

PÚBLICO

DOCUMENTO DEL BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

ECUADOR

PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA **ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DEL APROVECHAMIENTO SALADO**

(EC0004)

ANEXO IV **APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS**

VOLUMEN I - TEXTO

JULIO 1978

LO-412/SF-EE
271/00-EE
411/SF-EE
Rpto.

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION - INECEL

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

INFORME DE FACTIBILIDAD DEL APROVECHAMIENTO SALADO

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

VOLUMEN I - TEXTO

JULIO DE 1978

QUITO-ECUADOR

ANEXO IV

ANTEPROYECTOS HIDROELECTRICOS

INDICE - TEXTO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. RESUMEN Y RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE INVENTARIO Y PREFACTIBILIDAD	4
3. DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS DEL SITIO	7
3.1 Localización y Acceso	7
3.2 Hidrología	10
3.3 Topografía y Cartografía	13
3.4 Geología y Geotecnia	14
3.4.1 Descripción General de la Geología del Sitio	14
3.4.2 Materiales de Construcción	19
4. CONCEPCION GENERAL DEL ANTEPROYECTO Y CRITERIOS BASICOS	24
5. METODOLOGIA	28

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

INDICE - TEXTO

	<u>Página</u>
5.1 Consideraciones Generales	28
5.2 Vertedero, Obra de Descarga Auxiliar y Desvío del Río	31
5.3 Sistema de Generación	37
6. CRITERIOS Y PARAMETROS DE DISEÑO	44
6.1 Aliviadero	44
6.2 Obras de Desvío y Descarga Auxiliar	48
6.3 Generación	53
6.4 Presa	62
6.5 Diseño Estructural	67
6.6 Equipos Electromecánicos Principales	70
6.6.1 Equipos Eléctricos	70
6.6.2 Equipos Mecánicos	80
7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	83
7.1 Consideraciones Generales	83
7.2 Selección del Eje	84
7.3 Sección de Presa	86
7.4 Obras Principales	88
7.4.1 Consideraciones Generales	88
7.4.2 Comparación y Preselección de Al- ternativas de Obras de Descarga	90

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

INDICE - TEXTO

	<u>Página</u>
7.4.3 Comparación y Preselección de Alternativas de Obras de Generación	101
7.5 Selección del Anteproyecto Recomendado	116
8. DESCRIPCION DEL ANTEPROYECTO RECOMENDADO	169
8.1 Sección Típica de la Presa	169
8.2 Aliviadero de Servicio	173
8.3 Descarga Auxiliar	176
8.4 Túneles de Desvío	179
8.5 Obras de Generación	181
8.5.1 Bocatomas	181
8.5.2 Túneles de Baja Presión	182
8.5.3 Túneles de Alta Presión	183
8.5.4 Válvulas Mariposa	184
8.5.5 Turbinas	184
8.5.6 Restitución al Río	184
8.5.7 Chimenea de Equilibrio	185
8.5.8 Casa de Máquinas	186
8.6 Equipo Eléctrico	191
8.6.1 Casa de Máquinas	191
8.6.2 Sistema de Transmisión	193

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

INDICE - TEXTO

	<u>Página</u>
8.7 Métodos y Etapas de Construcción	199
8.7.1 Consideraciones Generales	199
8.7.2 Condiciones Locales	200
8.7.3 Trabajos Preparativos de Infraes- tructura y Logística	202
8.7.4 Construcción de la Presa	206
8.7.5 Túneles de Desvío	209
8.7.6 Aliviadero y Descarga Auxiliar	210
8.7.7 Obras de Generación	211
8.7.8 Montaje de los Grupos Generadores	211
8.7.9 Sistema de Transmisión	212
8.8 Cronograma Físico-Financiero	212
9. CONCLUSIONES	213
10. RECOMENDACIONES	233
VOLUMEN II	
APENDICE I - ESTUDIO DE COMPOSICION DE PRECIOS UNITARIOS DE LA PRESA	
APENDICE II - MEMORIAS DE CALCULO	
VOLUMEN III - LAMINAS	

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

INDICE - CUADROS

<u>Nº</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
IV.2.1	Potencias Instaladas de los Aprovechamientos Resultantes de los Estudios de Prefactibilidad	5
IV.2.2	Resumen de los Resultados de Optimización de la Cuenca	8
IV.2.3	Sistema Integrado - Beneficio Neto Anual Obtenido de la Optimización de la Cuenca	9
IV.7.1	Estudios de Compatibilización del Sistema de Conducción con el Equipo Electromecánico Principal	110
IV.7.2	Costos Totales de los Anteproyectos	117
IV.7.3 a IV.7.5	Presupuestos Detallados	118
IV.7.6.	Costos Directos de las Obras de Generación Alternativas	117
IV.8.1	Cronograma Previsto para la Elaboración de Documentos de Licitación y Preparación de Obras de Infraestructura	203
IV.8.2	Presupuesto Detallado del Aprovechamiento	214

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

INDICE - LAMINAS

<u>Nº</u>	<u>Descripción</u>
HS/IA-442-HM-071	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Hidrología del Sitio y Características del Embalse (Hoja 1 de 2)
HM-072	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Hidrología del Sitio y Características del Embalse (Hoja 2 de 2)
CM-001	Aprovechamiento Salado - Estudio de Localización de Campamento
CM-003	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Cronograma Físico de Construcción - Diagrama de Barras
CM-004	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Cronograma Físico de Construcción C.P.M.
GM-118	Sitio Salado - Mapa Geológico
GM-119	Sitio Salado - Localización de los Sondeos, Trincheras y Pozos con Indicación de los Cortes Geológicos
GM-124	Sitio Salado - Corte Geológico por el Eje de la Presa
GM-125	Sitio Salado - Corte Geológico por el Vertedero, Desvío y Conducción a la Central
GM-137	Sitio Salado - Areas de Préstamo, Grava y Arena

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

INDICE - LAMIMAS

<u>Nº</u>	<u>Descripción</u>
HS/IA-442-GM-138	Sitio Salado - Areas de Préstamo Lahar 1 y 2
GM-147	Sitio Salado - Análisis de Estabilidad de la Presa
GM-148	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Cortes Típicos de la Presa - Ataguías de Inyecciones
EA-007	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Central y Subestación Salado - Diagrama Unifilar
EA-008	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Subestación Quito - Diagrama Unifilar
EA-009	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Subestación Salado 230 KV - Planta General - Disposición de equipos
EA-010	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Subestación Quito - 230 KV - Planta General - Disposición de Equipos
EA-011	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Subestaciones Salado y Quito - Cortes Típicos
EA-012	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Central Exterior - Pisos generadores y principal. Disposición del Equipo Eléctrico

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

INDICE - LAMINAS

<u>Nº</u>	<u>Descripción</u>
HS/IA-442-EA-013	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Central Salado - Sala de Comando. Disposición General
EA-014	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Línea de Transmisión Salado-Quito. Ruta Principal
HA-153	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Estudios de Atenuación de Crecidas - Resumen de Resultados
HA-154	Central Exterior con dos túneles de Conducción. Implantación General de las Obras
HA-155	Central Exterior con dos Túneles de Conducción. Corte Longitudinal - Planta, Vista y Cortes
HA-156	Central Exterior - Cortes Típicos Transversal y Longitudinal
HA-157	Central Exterior - Pisos - Plantas
HA-158	Central Exterior con un Túnel de Conducción. Implantación General de las Obras
HA-159	Central Exterior con un Túnel de Conducción. Corte Longitudinal- Planta, Vista y Cortes
HA-160	Central Subterránea - Implantación General de las Obras

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

INDICE - LAMINAS

<u>Nº</u>	<u>Descripción</u>
HS/IA-442-HA-161	Central Subterránea - Corte Longitudinal de la Conducción, Vista Frontal de la Bocatoma
HA-162	Central Subterránea - Túneles de Restitución y Acceso - Cortes
HA-163	Central Subterránea - Cortes Típicos Transversal y Longitudinal
HA-164	Aprovechamiento Salado - Factibilidad - Central Subterránea - Pisos Principal y de Generadores - Plantas
HA-165	Central Subterránea - Piso de Turbinas y Descarga de la Central - Plantas
HA-166	Alternativas de Implantación de Obras Principales
HA-167	Localización del Aprovechamiento y Perfil Desarrollado del Río
HA-168	Descarga Auxiliar - Planta, Cortes y Detalles
HA-169	Etapas de Construcción (Hoja 1 de 3)
HA-170	Etapas de Construcción (Hoja 2 de 3)
HA-171	Etapas de Construcción (Hoja 3 de 3)
HA-172	Ejes de Presa Estudiados

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

INDICE - LAMINAS

<u>Nº</u>	<u>Descripción</u>
HS/IA-442-HA-173	Energías y Factores de Planta en Función de la Capacidad Instalada
HA-174	Costos, Valores de Generación y Beneficios Anuales - Relaciones Beneficio-Costo
HA-175	Vertedero - Planta y Cortes
HA-176	Estudios de Atenuación de Crecidas, Ondas Afluentes y Efluentes para Casos Típicos
HA-177	Vertedero y Disipación - Cortes Transversales
HA-178	Costos Totales y Unitarios en Función de las Capacidades Instaladas
HA-179	Atenuación de Crecientes y Funcionamiento Hidráulico durante el Desvío
HA-180	Desvío del Río - Curvas Carga sobre Solera - Caudal
SR-042	Cronograma de Inversiones

ANEXO IV

APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

1. INTRODUCCION

En el Plan Nacional de Electrificación se consideró la instalación del Sistema Nacional Interconectado que será alimentado por recursos hidroeléctricos como por recursos térmicos y de otras fuentes.

Con este objeto, INECEL ha dado especial énfasis al estudio de varios proyectos complementarios y/o alternativos que se encuentran en diversos niveles de ejecución. Esto permitirá disponer de los datos de varios de estos proyectos para comparar características técnicas, costos y beneficios a fin de optimizar el aprovechamiento de recursos potenciales y económicos del País.

Dentro de las cuencas hidrográficas en estudio, una de las más importantes es la del Río Quijos-Coca razón por la cual el Gobierno del Ecuador ha decidido llevar adelante los estudios e investigaciones para su aprovechamiento hidroeléctrico.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

En el Alcance de los Trabajos, la Cláusula Cuarta, numeral 1, del Contrato N° 003/76 firmado entre INECEL y el CONSORCIO, estipula:

"Los estudios para el aprovechamiento del Río Quijos-Coca tendrán como objetivo: a) El establecimiento de la magnitud e importancia del recurso hidroeléctrico en el tramo comprendido entre los orígenes del Río Coca y el Codo Sinclair a nivel de prefactibilidad incluyendo la determinación del esquema más conveniente para el desarrollo del recurso; b) El establecimiento de la secuencia de las etapas del aprovechamiento hidroeléctrico; y, c) El estudio de factibilidad de la solución que se recomienda como primera etapa, supeditado a los resultados obtenidos en los estudios mencionados en los literales a) y b) de este numeral".

Los estudios correspondientes a los literales a) y b) arriba mencionados han sido concluidos y entregados a INECEL en forma de una serie de anexos donde el Anexo IV intitulado "Aprovechamientos Hidroeléctricos" de Abril de 1977, presenta los resultados obtenidos en la etapa de Inventario (Cláusula 4.01, literal a) y los Anexos IV y VI intitulados, respectivamente, "Aprovechamientos Hidroeléctricos" y "Estudios de Optimización de la Cuenca y de Economía Energética" de Enero, 1978, presentan los estudios, conclusiones y recomendaciones de la etapa de Prefactibilidad (Cláusula 4.01, literal b).

INECEL, en base a los resultados de los estudios de Inventario y,

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

principalmente, a las conclusiones preliminares delineados en el informe especial intitulado "Recomendaciones del Aprovechamiento Prioritario", de Junio, 1977, decidió llevar adelante los estudios e investigaciones de Factibilidad (Cláusula 4.01, literal c) para el aprovechamiento Salado ubicado inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los Ríos Quijos y Salado. Posteriormente, esta decisión fue ratificada por los resultado finales de los estudios de Prefactibilidad.

Consecuentemente, se elaboraron y se ejecutaron los programas de investigaciones y levantamientos de campo tales como perforaciones geológicas, ensayos de permeabilidad por bombeo, caracterización de los materiales de construcción y de cimentación de la presa, levantamiento topográfico detallado del sitio, etc., cuyos resultados permitieron la preparación de anteproyectos con el grado de detalle y precisión suficiente para la cuantificación más precisa de las inversiones del Proyecto, con el objeto de:

- Confirmar su economicidad dentro del programa de desarrollo seleccionado en el nivel de Evaluación o Prefactibilidad.
- Demostrar la rentabilidad de las inversiones desde el punto de vista del órgano responsable de su ejecución.
- Realizar su planeamiento financiero teniendo en cuenta su inclusión en los presupuestos oficiales así como la gestión de préstamos de entidades financieras.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Los dos últimos puntos están excluidos del Alcance de los Trabajos ya que su realización se efectuará por INECCEL a través del procesamiento del Modelo de Selección de Inversiones (MSI) y el análisis e interpretación de sus resultados.

2. RESUMEN Y RESULTADO DE LOS ESTUDIOS DE INVENTARIO Y PREFACTIBILIDAD

La selección del aprovechamiento Salado como obra prioritaria de la hoya del Río Quijos-Coca, ha sido el resultado de un proceso de análisis y comparación con otras posibles alternativas de desarrollo de la cuenca.

Este proceso se inició con los estudios de Inventario que abarcaron un área de 4.200 km^2 desde las cabeceras del río hasta el Codo Sinclair en la cota 605 m. Del potencial lineal bruto de la cuenca, calculado en base al caudal medio e igual a $4.803 \overline{\text{MW}}$, se puede aprovechar, económicamente, cerca de $2.660 \overline{\text{MW}}$ de los cuales $2.210 \overline{\text{MW}}$ se concentran en el curso medio hasta el Codo Sinclair y $450 \overline{\text{MW}}$ en los afluentes. Las conclusiones del estudio indicaron la necesidad de realizar las investigaciones de Prefactibilidad en los aprovechamientos ubicados en el curso principal del río, eliminándose de este alcance los proyectos situados en los afluentes por considerárseles anti-económicos, en términos de valores actuales, y con potencia

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

inadecuada para atender al fuerte crecimiento de la demanda del mercado eléctrico.

En base a las investigaciones más detalladas ejecutadas para los aprovechamientos del curso principal y a través de estudios de optimización de sistemas, a nivel de cuenca, se pudo elegir un esquema integrado de desarrollo compuesto por 5 sitios de cierre y definir los niveles operacionales de cada embalse y la potencia instalada de las respectivas centrales.

La Lámina N° HS/IA-442-HA-140 presenta el esquema de aprovechamientos resultantes de los estudios de Prefactibilidad para el desarrollo del curso principal del Río Quijos-Coca y el Cuadro N° IV.2.1 indica las potencias instaladas determinadas, a nivel de cuenca, para cada una de las centrales.

CUADRO N° IV.2.1

POTENCIAS INSTALADAS DE LOS APROVECHAMIENTOS RESULTANTES DE LOS ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD

<u>SITIO DE PRESA</u>	<u>TIPO APROVECHAMIENTO</u>	<u>POTENCIA INSTALADA</u> KW
Borja	Embalse con central a pie de presa	210.000
El Chaco	Embalse con central a pie de presa	465.000
Balsas	Embalse con central a pie de presa	375.000
Salado	Embalse con central a pie de presa	560.000
Malo	Derivación con central en el Codo Sinclair	3.960.000
		<hr/> 5.570.000

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Los estudios técnicos y análisis económicos detallados que llevaron a la selección del aprovechamiento Salado como obra prioritaria de la cuenca se encuentran detalladamente descritos, en los Anexos Nos. IV y VI del Informe de Prefactibilidad entregados a INECCEL el mes de Enero de 1978.

Sin embargo, se resumen, a continuación, las principales razones que llevaron a definir el aprovechamiento Salado como prioritario:

- La gran capacidad reguladora del embalse permite, casi, duplicar la potencia continua del aprovechamiento Malo-Codo Sinclair.
- Los beneficios netos anuales del aprovechamiento corresponden a 30% de los beneficios de la cuenca para una tasa de descuento de 10 a.a.
- Los beneficios netos anuales de Salado y Malo-Codo Sinclair, en conjunto, equivalen a más del 90% de los beneficios de la cuenca.
- Los beneficios netos de Salado aislado permite la amortización de la inversión en un período del orden de 15 años mientras que, una vez construido el embalse Salado, la amortización de la inversión de Malo-Codo Sinclair se haría en 5 años, aproximadamente.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Los Cuadros Nos. IV.2.2 y IV.2.3 presentan los beneficios netos anuales obtenidos del procesamiento del modelo de optimización de la cuenca donde se observan los valores arriba mencionados.

- La cercanía del sitio de cierre a la carretera Quito-Lago Agrio, la presencia abundante de materiales naturales de construcción, la adaptabilidad de la topografía del sitio para el emplazamiento de la presa y obras auxiliares y las condiciones geológicas y geotécnicas de sub-superficie permiten la construcción de las estructuras sin mayores problemas.
- La ubicación de la central al pie de presa con un gran embalse aguas arriba posibilita asignar al aprovechamiento la importante función de regulación y estabilización del Sistema Nacional Interconectado a corto y mediano plazo. Por otro lado la situación del proyecto en la región norte del país daría al Sistema más confiabilidad y seguridad operacional.

3. DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS DEL SITIO

3.1 LOCALIZACION Y ACCESO

El Río Quijos-Coca forma parte de la cuenca del Río Napo que a su vez es afluente del Río Amazonas. Su principal tributario es el Río Salado cuya confluencia se encuentra 1,2 km aguas arriba del sitio de presa.

CUADRO N° IV.2.2

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE OPTIMIZACION DE LA CUENCA

APROVECHAMIENTOS	TASA INTERES (%)	(1)		(2)		(3)		(4)	
		ALTURA PRESA (m)	POTENCIA INSTALADA (MW)	ALTURA PRESA (m)	POTENCIA INSTALADA (MW)	ALTURA PRESA (m)	POTENCIA INSTALADA (MW)	ALTURA PRESA (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	-	-	-	-
EALSAS	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	-	-
BENEFICIO NETO ANUAL MILES DE US\$	8	258.623,6		239.002,5		231.769,8		58.011,9	
	10	173.367,0		175.542,5		180.499,0		54.652,3	
	12	93.642,3		113.575,5		130.715,5		51.477,1	

CUADRO N° IV.2.3

SISTEMA INTEGRADO - BENEFICIO NETO ANUAL OBTENIDO DE LA OPTIMIZACION DE LA CUENCA

(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 IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El emplazamiento de obras, situado en una cerrada relativamente amplia con un morro central rocoso, se encuentra localizado a 135 km al este de la ciudad de Quito, por la carretera existente, en la cota 1.260 m, aproximadamente, a nivel del río.

El eje de presa está situado junto a la estación de bombeo Salado del oleoducto transecuatoriano. La carretera Quito-Lago Agrio pasa junto al sitio y sirve como vía de acceso directo al mismo.

Será necesario, para la operación de la central, la reubicación de un tramo de 17 km de la carretera, así como la construcción de un puente de 200 m de longitud. El tramo restante de la carretera que conecta el sitio de presa con la ciudad de Quito deberá mejorarse proporcionando mayor capacidad portante a los puentes, de manera que sean capaces de soportar cargas de hasta 70 toneladas.

La Lámina N° HS/IA-442-HA-167 indica la ubicación relativa del aprovechamiento dentro de la cuenca así como del Ecuador.

3.2 HIDROLOGIA

En los presentes estudios se utilizó la información hidrológica obtenida para el sitio en los estudios de Prefactibilidad. La elaboración de estos datos se basó en la información hidrometeorológica disponible hasta Diciembre de 1976 y consideró todos los

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

estudios realizados anteriormente por INECCEL. El Anexo I del informe de Factibilidad intitulado "Hidrología y Operación de Embalses" presenta el resultado de los estudios detallados realizados.

El análisis de los datos recopilados durante el año 1977 ha permitido concluir que la incorporación de los nuevos registros hidrométricos y pluviométricos no alterará, significativamente, las series de caudales medios mensuales e hidrogramas de crecientes definidos en Prefactibilidad.

En la determinación del transporte de sedimentos no se ha contado con datos suficientes para definir curvas de descarga sólida confiables. Sin embargo se considera que los resultados obtenidos son válidos para la fase de Factibilidad, siendo necesaria la revisión y aplicación de otras técnicas de evaluación para las etapas siguientes cuando se disponga de registros más largos que cubran el muestreo de material de fondo y suspensión y para caudales grandes.

Los datos de intensidad, duración y frecuencia de los vientos utilizados para la verificación del bordo libre de la presa y los datos de humedad y temperatura ambientes a lo largo de la línea de transmisión se basaron en los datos de los años 1976 a 1978. La corta disponibilidad de registros obligó a complementarlos con estimaciones basadas en el conocimiento general del área. En las

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Láminas N° HS/IA-442-HM-071 y 072 se resumen los datos hidrológicos utilizados en la elaboración de los anteproyectos.

Del análisis de los registros y resultados de los estudios se puede observar lo siguiente:

- Una gran regularidad hidrológica natural evidenciada por el hecho que existe un período de siete meses en el que los caudales son menores que el módulo o caudal medio anual del río y que en este período los valores mínimo y medio de los caudales medios mensuales son del orden del 70% y 78% del módulo. Además las diferencias entre los valores máximos de las crecientes calculados con diferentes períodos de recurrencia es notablemente pequeña. En efecto los caudales máximos calculados con un período de recurrencia 5, 20, 500 y 1.000 años son del orden, respectivamente, del 25, 38, 68 y 75% del caudal máximo de la creciente calculado con un período de recurrencia de 10.000 años.
- Una corta duración de las crecientes, del orden de 45 horas, y gran magnitud de las mismas, con caudales máximos de 11.200 m³/s, 7.600 m³/s y 4.240 m³/s para las crecientes calculadas con período de recurrencia de 10.000, 500 y 20 años, respectivamente.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- . Una alta pluviosidad media anual del orden de 5.000 mm/año.
- . Bajos valores registrados de intensidad de los vientos en la dirección del Fetch en el embalse (del orden de 25 km/hora).

Si bien el período en el cual se dispone de registros es corto, de sólo dos años, estas bajas velocidades se explican por la orientación del valle del Quijos aproximadamente perpendicular a los vientos dominantes en la zona y por el efecto de protección contra los vientos creado por las cordilleras adyacentes.

- . Vaso de embalse de gran capacidad, aproximadamente $1045 \times 10^6 \text{ m}^3$ y área igual a 18 km^2 en la cota 1385 m, de configuración alargada y curva extendiéndose sobre los Ríos Quijos y Salado en una longitud de 20 y 11 km respectivamente.

3.3 TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA

Con el objeto de garantizar la precisión del cálculo de los volúmenes de obras civiles y la determinación de energías generadas y capacidad de regulación del embalse se utilizaron, respectivamente, planos a escalas 1:1.000 y 10.000 del sitio de presa y del área del embalse.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El plano a escala 1:1.000, con curvas de nivel cada 2 m, fue elaborado en base a levantamientos topográficos terrestres realizados por el CONSORCIO. Abarca un área que se extiende 1.100 m aguas arriba y 800 m aguas abajo del eje de presa y alcanza la cota 1.500 m aproximadamente.

El plano a escala 1:10.000, con curvas de nivel cada 10 m, fue elaborado por el I.G.M. en base a restitución aerfotogramétrica con el adecuado apoyo planialtimétrico. Este trabajo fue chequeado por el CONSORCIO, tanto en gabinete como en campo, y se encuentra dentro de las tolerancias permisibles. El plano cubre toda la extensión del embalse hasta la cota 1.850 m aproximadamente, y fue utilizado para la determinación de las curvas cota-área-volumen y el cálculo de los costos de expropiación en el área inundada.

3.4 GEOLOGIA Y GEOTECNIA

3.4.1 Descripción General de la Geología del Sitio

Los estudios geológico-geotécnicos tuvieron como objetivo el suministro de información referente a las condiciones de superficie y de sub-superficie del emplazamiento y las características de los materiales de construcción para la elaboración del anteproyecto de las obras.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El sitio de presa fue mapeado a escala 1:2.500, cubriendo un área de 18 km². En una primera etapa se ejecutaron 4.320 m de perfiles sísmicos de refracción, 12 sondeos de electroresistividad, 3 pozos de investigación y 3 trincheras. Posteriormente, se realizaron 2.500 m de líneas de sísmica de refracción, una trinchera en el material aluvial, 21 sondeos exploratorios combinando los sistemas de percusión y rotación y un ensayo de permeabilidad por bombeo "in situ".

La Lámina N° HS/IA-442-GM-118 presenta la geología de superficie del sitio y las Láminas Nos. HS/IA-442-GM-119, 124 y 125 presentan los cortes geológicos resultado de las investigaciones ejecutadas por el eje de la presa, las obras de desvío, el aliviadero y las conducciones a la central.

El área del embalse se mapeó a escala 1:10.000.

En las muestras de rocas obtenidas se realizaron estudios petrográficos y se efectuaron mediciones de las diaclasas en los afloramientos observados.

El aspecto más importante a analizar en los estudios geológico-geotécnicos del sitio de presa es la presencia de grandes acumulaciones de material aluvial constituidos por bloques, gravas, arenas e intercalaciones de capas de limo. El espesor máximo del

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

depósito aluvial es cerca de 214 m observado en la perforación SR-22.

Desde el punto de vista de la licuefacción potencial de la fundación, como consecuencia de movimientos sísmicos, solamente la parte superficial de estos depósitos presenta problemas. Las capas profundas de limo son duras y compactas según lo demostrado por los ensayos de penetración standard (SPT) realizados. Por otro lado, las capas o lentes de arena encontradas a grandes profundidades (superior a 30 m) no deberán licuarse debido a la disipación de las presiones, en ellas creadas, en las gravas y a su profundidad.

En base a los sondeos ejecutados se puede admitir la continuidad, en el área de la presa, de las capas de limo situadas entre las cotas 1234-1244 y 1130-1140.

Las investigaciones realizadas permiten prever que los materiales de fundación de la presa son competentes para soportar los efectos vibratorios de los movimientos del terreno. Además, y si se considerara la precarga de estos materiales, la resistencia a la licuefacción alcanzaría valores de 1,5 a 2 veces más que la existente bajo condiciones usuales de carga.

La permeabilidad de estos depósitos, determinada a través de la

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

ejecución de 2 pruebas de bombeo (dos pozos de bombeo, uno superficial y otro profundo y con 3 pozos de observación para cada uno de los acuíferos) indicó valores de $4,5 \times 10^{-3}$ cm/s para el acuífero inferior y de $2,7 \times 10^{-2}$ cm/s para el superior. Es interesante observar que el bombeo en el acuífero inferior no tuvo influencia en el superior, evidenciando el confinamiento o semiconfinamiento del acuífero inferior (por debajo de la cota 1237 m).

Cualquier plan de excavación para el apoyo de la presa debe considerar la eliminación total de la capa superior de materiales sueltos de 5 a 8 m aproximadamente.

Las obras de generación proyectadas en la margen derecha, estar localizadas en rocas granodioríticas. Esta roca es fresca con presencia de zonas ligeramente alteradas. La fracturación del macizo está constituida por 2 sistemas verticales o subverticales y 2 subhorizontales con una frecuencia de 2 a 3 fracturas por metro.

Las fracturas presentan oxidaciones localizadas. La aparición de ciertos tramos en que no existe recuperación podrían corresponder a zonas cizalladas.

Los 10 a 15 m superficiales están muy alterados y fracturados. Las características de las rocas permiten prever, para excavacio-

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

nes a cielo abierto en roca sana, la ejecución de taludes con inclinación de 1:4 (H;V) y bermas con 5 m de ancho, espaciadas cada 30 m de altura.

El macizo rocoso de esta margen presenta condiciones adecuadas para la apertura de túneles y cavernas para alojar la central, en la alternativa encavernada, así como para efectuar excavaciones de cortes moderados. En esta etapa de los estudios se consideró, en los análisis de costo, el empleo de pernos de anclaje, hormigón lanzado y soportes provisionales durante la construcción de estas obras. Se prevé también, para el cálculo de costos, que un 80% de la longitud de los túneles se realizará en "buenas condiciones" de acuerdo a la nomenclatura del Manual de Costos del Proyecto.

Estimaciones preliminares de las características mecánicas de la granodiorita indican un módulo de elasticidad variable de 250.000 a 350.000 kg/cm², número de Poison de 0,20 y resistencia a la tracción de 50 kg/cm².

La margen izquierda está constituida por andesita y granodiorita. Esta última presenta características similares a la granodiorita de la margen derecha. La andesita, detectada en los sondeos SR-27 y SR-28, es una roca dura, fracturada y con oxidación elevada en

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

los planos de diaclasamiento. La recuperación en estos sondeos fue baja, lo que se explica por la fragilidad de la roca y, en algunos tramos, por la técnica de perforación. Para la abertura de túneles en la andesita se previó el extensivo empleo de pernos de anclaje y entibado durante la construcción. Se consideró, en los análisis de costo, que un 50% de los tramos de túneles excavados en estas rocas se efectuaría en "buenas condiciones".

La roca resultante de las excavaciones necesarias para la implantación de las estructuras podrá emplearse en la construcción de la presa en un 75% del volumen total excavado, despreciándose los 5-10 m iniciales en que exista alteración.

3.4.2 Materiales de Construcción

- Presa

Los materiales naturales de construcción se estudiaron a través de ejecución de pozos, toma de muestras y realización de ensayos de laboratorio.

Para los espaldones de la presa y como árido grueso para hormigón, fueron estudiados los depósitos aluviales constituidos por bloques, gravas y arenas. El material presenta características

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

adecuadas y un volumen estimado en 24 millones de m^3 , considerando 5 m de excavación en una extensión de 4 km, aguas abajo del eje de presa y 4 km a lo largo del Río Salado con 10-m de excavación. El sector inmediatamente aguas arriba de la confluencia de los Ríos Salado y Quijos se considera como área de reserva, la que podría contribuir con 6 millones de m^3 explotando 5 m de material. En todos los casos el espesor de material explotable es ilimitado. La Lámina N° HS/IA-442-GM-137 presenta la localización de estas áreas de préstamo.

A una distancia de 3 km aguas abajo del eje y junto a la carretera fue localizado un sitio de cantera. La roca es andesita sana, moderadamente fracturada y de fácil explotación.

La arena será obtenida por tamizado de los depósitos aluviales.

Aguas abajo del sitio de presa, aproximadamente a 15 km por la carretera, fueron estudiadas dos áreas de préstamo, que contienen material proveniente del Volcán Reventador, constituidos por una mezcla heterogénea de bloques, arenas, limos y arcillas que, con la debida clasificación, serían utilizados en el núcleo impermeable de la presa. La Lámina N° HS/IA-442-GM-138 presenta la localización de estas áreas de préstamo.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS

El área seleccionada, Lahar 2, presenta un 60% de material de tamaño menor que 4", una humedad natural del orden de 7 a 10%, una permeabilidad variable entre $6,05 \times 10^{-6}$ cm/s y $3,52 \times 10^{-7}$ cm/s y un contenido de material fino (que pasa por el tamiz 200) comprendido entre el 5 y el 15%. El ángulo de fricción efectivo (ϕ') encontrado en un ensayo triaxial rápido fue de $29,2^\circ$. Sin embargo, teniendo en cuenta que los cuerpos de prueba no se encontraban totalmente saturados deberían esperarse, si se efectuaran ensayos lentos utilizando material totalmente saturado, valores de los ángulos de fricción del orden de 32 a 35° .

En base a los estudios geológico-geotécnicos y de mecánica de suelos realizados se concluye que una presa construida con los materiales anteriormente mencionados es económica y técnicamente adecuada al sitio de cierre.

- Estructuras de Hormigón

Con referencia a los materiales de construcción para hormigones, los estudios realizados permitieron ubicar yacimientos de gravas, arenas, calizas, lutitas (arcillas), cenizas y tobas volcánicas además de dar a conocer la producción ecuatoriana de cemento, acero, madera, bandas de PVC para juntas de dilatación, aditivos y productos de curado.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

De esto se concluye que no se prevén problemas o dificultades en la provisión y obtención de materiales para la realización de los trabajos de hormigonado e inyecciones.

Las investigaciones efectuadas en las cuencas de los Ríos Quijos, Salado y Coca muestran extensos depósitos de gravas arenosas con características favorables para la producción de los agregados de hormigón en volúmenes suficientes.

Con el objeto de analizar la factibilidad de suministro de cemento por la industria nacional, se realizó una evaluación de la capacidad de producción instalada en el Ecuador y de los planes de ampliación o de instalación de nuevas plantas.

La producción actual (607.000 t en 1977) no es todavía suficiente para atender la demanda, recurriendo el País a importaciones de distintas procedencias.

La abundancia de ceniza y toba volcánica en el tramo bajo la influencia del Volcán Reventador torna extremadamente atractiva la posibilidad de su aprovechamiento como material puzolánico, sustituyendo al cemento Portland en una proporción del orden del 30%.

El mercado interno está suficientemente equipado para suplir las

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

necesidades de suministro del acero para la construcción de las obras de acuerdo a los requisitos del Código Ecuatoriano de la Construcción.

Así mismo, el mercado ecuatoriano está apto a atender la demanda de planchas de madera y/o acero para los encofrados.

3.4.3 Microsismicidad y Fallas Activas

Los estudios de microsismicidad realizados en un radio de 50 km del sitio dieron las siguientes conclusiones:

- No hay evidencia de fallas activas en el sitio Salado.
- Se identificaron 3 lineamientos que pueden considerarse potencialmente activos.
- Comparada con otras regiones del Ecuador el área de estudio es de muy baja actividad sísmica.

Por otro lado los flujos del lodo y lava del Volcán Reventador no constituyen un peligro para las obras proyectadas en el sitio.

La descripción detallada de los trabajos ejecutados y resultados obtenidos se encuentran en el Anexo II - "Geología, Sismología y Mecánica de Suelos".

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

4. CONCEPCION GENERAL DEL ANTEPROYECTO Y CRITERIOS BASICOS

En función de las características topográficas, hidrológicas y geológicas del sitio, descritas en la sección anterior, se pudo plantear algunos lineamientos básicos de ideas de diseño que se tuvieron en cuenta en la concepción de las alternativas de emplazamiento, tipo de presa y obras principales y en el análisis de las mismas. Estos son los siguientes:

- El tipo de presa más adecuado es el de materiales sueltos. La alta pluviosidad de la zona, el gran volumen del macizo y el potente manto aluvial subyacente son factores decisivos para la selección de la sección típica y del método constructivo más apropiados. La impermeabilización de la fundación y su comportamiento ante cargas estáticas y dinámicas debe analizarse cuidadosamente.
- El emplazamiento sobre la margen izquierda del aliviadero y los túneles de desvío resulta más conveniente, teniendo en cuenta las características geomorfológicas de la garganta y la conformación del río. En efecto los trazados de ambas estructuras resultan rectos y de longitud menor que en otros emplazamientos alternativos. Además las descargas se realizan con la misma alineación del río aguas abajo.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- La margen derecha resulta adecuada para el emplazamiento de una central exterior o subterránea, tanto desde el punto de vista geotécnico como topográfico. Además, la separación del sistema de generación de las obras de descarga es, constructivamente, ventajosa debido a las fuertes pendientes de ambas orillas.
- Los altos picos y corta duración de las crecientes de diseño, la seguridad del aliviadero y la gran capacidad del vaso de embalse, hacen atractivo estudiar el proyecto de una sobreelevación respecto al N.A. Máx. Nor. que permita una atenuación considerable de los picos.
- El borde libre necesario para oleaje y por encima del N.A. Máx. Máx. es pequeño debido a las bajas velocidades de diseño del viento dominante en la dirección del Fetch y la longitud relativamente corta del Fetch efectivo, derivada de la forma curva del vaso.
- Es necesario analizar, en los estudios de desvío del río, la altura de diseño y métodos constructivos a proyectar para la ataguía y la preataguía de aguas arriba, así como la capacidad de descarga de los túneles y obras de evacuación, teniendo en cuenta los valores máximos de la creciente de construcción y los problemas constructivos y/o sobre costos derivados de la

AENXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

necesidad de reducir y controlar la percolación por debajo de la atagüa.

- Debe contarse con una obra de descarga auxiliar que garantice la posibilidad de erogar un caudal mínimo de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ durante todo el período de operación normal del embalse. Esto implica asegurar que aún cuando no están funcionando la central y/o el aliviadero y siempre que el nivel de agua del embalse esté igual o mayor que el N.A. Mín. Nor., exista posibilidad de erogar un caudal suficiente para que el futuro aprovechamiento del Codo Sinclair no deba interrumpir su generación. Por otro lado, esta descarga permitirá controlar el llenado del embalse.

Además de estos lineamientos conceptuales, se adoptaron en el diseño, los siguientes criterios:

- . Creciente de seguridad utilizada para la determinación del bordo libre de la presa, la calculada con un período de recurrencia de 10.000
- . 1 m de bordo libre por encima del N.A. Máx. Máx. alcanzado con la atenuación de la creciente de seguridad.
- . Creciente de diseño del vertedero y de las obras de disipación

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

de energía, la calculada con un período de recurrencia de 500 años y pico igual a $7.600 \text{ m}^3/\text{s}$.

. Crecientes de construcción

Para el diseño de la atagüía de aguas arriba y los túneles de desvío, la calculada con período de recurrencia de 20 años y pico igual a $4.240 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para el diseño de la preatagüía de aguas arriba la creciente calculada con período de recurrencia de 20 años y pico igual a $2.100 \text{ m}^3/\text{s}$, considerando la época seca y el plazo de construcción proyectado para la misma.

. Volumen de atenuación de creciente, el comprendido entre el N.A. Máx. Nor. y N.A. Máx. Máx.

. Volumen total de sedimentos calculado supuesto el aprovechamiento aislado los 10 primeros años ($6,7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$) e integrado los restantes 40 años de su vida útil ($1,8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$).

. Potencia instalada de la central igual a 560 MW, valor obtenido de los estudios de optimización, a nivel de cuenca, del sistema de aprovechamientos del Río Quijos-Coca realizados en la etapa de Prefactibilidad. De estos estudios se obtuvieron también

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

los valores del N.A. Máx. Nor., N.A. Mín. Nor. y N.A. Med. del embalse, que junto con la potencia instalada, se asumieron constantes durante los análisis de optimización del sistema de conducción y la comparación de alternativas de obras de generación realizada en Factibilidad.

5. METODOLOGIA

5.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Las etapas de trabajo, que culminaron con la definición del anteproyecto de Factibilidad del aprovechamiento Salado, han sido el resultado de modificaciones y reajustes introducidos a las directrices de la metodología delineada al comienzo de esta fase de los estudios, en la medida que las informaciones de las investigaciones geológicas y geotécnicas aclaraban, paulatinamente, las condiciones del subsuelo en el emplazamiento de obras.

De esta manera, se empezaron los estudios de alternativas buscando ubicar las estructuras de descarga y generación en la margen derecha que, aunque topográficamente no ofrecía las mejores implantaciones para el vertedero y túneles de desvío, presentaba en base a las prospecciones geofísicas y mapeos de superficie

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

mejores condiciones geológicas. Por otro lado y de acuerdo a los conocimientos que se tenía de la cimentación de la presa y de los materiales naturales disponibles para la construcción de su núcleo impermeable, se había adoptado una sección convencional de escollera con núcleo central casi vertical.

Entretanto los resultados de campo indicaron la posibilidad de situar las obras de descarga en la margen izquierda, geológicamente semejante a la orilla derecha pero topográficamente mejor para la implantación de estas obras, y la necesidad de modificar la sección de la presa para adaptarla a las nuevas condiciones de cimentación y disponibilidad de material de núcleo.

Estos dos cambios principales obligaron a consecuentes ajustes en la metodología que se venía siguiendo para la disposición de las obras y la optimización de sus principales estructuras.

En lo referente a la optimización de las estructuras, se debe aclarar que los niveles operacionales y la potencia instalada se han fijado conforme lo expuesto en la introducción de este Anexo.

Las obras cuyas dimensiones podrían afectar sensiblemente el costo total del aprovechamiento, tales como túneles de baja y alta presión de la central, túneles y ataguías de desvío, han sido

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

optimizadas dentro de la precisión y grado de detalle inherentes a esta etapa de los estudios.

El número óptimo de unidades generadoras, velocidad sincrónica y diámetro de la turbina, etc., no han sido detalladamente optimizados debido a que la experiencia ha demostrado que la variación de costo para tales comparaciones no afectaría en más que 1% a 2% el costo total, lo cual no es significativo.

La optimización de la central así como de todo el sistema de generación deberá revisarse cuando INECEL defina la potencia de la central y el rol que tendrá en el Sistema Nacional Interconectado y en base a los nuevos valores de costos marginales al momento de decidirse la construcción del aprovechamiento o, mejor sería, de la proyección de estos valores hacia el futuro.

Se puede destacar que la metodología utilizada para el desarrollo de los estudios, en base a los datos disponibles, ha permitido la elaboración de un anteproyecto técnica y económicamente factible que no elimina, todavía, la necesidad de nuevos estudios y análisis de optimización interna del aprovechamiento a nivel de diseño definitivo de acuerdo a las informaciones adicionales y complementarias que se obtendrían entonces.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El Apéndice II de este Anexo contiene memorias de cálculo de ejemplos típicos de cada una de las principales obras del aprovechamiento.

5.2 VERTEDERO, OBRA DE DESCARGA AUXILIAR Y DESVIO DEL RIO

El análisis de estas tres estructuras se realizó en forma conjunta para obtener la óptima combinación posible desde los puntos de vista de funcionamiento, costos y un emplazamiento adecuado en relación a la presa, la central y los accesos permanentes y provisionales necesarios para la construcción del aprovechamiento.

En algunas alternativas generales de implantación de obras se estudió la posible vinculación con otras estructuras tales como canal de acceso a la casa de máquinas, túneles de restitución de casa de máquinas encavernada, etc.; y sus implicaciones en el dimensionamiento y optimización conjunta de estas obras.

El sistema evacuador de crecientes, ya sea constituido por un único aliviadero o por combinaciones de obras de evacuación analizadas, (aprovechando los túneles de desvío) se optimizó en base al análisis comparativo de sobreelevación del nivel de agua variable de 2 a 9 m.

La sobreelevación máxima, que es resultante de la atenuación de las

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

ondas de crecientes, influye tanto en el costo de la presa como en el costo del sistema de evacuación.

En las alternativas que incluyen sistemas combinados de evacuación se estudió la atenuación de las crecidas en función del régimen de operación de compuertas y la secuencia operativa de las diversas obras.

Para las alternativas con una única obra de evacuación de crecientes o aliviadero de servicio, se estudió la atenuación lograda y su influencia en los costos de presa y aliviadero considerándose crestas libres o controladas por compuertas convencionales del tipo segmento.

Se estudiaron tres tipos principales de obras de disipación de energía: deflector no sumergido, deflector sumergido y cuenco disipador a resalto hidráulico. Para este último se compararon las soluciones con solera inclinada y solera horizontal y, para disipadores ubicados a la salida de túneles, ambas soluciones combinadas con un tramo inicial de rápida con solera curva. Se tuvo en cuenta en estos análisis comparativos las siguientes condiciones de funcionamiento y de niveles de agua de restitución:

- Durante la construcción para los túneles de desvío conectados

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

o no a obras permanentes (como la descarga auxiliar, el desagüe de fondo y el aliviadero Fontana).

- Durante su operación en servicio, con niveles de restitución afectados o no por el funcionamiento de las otras obras. Por ejemplo, descarga auxiliar con nivel de restitución fijado por su propia descarga, afectado por la descarga del aliviadero y/o por la descarga de la central. En todos los casos se analizaron las condiciones de restitución antes y después de construido el contraembalse de Malo.

Los tipos de disipadores estudiados son los que, durante el funcionamiento, para caudales parciales se adaptan mejor a la forma de la curva de restitución luego de construido el contraembalse Malo.

Para que las obras de disipación resulten comparables, se estudió la ubicación del deflector no sumergido y su cuenco de descarga de forma de evitar la aparición de erosiones excesivas o no controladas y se emplazó el cuenco de descarga a una distancia suficientemente alejada del pie de la presa. Se previó, además, la excavación de un canal en la restitución de la central a fin de evitar pérdidas de salto ocasionadas por eventuales embanques resultantes del funcionamiento del deflector.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

La traza y perfil de la rápida, la ubicación de las obras de disipación de energía y de los canales de acceso y descarga en el aliviadero de servicio se proyectaron buscando minimizar el volumen de excavación, la altura máxima de los cortes necesarios y la longitud de la rápida; así como emplazar las estructuras, en lo posible, en roca sana a fin de disminuir el costo del tratamiento de fundación y el volumen de hormigón requerido en los muros laterales. Además, el estudio de las trazas de la rápida tuvo en cuenta el emplazamiento relativo de los túneles de desvío y sus obras de disipación de energía.

El ancho de la rápida se fijó tendiendo a un límite máximo del caudal específico igual a $150 \text{ m}^3/\text{s/m}$ y evitando proyectar transiciones marcadas entre el ancho de la rápida y el de las obras de control.

En el desvío del río se siguió, en general, la metodología clásica de los estudios de optimización de estas obras que puede resumirse en los siguientes puntos:

- Estudio alternativo de trazados y análisis de la cota y ubicación de los portales de entrada y salida y de la pendiente del túnel, considerándose el funcionamiento hidráulico del túnel y de la descarga, la necesidad de minimizar la altura de la ataguía

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

de aguas arriba y/o el diámetro y longitud de los túneles, la garantía de que los túneles cuenten con suficiente cobertura de roca sana y la necesidad de realizar el dissipador de energía en roca sana. Se tuvo en cuenta además la conveniencia de minimizar las zonas de transición entre diversos tipos de escurrimiento a fin de prevenir la aparición de fenómenos transitorios de cavitación.

- Cálculos de funcionamiento hidráulico, atenuación de la crecida de desvío, velocidades máximas de escurrimiento y tirantes en los túneles; y de altura requerida de ataguía para diversas combinaciones de diámetros y número de túneles.
- Cálculos preliminares de costos combinados de ataguía y túneles, selección del número de túneles y del rango óptimo económico de diámetros en los mismos.
- Cálculos finales hidráulicos y de costos para optimización del diámetro de túneles versus altura de las ataguías, teniendo en cuenta los ajustes en la implantación de las obras realizadas en función de valores aproximados obtenidos de los cálculos anteriores.

En los análisis de las alternativas de desvío del río se destacan dos enfoques algo diferentes:

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Caso 1

En las alternativas que implican sistemas combinados de evacuación de crecientes compuestos por un vertedero de superficie, un desagüe de fondo y un aliviadero Fontana (estos dos últimos conectados a los túneles de desvío) el diámetro de los túneles, o al menos de uno de ellos, resultó determinado por las condiciones de su operación final. Además, surgieron limitaciones para el diseño de las cotas de los portales de entrada y salida de acuerdo con la necesidad de conciliar el funcionamiento adecuado durante la construcción con las condiciones permanentes de la descarga y las obras de disipación de energía.

Por lo tanto, en estos casos, no se efectuó una optimización aislada de túneles en función de la altura de ataguía, sino que se proyectaron los mismos con vistas a la obtención de un sistema combinado de obras de descarga y evacuación de crecientes que sea eficiente y económico.

Caso 2

En las alternativas que implican la erogación de la creciente de diseño por un único aliviadero de superficie, o por éste combinado con una descarga, el número y diámetro de los túneles no resultó influenciado por las condiciones de funcionamiento permanente,

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

por lo que se realizó la optimización de túneles y ataguía en la forma descrita anteriormente.

5.3 SISTEMA DE GENERACION

Se estudiaron las obras del sistema de generación de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Concepción e implantación general de las obras teniendo en cuenta sus vinculaciones con la presa y las restantes obras del aprovechamiento. En algunas alternativas, en especial las analizadas al comienzo de los estudios de Factibilidad, el sistema de generación está conectado a los túneles de desvío o a las obras de evacuación de crecientes (canal de entrada). En las alternativas preseleccionadas en la fase final de Factibilidad, las obras de generación están emplazadas en margen derecha y su diseño está solamente conectado al de la presa y, en alguna medida, al tipo de dissipador seleccionado en los aliviaderos (únicamente para el caso en que se adoptó un dissipador tipo trampolín lanzado, cuando se prevé un canal de fuga excavado en aluvión).
- Predimensionamiento de las obras y ajuste de las implantaciones. Estos incluyeron la selección del tipo de turbina y

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

equipamiento principal y la determinación aproximada de sus características básicas.

- Optimización del sistema de aducción, conducción y restitución supuesto constante el dimensionamiento y parámetros característicos de la casa de máquinas y del equipo electromecánico.
- Verificaciones de estabilidad de generación, golpe de ariete y prevención de cavitación en las turbinas. Estos incluyeron cálculos de sobrepresiones y depresiones de golpe de ariete y de verificación de necesidad de proyectar una chimenea de equilibrio, cálculos comparativos de costos y eficiencia del sistema para las variantes de incrementar los diámetros de las conducciones o el peso del rotor en lugar de proyectar la chimenea, de estabilidad del sistema de generación tanto en funcionamiento aislado como conectado a una red, de velocidades de embalamiento, de elevaciones momentáneas de velocidad de rotación de los grupos, estudios de sincronización y resonancia, determinación de la altura máxima de aspiración, etc.
- Ajuste y selección final de las dimensiones del sistema de conducción y de las dimensiones y parámetros del equipo electromecánico principal teniendo en cuenta la interdependencia entre los mismos.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Dentro de esta metodología general se destacan dos procesos fundamentales que se describen a continuación en mayor detalle.

A. Optimización de Conducciones

Con el propósito de establecer las dimensiones óptimas de las conducciones, para cada una de las alternativas, se utilizó el método convencional basado en el criterio del costo anual total mínimo resultando de la suma del costo anual de capital y del costo anual de las pérdidas de energía y de potencia.

Para cada combinación de diámetros se calculó el costo de inversión de todos los elementos cuyo costo está directamente relacionado con dichos diámetros, excluyendo bocatomas, casa de máquinas, etc.* Una vez determinado el costo directo total se le adicionó un 10% para imprevistos y a este subtotal se sumó un 17% para considerar los intereses durante la construcción. Finalmente, se obtuvo el costo anual multiplicando el costo total (costo directo + imprevistos + intereses) por un factor anual de capital correspondiente al 12% calculado en base a:

. Costo de capital	10% a.a.
. Operación y mantenimiento (incluye reposición equipos)	2% a.a.
	<hr/>
Factor anual de capital	12% a.a.

* Costos referidos a Junio de 1977.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El segundo elemento del costo anual total lo constituyen el costo de las pérdidas anuales de energía y potencia, calculadas como la diferencia entre los valores correspondientes a un sistema hidráulicamente ideal (sin pérdidas de energía) y aquellos correspondientes al sistema real.

La valorización de estas pérdidas, se hizo en base a los costos marginales, referidos a Junio, 1976, del Sistema Nacional Interconectado suministradas por INECEL que son los siguientes:

Energía Primaria	0,0323 US\$/kwh
Energía Secundaria	0,0098 US\$/kwh
Potencia	36,8 US\$/kw/año

El número de horas anuales de funcionamiento de la central se calculó en base al factor de planta (FP), definido como la relación entre la energía media en MW medios y la potencia instalada.

En los cálculos de optimización y para cada alternativa, se analizó un rango suficientemente amplio de combinaciones de diámetros que posibilitó definir una zona de valores óptimos; en esta zona la curva de optimización es marcadamente plana lo que permitió seleccionar, dentro del rango óptimo, los diámetros que resultaron más convenientes atento a otras consideraciones de diseño.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

B. Compatibilización y Verificaciones de Funcionamiento del Sistema de Generación.

Para cada una de las alternativas preseleccionadas se efectuaron cálculos adicionales a la optimización, necesarios para establecer la correcta operación del sistema global de generación. Dichos cálculos se utilizaron para comparar las alternativas desde el punto de vista de su funcionamiento y para verificar que, en cada caso, el sistema hidráulico propuesto sea compatible con los equipos mecánicos de generación, es decir turbinas y generadores. Esta compatibilidad se manifiesta a través de un estudio de regulación y estabilidad del sistema, sincronización, cambios momentáneos de presión y velocidad de rotación, velocidad de embalamiento, resonancia del sistema, tiempos de puesta en marcha del sistema hidráulico y del sistema mecánico y emplazamiento de las turbinas con relación a los límites de cavitación.

En estos análisis se adoptaron 4 turbinas de reacción tipo Francis, que son las que mejor se adecúan al rango de caídas y caudales disponibles. Además y en base a cálculos preliminares se preseleccionaron tres velocidades de rotación, 138,46; 150 y 200 rpm, correspondientes al entorno económico de diseño de la casa de máquinas, considerando los costos del equipo electromecánico principal (turbinas y generadores) y de la obra civil de la central.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Para cada una de estas velocidades las características de los grupos son distintas y, por consiguiente, es diferente su grado de compatibilidad con el sistema hidráulico optimizado.

Para cada alternativa, en las que se efectuó la optimización del sistema de aducción, conducción y restitución, y para cada rotación de la unidad turbina-generator se llevaron a cabo cálculos de:

- . Número de polos del generador para una frecuencia de 60 HZ.
- . Constantes máxima y mínima (normal) de regulación para el equipo turbina-generator.
- . Tiempo de puesta en marcha del sistema mecánico desde su posición estática hasta alcanzar la velocidad normal de rotación.
- . Inercia de la masa de agua en el sistema hidráulico desde el embalse hasta la restitución incluyendo espiral, turbina y tubo de succión.
- . Coeficiente característico de estabilidad del sistema hidráulico.
- . Tiempo de puesta en marcha de la masa de agua en el sistema de conducción.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- . Velocidad de embalamiento de las turbinas para casos de caída máxima, generador desconectado, compuertas completamente abiertas y regulador fuera de operación.
- . Cambios momentáneos de presión y velocidad de rotación causados por maniobras de demanda o rechazo de carga para distintos tiempos de cierre o abertura del regulador.
- . Estabilidad en función de los tiempos de puesta en marcha del sistema hidráulico y del mecánico.
- . Estabilidad y calidad de regulación, para los casos de operación de la central aislada o interconectada a un sistema de mayor capacidad instalada, en función del parámetro característico de estabilidad del sistema hidráulico frente a la constante de estabilidad del grupo turbina-generador.
- . Frecuencia natural del sistema y límites de resonancia.
- . Parámetros de cavitación y emplazamiento de las turbinas con respecto al nivel de restitución.

Se destaca que los cálculos anteriores se realizaron, en los casos de interés, para sistemas de conducción con y sin chimenea de equilibrio. Los criterios de estabilidad y regulación, cambios momentáneos de presión y velocidad, etc., se calcularon para el caso de uno, dos, tres y cuatro grupos en operación.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Finalmente, se realizó el cálculo de dimensionamiento de las chimeneas de equilibrio del tipo orificio restringido, incluyéndose la determinación de los niveles máximo y mínimo de oscilación para distintas maniobras de cierre o abertura del regulador, tiempos para alcanzar estos niveles, velocidades críticas en el sistema de conducción, sección y dimensiones del orificio, etc.

6. CRITERIOS Y PARAMETROS DE DISEÑO

6.1 ALIVIADERO

Para el dimensionamiento de las estructuras vertedoras, fijación del bordo libre de la presa y diseño de los muros laterales de rápidas, se utilizó como caudal de diseño el valor de la creciente $Q_{10.000}$ atenuada, y para el diseño de las obras de disipación de energía se utilizó el valor de la creciente Q_{500} atenuada.

El perfil de la cresta del vertedero se calculó como perfil hidrodinámico para garantizar presiones positivas en su superficie.

La longitud neta de la cresta fue calculada tomando en consideración tanto el efecto de las contracciones laterales en los estribos como el de contracciones en las pilas resultando en un coefi-

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

ciente de descarga igual a 2 en la fórmula:

$$Q = CLH^{3/2}$$

$$Q = \text{caudal, m}^3/\text{s}$$

$$L = \text{longitud neta de cresta, m}$$

$$H = \text{carga sobre la cresta, m}$$

En el trazado de las rápidas se adoptó una pendiente mínima del 2%, para asegurar así el mantenimiento del régimen supercrítico. Se buscó ajustar el trazado al perfil de la roca para cimentar sobre ella la solera de la rápida, y para proyectar el canal de la rápida como estructura encajada de manera que los muros laterales se apoyen sobre y contra roca.

En los casos en que se proyectó un ancho de la cresta del vertedero mayor que el ancho de la rápida se adoptó una transición gradual y un valor pequeño de la relación de contracción con el fin de minimizar la generación de ondas y las sobreelevaciones del tirante.

Las velocidades y tirantes a lo largo de la rápida se determinaron tomando en consideración las pérdidas correspondientes a n de Manning igual a 0,014. En la determinación de tirantes para proyecto de los muros laterales se tomó en consideración el efecto

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

del aire atrapado cuya concentración se determinó en base a fórmulas empíricas, como función de la velocidad del agua y el caudal específico ().

En el cálculo de las estructuras para disipación de energía no se consideró el efecto de aire atrapado. De esta manera se obtiene un diseño conservador ya que la energía específica prevista resulta mayor.

En los casos en que se proyectó deflectores terminales o trampolines se adoptó un ángulo de salida de 25° y radio de curvatura igual a 5 veces el tirante para el caudal máximo. De esta manera se asegura una corriente concéntrica y presiones que no exceden el 45% de la altura dinámica.

Se estableció la trayectoria del chorro, para diversos caudales, y se verificó que el punto de incidencia del mismo se encuentre suficientemente alejado de las estructuras terminales. Además se previó la excavación de un cuenco suficientemente amplio y profundo, ubicado en roca sana, para el control de la erosión.

Para prevenir el efecto de eventuales embanques que afecten a la descarga de la central, se diseñó, aguas abajo de la salida, un canal excavado en aluvial y cuyas dimensiones permiten la erogación

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

del caudal máximo turbinado ($524,4 \text{ m}^3/\text{s}$) con una velocidad media de $0,5 \text{ m/s}$.

En los casos en que se adoptó un cuenco dissipador, se optó por el diseño del tipo solera inclinada combinado con un tramo de solera horizontal, a fin de adecuar su funcionamiento hidráulico a los altos niveles de restitución existentes para caudales bajos luego de la construcción del contraembalse de Malo y obtener economías en la longitud del cuenco, altura de los muros laterales y volumen necesario de excavación.

El cálculo del dissipador con solera inclinada se efectuó por tanteos, asumiendo diversos puntos de inicio de la solera inclinada y diversos ángulos de inclinación dentro del rango de $5,7$ a $14,0^\circ$. Las dimensiones y profundidad necesaria del cuenco se establecieron en base a la metodología propuesta por el USBR (Peterka) (), suponiendo el inicio del resalto para caudal máximo coincidente con el inicio del tramo inclinado de solera del cuenco dissipador y verificando el funcionamiento para caudales iguales a $1/2$ y $1/4$ del máximo. La longitud adoptada del cuenco dissipador consideró una reducción del 40% respecto a la teórica, en base a experiencias anteriores y en función de las características del material de fundación del canal de descarga.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Se adoptó un trampolín tipo dentado con el fin de minimizar la erosión del mismo con un ángulo de salida de 45° . El cálculo de la ubicación en cota y radio necesario del trampolín se efectuó de acuerdo a la metodología y ábacos empíricos propuestos por Peterka, USBR (), verificándose el correcto funcionamiento para caudales máximos, así como para $1/2$ y $1/4$ del máximo. La longitud de las paredes laterales del cuenco se adoptó igual a $4/5$ del tirante máximo de aguas abajo ().

Las velocidades máximas en los canales de descarga de las alternativas con cuenco dissipador y trampolín sumergido son del orden de $2,5 \text{ m/s}$ y el emplazamiento de estas estructuras se efectúa en roca sana tanto para la solera como para los muros laterales.

6.2 OBRAS DE DESVIO Y DESCARGA AUXILIAR

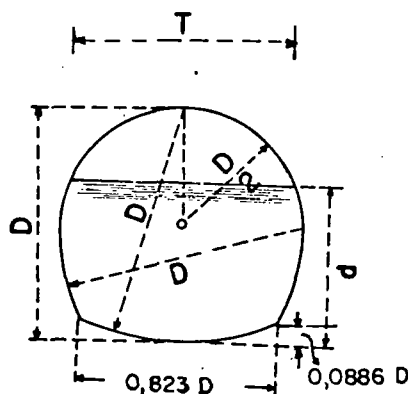
Se adoptó una sección tipo herradura de los túneles con el objeto de facilitar la construcción y mejorar las condiciones de escurrimiento a superficie libre, que es la que se produce durante todo, o casi todo, el rango de funcionamiento.

En la hoja N° 49 se muestran las expresiones analíticas utilizadas para el procesamiento de datos y cálculo de pérdidas hidráulicas, considerándose un coeficiente de rugosidad, n de Manning, igual a $0,013$.

CONDUCTO DE SECCION EN FORMA DE HERRADURA

FORMULAS PARA CALCULAR EL AREA MOJADA (A)

PERIMETRO MOJADO (P) Y ANCHO SUPERIOR (T)



I Si: $0 < d \leq 0,0886 D$

$$A = \frac{D^2}{2} (2\theta - \sin 2\theta)$$

$$P = 2 D \theta$$

$$T = 2 D \sin \theta$$

$$\left. \begin{array}{l} A = \frac{D^2}{2} (2\theta - \sin 2\theta) \\ P = 2 D \theta \\ T = 2 D \sin \theta \end{array} \right\} \theta = \cos^{-1} \left(1 - \frac{d}{D} \right)$$

II Si: $0,0886 D < d \leq \frac{D}{2}$

$$A = \frac{D^2}{4} (1.747 - 4\psi - 2 \sin 2\psi + 4 \sin \psi)$$

$$P = \frac{D}{2} (3.393 - 4\psi)$$

$$T = D (2 \cos \psi - 1)$$

$$\left. \begin{array}{l} A = \frac{D^2}{4} (1.747 - 4\psi - 2 \sin 2\psi + 4 \sin \psi) \\ P = \frac{D}{2} (3.393 - 4\psi) \\ T = D (2 \cos \psi - 1) \end{array} \right\} \psi = \sin^{-1} \left(0,5 - \frac{d}{D} \right)$$

III Si: $\frac{D}{2} < d \leq D$

$$A = \frac{D^2}{4} (1.747 + \delta + 0,5 \sin 2\delta)$$

$$P = \frac{D}{2} (3.393 + 2\delta)$$

$$T = D \cos \delta$$

$$\left. \begin{array}{l} A = \frac{D^2}{4} (1.747 + \delta + 0,5 \sin 2\delta) \\ P = \frac{D}{2} (3.393 + 2\delta) \\ T = D \cos \delta \end{array} \right\} \delta = \sin^{-1} \left(2 \frac{d}{D} - 1 \right)$$

Nota: Expresar los ángulos θ , ψ y δ en radianes

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El escurrimiento en la entrada es a sección llena para $H \geq 1,5 D$, donde:

H = Carga hidráulica sobre la solera del túnel

D = Diámetro del túnel en la sección de entrada

Las condiciones de escurrimiento en la descarga son a vena libre cuando la cota del tirante más la altura de velocidad del flujo, en la sección de descarga, sean mayores o iguales que el N.A. Rest. correspondiente.

En función de la carga hidráulica sobre la solera del túnel en la entrada, se asume una variación lineal de la curva de descarga en el tramo de transición entre escurrimiento a sección llena y escurrimiento a superficie libre.

Se considera que la cota de entrada de los túneles debe ser tal que asegure la erogación del caudal de diseño de la preatagüa con alturas de preatagüa no superiores al 60% de la altura de la atagüa. El caudal de diseño de la preatagüa se adopta igual al Q_{20} de la época seca, calculado para un período de 4 meses que es el periodo estimado para la construcción de esta obra.

Para la etapa inicial de los estudios de desvío, en que se estudiaron alternativas de trazado de túneles en ambas márgenes, conec-

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

tados o no a obras permanentes, se preparó un programa de cálculo que se adecúa a todas las posibilidades de desvío del río; incluyendo diferentes diámetros y cotas de portales de entrada y salida y pendientes en los túneles, diversas condiciones hidráulicas en la entrada con control en la entrada primero y en el túnel y la descarga después.

Se consideraron condiciones de descarga tanto libre como ahogada y funcionamiento del túnel a sección llena y a superficie libre y niveles de restitución menores o mayores que el tirante crítico más la cota de la solera en la sección de salida, etc.

Una vez efectuados los cálculos preliminares que definieron un rango óptimo de diámetro de túneles, en función de las varias combinaciones de utilizarlos como aliviaderos y descarga auxiliar. Se adoptaron los siguientes criterios para el diseño final de estas obras:

- Optimización dentro del rango de diámetros de 9 a 13 m y número de túneles igual a 2.
- Pendiente en los túneles constante e igual a 2%.
- Cota del eje del túnel en el portal de entrada constante e igual a 1.268,50 m.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- Condiciones de escurrimiento en la entrada para $H \geq 1,5 D$ a sección llena con control de caudales en la entrada. El caudal efluente de la entrada fue calculado con la fórmula del orificio con coeficiente de entrada igual a 0,85.
- Condiciones de descarga a vena libre para todo el rango de caudales, desde cero hasta el caudal máximo efluente de la onda atenuada.

Para los diámetros óptimos se calculó el perfil de agua para $Q_{\text{máx}}$ durante el funcionamiento como desvío, considerando la influencia del aire atrapado. Se observa que el régimen es supercrítico en toda la longitud del túnel y que, debido a la pendiente adoptada y la relativamente corta longitud de los túneles, no se alcanza el tirante normal en la descarga.

A la salida de los túneles se diseñó un tramo de rápida con solera curva y un cuenco disipador. La función de esta solera es alcanzar, en el tramo más corto posible, la cota necesaria para la correcta formación del resalto. El cuenco disipador se calculó en base a los ábacos y metodología del Bureau of Reclamation ().

Para la descarga auxiliar se estableció como condición de diseño la erogación de un caudal mínimo de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ cuando el nivel del

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

embalse se encuentre en su mínimo normal de operación. Esta condición permite el futuro funcionamiento continuo de la central del Codo Sinclair. Se verificó también su capacidad de forma de permitir un adecuado llenado del embalse durante la construcción de la presa. En las alternativas en que se aprovecha uno de los túneles de desvío para su construcción, se prevé funcionamiento a superficie libre, aguas abajo de las válvulas de control del flujo, y un diseño adecuado para evitar los eventuales efectos de cavitación en el hormigón de revestimiento del túnel.

6.3 GENERACION

- Datos Generales

En base a los estudios de optimización, realizados a nivel de cuenca en la etapa de Prefactibilidad, se pudo definir las siguientes características principales del aprovechamiento:

. Potencia instalada	560 MW
. N.A. Máximo Normal	1.385 m
. N.A. Mínimo Normal	1.348 m

Posteriormente, se realizaron análisis y cálculos que permitieron iniciar el estudio de optimización de las varias estructuras a nivel de Factibilidad. De los mismo se obtuvieron los siguientes

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

parámetros que se adoptaron como constantes durante esta etapa de los estudios.

. Caudal firme - Q_r	308,40 m ³ /s
. N.A. Restitución (500 m ³ /s)	1.261,50 m
. N.A. Restitución (150 m ³ /s)	1.260,20 m
. N.A. medio ponderado en el embalse	1.371,00 m
. Número de grupos - N_u	4
. Rendimiento de las turbinas - η_t	92%
. Rendimiento de los generadores - η_g	98%
. Factor de potencia - F_p	0,90
. Aceleración de la gravedad - g	9,78 m/s ²

- Pérdidas Hidráulicas

El cálculo de las pérdidas hidráulicas en el sistema de conducción, se realizó teniendo en cuenta las pérdidas por fricción y las pérdidas localizadas en rejas, compuertas, transiciones, válvulas, etc.

Las pérdidas por fricción se calcularon utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach,

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{16 Q^2}{2g \pi^2 D^4}$$

donde:

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- h_f = pérdida por fricción, m
- Q = caudal en la conducción, m^3/s
- L = longitud de la conducción, m
- D = diámetro interno, m
- f = factor de fricción
- g = aceleración de la gravedad, m/s^2

El factor de fricción se calculó en función del diámetro y la rugosidad relativa mediante:

$$f = \left[2 \log \left(\frac{D}{K} \right) + 1,14 \right]^{-2}$$

expresión aplicable al escurrimiento en estas conducciones en el cual el número de Reynolds, por el regimen turbulentos, no tiene influencia apreciable. Los valores de rugosidad absoluta, k , se adoptaron iguales a:

Para hormigón $k = 0,00030 \text{ m}$

equivalente a un acabado relativamente bueno.

Para acero $k = 0,0015 \text{ m}$

equivalente a ligera oxidación presente en el blindaje.

Ambos valores de k corresponden a situaciones medias a lo largo

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

de la vida útil, supuesto un mantenimiento adecuado y normal. Las pérdidas localizadas se calcularon en función de la carga, o altura de velocidad, mediante la ecuación general

$$h_m = K_m \frac{16 Q^2}{2g \pi^2 D^4}$$

donde:

h_m = pérdida localizada, m

K_m = coeficiente característico del tipo de pérdida
(codos, transiciones, válvulas, etc.)

Los valores numéricos de K_m para cada pérdida localizada aparecen explícitamente en la correspondiente memoria de cálculo que se presenta en el Apéndice II de este Anexo.

- Valorización de Potencias y Energías

El caudal máximo para optimización del sistema hidráulico se obtuvo de la relación:

$$P_i = g \eta_T \eta_g Q_{\max} (H_{\max} - K Q_{\max}^2)$$

donde:

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

P_i = Potencia instalada igual a 560.000, Kw

H_{max} = salto medio bruto, m

K = coeficiente de pérdidas totales

Q_{max} = caudal necesario para general 560.000 Kw, m³/s

Establecidos K y Q_{max} para cada caso, se calcularon, en base a criterios de similitud dinámica en turbinas de reacción, los valores de:

$$Q_{med} = Q_{max} \left[\frac{H_{med} - KQ_{med}^2}{H_{max} - KQ_{max}^2} \right]^{1/2}$$

$$P_{med} = P_i \left[\frac{H_{med} - KQ_{med}^2}{H_{max} - KQ_{max}^2} \right]^{1,5}$$

$$Q_{min} = Q_{max} \left[\frac{H_{min} - KQ_{min}^2}{H_{max} - KQ_{max}^2} \right]^{1/2}$$

$$P_{min} = P_i \left[\frac{H_{min} - KQ_{min}^2}{H_{max} - KQ_{max}^2} \right]^{1,5}$$

donde H_{med} y H_{min} son los saltos brutos medio y mínimo y KQ_{med}^2 , KQ_{min}^2 las pérdidas correspondientes.

Definiendo el factor de planta como

$$F_p = \frac{\text{Energía media anual (MW)}}{\text{Potencia instalada (MW)}}$$

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

el número de horas anuales de funcionamiento de la central, N_H , será:

$$N_H = 8.760 \times F.P.$$

Con estos datos las energías anuales producidas serán:

$$\text{Energía primaria o firme} = N_H P_{\min} \text{ (Kw/año)}$$

$$\text{Energía secundaria} = N_H (P_{\text{med}} - P_{\min}) \text{ (Kwh/año)}$$

Las pérdidas de energía y potencia se valorizaron en base a los costos marginales suministrados por INECEL y mencionados en la Sección de Metodología.

- Costo de Construcción

Los costos de construcción, para propósitos de optimización, se obtuvieron del Manual de Costos del Proyecto.

Cálculos estructurales preliminares indicaron que el espesor del revestimiento de hormigón de los túneles de baja presión podía tomarse como 1/20 del diámetro, mientras que para los de alta presión podría tomarse un valor constante de 0,50 m.

Adicionalmente, el espesor del blindaje se estableció en 0,015 m

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

para túneles de hasta 5,75 m de diámetro y 0,018 para diámetros de hasta 6,50 m. Obviamente estos valores no coinciden con los valores reales calculados posteriormente, pero para efectos de optimización son suficientemente aceptables, aún más considerando que el mismo criterio se utilizó en todos los casos.

En los costos se incluyeron rubros como sobreexcavaciones hasta la línea de pago, gunitado, limpieza de escombros, tratamientos de consolidación y anclajes, etc.

- Cálculos de Verificación del Funcionamiento del Sistema de Generación

Estos cálculos se llevaron a cabo en base a los siguientes criterios:

- . La inercia del sistema turbina-generador, WD^2 , se calculó en función de la potencia nominal de la turbina y su velocidad de rotación.
- . El diámetro de descarga del rodete, D_3 , se estimó en función de la velocidad específica de la turbina y el salto neto de diseño (salto neto medio ponderado).

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- . El tiempo de puesta en marcha del sistema mecánico, T_m , fue establecido en función de la inercia del grupo, la velocidad de rotación y la potencia nominal (máxima) de la turbina.
- . La inercia de la masa de agua en la conducción se calculó asumiendo la teoría de columna rígida de agua.
- . Las inercias de la masa de agua en la cámara espiral, turbina y tubo de succión fueron estimadas en función del diámetro D_3 .
- . Para calcular el tiempo de puesta en marcha del sistema hidráulico, T_w , se admitió también la teoría de columna rígida.
- . Las constantes de regulación, K_d (máx) y K_d (mín), fueron obtenidas en función de la inercia del grupo, la velocidad de rotación y la potencia nominal de la turbina.
- . Los parámetros de estabilidad característicos del sistema hidráulico se calcularon en base a la inercia de la masa de agua y el salto neto nominal (salto neto máximo).
- . La velocidad de embalamiento se calculó en función de la velocidad específica, la velocidad sincrónica y la relación entre los saltos nominal y de diseño netos, asumiéndose el embalse

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

en su máximo nivel, el generador desconectado, los distribuidores de la turbina abiertas y el regulador inoperante.

- . Las elevaciones momentáneas de velocidad, por rechazo total de carga, se calcularon en función de distintos tiempos de cierre del regulador y del tiempo de puesta en marcha del sistema mecánico; se incluyó en este cálculo el efecto de golpe de ariete. Se utilizó una ecuación de ajuste para la curva recomendada por el "U.S. Bureau of Reclamation" ().
- . Los cambios de presión momentáneos causados por golpe de ariete fueron calculados por iteración aritmética, tomando como modelo una curva típica de cierre del regulador () y a la descarga en función de la raíz cuadrada de la carga instantánea. Para este cálculo se tomó en cuenta la velocidad de propagación de las ondas elásticas con módulos de elasticidad de 21.000 kg/cm^2 para el agua y 250.000 kg/cm^2 para la roca.
- . El parámetro de cavitación de Thoma se estimó en función de la velocidad específica.
- . La distancia desde el plano crítico de cavitación al eje de la cámara espiral se calculó mediante ecuación ajustada a la curva recomendada por el "U.S. Bureau of Reclamation" (), la misma que está en función de la velocidad específica de la turbina.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- . La sumergencia de la turbina se calculó asumiendo una temperatura del agua de 16° (presión de vapor = $0,018 \text{ kg/cm}^2$) y una presión atmosférica de $0,875 \text{ kg/cm}^2$.
- . Las chimeneas de equilibrio, sus dimensiones, oscilaciones, tiempos de máximas y mínimas, etc., se calcularon con el método de Johnson ().

Todas las ecuaciones pertinentes a los cálculos anteriormente expuestos se presentan en la memoria de cálculo correspondiente, en el Apéndice II de este Anexo.

6.4 PRESA

- Estudios de Licuefacción

Los estudios de licuefacción se basaron en los métodos y criterios presentados en las siguientes publicaciones:

- . "Evaluation of Soil Liquefaction Potential during Earthquake" por H. Bolton Seed, Ignacio Arango y Clarence K. Chan. Report prepared to the U.S. Nuclear Regulatory Commission by Shannon & Wilson and Agdabian Associates, Oct. 1975.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- . "Evaluation of Liquefaction Potential of Sand Deposits based on Observation of Performance in Previous Earthquakes" by H. Bolton Seed and Kenneth L. Lee. Paper presented at the advisory meeting on Earthquake Engineering and Landslides, Taipei, Taiwan, Aug. 1977.
- . "Intensity of Earthquake Shaking Near the Causative Fault" by G.W. Housner, Proceedings of the Third World Conference on Earthquake Engineering, 1965.
- . "Preliminary Seismic Hazard Study for the Salado Dam Site". Report prepared by Woodward-Clyde Consultants, May 15, 1978.
- . "Evaluation of Liquefaction Potential at the Foundation of the Proposed Salado Dam" by James L. Sherard and Ignacio Arango, June 16, 1978.

Los parámetros numéricos utilizados fueron:

- . Valores de la resistencia a la penetración (SPT) obtenidos en las perforaciones geológicas realizadas en los aluviones arenosos.
- . Mínima distancia a la probable falla activa más cercana = 10 km

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- . Magnitud del sismo de prediseño de la escala Richter = 6,5
- . Aceleración máxima = 0,40 g
- . Pesos específicos del aluvión saturado = 2 t/m^3 y sumergido = 1 t/m^3
- . Niveles de agua en la superficie del terreno natural
- Verificaciones Expeditivas de la Estabilidad de la Presa
- . Estabilidad Estática

Los cálculos de la estabilidad de la presa fueron ejecutados de acuerdo con el método de Janbu (1954).

Para el talud de aguas arriba se admitió un descenso rápido del nivel de agua utilizando los siguientes parámetros de resistencia en términos de tensiones totales:

Lahar (zona 1)	$c = 0$	$\phi = 25^\circ$
Grava (zona 2)	$c = 0$	$\phi = 40^\circ$
Escoilerado (zona 5)	$c = 0$	$\phi = 40^\circ$
Limo de las cimentaciones	$c = 0$	$\phi = 10^\circ$

Factor de seguridad mínimo aceptable = 1,2

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Para el talud de aguas abajo se consideró el embalse lleno utilizando los siguientes parámetros de resistencia en términos de tensiones efectivos:

Lahar (zona 1)	$c' = 0$	$\phi' = 25^\circ$
Grava (zona 2)	$c' = 0$	$\phi' = 40^\circ$
Limo de las cimentaciones	$c' = 0$	$\phi' = 15^\circ$
Factor de seguridad mínimo aceptable = 1,5		

Las subpresiones varían en línea recta desde el eje de la cortina de inyecciones hasta la línea de pozos de alivio al pie del talud de aguas abajo, entre las cotas 1325 y 1260.

- Estabilidad Dinámica

El método usado fue el de Janbu suponiendo el embalse lleno y utilizando los siguientes parámetros de resistencia en términos de tensiones efectivas:

Lahar (zona 1)	$c' = 0$	$\phi' = 25^\circ$
Grava (zona 2)	$c' = 0$	$\phi' = 40^\circ$
Escollera (zona 5)	$c' = 0$	$\phi' = 40^\circ$
Limo de las cimentaciones,		
aguas arriba	$c' = 0$	$\phi' = 10^\circ$
aguas abajo	$c' = 0$	$\phi' = 15^\circ$

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

La variación de las subpresiones para la parte aguas abajo de la línea de inyecciones, se admitió igual que en el análisis estático. Para la sección aguas arriba de la línea de inyecciones se adoptó la presión hidrostática total sobre la cortina y cuando se sustituye ésta por un delantal impermeable, una presión variable que se identifica con la continuación de la línea recta de presiones admitida para la parte de aguas abajo.

Los incrementos de las subpresiones estáticas generadas por sismos de distintas aceleraciones son los siguientes:

Aceleraciones	Incremento % de Subpresiones
0,10 g	0 a 40
0,20 g	20
0,30 g	40

Factor de seguridad mínimo aceptable = 1,0

- Impermeabilización de la Cimentación

Los criterios y parámetros asumidos para el tratamiento y la impermeabilización del aluvión de las cimentaciones, están descritos en el informe "Coca Hydro Project: Foundation Underseepage Control Grout Curtain" by J. Janin and M. Guillaud, Sol-Expert International Quito, Mayo 19, 1978, presentado en el Apéndice II del Anexo II del Informe de Factibilidad intitulado "Geología, Sismología y Mecánica de Suelos".

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

6.5 DISEÑO ESTRUCTURAL

- Obras Subterráneas

En túneles con escurrimiento a superficie libre y cavernas menores se prevén trabajos de estabilización de la roca adoptando anclajes, inyecciones y gunite, y colocando luego un revestimiento adecuado.

Para los túneles a presión se adopta como la sollicitación más desfavorable la presión interna. Para el diseño y verificación de los espesores de revestimiento se utilizaron ecuaciones basadas en la compatibilidad de deformaciones del hormigón y la roca, o el hormigón, la roca y el acero cuando fue el caso.

- Muros y Soleras

Para el diseño de los espesores de las losas de soleras de canales, rápidas y disipadores se consideraron la subpresión y las cargas dinámicas. Las losas de los cuencos disipadores se proyectaron con espesor adecuado para tener en cuenta las vibraciones, o variaciones de presiones, introducidas durante la formación del resalto. Se buscó, en general, evitar la ejecución de losas de espesores excesivos a través del diseño de anclajes y drenes.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

En los muros se siguió también el criterio general de aprovechar la colaboración del macizo rocoso mediante su empotramiento o semiempotramiento en la roca, la utilización de anclajes y el alivio de la subpresión por drenes.

Este tipo de diseño permite economías considerables sobre todo en los altos muros laterales de los cuencos disipadores. Cuando esto no resultó posible, se dimensionaron los mismos en forma convencional utilizando muros de gravedad o con contrafuertes verificando su estabilidad al vuelco y deslizamiento y las presiones máximas de fundación.

- Aliviadero

Los cálculos de estabilidad consideraron básicamente la seguridad al volcamiento, al deslizamiento y a la flotación.

El deslizamiento se verificó con la fórmula de corte-fricción. El cálculo de la subpresión consideró la misma actuante sobre el 100% del área y un abatimiento en correspondencia con la línea de drenes del 60% de la diferencia entre los valores de la subpresión en los extremos aguas arriba y aguas abajo de la estructura. Se consideraron como cargas actuantes, además de la subpresión, el empuje de agua estático y dinámico, el peso de la estructura y el

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

efecto sísmico sobre la misma adoptando una aceleración del sismo igual a 0,4 de la gravedad.

- Casa de Máquinas Subterránea

En la bóveda, paredes y pisos se consideró estabilización mediante anclajes, inyecciones y gunite. Se adoptó adicionalmente un revestimiento calculado para soportar cargas estimadas considerando la estabilización previa del macizo.

- Central Exterior

La central exterior se calculó en forma convencional considerando las cargas actuantes sobre el pórtico y losas principales y la presión lateral de agua existente luego de construido el contraembalse de Malo.

- Estructuras Secundarias

En estas estructuras se adoptaron, en general, espesores estimados en base a experiencias de obras anteriores de similares características.

Para el prediseño de todas estas estructuras se utilizaron las siguientes normas:

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- . American Concrete Institute, ACI, 1971.
- . American Association of State Highway Officials, AASHO, 1973.
- . Asociación Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, 1970.

6.6 EQUIPOS ELECTROMECHANICOS PRINCIPALES

6.6.1 Equipos Eléctricos

- Generadores

Se adoptaron generadores tipo umbrella de 155,56 MVA cada uno, en función de la potencia nominal de las unidades y considerándose un factor de potencia de 0,9.

Con este valor del factor de potencia en atraso, se obtiene una compensación de reactivos dentro de límites económicos, mediante un generador de capacidad entre 100 y 200 MVA. La tensión de generación de 13,8 KV adoptada conduce también a un diseño económico del generador.

Otros parámetros tales como la relación de cortocircuito y los valores de impedancia serán determinados en otra fase del Proyecto, cuando se tenga mejor información sobre el sistema eléctrico ecuatoriano.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Los generadores estarán dotados de un sistema de excitación, totalmente estático, alimentado por transformador que se conectará a la salida del generador, en bloque y barras blindadas dada la potencia de la máquina y la elevada corriente que debe transmitirse.

Un cubículo que contiene los pararrayos, capacitores y transformador de potencial, protegerá los generadores contra impulsos de sobretensión provenientes del sistema a través de los transformadores elevadores.

Por razones de limitación de peso para el transporte (70 t), no fue prevista la clásica conexión generador - transformador trifásico, de 160 MVA en este caso, sino la conexión generador a banco de transformadores monofásicos de 160 MVA (3 x 53,3 MVA). Se examinó también la posibilidad de conectar un generador a dos transformadores trifásicos de 80 MVA. En este caso, aún sin considerar el empleo de interruptores en el lado de alta y en el de baja tensión de los transformadores, que serían útiles desde el punto de vista de flexibilidad operacional y de selectividad de la protección, correse el riesgo de obtener unidades transformadoras que sobrepasen el límite de peso impuesto.

Por otro lado, considérase que el empleo de la conexión generador a dos transformadores trifásicos, se justifica más en el caso de

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

generadores de gran potencia y transformadores igualmente grandes, donde el empleo de interruptores, tanto en lado de alta como en el de baja tensión, no acarrea apreciable elevación al costo del conjunto generador transformadores trifásicos.

Los transformadores para la central subterránea fueron previstos con refrigeración en agua y salidas con terminales por cables en aceite, dirigidos hacia abajo, a fin de reducir sus dimensiones, puesto que serían instalados en caverna donde el costo de excavación es alto.

- Conexión Transformadores Elevadores-Subestación 230 KV

En el caso de la casa de máquinas a cielo abierto, esta conexión se hará con líneas aéreas, en uno o más vanos, por ser lo más económico.

Para la casa de máquinas subterránea, la ligazón sería con cables en aceite siendo ésta la solución más experimentada y más tradicional. Sobre la conexión de los transformadores elevadores con la subestación mediante tubos conductores en SF6, se puede decir que no se tiene aún una experiencia comprobada, a más de que estos tubos son normalmente fabricados sólo para altas capacidades de corriente, lo que volvería onerosa su utilización.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- Servicios Auxiliares

Se prevén dos transformadores con regulación automática bajo carga, trifásicos, de 3.000 KVA cada uno, 13,8-13,8 KV, delta-estrella, con neutro puesto a tierra, como fuentes principales de alimentación para los servicios auxiliares.

Los dos transformadores estarán ligados a las salidas de dos de los generadores, uno por generador, y pueden también ser alimentados, a través de los bancos de transformadores elevadores, desde el sistema de 230 KV, en el caso de generador parado para fines de mantenimiento. En esta condición, un seccionador entre el generador y la derivación para el transformador de servicios auxiliares permitirá la alimentación de éste cuando el generador estuviera fuera de servicio.

Los transformadores autorregulados de 3.000 KVA 13,8-13,8 KV, alimentarán a otros transformadores 13,8-0,480 KV, destinados a los servicios de los grupos, servicios generales de la casa de máquinas, obras hidráulicas y subestación.

La razón para obtener una distribución primaria de 13,8 KV, entre los transformadores principales autorregulados de 3.000 KVA y los diversos puntos de carga, en lugar de tenerla a 480 V, es que con

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

3.000 KVA y con una relación 13,8-0,480 KV, se tendrían corrientes elevadas en los circuitos de distribución además de altos valores de cortocircuito.

Se prevé un generador diesel de emergencia, de 1.000 KVA para la alimentación de cargas esenciales, en el caso de parada de la central.

- Comando, Control y Protección

Toda la operación de la casa de máquinas y de la subestación deberá ser comandada y controlada desde una sala única, que deberá estar localizada en una posición estratégica con relación a la casa de máquinas y la subestación.

En efecto, conviene que esta sala de comando esté situada en un edificio (de comando y administración) próximo a la subestación, porque la cantidad de cables de control, para ésta, es mayor que para la casa de máquinas. Otra ventaja sería el hecho de poder tener los relés de protección en el edificio de comando, al mantenerse distancias razonables entre los transformadores y transductores de medición.

Desde la sala de comando centralizado, será posible el comando de

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

arranque y parada de las unidades generadoras y todas las maniobras de la subestación, En esta sala serán instalados los tableros de comando, control y medición, y el cuadro de control hidráulico que tendrá mediciones de niveles, caudales y volúmenes, permitiendo la operación manual o automática del sistema hidráulico. El equipamiento de la protección podrá ser instalado en la misma sala o en otra contigua.

Se prevén cuadros de protección y control local de los grupos, situados en la proximidad de éstos, que serán útiles, principalmente, en el período de recepción.

Los paneles de protección incluirán también los transductores para medición y los relés auxiliares para comando, señalización e interbloqueo.

El comando local de los equipos de la subestación, que están constituidos por interruptores y seccionadores, deberá ser hecho desde los armarios de comando de los propios equipos de maniobra.

La sala de comando centralizado deberá tener el espacio suficiente para la instalación futura del equipo registrador de eventos (data logger), equipo remoto de transmisión de datos para control supervisivo y equipo de control de carga y frecuencia.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El registrador de eventos podrá permitir la supervisión de la central, de la subestación y de la sala de comando centralizado con el auxilio de teleregistradores y aparatos de video instalados junto al pupitre de comando.

El equipo de control y de carga-frecuencia, posibilitará la supervisión de los equipamientos de la central y de la subestación y el control de carga-frecuencia de la central, por medio del control conjunto de la potencia activa (joint control), a partir de un centro remoto de despacho de carga de INECEL.

La sala de comando centralizado será climatizada, y si hubiera sala de relés, ésta también tendrá climatización cuando aquellos fueren del tipo estático.

- Subestación Salado 230 KV

Los estudios realizados conducen a la solución de subestación convencional a cielo abierto, aguas abajo de la presa, aún en el caso de central subterránea, pues sería un riesgo adoptar la solución en SF6 que debería ser, también, subterránea con salidas de línea en la ladera del morro.

Los sitios en la ladera del morro, donde podrían salir los termina-

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

les de cables para su conexión con las líneas aéreas, serían plataformas excavadas en lugares de gran pendiente lo cual, además de acarrear una construcción difícil presentaría el riesgo de deslizamientos que dañarían los terminales de los cables en aceite de 230 KV, provocando interrupciones de energía y costosas reparaciones o reposiciones.

Los análisis de adoptar una subestación en SF6 para la central a cielo abierto indicaron que no se obtendrían ventajas técnico-económicas.

El esquema de la subestación es el de doble barra, con interruptor simple y seccionador de desvío (by-pass) para los campos de maniobra de líneas, e interruptor de transferencia de modo de satisfacer, parcialmente, el esquema ya adoptado por INECEL.

Se prevé un seccionador de desvío sólo para los campos de línea, debido a la mayor ocurrencia de cortocircuitos en líneas, lo que llevaría, inclusive, a la necesidad de inspección de contactos en condiciones de emergencia.

En cambio, los interruptores de generadores raramente operan por cortocircuitos, pudiéndose hacer su inspección, o mantenimiento, en forma programada con la salida de operación del grupo correspondiente.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Por otro lado, al utilizarse by-pass de grupo, se tendría la des-ventaja de la gran complejidad en el circuito de transferencia de la protección del grupo generador-transformador, desde el interruptor de grupo al interruptor de transferencia.

La concepción del comando, control, protección y alimentación en corriente alterna es conforme lo descrito anteriormente.

El sistema de corriente continua de la subestación deberá tener doble fuente principal (cargador batería), en 125 V, para el control y la protección.

- Subestación Quito 230 KV

El esquema de esta subestación es similar al de la subestación de Salado y corresponde al adoptado por INECEL en el Sistema Nacional Interconectado, esto es, doble barra, un interruptor, seccionador de desvío (by-pass) para el interruptor e interruptor de acoplamiento de barras. El tipo y clase de equipamiento responde al mismo criterio de normalización.

La localización tentativa de esta subestación, en el área de la parroquia de Calderón, ha sido establecida por estar el sitio, al menos por el momento, apartado de los lugares de crecimiento habi-

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

tacional, accesible y se prestaría para la interconexión de la subestación con el sistema de Quito, en su costado norte, y con otros sistemas.

- Líneas de Transmisión Salado-Quito 230 KV

En el estudio de Prefactibilidad se indicó una concepción del sistema de transmisión, del esquema integrado de aprovechamientos, que incluye líneas a 500 KV desde el Codo Sinclair hasta Quito y líneas a 230 KV desde cada una de las centrales de aguas arriba hasta el sitio Borja, en donde se ligarían a las líneas de 500 KV a través de la correspondiente transformación.

Entretanto y para esta fase de los estudios, INECEL decidió que se realice el prediseño como línea aislada a 230 KV, utilizando las estructuras normalizadas para el Sistema Nacional Interconectado. La transmisión se hará por dos líneas de doble circuito entre Salado y Quito, de la configuración para la zona 2 que corresponde a sectores del territorio nacional situados a más de 1.000 m.

Se ha examinado la capacidad de transporte de estas líneas, y se verificó que conduciendo cada línea de doble circuito unos 270 MW (50% de la potencia instalada en Salado), las líneas estarían

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

operando con 1.15 veces el SIL de las mismas, aproximadamente; condición que sería muy aceptable, dado que las líneas tendrán una longitud de sólo unos 120 km. Por otra parte la transmisión por dos líneas de 230 KV, confiere al sistema una buena flexibilidad y seguridad operacional.

6.6.2 Equipos Mecánicos

- Centrales y Bocatomas

Las turbinas son de tipo Francis de eje vertical acopladas directamente al generador. La cota de su distribuidor fue fijada con relación al nivel de restitución y considerando una turbina en funcionamiento, de manera a reducir al mínimo las averías por cavitación. Se han adoptado 4 unidades atento al crecimiento anual del mercado eléctrico proyectado para la segunda mitad de la década 1980-1990 y a la máxima capacidad unitaria prevista para el sistema nacional en este período.

Sus características físicas y operacionales son similares a turbinas ya fabricadas y funcionando satisfactoriamente en proyectos similares.

Para la central exterior, se ha previsto una válvula mariposa

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

a la entrada de cada turbina y con capacidad para cerrar contra el caudal máximo, para facilitar el mantenimiento e inspección de la unidad sin necesidad de vaciar los túneles de alta y baja presión. Se podrá analizar, eventualmente, la conveniencia de sustituir la válvula mariposa por una compuerta cilíndrica montada directamente sobre el anillo de la turbina. Para la central subterránea, el aislamiento de la turbina del sistema de conducción no se hace imprescindible debido a que cada unidad es alimentada por un túnel independiente de alta presión.

A la entrada de las bocatomas de las conducciones, se prevén compuertas planas con sus respectivos paneles de cierre. Las compuertas son dimensionadas para cortar el flujo de agua en caso que fallen los otros mecanismos automáticos de cierre, lo cual permitirá también la inspección y mantenimiento de los túneles.

Los tubos de succión son del tipo convencional para las centrales exteriores, donde el ancho es superior a la altura con el objeto de minimizar el volumen de hormigón en la subestructura. En cambio para la central encavernada el tubo de succión es casi cuadrado a fin de minimizar las excavaciones.

Se prevén dos juegos de paredes de cierre del tubo de succión, maniobrados por un pórtico móvil, para que se tenga uno disponible

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

mientras esté en servicio el otro juego.

Se consideran dos puentes grúas con capacidad total suficiente para que, cuando sean acoplados, puedan suspender y transportar el rotor del generador, lo cual permite una mayor flexibilidad operacional de estos puentes.

La altura máxima de la central es determinada por el espacio necesario para suspender, en una única operación, la turbina y su eje. Entretanto, existe la posibilidad de reducir esta altura ensamblando separadamente la turbina y su eje, que es menos costoso, aunque sea menos conveniente y práctico.

- Vertedero

Se han considerado compuertas segmento ubicadas en la cresta de las soleras de los aliviaderos, para el control de caudales efluentes del embalse y posibilitar la reparación de la rápida y cuenco de disipación. Son de dimensiones normales y operarán bajo cargas no superiores a 18 m.

Inmediatamente aguas arriba de cada compuerta, se prevé la colocación de paneles de cierre que permitirán la inspección y mantenimiento de la misma. En los casos que se han analizado aliviaderos

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

en túneles, se ha considerado otro juego de paneles en su extremidad de aguas abajo para impedir su inundación durante las reparaciones o visitas de inspección.

Se destaca que no se ha realizado ningún dimensionamiento estructural de los equipos electromecánicos. Sus pesos y correspondientes costos fueron obtenidos de curvas y ábacos del Manual de Costos que suministran estos datos de acuerdo a las condiciones de operación de cada equipo.

7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

7.1 CONSIDERACIONES GENERALES

En los estudios de alternativas se analizó la implantación, funcionamiento y selección de anteproyecto de las siguientes obras:

- Presa
- Obras de descarga: aliviadero, obras de desvío y descarga auxiliar.
- Obras de generación: obras de toma y sistema de conducción y restitución de la central; la central incluyendo su equipamiento.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

to electromecánico y sus conexiones con la subestación y línea de transmisión.

La implantación general de las obras es el resultado de la optimización conjunta del emplazamiento de las diversas estructuras del aprovechamiento. Sin embargo, no existe una interdependencia demasiado marcada entre la implantación de la presa y las demás obras principales, dadas las especiales características geomorfológicas del sitio y la decisión, tomada al finalizar los estudios de Prefactibilidad, de considerar solamente una presa de escollera con núcleo impermeable.

En efecto, el resultado de las comparaciones expeditivas realizadas de los 6 ejes considerados, presentados en la Lámina N° HS/IA-442-HA-172, indicó una variación de costo no superior al 5% entre cualquiera de las implantaciones analizadas.

Por esta razón se tratarán, separadamente, los estudios alternativos efectuados para la presa y los ejecutados para las demás obras principales

7.2 SELECCION DEL EJE

Todos los ejes están ubicados aguas arriba del morro rocoso cen-

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

tral. Los ejes Nos. 1, 2 y 5 tienen traza recta, prácticamente, y los ejes Nos. 3, 4 y 6 contienen ligeros quiebres que permiten empotrar la presa en la ladera en forma perpendicular a los barrancos de ambas márgenes proporcionando un cierto efecto de arco en la presa.

Aunque las diferencias de costo entre estos ejes están fuera de la precisión del estudio, se ha elegido al eje N° 6 por las siguientes razones:

- . Se obtiene el mínimo volumen de presa, ya que una gran parte de la misma se emplaza en la margen izquierda sobre la zona de cotas altas. Además, incorpora el morro central dentro del espaldón permeable de aguas abajo de la presa.
- . Con este alineamiento se minimiza la sección de la cimentación que requiere tratamiento mediante una cortina de impermeabilización en el aluvial.
- . La mayor parte de la atagüa auxiliar necesaria para iniciar la construcción de la presa puede ser ejecutada sobre la zona de cotas altas, y por lo tanto, resultando una solución mejor y más abarata.
- . Se minimizan los trabajos de corrección del curso del río re-

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

queridos para ampliar la zona de trabajo disponible durante la primera fase de construcción.

- . Las obras de captación y conducción a la central ubicadas en el empotramiento de la margen derecha se emplazan totalmente en granodiorita. Las obras de desvío y el aliviadero ubicados en el estribo derecho tienen la menor longitud posible y los túneles están emplazados, en gran parte, en granodiorita.

7.3 SECCION DE PRESA

El estudio de la sección típica de presa se desarrolló paralelamente al conocimiento de las características de los materiales de construcción y la geología de sub-superficie.

Las diferentes secciones típicas fueron:

- . Sección con núcleo vertical delgado, amplias zonas de transición y espaldones de grava y arena.
- . Sección con núcleo inclinado aguas arriba con bermas aguas arriba y aguas abajo de los espaldones.

Para la concepción de los esquemas planteados en cada caso se

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

tuvieron en cuenta tanto el tipo y disponibilidad de materiales para las diferentes zonas de la presa como las condiciones meteorológicas en el área.

Al comienzo de los estudios, teniendo en cuenta que las investigaciones de materiales para núcleo se iniciaron suponiendo el empleo de un préstamo de arcilla con humedad muy elevada, se optó por el diseño de una presa con núcleo central estrecho del tipo "PUDDLE CORE".

Esta sección es la más adecuada a este material arcilloso que quedaría ubicado en la zona donde los esfuerzos cortantes son, teóricamente, nulos. La arcilla sería colocada en capas delgadas con su humedad natural y compactada solamente por el paso de un tractor de orugas. El resto de la presa sería construido en forma convencional utilizando las gravas disponibles en el cauce del río.

Posteriormente, los resultados de las perforaciones geológicas demostraron la presencia de un paleocauce de depósitos aluviales cuyo espesor varía entre 100 y 250 m. En base a esto y aunque el único ensayo de permeabilidad por bombeo haya indicado valores de K cerca de $4,5 \times 10^{-3}$ cm/s, se decidió considerar la ejecución de una cortina de inyecciones hasta la superficie de la roca subyacente, obteniendo así un prediseño conservador.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Por otra parte, las investigaciones geotécnicas de materiales de construcción permitieron seleccionar un flujo de lodo volcánico, (lahar) con humedad natural promedio del 10% y contenido de arcilla de 10 a 15%, para el núcleo de la presa. Las características de este material facilitan su manejo y compactación eliminando las inconveniencias del material original.

Consecuentemente y a luz de estos nuevos datos, se modificó la sección transversal de la presa de manera que se pueda ejecutar las inyecciones de la cortina impermeable simultáneamente con una gran parte de la presa. Esta sección se la presenta en la Lámina N° HS/IA-442-GM-148.

7.4 OBRAS PRINCIPALES

7.4.1 Consideraciones Generales

En el análisis y comparación de alternativas de implantación y tipo de obras principales y su conexión con el avance e interpretación de las perforaciones geológicas, se cumplieron dos etapas en que los trabajos fueron diferentes.

- Primera Etapa de Análisis

En esta etapa se buscó emplazar todas las obras, con excepción del

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

aliviadero y una obra de descarga auxiliar diseñada como estructura independiente, en el estribo de la margen derecha teniendo en cuenta que las informaciones geotécnicas disponibles entonces indicaban que la roca de la margen izquierda no era apta para la construcción de obras subterráneas.

Consecuentemente, se plantearon las alternativas de implantación de obras principales reseñadas en la Lámina N° HS/IA-442-HA-166. El estudio de varias de estas alternativas no se completó hasta el nivel necesario para su comparación en términos de costo sino hasta el necesario para demostrar su eliminación frente a otras alternativas o variantes más ventajosas.

Posteriormente y observando que la configuración topográfica de margen izquierda y la forma del curso del río se adecúan mucho mejor para la implantación de los túneles de desvío y su eventual utilización como obras de descarga permanentes, se estudiaron con más profundidad las características de la ladera de margen izquierda. El avance de las perforaciones geológicas y un análisis e interpretación cuidadosa de los resultados geotécnicos obtenidos, llevó a la conclusión que la roca del estribo izquierdo es apta para el emplazamiento de obras subterráneas.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- Segunda Etapa de Análisis

En atención a estas razones se revisó la concepción y estudio de alternativas en base a los análisis ya realizados y a comparaciones expeditivas efectuadas entonces, concluyendo que no existiendo diferencia sustancial entre las condiciones geológicas de ambas márgenes, ninguna de las alternativas de emplazamiento de las obras de descarga resultaba competitiva técnica-económicamente con las que prevén su ubicación sobre la margen izquierda.

Luego de esta revisión, las alternativas de obras de generación conservaron una ubicación similar a la prevista inicialmente y se situaron las obras de descarga (vertedero, túneles de desvío y descarga auxiliar) en la margen izquierda.

7.4.2 Comparación y Preselección de Alternativas de Obras de Descarga

A. Comparación de Alternativas de Obras de Descarga

- Sistemas Combinados de Obras

Los principales sistemas combinados de obras de descarga que se compararon, en la segunda etapa de análisis, fueron los siguientes:

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

. Sistema 1

Aliviadero de servicio diseñado para la creciente diezmilenaria restada el caudal erogado por una descarga auxiliar proyectada como estructura independiente. El caudal de diseño resulta igual al $Q_{10.000}$ atenuado menos aproximadamente $1.500 \text{ m}^3/\text{s}$.

2 túneles de desvío de igual diámetro, diseñados para crecientes menores o iguales al caudal Q_{20} .

Descarga auxiliar diseñada para $Q_{\min} = 500 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondiente al nivel de agua mínimo normal, y $Q_{\max} = 1.500 \text{ m}^3/\text{s}$ para el nivel de agua máximo maximorum.

. Sistema 2

Aliviadero de servicio diseñado para la creciente diezmilenaria menos el caudal erogado por una descarga auxiliar que utiliza uno de los túneles de desvío. El caudal de diseño resulta igual a $Q_{10.000}$ atenuado menos el Q_{\max} de la descarga auxiliar, igual a aproximadamente $600 \text{ m}^3/\text{s}$.

2 túneles de desvío, de igual diámetro, diseñados para crecientes menores o iguales al caudal Q_{20} .

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Descarga auxiliar utilizando uno de los túneles de desvío, diseñado para un Q_{\min} (desde el N.A. Mín. Nor.) de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ y un Q_{\max} (desde N.A. Máx. Máx.) del orden de $600 \text{ m}^3/\text{s}$.

. Sistema 3

Aliviadero de servicio diseñado para la creciente diezmilenaria menos el caudal erogado por una descarga auxiliar que utiliza uno de los túneles de desvío (con Q_{\max} aproximadamente igual a $1.100 \text{ m}^3/\text{s}$) y el caudal erogado por un aliviadero tipo Fontana, que utiliza el otro túnel de desvío, diseñado para un caudal de aproximadamente el 50% del $Q_{10.000}$ atenuado.

2 túneles de desvío de distinto diámetro. El diámetro del mayor de los túneles de desvío resulta determinado por sus condiciones de funcionamiento en servicio y el de menor diámetro por la condición de construcción.

Descarga auxiliar, utilizando el menor de los túneles de desvío, diseñada para un Q_{\min} (desde el N.A. Mín. Nor.) superior a $500 \text{ m}^3/\text{s}$, el mínimo requerido para el funcionamiento continuo de la central del Codo Sinclair, con el objeto de aumentar su Q_{\max} al orden de $1.100 \text{ m}^3/\text{s}$ para así reducir el caudal de diseño del aliviadero y la frecuencia necesaria de operación del aliviadero Fontana.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Aliviadero tipo Fontana utilizando el túnel de desvío de mayor diámetro, diseñado para un caudal de diseño igual a aproximadamente el 50% de $Q_{10.000}$ atenuado y previsto para operar con frecuencia relativamente baja.

. Sistema 4

Aliviadero de servicio diseñado para el $Q_{10.000}$ atenuado.

2 túneles de desvío, de igual diámetro diseñados para la crecien-
te de Q_{20} .

Descarga auxiliar utilizando uno de los túneles de desvío. Cau-
dal mínimo, correspondiente al N.A. Mín. Nor., igual a $500 \text{ m}^3/\text{s}$ y
 $Q_{\text{máx}}$, correspondiente al N.A. Máx. Máx. del orden de $600 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para cada uno de estos sistemas se estudiaron las siguientes va-
riantes para las estructuras principales:

- Obra de Control del Aliviadero de Servicio
 - . libre sin compuertas
 - . con compuertas de segmento automáticas
 - . con compuertas de sector automáticas abatibles
- Disipación de Energía del Aliviadero de Servicio
 - . deflector no sumergido

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- . deflector sumergido
- . cuenco disipador a resalto hidráulico, tipo solera inclinada
- Disipación de Energía en la Descarga de los Túneles de Desvío (funcionamiento durante la construcción):
 - . deflector no sumergido
 - . cuenco disipador a resalto hidráulico; con solera horizontal y con solera inclinada
- Disipación en la Descarga de los Túneles de Desvío cuando Funciona como Estructuras Permanentes
 - . con deflector no sumergido
 - . con cuenco disipador a resalto hidráulico; con solera horizontal y con solera inclinada

En estos caso se buscó conciliar el buen funcionamiento de la disipación durante las condiciones de construcción y servicio. En algunas variantes se previó la adopción de dos etapas de construcción, por ejemplo cuenco disipador para funcionamiento durante la construcción y trampolín no sumergido durante el funcionamiento en servicio.

- Obra de Control para el Vertedero Tipo Fontana
 - . entrada frontal controlada por compuertas de segmento

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- Descarga Auxiliar Utilizando uno de los Túneles de Desvío
 - . diseñada para $Q_{mín} = 500 \text{ m}^3/\text{s}$
 - con cámara de compuertas en pozo
 - con cámara de compuertas excavada en roca y con túnel de acceso
 - . diseñada para $Q_{mín} = 1.100 \text{ m}^3/\text{s}$
 - con cámara de compuertas en pozo
 - con cámara de compuertas excavada en roca y con túnel de acceso

B. Estudios de Atenuación de Crecientes para Dimensionamiento de las Obras Permanentes

Los estudios de atenuación de crecientes se adaptan a los requerimientos de las alternativas en cuanto al tipo de control del vertedero, sobreelevación en el embalse y combinación del aliviadero de servicio con otras obras de evacuación, tales como descarga auxiliar y aliviadero tipo Fontana.

Las alternativas de control en el vertedero se refieren a la utilización de vertedero libre o con compuertas. En el caso particular de vertedero con compuertas se analiza la atenuación que se obtiene para diferentes alturas de éstas, dentro del rango de 5 a 20 m de altura.

La sobreelevación por encima del N.A. Máx. Nor. 1.385,00 m, es

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

una variable que tiene considerable influencia en la atenuación de la creciente afluyente. El rango de valores de sobreelevación estudiado en correspondencia con la creciente diezmilenaria es de 2 a 9 m de altura.

En cuanto a las alternativas de combinación del aliviadero con otras obras de evacuación existe, en primer término, la opción de considerar como parte del aliviadero a una obra de descarga auxiliar que servirá para garantizar el paso del caudal requerido por el futuro aprovechamiento Malo-Codo Sinclair. De optarse por esta alternativa y dependiendo de la ubicación y dimensiones de la bocatoma de la descarga auxiliar, ésta permitirá la evacuación de un caudal que puede llegar hasta $1.500 \text{ m}^3/\text{s}$ cuando el nivel en el embalse es el máximo maximorum.

Finalmente, dentro de las alternativas para evacuación de crecientes se analiza la posibilidad de aprovechar en forma permanente los túneles de desvío. En este caso se estudió la posibilidad de diseñar dos túneles de desvío del mismo diámetro, cuando uno de los túneles se utiliza como descarga auxiliar; o la de diseñar dos túneles de diferente diámetro y cota del portal de entrada, cuando uno de los túneles se utiliza como descarga auxiliar y el otro como aliviadero conectado a un vertedero Fontana.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Los cálculos de atenuación de la onda afluyente y de la longitud de vertedero requerida para evacuación de la onda efluente se realizaron por medio de programas preparados para una computadora de mesa HP 9810.

Los datos básicos utilizados incluyeron los hidrogramas de la onda afluyente, curvas cota-área-volumen del embalse y las dimensiones y cotas que caracterizan a cada una de las alternativas analizadas.

Para el dimensionamiento de los vertederos se consideró la onda efluente correspondiente a la creciente diezmilenaria. Una vez establecida la longitud de vertedero requerida en cada caso, se estudió la atenuación de la creciente con período de retorno de 500 años, y la onda efluente resultante se adoptó como caudal de diseño para las obras de disipación de energía.

En la Lámina N° HS/IA-442-HA-153 se resumen los resultados de atenuación para todos los casos analizados, a excepción de la combinación que incluye aliviadero Fontana. Esta combinación fue analizada únicamente para las alturas de sobreelevación 4,00 y 6,50 m y compuertas de 10 m de altura en el aliviadero de servicio, razón por la cual es posible mostrar los resultados en la forma que

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

consta en la Lámina N° HS/IA-442-HA- 176 donde se muestra tanto la onda afluente correspondiente a $Q_{10.000}$, como la onda efluente con sus respectivas componentes para cada una de las obras de evacuación.

La Lámina N° HS/IA-442-HA-176 se complementa con la representación gráfica de ondas afluentes y efluentes típicas para casos particulares de vertedero combinado con descarga auxiliar y para el caso que corresponde precisamente a la solución finalmente adoptada: vertedero con compuertas de 14,70 m de alto, sobreelevación de 4 m y aliviadero de servicio no combinado con otras obras de descarga.

C. Estudios de Atenuación de Crecientes para Dimensionamiento de las Obras de Desvío

Los cálculos de atenuación de ondas de crecida y funcionamiento de los túneles se utilizaron para comparaciones alternativas de trazados, cota de los portales de entrada y salida, pendiente, tipo de toma y de obras de dissipación y riesgos emergentes de la adopción de diversas alturas de ataguía y caudales de crecida. También permitieron evaluar las implicaciones de diversos métodos constructivos a adoptarse en la ejecución de la presa y las ataguías.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Se destacan dentro de las variantes estudiadas dos casos característicos:

- El primero se produce cuando se utilizan los dos túneles de desvío como obras permanentes. En este caso los túneles son de distinto diámetro, el mayor de diámetro igual a 13,25 m debido a los requerimientos de su funcionamiento como aliviadero.

En este caso se estudió la atenuación para crecientes de desvío de 20 y 30 años de recurrencia ya que, contándose con una gran capacidad evacuadora en los túneles, la altura de la ataguía para crecientes mayores a la Q_{20} , normalmente aceptada en los estudios de desvío, resulta aún razonable y permite disminuir los riesgos de transbordamiento.

- El segundo corresponde al caso clásico en que los túneles se utilizan sólo para la construcción aprovechando uno de ellos como descarga auxiliar.

En este caso la onda afluyente considerada fue la usual, o sea la correspondiente al Q_{20} . En las Láminas N° HS/IA-442-HA-179 y 180 se muestran resultados obtenidos en estos dos casos típicos.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

D. Preselección de Alternativas de Obras de Descarga

Teniendo en cuenta los análisis de atenuación y funcionamiento mencionados anteriormente, estudios alternativos de trazados y consideraciones de seguridad y costo de las diversas estructuras y de los sistemas combinados de los mismos, se seleccionó la siguiente alternativa para las obras de descarga:

- . Aliviadero convencional de superficie diseñado para el $Q_{10.000}$ atenuado, con obra de control con compuertas de segmento, rápida y deflector final.
- . Dos túneles de desvío de alineamiento recto, de igual diámetro (11 m) y cota del eje de la sección de entrada, provistos de revestimiento de hormigón y funcionamiento a superficie libre. Uno de estos túneles se aprovecha como descarga auxiliar y el otro se utiliza sólo durante la construcción.
- . Descarga auxiliar diseñada para caudales máximos y mínimos (para N.A. Máx. Máx. y el N.A. Mín. Nor) iguales a 610 y 500 m³/s, respectivamente. Compuertas de control de caudales para funcionamiento en servicios y ubicadas en una cámara excavada en roca. Funcionamiento en servicio a sección llena hasta las compuertas y a superficie libre aguas abajo de ellas. Disipación para las

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

crecidas durante la construcción a resalto hidráulico con un tramo de rápida de solera curva en la descarga del túnel y cuenco dissipador a resalto hidráulico. Disipación para funcionamiento permanente por medio de un deflector no sumergido construido en segunda etapa.

7.4.3 Comparación y Preselección de Alternativas de Obras de Generación

Las obras de generación se ubican en la margen derecha teniendo en cuenta:

- La mejor adaptabilidad geomorfológica de la ladera de margen izquierda para el emplazamiento de obras de descarga, permitiendo ubicar las obras de generación en la orilla derecha y eliminando la concentración de equipos de construcción en un único sitio.
- La mayor homogeneidad y competencia de la roca del estribo derecho, totalmente constituido por granodiorita, respecto a la otra margen. Esto permite lograr economías en los revestimientos y blindaje de los túneles de alta presión.
- Las diferencias que los túneles de conducción del sistema de

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

generación presentan en relación con los túneles de desvío tales como:

- . carácter permanente de las obras
 - . mayores presiones estáticas internas de diseño y existencia de sobrepresiones dinámicas de golpe de ariete
- La existencia de roca aflorante hasta el río en la margen derecha, lo cual mejora las condiciones de fundación de la central exterior.

Eliminadas, luego de la primera etapa de análisis, las alternativas que implicaban conexiones entre las obras de generación y las de descarga se plantearon, en la segunda etapa de análisis, los 3 sistemas básicos de obras de generación siguientes:

. Sistema 1

Obra de toma convencional aprovechando el plano inclinado de la ladera para la colocación de compuertas tipo deslizante complementadas con válvulas mariposa.

Dos túneles de baja presión con o sin chimeneas de equilibrio.

Cuatro tuberías de alta presión exteriores, ubicadas en trinchera y empotradas en hormigón.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Central exterior.

Canal de restitución a cielo abierto.

. Sistema 2

Obra con toma convencional aprovechando el plano inclinado de la ladera para la colocación de compuertas tipo deslizante complementadas con válvulas mariposa.

Uno o dos túneles de baja presión con o sin chimenea de equilibrio.

Cuatro túneles inclinados de alta presión blindados.

Central exterior semiempotrada.

Canal de restitución a cielo abierto.

. Sistema 3

Obra de toma tipo convencional.

Cuatro túneles de baja presión de corta longitud.

Cuatro túneles de alta presión blindados e inclinados o en pozo.

Central subterránea.

Un túnel de restitución con funcionamiento a sección llena y cámara de expansión, o funcionamiento a superficie libre.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

En el sistema 2 se estudió también una variante en que se sustituye la chimenea de equilibrio por un pozo de compuertas combinado con el diseño de una toma simplificada en ladera con compuertas tipo deslizante.

Se realizaron cálculos completos de optimización de las conducciones para las variantes básicas de estos tres sistemas. Se realizaron también cálculos complementarios de estabilidad de regulación y sobrepresiones y depresiones de golpe de ariete para estudiar la compatibilización del sistema de conducción con el equipo electromecánico principal. Además, se analizaron, preliminarmente, variantes en que se incrementa el diámetro de las conducciones o el peso del rotor del generador en sustitución a una chimenea de equilibrio.

En función de estos cálculos y de estudios comparativos de implantación y costos que incluyeron también comparaciones de variantes de diseños de la central (con diversas ubicaciones de los transformadores, tipos y emplazamiento de la casa de válvulas, puente grúa, etc.) se preseleccionaron tres alternativas básicas de generación que, combinadas con la alternativa elegida para las obras de descarga, constituyen los 3 anteproyectos de cuya comparación se recomienda el anteproyecto final de Factibilidad y que son a continuación resumidos.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- Anteproyecto 1

- . Alternativa seleccionada para las obras de descarga.
- . Central exterior con cuatro grupos generadores de 140 MW cada uno.
- . Una bocatoma en ladera con compuertas tipo deslizantes.
- . Un túnel de baja presión, circular, revestido de hormigón y con pequeña pendiente.
- . Cuatro túneles circulares de alta presión, derivados del túnel de baja presión, revestidos de hormigón, blindados e inclinados a 42° con la horizontal; cada túnel alimenta a un grupo de generación.
- . Válvulas de control tipo mariposa.
- . Turbinas tipo Francis de eje vertical.
- . Restitución al río a través de un corto canal común para los cuatro grupos.

La Lámina N° HS/IA-442-HA-158 presenta la implantación general de las obras mientras que las Láminas Nos. HS/IA-442-HA-156, 157, 159, 168, 175 y 177 presentan cortes y vistas de las mismas.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- Anteproyecto 2

- . Alternativa seleccionada para las obras de descarga.
- . Central exterior con cuatro grupos generadores de 140 MW cada uno.
- . Dos bocatomas en ladera con compuertas tipo deslizante.
- . Dos túneles circulares de baja presión, cada uno conectado a una bocatoma, revestidos de hormigón y con pequeña pendiente.
- . Cuatro túneles circulares de alta presión, derivados en pares de cada túnel de baja presión, revestidos de hormigón, blindados e inclinado a 42° con la horizontal. Cada uno de estos túneles alimenta a un grupo de generación.
- . Válvulas de control tipo mariposa.
- . Turbinas tipo Francis de eje vertical.
- . Restitución al río a través de un corto canal común para los cuatro grupos.

La Lámina N° HS/IA-442-HA-154 presenta la implantación general de las obras mientras que las Láminas Nos. HS/IA-442-HA-155, 156, 157, 168, 175 y 177 presentan cortes y vistas de las mismas.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- Anteproyecto 3

- . Alternativa seleccionada para las obras de descarga.
- . Central subterránea con cuatro grupos generadores de 140 MW cada uno.
- . Cuatro bocatomas de hormigón con compuertas deslizantes.
- . Cuatro túneles circulares de escasa longitud de baja presión, revestidos de hormigón. Cada túnel será alimentado por cada una de las bocatomas.
- . Cuatro túneles circulares de alta presión, como prolongación de los de baja presión que alimentan a cada uno de los grupos de generación, revestidos de hormigón, blindados e inclinados a 42° con la horizontal.
- . Válvulas de control tipo mariposa.
- . Turbinas tipo Francis de eje vertical.
- . Restitución al río mediante un solo túnel, tipo baul, común para los cuatro grupos con escurrimiento a superficie libre.

La Lámina N° HS/IA-442-HA-160 presenta la implantación general de las obras mientras que las Láminas Nos. HS/IA-442-HA-161, 162, 163, 164, 165 y 168 presentan cortes y vistas de las mismas.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- Justificación del Tipo de Turbina y Rango de Velocidades Estudiadas

La carga bruta media ponderada disponible (109,50 m) permite prever que la turbina más adecuada es la de reacción tipo Francis. Esta preselección puede verificarse con el cálculo de la velocidad específica.

En efecto, puede establecerse un rango económico de velocidades sincrónicas, en base a la fórmula empírica siguiente, aplicable cuando la tasa de interés es baja:

$$n = 1.330 \frac{H_d^{5/4}}{(H_d P_d)^{1/2}}$$

donde:

n = velocidad sincrónica, rpm

Hd = salto de diseño, m

Pd = potencia de diseño, KW

Para un salto de diseño de aproximadamente 107 m y una potencia de 119,270 KW, el orden de magnitud de la velocidad es de 128 rpm. Se conoce, también en base a datos empíricos, que para tasas de interés medianas, como es el caso de este estudio, la velocidad adoptada debe ser un tanto mayor. En vista de esto se estudiaron

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

turbinas con velocidades sincrónicas de 138,46, 150 y 200 rpm, compatibles con generadores de 60 Hz y 52,48 y 36 polos respectivamente.

Para estas velocidades, un salto de diseño de 107 m y una potencia de 119.270 KW, las velocidades específicas resultantes son:

$$n = 138,46 \text{ rpm}; n_s = 36,4 \text{ (unidades inglesas)}$$

$$n = 150,00 \text{ rpm}; n_s = 39,5$$

$$n = 200,00 \text{ rpm}; n_s = 52,6$$

Estos tres valores se encuentran dentro de la zona de máximo rendimiento para turbinas tipo Francis, lo que confirma el seleccionamiento preliminar.

- Estudios de Regulación, Alternativas de Turbinas Preseleccionadas y Chimeneas de Equilibrio

El Cuadro N° IV.7.1 muestra resultados de los principales estudios comparativos de regulación, golpe de ariete, prevención de cavitación y de verificación y dimensionamiento de las chimeneas de equilibrio.

Se observa que en las alternativas 1 y 2 la adopción de una chimenea de equilibrio mejora notablemente las características de regulación

CUADRO Nº IV.7.1

ESTUDIOS DE COMPATIBILIZACION DEL SISTEMA DE CONDUCCION CON EL
EQUIPO ELECTROMECHANICO PRINCIPAL

PARAMETROS CARACTERISTICOS Y OPERACIONALES	ALTERNATIVA Nº 1				ALTERNATIVA Nº 2				ALTERNATIVA Nº 3	
	SIN CHIMENEA		CON CHIMENEA		SIN CHIMENEA		CON CHIMENEA		SIN CHIMENEA	
	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos
Velocidad sincrónica, n (RPM)	150,00	138,46	150,00	138,46	150,00	138,46	150,00	138,46	150,00	138,46
Velocidad específica, N_s (HP/ft)	39,31	36,29	39,31	36,29	39,30	36,27	39,30	36,27	39,18	36,17
Diámetro de descarga del rodete, D_3 (m)	4,10	4,24	4,10	4,24	4,10	4,24	4,10	4,24	4,10	4,24
Momento de inercia turbina+generador, GD^2 (Ton-m ²)	17.791	20.672	17.791	20.672	17.791	20.672	17.791	20.672	17.791	20.672
Tiempo de puesta en marcha de sistema mecánico, T_m (s)	7,71	7,64	7,71	7,64	7,73	7,66	7,73	7,66	7,73	7,66
Constante de regulación normal (mín), K_d (mín)	2.802	2.774	2.802	2.774	2.802	2.774	2.802	2.774	2.802	2.774
Constante de regulación máxima, K_d (máx)	3.701	3.814	3.701	3.814	3.701	3.814	3.701	3.814	3.701	3.814
Condición: K_d (máx) - K_d (mín) > 0 ?	+ 899	+ 1.039	+ 899	+ 1.039	+ 899	+ 1.039	+ 899	+ 1.039	+ 899	+ 1.039
Inercia del sistema hidráulico, LV (m ² /s)										
. 1 grupo	2.203	2.208	1.814	1.819	2.676	2.681	1.862	1.867	2.114	2.119
. 2 grupos	2.636	2.641	1.859	1.863	3.582	3.587	1.955	1.959	2.616	2.621
. 3 grupos	3.069	3.073	1.903	1.908	-	--	-	-	3.118	3.122
. 4 grupos	3.501	3.506	1.945	1.952	-	-	-	-	3.619	3.624

ESTUDIOS DE COMPATIBILIZACION DEL SISTEMA DE CONDUCCION CON EL EQUIPO ELECTROMECHANICO PRINCIPAL

[illegible]

ESTUDIOS DE COMPATIBILIZACION DEL SISTEMA DE CONDUCCION CON EL EQUIPO ELECTROMECHANICO PRINCIPAL

[illegible]

CUADRO Nº IV.7.1 (Continuación)

ESTUDIOS DE COMPATIBILIZACION DEL SISTEMA DE CONDUCCION CON EL
EQUIPO ELECTROMECHANICO PRINCIPAL

PARAMETROS CARACTERISTICOS Y OPERACIONALES	ALTERNATIVA Nº 1				ALTERNATIVA Nº 2				ALTERNATIVA Nº 3	
	SIN CHIMENEA		CON CHIMENEA		SIN CHIMENEA		CON CHIMENEA		SIN CHIMENEA	
	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos
$\frac{Kd (min)}{75} - \frac{LV}{H} > 0 ?$										
. 1 grupo	+ 19,16	+ 18,75	+ 22,37	+ 21,96	+ 15,27	+ 14,85	+ 21,98	+ 21,57	+ 19,95	+ 19,53
. 2 grupos	+ 15,59	+ 15,18	+ 22,01	+ 21,60	+ 7,78	+ 7,37	+ 21,22	+ 20,81	+ 15,81	+ 15,40
. 3 grupos	+ 12,02	+ 11,60	+ 21,64	+ 21,23	-	-	-	-	+ 11,68	+ 11,27
. 4 grupos	+ 8,44	+ 8,03	+ 21,28	+ 20,87	-	-	-	-	+ 7,54	+ 7,13
Condición de sincronización:										
$Kd (min) + 75 \frac{LV}{H} > 0 ?$										
. 1 grupo	+ 1.437	+ 1.407	+ 1.678	+ 1.647	+ 1.145	+ 1.114	+ 1.649	+ 1.618	+ 1.496	+ 1.465
. 2 grupos	+ 1.169	+ 1.138	+ 1.651	+ 1.620	+ 584	+ 553	+ 1.592	+ 1.561	+ 1.186	+ 1.155
. 3 grupos	+ 901	+ 870	+ 1.623	+ 1.593	-	-	-	-	+ 876	+ 845
. 4 grupos	+ 633	+ 602	+ 1.596	+ 1.565	-	-	-	-	+ 566	+ 535
Velocidad de embalamiento, N_r (RPM)	271,70	247,91	271,70	247,91	271,69	247,90	271,69	247,90	271,57	247,80
Velocidad de embalamiento, % sobre normal	81,13	79,04	81,13	79,04	81,13	79,04	81,13	79,04	81,05	78,97

CUADRO Nº IV.7.1 (Continuación)

ESTUDIOS DE COMPATIBILIZACION DEL SISTEMA DE CONDUCCION CON EL
EQUIPO ELECTROMECANICO PRINCIPAL

PARAMETROS CARACTERISTICOS Y OPERACIONALES	ALTERNATIVA Nº 1				ALTERNATIVA Nº 2				ALTERNATIVA Nº 3	
	SIN CHIMENEA		CON CHIMENEA		SIN CHIMENEA		CON CHIMENEA		SIN CHIMENEA	
	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos
Elevación momentánea de velocidad por rechazo total de carga, incluyendo efecto de golpe de ariete; cierre en 8 s (caso extremo); valor en % sobre normal										
. 1 grupo	48,15	48,51	46,52	46,87	50,04	50,41	46,63	46,98	45,59	45,88
. 2 grupos	49,97	50,34	46,70	47,06	53,83	54,24	47,01	47,37	-	-
. 3 grupos	51,78	52,17	46,89	47,24	-	-	-	-	-	-
. 4 grupos	53,60	54,01	47,07	47,43	-	-	-	-	-	-
Sobrepresión por golpe de ariete para rechazo total de carga, en % de la carga inicial sobre la turbina; cierre en 8 s (cálculo aproximado para efectos comparativos)										
. 1 grupo	22	22	17	17	29	29	18	18	15	15
. 2 grupos	28	28	18	18	42	42	19	19	-	-
. 3 grupos	34	34	18	19	-	-	-	-	-	-
. 4 grupos	40	40	19	19	-	-	-	-	-	-

CUADRO Nº IV.7.1 (Continuación)

ESTUDIOS DE COMPATIBILIZACION DEL SISTEMA DE CONDUCCION CON EL
EQUIPO ELECTROMECHANICO PRINCIPAL

PARAMETROS CARACTERISTICOS Y OPERACIONALES	ALTERNATIVA Nº 1				ALTERNATIVA Nº 2				ALTERNATIVA Nº 3	
	SIN CHIMENEA		CON CHIMENEA		SIN CHIMENEA		CON CHIMENEA		SIN CHIMENEA	
	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos	48 polos	52 polos
Parámetro de cavitación de Thoma	0.1084	0.0947	0.1084	0.0947	0.1084	0.0946	0.1084	0.0946	0.1078	0.0942
Sumergencia (m)	3.46	1.70	3.46	1.70	3.45	1.70	3.45	1.70	3.02	1.27
Emplazamiento del eje de la cámara espiral (cota, m)	1.256,74	1.258,50	1.256,74	1.258,50	1.256,75	1.258,50	1.256,75	1.258,50	1.257,18	1.258,93
Diámetro de chimenea (m)	-	-	35,26	35,26	-	-	25,00	25,00	-	-
Sección de chimenea (m ²)	-	-	976,27	976,27	-	-	490,91	490,91	-	-
% sobre sección de estabilidad de Thoma	-	-	60	60	-	-	60	60	-	-
Oscilación máxima ascendente (m)	-	-	1.391,38	1.391,38	-	-	1.391,02	1.391,02	-	-
Oscilación máxima descendente (m)	-	-	1.341,52	1.341,52	-	-	1.341,57	1.341,57	-	-
Diámetro del orificio (m)	-	-	8,75	8,75	-	-	6,00	6,00	-	-

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

por lo que a nivel de Factibilidad se adoptó esta solución. Sin embargo, debería reverse en futuros estudios este supuesto de diseño ya que las características de regulación eliminada la chimenea son aceptables.

Se observa también en el Cuadro N° IV.7.1, la influencia de las diversas velocidades sincrónicas en la altura necesaria de succión y consecuentemente en la cota necesaria del eje del distribuidor.

En esta etapa del estudio se adoptó la menor velocidad sincrónica del rango preseleccionado, con el fin de situarse en una posición conservadora. Se destaca, al respecto, la importancia que en los futuros estudios debería darse a la complementación de trabajos de campo que permitan la obtención de una curva cota-descarga en la restitución más confiable.

7.5 SELECCION DEL ANTEPROYECTO RECOMENDADO

El Cuadro N° IV.7.2, presenta los costos totales de los 3 anteproyectos detalladamente comparados, determinados para tasas de interés del 8, 10 y 12% a.a. más 1% de gastos de financiación.

Los Cuadros Nos, IV.7.3 a 5, contienen los presupuestos detallados de las 3 alternativas de implantación.

ANEXO IV - ANTEPROYECTOS HIDROELECTRICOS

CUADRO N° IV.7.2

COSTOS TOTALES DE LOS ANTEPROYECTOS

US\$ x 10⁶

Tasa de Interés + Gastos Financiación %	Anteproyecto con Central Subterránea T = 5 años	Anteproyecto con Central Exterior 2 túneles B.P. T = 4,5 años	Anteproyecto con Central Exterior 1 túnel B.P. T = 4,5 años
9	706	672	664
11	736	698	690
13	766	724	716

NOTAS:- T = corresponde al tiempo de construcción hasta la puesta en operación de la primera unidad,

- B.P.= Túnel de baja presión

- Costo total incluye costos del sistema de transmisión

El Cuadro N° IV.7.6, presenta los costos directos de todas las estructuras involucradas en las obras de generación para cada una de las alternativas, exepuándose los costos del sistema de transmisión.

CUADRO N° IV.7.6

COSTOS DIRECTOS DE LAS OBRAS DE GENERACION ALTERNATIVAS

TIPO CENTRAL	COSTO DIRECTO US\$ x 10 ⁶
Exterior con un túnel de baja presión	109
Exterior con 2 túneles de baja presión	114
Subterránea	145

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.							HOJA 2.18		CUADRO: IV.7.3	
DESCRIPCION:										
APROVECHAMIENTO		MAGABO								
COTA DE CORRIENTE		1.200 M.S.N.M.								
POTENCIA INSTALADA		100 MW								
Nº DE UNIDADES		4								
CENTRAL SUBTERRANEA										
IMPORTE TOTAL: 16'159.961										
CUESTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL	MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL	
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
11	EDIFICIOS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS									
110	Patios, talleres y obras accesorias	MW	560			470			263.200	
111	Casa de Máquinas									
1110	Excavación en roca	m ³	101.500			28			2'842.000	
1111	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	16.000			2,9			46.400	
1112	Tratamientos especiales para la fundación	u	4.119			139			572.541	
1113	Anclajes	u	2.904			180			522.720	
1114	Gunitado e=10 cm	m ²	13.500			13			175.500	
1115	Malla de acero	m ²	13.500			3			40.500	
1116	Hormigón masa	m ³	16.610			93			1'544.730	
1117	Hormigón levemente armado	m ³	9.060			169			1'531.140	
1118	Hormigón fuertemente armado	m ³	4.530			291			1'318.230	
1119	Paneles de cierre L= 5 H= 3,2 h= 25,5	u	4			67.950			271.800	
11110	Piezas fijas	u	8			7.550			60.400	
11111	Equipos de maniobra	u	1			66.000			66.000	
11112	Acabados	Kw	560.000			12,8			7'168.000	
	SUBTOTAL								16'159.961	
112	Casa de Válvulas									
1120	Excavación en roca	m ³	15.900			50			795.000	
1121	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	4.600			2,9			13.340	
1122	Tratamientos especiales para la fundación	u	1.162			139			161.512	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA 3.18

CUADRO IV.7.3

DESCRIPCION:

APROX. CANTIDAD SALADO
COTA EL. CORONAMIENTO: 1.090,00 m
CAPACIDAD INSTALADA: 400 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL SUBTERRANEA

UNIDAD: US \$

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL US \$
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$		
1123	Anclajes	u	808				180				145.440
1124	Gunitado e=10 cm	m ²	3.820				26				99.320
1125	Malla de acero	m ²	3.820				3				11.460
1126	Hormigón masa	m ³	1.400				93				130.200
1127	Hormigón levemente armado	m ³	100				169				16.900
1128	Hormigón fuertemente armado	m ³	90				291				26.190
1129	Válvula mariposa D=5,50	u	4				800.000				3'200.000
11210	Transporte y montaje	u	4				280.000				1.120.000
12211	Equipos de maniobras	u	1				180.000				180.000
	SUBTOTAL										5'899.358
113	Túnel Casa de Válvulas - Casa de Máquinas L= 24 D= 5x6,8										
1130	Excavación en roca	m ³	900				100				90.000
1131	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	550				2,90				1.595
1132	Anclajes	u	25				180				4.500
1133	Gunitado e=10 cm	m ²	400				26				10.400
1134	Malla de acero	m ²	400				3				1.200
1135	Hormigón levemente armado	m ³	40				169				6.760
	SUBTOTAL										114.455
114	Túnel de Ventilación L= 152 D= 2 x 2,30										
1140	Excavación en roca	m ³	650				308				200.200
1141	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	1.200				2,9				3.480
1142	Anclajes	u	50				180				9.000
1143	Gunitado e=5 cm	m ²	1.060				13				13.780

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

HOJA: 4.18

CUADRO: IV.7.3

DESCRIPCION:

APROBACION DEL PROYECTO
COTA DE LA OBRERA DEL PROYECTO
POTENCIA DEL PROYECTO
Nº DE CAPAS DEL PROYECTO
CENTRAL SUBTERRANEA

1995-1996

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL	
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$
1144	Hormigón masa	m ³	20				93				1.860
	SUBTOTAL										228.320
115	Túnel de Acceso y Galerías de Cables L=385 m D=9x8										
1150	Excavación en roca	m ³	32.200				72				2.318.400
1151	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	15.400				2,9				44.660
1152	Tratamientos especiales para la fundación	u	428				139				59.492
1153	Anclajes	u	428				180				77.040
1154	Gunitado e=10 cm	m ²	7.900				26				205.400
1155	Malla de acero	m ²	7.900				3				23.700
1156	Hormigón masa	m ³	2.300				93				213.900
1157	Hormigón levemente armado	m ³	2.700				169				456.300
	SUBTOTAL										3.398.892
116	Túnel de Fuga L= 32,5 N°=4										
1160	Excavación en roca	m ³	12.900				70				903.000
1161	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	4.600				2,9				13.340
1162	Tratamientos especiales para la fundación	u	488				139				67.832
1163	Anclajes	u	244				180				43.920
1164	Gunitado e= 5cm	m ²	4.600				13				59.800
1165	Malla de acero	m ²	4.600				3				13.800
1166	Hormigón masa	m ³	600				93				55.800
1167	Hormigón fuertemente armado	m ³	2.100				291				611.100
	SUBTOTAL										1.768.592

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA 5.18

CUADRO IV.7.3

DESCRIPCION

MATERIAL
CANTIDAD
UNIDAD
CENTRAL SUBTERRANEA

CUESTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL	
				S/ (SUQUES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUQUES)	US \$	US \$	US \$
117	Del de Restitución L=578 E=13,5 x 20										
1170	Excavación en roca	m ³	192.000			42				8'064.000	
1171	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	38.700			2,9				112.230	
1172	Tratamientos especiales pa- ra la fundación	u	3.931			139				546.409	
1173	Enclajes	u	1.362			180				245.160	
1174	Unidad e= 5 cm	m ²	38.700			13				503.100	
1175	Barra de acero	m ²	38.700			3				116.100	
1176	Armigón masa	m ³	8.700			93				809.100	
1177	Armigón fuertemente armado	m ³	27.700			291				8'060.700	
	SUBTOTAL									18'456.799	
118	Casí de Restitución										
1180	Excavación en tierra	m ³	(Ver cuenta 1264)								
1181	Excavación en roca	m ³	1.500			7,4				11.100	
1182	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	1.700			2,9				4.930	
1183	Enclajes	u	96			180				17.280	
1184	Armigón masa	m ³	500			93				46.500	
1185	Armigón levemente armado	m ³	400			169				67.600	
1186	Reles de cierre L=17,5 e= 20	u	1			612.000				612.000	
1187	Rezas fijas	u	1			68.000				68.000	
1188	Equipos de maniobra	u	1			200.000				200.000	
	SUBTOTAL									1'027.410	
119	Túneles auxiliares para la construcción L= 420 D=9x8										

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 6.18

CUADRO: IV.7.3

DESCRIPCION:

SOLICITANTE: S.A. AEP
FECHA DE FUNDAMENTO: 15/04/2011
ENERGIA INSTALADA: 500 MW
Nº DE GRUPO: 1
CENTRAL SUBTERRANEA

US\$ 1 = 1.350.000

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$
1190	Excavación en roca	m ³	25.000				82				2'066.400
1191	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	12.400				2,9				35.960
1192	Anclajes	u	210				180				37.800
1193	Unitado e= 5cm	m ²	8.700				13				113.100
1194	Formigón masa	m ³	1.100				93				102.300
	SUBTOTAL										2'355.560
120	Villa para el personal de Operación	MW	550				14.750				8'260.000
	SUBTOTAL OBRA CIVIL										52'334.357
	IMPREVISTOS OBRA CIVIL	15%									7'850.154
	SUBTOTAL EQUIPOS										5'598.200
	IMPREVISTOS EQUIPOS	10%									559.820
	TOTAL CUENTA 11										66'342.531

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

HOJA: 7.18

CUADRO: IV.7.3

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORDONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL SUBTERRANEA

US\$ 1 = S/. 25,00

Cuenta	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL US \$
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/(SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
12	EMBALSE Y OBRAS DE CONDUCCION										
120	Limpieza del embalse	Ha	1.515			253,5					384.053
121	Obras de desvío (desvío por túnel)										
1210	Canal y estructuras de entrada										
12100	Excavación en tierra	m ³	152.800			1,25					191.000
12101	Excavación en roca	m ³	50.700			7,4					375.180
12102	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	6.200			2,9					17.980
12103	Hormigón masa	m ³	1.750			93					162.750
12104	Hormigón levemente armado	m ³	1.730			169					292.370
12105	Hormigón fuertemente armado	m ³	450			291					130.950
12106	Paneles de cierre de hormigón	u	2			12.300					24.600
12107	Piezas fijas	u	2			14.000					28.000
12108	Equipos de maniobra	u	1			98.000					98.000
	SUBTOTAL										1'320.830
1211	Túnel L = 550m D = 11 m Nº 2										
12110	Excavación en roca	m ³	149.400			66					9'860.400
12111	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	46.000			2,9					133.400
12112	Tratamientos especiales para la fundación	u	5.400			139					750.600
12113	Anclajes	u	2.500			180					450.000
12114	Gunitado: e = 5 cm	m ²	46.000			13					598.000
12115	Malla de acero	m ²	46.000			3					138.000

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

HOJA: 8.18

CUADRO: IV.7.3

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORRIAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL SUBTERRANEA

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/(SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/(SUCRES)	US \$	US \$	
12116	Hormigón masa	m ³	6.900			93					641.700
12117	Hormigón levemente armado	m ³	25.700			169					4'343.300
	SUBTOTAL										16'915.400
1212	Canal y estructuras de Salida										
12120	Excavación en tierra	m ³	3'564.000			1,25					4'455.000
12121	Excavación en roca	m ³	2'492.000			7,4					18'440.800
12122	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	15.300			2,9					44.370
12123	Anclajes	u	4.560			180					520.800
12124	Hormigón masa	m ³	4.300			93					399.900
12125	Hormigón levemente armado	m ³	8.800			169					1'492.200
12126	Hormigón fuertemente armado	m ³	1.000			291					291.000
12127	Paneles de cierre: L = 17m H = 12m h = 6 m	u	1			243.000					243.000
12128	Piezas fijas	u	2			27.000					54.000
12129	Equipos de maniobra	u	1			120.000					120.000
	SUBTOTAL										26'356.970
1213	Apogonamiento de los Túneles										
12130	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	2.500			2,9					7.250
12131	Grava compactada	m ³	7.050			93					655.650
	SUBTOTAL										662.900
1214	Atagües de desvío aguas arriba										
12140	Atagüa auxiliar para construcción										
121400	Grava compactada	m ³	392.700			2,26					887.502

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 9.18

CUADRO: IV.7.3

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORDONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL SUBTERRANEA

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJ	TOTAL	MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	
121401	Lahar compactado	m ³	53.600				4,75			254.600
121402	Desague, mantenimiento y bombeo	Global								114.210
121403	Demoliciones	m ³	150.000				2,50			375.000
	SUBTOTAL									1'631.312
12141	Atagüa principal									
121410	Grava compactada	m ³	36.300				2,26			82.038
121411	Grava lanzada	m ³	18.200				2,26			41.132
121412	Lahar lanzado	m ³	86.900				4,75			412.775
121413	Lahar compactado	m ³	53.900				4,75			256.025
121414	Escollero lanzado	m ³	349.800				1,15			402.270
121415	Desague, mantenimiento y bombeo	Global								119.424
	SUBTOTAL									1'313.664
1215	Atagüa de desvío aguas abajo									
12150	Grava compactada	m ³	12.200				2,26			27.572
121501	Grava lanzada	m ³	22.700				2,26			51.302
121502	Lahar compactado	m ³	4.600				4,75			21.850
121503	Lahar lanzado	m ³	8.100				4,75			38.475
121504	Desague, mantenimiento y bombeo	Global								13.920
121505	Demoliciones	m ³	47.600				2,5			119.000
	SUBTOTAL									272.119
122	Presa de Escollera									
1220	Excavación en tierra									
12200	Sobre el nivel de agua	m ³	3'118.000				1,25			3'897.500
							125			

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 10.18

CUADRO: IV.7.3

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORDONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL SUBTERRANEA

US\$ 1 = S/. 29,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL US\$
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/.(SUCRES)	US\$	US\$	US\$	S/.(SUCRES)	US\$		
12201	Cut-off de aguas arriba	m ³	3'000.000				2,5				7'500.000
1221	Excavación en roca	m ³	51.000				7,4				377.400
1222	Lahar compactado	m ³	4'143.000				4,75				19'679.250
1223	Arena y grava del río	m ³	23'030.000				2,26				52'047.800
1224	Transición de grava procesada	m ³	1'353.000				5,55				7'509.150
1225	Filtro de arena procesada	m ³	1'023.000				6.				6'138.000
1226	Escollera	m ³	3'240.000				1,15				3'726.000
1227	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	442.800				2,2				974.160
1228	Tratamientos especiales para la fundación	global									42'000.000
1229	Inyecciones	u	200				834				166.800
12210	Acabados	m	1.090				424				462.160
12211	Pozo de alivio de presión	m	3.700				250,34				926.258
	SUBTOTAL										45'404.478
1230	Aliviaderos y disipadores										
12300	Canal de acceso de estructuras de control										
123000	Excavación en tierra	m ³	422.000				1,25				527.500
123001	Excavación en roca	m ³	760.000				7,4				5'624.000
123002	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	6.300				2,9				18.270
123003	Tratamientos especiales para la fundación	u	30				834				25.020
123004	Anclajes	u	950				180				171.000
123005	Hormigón masa	m ³	22.500				93				2'092.500
123006	Hormigón fuertemente armado	m ³	18.900				291				5'499.900

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 11.18

CUADRO: IV.7.3

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL SUBTERRANEA

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/ (SUQUES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUQUES)	US \$	US \$	
123007	Paneles de cierre: L = 15m H = 15m h=7,5m	u	1				414.000				414.000
123008	Piezas fijas	u	4				46.000				184.000
123009	Equipos de maniobra	u	1				92.000				92.000
1230010	Compuertas, piezas fijas y mecanismos de maniobra	u	4				520.000				2'080.000
1230011	Acañados	m	75				1.046				153.450
	SUBTOTAL										16'881.640
12301	Canal de rápida con revestimiento y deflector										
123010	Excavación en tierra	m³	672.000				1,25				840.000
123011	Excavación en roca	m³	420.000				7,4				3'108.000
123012	Limpieza y preparación para la fundación	m²	19.500				2,9				56.550
123013	Anclajes	u	4.950				180				891.000
123014	Hormigón poroso	m³	2.550				93				237.150
123015	Hormigón masa	m³	460				93				42.780
123016	Hormigón levemente armado	m³	12.800				169				2'163.200
123017	Hormigón fuertemente armado	m³	8.400				291				2'444.400
	SUBTOTAL										9'783.080
1231	Descarga auxiliar de fondo										
12310	Canal de acceso y estructu- ras de control										
123100	Excavación en tierra	m³	50.200				1,25				62.750
123101	Excavación en roca	m³	43.700				7,4				323.380
123102	Limpieza y preparación para la fundación	m²	3.420				2,9				9.918
123103	Grutados: e=5cm	m²	3.420				129				44.418

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 12.18

CUADRO: IV.7.3

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CONDUCCION: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL SUBTERRANEA

US\$ 1 = S/. 25,00

Cuenta	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL US\$
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/ (SUQUES)	US\$	US\$	US\$	S/ (SUQUES)	US\$	US\$	
123104	Malla de acero	m ²	3.420			3					10.260
123105	Anclajes	u	1.370			180					246.600
123106	Hormigón levemente armado	m ³	250			169					38.870
123107	Hormigón fuertemente armado	m ³	250			291					72.750
123108	Rejas: L=7m H=16m	u	2			121.500					243.000
123109	Compuertas, piezas fijas y mecanismos de maniobra	u	2			970.000					1'940.000
1231010	Acabados	m	20			2.846					56.920
	SUBTOTAL										3'048.908
12311	Túnel: L=35m D=11m										
123110	Excavación en roca	m ³	4.750			81					384.750
123111	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	1.460			2,9					4.234
123112	Tratamientos especiales para la fundación	u	160			139					22.240
123113	Anclajes	u	80			180					14.400
123114	Gunitado: e=5cm	m ²	1.460			13					18.980
123115	Malla de acero	m ²	1.460			3					4.380
123116	Hormigón masa	m ³	220			93					20.460
123117	Hormigón levemente armado	m ³	820			169					138.580
123118	Hormigón fuertemente armado	m ³	5.940			291					1'728.540
	SUBTOTAL										2'336.564
12312	Pozo de servicio L=106m D=6m e=0,35m										
123120	Excavación en roca	m ³	3.850			130					500.500
123121	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	2.300			2,9					6.670
						129					

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 13.18

CUADRO: IV.7.3

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL SUBTERRANEA

US\$ 1 = 17.25.00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO	
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
123122	Tratamientos especiales para la fundación	u	260				139			36.140	
123123	Anclajes	u	260				180			46.800	
123124	Gunitado e = 10 cm.	m ²	2.300				26			59.800	
123125	Malla de acero	m ²	2.300				3			6.900	
123126	Hormigón levemente armado	m ³	4.970				169			839.930	
123127	Hormigón fuertemente armado	m ³	1.170				291			340.470	
123128	Compuertas, piezas fijas y mecanismo maniobra L=2,4m H=3m h=125m	u	4				167.000			668.000	
123129	Blindaje: e = 18 mm	t	140				4.300			602.000	
	SUBTOTAL									3'107.210	
124	Obras de Toma										
1240	Canal de aducción y bocanoma										
12400	Excavación en tierra	m ³	64.000				1,25			80.000	
12401	Excavación en roca	m ³	220.000				7,4			1'628.000	
12402	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	17.800				2,90			51.620	
12403	Anclajes	u	960				180			172.800	
12404	Gunitado e = 10 cm	m ²	6.000				26			156.000	
12405	Malla de acero	m ²	6.000				3			18.000	
12406	Hormigón masa	m ³	2.900				93			269.700	
12407	Hormigón levemente armado	m ³	14.000				169			2'366.000	
12408	Hormigón fuertemente armado	m ³	500				291			145.500	
12409	Rejas L=10,8m H=11m	u	4				140.000			560.000	
12410	Paneles de cierre L=6,6m H=3m h=50 m	u	2				222.300			444.600	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA						HOJA: 14.18		CUADRO: IV.7.3		
DESCRIPCION :										
APROVECHAMIENTO:		SALADO								
COTA DE CORONAMIENTO:		1.390,00 m								
POTENCIA INSTALADA:		560 MW								
Nº DE GRUPOS:		4								
CENTRAL SUBTERRANEA										
US\$ 1 = S/. 25.00										

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJ.	TOTAL	MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	
				S/(SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/(SUCRES)	US \$	
12411	Piezas fijas	u	4				24.700			98.800
12412	Equipo de maniobra	u	1				150.000			150.000
12413	Compuertas, piezas fijas y mecanismo de maniobra	u	4				548.000			2'192.000
	L= 6,6m H=8m h=50m									
12414	Acabados	m	73				2.846			207.758
	SUBTOTAL									8'540.778
125	Obras de Conducción									
1250	Túnel de baja presión									
	L= D= Nº = 4									
12500	Excavación en roca	m ²	5.200				99			514.800
12501	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	2.840				2,9			8.236
12502	Tratamientos especiales para la fundación	u	296				139			41.144
12503	Anclajes	u	148				180			26.640
12504	Gunitado e = 5 cm	m ²	2.840				13			36.920
12505	Malla de acero	m ²	2.840				3			8.520
12506	Hormigón masa	m ³	300				93			27.600
12507	Hormigón levemente armado	m ³	1.100				169			185.900
	SUBTOTAL									850.060
1252	Túnel o tubería de alta presión L= D= 5,5 Nº = 4									
12520	Excavación en roca	m ³	22.600				128			2'892.800
12521	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	13.200				2,9			38.280
12522	Tratamientos especiales para la fundación	u	1.400				139			194.600
12523	Anclajes	u	1.400				180			252.000
12524	Gunitado e= 5cm	m ²	13.200				13			171.600

131

132

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 16.18

CUADRO: IV.7.3

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
 COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
 POTENCIA INSTALADA: 560 MW
 N° DE GRUPOS: 4
 CENTRAL SUBTERRANEA

US\$ 1 = S/ 2,34

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$		US \$
13	TURBINAS Y GENERADORES										
130	Turbinas Francis										
1303	Turbinas: Pot. 142,9 MW; RPM: 138,5	u	4				2'800.000				11'200.000
1301	Transporte y montaje	u	4				868.000				3'472.000
131	Generadores										
1310	Generadores: Pot. 155,6 MVA RPM: 138,5	u	4				3'150.000				12'600.000
1311	Transporte y montaje	u	4				976.500				3'906.000
	SUBTOTAL 13										31'178.000
	IMPREVISTOS	10%									3'117.800
	TOTAL CUENTA 13										34'295.800
14	EQUIPO ELECTRICO ACCESORIO										
140	Equipo accesorio	KVA	622.400				7,45				4'636.880
141	Transporte y montaje	KVA	622.400				7,8				4'854.720
	SUBTOTAL 14										9'491.600
	IMPREVISTOS	10%									949.160
	TOTAL CUENTA 14										10'440.760
15	OTROS EQUIPOS DE LA CENTRAL										
150	Puente rodante	u	2				1'000.000				2'000.000
151	Equipos varios	Kw	560.000				3,9				2'184.000
	SUBTOTAL 15										4'184.000
	IMPREVISTOS	10%									418.400
	TOTAL CUENTA 15										4'602.400

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 17.18

CUADRO: IV.7.3

DESCRIPCION :

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 60 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL SUBTERRANEA

UNO 1

Cuenta	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	EXTRANJ	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	EXTRANJERA	US \$
16	ACCESOS										
160	Caminos nuevos	km	3				22.353				67.059
161	Puentes	m	200				2.067				413.400
	SUBTOTAL 16										480.459
	IMPREVISTOS	15%									72.069
	TOTAL CUENTA 16										552.528
17	SUBESTACION Y LINEA DE TRANS- MISION										
170	Excavación en tierra	m³	50.000				1,25				62.500
171	Hormigón masa	m³	12.000				93				1'116.000
172	Hormigón levemente armado	m³	4.000				169				676.000
173	Transformadores elevación	Global									7'300.000
174	Subestación Salado	Global									4'410.000
175	Subestación Quito	Global									2'450.000
176	Líneas de transmisión	Global									21'120.000
	SUBTOTAL OBRA CIVIL										1'854.500
	IMPREVISTOS OBRA CIVIL	15%									278.175
	SUBTOTAL EQUIPOS										35'280.000
	IMPREVISTOS EQUIPOS	10%									3'528.000
	TOTAL CUENTA 17										40'940.675
	TOTAL CUENTAS 11 A 17										445'909.497
	TOTAL CUENTAS 10 A 17										461'787.069

[illegible]

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

HOJA: 1.16

CUADRO: IV.7.4

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
1 TUNEL DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25.00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO	
				MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJ	TOTAL	MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJERA	TOTAL
				S/.(SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/.(SUCRES)	US \$	US \$	
10	EXPROPIACIONES Y SERVIDUMBRE										
100	Adquisición de tierra y edificio para:										
1000	Area inundada y mejoras rurales	Ha	1.599				106,6			161.499	
1001	Gastos de adquisición de tierras (15% de la cuenta 1000)	Global								24.225	
	SUBTOTAL									185.724	
	IMPREVISTOS	20%								37.145	
	SUBTOTAL 100									222.859	
102	Reubicaciones:										
1020	Caminos	km	17,1				22.353			382.236	
1021	Puentes	m	50				2.067			103.350	
1022	Oleoducto	km	16,8				450.000			7'560.000	
1023	Estaciones de bombeo	u	1				5'000.000			5'000.000	
	SUBTOTAL									3'045.586	
	IMPREVISTOS	20%								2'609.117	
	SUBTOTAL 102									15'654.703	
	TOTAL CUENTA 10									15'877.572	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 2.16

CUADRO: IV.7.4

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
1 TUNEL DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25.00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$		S/ (SUCRES)	US \$		
11	EDIFICIOS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS										
110	Patios, talleres y obras accesorias	MW	560			470					263.200
111	Casa de máquinas										
1110	Excavación en roca	m ³	112.800			7,4					834.720
1111	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	12.600			2,9					36.540
1112	Tratamientos especiales para la fundación	u	2.567			139					356.813
1113	Anclajes	u	1.406			180					253.080
1114	Gunitado e= 10 cm	m ²	8.400			26					218.400
1115	Malta de acero	m ²	8.400			3					25.200
1116	Hormigón masa	m ³	19.500			93					1'813.500
1117	Hormigón levemente armado	m ³	8.130			169					1'373.970
1118	Hormigón fuertemente armado	m ³	4.880			291					1'420.080
1119	Paneles de cierre L=6,6 H=4,3 h=17,9	u	4			88.200					352.800
11110	Piezas fijas	u	8			9.800					78.400
11111	Equipo de maniobra	u	1			76.000					76.000
11112	Acabados	Kw	560.000			20,4					11'424.000
	SUBTOTAL										18'263.503
112	Cámara de Válvulas										
1120	Válvula mariposa D=5,5	u	4			800.000					3'200.000
1121	Transporte y montaje	u	4			280.000					1'120.000
	SUBTOTAL										4'320.000

CUADRO. IV.7.4

APPROXIMATE NO.	SALADO
COTA DE CORONAMILLITO:	1,390,000 m
POTENCIA INSTALADA:	560 MW
NO. DE GRUPOS:	4
CENTRAL EXTERIOR	
1 TUNEL DE BAJA PRESION	

US 1 1/2 1950

138

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA							HOJA: 4.16		CUADRO: IV.7.4	
DESCRIPCION :										
PROVECHAMIENTO:		SALADO								
COTA DE CORDONAMIENTO:		1.390,00 m								
POTENCIA INSTALADA:		560 MW								
Nº DE GRUPOS:		4								
CENTRAL EXTERIOR										
TUNEL DE BAJA PRESION										
US\$ 1 = S/. 25,00										
CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ.	TOTAL	MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/.(SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/.(SUCRES)	US \$	US \$
12	EMBALSE Y OBRAS DE CONDUCCION									
120	Limpieza del embalse	Ha	1.515			253,5				384,053
121	Obras de desvío (desvío por túnel)									
1210	Canal y estructuras de entrada									
12100	Excavación en tierra	m ³	152.800			1,25				191.000
12101	Excavación en roca	m ³	50.700			7,4				375.180
12102	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	6.200			2,9				17.980
12103	Hormigón masa	m ³	1.750			93				162.750
12104	Hormigón levemente armado	m ³	1.730			169				292.370
12105	Hormigón fuertemente armado	m ³	450			291				130.950
12106	Paneles de cierre de hormigón	u	2			12.300				24.600
12107	Piezas fijas	u	2			14.000				28.000
12108	Equipos de maniobra	u	1			98.000				98.000
	SUBTOTAL									1'320.830
1211	Túnel L = 550m D = 11 m N° 2									
12110	Excavación en roca	m ³	149.400			66				9'860.400
12111	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	46.000			2,9				133.400
12112	Tratamientos especiales para la fundación	u	5.400			139				750.600
12113	Anclajes	u	2.500			180				450.000
12114	Gunitado: e = 5 cm	m ²	46.000			13				598.000
12115	Malla de acero	m ²	46.000			3				138.000
						139				

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

HOJA: 5.16

CUADRO: IV.7.4

DESCRIPCION :

APROVECHAMIENTO: SALADO
 COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
 POTENCIA INSTALADA: 560 MW
 Nº DE GRUPOS: 4
 CENTRAL EXTERIOR
 1 TUNEL DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	
				S/.(SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/.(SUCRES)	US \$	
12116	Hormigón masa	m ³	6.900				93			641.700
12117	Hormigón levemente armado	m ³	25.700				169			4'343.300
	SUBTOTAL									16'915.400
1212	Canal y estructuras de Salida									
12120	Excavación en tierra	m ³	3'564.000				1,25			4'455.000
12121	Excavación en roca	m ³	2'492.000				7,4			18'440.800
12122	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	15.300				2,9			44.370
12123	Anclajes	u	4.560				180			820.800
12124	Hormigón masa	m ³	4.300				93			399.900
12125	Hormigón levemente armado	m ³	8.800				169			1'487.200
12126	Hormigón fuertemente armado	m ³	1.000				291			291.000
12127	Paneles de cierre: L = 17m H = 12m h = 6 m	u	1				243.000			243.000
12128	Piezas fijas	u	2				27.000			54.000
12129	Equipos de maniobra	u	1				120.000			120.000
	SUBTOTAL									26'356.070
1213	Taposamiento de los Túneles									
12130	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	2.500				2,9			7.250
12131	Hormigón masa	m ³	7.050				93			655.650
	SUBTOTAL									662.900
1214	Ataguías de desvío aguas arriba:									
12140	Ataguía auxiliar para construcción									
121400	Grava compactada	m ³	392.700				2,26			887.502

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 6.16

CUADRO: IV.7.4

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
 COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
 POTENCIA INSTALADA: 560 MW
 N° DE GRUPOS: 4
 CENTRAL EXTERIOR
 1 TUNEL DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO	
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
121401	Lahar compactado	m ³	53.600				4,75			254.600	
121402	Desague, mantenimiento y bombeo	Global								114.210	
121403	Demoliciones	m ³	150.000				2,50			375.000	
	SUBTOTAL									1'631.312	
12141	Atagüa principal										
121410	Grava compactada	m ³	36.300				2,26			82.038	
121411	Grava lanzada	m ³	18.200				2,26			41.132	
121412	Lahar lanzado	m ³	86.900				4,75			412.775	
121413	Lahar compactado	m ³	53.900				4,75			256.025	
121414	Escollero lanzado	m ³	349.800				1,15			402.270	
121415	Desague, mantenimiento y bombeo	Global								119.424	
	SUBTOTAL									1'313.664	
1215	Atagüa de desvío aguas abajo										
12150	Grava compactada	m ³	12.200				2,26			27.572	
121501	Grava lanzada	m ³	22.700				2,26			51.302	
121502	Lahar compactado	m ³	4.600				4,75			21.850	
121503	Lahar lanzado	m ³	8.100				4,75			38.475	
121504	Desague, mantenimiento y bombeo	Global								13.920	
121505	Demoliciones	m ³	47.600				2,5			119.000	
	SUBTOTAL									272.119	
122	Presa de Escollera										
1220	Excavación en tierra										
12200	Sobre el nivel de agua	m ³	3'118.000				1,25			3'897.500	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 7.16

CUADRO: IV.7.4

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
1 TUNEL DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL
				MONEDA	LOCAL	MONEDA EXTRANJ.	TOTAL	MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
12201	Cut-off de aguas arriba	m ³	3'000.000				2,5				7'500.000
1221	Excavación en roca	m ³	51.000				7,4				377.400
1222	Lahar compactado	m ³	4'143.000				4,75				19'679.250
1223	Arena y grava tal río	m ³	23'030.000				2,26				52'047.800
1224	Transición de grava procesada	m ³	1'353.000				5,55				7'509.150
1225	Filtro de arena procesada	m ³	1'023.000				6.				6'138.000
1226	Escoliera	m ³	3'240.000				1,15				3'725.000
1227	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	442.800				2,2				974.160
1228	Tratamientos especiales para la fundación	global									42'000.000
1229	Inyecciones	u	200				834				166.800
12210	Acabados	m	1.090				424				462.160
12211	Pozo de alivio de presión	m	3.700				250,34				925.258
	SUBTOTAL										45'404.478
1230	Aliviaderos y disipadores										
12300	Cana de acceso de estructuras de control										
123000	Excavación en tierra	m ³	422.000				1,25				527.500
123001	Excavación en roca	m ³	760.000				7,4				5'624.000
123002	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	6.300				2,9				18.270
123003	Tratamientos especiales para la fundación	u	30				834				25.020
123004	Anclajes	u	950				180				171.000
123005	Hormigón masa	m ³	22.500				93				2'092.500
123006	Hormigón fuertemente armado	m ³	18.900				291				5'499.900
					142						

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 8.16

CUADRO: IV.7.4

DESCRIPCION :

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
1 TUNEL DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$		S/ (SUCRES)	US \$		
123007	Paneles de cierre: L = 15m H = 15m h=7,5m	u	1			414.000					414.000
123008	Piezas fijas	u	4			46.000					184.000
123009	Equipos de maniobra	u	1			92.000					92.000
1230010	Compuertas, piezas fijas y mecanismos de maniobra	u	4			520.000					2'080.000
1230011	Acabados	m	75			2.046					153.450
	SUBTOTAL										16'881.640
12301	Canal de rápida con revestimiento y deflector										
123010	Excavación en tierra	m ³	672.000			1,25					840.000
123011	Excavación en roca	m ³	420.000			7,4					3'108.000
123012	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	19.500			2,9					56.550
123013	Anclajes	u	4.950			180					891.000
123014	Hormigón poroso	m ³	2.550			93					237.150
123015	Hormigón masa	m ³	460			93					42.780
123016	Hormigón levemente armado	m ³	12.800			169					2'163.200
123017	Hormigón fuertemente armado	m ³	8.400			291					2'444.400
	SUBTOTAL										9'783.080
1231	Descarga auxiliar de fondo										
12310	Canal de acceso y estructu- ras de control										
123100	Excavación en tierra	m ³	50.200			1,25					62.750
123101	Excavación en roca	m ³	43.700			7,4					323.380
123102	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	3.420			2,9					9.918
123103	Gunitado: e=5cm	m ²	3.420		123	13					41.360

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 9.16

CUADRO: IV.7.4

DESCRIPCION :

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390.00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
1 TUNEL DE BAJA PRESTON

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJ	TOTAL	MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJERA	
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
123104	Malla de acerp	m ²	3.420				3				10.260
123105	Anclajes	u	1.370				180				246.600
123106	Hormigón levemente armado	m ³	230				169				38.870
123107	Hormigón fuertemente armado	m ³	250				291				72.750
123108	Rejas: L=7m H=16m	u	2				121.500				243.000
123109	Compuertas, piezas fijas y mecanismos de maniobra	u	2				970.000				1'940.000
1231010	Acabados	m	20				2.846				56.920
	SUBTOTAL										3'048.908
12311	Túnel: L=35m D=11m										
123110	Excavación en roca	m ³	4.750				81				384.750
123111	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	1.460				2,9				4.234
123112	Tratamientos especiales para la fundación	u	160				139				22.240
123113	Anclajes	u	80				180				14.400
123114	Gunitado: e=5cm	m ²	1.460				13				18.980
123115	Malla de acero	m ²	1.460				3				4.380
123116	Hormigón masa	m ³	220				93				20.460
123117	Hormigón levemente armado	m ³	820				169				138.580
123118	Hormigón fuertemente armado	m ³	5.940				291				1'728.540
	SUBTOTAL										2'336.564
12312	Pozo de servicio L=166m D=6m e=0,35m										
123120	Excavación en roca	m ³	3.850				130				500.500
123121	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	2.300				2,9				6.670

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.							HOJA: 10.16		CUADRO: IV.7.4		
DESCRIPCION :											
APROVECHAMIENTO:		SALADO									
COTA DE CORONAMIENTO:		1.390.00 m									
POTENCIA INSTALADA:		560 MW									
Nº DE GRUPOS:		4									
CENTRAL EXTERIOR											
1 TUNEL DE BAJA PRESION											
US\$ 1 = S/. 75.00											
CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO TOTAL	
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL		MONEDA
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$		US \$
123122	Tratamientos especiales para la fundación	u	260				139			36.140	
123123	Anclajes	u	260				180			46.800	
123124	Gunitado: e=5cm	m2	2.300				26			59.800	
123125	Malla de acero	m2	2.300				3			6.900	
123126	Hormigón levemente armado	m3	4.970				169			839.930	
123127	Hormigón fuertemente armado	m3	1.170				291			340.470	
123128	Compuertas, piezas fijas y mecanismos de maniobra L=2,4m H=3m h=125m	u	4				167.000			668.000	
123129	Blindaje: e=18mm	t	140				4.300			602.000	
	SUBTOTAL									3'107.210	
124	Obras de toma										
1240	Canal de aducción y bocatoma										
12400	Excavación en tierra	m3	28.000				1,25			35.000	
12401	Excavación en roca	m3	94.000				7,4			965.600	
12402	Limpieza y preparación para la fundación	m2	9.400				2,9			27.260	
12403	Anclajes	u	960				180			172.800	
12404	Gunitado e=10cm	m2	6.000				26			156.000	
12405	Malla de acero	m2	6.000				3			18.000	
12406	Hormigón masa	m3	2.800				93			260.400	
12407	Hormigón levemente armado	m3	3.600				169			608.400	
12408	Hormigón fuertemente armado	m3	3.500				291			1'018.500	
12409	Rejas: L=9,5 H= 22,2	u	2				198.000			396.000	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 11.16

CUADRO: IV.7.4

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE COMENDAMIENTO: 1.390,30 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DEL GRUPO: 4
CENTRAL EXTERIOR
1 TUNEL DE BAJA PRESTON

US\$ 1 = 1.000.000

CUESTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL US \$
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
12410	Compuertas, piezas fijas y equipo de maniobra L= 6,5 H=13,75 h= 54	u	2				760.000				1'520.000
12411	Acabados	m	25				2.246				71.150
	SUBTOTAL										5'249.110
125	Obras de conducción										
1250	Túnel de baja presión L= 525 D=13,75 Nº = 1										
12500	Excavación en roca	m ³	114.400				57				6'520.800
12501	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	32.200				2,9				93.380
12502	Tratamientos especiales para la fundación	u	3.408				139				473.712
12503	Anclajes	u	1.704				180				306.720
12504	Gunitado e=5cm	m ²	32.200				13				418.600
12505	mallla de acero	m ²	32.200				3				96.600
12506	Hormigón masa	m ³	5.300				93				492.900
12507	Hormigón levemente armado	m ³	15.900				169				2'687.100
	SUBTOTAL										11'089.812
1251	Chimenea de equilibrio L=56,38 D=35,5 Nº = 1										
12510	Excavación en tierra	m ³	21.000				1,25				26.250
12511	Excavación en roca	m ³	68.400				34				2'325.600
12512	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	7.400				2,9				21.460
12513	Tratamientos especiales para la fundación	u	822				139				114.258
12514	Anclajes	u	822				180				147.960
12515	Gunitado e=10cm	m ²	7.400				26				192.400
12516	Malla de acero	m ²	7.400				3				22.200

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 12.16

CUADRO: IV.7.4

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
 COTA D. CORONAMIENTO: 1.390,00 m
 POTENCIA INSTALADA: 560 MW
 Nº DE GRUPOS: 4
 ENTRAL EXTERIOR
 1 TUNEL DE BAJA PRESION

US\$ 1 = 1.000.000

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL US \$
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/(SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/(SUCRES)	US \$		
12517	Hormigón fuertemente armado	m ²	11.200				291				3'259.200
	SUBTOTAL										6'109.328
1252	Túnel o tubería de alta presión L= 81 D= 5,5 N°= 4										
12520	Excavación en roca	m ³	12.200				134				1'634.800
12521	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	7.000				2,9				20.300
12522	Tratamientos especiales para la fundación	u	748				139				103.972
12523	Anclajes	u	748				180				134.640
12524	Gunitado e=5cm	m ²	7.000				13				91.000
12525	Malla de acero	m ²	7.000				3				21.000
12526	Hormigón masa	m ³	3.600				93				334.800
12527	Blandaje e= 15mm	t	732				4.300				3'147.600
	SUBTOTAL										5'488.112
1253	Túnel auxiliar para la construcción L= 100 D=(7x7)										
12531	Excavación en roca	m ³	4.600				92				423.200
12532	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	2.500				2,9				7.250
12533	Anclajes	u	123				180				22.140
12534	Gunitado e= 5cm	m ²	1.800				13				23.400
12535	Hormigón masa	m ³	760				93				70.680
	SUBTOTAL										547.670

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.						HOJA: 13.16		CUADRO: IV.7.4			
DESCRIPCION :											
APROVECHAMIENTO:		SALADO									
COTA DE CORRIENTE:		1.390,00 m									
POTENCIA INSTALADA:		560 MW									
Nº DE GRUPOS:		4									
CENTRAL EXTERIOR											
1 TUNEL DE BAJA PRESION											
US\$ 1 = S/ 250,00											
Cuenta	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO	
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL	MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL		
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$		
126	Rectificación del río y movimientos de tierra										
1260	Aguas arriba para mejorar el emplazamiento de la atagüa auxiliar.	m ³	360.000			1,25				450.000	
1261	En la zona de la subestación	m ³	306.000			1,25				382.500	
1262	En la descarga del cuenco de disipación del aliviadero	m ³	320.000			1,25				400.000	
1263	Movimiento de tierras en la zona de la planta de construcción	m ³	1'680.000			1,25				2'100.000	
1264	Excavación del canal de restitución	m ³	872.000			1,25				1'090.000	
	SUBTOTAL									4'422.500	
	SUBTOTAL OBRA CIVIL									250'469.560	
	IMPREVISTOS OBRA CIVIL	15%								35'470.434	
	SUBTOTAL EQUIPOS									11'854.200	
	IMPREVISTOS EQUIPOS	10%								1'185.420	
	TOTAL CUENTA 12									298'979.614	
	* Nota: Cuenta 1228 tiene 10% de imprevistos										

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

HOJA: 14.16

CUADRO: IV.7.4

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
N- DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
1 TUNEL DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/ 2,900

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL	MONEDA	
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
13	TURBINAS Y GENERADORES										
130	Turbinas Francis										
1300	Turbinas: Pot. 142,9 MW; RPM: 138,5	u	4				2'800.000				11'200.000
1301	Transporte y montaje	u	4				868.000				3'472.000
131	Generadores										
1310	Generadores: Pot. 155,6 MVA RPM: 138,5	u	4				3'150.000				12'600.000
1311	Transporte y montaje	u	4				976.500				3'906.000
	SUBTOTAL 13										31'178.000
	IMPREVISTOS	10%									3'117.800
	TOTAL CUENTA 13										34'295.800
14	EQUIPO ELECTRICO ACCESORIO										
140	Equipo accesorio	KVA	622.400				7,45				4'636.880
141	Transporte y montaje	KVA	622.400				7,8				4'854.720
	SUBTOTAL 14										9'491.600
	IMPREVISTOS	10%									949.160
	TOTAL CUENTA 14										10'440.760
15	OTROS EQUIPOS DE LA CENTRAL										
150	Puente rodante	u	2				1'250.000				2'500.000
151	Equipos varios	Kw	560.000				3,9				2'184.000
	SUBTOTAL 15										4'684.000
	IMPREVISTOS	10%									468.400
	TOTAL CUENTA 15										5'152.400

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 15.16

CUADRO: IV.7.4

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORRIENTE: 1.390,99 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
N° DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
1 TUNEL DE BAJA PRESSION

US\$ 1 = 100,000

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO	
				MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJ		TOTAL	MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJERA	TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$		
16	ACCESOS											
160	Camino nuevos	km	3				22.353				67.059	
161	Puentes	m	200				2.067				413.400	
	SUBTOTAL 16										480.459	
	IMPREVISTOS	15%									72.069	
TOTAL CUENTA 16											552.528	
17	SUBESTACION Y LINEA DE TRANS- MISION											
170	Excavación en tierra	m ³	50.000				1.25				62.500	
171	Hormigón masa	m ³	12.000				93				1'116.000	
172	Hormigón levemente armado	m ³	4.000				169				676.000	
173	Transformadores elevación	Global									7'300.000	
174	Subestación Salado	Global									4'410.000	
175	Subestación Quito	Global									2'450.000	
176	Líneas de transmisión	Global									21'120.000	
	SUBTOTAL OBRA CIVIL										1'854.500	
	IMPREVISTOS OBRA CIVIL	15%									278.175	
	SUBTOTAL EQUIPOS										35'280.000	
	IMPREVISTOS EQUIPOS	10%									3'528.000	
TOTAL CUENTA 17											40'940.675	
TOTAL CUENTAS 11 A 17											425'981.350	
TOTAL CUENTAS 10 A 17											441'858.922	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 16.16

CUADRO: IV.7.4

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
 COTA DE CORRIENTE: 1.990,83 m
 POTENCIA INSTALADA: 660 MW
 N° DE GRUPOS: 4
 CENTRAL EXTERIOR
 1 TUNEL DE BAJA PRESION

US\$ 1 = 27,25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL US \$
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$		
18	GASTOS INDIRECTOS Y GASTOS DE ADMINISTRACION										
180	Instalaciones y campamentos										
1800	Construcción (Cuentas 11 a 17)	5,5%	425'931.350								23'428.974
1801	Operación y Mantenimiento (Cuentas 11 a 17)	3,75%	425'931.350								15'974.301
181	Ingeniería y Administración General										
1810	Ingeniería (Cuentas 10 a 17)	4,8%	441'858.922								21'209.228
1811	Administración General (Cuentas 10 a 17)	8 %	441'858.922								35'348.714
	SUBTOTAL 18										95'961.217
	IMPREVISTOS	10%									9'596.122
	TOTAL CUENTA 18										105'557.339
	TOTAL CUENTAS 10 A 18										547'416.261
19	INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION										
190	Tasa = 8% + 1%; t1=4,5 años t2=0,75años										
1900	Costo de los intereses										117'010.226
1901	Costo total de la obra										664'426.486
191	Tasa = 10% + 1%; t1=4,5 años t2=0,75 años										
1910	Costo de los intereses										143'012.498
1911	Costo total de la obra										690'428.759
192	Tasa = 12% + 1%; t1= 4,5 años t2=0,75 años										
1920	Costo de los intereses										1169'014.770
1921	Costo total de la obra										716'431.031

157

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 2.16

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
 COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
 POTENCIA INSTALADA: 560 MW
 N° DE GRUPOS: 4
 CENTRAL EXTERIOR
 2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = 17,25.00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$
11	EDIFICIOS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS										
111	Pacios, talleres y obras accesorias	MW	560				470				263.200
111	Casa de máquinas										
1110	Excavación en roca	m ³	112.800				7,4				834.720
1111	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	12.600				2,9				36.540
1112	Tratamientos especiales para la fundación	u	2.587				139				356.813
1113	Anclajes	u	1.406				180				253.080
1114	Gunitado e= 10 cm	m ²	8.400				26				218.400
1115	Malla de acero	m ²	8.400				3				25.200
1115	Hormigón masa	m ³	19.500				93				1'813.500
1117	Hormigón levemente armado	m ³	8.130				169				1'373.970
1118	Hormigón fuertemente armado	m ³	4.880				291				1'420.080
1119	Panels de cierre L=6,6 H=4,3 h=17,9	u	4				88.200				352.800
11110	Piezas fijas	u	8				9.800				78.400
11111	Equipo de maniobra	u	1				76.000				76.000
11112	Acabados	Kw	560.000				20,4				11'424.000
	SUBTOTAL										18'263.503
112	Cámara de Válvulas										
1121	Válvula mariposa D=5,5	u	4				800.000				3'200.000
1122	Transporte y montaje	u	4				280.000				1'120.000
	SURTOTAL										4'320.000

154

PLANILLA DE COSTOS PARA CENTRALES HIDROELECTRICAS

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 4.16

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25,00

Cuenta	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL
				S/(SUCRES)	US\$	US\$	US\$	S/ (SUCRES)	US\$	US\$
12	EMBALSE Y OBRAS DE CONDUCCION									
120	Limpieza del embalse	Ha	1.515			253,5				384.053
121	Obras de desvío (desvío por túnel)									
1210	Canal y estructuras de entrada									
12100	Excavación en tierra	m ³	152.800			1,25				191.000
12101	Excavación en roca	m ³	50.700			7,4				375.180
12102	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	6.200			2,9				17.980
12103	Hormigón masa	m ³	1.750			93				162.750
12104	Hormigón levemente armado	m ³	1.730			169				292.370
12105	Hormigón fuertemente armado	m ³	450			291				130.950
12106	Paneles de cierre de hormigón	u	2			12.300				24.600
12107	Piezas fijas	u	2			14.000				28.000
12108	Equipos de maniobra	u	1			98.000				98.000
	SUBTOTAL									1'320.830
1211	Túnel L = 550m D = 11 m Nº 2									
12110	Excavación en roca	m ³	149.400			66				9'860.400
12111	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	46.000			2,9				133.400
12112	Tratamientos especiales para la fundación	u	5.400			139				750.600
12113	Anclajes	u	2.500			180				450.000
12114	Gunitado: e = 5 cm	m ²	46.000			13				598.000
12115	Malla de acero	m ²	46.000			3				138.000

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

HOJA: 5.16

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION :

APROVECHAMIENTO: SALADO
 COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
 POTENCIA INSTALADA: 560 MW
 N° DE GRUPOS: 4
 CENTRAL EXTERIOR
 2 TUNELES-DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25.00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ.	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	
				S/.(SUCRES)	US \$			S/.(SUCRES)	US \$	
12116	Hormigón masa	m ³	6.900			93				641.700
12117	Hormigón levemente armado	m ³	25.700			169				4'343.300
	SUBTOTAL									16'915.400
1212	Canal y estructuras de Salida									
12120	Excavación en tierra	m ³	3'564.000			1.25				4'455.000
12121	Excavación en roca	m ³	2'492.000			7.4				18'440.800
12122	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	15.300			2.9				44.370
12123	Anclajes	u	4.560			180				820.800
12124	Hormigón masa	m ³	4.300			93				399.900
12125	Hormigón levemente armado	m ³	8.800			169				1'487.200
12126	Hormigón fuertemente armado	m ³	1.000			291				291.000
12127	Paneles de cierre: L = 17m H = 12m h = 6 m	u	1			243.000				243.000
12128	Piezas fijas	u	2			27.000				54.000
12129	Equipos de maniobra	u	1			120.000				120.000
	SUBTOTAL									26'356.070
1213	Taponamiento de los Túneles									
12130	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	2.500			2.9				7.250
12131	Hormigón masa	m ³	7.050			93				655.650
	SUBTOTAL									662.900
1214	Ataguías de desvío aguas arriba:									
12140	Atagufa auxiliar para construcción									
121400	Grava compactada	m ³	392.700			2.26				887.472

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 6.16

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
 COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
 POTENCIA INSTALADA: 560 MW
 N° DE GRUPOS: 4
 CENTRAL EXTERIOR
 2 TUNELES DE BAJA PRESSION

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJ.	TOTAL	MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJERA	TOTAL
				S/(SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
121401	Lahar compactado	m ³	53.600				4,75			254.600	
121402	Desague, mantenimiento y bombeo	Global								114.210	
121403	Demoliciones	m ³	150.000				2,50			375.000	
	SUBTOTAL									1'631.312	
12141	Atagüa principal										
121410	Grava compactada	m ³	36.300				2,26			82.038	
121411	Grava lanzada	m ³	18.200				2,26			41.132	
121412	Lahar lanzado	m ³	86.900				4,75			412.775	
121413	Lahar compactado	m ³	53.900				4,75			256.025	
121414	Escollero lanzado	m ³	349.800				1,15			402.270	
121415	Desague, mantenimiento y bombeo	Global								119.424	
	SUBTOTAL									1'313.564	
1215	Atagüa de desvío aguas abajo										
12150	Grava compactada	m ³	12.200				2,26			27.572	
121501	Grava lanzada	m ³	22.700				2,26			51.302	
121502	Lahar compactado	m ³	4.600				4,75			21.850	
121503	Lahar lanzado	m ³	8.100				4,75			38.475	
121504	Desague, mantenimiento y bombeo	Global								13.920	
121505	Demoliciones	m ³	47.600				2,5			119.000	
	SUBTOTAL									272.119	
122	Presa de Escollera										
1220	Excavación en tierra										
12200	Sobre el nivel de agua	m ³	3'118.000				1,25			3'897.500	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 7.16

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,09 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
2 TUNELES DE SAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL US \$
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL	MONEDA	
				S/(SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/(SUCRES)	US \$	US \$	
12201	Cut-off de aguas arriba	m ³	3'000.000				2,5				7'500.000
1221	Excavación en roca	m ³	51.000				7,4				377.400
1222	Lahar compactado	m ³	4'143.000				4,75				19'679.250
1223	Arena y grava del río	m ³	23'030.000				2,26				52'047.800
1224	Transición de grava procesada	m ³	3'353.000				5,55				7'509.150
1225	Filtro de arena procesada	m ³	1'023.000				6.				6'138.000
1226	Escollera	m ³	3'240.000				1,15				3'726.000
1227	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	442.800				2,2				974.160
1228	Tratamientos especiales para la fundación	global									42'000.000
1229	Inyecciones	u	200				834				166.800
12210	Acabados	m	1.090				424				462.160
12211	Pozo de alivio de presión	m	3.700				250,34				926.258
	SUBTOTAL										145'404.478
1230	Aliviaderos y disipadores										
12300	Canal de acceso de estructuras de control										
123000	Excavación en tierra	m ³	422.000				1,25				527.500
123001	Excavación en roca	m ³	760.000				7,4				5'624.000
123002	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	6.300				2,9				18.270
123003	Tratamientos especiales para la fundación	u	30				834				25.020
123004	Anclajes	u	950				180				171.000
123005	Hormigón masa	m ³	22.500				93				2'092.500
123006	Hormigón fuertemente armado	m ³	18.900				291				5'499.900

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 8.16

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO

COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m

POTENCIA INSTALADA: 560 MW

Nº DE GRUPOS: 4

CENTRAL EXTERIOR

2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA LOCAL	MONEDA	TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$
123007	Paneles de cierre: L = 15m H = 15m t=7,5m	u	1				414.000			414.000
123008	Piezas fijas	u	4				46.000			184.000
123009	Equipos de manobra	u	1				92.000			92.000
1230010	Compuertas, piezas fijas y mecanismos de maniobra	u	4				520.000			2'080.000
1230011	Acabados	m	75				2.046			153.450
	SUBTOTAL									16'881.640
12301	Canal de rápida con revestimiento y deflector									
123010	Excavación en tierra	m ³	672.000				1,25			840.000
123011	Excavación en roca	m ³	420.000				7,4			3'108.000
123012	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	19.500				2,9			56.550
123013	Anclajes	u	4.950				180			891.000
123014	Hormigón poroso	m ³	2.550				93			237.150
123015	Hormigón masa	m ³	460				93			42.780
123016	Hormigón levemente armado	m ³	12.800				169			2'163.200
123017	Hormigón fuertemente armado	m ³	8.400				291			2'444.400
	SUBTOTAL									9'783.080
1231	Descarga auxiliar de fondo									
12310	Canal de acceso y estructu- ras de control									
123100	Excavación en tierra	m ³	50.200				1,25			62.750
123101	Excavación en roca	m ³	43.760				7,4			323.380
123102	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	3.420				2,9			9.918
123103	Gunitado: e=5cm	m ²	3.420		159		13			44.460

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 9.16

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
 COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
 POTENCIA INSTALADA: 560 MW
 Nº DE GRUPOS: 4
 CENTRAL EXTERIOR
 2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJ	TOTAL	MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJERA	TOTAL
				S/ (SUQUES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUQUES)	US \$	US \$	
123104	Malla de acero	m ²	3.420				3			10.260	
123105	Anclajes	u	1.370				180			246.600	
123106	Hormigón levemente armado	m ³	230				169			38.870	
123107	Hormigón fuertemente armado	m ³	250				291			72.750	
123108	Rejas: L=7m H=16m	u	2				121.500			243.000	
123109	Compuertas, piezas fijas y mecanismos de maniobra	u	2				970.000			1'940.000	
1231010	Acabados	m	20				2.846			56.920	
	SUBTOTAL									3'048.908	
12311	Túnel: L=35m D=11m										
123110	Excavación en roca	m ³	4.750				81			384.750	
123111	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	1.460				2,9			4.234	
123112	Tratamientos especiales para la fundación	u	160				139			22.240	
123113	Anclajes	u	80				180			14.400	
123114	Gunitado: e=5cm	m ²	1.460				13			12.980	
123115	Malla de acero	m ²	1.460				3			4.380	
123116	Hormigón masa	m ³	220				93			57.460	
123117	Hormigón levemente armado	m ³	820				169			138.580	
123118	Hormigón fuertemente armado	m ³	5.940				291			1'724.540	
	SUBTOTAL									2'366.564	
12312	Pozo de servicio L=106m D=6m d=0,35m										
123120	Excavación en roca	m ³	3.850				130			500.500	
123121	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	2.300				2,9			6.670	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 10.16

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/: 24,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO
				MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJ	TOTAL	MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$
123122	Tratamientos especiales para la fundación	u	260				139			36.140
123123	Anclajes	u	260				180			46.800
123124	Gunitado: e=6 cm	m ²	2.300				26			59.800
123125	Malla de acero	m ²	2.300				3			6.900
123126	Hormigón levemente armado	m ³	4.970				169			839.930
123127	Hormigón fuertemente armado	m ³	1.170				291			340.470
123128	Compuertas, piezas fijas y mecanismos de maniobra L=2,4m H=3m h=125m	u	4				167.000			668.000
123129	Blindaje: e=18mm	t	140				4.300			602.000
	SUBTOTAL									3'107.210
124	Obras de toma									
1241	Canal de aducción y bocatoma									
12410	Excavación en tierra	m ³	54.000				1,25			67.500
12411	Excavación en roca	m ³	173.000				7,4			1'280.200
12412	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	12.200				2,9			35.380
12413	Anclajes	u	1.088				180			195.840
12414	Gunitado e=10cm	m ²	6.800				26			176.800
12415	Malla de acero	m ²	6.800				3			20.400
12416	Hormigón masa	m ³	3.500				93			325.500
12417	Hormigón levemente armado	m ³	5.600				169			946.400
12418	Hormigón fuertemente armado	m ³	5.000				291			1'455.000
12419	Rejas: L= 6,5 H= 16	u	4				94.000			376.000

- 161 -

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 11.16

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE COORDINAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
2 TUNELES DE BAJA PRESTION

US\$ 1 = 1.000.000

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA LOCAL		MONEDA	TOTAL	MONEDA LOCAL		MONEDA	TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	EXTRANJ	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	EXTRANJERA	US \$
12410	Compuertas, piezas fijas y equipo de maniobra L= 4,5 H= 9,5 h= 53	u	4				406.000				1'624.000
12411	Acabados	m	48				2.846				136.608
	SUBTOTAL										6'639.628
125	Obras de conducción										
1250	Túnel de baja presión L= 565 D= 9,5 N= 2										
12500	Excavación en roca	m ³	111.000				75				8'325.000
12501	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	42.400				2,9				122.960
12502	Tratamientos especiales para la fundación	u	4.484				139				623.276
12503	Anciajes	u	2.242				180				403.560
12504	Gunitado e=5cm	m ²	42.400				13				551.200
12505	mallla de acero	m ²	42.400				3				127.200
12506	Hormigón masa	m ³	5.000				93				465.000
12507	Hormigón levemente armado	m ²	13.900				169				2'349.100
	SUBTOTAL										12'967.296
1251	Chimenea de equilibrio L= 56 D= 25 N= 2										
12510	Excavación en tierra	m ³	11.600				1,25				14.500
12511	Excavación en roca	m ³	59.400				45				2'673.000
12512	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	10.600				2,9				30.740
12513	Tratamientos especiales para la fundación	u	1.180				139				164.020
12514	Anciajes	u	1.180				180				212.400
12515	Gunitado e=10cm	m ²	10.600				26				275.600
12516	Malla de acero	m ²	10.600				3				31.800

PLANILLA DE COSTOS PARA CENTRALES HIDROELECTRICAS

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 12.16

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO

COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m

POTENCIA INSTALADA: 560 MW

Nº DE GRUPOS: 4

CENTRAL EXTERIOR

2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = 7,25.00

C/CENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
12517	Hormigón fuertemente armado	m ²	12.000				291				3'492.000
	SUBTOTAL										6'894.060
1252	Túnel o tubería de alta presión L= 86 D=5,5 N°= 4										
12520	Excavación en roca	m ³	13.000				134				1'742.000
12521	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	7.400				29				21.460
12522	Tratamientos especiales para la fundación	u	792				139				110.088
12523	Anclajes	u	792				180				142.560
12524	Gunitado e=5cm	m ²	7.400				13				96.200
12525	Malla de acero	m ²	7.400				3				22.200
12526	Hormigón masa	m ³	3.900				93				362.700
12527	Blindaje e= 15mm	t	776				4.300				3.336.800
	SUBTOTAL										5'834.008
1253	Túnel auxiliar para la construcción L=120 D=(7x7)										
12531	Excavación en roca	m ³	5.500				92				506.000
12532	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	3.000				29				8.700
12533	Anclajes	u	147				180				26.460
12534	Gunitado e= 5cm	m ²	2.200				13				28.600
12535	Hormigón masa	m ³	1.100				93				102.300
	SUBTOTAL										672.060

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 13.16

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 960 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/ 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$
126	Rectificación del rfo y movimientos de tierra										
1260	Aguas arriba para mejorar el emplazamiento de la atagufa auxiliar	m ³	360.000				1,25				450.000
1261	En la zona de la subestación	m ³	306.000				1,25				382.500
1262	En la descarga del cuenco de disipación del aliviadero	m ³	320.000				1,25				400.000
1263	Movimiento de tierras en la zona de la planta de construcción	m ³	1'680.000				1,25				2'100.000
1264	Excavación del canal de restitución	m ³	872.000				1,25				1'090.000
	SUBTOTAL										4'422.500
	SUBTOTAL OBRA CIVIL										254'720.380
	IMPREVISTOS OBRA CIVIL	15%									36'108.057
	SUBTOTAL EQUIPOS										12'127.400
	IMPREVISTOS EQUIPOS	10%									1'212.740
	TOTAL CUENTA 12										304'168.577

PLANILLA DE COSTOS PARA CENTRALES HIDROELECTRICAS

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 14.16

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = 1.000.000

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJ	TOTAL	MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJERA	TOTAL
				S/(SUQUES)	US\$	US\$	US\$	S/(SUQUES)	US\$	US\$	US\$
13	TURBINAS Y GENERADORES										
130	Turbines Francis										
1300	Turbinas: Pot. 142,9 MW; RPM: 138,5	u	4				2'800.000				11'200.000
1301	Transporte y montaje	u	4				868.000				3'472.000
131	Generadores										
1310	Generadores: Pot. 155,6 MVA RPM: 138,5	u	4				3'150.000				12'600.000
1311	Transporte y montaje	u	4				976.500				3'906.000
	SUBTOTAL 13										31'178.000
	IMPREVISTOS	10%									3'117.800
	TOTAL CUENTA 13										34'295.800
14	EQUIPO ELECTRICO ACCESORIO										
140	Equipo accesorio	KVA	622.400				7,45				4'636.880
141	Transporte y montaje	KVA	622.400				7,8				4'854.720
	SUBTOTAL 14										9'491.600
	IMPREVISTOS	10%									949.160
	TOTAL CUENTA 14										10'440.760
15	OTROS EQUIPOS DE LA CENTRAL										
150	Puente rotante	u	2				1'250.000				2'500.000
151	Equipos varios	Kw	560.000				3,9				2'184.000
	SUBTOTAL 15										4'684.000
	IMPREVISTOS	10%									468.400
	TOTAL CUENTA 15										5'152.400

PLANILLA DE COSTOS PARA CENTRALES HIDROELECTRICAS

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 15.15

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO SALADO
COTA DE ELEVAMIENTO: 1.390,00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = 17.000

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO	
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL	
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
16	ACCESOS										
160	Caminos nuevos	km	3			22.353				67.059	
161	Puentes	m	200			2.067				413.400	
	SUBTOTAL 16									480.459	
	IMPREVISTOS	15%								72.069	
	TOTAL CUENTA 16									552.528	
17	SUBESTACION Y LINEA DE TRANSMISION										
170	Excavación en tierra	m³	50.000			1,25				62.500	
171	Hormigón masa	m³	12.000			93				1'116.000	
172	Hormigón levemente armado	m³	4.000			169				676.000	
173	Transformadores elevación	Global								7'300.000	
174	Subestación Salado	Global								4'410.000	
175	Subestación Quito	Global								2'450.000	
176	Líneas de transmisión	Global								21'120.000	
	SUBTOTAL OBRA CIVIL									1'854.500	
	IMPREVISTOS OBRA CIVIL	15%								278.175	
	SUBTOTAL EQUIPOS									35'280.000	
	IMPREVISTOS EQUIPOS	10%								3'528.000	
	TOTAL CUENTA 17									40'940.675	
	TOTAL CUENTAS 16 A 17									431'170.313	
	TOTAL CUENTAS 10 A 17									447'047.385	

PROYECTO HIDROELECTRICO CCCA.

HOJA: 16.16

CUADRO: IV.7.5

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO SALADO
COSTA DE CORAMIENTOS: 1.000,00
POTENCIA INSTALADA: 500 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = 171,25.00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL US \$
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/ (SUCCES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCCES)	US \$		
18	GASTOS INDIRECTOS Y GASTOS DE ADMINISTRACION										
180	Instalaciones y campamentos										
1800	Construcción (Cuentas 11 a 17)	5,5%	431'170.313								23'714.367
1801	Operación y Mantenimiento (Cuentas 11 a 17)	3,75%	431'170.313								16'168.887
181	Ingeniería y Administración General										
1810	Ingeniería (Cuentas 10 a 17)	4,8%	447'047.885								21'458.298
1811	Administración General (Cuentas 10 a 17)	7,9%	447'047.885								35'316.783
	SUBTOTAL 18										96'658.335
	IMPREVISTOS	10%									9'665.834
	TOTAL CUENTA 18										106'324.169
	TOTAL CUENTAS 10 A 18										553'372.054
19	INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION										
190	Tasa = 8% + 1%; t1=4,5 años t2=0,75 años										
1900	Costo de los intereses										118'283.277
1901	Costo total de la obra										671'655.330
191	Tasa = 10% + 1%; t1=4,5 años t2=0,75 años										
1910	Costo de los intereses										144'568.449
1911	Costo total de la obra										697'940.503
192	Tasa = 12% + 1%; t1=4,5 años t2=0,75 años										
1920	Costo de los intereses										170'853.622
1921	Costo total de la obra										724'225.676

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Del análisis de los Cuadros Nos. IV.7.2 y IV.7.6 se observa que aunque el costo total del anteproyecto con central subterránea sea de 5 a 7% superior a los costos de las alternativas con centrales exteriores, esta diferencia alcanza cerca del 30% (valor promedio de las dos centrales exteriores) cuando se comparan solamente los costos directos de las obras de generación excluyéndose los costos de los rubros y servicios comunes a todas ellas. Esta diferencia tiende a aumentar si se considera que los imprevistos son más imponderables para la central subterránea que para las exteriores y que se ha adoptado el mismo porcentaje para ambas en la presente comparación.

De las dos variantes de central exterior, la con dos túneles de baja presión es ligeramente más costosa que la con un túnel de baja presión (cerca de 5%). Entretanto, ofrece mayor flexibilidad y seguridad operacional ya que en caso de averías o de requerirse el mantenimiento e inspección de uno de los túneles, queda disponible la mitad de la capacidad de generación.

De lo expuesto se recomienda elegir la solución de central exterior con dos túneles de baja presión como anteproyecto final de Factibilidad.

8. DESCRIPCION DEL ANTEPROYECTO RECOMENDADO

8.1 SECCION TIPICA DE LA PRESA

La sección típica de la presa, de escollera con núcleo inclinado impermeable, fue definida para satisfacer los siguientes requerimientos principales:

- Características geológicas-geotécnicas de las cimentaciones
- Características geotécnicas de los materiales naturales de construcción
- Características meteorológicas del área
- Métodos de construcción
- Riesgos de actividades sísmicas
- Altura y plano de operación del embalse

El coronamiento final de la presa, luego de considerar los eventuales asentamientos o deformaciones provocados por actividades sísmicas, fue establecido en la cota 1390 previéndose un borde libre de 10 m para la defensa contra olas y la sobreelevación del espejo de agua por acción del viento. La altura máxima de la presa en el eje es de 144 m, considerando una excavación general de 8 m.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El coronamiento tiene 15 m de ancho y, aproximadamente, 1.000 m de largo.

El macizo fue implantado con un tramo de eje curvo, junto a la orilla derecha, para que parte del talud de aguas abajo se apoye en el morro existente junto al borde izquierdo del río.

En la sección transversal típica predominan las gravas y arenas, zona 2, encontradas en abundancia tanto aguas arriba como aguas abajo del sitio. Estos materiales, compactados en capas de 0,6 m a 1,0 m con rodillos vibratorios, tienen alta resistencia y baja compresibilidad y su colocación y compactación están afectadas por las condiciones meteorológicas. El talud de aguas arriba del cuerpo principal de la zona 2 fue establecido en 1(V):1,4(H) para permitir la construcción de este macizo independientemente de la construcción de la cortina de inyecciones y del núcleo.

El núcleo inclinado, zona 1, será construido con lahar, que es un material granular areno-limoso, ubicado en dos áreas situadas a 15 km aguas abajo del eje. Este material, compactado, presenta un coeficiente de permeabilidad del orden de 10^{-5} cm/s. Para su compactación en el núcleo con rodillos vibratorios en capas de 30 cm será necesario eliminar, por tamizado, las fracciones superiores a 15 cm. Entre el núcleo y la zona 2 aguas abajo, se prevé

ANEXO IV - ANTEPROYECTOS HIDROELECTRICOS

un filtro de grava procesada (zona 3) de 10 m de ancho, cuya función es servir de transición granulométrica para impedir la migración del lahar hacia aguas abajo en el caso que se fisure el núcleo debido a asentamientos diferenciales, deficiencia de construcción, etc,

La zona 4 es un dren de grava procesada con 4 m de ancho, cuya función es provocar la disipación rápida de las presiones intersticiales en la zona 2 ocasionadas por movimientos sísmicos.

Las dos trincheras excavadas en las cimentaciones hasta la superficie inferior de la capa de limo, ubicada aproximadamente en la cota 1237, tienen 50 m de ancho en la base. Su función es la de interceptar eventuales superficies de baja resistencia en la capa de limo aumentando así la resistencia al corte. Las dos bermas colocadas encima de las trincheras, con 90 m de ancho en la parte superior, tienen la función de aumentar las tensiones normales a lo largo de las dos bases de las trincheras y, consecuentemente, aumentar también la resistencia al corte.

Es necesaria una excavación general de los 5 a 8 m superficiales con el objeto de retirar las capas de arena y limo sueltos que podrían sufrir licuación durante movimientos sísmicos.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Para evitar subpresiones elevadas y reducir las filtraciones de agua a través de los aluviones de las cimentaciones se prevé una cortina de inyecciones constituida por mezclas de cemento-bentonita-gel de sílica, ejecutada en la parte central de la trinchera de aguas arriba y penetrando en el aluvión y algunos metros en la roca subyacente. El ancho de aluvión tratado variará desde 17,5 m en la superficie hasta 7,5 m en el contacto con la roca. El volumen de aluvión tratado será de 790.000 m^3 y la superficie de la cortina tendrá 72.000 m^2 , aproximadamente. Se prevé también la construcción de una galería de hormigón a lo largo del eje de la cortina apoyada en la cota 1268, para posibilitar inyecciones adicionales del aluvión después del llenado del embalse, en caso de que sean necesarias.

Las eventuales subpresiones que se podrían desarrollar en las cimentaciones del pie aguasabajo de la presa, serán reducidas mediante pozos de alivio perforados cada 15 m y penetrando hasta la cota 1270, aproximadamente.

El talud de aguas arriba de la presa, desde el coronamiento hasta la berma en la cota 1300, tiene una inclinación de 1(v):2,5(H). Se prevé una zona de escollero compactado, zona 5, cuya función es la de disipar rápidamente las presiones de poros provocados por movimientos sísmicos.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELCTRICOS

El volumen total de la presa, incluyendo todos los materiales previstos en la zonificación es cerca de 33.000.000 m³.

8.2 ALIVIADERO DE SERVICIO

El aliviadero es de superficie y consta de un canal de entrada, vertedero hidrodinámico controlado por cuatro compuertas de segmento, rápida de pendiente constante y deflector terminal.

Está ubicado en el estribo de la margen izquierda y su eje es casi perpendicular al de la presa. El material proveniente de la excavación del aliviadero será aprovechado en un 85% para la construcción del espaldón de aguas arriba de la presa.

La cota de solera es 1.264 m. La curva que forma en planta el canal de entrada tiene como finalidad permitir la construcción y operación de las estructuras de control de la descarga auxiliar que pasa por debajo del aliviadero y tiene un alineamiento paralelo al eje de la rápida.

Se diseñó la solera para una carga máxima de 18,70 m sobre su cresta ubicada en la cota 1.370,30 m. Esta carga corresponde al N.A. Máx. Máx. 1.389,00 m en el embalse.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

La longitud útil de la cresta es de 60 m y está dividida en cuatro vanos de 15 m separados por pilas de 4,20 m de espesor. En los cuatro vanos se prevé la instalación de sendas compuertas de segmento de 15 m de ancho por 15,30 m de alto, las cuales permiten mantener el N.A. Máx. Nor. 1.385 m en el embalse.

Se optó por compuertas de segmento en vista de su simplicidad constructiva, menor peso y más fácil y segura operación.

El asiento de las compuertas se ubicó 2,40 m aguas abajo de la cresta y 0,30 por debajo de ésta para asegurar presiones positivas sobre el perfil del vertedero durante aperturas parciales de las mismas.

La compuerta tiene 17,2 m de radio y su eje está 6 m más alto que la cresta del vertedero, suficientemente alejado de la superficie de la lámina vertiente para descarga máxima.

Las pilas y muros laterales se extienden aguas arriba del perfil vertedor, lo cual mejora las condiciones hidráulicas de entrada, al mismo tiempo que favorece la estabilidad de la estructura por su efecto en el momento resistente.

Para permitir el mantenimiento, las ranuras para los paneles de

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

cierre se encuentran a 2 m de la cara de aguas arriba de las compuertas.

Los mecanismos para elevación de las compuertas se ubican en plataformas contiguas al puente vehicular.

La rápida tiene una longitud de 210 m y pendiente constante igual a 0,34. El ancho es de 60 m lo que asegura un caudal específico máximo inferior a $150 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$.

La rápida termina en un deflector no sumergido cuya cota de fondo es 1.280 m. El radio del deflector es igual a 18,60 m o sea equivalente a 5 veces el tirante máximo. Las presiones máximas en el deflector no exceden a un 45% de la altura de velocidad a la entrada del mismo.

El ángulo de salida del deflector es 25° con lo que el alcance máximo teórico del chorro es de 150 m para $Q_{10.000}$ atenuado igual a $9.000 \text{ m}^3/\text{s}$.

Aguas abajo del deflector se proyecta un cuenco que coincide con la disipación a la salida de los túneles de desvío. La cota del fondo de este cuenco, en la zona de incidencia del chorro es igual a la requerida para la disipación durante el desvío (1.230 m). El

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

fondo y la mayor parte de las paredes laterales del cuenco están excavados en roca sana. En la margen derecha la excavación llega a material aluvial que es protegido mediante enrocamiento de un talud 1(V):2(h).

8.3 DESCARGA AUXILIAR

La descarga auxiliar, prevista para garantizar la operación ininterrumpida del futuro aprovechamiento Malo-Codo Sinclair, utiliza en forma permanente uno de los túneles de desvío, con excepción del tramo inicial que será taponado para emplazar una bocatoma permanente situada a un nivel más alto que el máximo nivel que alcanzarán los sedimentos durante la vida útil del embalse.

Esta bocatoma tiene su umbral en la cota 1.290 m y consta de dos vanos separados por una pila intermedia. En cada vano existe una reja y una compuerta deslizante para cierre de emergencia. Tanto las rejas como las compuertas son inclinadas por cuanto la limpieza de la reja y la operación de los cierres de emergencia se realizan desde la plataforma situada en la cota 1.390 m, en la parte superior del talud excavado en la ladera rocosa.

A continuación de las estructuras de toma se ubica la transición hacia la sección en herradura que, luego de un corto tramo incli-

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

nado, se une con el túnel de desvío mediante una curva vertical de radio 55 m, igual a 5 veces el diámetro del túnel.

A unos 145 m de la toma se efectúa la transición hacia una sección rectangular blindada.

El tramo blindado disminuye gradualmente de sección transversal y, mediante una pila central, se divide en dos conductos paralelos en donde se instalan las compuertas deslizantes de control.

La cota del eje del túnel, en el sitio de las compuertas, es 1.264,50 m y la cota de solera 1.259 m. Las compuertas, de 2,40 m de ancho y 3 m de alto, tienen su umbral 1 m más alto que la solera del túnel. Aguas arriba de ellas se dispone de una compuerta para cierre auxiliar de mantenimiento.

El flujo, que hasta la sección de las válvulas es a presión, se transforma en flujo a superficie libre aguas abajo de las mismas. Las presiones inferiores a la atmosférica y las vibraciones, que bajo ciertas condiciones de operación podrían presentarse, son eliminadas por la previsión de ductos de ventilación que descargan aire a través del techo del túnel, inmediatamente aguas abajo de las compuertas de servicio.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El accionamiento de las válvulas se hace desde una cámara subterránea conectada por medio de un pozo vertical con la plataforma al aire libre situada en la cota 1.390 m. En la cámara subterránea se encuentra también la entrada de los ductos de aire.

La capacidad de descarga varía de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ para el N.A. Mín. Nor., 1.348 m, hasta $610 \text{ m}^3/\text{s}$ para el N.A. Máx. Máx., 1.389 m.

El tramo del túnel aguas abajo de las compuertas tiene una pendiente de 2%, suficiente para asegurar flujo supercrítico.

A pesar de la expansión lateral que ocurre a la salida de las compuertas la contracción vertical de la vena hace que la sección de flujo permanezca casi constante, de manera que las pérdidas por expansión brusca son pequeñas.

Debido a la inclusión de aire en el flujo, estimulada por la disposición de anillos para redistribución de aire convenientemente espaciados a lo largo del túnel, se prevé una emulsión del agua que da lugar a tirantes que para el máximo caudal, aumentan de 2,05 m en la descarga de las compuertas a 2,70 m en el deflector terminal. Los tirantes a lo largo del túnel están en todo caso por debajo del tirante normal (2,82 m) que, en flujo uniforme, correspondería al caudal erogado en el túnel en herradura de 11 m de diámetro y 2% de gradiente.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

La descarga auxiliar termina en un deflector que descarga libremente, debido a que produce un abatimiento del nivel máximo de restitución en la zona de incidencia del chorro.

El chorro lanzado por el deflector incide en el mismo cuenco que sirve para disipación de energía de la descarga del aliviadero, en la zona en que la cota del fondo de cuenco es 1.230 m.

8.4 TUNELES DE DESVIO

La sección de los túneles de desvío es tipo herradura con diámetro interno igual a 11 m. El revestimiento es de hormigón simple de 0,80 m de espesor.

La bocatoma es abocinada con transición vertical elíptica. El umbral se encuentra en la cota 1.290 y consta de dos vanos separados por una pila intermedia. En cada vano existe una compuerta deslizante de 5,50 m de ancho y 12 m de altura.

Las compuertas quedan perdidas luego del taponamiento del túnel al finalizar los trabajos de desvío del río. La operación de los cierres de emergencia se realiza desde una plataforma situada en la cota 1.300 m sobre el talud excavado en la ladera rocosa.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Aguas abajo de las compuertas se dispone de amplias entradas de aire. La transición elíptica de entrada muestra una discontinuidad aguas abajo de la recata del cierre de emergencia y los ductos de entrada de aire.

Los amplios ductos de entrada de aire y la discontinuidad en el abocinamiento de entrada estimulan el cambio de régimen de lleno a superficie libre, que se produce durante el funcionamiento para los caudales efluentes de desvío más grandes.

A continuación de las estructuras de toma se ubica la transición hacia la sección en herradura.

Durante el funcionamiento del desvío se produce régimen crítico en la entrada. El caudal máximo por túnel es igual a $1.935,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

La pendiente del túnel, igual al 2%, es supercrítica para todo el rango de caudales de desvío. El tirante normal correspondiente a esta pendiente y caudal máximo para sección herradura es igual a 4,62 m y el tirante crítico igual a 10,83 m.

El tirante máximo en la descarga es igual a 9,22 m o sea que el escurrimiento es supercrítico y la velocidad (21,42 m/s) y tirante en la descarga no alcanzan los valores correspondientes al escurrimiento normal.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El túnel termina en un tramo de canal con solera curva de 60 m de longitud que conduce la vena de alta velocidad hasta un cuenco disipador a resalto hidráulico cuya solera está en la cota 1.230 m. La longitud del cuenco es 115 m.

8.5 OBRAS DE GENERACION

8.5.1 Bocatomas

Se proyectan dos bocatomas conectadas a los túneles de baja presión, semi-empotradas en la ladera y provistas de rejillas en la entrada. A los efectos del cálculo de pérdidas hidráulicas y costos se han supuesto barrotes de 1,6 cm de espesor con una separación de 10 cm entre sí que es menor que la mínima abertura de descarga del rodete.

Las dimensiones de sección en correspondencia con las rejillas se fijaron de manera que, con el máximo caudal de diseño, la velocidad de aproximación sea del orden de 1,25 m/s, resultando esto en un ancho de 6,50 m por un alto de 16 m para cada toma.

En cada bocatoma, a continuación de las rejillas, se han previsto compuertas deslizantes, dos en cada toma, separadas por una pila central que a la vez servirá de separación y apoyo para las rejillas.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Cada compuerta ha sido dimensionada para que la velocidad de flujo, con el máximo caudal, sea del orden de 3 m/s, dando así un ancho de 4,50 m por un alto de 9,70 m.

La entrada de la bocatoma es abocinada a fin de minimizar pérdidas y evitar la separación del flujo de las paredes.

A continuación de las compuertas se proyecta una transición convergente.

8.5.2 Túneles de Baja Presión

La longitud promedio de los túneles es aproximadamente 535 m desde la bocatoma hasta la chimenea de equilibrio (480 m el más corto y 590 m el más largo).

La pendiente de los túneles es 4,8% establecida en función del nivel de agua mínimo en la chimenea de equilibrio calculado para una demanda de carga de dos unidades servidas por un mismo túnel, en condiciones de nivel mínimo normal de agua en el embalse. Con ésto se logró determinar una cota del eje en la zona de la chimenea de equilibrio que garantizaría la no intrusión de aire al túnel.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

De acuerdo a los cálculos de optimización el diámetro adoptado para los túneles de baja presión es de 9,50 m. El revestimiento es de hormigón simple de 0,40 m de espesor.

A continuación de las chimeneas se diseñó un corto tramo, de aproximadamente 30 m, de túneles de baja presión, conectados a través de bifurcaciones a cuatro túneles de alta presión.

8.5.3 Túneles de Alta Presión

Algo aguas abajo de la chimenea de equilibrio cada túnel de baja presión se bifurca, a través de dos túneles de alta presión.

Los cuatro túneles de alta presión alimentan independientemente a cada uno de los cuatro grupos de generación.

La longitud promedio de estos túneles desde la bifurcación hasta la válvula mariposa es de 200 m.

Los túneles tienen una inclinación de 42° con la horizontal, valor comunmente aceptado para facilidad y retiro del material excavado.

El diámetro interior de estos túneles es de 5,50 m. El blindaje en chapa de acero comienza algo aguas arriba de las bifurcaciones

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

con un espesor de 15 mm y alcanza, en la zona inmediata aguas arriba de la central, 18 mm. El revestimiento de hormigón es sin armadura y tiene un espesor de 0,50 m.

8.5.4 Válvulas Mariposa

Al final de cada túnel de alta presión y dentro de la casa de máquina se instala una válvula mariposa de igual diámetro que el túnel, es decir 5,50 m. Las válvulas funcionan en base a un contrapeso, con un período de cierre que tiene en cuenta el golpe de ariete y los requerimientos de rapidez de cierre.

8.5.5 Turbinas

Las características de las turbinas recomendadas se presentan con mayor detalle en la Sección 8.5.8. Son unidades tipo Francis de eje vertical con una velocidad sincrónica de 138,46 rpm, compatibles con generadores de 52 polos para una frecuencia de 60 Hz.

De acuerdo a los cálculos de cavitación, el eje de la cámara espiral se implantará en la cota 1.258,50 m.

8.5.6 Restitución al Río

El caudal turbinado será restituido al río a través de un canal

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

excavado en el aluvial, a fin de que la restitución se produzca aguas abajo de la zona de impacto de la vena de alta velocidad de salida del deflector del aliviadero; y de esta manera evitar eventuales problemas de embanque derivados del funcionamiento de las obras de disipación de energía mencionadas.

El canal de restitución tiene una sección trapezoidal en la que la velocidad de flujo, para el máximo caudal turbinado, será del orden de 0,50 m/s.

8.5.7 Chimenea de Equilibrio

Para cada túnel de baja presión se diseñó una chimenea de equilibrio del tipo orificio restringido. De acuerdo a los resultados de cálculo, éste es el tipo más apropiado para la absorción de las ondas elásticas del golpe de ariete.

El diámetro de cada una será de 25 m con una sección de 491 m^2 . Habiéndose calculado la sección de estabilidad de Thoma como igual a $306,8 \text{ m}^2$, la sección elegida representa un 160% de la de Thoma, con lo cual se puede anticipar un funcionamiento correcto en lo que a atenuación de oscilaciones y golpe de ariete se refiere.

La sección bruta del orificio se calculó igual a $28,5 \text{ m}^2$, correspondiente a un diámetro de 6 m.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

La cota de agua correspondiente a la máxima oscilación ascendente (1.391 m) se calculó asumiendo una maniobra de rechazo total de carga de los grupos (100%-0%) con el reservorio en su nivel máximo normal. En cambio, la cota correspondiente a la máxima oscilación descendente (1.341,60 m) se calculó para una maniobra de demanda total de carga de los grupos (0%-100%) con el reservorio en su nivel mínimo normal. En ambos casos se tuvo en cuenta los efectos de pérdidas hidráulicas en el túnel.

8.5.8 Casa de Máquinas

Será exterior de tipo convencional, con un piso principal en la cota 1.269,80 en donde se ubica el área de montaje y los bancos de transformadores. En la cota 1.265,90 está el piso de generadores con las galerías de equipamiento eléctrico.

A continuación se presenta un resumen general de datos de diseño y resultados de cálculo para las obras de generación.

- Datos generales

. N.A. Máximo Normal	1.385,00 m
. N.A. Medio Ponderado	1.371,00 m
. N.A. Mínimo Normal	1.348,00 m
. N.A. Restitución (500 m ³ /s)	1.261,50 m

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

. N.A. Restitución (150 m ³ /s)	1.260,20 m	
. Caudal regulado	308,40 m ³ /s	
. Caída máxima bruta	123,50 m	
. Caída media bruta	109,50 m	
. Caída mínima bruta	86,50 m	
. Rendimiento de turbinas	92%	
. Rendimiento de generadores	98%	
. Factor de potencia	0,90	
- Optimización		
. Diámetro de túneles (2) de baja presión	9,50 m	
. Diámetro de túneles (4) de alta presión	5,50 m	
. Rugosidades absolutas:		
Hormigón	0,0003 m	
Acero de blindaje	0,00015 m	
. Factores de fricción de Darcy:		
Túneles de baja presión	0,010	
Túneles de alta presión	0,009	
. Rugosidades equivalentes de Manning:		
Túneles de baja presión	0,013	
Túneles de alta presión	0,011	
. Longitudes promedio:		
Túneles de baja presión	535	m
Túneles de alta presión	200	m

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- . Coeficiente de pérdidas hidráulicas totales $8,6793 \times 10^{-6}$
(en $H_p = KQ^2$)

- Potencias, Caudales y Caídas Netas

Las potencias están referidas a bornes de los generadores y sus valores, así como los de caudales, corresponden al total de los cuatro grupos. Los valores máximo, medio y mínimo son los correspondientes a los saltos brutos respectivos.

	<u>Máximo</u>	<u>Medio</u>	<u>Mínimo</u>
. Potencia (MW)	560,00	467,53	328,26
. Caudal (m^3/s)	524,38	493,77	438,86
. Caída neta (m)	121,11	107,38	84,83

- Características de una Unidad

	<u>Máximo</u> (Nominal)	<u>Medio</u> (Diseño)	<u>Mínimo</u>
. Potencia en bornes (MW)	140,00	116,88	82,07
. Potencia de turbina (HP)	191.430	159.820	112.210
. Potencia de generador (KVA)	155.560	129.870	91.190
. Caudal (m^3/s)	131,10	123,44	109,72
. Caída neta (m)	121,11	107,38	84,83

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

. Frecuencia	60	Hz
. Número de polos del generador	52	
. Velocidad sincrónica	138,46	rpm
. Inercia del generador	19.117	Ton-m ²
. Inercia de la turbina	1.552	Ton-m ²
. Velocidad específica para condiciones de diseño (en Kw, m, rpm)	138,34	
. Velocidad específica para condiciones de diseño (en HP, ft, rpm)	36,3	
. Diámetro del plano de descarga del rodete, D ₃	4,24	m
- Regulación, Estabilidad, Cavitación, etc.		
. Constante de regulación mínima del grupo (unidades métricas)	2.774	
. Constante de regulación máxima del grupo (unidades métricas)	3.814	
. Tiempo de puesta en marcha del sistema mecánico	7,66	s
. Inercia de sistema hidráulico:		
1 grupo funcionando	1.867	m ² /s
2 grupos funcionando	1.959	m ² /s
. Tiempo de puesta en marcha del sistema hidráulico		
1 grupo	1,58	s
2 grupos	1,65	s

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

. Parámetro característico de estabilidad del sistema hidráulico	
1 grupo	15,42 m/s
2 grupos	16,18 m/s
. Velocidad de embalamiento	248 rpm
. Elevación momentánea de velocidad por rechazo de carga, incluyendo efecto de golpe de ariete y para un tiempo de cierre del regulador de 8 s (caso extremo)	
1 grupo	203,5 rpm
2 grupos	204,0 rpm
. Carga hidráulica máxima sobre las turbinas causada por golpe de ariete ante rechazo total de carga (8 s), incluyendo elevación máxima de oscilación en chimenea de equilibrio para igual maniobra	187,60 m
. Parámetro de cavitación de Thoma	0,0946
. Presión de vapor (16°C)	0,018 kg/cm ²
. Presión atmosférica	0,875 kg/cm ²
. Sumergencia al plano crítico de cavitación	2,66 m
. Sumergencia al eje de la cámara espiral	1,70 m
. Nivel de restitución para un grupo funcionando a plena carga	1.260,20 m
. Cota del eje de la cámara espiral	1.258,50 m

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

8.6 EQUIPO ELECTRICO

8.6.1 Casa de Máquinas

La casa de máquinas a cielo abierto, alojará los siguientes equipos eléctricos:

- . 4 generadores de 155,56 MVA, $\cos \phi = 0,9$ a 13,8 KV
- . 4 bancos de transformadores elevadores de 160 MVA cada uno, 13,8-230 KV, formados por 3 transformadores monofásicos de 50,3 MVA, conexiones delta en baja tensión y estrella con neutro sólidamente puesto a tierra en el lado de alta tensión.
- . 4 conjuntos de barraje blindado para la conexión en bloque de los generadores a los transformadores elevadores.
- . 4 conjuntos de cubículos de protección contra impulsos de sobretensión, con pararrayos, capacitores y transformadores de potencial.
- . 4 cubículos de neutro, para la formación del neutro de los generadores, conteniendo dispositivos de alta impedancia para la puesta a tierra del neutro de los generadores.
- . Un sistema de suministro en corriente alterna de los servicios auxiliares, con dos fuentes alternativas compuestas de transformadores autorregulados, de 3.000 KVA cada uno, 13,8-13,8 KV

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

que alimentarán los centros de carga de 13,8-0,480 KV para las unidades generadoras, los servicios generales de la central, la subestación y las obras hidráulicas.

Se tendrá además un generador diesel de emergencia, de 1.000 KVA.

- . Un sistema de suministro de los servicios auxiliares en corriente continua, con dos fuentes principales o conjuntos rectificador-batería, cada uno como reserva del otro, en 125 c.c. para control y protección.
- . 4 cuadros locales de control y protección de los grupos generador-transformador.

La Lámina N° HS/IA-442-EA-012 presenta la disposición de los equipos eléctricos en la central.

El edificio de comando, localizado en proximidad de la subestación, deberá contar con los siguientes equipos:

- . Un cuadro de supervisión centralizada, preferiblemente en mosaico, de 16 m de ancho y 8 m de radio aproximadamente, incluyendo el pupitre de comando, para control y comando de las unidades generadoras, de la subestación y de la parte hidráulica del aprovechamiento, localizado en la sala de comando centralizado. Un esquema de la disposición general de la sala de comando se pre-

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

senta en la Lámina N° HS/IA-442-EA-013.

- . Un sistema de corriente continua 48 V c.c., con dos fuentes principales o conjuntos rectificador-batería, que cubrirá las áreas de la casa de máquinas, subestación y vertedero, para telecomando, señalización y alarmas.
- . 4 cuadros de relés de protección, transductores y relés auxiliares para líneas, que podrán instalarse en la sala de comando centralizado o en una sala de relés contigua.
- . Uno ó dos cuadros de protección de barras.
- . Previsión para los equipos registradores de eventos (data logger), de transmisión de datos para control, supervisión y control de carga-frecuencia.

8.6.2 Sistema de Transmisión

El sistema de transmisión se compondrá de una subestación de maniobra a 230 KV en Salado, de una subestación de maniobra a 230 KV en Quito y de las líneas de transmisión Salado-Quito.

- Subestación Salado

La subestación está localizada en un espacio conveniente sobre la margen izquierda del río, aguas abajo de la presa, a una distancia

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

media entre 400 y 600 m de los transformadores elevadores (instalados en una plataforma de la casa de máquinas a cielo abierto), donde se tendrá un terraplenado mínimo. La ventaja de esta localización es que ofrece la posibilidad de interconectar los transformadores elevadores con la subestación directamente, mediante línea aérea, y que resulta orientada adecuadamente para la salida de las líneas de transmisión.

Es del tipo convencional, a la intemperie, y utilizará el esquema de doble barra con un interruptor y con desvío (by-pass) de interruptor en el caso de los interruptores de línea.

Se compondrá de cuatro campos de maniobra (bays) de grupo, cuatro campos de línea y de un campo de acoplamiento de barras. Se prevé el espacio para la ampliación de un campo de línea y en un campo de grupo.

Los interruptores serán tripolares del tipo "Dead tank" y preferiblemente en SF₆, de corte rápido, en el orden de tres ciclos y para recierre automático.

Las estructuras serán en acero galvanizado y las barras se formarán con doble conductor de aluminio, en cuerda flexible.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Los transformadores de potencial serán del tipo de divisor capacitivo, que servirán también para el acoplamiento del sistema de onda portadora.

La protección primaria será de distancia, con disparo transferido vía onda portadora.

El equipo que corta o conduce corriente y el sistema de tierra serán apropiados como para una corriente de cortocircuito simétrico eficaz, igual o mayor de 40 KA.

Las Láminas N° HS/IA-442-EA-009 y 011 indican, respectivamente, la disposición de los equipos en la subestación y algunos cortes típicos. La Lámina N° HS/IA-442-EA-007 presenta el diagrama unifilar de la central y subestación.

- Subestación Quito

La subestación en Quito, de acuerdo con INECEL, será independiente de la de Santa Rosa prevista en esta ciudad para el Sistema Nacional Interconectado al nivel de tensión de 230 KV y estará localizada en la zona de Calderón. La ubicación definitiva será sin embargo objeto de posteriores investigaciones.

Esta subestación tendrá características similares a las de Salado,

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

tanto en su configuración eléctrica como en el tipo de equipamiento en el nivel de 240 KV. Debe comprender cuatro campos de maniobra (bays) para recibir los cuatro circuitos de 230 KV provenientes de Salado y un campo de acoplamiento de barras; pero además, y en función de los requerimientos del Sistema Nacional, seguramente se deba tener dos o más campos de línea al mismo nivel de 230 KV para la interconexión de Salado con el Sistema Nacional y dos o tres campos de transformador, seguramente en el mismo sitio, para los autotransformadores 230-128 KV que puedan instalarse para contribuir al suministro del área de Quito, lo cual a su vez, exigiría un segundo patio de maniobra, éste a 138 KV con dos o tres campos de transformador, y algunos campos de línea, dos o cuatro, para la alimentación del Sistema de Quito.

Para fines de esta etapa de estudios y para la estimación de costos del Proyecto Salado, propiamente dicho, se ha considerado la subestación de Quito como consistente solamente del patio de maniobra de 230 KV, necesario para recibir los cuatro circuitos de transmisión de Salado, incluyéndose el campo de acoplamiento de barras. En la fase de estudios definitivos se deberán obtener las decisiones necesarias sobre la ligazón de Salado con el Sistema Nacional y con el Sistema de Quito, y la ejecución del correspondiente diseño.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El área requerida para la parte de la subestación considerada en este estudio es de $100 \times 100 = 10.000 \text{ m}^2$.

Para la subestación completa se requerirán unos 30.000 m^2 (160 x 180 m).

El edificio de control y mando y de servicios auxiliares deberá realizarse convenientemente, de acuerdo con la amplitud final que se prevea para esta subestación. El empleo de casetas de relés y transductores será recomendable en el caso de que sus dimensiones resulten grandes. El sistema de protección será similar al de la subestación de Salado.

Las Láminas Nos. HS/IA-442-EA-010 y 011 indican, respectivamente, la disposición general de los equipos y algunos cortes típicos.

La Lámina N° HS/IA-442-EA-008 presenta el diagrama unifilar de la subestación.

- Líneas de Transmisión Salado-Quito

La transmisión Salado-Quito se efectuará mediante dos líneas de doble circuito cada una, con estructuras y configuración de línea según las normalizadas por INECEL para la zona 2 (más de 1.000 m) con disposición vertical de los dos circuitos y con dos cables de guarda por línea.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El conductor de fase podrá ser de aluminio con refuerzo de acero (ACSR), denominación BLUEJAY de 1.113 kcmil para la mayor parte de las líneas. En la parte alta de la cordillera se requerirá un conductor de mayor diámetro por razones de efecto corona.

Dadas las condiciones topográficas existentes en la zona del Proyecto y hasta el paso de la cordillera, se considera que el trazado de la línea seguirá aproximadamente la carretera existente de penetración al oriente por Papallacta, entre Salado y las vertientes occidentales de la cordillera, desde donde las líneas tenderán a dirigirse hacia el área de Calderón, en las cercanías de Quito, al nororiente de la ciudad.

Las líneas partirán de la cota de 1.300 m aproximadamente, en Salado, alcanzarán la cota de 4.100 m en el cruce de la cordillera y descenderán luego hasta unos 2.500 m en la zona entre Pifo y Calderón. Dos o tres niveles de aislamiento pueden ser convenientes a lo largo de las líneas con cadenas de aisladores de 16 a 21 unidades.

El aire ambiente en el recorrido de la línea puede ser considerado como no contaminado, pues no cruzará ninguna zona industrializada y no existe proximidad al mar. Hay sin embargo la posibilidad de depósito de cenizas volcánicas sobre los aisladores por erupciones

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

del Volcán Reventador. Se ha establecido que los vientos predominantes que arrastran las cenizas son de Este a Oeste, pero no se conoce la frecuencia ni la densidad de la presencia de cenizas en el aire ambiente en la zona amagada que recorrerá la línea, hacia la parte alta de la cordillera. Entretanto se sabe que en esta zona el índice de precipitaciones es alto, lo que contribuiría a mantener limpios los aisladores.

Es recomendable promover la observación sistemática de este fenómeno atmosférico y considerar la implantación experimental de cadenas aisladoras en posición vertical y horizontal, en varios puntos entre Salado y Pifo, que permitan disponer de información cierta sobre el grado de ataque de las cenizas si es que llega a producirse, su composición química, su adherencia a la superficie de los aisladores y los sectores en que tal fenómeno ejerza su efecto dañoso al aislamiento.

La Lámina N° HS/IA-442-EA-014 presenta el trazado tentativo preliminar de la línea de transmisión entre Salado y Quito.

8.7 METODOS Y ETAPAS DE CONSTRUCCION

8.7.1 Consideraciones Generales

Los métodos y etapas de construcción a continuación descritos, se

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

determinaron con el objeto de garantizar la ejecución del aprovechamiento utilizando equipos comprobados en obras realizadas en condiciones similares.

Las Láminas Nos. HS/IA-442-HA-169 a 171 presentan, esquemáticamente, las etapas previstas para la puesta en marcha de la central.

El cronograma de construcción no está optimizado en el sentido de que no se buscó reducir, o ajustar, el plazo total en algunos meses para que se tenga las holguras suficientes que podrán absorber eventuales imprevistos.

Una vez que se decida la construcción de las obras y se inicien los diseños definitivos, se harán los refinamientos necesarios, especialmente, en lo referente a la encomienda, fabricación e instalación de la banda transportadora cuya puesta en operación definirá el plazo total de construcción.

8.7.2 Condiciones Locales

En toda el área de la cuenca, así como en las cercanías del sitio de obras, se pueden distinguir dos períodos de regímenes diferentes de lluvia. El uno, lluvioso, se extiende de Marzo a Agosto mientras que el período seco se extiende de Septiembre a Febrero.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Ante esta realidad es menester adoptar métodos constructivos y escoger los correspondientes equipos que permitan grandes producciones y rendimientos para que la realización de las obra, en un plazo relativamente corto, sea factible. Esto reducirá los intereses intercalares y posibilitará una recuperación más rápida del capital invertido.

Para el análisis preliminar de las condiciones de trabajo y manejo del material a emplearse en la presa, se han interpolado los registros pluviométricos de Malo y El Chaco para obtener los referentes a la zona de Salado, La precipitación media anual, en un radio de 10 km del sitio, varía de 3.000 mm a 5.000 mm.

Consecuentemente y en base a experiencias de obras ejecutadas en condiciones similares se estableció, para cada tipo de servicio, el porcentaje de meses al año durante los cuales no habrá interrupción de los respectivos trabajos. Estos porcentajes, para las actividades afectadas por las lluvias, son los siguientes:

<u>Tipo Servicio</u>	<u>% de Meses Trabajables</u>	<u>Nº de Meses Trabajables</u>
- Construcción Presa		
. Macizo de Gravas	75	9
. Núcleo Impermeable	40	5
- Hormigonado	85	10
- Excavación en Roca	85	10

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

En base a estos resultados, se pudo elaborar el cronograma de construcción y definir los métodos constructivos que garantizarán la realización del aprovechamiento en 4,5 años conforme se describe más adelante.

8.7.3 Trabajos Preparativos de Infraestructura y Logística

Para que se pueda cumplir con el cronograma de ejecución de las obras definitivas del aprovechamiento, se deberán preparar y realizar los servicios mínimos necesario de infraestructura y apoyo logístico, que permitirán al contratista principal la iniciación inmediata de sus actividades. Estos trabajos y gestiones podrán efectuarse, conforme lo indicado en el Cuadro N° IV.8.1, durante la preparación de los documentos de licitación, precalificación de contratistas, licitación, calificación, adjudicación y firma del contrato y obtención de financiamiento. Por lo tanto el plazo requerido para su realización, cerca de 2 años, no incidirá sobre los intereses de la inversión exigida para puesta en operación de la central.

Se destaca que el cumplimiento de las actividades del Cuadro N° IV.8.1 en los plazos indicados, requiere que sean gestionadas y ejecutadas de acuerdo a una programación intensiva y bien definida. Caso contrario, el plazo normal para su realización será cerca de 4 años.

CUADRO N° IV.8.1

CRONOGRAMA PREVISTO PARA LA ELABORACION DE DOCUMENTACION
DE LICITACION Y PREPARACION DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

ACTIVIDADES \ PLAZOS Y FECHAS	1978	1979	1980	1981
<u>DISEÑO FINAL</u>				
Entrega Informe Factibilidad	—			
Investigaciones y Trabajos de Campo y Laboratorio	—	—		
Documentos para Licitación Obras Civiles		—		
Documentos para Licitación Equipos		—		
Licitación Obras Civiles y Firma Contrato		—		
Licitación Equipos y Firma Contrato			—	
<u>OBRAS</u>				
Construcción y Generación 1a. Unidad			4,5 años →	
Proyecto Ejecutivo y Supervisión			→	
<u>INFRAESTRUCTURA</u>				
Mejoramiento Carretera Quito-Salado y Refuerzo Puentes			—	—
Energía Local			—	
Campamento Principal e Instalaciones			—	—
Campamento temporal, oficinas, puentes, etc.			—	
Encomienda, fabricación e instalación draga y banda transportadora			—	
Obtención Financiamiento y Recursos	Obra Civil	Equipos		

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Los principales servicios de infraestructura y apoyo logístico que deberán estar en operación, a la llegada del contratista principal, son los siguientes:

- . Campamento piloto
- . Oficinas de INECEL, Fiscalización y Contratista
- . Laboratorio de suelos y hormigón
- . Restaurantes
- . Bodegas provisionales
- . Dragas o drag-lines
- . Puente conectando ambas márgenes del río
- . Refuerzo de los puentes en la carretera Quito-Salado
- . Aceleración construcción campamento principal con toda su infraestructura
- . Suministro de energía eléctrica

La potencia instalada requerida para el funcionamiento de las instalaciones de obra y campamento será de 10.000 KW, aproximadamente, siendo 4.500 KW destinados para los 10 motores de la banda transportadora prevista para llevar las gravas del río hasta el sitio de presa.

Un estudio económico y de garantía de suministro, a realizarse durante los diseños definitivos, permitirá determinar la fuente de

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

energía a utilizarse: sea una pequeña central térmica ubicada en las cercanías del sitio, una línea de transmisión desde Quito, o una pequeña central hidroeléctrica en el Río Malo.

Se recomienda localizar el campamento principal en una meseta situada en la margen izquierda, en la cota 1.850 aproximadamente. Una carretera de 7 km de longitud, con gradiente del 8%, conectaría este campamento con la carretera Quito-Lago Agrio.

Servirá también para la construcción del futuro aprovechamiento Malo-Codo Sinclair y podrá utilizarse como núcleo definitivo para la operación de las centrales Salado y Codo Sinclair y para alojar, como forma de indemnización, a los habitantes de las áreas inundadas por los embalses. La Lámina N° HS/IA-442-CM-001, presenta un esquema de ubicación del campamento y sus accesos.

Para la erección de las instalaciones de obra, oficinas, mecánica, etc., se prevé la utilización de la isla situada inmediatamente aguas abajo del sitio de presa previo la construcción de obras de protección contra inundaciones y de acceso (puente). Los materiales para el relleno y protección de la isla vendrán de las excavaciones del cuenco disipador de los túneles de desvío y vertedero.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Aguas arriba del eje, se deberá realizar la rectificación del cauce principal del curso del río, en un tramo corto, para permitir una mayor fuente de construcción de la presa.

8.7.4 Construcción de la Presa

Este es el servicio más voluminoso del aprovechamiento. Los materiales para su ejecución, deberán transportarse de áreas de préstamo localizadas a 5 km (gravas) y 15 km (lahar) aguas abajo del sitio.

Las gravas serán retiradas del cauce del río por dragas o dragones potentes caso que la granulometría del material fuere incompatible con las características de las dragas actualmente fabricadas. Los ensayos realizados en muestras retiradas de pozos de hasta 2 m de profundidad indican la posibilidad de utilización de dragas para la explotación de las gravas del cauce del río.

La gran parte de las gravas deberá conducirse por banda transportadora hasta el sitio de obras sin ningún procesamiento mientras que, para la obtención de cerca de $1.360.000 \text{ m}^3$ de material de transición de D inferior a $1 \frac{1}{2}$ " y $1.030.000 \text{ m}^3$ de material de dren de D inferior a $1/2$ ", será necesario procesar $7.500.000 \text{ m}^3$, aproximadamente.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El gran volumen de material a procesar se debe a la forma de la curva granulométrica media donde 40% es inferior a 1 1/2" y 25% inferior a 1/2".

En los cálculos de costo, se ha considerado que las gravas procesadas en el área de préstamo serán transportados por camiones para que no se interrumpa el transporte de gravas bruto, por banda transportadora, hasta el sitio de presa.

Por otro lado, el dren horizontal de alivio de presiones, localizado en el espaldón de gravas aguas abajo del núcleo y en seco, deberá ejecutarse con gravas de diámetro inferior a 1/2" y antes de la instalación de la banda transportadora.

Las excavaciones para la cimentación de la presa deberán efectuarse sin mayores problemas por encima del nivel freático. Una vez retirada la capa de suelo vegetal, el material excavado será utilizado para la construcción de una atagüa temporal, aguas arriba, que protegerá los trabajos de excavación e inyecciones de la cortina impermeable.

Con el objeto de reducir las infiltraciones y consecuentemente los trabajos de bombeo, se prevé una excavación por tramos de 20 m de las trincheras de aguas arriba y aguas abajo de la sección de la presa.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Los tramos excavados serán rellenos por el lahar que será compactado, al comienzo, con placas vibratorias y, cuando haya espacio suficiente, con el rodillo CK-51.

Las inyecciones de la cortina impermeable podrán iniciarse cuando se tenga un tramo de trinchera, relleno y compactado, de cerca de 100 m. Este servicio deberá ejecutarse en 2 años, aproximadamente, de acuerdo al estudio realizado por SOLETANCHE (Ver Apéndice II del Anexo II "Geología, Sismología y Mecánica de Suelos").

En paralelo con los trabajos de inyecciones, se estarán construyendo el espaldón de gravas y el dren vertical de alivio de presiones.

Las gravas, para el espaldón, serán llevadas a un acopio en el sitio de presa por una banda transportadora de 5 km de extensión y 1,50 m de ancho, dividida en segmentos de 500 m movidos, cada uno, por motores de 600 h.p. El material de acopio será esparcido en la presa por scrapers.

Este proceso limita, al mínimo, las paralizaciones por lluvia que sucederían caso se utilizaran camiones para el transporte del gran volumen necesario de gravas.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Una vez terminadas las inyecciones de la cortina impermeable, en un tramo largo, se iniciará la ejecución de núcleo y del escollerado de aguas arriba.

8.7.5 Túneles de Desvío

Los túneles de desvío serán ejecutados en un plazo holgado y con equipos convencionales de producción normal.

Se prevé su excavación en dos frentes, aguas arriba y aguas abajo, con la utilización de jumbos, cargadoras tipo CAT-988 y camiones de 220 32T.

El aire comprimido, para la alimentación de los jumbos y la ventilación de los túneles, será conducido por tuberías desde una central de compresores eléctricos instalados en las proximidades de los portales.

Una vez terminada la construcción de las obras de desvío, una ataguía de cierre total del río forzará el escurrimiento de los caudales por los túneles y posibilitará la construcción del tramo faltante de la presa.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

8.7.6 Aliviadero y Descarga Auxiliar

El aliviadero también será construido en un plazo relativamente, holgado. La excavación a cielo abierto no ofrece problemas mayores y el material resultante podrá aplicarse directamente en el escollero de la presa o para un acopio intermedio antes de su utilización.

El hormigonado del vertedero podrá realizarse por teleférico (cable aéreo) o por grúas móviles, lo cual exigirá camiones para su transporte que tendrán que transitar por accesos de fuerte gradiente.

El hormigón será preparado en una central, de porte medio, que suministrará los volúmenes necesarios para todas las obras del Proyecto.

Durante el desvío del río, se ejecutarán el túnel inclinado y el pozo vertical de compuertas que servirán para la utilización de uno de los túneles de desvío como descarga auxiliar de fondo.

Terminada la construcción de la presa y central, se taponará el tramo del túnel de desvío, aguas arriba de la descarga auxiliar, para la realización del deflector en su extremidad de aguas abajo.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

8.7.7 Obras de Generación

Los servicios de obras subterráneas de las estructuras de generación pueden ejecutarse simultáneamente donde la excavación de los túneles de baja presión se hará con equipos similares a los descritos para los túneles de desvío.

La excavación de los túneles de alta presión se realizará de aguas abajo desde la excavación a cielo abierto, ya terminada de la central exterior. El blindaje y respectivo revestimiento de hormigón se harán desde aguas arriba, operación facilitada por la abertura de una ventana lateral que desembocará inmediatamente aguas abajo de la chimenea de equilibrio. Esta ventana permitirá, también, la excavación de los túneles de baja presión hacia aguas arriba.

El hormigonado de las bocatomas, central y revestimiento de los túneles se hará por grúas móviles.

8.7.8 Montaje de los Grupos Generadores

El montaje y test para puesta en operación de la primera unidad generadora será entre 15 y 19 meses. El funcionamiento de las demás máquinas podrá efectuarse a intervalos de 3 meses.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

8.7.9 Sistema de Transmisión

La construcción de las obras civiles y montaje de los equipos eléctricos de las subestaciones de Salado y Quito así como la ejecución de las líneas de transmisión podrá realizarse en cerca de 24 meses.

Para el estudio del trazado de la línea y la elaboración de su anteproyecto, será necesario contar con restituciones aerofotogramétricas y/o levantamientos topográficos de precisión además de la caracterización geológica-geotécnica a lo largo de alternativas de ruta.

8.8 CRONOGRAMA FISICO-FINANCIERO

En base a los métodos constructivos discutidos en la sección anterior se ha elaborado un cronograma de construcción CPM (Critical Path Method), presentado en la Lámina N° HS/IA-442-CM-004, que demuestra el plazo de ejecución de las varias actividades y la interdependencia entre ellas.

La Lámina N° HS/IA-442-HA-003 reproduce el cronograma de construcción en forma de barras.

El plazo total desde la llegada del contratista al sitio hasta la puesta en marcha de la primera unidad generadora es de 4.5 años.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Se puede asegurar que, teniendo las obras principales de infraestructura y logística ya preparadas y adoptando los métodos constructivos recomendados, la realización del aprovechamiento en los plazos indicados es factible y que no se encontrarán dificultades que no sean similares y comunes a las de obras convencionales como la actual.

El Cuadro N° IV.8.2 presenta el presupuesto detallado del aprovechamiento dividido en moneda local y extranjera que corresponden, respectivamente, a 30 y 70% del costo total excluidos los intereses intercalares.

Se destaca que los precios unitarios utilizados para determinar el costo de la presa son aquellos sacados del análisis de composición de costos unitarios del Apéndice I de este Anexo.

La Lámina N° HS/IA-442-SR-042 presenta la inversión anual y acumulada sin intereses y la inversión acumulada con intereses para tasas de 8, 10 y 12% a.a. más 1% de gastos de financiamiento.

9. CONCLUSIONES

Los estudios de Factibilidad del aprovechamiento Salado han sido orientados hacia un prediseño conservador de manera a garantizar

- 214 -

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.							HOJA: 2,16	CUADRO: IV.8.2			
DESCRIPCION :											
APROVECHAMIENTO: SALADO -ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD											
COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m											
POTENCIA INSTALADA: 560 MW											
Nº DE GRUPOS: 4											
CENTRAL EXTERIOR											
2 TUNELES DE BAJA PRESION											
US\$ 1 = S/. 25,00											
CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
11	EDIFICIOS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS										
110	Patios, talleres y obras accesorias	MW	560				470	4'606.000	78.960	263.200	
111	Casa de máquinas										
1110	Excavación en roca	m³	112.800	46,25	1,85	5,55	7,4	5'217.000	626.040	834.720	
1111	Limpieza y preparación para la fundación	m²	12.600	65,25	2,61	0,29	2,9	822.150	3.654	36.540	
1112	Tratamientos especiales para la fundación	u	2.567	1.042,5	41,70	97,30	139	2'676.100	249.769	356.813	
1113	Anclajes	u	1.406	1.350	54	126	180	1'898.100	177.156	253.080	
1114	Gunitado e= 10 cm	m²	8.400	273	10,92	15,08	26	2'293.200	126.672	218.400	
1115	Malla de acero	m²	8.400	30	1,20	1,80	3	252.000	15.120	25.200	
1116	Hormigón masa	m³	19.500	975	39	54	93	19'012.500	1.053.000	1'813.500	
1117	Hormigón levemente armado	m³	8.130	975	39	130	169	7'926.750	1'056.900	1'373.970	
1118	Hormigón fuertemente armado	m³	4.880	975	39	252	291	4'758.000	1'229.760	1'420.080	
1119	Paneles de cierre L=6,6 H=4,3 h=17,9	u	4				88.200	1'764.000	282.240	352.800	
11110	Piezas fijas	u	8				9.800	392.000	62.720	78.400	
11111	Equipo de maniobra	u	1				76.000	380.000	60.800	76.000	
11112	Acabados	Kw	560.000				20,4	199'920.000	3'427.200	11'424.000	
	SUBTOTAL							247'311.800	8'371.031	18'263.503	
112	Cámara de Válvulas										
1120	Válvula mariposa D=5,5	u	4				800.000		3'200.000	3'200.000	
1121	Transporte y montaje	u	4				280.000	16'800.000	448.000	1'120.000	
	SUBTOTAL							16'800.000	3'648.000	4'320.000	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.							HOJA: 3.16	CUADRO: IV-8.2			
DESCRIPCION :											
APROVECHAMIENTO: SALADO-ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD											
COTA DE CONAMIENTOS: 1.390,00 m											
POTENCIA INSTALADA: 560 MW											
Nº DE GRUPOS: 4											
CENTRAL EXTERIOR											
2 TUNELES DE BAJA PRESION											
US\$ 1 = S/. 25,00											
CUENTA	DESCRIPCION	UNID	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO	
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL
				S/ (SUQUES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUQUES)	US \$	US \$	
113	Canal de Retitución										
1130	Excavación en tierra	m³	(Ver Cta. 1264)								
1131	Limpieza preparación para la fundación	m²	230	65,25	2,61	0,29	2,9	15.000	67	667	
1132	Hormigón revemente armado	m³	450	975	39	130	169	438.750	58.500	76.050	
	SUBTOTAL							453.750	58.567	76.717	
114	Villa para el personal de Operación	MW	560				14.750	185'850.000	826.000	8'260.000	
	SUBTOTAL OEA CIVIL							435'685.550	8'928.798	26'356.220	
	IMPREVISTOS OBRA CIVIL	15%						65'352.825	1'339.320	3'953.433	
	SUBTOTAL EQUIPOS							19'336.000	4'053.760	4'827.200	
	IMPREVISTOS EQUIPOS	10%						1'933.600	405.376	482.720	
	TOTAL CUENTA 11							522'307.975	14'727.254	35'619.573	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

HOJA: 4.15

CUADRO: IV.8.2

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO - ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD
 COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
 POTENCIA INSTALADA: 560 MW
 N° DE GRUPOS: 4
 CENTRAL EXTERIOR
 2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25.00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
12	EMBALSE Y OBRAS DE CONDUCCION										
120	Limpieza del embalse	Ha	1.515	5.700	228,0	25,50	253,5	8'635.500	38.633	384.052	
121	Obras de desvío (desvío por túnel)										
1210	Canal y estructuras de entrada										
12100	Excavación en tierra	m ³	152.800	12,50	0,50	0,75	1,25	1'910.000	114.600	191.000	
12101	Excavación en roca	m ³	50.700	46,25	1,85	5,55	7,4	2'344.875	281.385	375.180	
12102	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	6.200	65,25	2,61	0,29	2,9	404.550	1.798	17.980	
12103	Hormigón masa	m ³	1.750	975	39	54	93	1'706.250	94.500	162.750	
12104	Hormigón levemente armado	m ³	1.730	975	39	130	169	1'686.750	224.900	292.370	
12105	Hormigón fuertemente armado	m ³	450	975	39	252	291	438.750	113.400	130.950	
12106	Paneles de cierre de hormigón	u	2				12.300	123.000	19.680	24.600	
12107	Piezas fijas	u	2				14.000	140.000	22.400	28.000	
12108	Equipos de maniobra	u	1				98.000	490.000	78.400	98.000	
	SUBTOTAL							9'244.175	951.063	1'320.830	
1211	Túnel L = 550m D = 11 m N° 2										
12110	Excavación en roca	m ³	149.400	412,50	16,50	49,50	66	61'627.500	7'395.300	9'860.400	
12111	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	46.000	65,25	2,61	0,29	2,9	3'001.500	13.340	133.400	
12112	Tratamientos especiales para la fundación	u	5.400	1.042,5	41,70	97,30	139	5'629.500	525.420	750.600	
12113	Anclajes	u	2.500	1.350	54	126	180	3'375.000	315.000	450.000	
12114	Gunitado: e = 5 cm	m ²	46.000	136,50	5,46	7,54	13	6'279.000	346.840	593.000	
12115	Malla de acero	m ²	46.000	30	1,20	1,80	3	1'380.000	82.800	138.000	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 5.16

CUADRO: IV.8.2

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO - ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD
 COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m
 POTENCIA INSTALADA: 560 MW
 Nº DE GRUPOS: 4
 CENTRAL EXTERIOR
 2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25.00

Cuenta	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO TOTAL
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA LOCAL	MONEDA	
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	
12116	Hormigón masa	m ³	6.900	975	39	54	93	6'727.500	372.600	641.700
12117	Hormigón levemente armado	m ³	25.700	975	39	130	169	25'057.500	3'341.000	4'343.300
	SUBTOTAL							113'077.500	12'392.300	16'915.400
1212	Canal y estructuras de Salida									
12120	Excavación en tierra	m ³	3'564.000	12,50	0,50	0,75	1,25	44'550.000	2'673.000	4'455.000
12121	Excavación en roca	m ³	2'492.000	46,25	1,85	5,55	7,4	115'255.000	13'830.600	18'440.800
12122	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	15.300	65,25	2,61	0,29	2,9	998.325	4.437	44.370
12123	Anclajes	u	4.560	1.350	54	126	180	6'156.000	574.560	820.800
12124	Hormigón masa	m ³	4.300	975	39	54	93	4'192.500	232.200	399.900
12125	Hormigón levemente armado	m ³	8.800	975	39	130	169	8'580.000	1'144.000	1'487.200
12126	Hormigón fuertemente armado	m ³	1.000	975	39	252	291	975.000	252.000	291.000
12127	Paredes de cierre: L = 17m H = 12m h = 6 m	u	1				243.000	1'215.000	194.400	243.000
12128	Piezas fijas	u	2				27.000	270.000	43.200	54.000
12129	Equipos de manobra	u	1				120.000	600.000	96.000	120.000
	SUBTOTAL							182'791.825	19'044.397	26'356.070
1213	Tapamiento de los Túneles									
12130	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	2.500	65,25	2,61	0,29	2,9	163.125	725	7.250
12131	Hormigón masa	m ³	7.050	975	39	54	93	6'873.750	380.700	655.650
	SUBTOTAL							7'036.875	381.425	662.900
1214	Ataguas de desvío aguas arriba:									
12140	Ataguia auxiliar para construcción									
121400	Grava compactada	m ³	392.700	16,25	0,65	1,20	1,85	6'381.375	471.240	726.495

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 6.16

CUADRO: IV.8.2

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO - ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD
 COTA DE CORONAMIENTO: 1.390.00 m
 POTENCIA INSTALADA: 560 MW
 N° DE GRUPOS: 4
 CENTRAL EXTERIOR
 2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25.00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJ		MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJERA	
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
121401	Lahar compactado	m ³	53.600	49,50	1,98	3,69	5,67	2'653.200	197.784	303.912	
121402	Desague, mantenimiento y bombeo	Global						515.200	82.433	103.041	
121403	Demoliciones	m ³	150.000	25	1,00	1,50	2,50	3'750.000	225.000	375.000	
	SUBTOTAL							13'299.775	976.457	1'508.448	
12141	Atagüa principal										
121410	Grava compactada	m ³	36.300	16,25	0,65	1,20	1,85	589.875	43.560	67.155	
121411	Grava lanzada	m ³	18.200	16,25	0,65	1,20	1,85	295.750	21.840	33.670	
121412	Lahar lanzado	m ³	86.900	49,50	1,98	3,69	5,67	4'301.550	320.661	492.723	
121413	Lahar compactado	m ³	53.900	49,50	1,98	3,69	5,67	2'668.050	198.891	305.613	
121414	Escollero lanzado	m ³	349.800	11,25	0,45	0,83	1,28	3'935.250	290.334	447.744	
121415	Desague, mantenimiento y bombeo	Global						673.450	107.753	134.691	
	SUBTOTAL							12'463.925	983.039	1'481.596	
1215	Atagüa de desvío aguas abajo										
12150	Grava compactada	m ³	12.200	16,25	0,65	1,20	1,85	198.250	14.640	22.570	
121501	Grava lanzada	m ³	22.700	16,25	0,65	1,20	1,85	368.875	27.240	41.995	
121502	Lahar compactado	m ³	4.600	49,50	1,98	3,69	5,67	227.700	16.974	26.082	
121503	Lahar lanzado	m ³	8.100	49,50	1,98	3,69	5,67	400.950	29.889	45.927	
121504	Desague, mantenimiento y bombeo	Global						68.275	10.926	13.657	
121505	Demoliciones	m ³	47.600	25,00	1,00	1,50	2,5	1'190.000	71.400	119.000	
	SUBTOTAL							2'454.050	171.069	269.231	
122	Presa de Escollera										
1220	Excavación en tierra										
12200	Sobre el nivel de agua	m ³	3'118.000	12,50	0,50	0,75	1,25	38'975.000	2'338.500	3'897.500	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.							HOJA: 7.16		CUADRO: IV.8.2		
DESCRIPCION :											
APROVECHAMIENTO:		SALADO- ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD									
COTA DE CORONAMIENTO:		1.390,00 m									
POTENCIA INSTALADA:		560 MW									
Nº DE GRUPOS:		4									
CENTRAL EXTERIOR											
2 TUNELES DE BAJA PRESION											
										US\$ 1 = S/. 25,00	
CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO TOTAL	
				MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJ	TOTAL	MONEDA LOCAL			MONEDA EXTRANJERA
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$		US \$
12201	Cut-off de aguas arriba	m ³	3'000.000	20,50	0,82	1,51	2,33	61'500.000	4'530.000	6'990.000	
1221	Excavación en roca	m ³	51.000	46,25	1,85	5,55	7,4	2'358.750	283.050	377.400	
1222	Lahar compactado	m ³	4'143.000	49,50	1,98	3,69	5,67	205'078.500	15'287.670	23'490.810	
1223	Arena y grava del río	m ³	23'030.000	16,25	0,65	1,20	1,85	374'237.500	27'636.000	42'605.500	
1224	Transición de grava procesada	m ³	1'353.000	54,25	2,17	4,03	6,20	73'400.250	5'452.590	8'388.600	
1225	Filtro de arena procesada	m ³	1'023.000	54,25	2,17	4,03	6,20	55'497.750	4'122.690	6'342.600	
1226	Escollera	m ³	3'240.000	11,25	0,45	0,83	1,28	36'450.000	2'689.200	4'147.200	
1227	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	442.800	49,50	1,98	0,22	2,2	21'918.600	97.416	974.160	
1228	Tratamientos especiales para la fundación	global						294'000.000	30'240.000	42'000.000	
1229	Inyecciones	u	200	6.255	250,2	583,8	834	1'251.000	116.760	166.800	
12210	Acabados	m	1.090	4.240	169,60	254,4	424	4'621.600	277.296	462.160	
12211	Pozo de alivio de presión	m	3.700	2.625	105	145,34	250,34	9'712.500	537.758	926.258	
	SUBTOTAL							1.179'001.450	93'608.930	140'768.988	
1230	Aliviaderos y disipadores										
12300	Canal de acceso de estructuras de control										
123000	Excavación en tierra	m ³	422.000	12,50	0,50	0,75	1,25	5'275.000	316.500	527.500	
123001	Excavación en roca	m ³	760.000	46,25	1,85	5,55	7,4	35'150.000	4'218.000	5'624.000	
123002	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	6.300	65,25	2,61	0,29	2,9	411.075	1.827	18.270	
123003	Tratamientos especiales para la fundación	u	30	6.255	250,2	583,8	834	187.650	17.514	25.020	
123004	Anclajes	u	950	1.350	54	126	180	1'282.500	119.700	171.000	
123005	Hormigón masa	m ³	22.500	975	39	54	93	21'937.500	1'215.000	2'092.500	
123006	Hormigón fuertemente armado	m ³	18.900	975	39	252	291	18'427.500	4'762.800	5'499.900	
- 220 -											

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

HOJA: 8.16

CUADRO: IV-8.2

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO - ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD

COTA DE CORONAMIENTO: 1.390,00 m

POTENCIA INSTALADA: 560 MW

Nº DE GRUPOS: 4

CENTRAL EXTERIOR

2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL		MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL	
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
123007	Paneles de cierre: L = 15m H = 15m h=7,5m	u	1				414.000	2'070.000	331.200	414.000	
123008	Piezas fijas	u	4				46.000	920.000	147.200	184.000	
123009	Equipos de maniobra	u	1				92.000	460.000	73.600	92.000	
1230010	Compuertas, piezas fijas y mecanismos de maniobra	u	4				520.000	10'400.000	1'664.000	2'080.000	
1230011	Acabados	m	75				2.046	1'534.500	92.070	153.450	
	SUBTOTAL							98'055.725	12'959.411	16'881.640	
12301	Canal de rápida con revestimiento y deflector										
123010	Excavación en tierra	m ³	672.000	12,50	0,50	0,75	1,25	8'400.000	504.000	840.000	
123011	Excavación en roca	m ³	420.000	46,25	1,85	5,55	7,4	19'425.000	2'331.000	3'108.000	
123012	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	19.500	65,25	2,61	0,29	2,9	1'272.375	5.655	56.550	
123013	Anclajes	u	4.950	1.350	54	126	180	6'682.500	623.700	891.000	
123014	Hormigón poroso	m ³	2.550	975	39	54	93	2'486.250	137.700	237.150	
123015	Hormigón masa	m ³	460	975	39	54	93	448.500	24.840	42.780	
123016	Hormigón levemente armado	m ³	12.800	975	39	130	169	12'480.000	1'664.000	2'163.200	
123017	Hormigón fuertemente armado	m ³	8.400	975	39	252	291	8'190.000	2'116.800	2'444.400	
	SUBTOTAL							59'384.625	7'407.695	9'783.080	
1231	Descarga auxiliar de fondo										
12310	Canal de acceso y estructu- ras de control										
123100	Excavación en tierra	m ³	50.200	12,50	0,50	0,75	1,25	627.500	37.650	62.750	
123101	Excavación en roca	m ³	43.700	46,25	1,85	5,55	7,4	2'021.125	242.535	323.380	
123102	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	3.420	65,25	2,61	0,29	2,9	223.150	992	9.918	
123103	Gunitado: e=5cm	m ²	3.420	136,50	5,46	7,54	13	466.825	25.767	44.460	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.

HOJA: 9.16

CUADRO: IV.8.2

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO - ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD
 COTA DE CORONAMIENTO: 1.390.00 m
 POTENCIA INSTALADA: 560 MW
 N° DE GRUPOS: 4
 CENTRAL EXTERIOR
 2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25,00

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
123134	Malla de acero	m ²	3.420	30	1,20	1,80	3	102.600	6.156	10.260	
123135	Anclajes	u	1.370	1.350	54	126	180	1'849.500	172.620	246.600	
123136	Hormigón levemente armado	m ³	230	975	39	130	169	224.250	29.900	38.870	
123137	Hormigón fuertemente armado	m ³	250	975	39	252	291	243.750	63.000	72.750	
123138	Rejas: L=7m H=16m	u	2				121.500	1'215.000	194.400	243.000	
123139	Compuertas, piezas fijas y mecanismos de maniobra	u	2				970.000	9'700.000	1'552.000	1'940.000	
123140	Acabados	m	20				2.846	569.200	34.152	56.920	
	SUBTOTAL							17'242.900	2'359.192	3'048.908	
12311	Túnel: L=35m D=11m										
123113	Excavación en roca	m ³	4.750	506,25	20,25	60,75	81	2'404.675	288.563	384.750	
123111	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	1.460	65,25	2,61	0,29	2,9	95.275	423	4.234	
123112	Tratamientos especiales para la fundación	u	160	1.042,5	41,70	97,30	139	166.800	15.568	22.240	
123113	Anclajes	u	80	1.350	54	126	180	108.000	10.080	14.400	
123114	Gunitado: e=5cm	m ²	1.460	136,50	5,46	7,54	13	199.300	11.008	18.980	
123115	Malla de acero	m ²	1.460	30	1,20	1,80	3	43.800	2.628	4.380	
123116	Hormigón masa	m ³	220	975	39	54	93	214.500	11.880	20.460	
123117	Hormigón levemente armado	m ³	820	975	39	130	169	779.500	106.600	138.580	
123118	Hormigón fuertemente armado	m ³	5.940	975	39	252	291	5'791.500	1'496.880	1'728.540	
	SUBTOTAL							9'823.350	1'943.630	2'336.564	
12312	Pozo de servicio L=106m D=6m e=0,35m										
123120	Excavación en roca	m ³	3.850	812,50	32,5	97,5	130	3'128.125	375.375	500.500	
123121	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	2.300	65,25	2,61	0,29	2,9	150.075	667	6.670	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA							HOJA: 10.16		CUADRO: IV.8.2		
DESCRIPCION :											
APROVECHAMIENTO:		SALADO.- ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD									
COTA DE CORONAMIENTO:		1.390,00 m									
POTENCIA INSTALADA:		560 MW									
Nº DE GRUPOS:		4									
CENTRAL EXTERIOR		US\$ 1 = S/. 25.00									
2 TUNELES DE BAJA PRESSION											
CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO TOTAL	
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL		MONEDA
				S/(SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$		US \$
123122	Tratamientos especiales	u	260	1.042,5	41,70	97,30	139	271.050	25.298	36.140	
	para la fundación										
123123	Anclajes	u	260	1.350	54	126	180	351.000	32.760	46.800	
123124	Gunitado: e=5cm	m2	2.300	273	10,92	15,08	26	627.900	34.684	59.800	
123125	Malla de acero	m2	2.300	30	1,20	1,80	3	69.000	4.140	6.900	
123126	Hormigón levemente armado	m3	4.970	975	39	130	169	4'845.750	646.100	839.930	
123127	Hormigón fuertemente armado	m3	1.170	975	39	252	291	1'140.750	294.840	340.470	
123128	Compuertas, piezas fijas y mecanismos de maniobra	u	4				167.000	3'340.000	534.400	668.000	
	L=2,4m H=3m h=125m										
123129	Blindaje: e=18mm	t	140				4.300	3'762.500	451.500	602.000	
	SUBTOTAL							17'686.150	2'399.764	3'107.210	
124	Obras de toma										
1240	Canal de aducción y bocatoma										
12400	Excavación en tierra	m3	54.000	12,50	0,50	0,75	1,25	675.000	40.500	67.500	
12401	Excavación en roca	m3	173.000	46,25	1,85	5,55	7,4	8'001.250	960.150	1'280.200	
12402	Limpieza y preparación para la fundación	m2	12.200	65,25	2,61	0,29	2,9	796.050	3.538	35.380	
12403	Anclajes	u	1.088	1.350	54	126	180	1'468.800	137.088	195.840	
12404	Gunitado e=10cm	m2	6.800	273	10,92	15,08	26	1'856.400	102.544	176.800	
12405	Malla de acero	m2	6.800	30	1,20	1,80	2	204.000	12.240	20.400	
12406	Hormigón masa	m2	3.500	975	39	54	93	3'412.500	189.000	325.500	
12407	Hormigón levemente armado	m3	5.600	975	39	130	169	5'460.000	728.000	946.400	
12408	Hormigón fuertemente armado	m3	5.000	975	39	252	291	4'875.000	1'260.000	1'455.000	
12409	Rejas: L=6,50 H=16	u	4				94.000	1'880.000	300.800	376.000	

PROYECTO MICROELECTRICO COCA.							HOJA 11.16	CUADRO: IV.8.2			
DESCRIPCION:											
Aprovechamiento: SALADO - ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD											
COCA DE CORONAMIENTO: 1.390.000											
Potencia instalada: 560 MW											
Nº DE GRUPOS: 4											
CENTRAL EXTERIOR											
2 TUNELES DE BAJA PRESION											
US\$ 1 = S/. 25.00											
CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL	MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL		
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
12410	Compuertas, piezas fijas y equipo de maniobra L= 4,50 H=9,50 h= 53	u	4				406.000	8'120.000	1'299.200	1'624.000	
12411	Acabados	m	19				2.846	1'366.075	81.965	136.608	
	SUBTOTAL							38'115.075	5'115.025	6'639.628	
125	Obras de conducción										
1250	Túnel de baja presión L= 565 D= 9,50 Nº =2										
12500	Excavación en roca	m³	111.000	468,75	18,75	56,25	75	52'031.250	6'243.750	8'325.000	
12501	Limpieza y preparación para la fundación	m²	42.400	65,25	2,61	0,29	2,9	2'766.600	12.296	122.960	
12502	Tratamientos especiales para la fundación	u	4.484	1.042,50	41,70	97,30	139	4'674.575	436.293	523.276	
12503	Anclajes	u	2.242	1.350	54	126	180	3'026.700	282.492	403.560	
12504	Eunitado e=5cm	m²	42.400	136,50	5,46	7,54	13	5'787.600	319.696	551.200	
12505	malla de acero	m²	42.400	30	1,20	1,80	3	1'272.000	76.320	127.200	
12506	Hormigón masa	m³	5.000	975	39	54	93	4'875.000	270.000	465.000	
12507	Hormigón levemente armado	m²	13.900	975	39	130	169	13'552.500	1'807.000	2'349.100	
	SUBTOTAL							87'986.225	9'447.847	12'967.296	
1251	Chimenea de equilibrio L= 56 D= 25 Nº =2										
12510	Excavación en tierra	m³	11.600	12,50	0,50	0,75	1,25	145.000	8.700	14.500	
12511	Excavación en roca	m³	59.400	281,25	11,25	33,75	45	16'706.250	2'004.750	2'673.000	
12512	Limpieza y preparación para la fundación	m²	10.600	65,25	2,61	0,29	2,9	691.650	3.074	30.740	
12513	Tratamientos especiales para la fundación	u	1.180	1.042,50	41,70	97,30	139	1'230.150	114.814	164.020	
12514	Anclajes	u	1.180	1.350	54	126	180	1'593.000	148.680	212.400	
12515	Eunitado e=10cm	m²	10.600	273	10,92	15,08	26	2'893.800	159.848	275.600	
12516	Malla de acero	m²	10.600	30	1,20	1,80	3	318.000	19.080	31.800	

-224-

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.							HOJA: 12.16		CUADRO: IV.8.2	
DESCRIPCION:										
APROVECHAMIENTO:		SALADO - ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD								
COTA DE CORONAMIENTO:		1.390.73 m								
POTENCIA INSTALADA:		560 MW								
Nº DE GRUPOS:		4								
CENTRAL EXTERIOR										
2 TUNELES DE BAJA PRESION		US\$ 1 = S/. 25.00								

CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES		COSTO TOTAL
				MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJ	TOTAL	MONEDA LOCAL	MONEDA EXTRANJERA		
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	
12517	Hormigón fuertemente armado.	m ²	12.000	975	39	252	291	11'700.000	3'024.000	3'492.000
	SUBTOTAL							35'277.850	5'482.946	6'894.060
1252	Túnel o tubería de alta presión L= 86 D=5,50 Nº 4									
12520	Excavación en roca	m ³	13.000	837,50	33,50	100,50	134	10'887.500	1'306.500	1'742.000
12521	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	7.400	65,25	2,61	0,29	2,9	482.850	2.146	21.460
12522	Tratamientos especiales para la fundación	u	792	1.042,50	41,70	97,30	139	825.650	77.062	110.088
12523	Anclajes	u	792	1.350	54	126	180	1'069.200	99.792	142.560
12524	Gunitado e=5cm	m ²	7.400	136,50	5,46	7,54	13	1'010.100	55.796	96.200
12525	Malla de acero	m ²	7.400	30	1,20	1,80	3	222.000	13.320	22.200
12526	Hormigón masa	m ³	3.900	975	39	54	93	3'802.500	210.600	362.700
12527	Blindaje e= 15mm	t	776				4.300	20'855.000	2'502.600	3'336.800
	SUBTOTAL							39'154.800	4'267.816	5'834.008
1253	Túnel auxiliar para la construcción L= 120 D= 7x7									
12531	Excavación en roca	m ³	5.500	575	23	69	92	3'162.500	379.500	506.000
12532	Limpieza y preparación para la fundación	m ²	3.000	65,25	2,61	0,29	2,9	195.750	870	8.700
12533	Anclajes	u	147	1.350	54	126	180	198.450	18.522	26.460
12534	Gunitado e= 5cm	m ²	2.200	136,5	5,46	7,54	13	300.300	16.588	28.600
12535	Hormigón masa	m ³	1.100	975	39	54	93	1'072.500	59.400	102.300
	SUBTOTAL							4'929.500	474.880	672.060

-225-

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.							HOJA 13.16	CUADRO: IV.8.2			
DESCRIPCION:											
APROVECHAMIENTO:		SALADA - ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD									
COTA DE CORONAMIENTO:		1.390,00 m									
POTENCIA INSTALADA:		560 MW									
NO DE GRUPOS:		4									
CENTRAL EXTERIOR											
2 TUNELES DE BAJA PRESION											
US\$ 1 = S/. 25.00											
CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJ	TOTAL	MONEDA LOCAL		MONEDA EXTRANJERA	TOTAL
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
126	Rectificación del río y movimientos de tierra										
1260	Aguas arriba para mejorar el emplazamiento de la ataguía auxiliar	m ³	360.000	12,50	0,50	0,75	1,25	4'500.000	270.000	450.000	
1261	En la zona de la subestación	m ³	306.000	12,50	0,50	0,75	1,25	3'825.000	229.500	382.500	
1262	En la descarga del cuenco de disipación del aliviadero	m ³	320.000	12,50	0,50	0,75	1,25	4'000.000	240.000	400.000	
1263	Movimiento de tierras en la zona de la planta de construcción	m ³	1'680.000	12,50	0,50	0,75	1,25	21'000.000	1'260.000	2'100.000	
1264	Excavación del canal de restitución	m ³	872.000	12,50	0,50	0,75	1,25	10'900.000	654.000	1'090.000	
	SUBTOTAL							44'225.000	2'653.500	4'422.500	
	SUBTOTAL OBRA CIVIL							1.914'325.775	173'554.039	250'127.070	
	IMPREVISTOS OBRA CIVIL	15%						272'448.875	24'521.106	35'419.061	
	SUBTOTAL EQUIPOS							65'560.500	9'504.980	12'127.400	
	IMPREVISTOS EQUIPOS	10%						6'556.050	950.498	1'212.740	
TOTAL CUENTA 12								2.258'891.200	208'530.623	298'886.271	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA							HOJA: 14.16		CUADRO: IV.8.2		
DESCRIPCION:											
APROVECHAMIENTO:		SALADO - ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD									
COTA DE CORONAMIENTO:		1.390,00 m									
POTENCIA INSTALADA:		560 MW									
Nº DE GRUPOS:		4									
CENTRAL EXTERIOR											
2 TUNELES DE BAJA PRESION											
US\$ 1 = S/. 25.00											
CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL
				S/.(SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/.(SUCRES)	US \$	US \$	
13	TURBINAS Y GENERADORES										
130	Turbinas Francis										
1300	Turbinas: Pot. 142,9 MW; RPM: 138,5	u	4				2'800.000		11'200.000	11'200.000	
1301	Transporte y montaje	u	4				868.000	52'080.000	1'388.800	3'472.000	
131	Generadores										
1310	Generadores: Pot. 155,6 MVA RPM: 138,5	u	4				3'150.000		12'600.000	12'600.000	
1311	Transporte y montaje	u	4				976.500	58'590.000	1'562.400	3'906.000	
	SUBTOTAL 13							110'670.000	26'751.200	31'178.000	
	IMPREVISTOS	10%						10'067.000	2'675.120	3'117.800	
	TOTAL CUENTA 13							121'737.000	29'426.320	34'295.800	
14	EQUIPO ELECTRICO ACCESORIO										
140	Equipo accesorio	KVA	622.400				7,45		4'636.880	4'636.880	
141	Transporte y montaje	KVA	622.400				7,8	72'820.800	1'941.888	4'854.720	
	SUBTOTAL 14							72'820.800	6'578.768	9'491.600	
	IMPREVISTOS	10%						7'282.075	657.877	949.160	
	TOTAL CUENTA 14							80'102.875	7'236.645	10'440.760	
15	OTROS EQUIPOS DE LA CENTRAL										
150	Puente rodante	u	2				1'250.000	12'500.000	2'000.000	2'500.000	
151	Equipos varios	Kw	560.000				3,9	10'920.000	1'747.200	2'184.000	
	SUBTOTAL 15							23'420.000	3'747.200	4'684.000	
	IMPREVISTOS	10%						2'342.000	374.720	468.400	
	TOTAL CUENTA 15							25'762.000	4'121.920	5'152.400	

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA.							HOJA: 15.16	CUADRO: IV.8.2			
DESCRIPCION :											
APROVECHAMIENTO: SALADO - ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD											
COTA DE CORONAMIENTO: 1.399,99 m											
POTENCIA INSTALADA: 560 MW											
Nº DE GRUPOS: 4											
CENTRAL EXTERIOR											
2 TUNELES DE BAJA PRESION											
US\$ 1 = S/. 25,00											
CUENTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL
				S/(SUQUES)	US \$	EXTRANJ	US \$	S/(SUQUES)	US \$	EXTRANJERA	US \$
16	ACCESOS										
160	Caminos nuevos	km	3				22.353	922.050	30.177		67.059
161	Puentes	m	200				2.067	4'134.000	248.040		413.400
	SUBTOTAL 16							5'056.050	278.217		480.459
	IMPREVISTOS	15%						758.400	41.733		72.069
TOTAL CUENTA 16								5'814.450	319.950		552.528
17	SUBESTACION Y LINEA DE TRANS- MISION										
170	Excavación en tierra	m ³	50.000	12,50	0,50	0,75	1,25	625.000	37.500		62.500
171	Hormigón masa	m ³	12.000	975	39	54	93	11'700.000	648.000		1'116.000
172	Hormigón levemente armado	m ³	4.000	975	39	130	169	3'900.000	520.000		676.000
173	Transformadores elevación	Global						7'500.000	7'000.000		7'300.000
174	Subestación Salado	Global						10'125.000	4'005.000		4'410.000
175	Subestación Quito	Global						5'625.000	2'225.000		2'450.000
176	Líneas de transmisión	Global						227'050.000	12'038.000		21'120.000
	SUBTOTAL OBRA CIVIL							16'225.000	1'205.500		1'854.500
	IMPREVISTOS OBRA CIVIL	15%						2'433.750	180.825		278.175
	SUBTOTAL EQUIPOS							250'300.000	25'268.000		35'280.000
	IMPREVISTOS EQUIPOS	10%						25'030.000	2'526.800		3'528.000
TOTAL CUENTA 17								293'988.750	29'181.125		40'940.675
TOTAL CUENTAS 11 A 17								3.308'604.250	293'543.837		425'888.007
TOTAL CUENTAS 10 A 17								3.434'763.075	304'375.056		441'765.579

-228-

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

HOJA: 16.16

CUADRO: IV.8.2

DESCRIPCION:

APROVECHAMIENTO: SALADO - ANTEPROYECTO FINAL DE FACTIBILIDAD
COTA DE CORONAMIENTO: 1,390.00 m
POTENCIA INSTALADA: 560 MW
Nº DE GRUPOS: 4
CENTRAL EXTERIOR
2 TUNELES DE BAJA PRESION

US\$ 1 = S/. 25.00

CUESTA	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNITARIO				SUBTOTALES			COSTO TOTAL
				MONEDA	LOCAL	MONEDA	TOTAL	MONEDA	LOCAL	MONEDA	
				S/ (SUCRES)	US \$	US \$	US \$	S/ (SUCRES)	US \$	US \$	
18	GASTOS INDIRECTOS Y GASTOS DE ADMINISTRACION										
180	Instalaciones y campamentos										
1800	Construcción (Cuentas 11 a 17)	5,5%						181'944.675	16'146.053		23'423.840
1801	Operación y Mantenimiento (Cuentas 11 a 17)	3,75%						124'053.200	11'008.672		15'970.800
181	Ingeniería y Administración General										
1810	Ingeniería (Cuentas 10 a 17)	4,8%						164'866.925	14'610.071		21'204.748
1811	Administración General (Cuentas 10 a 17)	8%						274'778.200	24'350.118		35'341.246
	SUBTOTAL 18							745'643.000	66'114.914		95'940.634
	IMPREVISTOS	10%						74'564.300	6'611.491		9'594.063
	TOTAL CUENTA 18							820'207.300	72'726.405		105'534.697
	TOTAL CUENTAS 10 A 18							4.254'970.375	377'101.461		547'300.276
19	INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION										
190	Tasa = 8% + 1%; t1= 4,5 años t2= 0,75 años										
1900	Costo de los intereses										79'470.599
1901	Costo total de la obra										626'770.875
191	Tasa = 10% + 1%; t1= 4,5 años t2= 0,75 años										
1910	Costo de los intereses										99'073.228
1911	Costo total de la obra										646'373.504
192	Tasa = 12% + 1%; t1= 4,5 años t2= 0,75 años										
1920	Costo de los intereses										119'461.131
1921	Costo total de la obra										666'761.407

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

la obtención de costos confiables que permitirán la eventual solitud de financiamiento de fuentes nacionales e internacionales.

Las investigaciones básicas ejecutadas permiten asegurar la factibilidad técnico-económico del Proyecto, una vez que las soluciones encontradas para resolver los problemas constructivos, especialmente los de la cimentación de la presa, no resultaron en costos excesivos.

A respecto de ésto, se destaca que se ha adoptado taludes suaves para la presa y se ha considerado una cortina de inyecciones hasta la superficie de la roca subyacente aunque los ensayos de permeabilidad por bombeo y los testigos de las perforaciones geológicas hayan indicado que se podría elaborar un diseño menos conservativo. Si investigaciones adicionales y complementarias confirmaran los resultados obtenidos en esta fase de los estudios, se podrá lograr economías apreciables superiores a los US\$ 100 x 10⁶.

El prediseño de las obras de descarga es también conservador donde el aprovechamiento del segundo túnel de desvío como aliviadero de servicio podría resultar en una solución más económica que la actual.

El sistema de generación con dos túneles de baja presión ofrece

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

una buena flexibilidad y seguridad operacional donde la inclusión de chimeneas de equilibrio asegura buenas características de regulación. Las turbinas seleccionadas son del tipo Francis lentas que ofrecen mayor seguridad contra cavitación. En una etapa posterior se harán los estudios de optimización turbinas-obras civiles.

El plazo de construcción previsto para la entrada en operación de la primera unidad generadora es de 4,5 años, factible de cumplirse con los métodos constructivos indicados. Un plazo normal para la elaboración de los diseños definitivos y preparación de obras de infraestructura y apoyo logístico sería del orden de 4 años que podría reducirse mediante la ejecución de un programa intenso y simultáneo de actividades.

La Lámina N° HS/IA-442-HA-173 presenta, para una variación de potencia instalada de 182 a 1.000 MW, las correspondientes producciones de energías primaria, firme y media y los respectivos factores de planta y de instalación.

La energía primaria es aquella producción máxima garantizada 100% del tiempo para cada uno de los meses de la serie histórica de 27 años.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

La energía firme es aquella producción anual garantizada 90% del tiempo (seguridad hidrológica del 90%).

La energía media anual es el promedio de las producciones a lo largo de los 27 años.

La Lámina N° HS/IA-442-HA-178 presenta la variación de costo del aprovechamiento en función de la potencia instalada de la central así como los costos unitarios para el rango de instalaciones analizado.

La Lámina N° HS/IA-442-HA-174 presenta el costo total y unitario para tasas de intereses del 8, 10 y 12% a.a. así como los beneficios totales y netos, para 8%, considerando Salado como aprovechamiento aislado y sin incluir los beneficios en Codo Sinclair provenientes de la regulación del embalse.

Se observa en esta condición, que los beneficios netos máximos y la relación B/C máximo corresponde, a nivel de cuenca, a una potencia instalada de cerca de 420 MW y que no hay una diseconomía significantes para Salado aislado considerándose una potencia instalada de 560 MW que es la óptima para Salado y Malo-Codo Sinclair operando juntos.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

10. RECOMENDACIONES

Los estudios e investigaciones futuros orientados hacia la preparación de documentos de licitación, deben concentrarse en las siguientes actividades principales:

1. Perforaciones geológicas en la fundación aluvial de la presa para

- . Determinar la continuidad de las capas profundas de limo de manera a analizar la posible interrupción de la cortina de inyecciones en la última capa sin necesidad de llegar a la roca subyacente.
- . Muestreo continuo, en algunos de los sondeos, de las capas de limo con el objeto de detectar la presencia de capas finas de arcilla. Caso éstas no existan, se podrá adelgazar la sección transversal de la presa y eliminar las trincheras de aguas arriba y aguas abajo.
- . Determinar la probabilidad de livuación de las capas profundas de arena a través de los ensayos de SPT.
- . Muestreo del material de fundación para determinar sus características básicas.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- . Ejecución de ensayos dinámicos en los limos de la fundación con el objeto de analizar su eventual licuación.
2. Realización de 3 ó 4 ensayos adicionales de permeabilidad en locales diferentes. La confirmación de los valores actuales de K ($4,5 \times 10^{-3}$ cm/s) podrá llevar a la eliminación de la cortina de inyecciones.
3. Ejecución de perforaciones geológicas y apertura de galerías de exploración en los sitios de obras subterráneas, juntamente con la ejecución de ensayos "in loco" a fin de determinar las características de diseño de la roca.
4. Instalación de escalas limnimétricas en el sitio de presa y en el tramo aguas abajo con el objeto de definir mejor la curva de descarga y permitir el estudio de eventuales excavaciones del cauce para aumentar el salto disponible.
5. Intensificar los aforos de transporte sólido especialmente para caudales altos.
6. Levantamiento batimétrico del cauce del río a través de perfiles transversales entre Salado y Malo.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

7. Ensayos hidráulicos en modelo reducido para investigar el funcionamiento del vertedero de superficie, túneles de desvío y descarga auxiliar, aliviadero tipo Fontana, disipación de energía aguas abajo y su interferencia con la restitución de la central.
8. Una adaptación y modificación del anteproyecto de Factibilidad de acuerdo a los nuevos datos que se tendrá a medida que vayan avanzando las investigaciones básicas.
9. Investigaciones y estudios para el diseño de obras de infraestructura y apoyo logístico.