.000 *	436.158.706	492.309.416	553.675.950	607.420.005	662.791.980	719.097.228
	Imprevistos	87.231.741	98.461.883	110.735.190	121.484.001	132.558.396	143.819.446
	Intereses	94.681.332	106.870.528	120.191.975	131.858.735	143.878.883	156.101.626
	C. Total (US\$)	618.071.779	697.641.827	784.603.115	860.762.741	939.229.259	1.019.018.300

NOTA: i = 8%

Total intereses = 18,09% (costo + imprevistos)

Imprevistos = 20%

Construcción = 4 1/2 años, precios Junio/76 (US\$)

* Costo de derivación del Río Oyacachi.

CUADRO Nº VI.4.21

MATRIZ DE COSTOS - APROVECHAMIENTO BALSAS

B A L S A S		2 GRUPOS Fi = 0,750	3 GRUPOS Fi = 0,500	4 GRUPOS Fi = 0,375	5 GRUPOS Fi = 0,300	6 GRUPOS Fi = 0,250	7 GRUPOS Fi = 0,214
Cota: 1.465 Cota coron.: 1.469	PI (MW)	263,0	394,5	526,0	657,5	789,0	920,5
	Costo	275.130.264	309.634.834	358.263.847	400.997.656	443.898.432	483.293.335
	Imprevistos	55.026.053	61.926.967	71.652.769	80.199.531	88.779.686	96.658.667
	Intereses	59.725.278	67.215.530	77.771.916	87.048.571	96.361.472	104.913.317
	C. Total	389.881.595	438.777.331	507.688.532	568.245.758	629.039.590	684.865.319
Cota: 1.470 Cota coron.: 1.474	PI (MW)	280,0	420,0	560,0	700,0	840,0	980,0
	Costo	288.126.664	333.353.710	388.351.079	421.630.022	466.528.350	506.557.770
	Imprevistos	57.625.333	66.670.742	77.670.216	84.326.004	93.305.670	101.311.554
	Intereses	62.546.536	72.364.423	84.303.252	91.527.445	101.273.974	109.963.561
	C. Total	408.298.533	472.388.875	550.324.547	597.483.471	661.107.994	717.832.885
Cota: 1.480 Cota coron.: 1.495	PI (MW)	309,6	464,4	619,2	774,0	928,8	1.083,6
	Costo	306.221.540	354.335.104	398.915.758	446.596.976	492.850.992	537.275.735
	Imprevistos	61.244.308	70.867.021	79.783.152	89.319.395	98.570.198	107.855.147
	Intereses	66.474.572	76.919.064	86.596.633	96.947.272	106.988.093	116.631.817
	C. Total	433.940.420	502.121.189	565.295.543	632.863.643	698.409.283	761.362.699
Cota: 1.491 Cota coron.: 1.495	PI (MW)	337,2	505,8	674,4	843,0	1.011,6	1.180,2
	Costo	324.129.168	375.599.826	422.549.573	471.603.969	521.067.694	567.424.614
	Imprevistos	64.825.834	75.119.965	84.509.915	94.320.794	104.215.539	113.484.923
	Intereses	70.361.960	81.535.210	91.727.061	102.375.790	113.115.546	123.176.535
	C. Total	459.316.962	532.255.001	598.786.549	668.300.553	738.408.779	804.086.072

NOTA: i = 8%

Total intereses: 18,09% (costo + imprevistos)

Imprevistos = 20%

Construcción = 4 1/2 años

Precios Junio/76 (US\$)

CUADRO Nº VI.4.22

MATRIZ DE COSTOS - APROVECHAMIENTO SALADO

S A L A D O		2 GRUPOS Fi = 0,750	3 GRUPOS Fi = 0,500	4 GRUPOS Fi = 0,375	5 GRUPOS Fi = 0,300	6 GRUPOS Fi = 0,250	7 GRUPOS Fi = 0,214
Cota: 1.352 Cota coron.: 1.355	PI (MW)	356,4	534,6	712,8	891,0	1.069,2	1.247,4
	Costo	315.800.377	375.904.600	439.076.057	499.207.200	522.117.721	607.581.472
	Imprevistos	63.160.075	75.180.920	87.815.211	99.841.440	104.423.544	121.516.294
	Intereses	53.054.463	63.151.973	73.764.777	83.866.810	87.715.777	102.073.687
	C. Total	432.014.915	514.237.493	600.656.045	682.915.450	714.257.042	831.171.453
Cota: 1.357 Cota coron.: 1.360	PI (MW)	369,2	553,8	738,4	923,0	1.107,6	1.292,2
	Costo	330.192.864	390.834.087	458.793.396	521.381.486	577.620.113	635.932.323
	Imprevistos	66.038.573	78.166.817	91.758.679	104.276.297	115.524.023	127.186.465
	Intereses	55.472.401	65.660.127	77.077.290	87.592.090	97.040.179	106.836.630
	C. Total	451.703.838	534.661.031	627.629.365	713.249.873	790.184.315	869.955.418
Cota: 1.372 Cota coron.: 1.375	PI (MW)	422,6	633,9	845,2	1.056,5	1.267,8	1.479,1
	Costo	372.384.409	438.120.455	509.717.208	578.647.827	640.389.704	702.567.829
	Imprevistos	74.476.882	87.624.091	101.942.842	115.729.565	128.077.941	140.513.566
	Intereses	62.560.581	73.604.236	85.631.987	97.212.835	107.585.470	118.031.395
	C. Total	509.421.872	599.348.782	697.289.037	791.590.227	876.053.115	961.112.790
Cota: 1.385 Cota coron.: 1.388	PI (MW)	462,8	694,2	925,6	1.157,0	1.388,4	1.619,8
	Costo	413.822.446	438.120.455	557.272.386	628.109.362	694.092.497	760.515.079
	Imprevistos	82.764.489	87.624.091	87.624.091	111.454.477	125.621.872	152.103.016
	Intereses	69.522.171	73.604.236	93.621.761	105.522.373	116.607.539	127.766.533
	C. Total	566.109.106	599.348.782	762.348.624	859.253.607	949.518.535	1.040.384.628

NOTA: tasa de interés = 8% a.a.

Construcción = 3 1/2 años

total de intereses = 14% (costo + imprevistos)

Imprevistos = 20% del costo

Precios Junio/76 (US\$)

CUADRO N° VI.4.23

MATRIZ DE COSTOS - APROVECHAMIENTO MALO/CODO SINCLAIR

MALO - CODO SINCLAIR		2 GRUPOS Fi = 0,750	3 GRUPOS Fi = 0,500	4 GRUPOS Fi = 0,375	5 GRUPOS Fi = 0,300	6 GRUPOS Fi = 0,250
Cota: 1.259 Cota coron.: 1.262	PI (MW)	2.650,4	3.975,6	5.300,8	6.626,0	7.951,2
	Costo	1.092.692	1.413.028	1.745.876	2.071.824	2.400.431
	Imprevistos	218.539	282.606	349.175	414.364	480.086
	Intereses	389.173	503.264	621.611	737.901	854.938
	C. Total (US\$ x 10 ³)	1.700.404	2.198.898	2.716.863	3.224.089	3.735.455
Cota: 1.262 Cota coron.: 1.265	PI (MW)	2.633,2	3.994,8	5.326,4	6.658,0	7.989,6
	Costo	1.107.274	1.427.611	1.760.458	2.986.406	2.415.014
	Imprevistos	221.455	285.522	352.092	417.281	483.003
	Intereses	394.367	508.458	627.005	743.094	860.131
	C. Total	1.723.096	2.221.590	2.739.555	3.246.781	3.758.147
Cota: 1.265 Cota coron.: 1.268	PI (MW)	2.675,2	4.012,8	5.350,4	6.688,6	8.025,6
	Costo	1.121.856	1.442.192	1.775.041	2.100.987	2.429.595
	Imprevistos	224.371	288.438	355.008	420.198	485.919
	Intereses	399.560	513.651	632.199	748.288	865.325
	C. Total	1.745.788	2.244.282	2.762.247	3.269.473	3.780.839

NOTA: $i = 8\%$
 $t = 7 \frac{1}{2}$ años
 total intereses = 29,68%
 Imprevistos = 20%
 Costo = US\$ x 10³
 Precios = Junio/76

CUADRO Nº VI.4.24

PROGRAMAS DE INVERSIONES

AÑOS DE CONSTRUCCION	DISTRIBUCION PORCENTUAL DE CADA AÑO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
3	25	45	30	-	-	-	-	-
4	20	30	30	20	-	-	-	-
5	15	20	30	25	10	-	-	-
6	10	15	20	20	20	15	-	-
7	5	10	20	20	20	15	10	-
8	5	10	15	15	15	15	15	10

PERIODO DE CONSTRUCCION:

AÑOS

Borja	4,5
El Chaco	4,5
Balsas	4,5
Salado	3,5
Malo-Codo Sinclair	7,5

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

Para la determinación de los costos en función de la altura de las presas (cota de coronamiento) y de la potencia instalada, se calculó una correlación lineal múltiple del tipo:

$$\text{Costo} = \alpha + \beta \cdot \text{cota coronamiento} + \gamma \cdot \text{Potencia Instalada}$$

El resultado de estas correlaciones se puede observar en el Cuadro N° VI.4.25 y el cálculo de ellas en los Cuadros Nos. VI.4.26 a VI.4.30. Para dicho cálculo, como se indica en cada cuadro, se incluye un cambio de origen de la variable "cota de coronamiento" (H), para mejorar la precisión de la correlación.

Las correlaciones determinadas son de muy buen ajuste y, como se puede apreciar en los cuadros, dan coeficientes de correlación altos y pequeños errores tipificados. Los errores, expresados en porcentaje de las inversiones medias del rango de variación usado, son los siguientes:

	<u>Error Tipo (%)</u>
Borja	1,8
El Chaco	0,2
Balsas	1,2
Salado	3,0
Malo-Codo	0,6

Los costos de inversión están expresados en nivel monetario de Junio de 1976.

CUADRO Nº VI.4.25

FUNCION DE COSTOS

$$C = \alpha + \beta \cdot (\text{Cota Coronamiento}) + \gamma \cdot (\text{Pot. Instalada})$$

APROVECHAMIENTO	COEFICIENTES			ERROR TIPO	COEF. DE CORRELACION
	α	β	γ		
Borja	- 9.630,25	5,5569	0,3349	11,6	0,997
El Chaco	- 7.915,09	5,0915	0,4128	1,2	1,000
Balsas	- 1.353,43	1,1125	0,4341	6,4	0,998
Salado	- 2.297,15	1,9074	0,4313	19,0	0,993
Malo-Codo	- 4.960,30	4,4640	0,3821	17,7	1,000

NOTA: Costo en US\$ x 10⁶

Cota de coronamiento en m

Potencia instalada en MW

CUADRO N° VI.4.26

CORRELACION DE COSTOS - BORJA

ECUACION DE LA CORRELACION:

$$Y \text{ (Estim.)} = - 9630,2477$$

$$+ 5,5569 \div X (1) \quad 1 \quad (H - 0)$$

$$+ 0,3349 \div X (2) \quad 1$$

VARIABLE DEPENDIENTE (Y)		VARIABLES INDEPENDIENTES	
Valor Real	V. Estimado	X(1)	X(2)
403,9000	394,4860	1793,0000	183,0000
438,9000	425,1250	1793,0000	274,5000
540,1000	517,0428	1793,0000	549,0000
507,2000	518,4160	1813,0000	221,2000
547,2000	555,4500	1813,0000	331,8000
662,0000	666,5540	1813,0000	663,6000
574,5000	578,2700	1823,0000	234,0000
618,2000	617,4480	1823,0000	351,0000
739,0000	734,9810	1823,0000	702,0000
658,2000	656,9380	1836,0000	258,2000
704,8000	699,3300	1836,0000	379,8000
837,0000	826,5070	1836,0000	759,6000
751,9000	732,9300	1848,0000	281,0000
801,3000	779,9770	1848,0000	421,5000
916,3000	921,1170	1848,0000	843,0000

$$\text{Error Patrón} = 11,6098$$

$$\text{Coeficiente de Correlación} = 0,9957$$

CUADRO Nº VI.4.27

CORRELACION DE COSTOS - EL CHACO

ECUACION DE LA CORRELACION:

$$Y \text{ (Estim.)} = 231,3047 \\ + 5,0915 \div X(1) \quad 1 \\ + 0,4128 \div X(2) \quad 1 \quad (H - 1600)$$

VARIABLE DEPENDIENTE (Y)		VARIABLES INDEPENDIENTES	
Valor Real	Val. Estimado	X(1)	X(2)
510,8000	513,3670	26,0000	362,6000
590,3000	588,2100	26,0000	543,9000
813,6000	812,7390	26,0000	1087,8000
541,2000	540,4770	31,0000	366,6000
616,6000	616,1450	31,0000	549,9000
843,4000	843,1510	31,0000	1099,8000
574,9000	575,6490	37,0000	377,8000
652,7000	653,6300	37,0000	566,7000
886,8000	887,9840	37,0000	1134,4000
618,1000	616,6560	44,0000	390,8000
697,2000	939,3100	44,0000	586,2000
939,2000	939,3100	44,0000	1172,4000

Error Patrón = 1,2074

Coefficiente de Correlación = 1,0000

CUADRO N° VI.4.28

CORRELACION DE COSTOS - BALSAS

ECUACION DE CORRELACION:

$$Y \text{ (Estim.)} = 204,0695 + 1,1125 \div X(1) + 0,4341 \div X(2) \quad (H - 1400)$$

VARIABLE DEPENDIENTE (Y)		VARIABLES INDEPENDIENTES	
Valor Real	Val. Estimado	X(1)	X(2)
389,9000	394,9910	69,0000	263,0000
438,8000	452,0720	69,0000	394,5000
629,0000	623,3140	69,0000	789,0000
408,3000	407,9330	74,0000	280,0000
472,4000	468,7040	74,0000	420,0000
661,1000	651,0150	74,0000	840,0000
433,9000	431,9070	84,0000	309,6000
502,1000	499,1010	84,0000	464,4000
698,4000	700,6850	84,0000	928,8000
459,3000	456,1240	95,0000	337,2000
532,2000	529,3090	95,0000	505,8000
738,4000	748,8640	95,0000	1011,6000

Error Patrón = 6,4293

Coefficiente de Correlación = 0,9984

CUADRO N° VI.4.29

CORRELACION DE COSTOS - SALADO

ECUACION DE LA CORRELACION:

$$\begin{aligned}
 Y \text{ (Estim.)} = & - 2297,1537 \\
 & + 1,9074 \div X(1) \quad 1 \quad (H - 0) \\
 & + 0,4313 \div X(2) \quad 1
 \end{aligned}$$

VARIABLE DEPENDIENTE (Y)		VARIABLES INDEPENDIENTES	
Valor Real	Valor Estimado	X(1)	X(2)
432,0000	441,0700	1355,0000	356,4000
514,2000	517,9230	1355,0000	534,6000
714,3000	748,4840	1355,0000	1069,2000
451,7000	456,1270	1360,0000	369,2000
534,7000	535,7410	1360,0000	553,8000
790,2000	774,5820	1360,0000	1107,6000
509,4000	507,7680	1375,0000	422,6000
599,3000	598,2830	1375,0000	633,9000
876,0000	872,2830	1375,0000	1267,8000
566,1000	549,9010	1388,0000	462,8000
599,3000	649,6990	1388,0000	694,2000
949,5000	949,0910	1388,0000	1388,4000

Error Patrón = 19,0363

Coefficiente de Correlación = 0,9929

CUADRO N° VI.4.30

CORRELACION DE COSTOS - MALO-CODO SINCLAIR

ECUACION DE LA CORRELACION:

$$Y \text{ (estim.)} = - 496,2986 \\ + 0,1488 \div X(1) \quad 1 \quad (H - 1000) \times 30 \\ + 0,3821 \div X(2) \quad 1$$

VARIABLE DEPENDIENTE (Y)		VARIABLES INDEPENDIENTES	
Valor Real	Valor Estimado	X(1)	X(2)
1700,4000	1686,2000	7860,0000	2650,4000
2198,9000	2192,5600	7860,0000	3975,6000
2716,9000	2698,9100	7860,0000	5300,8000
3224,1000	3205,2700	7860,0000	6626,0000
3735,5000	3711,6200	7860,0000	7951,2000
1723,1000	1693,0200	7950,0000	2633,2000
2221,6000	2213,2900	7950,0000	3994,8000
2739,6000	2722,0900	7950,0000	5326,4000
3246,8000	3230,8900	7950,0000	6658,0000
3758,1000	3739,6900	7950,0000	7989,6000
1745,8000	1722,4700	8040,0000	2675,2000
2244,3000	2233,5600	8040,0000	4012,8000
2762,2000	2744,6500	8040,0000	5350,4000
3269,5000	3255,9800	8040,0000	6688,6000
3780,8000	3766,8400	8040,0000	8025,6000

Error Patrón = 17,7165

Coefficiente de Correlación = 0,9997

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

Para llegar a la determinación de los coeficientes de costo, es necesario calcular los costos anuales de capital y agregar a éstos los gastos de operación y mantenimiento.

El coeficiente de reposiciones intermediarias se ha calculado en el Cuadro N° VI.4.31. Para ello se ha tomado una distribución aproximada de costos de una central hidroeléctrica tipo, ya que la poca importancia de este ítem no justifica realizar cálculos más refinados.

Los gastos anuales de operación y mantenimiento se han estimado como el 0,7% de la inversión de los aprovechamientos, lo que representa cifras que varían entre 4 y 12 US\$/KW/año, y entre 1 y 4 mills/Kwh.

De acuerdo con lo anterior los coeficientes de costo se han determinado aplicando a las constantes de las correlaciones, los siguientes factores (vida útil de 50 años):

	<u>Tasa de Interés</u>	
	<u>8%</u>	<u>12%</u>
- Factor de Recuperación del Capital	0,08174	0,12042
- Factor de Reposiciones Intermediarias	0,00293	0,00167
- Factor de Gastos de Operación y Mant.	0,00700	0,00700
TOTAL:	0,09167	0,12909

CUADRO N° VI:4.31

REPOSICIONES INTERMEDIARIAS

ITEM	PARTICIPACION EN LA INVERSION (%)	VIDA UTIL (años)
Turbinas y Generadores	16,0	32
Equipo eléctrico	3,0	22
Equipo de control	5,0	19
Accesorios	2,0	34
Resto de Obras	74,0	50

ANEXO VI - OPTIMIZACIÓN DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

4.4 COEFICIENTES DE INGRESO

Los coeficientes de ingreso corresponden a la valorización unitaria de la producción de la central: potencia firme, energía primaria y energía secundaria. Los "precios" utilizados para esta valorización han sido determinados en base a los costos marginales de desarrollo del Sistema Nacional Interconectado y a un conjunto de centrales termoeléctricas cuyas potencias instaladas y factores de planta han sido optimizados. Los costos marginales de desarrollo representan el costo de oportunidad del Sistema, es decir, los costos que se pueden evitar por sustitución de los proyectos de generación más caros previstos para el futuro. Han sido dados por INECEL a nivel de precios, a mediados de 1974 y para una tasa de interés de 12%. Los costos del sistema termoeléctrico equivalente corresponde a una alternativa real de dar un servicio semejante al del desarrollo de la cuenca del Río Quijos-Coca, con una combinación de centrales termoeléctricas.

El cálculo del sistema de precios basado en un parque termoeléctrico se muestra en los Cuadros Nos. VI.4.32 a VI.4.35, para las tasas de interés de 8% y 12%.

Las expresiones que representan los costos de energía del parque termoeléctrico optimizado, son las siguientes (nivel de precios de mediados de 1976):

CUADRO N° VI.4.32

COSTOS DE UNA CENTRAL NUCLEAR TIPO

(500 MW)

RUBRO	TASA DE INTERES	
	i = 8%	i = 12%
Inversión neta (US\$/KW)	1.038,0	1.038,0
Período de construcción (meses)	54,0	54,0
Inversión total (US\$/KW)	1.236,3	1.247,3
Vida útil equivalente (años)	30,0	30,0
Factor recuperación capital	0,0888	0,1241
Factor reposiciones interm.	0,0076	0,0051
Cargo de capital (US\$/KW/año)	119,2	174,2
Gastos fijos O. y M. (US\$/KW/año)	10,2	10,2
Gastos variables O.y M. (mills/KWh)	0,1	0,1
Gastos combustible (mills/KWh)	6,4	6,4
Consumos propios (%)	7,0	7,0
Tasa de Indisponibilidad (%)	17,0	17,0
Costo Fijos Totales (US\$/KW/año)	167,7	238,9
Costos Variables Totales (mills/KWh)	7,0	7,0

CUADRO Nº VI.4.33

COSTOS DE UNA CENTRAL A VAPOR TIPO
(350 MW)

RUBRO	TASA DE INTERES	
	8%	12%
Inversión neta (US\$/KW)	465,0	465,0
Período de construcción (meses)	36,0	36,0
Inversión total (US\$/KW)	521,3	551,1
Vida útil equivalente (años)	25,0	25,0
Factor recuperación capital	0,0937	0,1275
Factor reposiciones interm.	0,0060	0,0040
Cargo de capital (US\$/KW/año)	52,0	72,5
Gastos fijos O. y M. (US\$/KW/año)	8,9	8,9
Gastos variables O.y M. (mills/KWh)	0,4	0,4
Gastos combustibles (mills/KWh)	17,2	17,2
Consumos propios (%)	5,0	5,0
Tasa de indisponibilidad (%)	14,0	14,0
Costos Fijos Totales (US\$/KW/año)	74,5	99,6
Costos Variables Totales (mills/KWh)	18,5	18,5

CUADRO Nº VI.4.34

CÓSTOS DE UNA TURBINA A GAS TIPO
(50 MW)

RUBRO	TASA DE INTERES	
	8%	12%
Inversión neta (US\$/KW)	210,0	210,0
Período de construcción (meses)	18,0	18,0
Inversión total (US\$/KW)	221,9	221,9
Vida útil equivalente (años)	15,0	15,0
Factor recuperación Capital	0,1168	0,1468
Factor reposiciones interm.	-	-
Cargo de Capital (US\$/KW/año)	25,9	33,4
Gastos fijos O. y M. (US\$/KW/año)	5,3	5,3
Gastos variables O.y M. (mills/año)	0,7	0,7
Gastos combustible (mills/año)	37,8	37,8
Consumos propios (%)	1,5	1,5
Tasa de indisponibilidad (%)	-	-
Costos Fijos Totales (US\$/KW/año)	31,7	39,3
Costos Variables Totales (mills/año)	39,1	39,1

CUADRO N° VI.4.35

COSTOS DEL PARQUE TERMoeLECTRICO OPTIMIZADO

TASA INTERES	FACTOR CARGA (%)	CENTRAL NUCLEAR		TERMICA VAPOR		TURBINA A GAS		COSTO (Mills/KWh)
		P. INST.	F.U.	P. INST.	F.U.	P. INST.	F.U.	
8%	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	10,0	75,3
	20,0	0,0	0,0	20,0	60,0	80,0	10,0	49,7
	30,0	0,0	0,0	30,0	76,7	70,0	10,0	40,2
	40,0	0,0	0,0	40,0	85,0	60,0	10,0	35,5
	50,0	40,0	95,0	12,0	60,0	48,0	10,0	32,6
	60,0	50,0	100,0	10,0	60,0	40,0	10,0	30,1
	70,0	40,0	100,0	30,0	90,0	30,0	10,0	28,9
	80,0	60,0	100,0	20,0	90,0	20,0	10,0	27,8
	90,0	80,0	100,0	10,0	90,0	10,0	10,0	26,9
	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1
12%	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	10,0	83,9
	20,0	0,0	0,0	10,0	90,0	90,0	12,2	55,7
	30,0	0,0	0,0	30,0	76,7	70,0	10,0	45,1
	40,0	0,0	0,0	40,0	85,0	60,0	10,0	39,7
	50,0	0,0	0,0	50,0	90,0	50,0	10,0	36,4
	60,0	0,0	0,0	60,0	93,3	40,0	10,0	34,2
	70,0	0,0	0,0	70,0	95,7	30,0	10,0	32,7
	80,0	0,0	0,0	80,0	97,5	20,0	10,0	31,5
	90,0	0,0	0,0	90,0	98,9	10,0	10,0	30,6
	100,0	0,0	0,0	100,0	100,0	0,0	0,0	29,9

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

$$i = 8\% \quad C_{KWh} = 18,44 + 422,19 \cdot F^{-0,8705}$$

$$i = 12\% \quad C_{KWh} = 21,82 + 485,19 \cdot F^{-0,8930}$$

Considerando un factor de utilización cercano a 50% y un aprovechamiento de 70% para la energía secundaria, se obtienen los siguientes precios:

	<u>i = 8%</u>	<u>i = 12%</u>
- Potencia Firme (US\$/KW/año)	61,4	64,6
- Energía Primaria (mills/KWh)	18,4	21,8
- Energía Secundaria (mills/KWh)	12,9	15,3

Los costos marginales de desarrollo, actualizados a mediados de 1976*, son los siguientes:

	<u>i = 8%</u>	<u>i = 12%</u>
- Potencia Firme (US\$/KW/año)	36,8	40,8
- Energía Primaria (mills/KWh)	32,3	35,9
- Energía Secundaria (mills/KWh)	9,8	10,9

Estos últimos costos dan un valor menor a la potencia marginal y un valor superior a la energía firme, por corresponder al desarrollo de un sistema básicamente hidroeléctrico, sin embargo, ambos

* Incremento de 18% con respecto a las cifras establecidas para mediados de 1974.

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

conjuntos de cifras dan un valor semejante para el KWh medio de un sistema de factor de carga semejante a 50%. Por este motivo, ha sido adoptado como sistema de valorización de los ingresos, el sistema de precios basado en los costos marginales de desarrollo del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador.

4.5 COEFICIENTES DE LA FUNCION OBJETIVO

De acuerdo a la expresión (16) del numeral 3.4 y a los valores señalados en los dos últimos, los coeficientes de la función objetivo son los indicados en el Cuadro N° VI.4.36.

En la implementación del modelo, la parcela de energía primaria se ha expresado en valor mensual, por lo que el coeficiente del Cuadro N° VI.4.36 debe ser multiplicado por 12.

Por otra parte, la generación media no es variable explícita, por lo que el coeficiente debe ser distribuido en las variables de nivel, restitución y descarga turbinable. Esto se ha hecho mediante la representación lineal de la función de generación, la cual por ser hipérbolica (producto de caudal por salto), queda:

$$GM = k \cdot (\bar{s} \cdot Q + \bar{q} \cdot S - \bar{s} \cdot \bar{q})$$

donde:

CUADRO Nº VI.4.36

COEFICIENTE DE LA FUNCION OBJETIVO

TASA INTERES (%)	APROVECHAMIENTO	POTENCIA FIRME ($10^3 \cdot \text{US\$}$) (MW . año)	GENERACION ANUAL		POTENCIA INSTALADA ($10^3 \cdot \text{US\$}$) (MW x año)	ALTURA DE PRESA ($10^3 \cdot \text{US\$}$) (m x año)
			PRIMARIA ($10^{-3} \cdot \text{US\$}$) (KWh)	MEDIA ($10^{-3} \cdot \text{US\$}$) (KWh)		
8	Borja	- 36,76	- 22,5	- 9,8	30,69	509,29
	El Chaco	- 36,76	- 22,5	- 9,8	37,83	466,64
	Balsas	- 36,76	- 22,5	- 9,8	39,79	101,96
	Salado	- 36,76	- 22,5	- 9,8	39,53	174,81
	Malq-Codo Sinclair	- 36,76	- 22,5	- 9,8	35,02	409,13
12	Borja	- 40,80	- 25,0	- 10,9	43,24	707,45
	El Chaco	- 40,80	- 25,0	- 10,9	53,30	657,36
	Balsas	- 40,80	- 25,0	- 10,9	56,05	143,63
	Salado	- 40,80	- 25,0	- 10,9	55,69	246,26
	Malq-Codo Sinclair	- 40,80	- 25,0	- 10,9	49,33	576,35

NOTA: Ingresos con signo negativo y costos con signo positivo (minimización de la función objetivo).

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

- k = constante de energía por unidad salto y descarga
- \bar{s} = salto medio
- Q = caudal turbinado (variable explícita)
- \bar{q} = caudal medio turbinado
- s = salto (variable implícita representada por la diferencia nivel menos cota de restitución)

Esta expresión corresponde a la mejor representación lineal de la generación, verificándose que las desviaciones eran aceptables.

5. RESULTADOS DEL ESTUDIO

5.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Se han realizado cuatro procesos básicos con el modelo:

- . secuencia total: Borja, El Chaco, Balsas, Salado y Malo-Codo
- . secuencia: El Chaco, Salado y Malo-Codo
- . secuencia: Salado y Malo-Codo
- . Salado aislado

En el Cuadro N° VI.5.1 se resumen los resultados de estos procesos.

CUADRO N° VI.5.1
RESULTADOS DE PROCESOS BASICOS

APROVECHAMIENTOS	TASA INTERES (%)	(1)		(2)		(3)		(4)	
		COTA CORO NAMIENTO (m)	POTENCIA INSTALADA (MW)	COTA CORO NAMIENTO (m)	POTENCIA INSTALADA (MW)	COTA CORO NAMIENTO (m)	POTENCIA INSTALADA (MW)	COTA CORO NAMIENTO (m)	POTENCIA INSTALADA (MW)
BORJA	8	1.814,9	183,4	-	-	-	-	-	-
	10	1.814,5	183,4	-	-	-	-	-	-
	12	1.811,4	183,0	-	-	-	-	-	-
EL CHACO	8	1.633,0	363,0	1.644,0	425,3	-	-	-	-
	10	1.644,0	363,0	1.644,0	372,8	-	-	-	-
	12	1.644,0	363,0	1.628,7	363,0	-	-	-	-
BALSAS	8	1.495,0	327,0	-	-	-	-	-	-
	10	1.495,0	312,3	-	-	-	-	-	-
	12	1.495,0	306,8	-	-	-	-	-	-
SALADO	8	1.379,5	401,2	1.388,0	420,9	1.388,0	431,0	1.388,0	557,8
	10	1.378,6	399,5	1.388,0	420,3	1.388,0	417,9	1.388,0	515,0
	12	1.378,7	399,4	1.388,0	413,6	1.388,0	417,4	1.388,0	423,8
MALO	8	1.267,0	2.932,6	1.267,0	3.288,1	1.267,0	3.932,2	-	-
	10	1.267,0	2.740,2	1.267,0	2.845,4	1.267,0	3.194,6	-	-
	12	1.267,0	2.676,9	1.267,0	2.821,7	1.267,0	2.873,3	-	-
VALOR DE FUNCION OBJETIVO	8	258.623,6		239.002,5		231.769,8		58.011,9	
	10	178.367,0		175.542,5		180.499,0		54.652,3	
	12	98.642,3		113.575,5		130.715,5		51.477,1	

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

- Esquema Integrado

En este esquema las alturas de presa óptimas son valores intermedios para Borja y Salado, en tanto que para El Chaco, Balsas y Malo se justifican las alturas máximas. En aquellos dos aprovechamientos se observa, además, una pequeña disminución de la presa al aumentar la tasa de descuento.

La potencia instalada de los aprovechamientos es relativamente baja. Los factores de utilización varían de 65% a 70%. Esto indica que los costos de instalación marginal de potencia son relativamente altos en relación al beneficio marginal que se obtiene por aumento de energía secundaria y principalmente de potencia firme.

Es necesario considerar, sin embargo, que estos valores son netos, es decir, no incluyen reserva. Por esto, los valores podrían incrementarse en 10 a 15%.

El aspecto más importante del resultado para el aprovechamiento integrado es el ahogamiento que provocan las centrales Salado, sobre Balsas y de esta última sobre El Chaco. Es tan importante el aprovechamiento de Malo-Codo Sinclair, que las centrales de aguas arriba se optimizan en función de dicha central sin importar las deseconomías propias.

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

- Esquema El Chaco-Salado-Malo/Codo

Hay tres conclusiones principales que derivan de este proceso:

- a) la altura de presa de Salado sube hasta su máximo, de modo de compensar la falta de regularización de Borja y Balsas, y afirmar convenientemente a Malo-Codo Sinclair;
- b) todas las potencias instaladas se incrementan levemente con respecto al caso anterior; y
- c) el beneficio anual de este esquema es casi similar al anterior (incluso es superior para $i = 12\%$), lo que indica lo relativamente poco atractivo de los aprovechamientos de Borja y Balsas con respecto a los demás.

- Esquema Salado-Malo/Codo

Las principales características de los resultados de la optimización de este esquema, son:

- a) se mantienen las alturas de presa del caso anterior;
- b) aumenta en forma relativamente importante el nivel de potencia instalada de Malo-Codo Sinclair, especialmente para tasas de actualización bajas; y
- c) El beneficio es casi igual al que se obtiene con el desarrollo

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

integrado. Esto indica que las centrales Salado y Malo-Codo Sinclair son las prioritarias y conforman la base del desarrollo futuro del Río Coca.

- Esquema Salado Aislado

Las características de Salado en una optimización individual del recurso, son:

- a) altura máxima de la presa (igual al caso anterior);
- b) incremento de la potencia instalada en forma importante respecto al caso anterior, alcanzando un factor de utilización de 62%; y
- c) importante beneficio anual (equivalente a un 30% del beneficio de la cuenca, para tasa de descuento de 10%).

Los resultados detallados de los cuatro procesos básicos que fueron realizados se incluyen en los Cuadros Nos. VI.5.2 a VI.5.5.

En base a las cifras de los Cuadros mencionados y a los coeficientes de costos e ingresos establecidos en el numeral 4, se ha calculado el beneficio anual neto de los aprovechamientos. Los valores se muestran en el Cuadro N° VI.5.6.

CUADRO N° VI.5.2

OPTIMIZACION DE LA CUENCA - ESQUEMA INTEGRADO

APROVE- CHAMIENTO	TASA DE ACTUALIZ (%)	COTA DE CORONAM. (m)	CAUDALES (m ³ /s)		NIVELES DE AGUA (m)			POTENCIAS (MW)		GENERACION (MW)		FACTORES DE UTILIZACION (%)		CAUDALES (m ³ /s)	
			Afluen.	Turbin.	Máx.	Mín.	Med.	Inst.	Firme	Media	Firme	de Planta	de Instal.	Medio	Firme
BORJA	8	1814,88	102,1	101,88	1811,88	1738,42	1779,59	183,37	122,60	128,35	128,37	70,00	70,01	123,66	97,62
	10	1814,53	102,1	101,75	1811,53	1738,31	1779,23	183,40	120,70	128,36	128,39	69,99	70,01	123,76	97,13
	12	1811,38	102,1	101,70	1808,38	1737,39	1775,88	183,00	126,23	125,76	124,11	68,72	67,82	120,83	96,16
EL CHACO	8	1644,00	192,4	192,40	1641,00	1599,89	1627,84	363,00	344,85	247,15	244,53	68,09	67,36	213,39	184,49
	10	1644,00	192,4	192,40	1641,00	1599,89	1627,87	363,00	344,85	246,61	244,12	67,94	67,25	213,11	184,23
	12	1644,00	192,4	192,40	1641,00	1599,89	1628,00	363,00	344,85	246,16	242,79	67,81	66,88	211,77	182,82
BALSAS	8	1495,00	216,2	216,00	1491,22	1467,50	1480,75	326,96	310,61	216,47	213,31	66,21	65,24	235,47	207,95
	10	1495,00	216,2	215,17	1491,22	1467,50	1481,00	312,26	296,64	216,29	215,11	69,27	68,89	225,52	209,26
	12	1495,00	516,2	214,98	1491,22	1467,50	1481,44	306,82	291,47	214,81	214,79	70,01	70,01	221,79	208,75
SALADO	8	1379,50	308,4	308,40	1376,50	1349,37	1365,05	401,19	381,13	273,48	264,91	68,17	66,03	240,10	298,55
	10	1378,55	303,4	308,40	1375,55	1349,37	1364,93	399,51	379,53	272,03	262,87	68,09	65,80	332,62	298,25
	12	1378,72	308,4	308,40	1375,72	1349,37	1366,05	399,47	379,49	271,78	261,19	68,04	65,38	331,02	297,75
MALO	8	1267,00	322,1	322,09	1264,00	1258,15	1262,50	2932,57	2785,94	1813,54	1780,62	61,84	60,72	364,60	315,25
	10	1267,00	322,1	322,09	1264,00	1258,15	1262,68	2740,21	2603,20	1814,03	1778,94	66,20	64,92	342,57	314,95
	12	1267,00	322,1	321,71	1264,00	1258,15	1263,17	2676,94	2543,09	1813,23	1776,12	67,74	66,35	314,45	335,02

CUADRO Nº VI.5.3

OPTIMIZACION DE LA CUENCA: EL CHACO-SALADO-MALO

APROVE- CHAMIENTO	TASA DE ACTUAL. (%)	COTA DE CORONAM. (m)	CAUDALES (m ³ /s)		NIVELES DE AGUA (m)			POTENCIAS (MW)		GENERACION (MW)		FACTORES DE UTILIZACION (%)		CAUDALES (m ³ /s)	
			Afluen.	Turbin.	Máx.	Mín.	Med.	Inst.	Firme	Media	Firme	de Planta	de Instal.	Máx.	Mín.
EL CHACO	8	1644,00	192,40	191,30	1641,00	1599,89	1629,22	425,26	342,44	263,46	233,03	61,95	54,80	233,71	154,7
	10	1644,00	192,40	185,20	1645,00	1599,89	1629,95	392,79	333,32	254,07	230,16	64,68	58,60	212,56	157,2
	12	1628,71	192,40	192,40	1641,00	1570,48	1604,81	363,00	254,96	218,80	189,17	60,28	52,11	232,38	158,0
SALADO	8	1388,00	308,40	308,40	1385,00	1348,27	1363,80	420,94	399,90	264,40	239,58	62,81	56,92	382,04	273,3
	10	1388,00	308,40	308,40	1385,00	1348,27	1369,27	420,27	399,26	268,76	242,34	63,95	57,66	343,16	273,1
	12	1388,00	308,40	308,40	1385,00	1348,27	1369,99	413,55	392,87	266,39	240,90	64,42	58,25	340,20	275,6
MALO	8	1267,00	322,10	322,10	1264,00	1258,15	1263,24	3288,07	3123,67	1815,61	1654,11	55,22	50,31	408,69	292,6
	10	1267,00	322,10	322,09	1264,00	1258,15	1263,36	2845,38	2703,11	1815,89	1652,61	63,82	58,08	356,05	292,4
	12	1267,00	322,10	322,10	1264,00	1258,15	1263,32	2821,70	2680,61	1815,83	1666,79	64,35	59,07	353,00	294,9

CUADRO Nº VI.5.4

OPTIMIZACION DE LA CUENCA: SALADO-MALO

APROVE- CHAMIENTO	TASA DE ACTUAL. (%)	COTA DE CORONAM. (m)	CAUDALES (m ³ /s)		NIVELES DE AGUA (m)			POTENCIAS (MW)		GENERACION (MW)		FACTORES DE UTILIZACION (%)		CAUDALES (m ³ /s)	
			Afluen.	Turbin.	Máx.	Mín.	Med.	Inst.	Firme	Media	Firme	de Planta	de Instal.	Máx.	Mín.
SALADO	8	1388,00	308,4	305,07	1385,00	1348,27	1366,40	431,05	409,50	261,24	217,90	60,61	50,55	390,24	255,64
	10	1388,00	308,4	307,35	1385,00	1348,27	1368,59	417,87	396,98	261,14	217,90	62,49	52,15	378,92	255,64
	12	1388,00	308,4	306,23	1385,00	1248,27	1368,37	417,43	396,56	260,51	218,49	62,41	52,34	379,76	256,29
MALO	8	1267,00	322,1	322,10	1264,00	1258,15	1262,95	3932,20	3735,59	1814,82	1554,78	46,15	39,54	490,16	274,96
	10	1267,00	322,1	321,24	1264,00	1258,15	1262,96	3194,59	3034,86	1810,02	1554,78	56,66	48,67	399,68	274,96
	12	1266,21	322,1	316,83	1263,21	1257,42	1267,74	2873,26	2729,59	1781,95	1552,51	62,02	54,03	359,98	275,04

CUADRO Nº VI.5.5

OPTIMIZACION DE LA CUENCA: SALADO AISLADO

APROVE- CHAMIENTO	TASA DE ACTUALIZ (%)	COTA DE CORONAM. (m)	CAUDALES (m ³ /s)		NIVELES DE AGUA (m)			POTENCIAS (MW)		GENERACION (MW)		FACTORES DE UTILIZACION (%)		CAUDALES (m ³ /s)	
			Afluen.	Turbin.	Máx.	Mín.	Med.	Inst.	Firme	Media	Firme	de Planta	de Instal.	Máx.	Mín.
SALADO	8	1388	308,4	304,66	1385,00	1368,19	1383,30	557,85	529,96	328,12	271,24	58,82	48,62	420,06	214,84
	10	1388	308,4	301,34	1385,00	1365,27	1381,63	514,96	489,21	320,82	271,91	62,30	52,80	388,03	216,02
	12	1388	308,4	296,79	1385,00	1364,88	1380,11	483,85	459,65	313,08	272,36	64,71	56,29	364,34	217,70

CUADRO Nº VI.5.6

BENEFICIO NETO ANUAL
(miles de US\$)

APROVECHAMIENTO	TASA INTERES (%)	INGRESOS				COSTOS			BENEFICIO ANUAL
		Potencia Firme	Generac. Primaria	Generac. Secundar.	Ingreso Anual	Potencia Instalada	Altura Presa	Costo Anual	
BORJA	8	4.511,7	36.337,5	-	40.849,2	5.939,4	43.995,4	49.934,8	- 9.085,6
	10	4.683,2	38.362,5	-	43.045,7	6.766,0	49.874,0	56.640,1	-13.594,4
	12	5.149,0	39.059,2	152,6	44.360,8	7.911,5	56.221,1	64.132,6	-19.771,8
EL CHACO	8	12.688,6	69.251,2	225,4	82.165,2	14.490,1	44.031,0	58.521,1	23.644,1
	10	13.378,2	72.974,0	227,7	86.579,9	16.507,0	50.159,4	66.666,4	19.913,5
	12	14.067,8	76.395,2	327,0	80.790,0	19.343,7	58.779,3	78.123,0	12.667,0
BALSAS	8	11.430,1	60.401,0	274,4	72.105,5	13.726,6	29.953,6	43.680,2	28.425,3
	10	11.508,1	64.312,6	103,5	75.924,2	14.934,2	34.122,6	49.056,8	26.867,4
	12	11.893,2	67.599,7	-	79.492,9	17.192,4	39.986,6	57.179,0	22.313,9
SALADO	8	14.024,5	75.000,6	735,0	89.760,1	16.732,7	32.308,3	49.041,0	40.719,1
	10	14.724,6	78.600,5	828,0	94.153,1	18.980,9	36.616,0	55.596,9	38.556,2
	12	15.483,6	82.175,1	1.013,7	98.672,4	22.242,8	42.933,1	65.175,8	33.496,6
MALO	8	10.252,1	504.138,4	2.832,2	609.491,7	108.356,8	67.263,4	175.620,2	433.871,5
	10	101.004,2	531.755,4	3.187,8	635.947,4	115.340,0	76.625,4	191.965,4	443.982,0
	12	103.758,1	558.963,0	3.542,5	666.264,0	132.038,9	89.793,5	221.832,3	444.431,7

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

Nuevamente se confirma que Salado y Malo-Codo Sinclair son los aprovechamientos más favorables de la cuenca.

Además, salvo Borja, todos los aprovechamientos tienen tasas internas de retorno superiores al 12%. Es necesario considerar si, que esta forma de presentar este cálculo perjudica a los aprovechamientos de aguas arriba, ya de los demás se ven beneficiados por la regulación de cabecera.

5.2 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Dado que el óptimo individual de la presa de Salado da una altura bastante superior a la del caso integrado, el primer análisis de sensibilidad se realizó para conocer cuánto era la desoptimización provocada en Salado aislado si se disminuye la altura de la presa a valores correspondientes a la cota "pivot" y una cifra intermedia.

El cálculo se ha hecho de dos formas y los resultados coinciden. En primer lugar se ha considerado el valor del costo reducido de la variable de altura de presa de Salado. Este valor representa el beneficio (o el perjuicio) que se tiene si se acepta modificar la altura de la presa en un valor unitario. Es decir, corresponde al valor de la derivada parcial de la función objetivo respecto a la altura de la presa. En segundo lugar, se ha efectuado un

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

proceso de parametrización obligándose la reducción de la cota de coronamiento óptima, en 18 m y en 28 m, sucesivamente.

El resultado de ambos caminos es el mismo, como se puede visualizar en el Cuadro N° VI.5.7.

La deseconomía que se introduce por dimensionar la altura de la presa de Salado menor a la de su óptimo individual, alcanza a valores anuales que van de 580.000 dólares hasta 660.000 dólares por metro de reducción. Esta pérdida se produce durante el período en que Salado quede como aprovechamiento de cabecera.

Llevado a valor presente, la deseconomía anterior en función del número de años de operación aislada, se da en el Cuadro N° VI.5.8. Se puede considerar que antes de 15 ó 20 años es difícil que se justifique construir los aprovechamientos de aguas arriba, por lo que se puede estimar una pérdida probable de 4 a 6 millones de dólares por metro de variación. Indudablemente este monto justifica eventuales sobre costos no detectados originalmente ni incorporados adecuadamente a la función de costos.

Para el cálculo de estos valores se utilizó los valores de costos reducido, que ya se demostró son bastante representativos.

Un cálculo totalmente similar al anterior, se realizó para El Chaco.

CUADRO N° VI.5.7

DESECONOMÍA EN EL SALADO POR DISMINUCION
DE LA ALTURA DE LA PRESA CON RESPECTO AL VALOR OPTIMO
(Cifras Anuales)

RESTRICCIÓN	ITEM	TASA DE INTERES (%)		
		8	10	12
OPTIMO LIBRE	Cota de Coronamiento (m)	1.388,0	1.388,0	1.388,0
	Potencia Instalada (MW)	557,8	515,0	483,8
	Beneficio Anual (10^6 .US\$/año)	58,0	54,7	51,5
	Deseconomía Anual (10^6 .US\$/año)	-	-	-
	*Deseconomía Unitaria ($\frac{10^6 \cdot \text{US\$}}{\text{m} \cdot \text{año}}$)	0,64	0,62	0,61
COTA CORO- NAMIENTO FIJADA EN 1.370,0 m	Cota de Coronamiento (m)	1.370,0	1.370,0	1.370,0
	Potencia Instalada (MW)	458,4	425,2	397,1
	Beneficio Anual (10^6 .US\$/año)	46,2	43,3	40,5
	Deseconomía Anual (10^6 .US\$/año)	11,8	11,4	11,0
	*Deseconomía Unitaria ($\frac{10^6 \cdot \text{US\$}}{\text{m} \cdot \text{año}}$)	0,66	0,63	0,61
COTA CORO- NAMIENTO FIJADA EN 1.360,0 m	Cota de Coronamiento (m)	1.360,0	1.360,0	1.360,0
	Potencia Instalada (MW)	414,5	374,7	356,0
	Beneficio Anual (10^6 .US\$/año)	39,6	36,8	34,2
	Deseconomía Anual (10^6 .US\$/año)	18,4	17,9	16,3
	*Deseconomía Unitaria ($\frac{10^6 \cdot \text{US\$}}{\text{m} \cdot \text{año}}$)	0,66	0,64	0,58

* Valor Dual

CUADRO N° VI.5.8

DESECONOMIAS POR DISMINUCION DE LA ALTURA DE LA
PRESA DE SALADO (VALOR PRESENTE EN MILES DE US\$)*

(Deseconomía por metro de reducción)

GRADO DE INTEGRACION	NUMERO DE AÑOS	TASA DE INTERES (%)		
		8	10	12
1) SALADO AISLADO	1	642,3	624,3	609,2
	5	2.564,5	2.366,6	2.196,0
	15	5.497,8	4.748,5	4.149,2
	30	7.230,9	5.885,2	4.907,2
	50	7.857,6	6.189,8	5.059,1
2) SALADO - MALO/CODO	1	701,3	704,8	698,5
	5	2.800,1	2.671,7	2.517,9
	15	6.002,8	5.360,8	4.757,4
	30	7.895,1	6.644,1	5.626,5
	50	8.579,3	6.988,0	5.800,7
3) EL CHACO-SALADO-MALO	1	661,0	648,3	631,6
	5	2.639,2	2.457,6	2.276,8
	15	5.657,8	4.931,0	4.301,7
	30	7.441,4	6.111,5	5.087,7
	50	8.086,3	6.427,8	5.245,1

* Obtenidos de los "costos reducidos" de los procesos (valores
duales).

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

Los resultados se pueden observar en el Cuadro N° VI.5.9. En este caso, las pérdidas son muy inferiores, alcanzando valores que van de cero a 1,5 millones de dólares, por metro.

Otro cálculo de sensibilidad ha sido realizado para detectar si la imposición de un nivel de potencia instalada en Salado, afecta grandemente las características ya optimizadas de Malo-Codo Sinclair.

Los resultados se muestran en el Cuadro N° VI.5.10. Se puede observar que casi no hay variación en las características que debe darse a Malo-Codo Sinclair. Tampoco es importante la deseconomía que se produce.

Se ha realizado, además, un análisis de sensibilidad frente al aumento del precio asignado a la potencia firme. Por ser de menor importancia no se analizan los resultados, pero se encuentran en los archivos del Proyecto.

5.3 CONCLUSIONES

El desarrollo de Malo-Codo Sinclair es el más favorable de la cuenca del Río Coca y uno de los recursos hidroeléctricos más atractivos del Ecuador.

CUADRO Nº VI.5.9

DESECONOMIAS POR DISMINUCION DE LA ALTURA DE LA
PRESA DE EL CHACO (VALOR PRESENTE EN MILES DE US\$)

(Deseconomía por metro de reducción)

GRADO DE INTEGRACION	NÚMERO DE AÑOS	TASA DE INTERES (%)		
		8	10	12
1) EL CHACO-SALADO-MALO	1	105,7	9,2	-
	5	422,0	34,9	-
	15	904,7	70,0	-
	30	1.189,9	86,7	-
	50	1.293,1	91,2	-
2) BORJA-EL CHACO-BALSAS-SALADO-MALO	1	177,9	159,6	42,9
	5	710,3	605,0	154,6
	15	1.522,7	1.213,9	292,2
	30	2.002,8	1.504,5	345,6
	50	2.176,3	1.582,4	356,3

CUADRO N° VI.5.10

**OPTIMO DE MALO-CODO SINCLAIR, CONDICIONADO A LA POTENCIA Y
ALTURA DE PRESA DECIDIDAS PARA EL SALADO (560 MW Y 1.388 M)**

TASA DE INTERES	ITEM	LIBRE		CONDICIONADO	
		SALADO	MALO	SALADO	MALO
8%	Cota de Coronamiento (m)	1.388,0	1.267,0	1.388,0	1.267,0
	Potencia Instalada (MW)	431,0	3.932,2	560,0	4.040,6
	Beneficio Anual (US\$.10 ⁶ /año)	231,77		230,88	
	Deseconomía Anual (US\$.10 ⁶ /año)	0,89			
10%	Cota de Coronamiento (m)	1.388,0	1.267,0	1.388,0	1.267,0
	Potencia Instalada (MW)	417,9	3.194,6	560,0	3.292,3
	Beneficio Anual (US\$.10 ⁶ /año)	180,50		178,44	
	Deseconomía Anual (US\$.10 ⁶ /año)	8,06			
12%	Cota de Coronamiento (m)	1.388,0	1.266,2	1.388,0	1.267,0
	Potencia Instalada (MW)	417,4	2.873,3	560,0	2.907,8
	Beneficio Anual (US\$.10 ⁶ /año)	130,72		127,44	
	Deseconomía Anual (US\$.10 ⁶ /año)	3,28			

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

Por razones de escala, el aprovechamiento prioritario para ser desarrollado en el futuro próximo, es el embalse y central de Salado. Este aprovechamiento, además de ser muy ventajoso económicamente, provee de regulación suficiente para continuar desarrollando en el futuro, las etapas de Malo-Codo Sinclair.

Debido a la fuerte deseconomía que se produce al no disponer del diseño óptimo individual del Salado durante el período en que sea embalse de cabecera, y por la seguridad que cualquier desarrollo aguas arriba no será programado antes de 15 ó 20 años, es conveniente que el proyecto de Salado considere sus características óptimas correspondientes a su operación individual integrado con el aprovechamiento Malo-Codo Sinclair.

Las características técnicas de los aprovechamientos de aguas arriba de Salado, especialmente Borja y Balsas, pueden establecerse en forma preliminar y no hay interés en que sean definidas en forma definitiva. Ellas serán, finalmente función de lo decidido para el conjunto Salado-Malo/Codo Sinclair.

A continuación se da un resumen de las conclusiones derivadas del estudio de optimización:

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

a) Fijación de las cotas

. Salado

Para los casos Salado aislado, Salado-Malo y El Chaco-Salado-Malo, resulta siempre el límite superior del N.A. Máx. 1.385 m. En el caso integrado (con Balsas y Borja aguas arriba), la regulación aguas arriba aumenta y las cotas más altas de Salado, al inundar Balsas, disminuyen el salto de este aprovechamiento. Resulta el valor de N.A. Máx. ~ 1.376 (bastante cerca del máx., con una reducción de 9 m en la faja total de 33 m). Teniendo en cuenta que Salado es la obra prioritaria, debiendo ser seguida por Malo y El Chaco, lo que significa que Balsas demorará aún muchos años para ser construido, se recomienda el N.A. Máx. de 1.385 m (cota de coronamiento de 1.388 m).

En el caso de Salado aislado, el N.A. Mín. resulta de ~ 1.365 m. Al existir Malo aguas arriba, en todos los demás casos, una mayor altura de vaciado provoca substanciales beneficios en Malo, compensando una cierta pérdida de potencia firme en Salado. Resulta así el N.A. Mín de ~ 1.348 m, valor recomendado.

. Malo-Codo Sinclair

Se adoptó el N.A. Máx. de 1.264 m (límite superior en todos los casos).

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

El N.A. Mín. (1.257 m), deberá ser reestudiado en función de la regularización diaria de las efluencias de Salado y condiciones técnicas de la bocatoma.

. El Chaco

En todos los casos, excepto para El Chaco-Salado-Malo-tasa de 12%, resulta:

N.A. Máx.: 1.641 m (límite superior)

N.A. Mín.: 1.600 m

Estos son los valores adoptados; el caso discrepante (N.A. Máx. 1.629, N.A. Mín. 1.570), no fue considerado.

. Balsas

Se adoptaron los valores, coincidentes para todas las tasas de descuento, de:

N.A. Máx. 1.491 m

N.A. Mín. 1.467 m

. Borja

El modelo arrojó resultados muy semejantes, adoptándose:

N.A. Máx. 1.812 m

N.A. Mín. 1.738 m

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

b) Potencias Instaladas

Teniendo en cuenta los valores relativamente bajos de Potencia Instalada, y muy altos del factor de instalación, resultantes del procesamiento, así como:

- . tendencia histórica del aumento de los costos termoeléctricos;
- . el resultado de la parametrización del valor de la potencia firme que muestra aumentos de la potencia instalada para factores > 1 ;
- . el hecho de que la optimización no llevó en cuenta la posibilidad de instalación de potencia de reserva en los aprovechamientos.

Se recomienda en todos los casos, adoptar los valores máximos resultantes de potencia instalada, aumentados entre 10% y 15% para llevar en cuenta la reserva. Consecuentemente, se tiene:

. Salado

Resultante del modelo (valores máximos)

Aislado: 558 MW

Integrado (401 a 431 MW)

Adoptado: 560 MW (\sim 4 unidades)

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

F.I. (aislado): 0,49

F.I. (integrado): 0,43 a 0,39

. Malo-Codo Sinclair

Resultante del modelo (valores máximos)

Sólo con Salado: 3,932 MW

Demás casos: 2,933 a 3,288 MW

Valor adoptado:

12 unidades x 330 MW = 3,960 MW

F.I. (con Salado): 0,39

F.I. (integrado): 0,42 a 0,45

. El Chaco

Resultante del modelo (valores máximos):

363 a 425 MW

Adoptado: 460 MW (3 unidades)

F.I. (integrado con Salado-Codo): 0,51

F.I. (integrado): 0,53

. Balsas

Resultante del modelo (máximo): 327 MW

ANEXO VI - OPTIMIZACION DE LOS DESARROLLOS HIDROELECTRICOS

Adoptado: 375 MW (\sim 3 unidades)

F.I. = 0,57

. Borja

Resultado del modelo (máximo): 183 MW

Adoptado: 210 MW (\sim 2 unidades)

F.I. = 0,61

Los factores de instalación indicados relacionan la generación firme con la potencia instalada.

La subdivisión en unidades es provisional y deberá ser confirmada en base a los diseños de las centrales que deberán ser realizados.

Las potencias instaladas indicadas corresponden a un salto de diseño que se ha supuesto igual al salto máximo.

La secuencia indicada: Salado-Malo-El Chaco-Balsas-Borja, debe ser considerada como secuencia de instalación, a los efectos de la planificación del sistema de transmisión.

Aún con los aumentos indicados, las potencias instaladas pueden parecer bajas, teniendo en cuenta los factores de instalación más

PÚBLICO

DOCUMENTO DEL BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

ECUADOR

PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD

(EC0004)

ANEXO VII EXPROPIACIÓN Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

NOVIEMBRE 1977

20-27/100-EC

411/SF-EC

412/SF-EC

Ppts

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION - INECEL

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

INFORME DE PREFACTIBILIDAD

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

NOVIEMBRE DE 1977

QUITO - ECUADOR

ANEXO VIII

EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

INDICE -- TEXTO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. METODOLOGIA DE EVALUACION DE AREAS RURALES	2
3. INVESTIGACION DE PRECIOS DE LAS TIERRAS EN LAS PARROQUIAS AFECTADAS POR LOS EMBALSES	4
4. CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS	6
5. VALOR DE LAS TIERRAS	12
6. VALOR DE LAS MEJORAS	18
7. REUBICACION DE LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA	28
8. LIMPIEZA DE LOS EMBALSES	40
9. COSTO TOTAL DE LOS EMBALSES	46

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

I N D I C E

CUADROS

Nº	TITULO	PAGINA
VII.3.1	Precios medios de tierras en las parroquias investigadas, sucres/ha.	7
VII.4.1	Grados de limitaciones al uso agrícola de los suelos en las áreas de embalses.	11
VII.4.2	Embalse de Borja-Distribución de las tierras según la capacidad de uso y localización.	13
VII.4.3	Embalse de El Chaco-Distribución de las tierras según la capacidad de uso y localización.	14
VII.4.4	Embalse de Balsas-Distribución de las tierras según la capacidad de uso y localización.	15
VII.4.5	Embalse de Salado-Distribución de las tierras según la capacidad de uso y localización.	16
VII.4.6	Embalse de Malo-Distribución de las tierras según la capacidad de uso y localización.	17
VII.5.1	Valores de la tierra en los embalses por localización y categoría de capacidad de uso	19
VII.5.2	Valor de las tierras del embalse de Borja	20
VII.5.3	Valor de las tierras del embalse de El Chaco	21

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

Nº	TITULO	PAGINA
VII.5.4	Valor de las tierras del embalse de Balsas	22
VII.5.5	Valor de las tierras del embalse de Salado	23
VII.5.6	Valor de las tierras del embalse de Malo	24
VII.6.1	Embalse de Borja-cantidades y valores de las mejoras por cota	29
VII.6.2	Embalse de El Chaco-cantidades y valores de las mejoras por cota	30
VII.6.3	Embalse de Balsas-cantidades y valores de las mejoras por cota	31
VII.6.4	Embalse de Salado-cantidades y valores de las mejoras por cota	32
VII.6.5	Embalse de Malo-cantidades y valores de las mejoras por cota	33
VII.7.1	Embalse de Borja-cantidades y costos de reubicación de infraestructura	35
VII.7.2	Embalse de El Chaco-cantidades y costos de reubicación de infraestructura	36
VII.7.3	Embalse de Balsas-cantidades y costos de reubicación de infraestructura	37
VII.7.4	Embalse de Salado-cantidades y costos de reubicación de infraestructura	38
VII.7.5	Embalse de Malo-cantidades y costos de reubicación de infraestructura	39
VII.8.1	Costos de limpieza total del embalse de Borja	47
VII.8.2	Costos de limpieza total del embalse de El Chaco	48



ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

Nº	TITULO	PAGINA
VII.8.3	Costos de limpieza total del embalse de Balsas	49
VII.8.4	Costos de limpieza total del embalse de Salado	50
VII.8.5	Costos de limpieza total del embalse de Malo	51
VII.9.1	Costo del embalse de Borja	52
VII.9.2	Costo del embalse de El Chaco	53
VII.9.3	Costo del embalse de Balsas	54
VII.9.4	Costo del embalse de Salado	55
VII.9.5	Costo del embalse de Malo	56

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

I N D I C E

LAMINAS

Nº	TITULO
HS/IA-442-EG-001	Capacidad de uso de las tierras-Embalse Borja
HS/IA-442-EG-002	Capacidad de uso de las tierras-Embalse El Chaco
HS/IA-442-EG-003	Capacidad de uso de las tierras-Embalse Balsas
HS/IA-442-EG-004	Capacidad de uso de las tierras-Embalse Malo-Salado
HS/IA-442-EG-005	Capacidad de uso de las tierras-Embalse Salado.

ANEXO VII

EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

1. INTRODUCCION

Los trabajos realizados tienen por objeto determinar los precios de las tierras y mejoras rurales, así como los de reubicación de obras de infraestructura y limpieza en las áreas afectadas por la formación de los embalses de Borja, El Chaco, Balsas, Salado y Malo.

Se hicieron evaluaciones de las áreas correspondientes a diferentes cotas de inundación y se calculó, separadamente, el costo total por cota para cada uno de los embalses.

Para la determinación de los costos de limpieza de las áreas afectadas por los distintos embalses se utilizó un costo promedio ponderado por hectárea.

Se destaca que, en el área de estudios, los costos de expropiación y limpieza son insignificantes en relación al costo total de los aprovechamientos y cualquier imprecisión en su determinación no afecta mucho el presupuesto de las obras. Además, estos costos son válidos y aplicables a los estudios de Factibilidad. Para los estudios a nivel de diseño definitivo o ejecutivo, se deberá realizar un levantamiento catastral del respectivo embalse.

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

2. METODOLOGIA DE EVALUACION DE AREAS RURALES

La evaluación de las áreas rurales susceptibles de ser expropiadas se hizo aplicando a la superficie total de cada cota de expropiación el precio medio de la hectárea de tierra con mejoras correspondientes a esta cota.

Las superficies expropiables en cada cota fueron obtenidas por planimetrado de los planos elaborados especialmente para esta finalidad y con ajuste para coincidencia con el área obtenida en las curvas cota-área-volumen.

El precio medio de las tierras libres de mejoras, para cada cota de expropiación, se calculó partiendo de los precios medios en cada parroquia, para cada una de las categorías de capacidad de uso, según su localización y obteniendo un promedio ponderado de todas las categorías proporcional a su área en la cota inundada.

Los porcentajes se obtuvieron por planimetrado de los mapas de capacidad de uso de las tierras en escalas 1:20.000 y 1:25.000 presentadas en las Láminas N° HS/IA-442-EG-001 a 005.

Los precios medios de cada una de las categorías, en cada parroquia,

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

se obtuvieron a través de entrevistas con personas de la zona tales como los Presidentes de las Juntas Parroquiales de Mejoras, los Tenientes Políticos de Baeza, Borja, Sardinas, El Chaco y Santa Rosa; el Jefe Político del Cantón Quijos, ingenieros agrónomos y funcionarios de la oficina zonal del Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización (IERAC) en Baeza, funcionarios de la Dirección Nacional de Avalúos y Catastros (DINAC) del Ministerio de Finanzas y de propietarios rurales en todas las parroquias afectadas.

Cabe destacar que, debido a la no uniformidad de los datos resultantes de la investigación, los precios tomados como promedios son los que se dieron con más frecuencia en las entrevistas.

En cuanto a las mejoras agrícolas, tales como casas, cercas, galpones, pastizales y cultivos, se evaluaron en base a las informaciones recopiladas en las mencionadas entrevistas. Los valores adoptados consideran la depreciación de las instalaciones cuya incidencia promedio por hectárea se determinó mediante revisión y análisis expeditivos de fotografías aéreas.

Se consideró que los gastos para realizar las expropiaciones (catastros, gastos judiciales, etc). insumen en 15% del costo total de las tierras y mejoras.

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

En concepto de imprevistos, se adoptó un porcentaje del 25% sobre la suma de los costos totales de las tierras, mejoras y gastos de expropiación.

3. INVESTIGACION DE PRECIOS DE LAS TIERRAS EN LAS PARROQUIAS AFECTADAS POR LOS EMBALSES.

De la investigación desarrollada mediante la realización de entrevistas directas abarcando las más diversas fuentes, se obtuvieron precios medios para las tierras de la región.

Como consecuencia de experiencias anteriores, por ocasión de investigaciones semejantes, se esperaba, en virtud de las diversas fuentes utilizadas y de la inestabilidad económica de la región que se refleja en la utilización de la tierra y la parca infraestructura disponible, una gran disparidad en las informaciones obtenidas. De hecho, en algunas parroquias la variación de precios, para una determinada categoría de tierra, llegó a quintuplicarse.

Como ejemplo de esta variación, se indica a continuación y para la Parroquia de Baeza, para tierras con buena accesibilidad cultivadas con kikuyo y topografía suavemente ondulada hasta ondulada, los resultados de la encuesta:

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

- a. Información de IERAC: S/. 1.500,00 por hectárea
- b. Información de DINAC*: S/. 4.000,00 por hectárea
- c. Presidente Junta Promejoras: 5.000,00 por hectárea
- d. Jefe Político de Cantón: S/. 5.000,00 a 7.000,00 por hectárea.
- e. Propietario rural: S/. 7.500,00 por hectárea
- f. Propietario rural: S/. 10.000,00 por hectárea
- g. Propietario rural: S/. 3.000,00 por hectárea

Conviene señalar que la información de DINAC se refiere a una media de nueve entrevistas hechas con propietarios en cada parroquia del Cantón Quijos y que en estas entrevistas también fueron constata-
das grandes variaciones de precios.

Se debe mencionar que los precios obtenidos de las entrevistas no se refieren a transacciones recientes en la región, las que son rarísi-
mas debido a que existen grandes áreas fiscales y tierras ocupadas
"de hecho" sin la legalización competente.

A pesar de las dificultades apuntadas, fue posible elaborar tablas de valores para las tierras afectadas por los embalses que deben reflejar los valores medios de la hectárea por categoría de capacidad

*Tomada la clase IV de capacidad de uso de la tabla de precios del DINAC

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

de uso y localización del inmueble conforme lo indicado en el Cuadro Nº VII.3.1.

4. CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS

El sistema de clasificación de los suelos corresponde a tres niveles de intensidad de uso, admitidos como decrecientes: cultivos anuales, pastizales y explotaciones forestales. Inversamente y en función de la intensidad de uso permisible, se incrementan las prácticas o medidas de manejo de suelos recomendadas, teniendo en cuenta, especialmente, el control de la erosión y de la conservación del agua.

Considerando que en la región afectada por los embalses, la principal explotación comercial existente es la de ganado lechero, fue necesario adoptar el concepto de las clases de capacidad de uso en vista del objetivo de los estudios básicos de evaluación de las tierras.

De este modo, las ocho clases con capacidad decreciente desde la clase I hasta la clase VIII fueron agrupadas en cinco categorías:

Categoría A - Clase II

Categoría B - Clase III

CUADRO Nº VII.3.1

PRECIOS MEDIOS DE TIERRAS EN LAS PARROQUIAS INVESTIGADAS, SUCRES/Ita

DISCRIMINACION	PARROQUIAS				
	BAEZA Y BORJA	SARDINAS	CHACO	SANTA ROSA Y DIAZ DE PINEDA	LINARES
1. TIERRAS CERCA DE LA CARRETERA					
- planas	7.500	7.000	8.500	7.000	-
- suave onduladas	6.000	6.500	6.500	6.000	-
- onduladas	4.500	5.000	5.000	4.000	-
- montañosas pero aprovechables	3.500	3.000	3.500	3.000	-
- montañosas no aprovechables	sin valor	1.000	1.000	500	-
2. TIERRAS AL RESPALDO					
- planas	5.000	5.000	6.000	2.500	4.000
- suave onduladas	4.000	4.500	5.000	2.000	3.000
- onduladas	3.000	3.000	4.000	1.500	2.000
- montañosas pero aprovechables	1.000	2.000	3.000	1.000	1.000
- montañosas no aprovechables	sin valor	sin valor	sin valor	200	sin valor

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

Categoría C - Clase IV-V

Categoría D - Clase VI-VII

Categoría E - Clase VIII

Estas categorías, utilizadas en el mapeamiento, son caracterizadas por las definiciones siguientes:

-- Categoría A

Tierras cultivables, seguras, continua e intensivamente capaces de producir buenas cosechas de cultivos anuales adaptados, sin límites serios, para la mecanización. En general, son tierras buenas que presentan, sin embargo, una o más limitaciones por causa del declive, el drenaje, fertilidad, presencia de piedras o riesgos de erosión. Estas limitaciones llevan a distinguir variaciones en el ámbito de la categoría y/o restringen moderadamente su uso u obligan el empleo de prácticas de manejo simples y de fácil ejecución. Son las mejores tierras existentes en las zonas afectadas por los embalses para uso agrícola.

- Categoría B

Tierras cultivables segura y continuamente con cultivos anuales adaptados, cuyas cosechas son de media a elevada productividad, con obligatoriedad de empleo de prácticas intensivas o complejas de manejo.

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

Estas tienen como objeto el control de la erosión, el mantenimiento o el mejoramiento de la fertilidad y la conservación y el control del agua. Son tierras moderadamente buenas para su cultivo y que presentan variaciones según los factores restrictivos de uso que se relacionan:

- . Con declive, lo que determina la exigencia del empleo de medidas intensivas de control de la erosión.
- . Con la fertilidad, lo que indica la utilización de prácticas intensivas en el manejo, tales como empleo de correctores, fertilizantes y de estaciones de cultivos.

- Categoría C

Tierras que no se prestan a un cultivo continuo, seguro e intensivo con cultivos anuales pero que pueden admitir su utilización por cortos períodos, o eventualmente de cultivos especialmente adaptados, siempre que se tomen precauciones extremas para neutralizar las limitaciones que se presenten en lo que se refiere al control de la erosión y al manejo del agua o de la topografía. Sus alternativas de uso son variables de acuerdo con la naturaleza del factor restrictivo. Son tierras indicadas, principalmente, para la explotación permanente de pastos y de ciertos cultivos frutales perennes.

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

- Categoría D

Tierras que no son aptas para cultivos anuales debido a la intensidad de los factores restrictivos, o del riesgo de destrucción del suelo, pero sirven para pastos y el cultivo de algunas especies forestales.

La necesidad del empleo de una o varias prácticas especiales de manejo o de control de la erosión, del agua y de otros elementos, está condicionada por las peculiaridades de los factores restrictivos y por la intensidad de uso que se les pretenda atribuir.

- Categoría E

Incluye las tierras que no se prestan al establecimiento de ningún tipo de agricultura, ganadería o silvicultura, pudiendo ser adaptadas para refugio de la fauna, conservación de la flora, o para fines de paseo o turismo.

El Cuadro N° VII.4.1 presenta los grados de limitaciones al uso agrícola de las diversas unidades de mapeo descritas.

Para el mapeamiento de estas categorías fue adoptado, en líneas generales, el siguiente procedimiento:

CUADRO Nº VII.4.1
GRADOS DE LIMITACIONES AL USO AGRICOLA DE LOS SUELOS EN LAS AREAS DE EMBALSES

SUELO	SÍMBOLO DE LA UNIDAD DE MAPEO	MESO RELIEVE	MICRO RELIEVE	FERTILIDAD	PROFUNDIDAD EFECTIVA	CAPACIDAD DE ARAR	DRENABILIDAD.	ROCOSIDAD	ERODIBILIDAD	TOPOGRAFIA.	CLASE DE CAPACIDAD DE USO
Aluviales y Cambisoles	A	N	N	M	N	N	L	N	N	N	II
Aluviales y Cambisoles	B	L	N	M	N	L	N	L	L	L	III
Litosoles, regosoles y cambisoles	C	M	L	M	N/L	M	N	M	M	M	IV - V
Litosoles y regosoles	D	F	F	F	M/F	F	N	F	F	F	VI-VII
Litosoles y afloramientos de roca	E	M F	M F	M F	M F	M F	N	M F	M F	M F	VIII

Notas: 1) Los suelos no presentan limitaciones de uso por Inundación, salinidad, alcalinidad, textura, humedad y permeabilidad.

2) Símbolos de los grados de limitación: N - Nulo
L - Ligero
M - Moderado
F - Fuerte
M F - Muy Fuerte

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

- interpretación preliminar de fotografías aéreas:
- viajes de reconocimiento y entrevistas en el área de interés
- delimitación sobre fotos aéreas de las categorías de capacidad de uso;
- mapeamiento de las unidades sobre plantas de los embalses en escalas 1: 20.000 (El Chaco, Balsas, Salado y Malo) y 1: 25.000 (Baeza)
- Planimetrage de las unidades de mapeo en las cotas estudiadas.

La extensión y distribución de las categorías de capacidad de uso de las tierras según su localización (a la carretera o al respaldo), en las áreas de los embalses están indicadas en los Cuadros Nº VII.4.2 a VII.4.6.

5. VALOR DE LAS TIERRAS

En base a los precios resultantes de la investigación realizada, del análisis de los valores por capacidad de uso adoptados por el DINAC (*) y de los porcentajes de rebaja por topografía adoptados por el

(*) Los valores utilizados por el DINAC son los siguientes:

Clase	Valor relativo
I	1,00
II	0,69
III	0,48
IV	0,32
V	0,19
VI	0,10
VII	0,03
VIII	0,002

CUADRO N° VII.4.2

EMBALSE DE BORJA

DISTRIBUCION DE LAS TIERRAS SEGUN LA CAPACIDAD DE USO Y LOCALIZACION

COTAS	AREA TOTAL (Ha)	AREA DE LOS RIOS (Ha)	AREA DE TIERRAS (Ha)	TIPO DE TIERRAS (EN HA)				
				A	B	C	D	E
1750	475	75	400	35	83	93	101	88
1800	996	96	900	74	216	187	194	229
1850	1.715	125	1.590	83	476	245	389	397
. A LA CARRETERA								
	1750		288	35	83	49	89	32
COTAS	1800		675	74	209	142	149	101
	1850		1.177	83	447	200	294	153
. AL RESPALDO								
	1750		112	-	-	44	12	56
COTAS	1800		225	-	7	45	45	128
	1850		413	-	29	45	95	244

CUADRO Nº VII.4.3

EMBALSE DE EL CHACO

DISTRIBUCION DE LAS TIERRAS SEGUN LA CAPACIDAD DE USO Y LOCALIZACION

COTAS	AREA TOTAL (Ha)	AREA DE LOS RIOS (Ha)	AREA DE TIERRAS (Ha)	TIPO DE TIERRAS (EN HA)				
				A	B	C	D	E
1580	645	100	545	59	228	52	46	160
1630	1.527	160	1.367	429	405	150	152	231
1680	2.672	220	2.452	515	691	348	422	476
. A LA CARRETERA								
	1580		251	-	96	40	40	75
COTAS	1630		492	-	177	98	108	109
	1680		981	-	294	216	304	167
. AL RESPALDO								
	1580		294	59	132	12	6	85
COTAS	1630		875	429	228	52	44	122
	1680		1.471	515	397	132	118	309

CUADRO Nº VII.4.4

EMBALSE DE BALSAS

DISTRIBUCION DE LAS TIERRAS SEGUN LA CAPACIDAD DE USO Y LOCALIZACION

COTAS	AREA TOTAL (Ha)	AREA DE LOS RIOS (Ha)	AREA DE TIERRAS (Ha)	TIPO DE TIERRAS (EN HA)				
				A	B	C	D	E
1450	301	80	221	-	24	67	48	82
1490	382	120	762	34	75	190	141	222
. A LA CARRETERA								
COTAS	1450		33	-	7	7	10	9
	1480		282	34	22	113	59	54
. AL RESPALDO								
COTAS	1450		188	-	17	60	38	73
	1490		480	-	53	177	82	168

CUADRO Nº VII.4.5

EMBALSE DE SALADO

DISTRIBUCION DE LAS TIERRAS SEGUN LA CAPACIDAD DE USO Y LOCALIZACION

COTAS	AREA TOTAL (Ha)	AREA DE LOS RIOS (Ha)	AREA DE TIERRAS (Ha)	TIPO DE TIERRAS (EN HA)				
				A	B	C	D	E
1350	1187	264	923	189	100	177	229	228
1380	1710	320	1.390	197	106	319	394	374
. A LA CARRETERA								
COTAS	1350		203	59	14	47	28	55
	1380		250	60	15	57	40	78
. AL RESPALDO								
COTAS	1350		720	130	86	130	201	173
	1380		1.140	137	91	262	354	296

CUADRO Nº VII.4.6

EMBALSE DE MALO

DISTRIBUCION DE LAS TIERRAS SEGUN LA CAPACIDAD DE USO Y LOCALIZACION

COTAS	AREA TOTAL (Ha)	AREA DE LOS RIOS (Ha)	AREA DE TIERRAS (Ha)	TIPO DE TIERRAS (EN HA)				
				A	B	C	D	E
1350	2 226	412	1.814	588	139	242	341	504
1380	2 904	468	2.436	597	146	392	535	766
. A LA CARRETERA								
	1350		635	222	45	89	82	197
	1380		755	227	45	106	98	279
. AL RESPALDO								
	1350		1.179	366	94	153	259	307
	1380		1.681	370	101	286	437	487

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

IERAC (**) para el Cantón Quijos, se elaboró una escala de valores decrecientes en función del número de grados de limitación presentado por el suelo que es la siguiente:

. Categoría A	100	. Categoría D	40
. Categoría B	80	. Categoría E	10
. Categoría C	60		

Para cada uno de los embalses se atribuyó la media de los valores más altos obtenidos en las parroquias afectadas por los embalses para la categoría A y se calcularon los demás valores para las categorías B, C, D y E. Fue considerada también la localización de la tierra, cerca de la carretera o a respaldo.

En el Cuadro N° VII.5.1 se presentan los valores unitarios para cada categoría de capacidad de uso por embalse y en los Cuadros N° VII.5.2 a VII.5.6 los valores totales de las tierras por embalse y por cota considerada.

6. VALOR DE LAS MEJORAS

En base a las fotografías aéreas disponibles, consideradas sus limitaciones en términos de actualización y precisión, y de una rápida verificación de campo, fueron estimadas las cantidades y los valores de las mejoras rurales que serán afectadas por los embalses en las diversas cotas estudiadas.

(**) El IERAC adopta los siguientes porcentajes de rebaja:

. Por la Topografía	. Por accesibilidad
plana - 0	carretera permanente - 0
ondulada - 15	camino de verano - 15
quebrada - 25	camino de herradura - 25

CUADRO N° VII.5.1

VALORES DE LA TIERRA EN LOS EMBALSES POR LOCALIZACION Y CATEGORIA DE CAPACIDAD DE USO

DISCRIMINACION	VALOR, SUCRES/Ha			
	BORJA	EL GHACO	BALSAS	SALADO MALO
1. A LA CARRETERA				
- Categoría A	7.500,00	8.000,00	7.000,00	5.000,00
- Categoría B	6.000,00	6.400,00	5.600,00	4.000,00
- Categoría C	4.500,00	4.800,00	4.200,00	3.000,00
- Categoría D	3.000,00	3.200,00	2.800,00	2.000,00
- Categoría E	750,00	800,00	700,00	500,00
2. AL RESPALDO				
- Categoría A	5.000,00	6.000,00	4.000,00	2.500,00
- Categoría B	4.000,00	4.800,00	3.200,00	2.000,00
- Categoría C	3.000,00	3.600,00	2.400,00	1.500,00
- Categoría D	2.000,00	2.400,00	1.600,00	1.000,00
- Categoría E	500,00	600,00	400,00	250,00

CUADRO N° VII.5.2
VALOR DE LAS TIERRAS DEL EMBALSE DE BORJA

LOCALIZACION Y CATEGORIA DE CAPACIDAD DE USO	VALOR POR HA (S/.)	COTA 1750		COTA 1800		COTA 1850	
		Area (ha)	Valor(S/.1000)	Area (ha)	Valor(S/.1000)	Area (ha)	Valor(S/.1000)
A LA CARRETERA							
Categoría A	7.500,00	35	262,5	74	555,0	83	622,5
Categoría B	6.000,00	83	498,0	209	1.254,0	447	2.682,0
Categoría C	4.500,00	49	220,5	142	639,0	200	900,0
Categoría D	3.000,00	39	267,0	149	447,0	294	882,0
Categoría E	750,00	32	24,0	101	76,0	153	115,0
AL RESPALDO							
Categoría A	5.000,00	-	-	-	-	-	-
Categoría B	4.000,00	-	-	7	28,0	29	116,0
Categoría C	3.000,00	44	132,0	45	135,0	45	135,0
Categoría D	2.000,00	12	24,0	45	90,0	95	190,0
Categoría E	500,00	56	28,0	128	64,0	244	122,0
T O T A L	-	400	1.456,0	900	3.288,0	1.590	5.764,5

CUADRO Nº VII.5.3

VALOR DE LAS TIERRAS DEL EMBALSE DE EL CHACO

LOCALIZACION Y CATEGORIA DE CAPACIDAD DE USO	VALOR POR HA (S/.)	COTA 1580		COTA 1630		COTA 1680	
		Area (ha)	Valor(S/.1000)	Area (ha)	Valor(S/.1000)	Area (ha)	Valor(S/.1000)
A LA CARRETERA							
Categoría A	8.000,00	-	-	-	-	-	-
Categoría B	6.400,00	96	614,5	177	1 133,0	294	1 881,5
Categoría C	4.800,00	40	192,0	93	470,5	216	1 037,0
Categoría D	3.200,00	40	128,0	108	345,5	304	973,0
Categoría E	800,00	75	60,0	109	87,0	167	133,5
AL RESPALDO							
Categoría A	6.000,00	59	354,0	429	2 574,0	515	3 090,0
Categoría B	4.800,00	132	633,5	228	1 094,5	397	1 905,5
Categoría C	3.600,00	12	43,0	52	187,0	132	475,0
Categoría D	2.400,00	6	14,5	44	105,5	118	283,0
Categoría E	600,00	85	51,0	122	73,0	309	185,5
T O T A L	-	545	2.090,5	1 367	6.070,0	2.452,0	9.964,0

CUADRO Nº VII.5.4

VALOR DE LAS TIERRAS DEL EMBALSE DE BALSAS

LOCALIZACION Y CATEGORIA DE CAPACIDAD DE USO	VALOR POR HA (S/.)	COTA 1450		COTA 1490	
		Area (Ha)	Valor(\$/.1000)	Area (Ha)	Valor(S/./1000)
A LA CARRETERA					
Categoría A	7.000,00	-	-	34	238,0
Categoría B	5.600,00	7	39,0	22	123,0
Categoría C	4.200,00	7	29,5	113	474,5
Categoría D	2.800,00	10	28,0	59	165,0
Categoría E	700,00	9	6,5	54	38,0
AL RESPALDO					
Categoría A	4.000,00	-	-	-	-
Categoría B	3.200,00	17	54,5	53	169,5
Categoría C	2.400,00	60	144,0	177	425,0
Categoría D	1.600,00	33	61,0	82	131,0
Categoría E	400,00	73	29,0	168	67,0
T O T A L	-	221	391,5	762	1.831,0

CUADRO N° VII.5.5
VALOR DE LAS TIERRAS DEL EMBALSE DE SALADO

LOCALIZACION Y CATEGORIA DE CAPACIDAD DE USO	VALOR POR HA (\$/.)	COTA 1350		COTA 1380	
		Area (Ha)	Valor(\$/.1000)	Area (Ha)	Valor(\$/.1000)
A LA CARRETERA					
Categoría A	5.000,00	59	295,0	60	300,0
Categoría B	4.000,00	14	56,0	15	60,0
Categoría C	3.000,00	47	141,0	57	171,0
Categoría D	2.000,00	28	56,0	40	80,0
Categoría E	500,00	55	27,5	78	39,0
AL RESPALDO					
Categoría A	2.500,00	130	325,0	137	342,5
Categoría B	2.000,00	86	172,0	91	182,0
Categoría C	1.500,00	130	195,0	262	393,0
Categoría D	1.000,00	201	201,0	354	354,0
Categoría E	250,00	173	43,0	296	74,0
T O T A L	-	923	1.511,5	1.390	1.995,5

CUADRO Nº VII.5.6
VALOR DE LAS TIERRAS DEL EMBALSE DE MALO

LOCALIZACION Y CATEGORIA DE CAPACIDAD DE USO	VALOR POR HA (S/.)	COTA 1350		COTA 1380	
		Area (Ha)	Valor(S/.1000)	Area (Ha)	Valor(S/.1000)
A LA CARRETERA					
Categoría A	5.000,00	222	1.110,0	227	1.135,0
Categoría B	4.000,00	45	180,0	45	180,0
Categoría C	3.000,00	89	267,0	106	318,0
Categoría D	2.000,00	82	164,0	98	196,0
Categoría E	500,00	197	98,5	279	139,5
AL RESPALDO					
Categoría A	2.500,00	366	915,0	370	925,0
Categoría B	2.000,00	94	188,0	101	202,0
Categoría C	1.500,00	153	229,5	286	429,0
Categoría D	1.000,00	259	259,0	437	437,0
Categoría E	250,00	307	77,0	487	122,0
T O T A L	-	1.814	3.488,0	2.436,0	4.083,5

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

Los valores unitarios de las mejoras, obtenidas en las entrevistas anteriormente referidas, presentan los mismos inconvenientes ya mencionados cuando se trató de los valores de las tierras.

Se describen, a continuación, las mejoras consideradas en los trabajos realizados.

A. Edificaciones-comprenden casas de morada, escuelas, iglesias y galpones.

La mayoría consiste en construcciones con paredes de tabla sin pintura, cubierta de zinc, piso de tablas, con tumbado y sin instalaciones de energía eléctrica y agua. Presentan, de modo general, un estado de conservación regular.

El segundo tipo, en términos de cantidad, es constituido por construcciones de guadúa o tablas sin pintura, cubiertas con paja de caña o vicaú, piso de tablas sin tumbado y sin instalaciones de energía eléctrica y agua. Presentan, de un modo general, un mal estado de conservación.

Las construcciones de mampostería son en pequeño número y tienen paredes de ladrillo con enlucidos, pintura o cal, piso de tablas o cemento, tumbado de tablas y sin instalación de energía eléctrica y agua. Presentan un buen estado de conservación.

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

B. Cercas

La mayor parte es constituida por postes de madera no trabajada distanciados entre si 2,00 m; con 2 ó 3 hilos de alambre de púa. Existen, en menor cantidad, cercas de guadúa que consisten en postes de madera no trabajada colocados en forma de X y las guadúas dispuestas de forma horizontal.

C. Pastos

Los pastizales son formados, en más del 20% del área, por el kikuyo siguiéndose en importancia el pasto Janeiro, el araguó y el gramalote. Según las informaciones locales, para que se evite el rastrojo, es necesario limpiar el pastizal cada 6 meses. Cerca del 30% de los pastizales de las áreas a inundarse están con rastrojo en diversas fases de crecimiento vegetativo. Según informaciones de los pecuaristas locales una hectárea de pasto alimenta, en media, a una cabeza de bovino adulto.

D. Cultivos

Los cultivos, en las tierras de los embalses, se limitan a pequeñas áreas de 0,5 a 1,0 ha alrededor de las casas y sirven para el auto consumo de la propiedad y raramente para la venta.

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

Son cultivados para consumo humano: frijol, yuca, col, ají, ajo, cebolla, camote, papa china, remolacha, zambo, rábano, zanahoria, plátano, guayaba, tomate de árbol, papaya, naranjilla.

Para consumo humano y animal: maíz y caña.

Para industria doméstica de fibras: cabuya o penco

E. Construcciones Especiales

Incluyen aserraderos y una gasolinera. Los aserraderos son construcciones rústicas constituyéndose de un galpón con pilotes de madera no trabajada cubierta de zinc y el maderamiento de la cubierta de guadúa u otra madera no trabajada. Los equipos consisten en mesa transportadora, sierra circular y motor diesel.

La gasolinera, afectada por el embalse de Borja, tiene 2 edificaciones de mampostería con piso de cemento y cobertura de eternit. Una de ellas abriga 2 tanques de 4.000 galones cada uno. La otra sirve como oficina del puesto y depósito de oleos y otros materiales.

Cerca de estas instalaciones hay un salón de comida de mampostería con piso de baldosa y cubierta de eternit. La gasolinera tiene dos bombas y no es servida por electricidad.

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

Los valores unitarios medios considerados en la evaluación para las mejoras existentes son los siguientes:

- a. edificaciones - S/. 80.000,00 por unidad
- b. cercas - S/. 20.000,00 por km
- c. pastos - S/. 2.500,00 por ha
- d. cultivos - S/. 3.000,00 por ha
- e. aserraderos - S/. 5.000,00 por unidad (valor de la reinstalación)
- f. gasolinera (*) - S/. 400.000,00

En base a estos valores unitarios y la estimativa de cantidades presentada en los Cuadros Nº VII.6.1 a VII.6.5, fueron calculados los valores de las mejoras en las distintas cotas de los embalses.

7. REUBICACION DE LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

Para evaluar los costos resultantes de la inutilización parcial de las carreteras, que constituyen el actual sistema de transporte de la región ribereña de los Ríos Coca y Quijos, se efectuó el relevamiento de los tramos que serían alcanzados por las inundaciones en

(*) El valor de la gasolinera alcanza S/. 620.000,00 siendo

2 bombas	-	120.000,00	} recuperables
2 bombas	-	100.000,00	
construcciones	-	380.000,00	
instalaciones	-	20.000,00	

CUADRO Nº VII.6.1

EMBALSE DE BORJA CANTIDADES Y VALORES DE LAS MEJORAS POR COTA

DISCRIMINACION	COTA 1750		COTA 1800		COTA 1850	
	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)
a. edificaciones (Nº)	4	320,0	22	1 760,0	40	3 200,0
b. cercas (Km)	5	100,0	10	200,0	15	300,0
c. pastos (ha)	200	500,0	300	750,0	400	1.000,0
d. cultivos (ha)	4	12,0	10	30,0	20	60,0
e. aserraderos (Nº)	-	-	-	-	2	10,0
f. gasolinera (Nº)	-	-	-	-	1	400,0
VALORES TOTALES	-	932,0		2.740,0		4.970,0

CUADRO Nº VII.6.2

EMBALSE DE EL CHACO - CANTIDADES Y VALORES DE LAS MEJORAS POR COTA

DISCRIMINACION	COTA 1580		COTA 1630		COTA 1680	
	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)
a. edificaciones (Nº)	26	2.080,0	97	7.760,0	120	9.600,0
b. cercas (km)	6	120,0	30	600,0	50	1.000,0
c. pastos (ha)	120	300,0	600	1.500,0	1.000	2.500,0
d. cultivos (ha)	15	45,0	50	150,0	60	180,0
VALORES TOTALES	-	2 545,0	-	10.010,0	-	13.280,0

CUADRO Nº VII.6.3

EMBALSE DE BALSAS - CANTIDADES Y VALORES DE LAS MEJORAS POR COTA

DISCRIMINACION	COTA 1450		1490	
	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/. 1.000)
a. edificaciones (Nº)	1	30,0	18	1.440,0
b. cercas (Km)	2	40,0	4	80,0
c. pastos (Ha)	30	75,0	30	200,0
d. culturas (Ha)	2	6,0	10	30,0
VALORES TOTALES	-	201,0	-	1.750,0

CUADRO Nº VII.6.4

EMBALSE DE SALADO - CANTIDADES Y VALORES DE LAS MEJORAS POR COTA

DISCRIMINACION	COTA 1350		COTA 1380	
	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/. 1.000)
a. edificaciones (Nº)	20	1.600,0	20	1.600,0
b. cercas (Km)	3	60,0	4	80,0
c. pastos (Ha)	60	150,0	80	200,0
d. cultivos (Ha)	5	15,0	5	15,0
VALORES TOTALES	-	1.825,0	-	1.895,0

CUADRO Nº VII.6.5

EMBALSE DE MALO - CANTIDADES Y VALORES DE LAS MEJORAS POR COTA

DISCRIMINACION	COTA 1350		COTA 1380	
	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/. 1.000)
a. edificaciones (Nº)	30	2.400,0	30	2.400,0
b. cercas (km)	3	60,0	4	80,0
c. pastos (ha)	60	150,0	80	200,0
d. cultivos (ha)	8	14,0	10	30,0
e. aserradero (Nº)	1	5,0	1	5,0
VALORES TOTALES	-	2.639,0	-	2.715,0

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

planos en escala 1:10.000, donde, para las diversas cotas, se determinaron las necesidades de reubicación de los tramos afectados.

Se estudiaron, sumariamente, los trazados de nuevas carreteras en reemplazo de las que serían inutilizadas por las inundaciones y se calcularon, también de modo sumario, las longitudes de los nuevos trazados así como se estimaron las obras de arte necesarias para los mismos.

Se adoptó un igual procedimiento en relación a la reubicación del oleoducto.

Los costos de reubicación, a continuación relacionados, fueron calculados en base a los valores unitarios del Manual de Costos.

- | | |
|--|----------------|
| a. Carreteras del tipo IV en terreno montañoso S/. | 521.298/km |
| b. Puentes de hormigón para calzada de 6 m S/. | 48.210/m |
| c. Oleoducto S/. | 11'250.000/km |
| d. Estación de Bombeo Salado | S/.125'000,000 |

En concepto de imprevistos se fijó el 15% del costo total de las reubicaciones.

En los Cuadros N° VII.7.1 a VII.7.5 presentan los costos de reubicaciones por cota estudiada para cada uno de los aprovechamientos.

CUADRO Nº VII.7.1 .

EMBALSE DE BORJA - CANTIDADES Y COSTOS DE REUBICACION DE INFRAESTRUCTURA

DESCRIPCION	COTA 1750		COTA 1800		COTA 1850	
	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/.1000)
Carretera (km)	-	-	4,0	2 085,0	15,0	7 819,5
Puente (m)	-	-	15,0	723,0	35,0	1 687,5
Oleoducto (Km)	-	-	5,0	56 250,0	5,0	56.250,0
VALORES TOTALES	-	-	-	59.053,0	-	65.757,0

CUADRO Nº VII.7.2

EMBALSE EL CHACO - CANTIDADES Y COSTOS DE REUBICACION DE INFRAESTRUCTURA

DESCRIPCION	COTA 1580		COTA 1630		COTA 1680	
	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)
carreteras (km)	4,0	2 085,0	11,0	5 734,5	15,0	7 819,5
puentes (m)	40,0	1 923,5	60,0	2 892,5	60,0	2 892,5
oleoducto (km)	2,5	28 125,0	7,0	78.750,0	12,0	135.000,0
VALORES TOTALES	-	32.138,5	-	87.377,0	-	145.712,0

CUADRO Nº VII.7.3

EMBALSE DE BALSAS - CANTIDADES Y COSTOS DE REUBICACION DE INFRAESTRUCTURA

DESCRIPCION	COTA 1450		COTA 1490	
	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/. 1.000)
carreteras (km)	-	-	8,0	4.170,5
puentes (m)	-	-	30,0	1.446,5
oleoducto (km)	-	-	9,0	101.250,0
VALORES TOTALES	-	-	-	106.867,0

CUADRO Nº VII.7.4

EMBALSE DE SALADO - CANTIDADES Y COSTOS DE REUBICACION DE INFRAESTRUCTURA

DESCRIPCION	COTA 1350		COTA 1380	
	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/. 1.000)
carreteras (km)	12,0	6.255,5	16,0	8.341,0
puentes (m)	50,0	2.410,5	50,0	2.410,5
oleoducto (km)	13,0	146.250,0	17,0	191.250,0
Estación de bombeo(Nº)	1		1	
VALORES TOTALES	-		-	

CUADRO Nº VII.7.5

EMBALSE DE MALO - CANTIDADES Y COSTOS DE REUBICACION DE INFRAESTRUCTURA

DESCRIPCION	COTA 1350		COTA 1380	
	CANTIDAD	VALOR (S/. 1000)	CANTIDAD	VALOR (S/. 1.000)
carreteras (km)	27,0	14.075,0	31,0	16.160,0
puentes (m)	80,0	3.857,0	80,0	3.857,0
oleoducto (km)	28,0	315.000,0	32,0	
Estación de bombeo (Nº)	1		1	
VALORES TOTALES	-		-	

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

8. LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

8.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Se justifica la limpieza de los embalses por las siguientes razones principales de orden ecológico:

- A. La descomposición de la vegetación consume el oxígeno "matando" el lago.
- B. La descomposición de la vegetación produce metano que es peligroso y es causa de explosiones en los túneles, tuberías y turbinas.
- C. La vegetación submersa impide la navegación
- D. La vegetación submersa perjudica la pesca
- E. La desoxigenación de las aguas y la presencia de sulfuro de hidrógeno las hacen impropias para el consumo humano.
- F. La presencia de vegetación en descomposición en el área de fluctuación del nivel de agua favorece la proliferación de insectos y otros bichos transmisores de enfermedades humanas y de animales.

Por otro lado y aunque se haya eliminado del alcance de los trabajos estudios ecológicos referentes a los efectos modificadores de las obras programadas sobre el medio ambiente, es necesario hacer algunas consideraciones sobre las razones que justifican la limpieza de embalses.

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

El régimen de ríos torrenciales permite afirmar con seguridad que los teores de oxígeno presentes en las aguas superan los 10 mg/l, debiendo estar en niveles próximos a la saturación. Los volúmenes de los reservorios y las cantidades de oxígeno disueltos que existirían en las cotas máximas previstas son las siguientes:

<u>APROVECHAMIENTO</u>	<u>VOLUMEN X 10⁹, m³</u>	<u>AREA Km²</u>	<u>OXIGENO X 10⁹, g</u>
Borja	1,20	17,15	1,20
El Chaco	1,80	26,72	1,80
Balsas	0,32	8,8	0,32
Salado	1,14	18,78	1,14
Malo	2,36	31,31	2,36

La cantidad de oxígeno por hectárea de embalse es la siguiente:

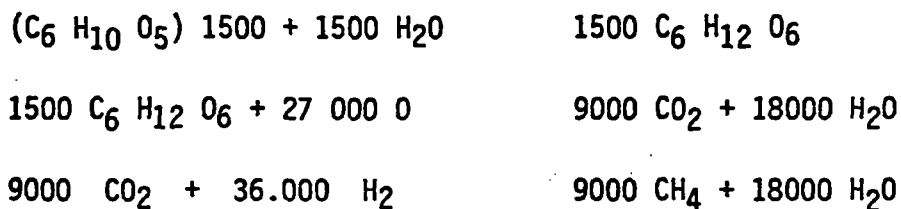
<u>APROVECHAMIENTO</u>	<u>Oxígeno x 10⁶ g</u>
Borja	0,70
Chaco	0,67
Balsas	0,36
Salado	0,61
Malo	0,75

Admitiendo un caso hipotético y suponiendo que todo el embalse de Salado estuviera cubierto por una flora subtropical, que correspondería a una masa de 5×10^5 kg/ha, y considerando que toda esta vegetación fuera compuesta por celulosis y esta por 1500 unidades

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

de glicosidosis, en media ($C_6 H_{10} O_5$) 1.500, se tendría 2.057,61 moles de celulosis.

Considerando el sistema de reacciones teóricas (en realidad ocurre en más etapas y con la intervención de distintas especies de bacterias) de la siguiente forma:



Consecuentemente, serían obtenidos 18.518,49 moles de metano y serían consumidos $0,432 \times 10^6$ g de oxígeno si la descomposición de toda la vegetación submersa ocurriera en el plazo de 1 año (debe llevar más de 5 años) y en este período el agua del vaso se renovará una sola vez. De esta manera resultan que los niveles de oxígeno disuelto serían de 6 mg/l, o sea, una agua con teores óptimos de oxígeno tanto para consumo humano como para el desarrollo de los peces.

En relación al metano esta misma hipótesis resulta en 50,74 moles de metano por día, o sea, aproximadamente 33,83 gr/hora/ha, lo que, en $1,2 \times 10^6 m^3$ resulta en $2,82 \times 10^9 g/l/h$ ó 0,00000282 ppm/h, cantidad esta que no es suficiente para ocasionar daños mayores.

En el caso del sulfuro de hidrógeno, las cifras serían todavía menores.

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

Por lo tanto y para este caso hipotético, las razones A, B y E, no serían motivos de preocupación. La razón C, podrá resolverse con desmonte parcial hasta una cota que permita a los barcos de paseo navegar sin peligro o con señalización de las áreas libres para navegación.

Lo planteado en la razón E también no procede y las áreas con vegetación podrían transformarse en refugios para los peces contra pesca predatoria. Todavía se debe considerar que siendo las aguas actualmente muy pobres en elementos nutritivos podría beneficiarse de una entrofijación positiva por la descomposición de la vegetación sumersa.

Lo considerado en la razón F justifica plenamente el desmonte del área de fluctuación del vaso, lo que vendría a beneficiar también cualquier tipo de navegación que ciertamente surgirá.

Todas estas consideraciones son apenas extrapolaciones teóricas, basadas en datos preliminares más sirven de motivación para que sean realizados estudios detallados del impacto ecológico del proyecto global.

Además, según informaciones locales, la descomposición con sacale y tumba, en la foresta subtropical perenifolia, se extiende por un período variable de 6 a 8 años, siendo que en el caso de no haber

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

control, el rastrojo invade el área.

Cuando se hace el repique, el período de descomposición se reduce para 2 años y es más sencillo mantener el área limpia, principalmente cuando el kikuyo es sembrado en la misma.

La guadúa prácticamente desaparece con 1,5 años y lo mismo ocurre con las áreas de rastrojo o remonte, que ocupan cerca del 30% de las áreas de pastizales.

En las áreas de pastizales, existen cantidades variables de árboles (20 a 30 por ha), que no fueron tumbados en el momento del desmonte. Tratándose de áreas más limpias, el tumbamiento de estos árboles deberá ser seguido por su remoción para afuera de las áreas de los embalses.

Además, deberá ser considerado el aprovechamiento de la madera en las construcciones de las presas, obrador y utilización local.

Se estima un gasto de $0,6 \text{ m}^3$ de madera aserrada, para los encofrados, por cada m^3 de hormigón y más $0,2 \text{ m}^3$ para otras finalidades, lo que representa $0,8 \text{ m}^3$ de madera por m^3 de hormigón.

En base a estas estimativas, sólo en la presa de Borja serían consumidos 2.800 m^3 de madera aserrada y no trabajada.

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

Si se añade a este valor el gasto presumible en la construcción para una villa de obreros con 6.000 personas (casas, escuelas, alojamientos, puestos de salud, etc), con un valor mínimo de $1,5\text{ m}^3$ de madera aserrada por persona, se llega a un consumo de 11.800 m^3 , lo que representa un beneficio de S/. 9.440,000,00*; o sea, un poco superior al costo total de la limpieza en la cota 1850.

Sin embargo, no se puede asegurar que las áreas a desmontar en el embalse de Borja presenten esta cantidad de madera aprovechable y, para una estimación correcta, se recomienda que se realice un inventario forestal en todas las áreas de los embalses.

Por lo tanto y para fines de estimación de costos, se decidió considerar la limpieza total de los embalses como necesaria hasta que estudios más detallados confirmen la conveniencia de que parte de la vegetación existente permanezca en el vaso.

8.2 COSTOS DE LIMPIEZA

Los costos de limpieza de los embalses se determinaron teniendo en cuenta las características predominantes en las áreas a inundarse.

(*) estimase en aproximadamente S/. $800,00/\text{m}^3$

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

Los costos incluyen el desbroce (socale), el tumbe y el repique en las áreas de monte subtropical, el tumbe en las áreas de guadúa y de campo y rastrojo. Los costos unitarios de limpieza fueron obtenidos en entrevistas y son los siguientes:

- a. Desmonte de monte subtropical
 - socale y tumbe - S/. 3.000,00/ha
 - repique - S/. 4.000,00/ha
 - TOTAL - S/. 7.000,00/ha
- b. Desmonte de guadúa
 - Tumbe - S/. 4.000,00/ha
- c. Desmonte en campos y rastrojo
 - Tumbe - S/. 500,00/ha

Las áreas, para estas distintas categorías, se obtuvieron por medio de la identificación de las mismas en mapas y fotos de las zonas afectadas y son presentadas, juntamente con los costos por cota de cada embalse, en los Cuadros N° VII.8.1 a VII.8.5.

9. COSTO TOTAL DE LOS EMBALSES

Los Cuadros N° VII.9.1 a VII.9.5, que contienen una síntesis de todos los cuadros anteriores, presentan los costos totales de los embalses.

CUADRO Nº VII.8.1

COSTOS DE LIMPIEZA TOTAL DEL EMBALSE DE BORJA

ESPECIFICACION	COTA 1750		COTA 1800		COTA 1850	
	Area (ha)	VALOR (S/. 1000)	Area (ha)	VALOR (S/. 1000)	Area (ha)	VALOR (S/. 1000)
monte subtropical	150	1.050,0	530	3.710,0	1.050	7.350,0
guadúa	46	184,0	60	240,0	120	480,0
campos y rastrojo	204	102,0	310	155,0	420	210,0
T O T A L	400	1.336,0	900	4.105,0	1.590	8.040,0
COSTO MEDIO POR HA (S/.)	3.340,00		4.561,00		5.057,00	

CUADRO Nº VII.8.2
COSTOS DE LIMPIEZA TOTAL DEL EMBALSE DE EL CHACO

ESPECIFICACIONES	COTA 1580		COTA 1630		COTA 1680	
	Area (ha)	VALOR (S/. 1000)	Area (ha)	VALOR (S/. 1000)	Area (ha)	VALOR (S/. 1000)
monte subtropical	360	2.520,0	580	4.060,0	1 152	8.064,0
guadúa	50	200,0	137	548,0	240	960,0
campos y rastrojo	135	67,5	650	325,0	1 060	530,0
T O T A L	545	2.787,5	1.367	4.933,0	2.452	9.554,0
Costo medio por Ha (S/.)	5.115,00		3.609,00		3.896,00	

CUADRO Nº VII.8.3
COSTOS DE LIMPIEZA TOTAL DEL EMBALSE DE BALSAS

ESPECIFICACION	COTA 1450		COTA 1490	
	Area (ha)	VALOR (S/. 1000)	Area (ha)	VALOR (S/. 1.000)
monte subtropical	168	1.176,0	600	4.200,0
guadúa	21	84,0	72	288,0
campos y rastrojo	32	16,0	90	45,0
T O T A L	221	1.276,0	762	4.533,0
Costo medio por ha(S/)	5.774,00		5.949,00	

CUADRO Nº VII.8.4

COSTOS DE LIMPIEZA TOTAL DEL EMBALSE DE SALADO

ESPECIFICACION	COTA 1350		COTA 1380	
	Area (ha)	VALOR (S/. 1000)	Area (ha)	VALOR (S/. 1.000)
monte subtropical	760	5.320,0	1.175	8.225,0
guadúa	98	392,0	130	520,0
campos y rastrojo	65	32,5	85	42,5
T O T A L	923	5.744,5	1.390	8.787,5
Costo medio por ha (S/.)	6.224,00		6.322,00	

CUADRO Nº VII.8.5

COSTOS DE LIMPIEZA TOTAL DEL EMBALSE DE MALO

ESPECIFICACION	COTA 1350		COTA 1380	
	Area (ha)	VALOR (S/. 1000)	Area (ha)	VALOR (S/. 1.000)
monte subtropical	1.596	11.172,0	2.136	14.952,0
guadúa	150	600,0	210	840,0
campos y rastrojo	68	34,0	90	45,0
T O T A L	1.814	11.806	2.436	15.837,0
Costo medio por ha (S/.)	6.508,00		6.501,00	

CUADRO Nº VII.9.1
COSTO DEL EMBALSE DE BORJA

DESCRIPCION	COTA 1750		COTA 1800		COTA 1850	
	S/. 1000	US\$ 1 000	S/. 1 000	US\$ 1 000	S/. 1 000	US\$ 1 000
I. Expropiaciones						
. Tierras	1.456,0	58,2	3.288,0	131,5	5.764,5	230,6
. Construcciones y Mejoras Rurales	932,0	37,3	2.740,0	109,6	4.970,0	198,8
Subtotal	2.388,0	95,5	6.028,0	241,1	10.734,5	429,4
. Gastos de Expropiación 15%	358,2	14,3	904,2	36,2	1.610,2	64,4
Subtotal	2.746,2	109,8	6.932,2	277,3	12.344,7	493,8
. Gastos Eventuales 25%	686,6	27,5	1.733,1	69,3	3.086,2	123,5
Total Item I	3.432,8	137,3	8.665,3	346,6	15.430,9	617,3
II. Reubicación de Obras						
. Carreteras y Puentes	-	-	2.808,0	112,3	9.507,0	380,3
. Oleoducto	-	-	56.250,0	2.250,0	56.250,0	2.250,0
Subtotal	-	-	59.058,0	2.362,3	65.757,0	2.630,3
. Imprevistos 15%	-	-	8.858,7	354,3	9.963,6	394,5
Total Item II	-	-	67.916,7	2.716,6	75.620,6	3.024,8
TOTAL ITEMS I + II	3.432,8	137,3	76.582,0	3.063,2	91.051,5	3.642,1
COSTO DE LIMPIEZA	1.336,0	53,4	4.105,0	164,2	8.040,0	321,6

CUADRO Nº VII.9.2
COSTO DEL EMBALSE DE EL CHACO

DESCRIPCION	COTA 1580		COTA 1630		COTA 1680	
	S/. 1000	US\$ 1 000	S/. 1 000	US\$ 1 000	S/. 1 000	US\$ 1 000
I Expropiaciones						
. Tierras	2.090,5	83,6	6.070,0	242,8	9.964,0	398,6
. Construcciones y Mejoras Rurales	2.545,0	101,8	10.010,0	400,4	13.280,0	531,2
Subtotal	4.635,5	185,4	16.080,0	643,2	23.244,0	929,8
. Gastos de Expropiación 15%	695,3	27,8	2.412,0	96,5	3.486,6	139,5
Subtotal	5.330,8	213,2	18.492,0	739,7	26.730,6	1.069,3
. Gastos Eventuales 25%	1.332,7	53,3	4.623,0	184,9	6.682,6	267,3
Total Item I	6.663,5	266,5	23.115,0	924,6	33.413,2	1.336,6
II Reubicación de Obras						
. Carreteras y Puentes	4.013,5	160,5	8.627,0	345,1	10.712,0	428,5
. Oleoducto	28.125,0	1.125,0	78.750,0	3.150,0	135.000,0	5.400,0
Subtotal	32.138,5	1.285,5	87.377,0	3.495,1	145.712,0	5.828,5
. Imprevistos 15%	4.820,8	192,8	13.106,6	524,3	21.856,8	874,3
Total Item II	36.959,3	1.478,3	100.483,6	4.019,4	167.568,8	6.702,8
TOTAL ITEMS I + II	43.622,8	1.744,8	123.598,6	4.944,0	200.982,0	8.039,4
COSTO DE LIMPIEZA	2.787,5	111,5	4.933,0	197,3	9.554,0	382,2

CUADRO Nº VII.9.3

COSTO DEL EMBALSE DE BALSAS

DESCRIPCION	COTA 1450		COTA 1490	
	S/. 1 000	US\$ 1 000	S/. 1 000	US\$ 1 000
I. Expropiaciones				
. Tierras	391,5	15,7	1.831,0	73,2
. Construcciones y Mejoras Rurales	201,0	8,0	1.750,0	70,0
Subtotal	592,5	23,7	3.581,0	143,2
. Gastos de Expropiación 15%	88,9	3,6	537,2	21,5
Subtotal	631,4	27,3	4.118,2	164,7
. Gastos Eventuales 25%	170,4	6,8	1.029,6	41,2
Total Item I	851,8	34,1	5.147,8	205,9
II Reubicación de Obras				
. Carreteras y Puentes	-	-	5.617,0	224,7
. Oleoducto	-	-	101.250,0	4.050,0
Subtotal	-	-	106.867,0	4.274,7
. Imprevistos 15%	-	-	16.030,0	641,2
Total Item II	-	-	122.897,0	4.915,9
TOTAL ITEMS I + II	851,8	34,1	128.044,8	5.121,8
COSTO DE LIMPIEZA	1.276,0	51,0	4.533,0	181,3

CUADRO Nº VII.9.4

COSTO DEL EMBALSE DE SALADO

DESCRIPCION	COTA 1350		COTA 1380	
	S/. 1 000	US\$ 1 000	S/. 1 000	US\$ 1 000
I Expropiaciones				
. Tierras	1.511,5	60,5	1.995,5	79,8
. Construcciones y Mejoras Rurales	1.825,0	73,0	1.895,0	75,8
Subtotal	3.336,5	133,5	3.890,5	155,6
. Gastos de Expropiación 15%	500,5	20,0	533,6	23,3
Subtotal	3.837,0	153,5	4.474,1	178,9
. Gastos eventuales 25% (Imprevistos)	959,3	38,4	1.118,5	44,7
Total Item I	4.796,3	191,9	5.592,6	223,6
II Reubicación y Obras				
. Carreteras y Puentes	8.666,0	346,6	10.751,5	430,1
. Oleoducto	146.250,0	5.850,0	191.250,0	7.650,0
. Estación de Bombeo	125.000,0	5.000,0	125.000,0	5.000,0
Subtotal	279.916,0	11.196,6	327.001,5	13.080,1
. Imprevistos 15%	41.987,4	1.679,5	49.050,2	1.962,0
Total Item II	321.903,4	12.876,1	376.051,7	15.042,1
TOTAL ITEMS I + II	326.699,7	13.068,0	381.644,3	15.265,7
COSTO DE LIMPIEZA	5.744,5	229,8	8.787,5	351,5

CUADRO Nº VII.9.5

COSTO DEL EMBALSE DE MALO

DESCRIPCION	COTA 1350		COTA 1380	
	S/. 1 000	US\$ 1 000	S/. 1 000	US\$ 1 000
I Expropiaciones				
. Tierras	3.488,0	139,5	4.083,5	163,3
. Construcciones y Mejoras Rurales	2.639,0	105,6	2.715,0	108,6
Subtotal	6.127,0	245,1	6.798,5	271,9
. Gastos de Expropiación 15%	919,0	36,8	1.019,8	40,8
Subtotal	7.046,0	281,9	7.818,3	312,7
. Gastos Eventuales 25%	1.761,5	70,5	1.954,6	78,2
Total Item I	8.807,5	352,4	9.772,9	390,9
II Reubicación y Obras				
. Carreteras y Puentes	17.932,0	717,3	20.017,00	800,7
. Oleoducto	315.000,0	12.600,0	360.000,00	14.400,0
. Estación de Bombeo	125.000,0	5.000,0	125.000,00	5.000,0
Subtotal	457.932,0	18.317,3	505.017,00	20.200,7
. Imprevistos 15%	68.699,8	2.747,6	75.752,5	3.030,1
Total Item II	526.621,8	21.064,9	580.769,5	23.230,8
TOTAL ITEMS I + II	535.429,3	21.417,3	590.542,4	23.621,7
COSTO DE LIMPIEZA	11.806,0	472,2	15.837,0	633,5

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

balses en cada cota estudiada. Fueron adoptados en estos cuadros los rubros de la Cuenta 10 de la planilla de costos del Manual de Costos.

Se puede observar que se adoptaron las tasas de 15% y 25% respectivamente, para gastos de expropiación e imprevistos, y 15% para imprevistos en el caso de reubicación de carreteras y del oleoducto.

Los rubros sobre los cuales inciden las tasas son los siguientes:

a. Gastos de Expropiacion - 15%

- .Catastro de las propiedades
- .Evaluación Administrativa
- .Negociaciones con los propietarios
- .Gastos judiciales (son de cuenta del expropiante en caso de no llegar a acuerdo con el propietario)
- .Impuestos a la venta de tierras
- .Gastos de Escribanía.

b. Imprevistos-25%

Incluye los gastos no computados al estimarse el costo de las expropiaciones del embalse sin un conocimiento completo de los inmuebles a expropiar lo que sólo será obtenido con el levantamiento catastral.

ANEXO VII - EXPROPIACION Y LIMPIEZA DE LOS EMBALSES

El costo de limpieza se computa en la cuenta 12 que tiene previstos del 15%.

Los costos totales fueron calculados en sucres y convertidos en dólares americanos en base a la siguiente relación cambial:

$$\text{US\$ 1,00} = \text{S/. 25.00}$$

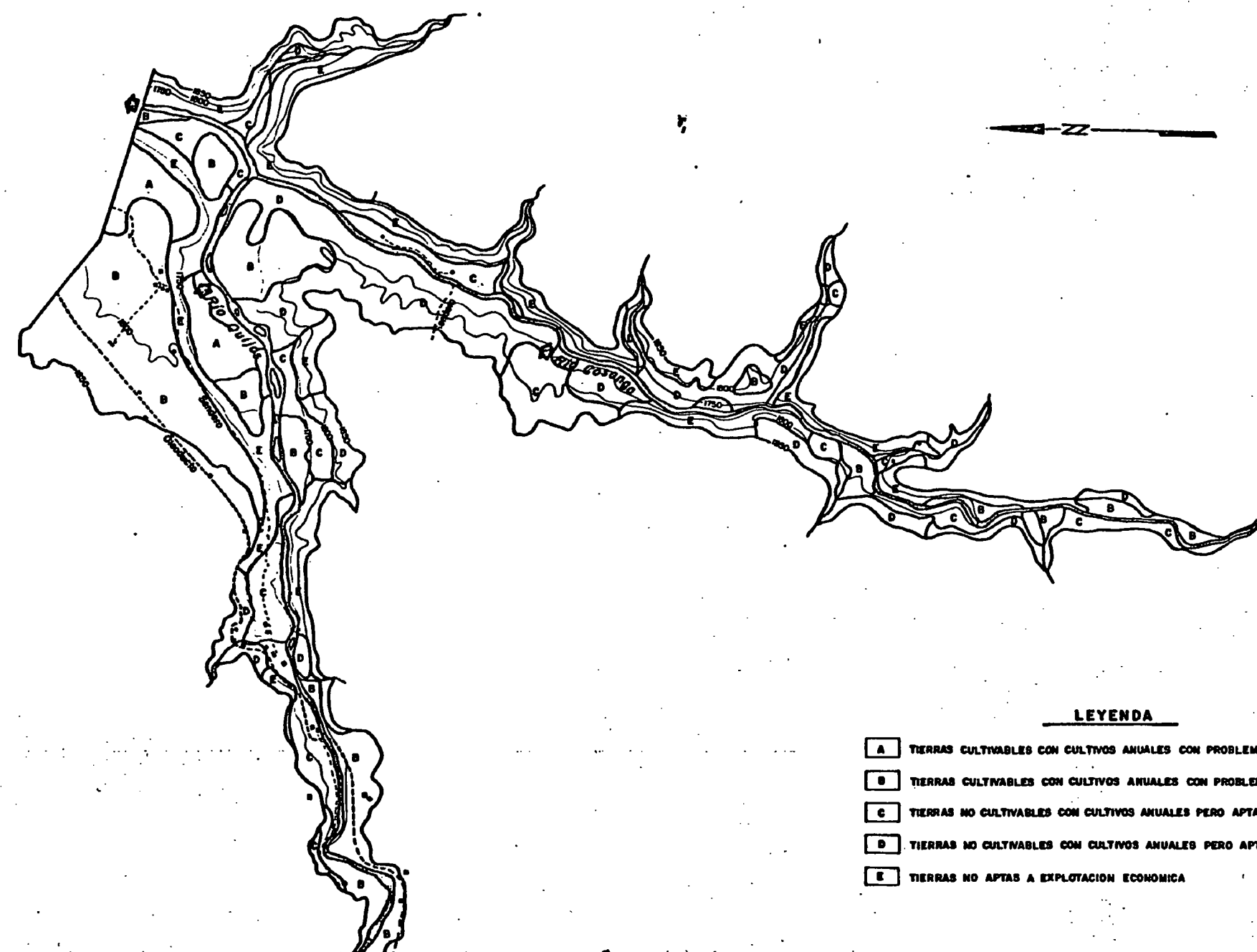
0 200 500 1000 2000
ESCALA

185.000

180.000

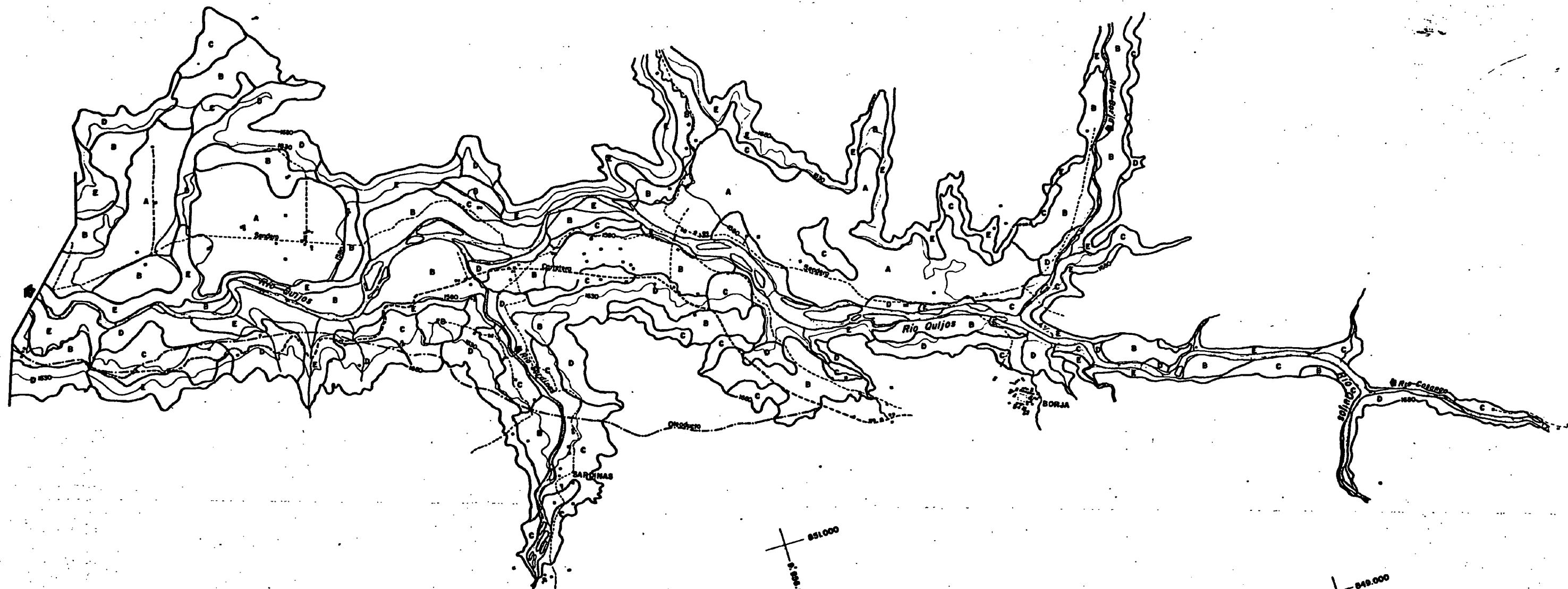
185.000

180.000



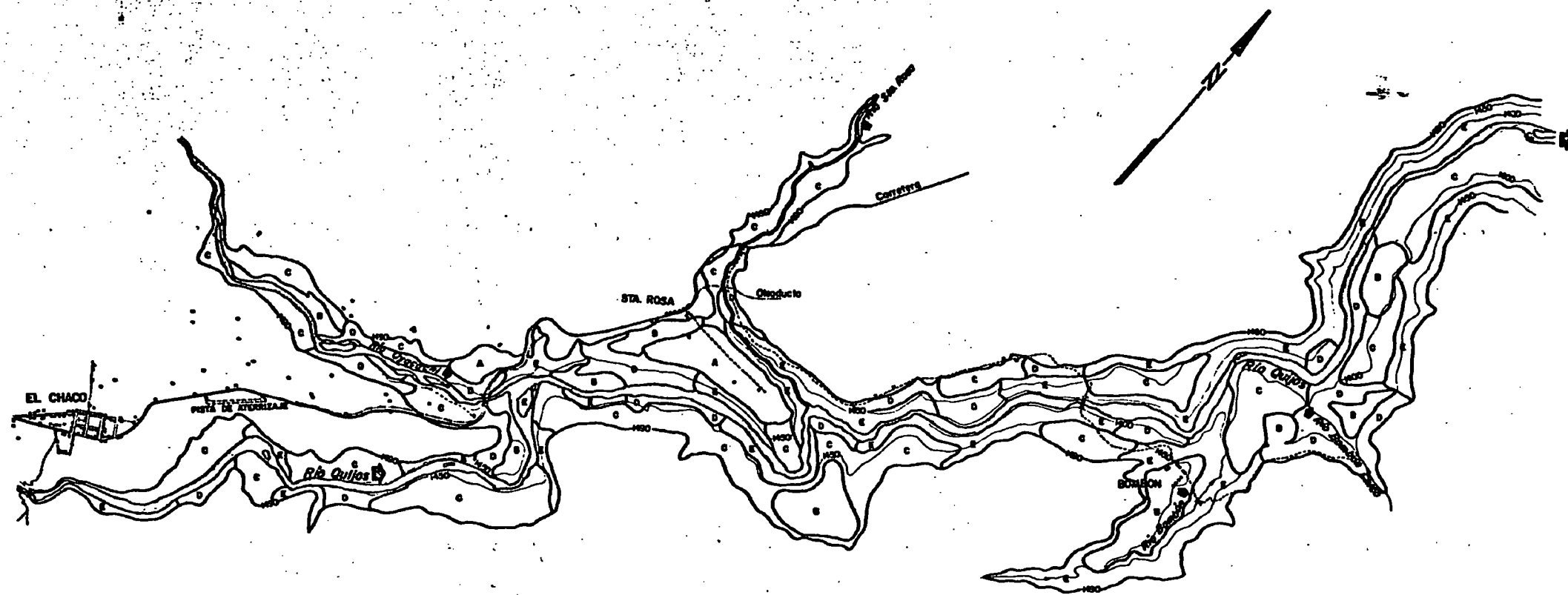
LEYENDA

- A** TIERRAS CULTIVABLES CON CULTIVOS ANUALES CON PROBLEMAS SENCILLOS DE CONSERVACION
- B** TIERRAS CULTIVABLES CON CULTIVOS ANUALES CON PROBLEMAS COMPLEJOS DE CONSERVACION
- C** TIERRAS NO CULTIVABLES CON CULTIVOS ANUALES PERO APTAS PARA PASTISALES O ALGUNOS CULTIVOS PERMANENTES
- D** TIERRAS NO CULTIVABLES CON CULTIVOS ANUALES PERO APTAS A LA EXPLOTACION FORESTAL
- E** TIERRAS NO APTAS A EXPLOTACION ECONOMICA



LEYENDA

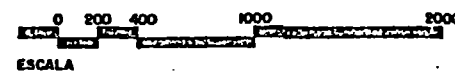
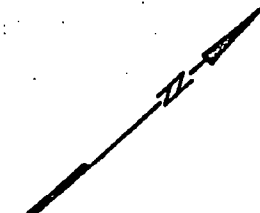
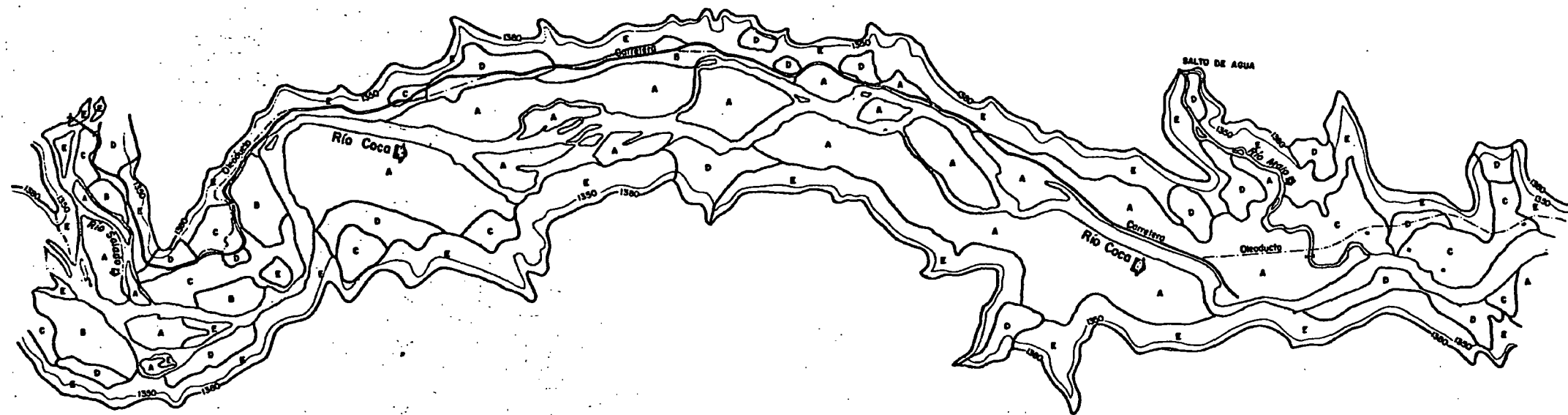
A TIERRAS CULTIVABLES CON CULTIVOS ANUALES CON PROBLEMAS SENCILLOS DE CONSERVACION



0 200 400 1000 2000
ESCALA

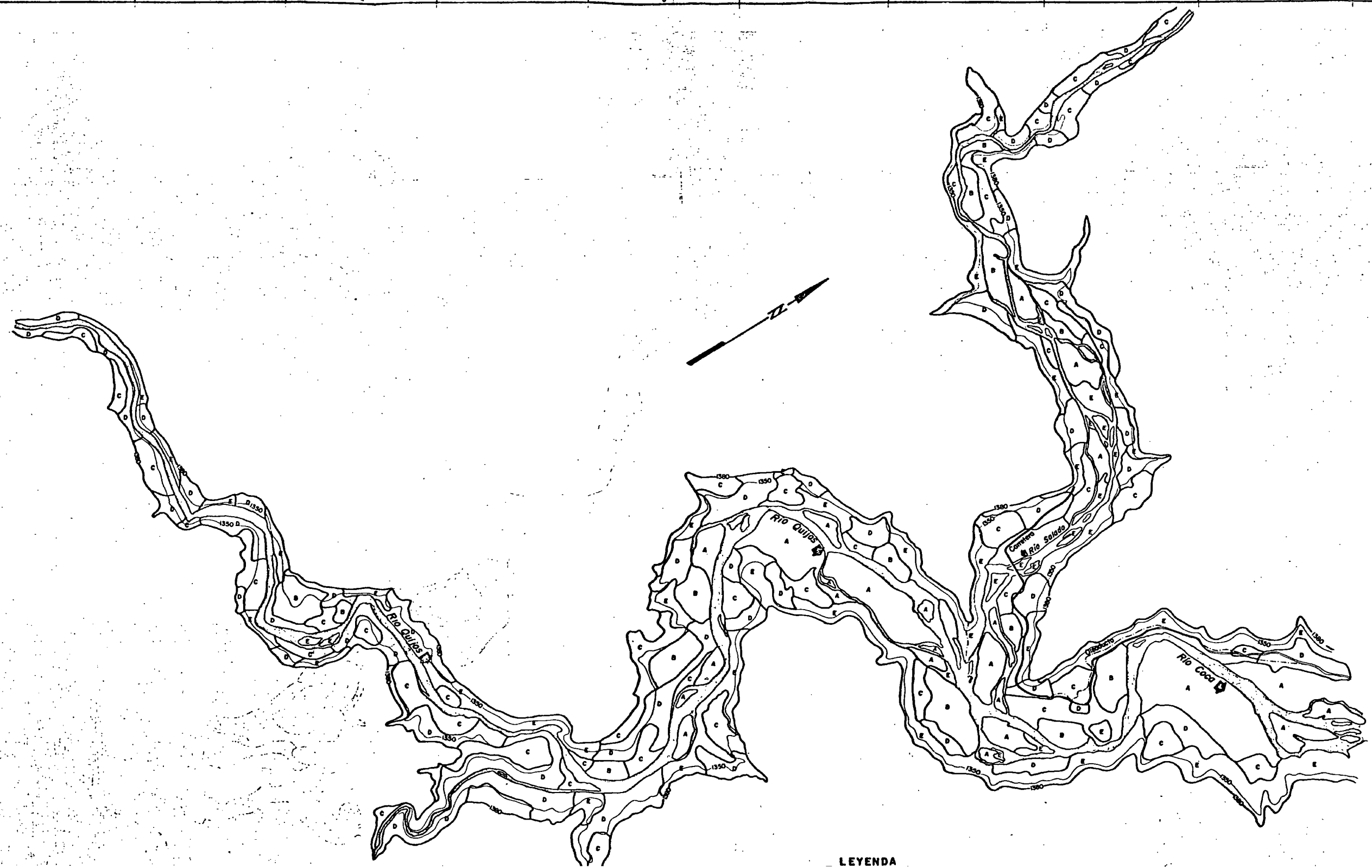
LEYENDA

- A** TIERRAS CULTIVABLES CON CULTIVOS ANUALES CON PROBLEMAS SENCILLOS DE CONSERVACION
- B** TIERRAS CULTIVABLES CON CULTIVOS ANUALES CON PROBLEMAS COMPLEJOS DE CONSERVACION
- C** TIERRAS NO CULTIVABLES CON CULTIVOS ANUALES PERO APTAS PARA PASTISALES O ALGUNOS CULTIVOS PERMANENTES
- D** TIERRAS NO CULTIVABLES CON CULTIVOS ANUALES PERO APTAS A LA EXPLOTACION FORESTAL
- E** TIERRAS NO APTAS A EXPLOTACION ECONOMICA



LEYENDA

- A** TIERRAS CULTIVABLES CON CULTIVOS ANUALES CON PROBLEMAS SENCILLOS DE CONSERVACION
- B** TIERRAS CULTIVABLES CON CULTIVOS ANUALES CON PROBLEMAS COMPLEJOS DE CONSERVACION
- C** TIERRAS NO CULTIVABLES CON CULTIVOS ANUALES PERO APTAS PARA PASTISALES O ALGUNOS CULTIVOS PERMANENTES
- D** TIERRAS NO CULTIVABLES CON CULTIVOS ANUALES PERO APTAS A LA EXPLOTACION FORESTAL
- E** TIERRAS NO APTAS A EXPLOTACION ECONOMICA



LEYENDA