

PÚBLICO

DOCUMENTO DEL BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

ECUADOR

PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA

ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD DEL APROVECHAMIENTO SALADO

(EC0004)

ANEXO IV

APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS

VOLUMEN II – ESTUDIOS DE COMPOSICIÓN DE PRECIOS UNITARIOS DE LA PRESA Y MEMORIA DE CÁLCULOS

JULIO 1978

Lo-412/SF-EE
271/02-EE
411/SF-EE
Kps.

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION - INECEL

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA

INFORME DE FACTIBILIDAD DEL APROVECHAMIENTO SALADO

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

VOLUMEN II -

APENDICE I - ESTUDIO DE COMPOSICION DE PRECIOS UNITARIOS DE LA PRESA

APENDICE II - MEMORIAS DE CALCULOS

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 Alternativas 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 Infraestructura 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

APENDICE I

ESTUDIO DE COMPOSICION DE PRECIOS UNITARIOS DE LA PRESA

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

APENDICE 1

ESTUDIO DE COMPOSICION DE PRECIOS UNITARIOS DE LA PRESA

1. CONSIDERACIONES GENERALES

Debido al gran volumen de la presa y a los métodos constructivos considerados para su ejecución, se ha decidido efectuar un estudio de composición de precios unitarios de sus principales componentes desechando la utilización del Manual de Costos para estos rubros.

Se han analizado los precios unitarios de los siguientes items:

- Excavación en tierra
- Lahar compactado
- Excavación de arena y grava del río
- Filtro para arena procesada
- Transición de grava procesada
- Escollera
- Pozo de alivio de presión, Ø 18"

El cronograma físico de ejecución de las obras sirvió como base para el dimensionamiento de los equipos, materiales y mano de

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

obra necesarios para cada servicio de manera que su ejecución fuese factible dentro de los plazos previstos.

Los costos de equipos, materiales y mano de obra han sido investigados en el mercado ecuatoriano con excepción de la banda transportadora y draga cuyos precios fueron suministrados por fabricantes extranjeros. Además, los costos fueron obtenidos en el mes de Junio de 1978 y para referirlos a Junio de 1977, que es la fecha base para el presupuesto, se adoptó el coeficiente 1,0675 resultante de la ponderación de los aumentos ocurridos en este período.

Los rendimientos y producciones horarios de los equipos así como los coeficientes de mano de obra determinados para cada tipo de servicio, han sido definidos en base a valores promedios obtenidos para obras en condiciones similares.

Se consideró, para cargas sociales, una tasa del 80% sobre el valor del sueldo horario básico y, sobre este total, un 40% para gastos generales y utilidades.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

2. COSTOS DE EQUIPOS, MATERIALES Y MANO DE OBRA

2.1 EQUIPOS

	<u>US\$</u>
Banda transportadora, 2.000 m ³ /h, 10 módulos 60" x 500 m, 600 CV c/módulo, inclinación máxima 5% (cotización Brasil)	
Costo en obra por metro lineal	1.160
Instalación 25%	290
SUBTOTAL	1.450
Obras civil 10%	145
Costo por metro	1.600
Costo total: 1.600 x US\$/m x 5.000 m	8'000.000
 Camión fuera de ruta, CAT-773 600 HP, 45,4 t	
C & F Guayaquil	266.354
Internación	11.986
Transporte	1.961
Costo en obra	280.301
Costo de neumáticos (21,00 x 35,32 lonas) 6 x 2.400	14.400
 Cargadora frontal sobre ruedas, CAT-992 C 550 HP, 9,5 m ³	
C & F Guayaquil	438.134
Internación	19.716
Transporte	2.458
Costo en obra	460.308
Costo de neumáticos (65,40 x 39,38 lonas) 4 x 5.000	20.000
 Cargadora frontal sobre ruedas, CAT-988B 375 HP, 5,4 m ³	
C & F Guayaquil	213.966
Internación	9.628
Transporte	1.452
Costo en obra	225.046
Costo de neumáticos (65,35 x 33,24 lonas) 4 x 3.500	14.000
 Central de procesamiento de grava y arena 200 HP, 400 m ³ /h (cotización Brasil)	
Costo estimado instalación hecha en Brasil	2'040.000

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

	US\$
Criba (GRIZZLY) para selección de Lahar 500 m ³ /hora (cotización Brasil)	
Costo	32.600
Obra civil	5.700
Instalación 15%	<u>4.900</u>
Costo en obra	43.200
 Draga de succión y bombeo, 1.200 C.V., producción 1.200 t/hora (cotización Brasil)	
FOB Holanda	1.000.000
Flete y Seguro hasta la obra 20%	200.000
Montaje 10%	<u>100.000</u>
SUBTOTAL	1'300.000
 Tubería de acero para bombeo:	
Ø = 20"	
e chapa = 3/8"	
L = 200 m	
P = 25.000 kg	
C = 25.000 jg x 4 US\$/kg	<u>100.000</u>
Costo total en obra	1.400.000
 Excavadora BUCYRUS 71B (Hoes) 275 HP (Cotización Brasil)	
Costo en obra	320.000
 Motoniveladora CAT - 16G 250 HP	
C & F Guayaquil	166.887
Internación	7.510
Transporte	<u>1.020</u>
Costo en obra	175.417
Costo de neumáticos (18.000 x 25,12 lonas) 6 x 1.740	10.440
 Moto trailla de ruedas, CAT - 641B 550 HO, 21/29 m ³	
C & F Guayaquil	336.000
Internación	15.120
Transporte	<u>2.458</u>
Costo en obra	353.578
Costo neumáticos (37,5 x 39; 36 lonas) 4 x 4.000	16.000

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

	US\$
Rodillo liso vibratorio, DYNAPAC Mod. CK-51	
Remolcable, 10 t peso estático	
C & F Guayaquil	37.711
Internación	1.697
Transporte	<u>432</u>
Costo en obra	39.840
 Rastra de discos, 20 discos de 24"	
Costo en obra	6.000
 Tractor de orugas CAT-D9H	
sin RIPPER, 410 HP	
C & F Guayaquil	231.970
Internación	10.439
Transporte	<u>1.649</u>
Costo en obra	244.058
 Tractor de orugas CAT-D8K	
sin RIPPER, 300 HP	
C & F Guayaquil	162.042
Internación	7.292
Transporte	<u>1.232</u>
Costo en obra	170.573
 Tractor agrícola, sobre ruedas, 100 HP	
Costo en obra	13.000
Bomba extractora de agua con grava, 60 CV	11.000
200 m ³ /h; Hman = 40 m	

2.2 MATERIALES

S/.

Aceite Lubricante:

Aceite para motores a diesel	
Texaco URSA Oil extra duty SAE-20W-40 (gal)	72,16
Transporte	<u>1,00</u>
Costo en obra por galón	73,16

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

	<u>S/.</u>
Aceite para transmisión automática y dirección	
Texaco Texamatic fluid tipo "F" (gal)	129,63
Transporte	<u>1,00</u>
Costo en obra por galón	130,63
 Aceite para sistemas hidráulicos	
Texaco URSA Oil LA-3 SAE 10W (gal)	67,49
Transporte	<u>1,00</u>
Costo en obra por galón	68,49
 Aceite lubricante, costo medio, consumo D8K	
Carter 0,07 x 73,16	5,121
Transmisión 0,03 x 130,63	3,919
Mandos finales 0,02 x 130,63	2,613
Control hidráulico <u>0,03 x 68,49</u>	<u>2,055</u>
Costo en 0,15 de galón	13,707
Costo medio en obra por galón	91,38
Adoptado	90,00
 Grasa	
Texaco MULTIFAK EP-2 (kg)	10,22
Transporte	<u>0,27</u>
Costo en obra por kilogramo	10,50
 Filtros	
Indice básico de costo de filtros (por hora)	8,00
 Diesel	
Costo en Quito (gal)	3,50
Transporte	<u>1,00</u>
Costo en obra	4,50

Estos costos fueron obtenidos del Manual de Producción de CATERPILLAR y los precios de los filtros de CONAUTO.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

2.3 MANO DE OBRA

	<u>S/.</u>
Peones	
Costo horario	10,00
Prestaciones sociales 80%	<u>8,00</u>
Costo total horario	18,00
 Ayudantes, vigilantes, engrasadores	
Costo horario	13,75
Prestaciones sociales 80%	<u>11,00</u>
Costo total horario	24,80
 Compresoristas, electricistas, mecánicos, soldadores, choferes	
Costo horario	26,25
Prestaciones sociales 80%	<u>21,00</u>
Costo total horario	27,30
 Caporal de obreros, choferes de camiones livianos	
Costo horario	31,25
Prestaciones sociales 80%	<u>25,00</u>
Costo total horario	56,30
 Motoristas, dinamiteros	
Costo horario	40,00
Prestaciones sociales 80%	<u>32,00</u>
Costo total horario	72,00
 Operadores, choferes de camiones pesados	
Costo horario	42,50
Prestaciones sociales 80%	<u>34,00</u>
Costo total horario	76,50
 Caporal de operadores	
Costo horario	50,00
Prestaciones sociales 80%	<u>40,00</u>
Costo total horario	90,00

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Auxiliar de topógrafos	<u>S/.</u>
Costo horario	45,56
Prestaciones sociales 80%	<u>36,44</u>
Costo total horario	82,00

3. COMPOSICION DE COSTOS HORARIOS DE EQUIPOS

Las composiciones de los costos horarios de los equipos fueron elaborados considerándose los costos de adquisición, operación y mantenimiento.

Los Cuadros Nos. IV.1.1 a IV.1.17 presentan los cálculos para la determinación de los costos horarios de los equipos principales utilizados en la construcción de la presa y el Cuadro N° IV.1.18 presenta el resumen de estos costos.

4. COMPOSICION DE COSTOS UNITARIOS DE LOS SERVICIOS PRINCIPALES

4.1 EXCAVACION COMUN EN LA FUNDACION DE LA PRESA

Este servicio se refiere a los trabajos de excavación realizados por encima del nivel freático. Los rendimientos unitarios para mano de obra y equipo son los siguientes:

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Banda Transportadora, 2.000 m³/h, 10 módulos de 60" x 500 m, potencia = 600 C.V. por módulo, inclinación máxima de 5%

Fecha: Junio 1978

CUADRO N° IV.1.1

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	10	h	76,50	765,00
2. Ayudante	20	h	24,80	496,00
\sum_1^2				1.261,00

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel				
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante				
6. Grasa	10	kg	10,50	105,00
7. Filtros				
8. Neumáticos				
9. Otros	3.600	kwh	1,00	3.600,00
\sum_3^9				3.705,00
COSTO DE OPERACION (I)				\sum_1^9 4.966,00

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	200.000.000,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	133.333.333,33
Vida útil en horas	H = nh	horas	15.000
Vida útil en años	n	años	3
10. Intereses horarios i = 12% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	3.200,00
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	13.333,33
12. Seguro s = 2% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	533,33
COSTO DE PROPIEDAD (II)		\sum_{10}^{12}	17.066,66

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	$M = K \cdot D$	$K=0,4$	5.333,33
IV. COSTO HORARIO TOTAL		\sum_I^{III}	27.365,99

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Bomba para extracción de agua con grava en suspensión, 200 m³/h, H_{man} = 40 m, 60 C.V.
2

Fecha: Junio 1978

-CUADRO N° IV.1.2

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	0,65	h	47,70	31,01
2. Ayudante	1,00	h	24,80	24,80
\sum_1^2				55,81

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel				
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante				
6. Grasa				
7. Filtros				
8. Neumáticos				
9. Otros	36,00	kwh	1,00	36,00
\sum_3^9				36,00
COSTO DE OPERACION (I)				\sum_1^9 91,81

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	275.000,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	206.250,00
Vida útil en horas	H = nh	horas	6.000
Vida útil en años	n	años	2
10. Intereses horarios i = 12% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	8,25
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	45,83
12. Seguro s = 2% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	1,37
COSTO DE PROPIEDAD (II)		\sum_{10}^{12}	55,45

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	$M = K \cdot D$	$K = 0,5$	22,92
IV. COSTO HORARIO TOTAL			\sum_{I}^{III} 170,18

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Camión fuera de ruta, CAT-773, 45,4 ton.,
3 600 HP.

Fecha: Junio 1978
CUADRO Nº IV.1.3

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	1,00	h	76,50	76,50
2. Ayudante	0,25	h	24,80	6,20
Σ_1^2				82,70

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel	12,00	gal	4,50	54,00
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante	0,41	gal	90,00	36,90
6. Grasa	0,05	kg	10,50	0,53
7. Filtros	1,02	u	8,00	8,16
8. Neumáticos	1/2.000	h	6 x 60.000	180,00
9. Otros				
Σ_3^9				279,59
COSTO DE OPERACION (I)				Σ_1^9 362,29

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	6'647.500,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	4'154.688,00
Vida útil en horas	H = nh	horas	10.000
Vida útil en años	n	años	4
10. Intereses horarios i = 12% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	199,43
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	664,75
12. Seguro s = 2% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot n}$	S/.	33,24
COSTO DE PROPIEDAD (II)			Σ_{10}^{12} 897,42

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	M = K . D	K=0,7	465,33
IV. COSTO HORARIO TOTAL			Σ_I^{III} 1.725,04

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Camión Regador, 11.000 l.

Fecha: Junio 1978

4

CUADRO Nº IV.1.4

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	1,00	h	56,30	56,30
2. Ayudante	0,50	h	24,80	12,40
\sum_1^2				68,70

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel	6,40	gal	4,50	28,80
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante	0,09	gal	90,00	8,10
6. Grasa	0,10	kg	10,50	1,05
7. Filtros	0,3x(5)			2,43
8. Neumáticos				
9. Otros				
\sum_3^9				40,38
COSTO DE OPERACION (I)				\sum_1^9 109,08

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	1.000.000,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	625.000,00
Vida útil en horas	H = nh	horas	10.000
Vida útil en años	n	años	4
10. Intereses horarios i = 12 % a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	30,00
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	100,00
12. Seguro s = 2 % a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	5,00
COSTO DE PROPIEDAD (II)		\sum_{10}^{12}	135,00

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	$M = K \cdot D$	$K = 0.7$	70.00
IV. COSTO HORARIO TOTAL			\sum_{I}^{III} 314.00

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Cargadora frontal sobre ruedas, 9,5 m³,
5 550_HP, CAT-992C

Fecha: Junio 1978
CUADRO N° IV.1.5

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	1,00	h	76,50	76,50
2. Ayudante	0,25	h	24,80	6,20
Σ_1^2				82,70

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel	17,60	gal	4,50	79,20
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante	0,43	gal	90,00	38,70
6. Grasa	0,05	kg	10,50	0,53
7. Filtros	1,21	un	8,00	9,68
8. Neumáticos	1/1000	h	4x125.000,00	500,00
9. Otros				
Σ_3^9				628,11
COSTO DE OPERACION (I)				Σ_1^9 710,81

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	11.003.000,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	6.880.000,00
Vida útil en horas	H = nh	horas	10.000
Vida útil en años	n	años	4
10. Intereses horarios i = 12% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	330,24
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	1.100,60
12. Seguro s = 2 % a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	55,04
COSTO DE PROPIEDAD (II)			Σ_{10}^{12} 1.486,08

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	M = K . D	K = 0,6	660,40
IV. COSTO HORARIO TOTAL			Σ_{11}^{11} 2.857,37

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Cargadora frontal sobre ruedas, 5,4 m³,
375 HP, CAT-988B
6

Fecha: Junio 1978

CUADRO Nº IV.1.6

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	1,00	h	76,50	76,50
2. Ayudante	0,25	h	24,80	6,20
Σ_1^2				82,70

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel	13,20	gal	4,50	59,40
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante	0,23	gal	90,00	20,70
6. Grasa	0,02	kg	10,50	0,21
7. Filtros	0,91	un	8,00	7,28
8. Neumáticos	1/1.000	h	4x87.500,00	350,00
9. Otros				
Σ_3^9				437,59
COSTO DE OPERACION (I)				Σ_1^9 520,29

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	5.276.000,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	3.297.500,00
Vida útil en horas	H = nh	horas	10.000
Vida útil en años	n	años	4
10. Intereses horarios i = 12 % a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	158,28
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	527,60
12. Seguro s = 2 % a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	26,36
COSTO DE PROPIEDAD (II)		\sum_{10}^{12}	712,26

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	$M = K \cdot D$	$K = 0,6$	316,56
IV. COSTO HORARIO TOTAL			$\sum \frac{III}{I}$ 1.549,11

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Central de Procesamiento de Grava y Arena,
7 400 m³/h, 200 HP.

Fecha: Junio 1978

CUADRO N° IV.1.7

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	1	h	47,70	47,70
2. Ayudante	4	h	24,80	99,20
Σ				146,90

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel				
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante	0,42	gal	90,00	37,80
6. Grasa	0,20	kg	10,20	2,04
7. Filtros				
8. Neumáticos				
9. Otros	120	kwh	1,00	120,00
Σ				159,84
COSTO DE OPERACION (I)				306,74

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	51.000.000,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	34.000.000,00
Vida útil en horas	H = nh	horas	18.000
Vida útil en años	n	años	3
10. Intereses horarios i = 12% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	680,00
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	2.833,33
12. Seguro s = 2% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	113,33
COSTO DE PROPIEDAD (II)			Σ 3.626,66

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	M = K · D	K = 0,5	1.416,67
IV. COSTO HORARIO TOTAL			Σ 5.350,07

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Criba (GRIZZLY) para selección de Lahar,
8 500-m³/h

Fecha: Junio 1978
CUADRO N°IV.1.8

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	1,30	h	76,50	99,45
2. Ayudante	1,00	h	24,80	24,80
Σ_1^2				124,25

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel				
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante				
6. Grasa	0,02	kg	10,50	0,21
7. Filtros				
8. Neumáticos				
9. Otros	30	kwh	1,00	30,00
Σ_3^9				30,21
COSTO DE OPERACION (I)				Σ_1^9 154,46

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	1.080.000,00
Valor medio	$\cdot \frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	720.000,00
Vida útil en horas	$\cdot H = nh$	horas	8.250
Vida útil en años	n	años	3
10. Intereses horarios $i = 12\% \text{ a.a.}$	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	31,42
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	130,91
12. Seguro $s = 2\% \text{ a.a.}$	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	5,24
COSTO DE PROPIEDAD (II)		\sum_{10}^{12}	167,57

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	$M = K \cdot D$	$K = 0,9$	117,82
IV. COSTO HORARIO TOTAL			\sum_{I}^{III} 439,90

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: 9 Dragas de succión y bombeo de Ø 20" con bomba de 1.200 CV, producción de 1.200 ton/h (para arena y grava del río)

Fecha: Junio 1978
CUADRO Nº IV.1.9

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	1,30	h	76,50	99,45
2. Ayudante	5,00	h	24,80	124,00
\sum_1^2				223,45

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel	47,56	gal	4,50	214,02
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante	0,27	gal	90,00	24,30
6. Grasa	0,02	kg	10,50	0,21
7. Filtros	0,3x(5)			7,29
8. Neumáticos				
9. Otros				
\sum_3^9				245,82
COSTO DE OPERACION (I)				\sum_1^9 469,27

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	35.000.000,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	21.875.000,00
Vida útil en horas	$H = nh$	horas	10.000
Vida útil en años	n	años	4
10. Intereses horarios $i = 12\%$ a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	1.050,00
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	3.500,00
12. Seguro $s = 2\%$ a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	175,00
COSTO DE PROPIEDAD (II)		\sum_{10}^{12}	4.725,00

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	$M = K \cdot D$	$K = 0,5$	1.750,00
IV. COSTO HORARIO TOTAL			\sum_{I}^{III} 6.944,27

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Excavadora Bucyrus 71B (Hoes), 275 HP

Fecha: Junio 1978

10

GUADRO Nº IV.1.10

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	1,00	h	76,50	76,50
2. Ayudante	1,00	h	24,80	24,80
$\sum_{i=1}^2$				101,30

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel	9,50	gal	4,50	42,75
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante	0,30	gal	90,00	27,00
6. Grasa	0,02	kg	10,50	0,21
7. Filtros	0,80	un	8,00	6,40
8. Neumáticos				
9. Otros				
$\sum_{i=3}^9$				76,36
COSTO DE OPERACION (I)				$\sum_{i=1}^9$ 177,66

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	8.000.000,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	5.000.000,00
Vida útil en horas	H = nh	horas	10.000
Vida útil en años	n	años	4
10. Intereses horarios i = 12% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	240,00
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	800,00
12. Seguro s = 2% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	40,00
COSTO DE PROPIEDAD (II)			$\sum_{i=10}^{12}$ 1.080,00

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	M = K . D	K = 0,6	480,00
IV. COSTO HORARIO TOTAL			$\sum_{i=1}^{11}$ 1.737,66

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Motoniveladora, 250 HP, CAT-16G

Fecha: Junio 1973

11

CUADRO Nº IV.1.11

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	1,00	h	76,50	76,50
2. Ayudante	0,25	h	24,80	6,20
\sum_1^2				82,70

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel	7,90	gal	4,50	35,55
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante	0,20	gal	90,00	18,00
6. Grasa	0,01	kg	10,50	0,11
7. Filtros	0,70	un	8,00	5,60
8. Neumáticos	1/2.500	h	6x43.500,00	104,40
9. Otros				
\sum_3^9				163,66
COSTO DE OPERACION (I)				\sum_1^9 246,36

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	4.124.000,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	2.577.500,00
Vida útil en horas	H = nh	horas	10.000
Vida útil en años	n	años	4
10. Intereses horarios i = 12% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	123,72
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	412,40
12. Seguro s = 2% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	20,62
COSTO DE PROPIEDAD (II)			\sum_{10}^{12} 556,74

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	$M = K \cdot D$	$K = 0,5$	206,20
IV. COSTO HORARIO TOTAL			\sum_I^{III} 1.009,30

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Moto-Trailla; 21,4/29,00 m³; 550 HP; CAT-641B

Fecha: Junio 1978

12

CUADRO N° IV.1.12

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	1,00	h	76,50	76,50
2. Ayudante	0,25	h	24,80	6,20
\sum_1^2				82,70

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel	19,00	gal	4,50	85,50
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante	0,41	gal	90,00	36,90
6. Grasa	0,05	kg	10,50	0,53
7. Filtros	1,22	un	8,00	9,76
8. Neumáticos	1/2.000	h	4x100.000,00	200,00
9. Otros				
\sum_3^9				332,69
COSTO DE OPERACION (I)				\sum_1^9 415,39

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	8.000.000,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	5.000.000,00
Vida útil en horas	H = nh	horas	10.000
Vida útil en años	n	años	4
10. Intereses horarios i = 12% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	240,00
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	800,00
12. Seguro s = 2% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	40,00
COSTO DE PROPIEDAD (II)		\sum_{10}^{12}	1.080,00

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	M = K . D	K = 0,7	560,00
IV. COSTO HORARIO TOTAL		\sum_{I}^{III}	2.055,39

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Rastra de Discos, 20 discos 24"

Fecha: Junio 1978

13

CUADRO Nº IV.1.13

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador				
2. Ayudante				
Σ_1^2				

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel				
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante				
6. Grasa				
7. Filtros				
8. Neumáticos				
9. Otros				
Σ_3^9				
COSTO DE OPERACION (I)				Σ_1^9

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	150.000,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	90.000,00
Vida útil en horas	$H = nh$	horas	10.000
Vida útil en años	n	años	5
10. Intereses horarios $i = 12\% \text{ a.a.}$	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	5,40
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	15,00
12. Seguro $s = 2\% \text{ a.a.}$	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	0,90
COSTO DE PROPIEDAD (II)			Σ_{10}^{12}
			21,30

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	$M = K \cdot D$	$K = 0,8$	12,00
IV. COSTO HORARIO TOTAL			Σ_I^{III}
			33,30

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Rodillo liso vibratorio, 10 ton. de peso estático, remolcado, Dynapac Mod. CK-51

14

Fecha: Junio 1978

CUADRO Nº IV.1.14

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador				
2. Ayudante				
\sum_1^2				

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel	3,50	gal	4,50	15,75
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante	0,05	gal	90,00	4,50
6. Grasa	0,02	kg	10,50	0,21
7. Filtros	0,5x(5)			2,25
8. Neumáticos				
9. Otros				
\sum_3^9				22,71
COSTO DE OPERACION (I)				\sum_1^9 22,71

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	996.000,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	622.500,00
Vida útil en horas	$H = nh$	horas	10.000
Vida útil en años	n	años	4
10. Intereses horarios $i = 12\% \text{ a.a.}$	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	29,93
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	99,60
12. Seguro $s = 2\% \text{ a.a.}$	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	4,93
COSTO DE PROPIEDAD (II)			\sum_{10}^{12} 134,86

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	$M = K \cdot D$	$K = 0,5$	49,80
IV. COSTO HORARIO TOTAL			\sum_I^{III} 205,27

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Tractor Agrícola sobre Ruedas, 100 HP
15

Fecha: Junio 1978
CUADRO Nº IV.1.15

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	1,00	h	76,50	76,50
2. Ayudante	0,25	h	24,80	6,20
Σ_1^2				82,70

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel	3,70	gal	4,50	16,65
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante	0,06	gal	90,00	5,40
6. Grasa	0,01	kg	10,50	0,11
7. Filtros	0,5x(5)			2,70
8. Neumáticos				
9. Otros				
Σ_3^9				24,86
COSTO DE OPERACION (I)				Σ_1^9 107,56

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	325.000,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	195.000,00
Vida útil en horas	H = nh	horas	10.000
Vida útil en años	n	años	5
10. Intereses horarios i = 12 % a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	11,70
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	32,50
12. Seguro s = 2 % a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	1,95
COSTO DE PROPIEDAD (II)			\sum_{10}^{12} 46,15

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	M = K . D	K= 0,8	26,00
IV. COSTO HORARIO TOTAL		\sum_{I}^{III}	179,71

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Tractor de Orugas, sin ripper, 410 HP, CAT-D9H

Fecha: Junio 1978

16

CUADRO Nº IV.1.16

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	1,00	h	76,50	76,50
2. Ayudante	0,25	h	24,80	6,20
Σ_1^2				82,70

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel	15,10	gal	4,50	67,95
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante	0,18	gal	90,00	16,20
6. Grasa	0,02	kg	10,50	0,21
7. Filtros	1,00	un	8,00	8,00
8. Neumáticos				
9. Otros				
Σ_3^9				92,36
COSTO DE OPERACION (I)				Σ_1^9 175,06

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	6.101.600,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	3.813.500,00
Vida útil en horas	H = nh	horas	10.000
Vida útil en años	n	años	4
10. Intereses horarios i = 12 % a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	183,05
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	610,16
12. Seguro s = 2 % a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	30,51
COSTO DE PROPIEDAD (II)			\sum_{10}^{12} 823,72

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	$M = K \cdot D$	$K = 0,7$	427,11
IV. COSTO HORARIO TOTAL			\sum_{I}^{III} 1.425,89

COMPOSICION DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO

EQUIPO: Tractor de Orugas, sin ripper, 300 HP, CAT-D8K

Fecha: Junio 1978

17

CUADRO Nº IV.1.17

I. OPERACION

a) Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
1. Operador	1,00	h	76,50	76,50
2. Ayudante	0,25	h	24,80	6,20
\sum_1^2				82,70

b) Materiales de Consumo

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Horario (S/.)
3. Aceite diesel	10.8	gal	4,50	48,60
4. Gasolina				
5. Aceite lubricante	0,15	gal	90,00	13,50
6. Grasa	0,02	kg	10,50	0,21
7. Filtros	0,65	un	8,00	5,20
8. Neumáticos				
9. Otros				
\sum_3^9				67,51
COSTO DE OPERACION (I)				\sum_1^9 150,21

II. PROPIEDAD

Costo del Equipamiento nuevo menos Neumáticos	A	S/.	4.264.800,00
Valor medio	$\frac{n+1}{2n} \cdot A$	S/.	2.665.500,00
Vida Útil en horas	H = nh	horas	10.000
Vida Útil en años	n	años	4
10. Intereses horarios i = 12% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{i}{100 \cdot h}$	S/.	127,94
11. Depreciación horaria (D)	$\frac{A}{nh}$	S/.	426,48
12. Seguro s = 2% a.a.	$\frac{n+1}{2n} \cdot A \cdot \frac{s}{100 \cdot h}$	S/.	21,32
COSTO DE PROPIEDAD (II)			\sum_{10}^{12} 575,74

III. MANUTENCION

COSTO DE MANUTENCION (III)	$M = K \cdot D$	$K = 0,9$	293,54
IV. COSTO HORARIO TOTAL		\sum_{I}^{III}	1.024,49

CUADRO N° IV.1.18

RESUMEN DE COSTOS HORARIOS DE LOS EQUIPOS
Precios de Junio de 1978

DESCRIPCION	S/./h	US\$/h
1. Banda transportadora, 2.000 m ³ /h	27.366,00	1.094,60
2. Bomba de agua, 200 m ³ /h, H _{man} = 40 m	170,20	6,80
3. Camión fuera de ruta; 45,4 ton; 600 HP; CAT-773	1.725,00	69,00
4. Camión regador, 11.000 l	314,10	12,60
5. Cargadora frontal sobre ruedas; 9,5 m ³ ; CAT-992C	2.857,40	114,30
6. Cargadora frontal sobre rueda; 5,4 m ³ ;	1.549,10	62,00
7. Central de procesamiento de grava y arena, 400 m ³ /h	5.350,10	214,00
8. Criba (GRIZZLY) para selección de lahar, 500 m ³ /h	440,00	17,60
9. Dragas de Ø20", 1.200 ton/h	6.944,30	277,80
10. Excavadora Bucyrus, 71B	1.737,70	69,50
11. Motoniveladora, 250 HP, CAT-16G	1.009,30	40,40
12. Moto-trailla 21,4/29 m ³ ; 550 HP; CAT-641B	2.055,40	82,20
13. Rastra de discos; 20 discos 24"	33,30	1,30
14. Rodillo liso vibratorio, Dynapac CK-51	207,00	8,30
15. Tractor agrícola sobre ruedas, 100 HP	179,70	7,20
16. Tractor de orugas, 410 HP, CAT-D9H	1.425,90	57,00
17. Tractor de orugas, 300 HP, CAT-D8K	1.024,50	41,00

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

A. MANO DE OBRA

Equipo Típico 1, conforme Cuadro N° IV.1.19, con rendimiento de $0,12 \text{ h/m}^3$.

B. EQUIPOS

- Cargadora CAT-988 ($200 \text{ m}^3/\text{h}$) considerando que trabaja 50% del tiempo

$$\text{Producción mensual} = P = 200.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Producción horaria} = \frac{200.000}{500 \times 0,5} = 800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de máquinas: } 800 \div 200 = 4 \text{ máquinas}$$

$$\text{Rendimiento} = 0,0050 \text{ h/m}^3$$

- Camión CAT-773

$$\text{Producción por hora: } 25 \text{ m}^3/\text{viaje} \times 4,8 \text{ viaje/h} = 120 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Rendimiento} = 0,0083 \text{ h/m}^3$$

- Tractor CAT-D8K

$$0,0043 \text{ h/m}^3$$

- Motoniveladora CAT-16G

$$0,0010 \text{ h/m}^3$$

El Cuadro N° IV.1.20 presenta el cálculo para la obtención del costo unitario de este servicio.

CUADRO N° IV.1.19

MANO DE OBRA - EQUIPO TIPICO 1

PERSONAL	Cantidad h	Costo Unitario S/.	Subtotales S/.
Ayudante	14	24,80	347,20
Auxiliar Topografía	3	82,00	246,00
Administrador	2	56,30	112,60
Encargado	2	90,00	180,00
Guardalmacén	1	47,70	47,70
Peón	3	18,00	54,00
	<u>25</u>		<u>987,50</u>
SALARIO MEDIO = $\frac{987,50}{25}$ = S/. 39,50/h			

NOTA: En los costos de mano de obra están incluidas las cargas sociales de 80% sobre el salario horario básico.

COMPOSICION DE COSTO UNITARIO

RUBRO DE TRABAJO:

FECHA: Junio 78

EXCAVACION COMUN EN LA FUNDACION DE LA PRESA,

CUADRO N° IV.1.20

POR ENCIMA DE NIVEL FREATICO

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/.)		
			UNITARIO	SUB-TOTAL	TOTAL
A - MANO DE OBRA					
EQUIPO TIPICO 1	h	0,12	39,50	4,74	4,74
B - MATERIALES					
C - EQUIPOS					
CARGADORA CAT - 988B	h	0,0050	1.549,10	7,75	
CAMION CAT - 773	h	0,0083	1.725,00	14,32	
TRACTOR CAT - D8K	h	0,0042	1.024,50	4,30	
MOTONIVELADORA CAT-16G	h	0,0010	1.009,30	1,01	27,38
GASTOS GENERALES Y BENEFICIOS	%	40	32,12	12,85	12,85
TOTAL GENERAL					44,97

PRECIO UNITARIO ADOPTADO: 45,00 S/. /m³ o 1,80 US\$/m³

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

4.2 EXCAVACION DE LA TRINCHERA AGUAS ARRIBA

A. MANO DE OBRA

Equipo Típico 1 con rendimiento de $0,15 \text{ h/m}^3$.

B. EQUIPOS

Producción mensual: $231.250 \text{ m}^3/\text{mes}$

Producción diaria: $9.250 \text{ m}^3/\text{día}$

Producción horaria: $462 \text{ m}^3/\text{h}$

- Excavadora Bucyrus 71-B

Producción: $120 \text{ m}^3/\text{h}$ $0,0083 \text{ h/m}^3$

Nº de excavadoras $\frac{462}{120} = 3,85 \approx 4$ unidades

- Camiones

Distancia media de la escombrera = 1.500 m

Un ciclo se compone de:

Carga: $0,005 \text{ h/m}^3 \times 25 \text{ m}^3 = 0,125 \text{ h} = 7,5 \text{ min}$

Transporte: $(2 \times 1,5 \text{ km} \div 45 \text{ km/h}) = 4 \text{ min}$

Maniobras + descarga 1 min

12,5 min (4,8 viaje/h)

Capacidad: 25 m^3 (en media)

Producción por hora: $4,8 \times 25 = 120 \text{ m}^3/\text{h}$ $0,0083 \text{ h/m}^3$

Nº de camiones: $462 \div 100 \approx 5$ camiones

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- Motoniveladora CAT-16G con rendimiento de $0,0001 \text{ h/m}^3$ para mantenimiento de caminos.
- Tractor CAT-D8K con rendimiento de $0,005 \text{ h/m}^3$ para servicios varios
- Bomba ($200 \text{ m}^3/\text{h}$ $H_{\text{man}} = 40 \text{ m}$) con rendimiento de $0,0100 \text{ h/m}^3$

El Cuadro N° IV.1.21 presenta el cálculo para la obtención del costo unitario de este servicio.

4.3 MACIZO DE GRAVAS

A. MANO DE OBRA

	Rendimiento h/m^3
Administrador	0,00288
Peones	0,04320

B. EQUIPOS

- Dragas

Volumen total del macizo de grava	$23.267.000 \text{ m}^3$
Material procedente de la criba (GRIZZLY) procesado para filtros y transiciones	<u>$5.098.500 \text{ m}^3$</u>
Volumen dragado para macizo	$18.169.500 \text{ m}^3$

COMPOSICION DE COSTO UNITARIO

RUBRO DE TRABAJO:

FECHA: Junio 78

EXCAVACION DE LA TRINCHERA DE AGUAS ARRIBA

CUADRO N° IV.1.21

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/L)		
			UNITARIO	SUB-TOTAL	TOTAL
A - MANO DE OBRA					
EQUIPO TIPOICO 1	h	0,15	39,50	5,93	5,93
B - MATERIALES					
C - EQUIPOS					
ESCAVADORA BUCYRUS 71B	h	0,0083	1.737,70	14,42	
CAMION CAT - 773	h	0,0100	1.725,00	17,25	
MOTONIVELADORA CAT - 16G	h	0,0001	1.009,30	0,10	
TRACTOR CAT-D8K	h	0,0050	1.024,50	5,12	
BOMBA 200 m ³ /h, H _{man} =40m	h	0,0100	170,20	1,70	38,59
GASTOS GENERALES Y BENEFICIOS	%	40	44,52	17,81	17,81
TOTAL GENERAL					62,33
PRECIO UNITARIO ADOPTADO: 62,30 S/./m ³ o 2,49 US\$/m ³					

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

$$\text{Capacidad de draga } 1.200 \text{ t/h} \div 1,6 \text{ t/m}^3 = 750 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Producción efectiva} = \frac{750 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,8 \text{ (ef. op.)}}{\frac{18.169.500 \text{ m}^3}{23.267.000 \text{ m}^3}} = 770 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Rendimiento} = 0,0013 \text{ h/m}^3$$

El Cuadro N° IV.1.22 presenta el cálculo para la obtención del costo unitario de este servicio.

4.4 NUCLEO IMPERMEABLE DE LAHAR

A. MANO DE OBRA

	Rendimiento h/m ³
Administrador	0,00288
Peones	0,04320

B. EQUIPOS

- Transporte desde la Criba (GRIZZLY) hasta la presa

. Distancia de transporte = 15 km

. Velocidad media = 50 km

. Tiempo de viaje de ida y vuelta = $\frac{2 \times 15}{50} = 0,6 \text{ h}$ 36 min

. Tiempo carga = $25 \text{ m}^3 \div 200 \text{ m}^3/\text{h} = 0,125 \text{ h}$ 7,5 min

. Tiempo maniobra 1,0 min

. Tiempo para un ciclo completo 44,5 min = 0,74

. Rendimiento = $\frac{25 \text{ m}^3}{0,74 \text{ h}} \approx 34 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0294 \text{ h/m}^3$

COMPOSICION DE COSTO UNITARIO

RUBRO DE TRABAJO:

FECHA: Junio 78

MACIZO DE GRAVAS

CUADRO N° IV.1.22

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P R E C I O (S/.)		
			UNITARIO	SUB-TOTAL	TOTAL
A - MANO DE OBRA					
CAPORAL DE OBREROS	h	0,00288	56,30	0,16	
PECNES	h	0,04320	18,00	0,78	0,94
B - MATERIALES					
C - EQUIPOS					
DRAGA DE Ø 20"	h	0,0013	6.944,30	9,03	
CARGADORA CAT - 992 C	h	0,0010	2.857,40	2,85	
BANDA TRANSP. 60"	h	0,0004	27.366,00	10,95	
MOTO-TRAILLA CAT-641B	h	0,0027	2.055,40	5,55	
RODILLO DYNAPAC CK-51	h	0,0011	207,00	0,23	
TRACTOR CAT-D8K	h	0,0011	1.024,50	1,13	
MOTONIVELADORA CAT-16G	h	0,0019	1.009,30	1,92	
ILUMINACION	Global			2,80	34,47
GASTOS GENERALES Y BENEFICIOS	%	40	35,41	14,16	14,16
TOTAL GENERAL					49,57
PRECIO UNITARIO ADOPTADO: 49,60 S/./m ³ o 1,98 US\$/m ³					

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

$$\bullet \text{ N}^{\circ} \text{ de Camiones: } \frac{121.849 \text{ m}^3/\text{mes}}{500 \text{ h/mes} \times 0,5 \times 34 \text{ m}^3/\text{h}} \approx \underline{15 \text{ camiones CAT-773}}$$

- Excavación y carga en el yacimiento con CAT-988

$$\bullet \text{ Producción de } 200 \text{ m}^3/\text{h}$$

• 25% del material excavado debe ser rechazado por estar fuera de la zona granulométrica

$$\bullet \text{ Volumen a ser excavado: } 121.849 \text{ m}^3/\text{m} \div 0,75 = 162.465 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$\bullet \text{ N}^{\circ} \text{ de CAT-988} = \frac{162.465 \text{ m}^3/\text{mes}}{500 \text{ h/mes} \times 0,5 \times 200 \text{ m}^3/\text{h}} = 3,25 \approx 4 \text{ CAT-988}$$

$$\bullet \text{ Rendimiento} = 200 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (bruto)} \times 0,75 \text{ (25\% rechazado)} = 150 \text{ m}^3/\text{h} \\ = 0,0067 \text{ h/m}^3$$

- Transporte del Material Bruto hasta la Criba con CAT-773

$$\bullet \text{ Distancia de transporte} = 500 \text{ m}$$

$$\bullet \text{ Velocidad media} = 40 \text{ km/h}$$

$$\bullet \text{ Tiempo de viaje ida y vuelta} = \frac{2 \times 0,5}{40} = 1,50 \text{ min}$$

$$\bullet \text{ Carga} = 8,00 \text{ min}$$

$$\bullet \text{ Maniobra} = \underline{1,00 \text{ min}}$$

$$\bullet \text{ Tiempo para un ciclo completo} = 10,50 \text{ min} = 0,175$$

$$\bullet \text{ Rendimiento} = \frac{25 \text{ m}^3}{0,175 \text{ h}} \approx 142 \text{ m}^3/\text{h} = 0,007 \text{ h/m}^3$$

$$\text{N}^{\circ} \text{ de camiones necesarios} = \frac{170.588}{500 \times 0,5 \times 142} \approx 5 \text{ CAT-773}$$

- Transporte de Lahar clasificaco con CAT-988

$$\text{Rendimiento} = 200 \text{ m}^3/\text{h} = 0,005 \text{ h/m}^3$$

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- Transporte de material no utilizable de la Criba a la escombre-
ra con CAT-988B

$$\text{Rendimiento} = 200 \text{ m}^3/\text{h} = 0,005 \text{ h/m}^3$$

Rendimiento que incide en apenas 40% del material excavado

$$0,25 \times \frac{162.465 \text{ m}^3/\text{m}}{121.849 \text{ m}^3/\text{m}} \times 0,0050 \text{ h/m}^3 = 0,0017 \text{ h/m}^3$$

- Transporte del material no utilizable a la escombreira

- . Distancia de transporte: 400 m = 0,4 km

- . Velocidad media = 35 km/h

- . Tiempo viaje ida y vuelta = $\frac{2 \times 0,4}{35} = 0,0228 \text{ h} = 1,37 \text{ min}$

- . Carga = 8,00 min

- . Maniobra = 1,00 min

- . Tiempo de un ciclo 10,37 min = 0,172

- . Rendimiento = $\frac{25 \text{ m}^3}{0,172 \text{ h}} = 145 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0069 \text{ h/m}^3$

$$\text{N}^\circ \text{ de camiones necesarios: } \frac{162.465 \times 0,25}{500 \times 0,5 \times 145} \approx 1 \text{ CAT-773}$$

Estos servicios podrán realizarse con los camiones que transportan el lahar para la presa en las horas que este transporte no pueda efectuarse no habiendo necesidad de aumento de equipos.

- Criba Seleccionadora (GRIZZLY)

$$\text{Producción mensual necesaria} = 162.465 \text{ m}^3$$

$$\text{Producción horaria necesaria} = \frac{162.465 \text{ m}^3/\text{m}}{500 \text{ h/m} \times 0,5} = 650 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Rendimiento de GRIZZLY de } 500 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0020 \text{ h/m}^3$$

$$\text{N}^\circ \text{ de GRIZZLY} = 650 \div 500 \approx 2 \text{ unidades}$$

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- Esparcimiento y Compactación Lahar

Motoniveladora CAT-16G

Esparcimiento $0,00203 \text{ h/m}^3$

Pista $0,00125 \text{ "}$

$0,00328 \text{ h/m}^3$

$0,00325 \text{ h/m}^3$

Camión Regador - $11.000 \text{ l (500 m}^3/\text{h)}$

$0,0020 \text{ "}$

Rastra de Disco - $(500 \text{ m}^3/\text{h})$

$0,0020 \text{ "}$

Tractor CAT-D8K + Rodillo CK51

Válido para escollero, gravas y lahar

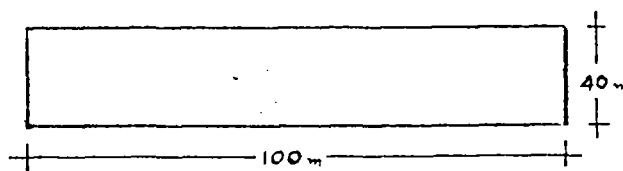
Adoptándose: $ET = EM \times A = 0,9 \times 0,9 = 0,81$; donde

ET = eficiencia total

EM = eficiencia mecánica

A = % de utilización

Volumen por capa



ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

$$\begin{aligned} S \text{ (área)} &= 4.000 \text{ m}^2 \\ e \text{ (espesor capa)} &= 0,30 \text{ m} \\ V \text{ (volumen)} &= 1.200 \text{ m}^3 \\ N^{\circ} \text{ de pasadas} &= \frac{40}{2} \times 4 = 80 \\ d \text{ (distancia)} &= 100 \times 80 = 8.000 \text{ m} \end{aligned}$$

Admitiéndose CAT-D8K en segunda marcha, con velocidad media

$V = 3 \text{ km/h}$ (inclusive maniobra)

$$t = \frac{d}{v} = \frac{8.000 \text{ m}}{3.000 \text{ m/h}} = 2,7 \text{ h}$$

$$P'_h = \frac{V}{t} = \frac{1.200}{2,7} = 444 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$P_h = 0,75 \times 444 = 333 \text{ m}^3/\text{h} \quad \text{Rendimiento} = 0,030 \text{ h/m}^3$$

donde 0,75 es el coeficiente adoptado conforme la tabla DYNAPAC

$$P_d = 333 \times 20 \times 0,81 = 5.394 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$N^{\circ} \text{ de equipos necesarios: } \frac{121.849}{25 \times 0,5 \times 5.394} = 1,8 \approx 2 \text{ unidades}$$

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

RESUMEN DE LOS EQUIPOS

1.	Camiones CAT-773	
	0,0294 h/m ³	
	0,0070 "	
	<u>0,0069 "</u>	
	0,0433 h/m ³	0,0433 h/m ³
2.	Cargadora CAT-988B	
	0,0067 h/m ³	
	0,0050 "	
	<u>0,0017 "</u>	
	0,0134 h/m ³	0,0134 h/m ³
3.	Criba (GRIZZLY Cap. 500 m ³ /h)	0,0020 h/m ³
4.	Tractor CAT-D8K + Rodillo CK51 (compactado)	0,0030 h/m ³
5.	Motoniveladora CAT-16G	0,00325 h/m ³
6.	Camión Regador 11.000 l	0,0020 h/m ³
7.	Rastra de Discos	0,0020 h/m ³
8.	Iluminación	S/. 2,80/m ³

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El Cuadro N° IV.1.23 presenta el cálculo para la obtención del costo unitario de este servicio.

4.5 CONSTRUCCION DE LOS FILTROS Y TRANSICIONES

Volúmenes necesarios

1.353.000 m³ con $\emptyset < 1 \frac{1}{2}"$ (transición)

1.023.000 m³ con $\emptyset < 1/2"$ (drenaje)

Cálculo del volumen bruto de gravas a ser procesado

1) $\emptyset < 1 \frac{1}{2}" = 40\%$ (de acuerdo con curva granulométrica)

$$\begin{array}{r} 100 \text{ ————— } 40 \\ x \text{ ————— } 1.353.000 \\ x = 3.382.500 \text{ m}^3 \end{array}$$

2) $\emptyset < 1/2" = 25\%$

$$\begin{array}{r} 100 \text{ ————— } 25 \\ y \text{ ————— } 1.023.000 \\ y = 4.092.000 \text{ m}^3 \end{array}$$

Volumen total a ser procesado:

$$3.382.500 + 4.092.000 = 7.474.500 \text{ m}^3$$

Producción mensual: 45.000 m³/mes ($\emptyset < 1/2"$)
22.222 " ($\emptyset < 1 \frac{1}{2}"$)
67.222 m³/mes

COMPOSICION DE COSTO UNITARIO

RUBRO DE TRABAJO:

FECHA: Junio 78

NUCLEO IMPERMEABLE (LAHAR COMPACTADO)

CUADRO Nº IV.1.23

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/.)		
			UNITARIO	SUB-TOTAL	TOTAL
A - MANO DE OBRA					
CAPORAL DE OBREROS	h	0,00288	56,30	0,16	
PEONES	h	0,04320	18,00	0,78	0,94
B - MATERIALES					
C - EQUIPOS					
CAMION CAT - 773	h	0,0433	1.725,00	74,69	
CARGADORA CAT-988B	h	0,0134	1.549,10	20,76	
CRIBA (GRIZZLY)	h	0,0020	440,00	0,88	
TRACTOR CAT - D3K	h	0,0030	1.024,50	3,07	
RODILLO CK-51	h	0,0030	207,00	0,62	
MOTONIVELADORA CAT-16G	h	0,00325	1.009,30	3,28	
CAMION REGADOR 11000 l	h	0,0020	314,10	0,63	
RASTRA DE DISCOS	h	0,0020	33,30	0,07	
TRACTOR AGRICOLA	h	0,0020	179,70	0,36	
ILUMINACION	Global		2,80	2,80	107,16
GASTOS GENERALES Y BENEFICIOS	%	40	108,10	43,24	43,24
TOTAL GENERAL					151,34
PRECIO UNITARIO ADOPTADO: 151,30 S/./m ³ o 6,05 US\$/m ³					

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Es necesario, por tanto, una central de procesamiento de:

$$67.222 \times 1,6 \approx 110.000 \text{ m}^3/\text{mes}$$

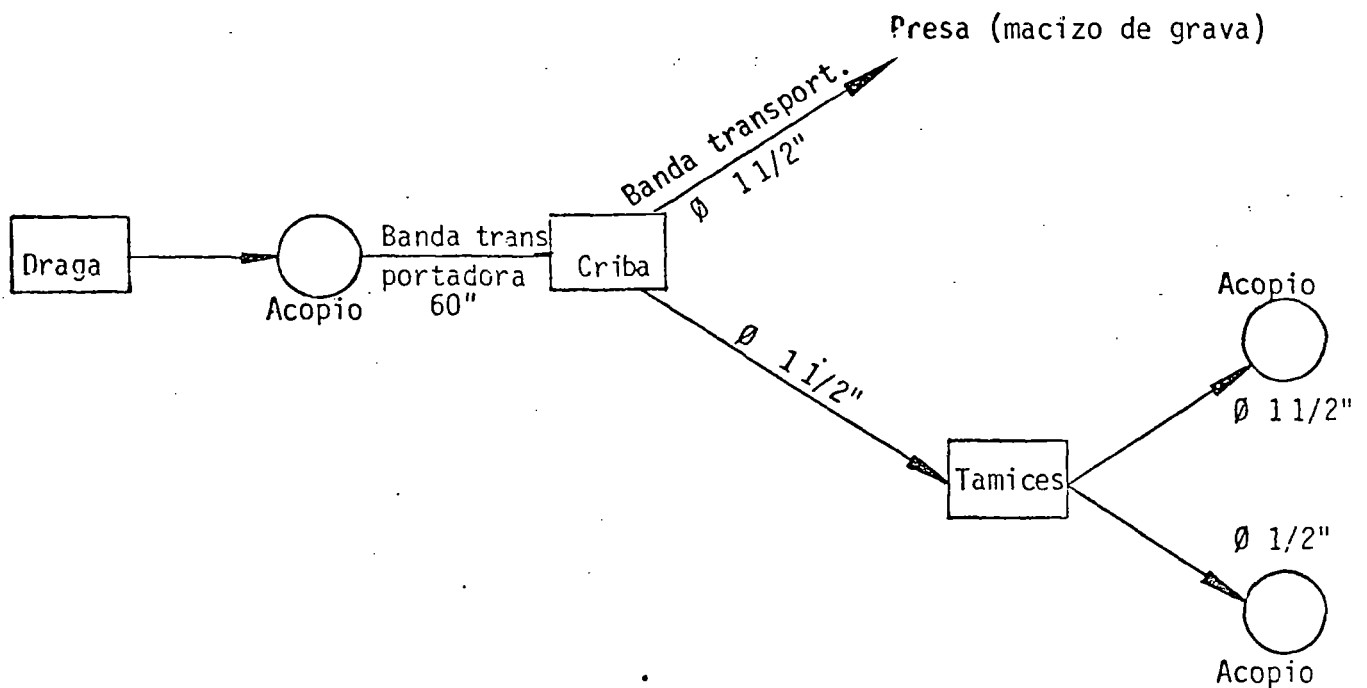
(1,6 = coeficiente de seguridad, paradas para mantenimiento, eficiencia de operación, etc.)

Admitiendo 300 horas de trabajo por mes:

$$110.000 \div 300 \approx 400 \text{ m}^3/\text{h}$$

Antes de pasar el material por el sistema de tamizado y lavado, el mismo debe pasar por un grizzly para separar los materiales de $\phi > 1\ 1/2"$ y $\phi \leq 1\ 1/2"$

FLUXOGRAMA



ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

La central de procesamiento deberá localizarse cerca de la draga para evitar el transporte del material bruto antes del procesamiento y recarga.

Los Cuadros Nos. IV.1.24 y 25 presentan el cálculo para la obtención del costo unitario de este servicio.

4.6 ESCOLLERADO DE AGUAS ARRIBA

Volumen necesario = $3.240.000 \text{ m}^3$

La roca deberá llegar de las excavaciones del vertedero, casa de máquinas (al aire libre), chimenea de equilibrio, bocatomas, etc.

El volumen disponible es el siguiente:

casa de máquinas	110.000 m^3
chimenea de equilibrio	160.000 m^3
vertedero	$2.176.000 \text{ m}^3$
bocatoma	270.000 m^3
casa de válvulas	25.200 m^3
canal de desvío	89.000 m^3
túneles de desvío	159.000 m^3
	$2.989.200 \text{ m}^3$
Esponjamiento 35%	$1.046.220 \text{ m}^3$
	$4.035.420 \text{ m}^3$

COMPOSICION DE COSTO UNITARIO

RUBRO DE TRABAJO:

FECHA: Junio 78

FILTRO DE ARENA PROCESADA

CUADRO N° IV.1.24

TRANSICION DE GRAVA PROCESADA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/.)		
			UNITARIO	SUB-TOTAL	TOTAL
A - MANO DE OBRA					
EQUIPO TIPICO 1	h	0,25	39,50	9,88	9,88
B - MATERIALES					
C - EQUIPOS					
DRAGA DE Ø 20"	h	0,0025	6.944,30	17,36	
CENTRAL DE PROCESAMIENTO (400 m ³ /h)	h	0,0045	5.350,10	24,08	
CAMION CAT-773	h	0,0301	1.725,00	51,92	
CARGADORA CAT-992C	h	0,0029	2.857,40	8,29	
TRACTOR CAT - D8K	h	0,0054	1.024,50	5,53	
RODILLO DYNAPAC CK-51	h	0,0054	207,00	1,12	108,30
GASTOS GENERALES Y BENEFICIOS	%	40	118,18	47,27	47,27
TOTAL GENERAL					165,45

PRECIO UNITARIO ADOPTADO: 165,45 S/./m³ o 6,62 US\$/m³

CUADRO N° IV.1.25

PRECIO UNITARIO ADOPTADO: 6.681,00 S./m o 267,24 US\$/m

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Considerando que el 85% de este total puede ser aplicado en la presa, se tiene: $85\% \times 4.035.420 \text{ m}^3 \approx 3.430.000 \text{ m}^3$. Este volumen es mayor que el necesario para la presa ($3.240.000 \text{ m}^3$); lo que elimina la necesidad de explotar una cantera.

De acuerdo con el cronograma de las excavaciones, se considera 50% del volumen necesario procedente de acopio y los 50% restantes directamente de las excavaciones.

Directo	$1.620.000 \text{ m}^3$
Acopio	$\frac{1.620.000 \text{ m}^3}{}$
TOTAL	$3.240.000 \text{ m}^3$

- Transporte del Acopio hasta la Presa

. Distancia media: 1.000 m

. Velocidad media = 40 km/h

. Tiempo de viaje, ida y vuelta = $\frac{2 \times 1}{40} = 0,05 \text{ h} = 3 \text{ min}$

. Cargador (CAT-992)

capacidad del cucharón = $9,5 \text{ m}^3$ (suelto)

coeficiente de esponjamiento = 0,65

capacidad correspondiente al material en corte = $9,5 \times 0,65 = 6,18 \text{ m}^3/\text{ciclo}$

Producción por ciclo = $6,18 \times 0,70 = 4,33 \text{ m}^3/\text{ciclo}$ (en corte)

donde 0,70 factor de carga

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Si los volúmenes fueran referidos a la presa se tiene:

$$1,35 \times 4,33 \text{ m}^3/\text{ciclo} = 5,85 \text{ m}^3/\text{ciclo}$$

Cálculo de la producción horaria:

a) Eficiencia total ($ET = EM \times A$)

$EM = 0,75$ (considerando cargador de reserva)

$A = 0,90$

$$ET = 0,75 \times 0,90 = 0,67$$

b) Ciclos por hora (N)

Tiempo de un ciclo (t en min)

Ciclo básico 0,50 min

Material mayor que 6" 0,05 min

Pila 0,20 min

0,75 min

$$N = \frac{60 \text{ min/h}}{0,75 \text{ min/ciclo}} = 80 \text{ ciclos/hora}$$

$$P_h = \text{m}^3/\text{ciclo} \times \text{ciclo/h} = 3,48 \times 80 = 278 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (corte)}$$

$$P_h = 5,85 \times 80 = 468 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (referido a la presa)}$$

$$\text{Rendimiento} = 0,0021 \text{ h/m}^3$$

Recordando que apenas el 50% procede del acopio, la incidencia real es: $0,0021 \times 0,5 = 0,0011 \text{ h/m}^3$.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Resumiendo:

Transporte del estoque hasta la presa	3 min
Carga 25 x 0,0021 x 60	3,2 min
Maniobra	<u>1,0 min</u>
	7,2 min/viaje

$$\text{Ciclo} = 7,2 \text{ min} = 0,1316 \text{ h/viaje}$$

$$\text{Rendimiento} = 0,1316 \div 25 = 0,0053 \text{ h/m}^3$$

$$\text{Rendimiento real} = 0,5 \times 0,0053 = 0,0027 \text{ h/m}^3$$

- Cargadora CAT-992 (ya calculado anteriormente)

$$\text{Rendimiento} = 0,011 \text{ h/m}^3$$

- Compactación (CAT-D8 + CK51) (ya calculado anteriormente)

$$\text{Rendimiento} = 0,030 \text{ h/m}^3$$

- Tractores de Carriles (CAT-D8K)

$$P \text{ diaria} = 3.993 \text{ m}^3/\text{d} = 3.993 \div 20 = 200 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Rendimiento} = 0,005 \text{ h/m}^3$$

- Recopilación del Rip-Rap

$$\text{Retro-excavadora 71-B (550 m}^3/\text{h)} \quad 0,0020 \text{ h/m}^3$$

Considerando apenas 20% del volumen total recopilado, el índice será:

$$\text{Rendimiento} = 0,20 \times 0,0020 = 0,0004 \text{ h/m}^3$$

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

RESUMEN

A. MANO DE OBRA

	Rendimiento h/m ³
Caporal de obreros	0,00288
Peón	0,04320
Subtotal	
Beneficios Sociales	
Total	

B. EQUIPOS

Camión 773	0,0027
Cargador CAT-992C	0,0011
Tractor CAT-D8K	0,0080
Rodillo Dynapac CK51	0,0030
Retro-Excavadora 71B	0,0040

El Cuadro N° IV.1.26 presenta el cálculo para la obtención del costo unitario de este servicio.

4.7 RESUMEN DE LOS COSTOS UNITARIOS DE SERVICIOS PRINCIPALES

El Cuadro N° IV.1.27, resume los costos unitarios de los servicios principales de la presa, calculados en las secciones anteriores.

COMPOSICION DE COSTO UNITARIO

RUBRO DE TRABAJO:

ESCOLLERA COMPACTADA (DE AGUAS ARRIBA)

FECHA: Junio 78

CUADRO N° IV.1.26

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/.)		
			UNITARIO	SUB-TOTAL	TOTAL
A - MANO DE OBRA					
CAPORAL DE OBREROS	h	0,00288	56,30	0,16	
PEONES	h	0,04320	18,00	0,78	0,94
B - MATERIALES					
C - EQUIPOS					
CAMION CAT - 773	h	0,0027	1.725,00	4,66	
CARGADORA CAT - 992 C	h	0,0011	2.857,40	3,14	
TRACTOR CAT - D8K	h	0,0050	1.024,50	5,12	
RODILLO DYNAPAC CK-51	h	0,0030	207,00	0,62	
TRACTOR CAT - D8K	h	0,0030	1.024,50	3,07	
ESCAVADORA BUCYRUS 71B	h	0,0040	1.737,70	6,95	23,56
GASTOS GENERALES Y BENEFICIOS	%	40	24,50	9,80	9,80
TOTAL GENERAL					34,30
PRECIO UNITARIO ADOPTADO: 34,30 S/./m ³ o 1,37 US\$/m ³					

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Además presenta los valores correspondientes a Junio de 1977 mediante la aplicación del coeficiente 1,0675 sobre los valores de Junio de 1978.

CUADRO Nº IV.1.27

RESUMEN DE COSTOS UNITARIOS DE SERVICIOS PRINCIPALES DE LA PRESA

DESCRIPCION	Unidad	Precio Unitario Junio/78 (US\$)	Precio Unitario Junio/77 (US\$)
- Excavación en tierra			
. Arriba del nivel de agua	m ³	1,80	1,69*
. Cut-off de aguas arriba	m ³	2,49	2,33
- Núcleo impermeable (lahar compactado)	m	6,05	5,67
- Arena y grava del río	m ³	1,98	1,85
- Filtro (drenaje) de arena procesada	m ³	6,62	6,20
- Transición de grava procesada	m ³	6,62	6,20
- Escollera compactada	m ³	1,37	1,28
- Pozo de alivio de presión, Ø 18 cm	m	267,24	250,34

* Fue adoptado el precio unitario de 1,25 debido al aumento en el volumen de excavación, de 6 a 11 millones de m³.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

5. PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LA PRESA Y ATAGUIAS

El Cuadro N° IV.1.28 presenta el cálculo del presupuesto estimativo de la presa y ataguías de primera y segunda etapas de construcción elaborado en base a los costos unitarios determinados en este Apéndice, a costos unitarios obtenidos del Manual de Costos y al presupuesto estimativo de la cortina de impermeabilización determinado por SOLETANCHE.

CUADRO N° IV.1.28

PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LA PRESA Y ATAGUIAS

CUENTA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
122	PRESA DE ESCOLLERA				
1220	Excavación en tierra				
	Sobre el nivel de agua	m ³	3.118.000	1,25	3.897.500
	Cut-off de aguas arriba	m ³	3.000.000	2,33	6.990.000,00
1221	Excavación en roca (Precio del Manual)	m ³	51.000	7,40	377.400,00
1222	Lahar compactado	m ³	4.143.000	5,67	23.490.810,00
1223	Arena y grava del río	m ³	23.030.000	1,85	42.605.500,00
1224	Transición de grava procesada	m ³	1.353.000	6,20	8.388.600,00
1225	Filtro (drenaje) de arena procesada	m ³	1.023.000	6,20	6.342.600,00
1226	Escollera	m ³	3.240.000	1,28	4.147.200,00
1227	Limpieza y preparación para la fundación (Pre-	m ²	442.800	2,20	974.160,00
	cio del Manual				
1228/9	Tratamientos especiales para la fundación e in-				
	yecciones (Precio de la Soletanche)	Global		42.166.800,00	42.166.800,00
12210	Acabados (Precio del Manual)	m	1.090	424,00	462.160,00
12211	Pozo de alivio de presión Ø 18"	m	3.700	250,34	926.258,00
					140.768.988,00

CUADRO N° IV.1.28 (Continuación).

[illegible]

CUADRO N° IV.1.28 (Continuación)

PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LA PRESA Y ATAGUIAS

CUENTA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO US\$	PRECIO TOTAL US\$
1215	ATAGUIA DE DESVIO AGUAS ABAJO				
12150	Grava compactada	m ³	12.000	1,85	22.570
121501	Grava Lanzada	m ³	22.700	1,85	41.995
121502	Lahar compactado	m ³	4.600	5,67	26.082
121503	Lahar lanzado	m ³	8.100	5,67	45.927
121504	Desagüe, mantenimiento y bombeo	%	10		13.657
121505	Demoliciones	m ³	47.600	2,50	119.000
	SUBTOTAL				269.231

[illegible]

APENDICE II

MEMORIAS DE CALCULO

- . POTENCIALIDAD DE LICUACION DE LA FUNDACION DE LA PRESA
- . OBRAS SUBTERRANEAS
- . CALCULOS HIDRAULICOS Y DE OPTIMIZACION DE LAS OBRAS DE GENERACION

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

MEMORIA DE CALCULO

CALCULO PRELIMINAR DE LA POTENCIALIDAD DE LICUACION DE LA FUNDACION DE LA PRESA

1. FORMULARIO

$$N_1 = N \cdot C_N \qquad C_N = 1 - 1,25 \log \frac{\sigma_0'}{\sigma_1'}$$

N_1 = número de golpes corregido

N = número de golpes medido en la profundidad considerada

σ_0' = presión vertical efectiva de tierra, en t/m^2 , donde la resistencia a penetración tiene el valor N

$$\sigma_1' = 10 \text{ t/m}^2$$

$$\frac{\tau}{\sigma_0'} = 0,65 \cdot \frac{\alpha_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_0}{\sigma_0'} \cdot r_d$$

$\frac{\tau}{\sigma_0'}$ = relación de la tensión cortante cíclica desarrollada por el sismo y la presión vertical de tierra efectiva antes de la aplicación del sismo

α_{\max} = aceleración máxima en la superficie del terreno

σ_0 = presión vertical de tierra total en la profundidad considerada

r_d = factor de reducción de tensiones (Shannon & Wilson, et. al., 1972)

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

2. VALORES ADOPTADOS

Para la aceleración máxima fue adoptado el valor de $\alpha_{\text{máx}} = 0,40 \text{ g}$
(Sherard y Arango, Junio 16, 1978)

Las densidades usadas fueron las siguientes:

$$\gamma_s = 2,0 \text{ t/m}^3 \quad \gamma' = 1,0 \text{ t/m}^3$$

Para el cálculo, el nivel de agua fue considerado en la superficie del terreno.

Con estos valores las fórmulas se simplifican de acuerdo con lo siguiente:

$$\frac{\tau}{\sigma_0} = 0,65 \cdot \frac{0,40 \text{ g}}{g} \cdot \frac{2,0 \cdot Z}{1,0 \cdot Z} \cdot r_d = 0,52 \cdot r_d$$

$$N_1 = N \left(1 - 1,25 \cdot \log \frac{Z}{10} \right)$$

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

3. CALCULOS

Los cálculos fueron hechos usando un programa para la calculadora Hewlett-Packard 19C. El programa se encuentra a continuación.

76	1000	25	14	20	
77	1				
78	0				
79	1				$\frac{10}{2}$
80	100	16	20		$\log \frac{2}{10}$
81	1				
82	1				
83	2				
84	5				1,25
85	1				$1,25 \cdot \log \frac{2}{10}$
86	100				$-1,25 \cdot \log \frac{2}{10}$
87	1				
88	1				$1 - 1,25 \cdot \log \frac{2}{10}$
89	1				$N_1 = N(1 - 1,25 \log \frac{2}{10})$
90	100				λ_d
91	1				
92	1				
93	3				0,52
94	1				$\frac{2}{6} = 0,52 \cdot \lambda_d$
95	1000				$\frac{20}{60}$
96	100				
97	1000				N_1
98	100	25	14		

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

A continuación se encuentra un ejemplo de los cálculos. El ejemplo es del sondeo SR-30A, profundidad 6,4 m

	0.55 ENT	h_d
	10.00 ENT	N
	6.40 0000	Z
76	41212	
77	1	
78	0	
79	0	
	0.04 ENT	$\frac{Z}{10}$
80	100	
	-0.15 ENT	$\log \frac{Z}{10}$
81	1	
82	0	
83	0	
84	0	
85	0	
	-0.24 ENT	$1.25 \cdot \log \frac{Z}{10}$
86	000	
	0.24 ENT	$-1.25 \cdot \log \frac{Z}{10}$
87	1	
88	0	
	1.24 ENT	$1 - 1.25 \cdot \log \frac{Z}{10}$
89	0	
	22.00 ENT	$N_1 = N (1 - 1.25 \log \frac{Z}{10})$
90	000	
	0.55 ENT	h_d
91	0	
92	0	
93	0	
94	0	
	0.00 ENT	$\frac{Z}{10} = 0.52 \cdot 1.0$
95	000	
	0.00 ENT	$\frac{Z}{10}$
96	000	
	22.00 ENT	
97	000	
	22.00 ENT	N_1
98	000	

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

SONDEO SR-30A

Profundidad, Z m	N	r_d	N_1	$\frac{\tau}{\sigma_0}$
2,4	4	1,00	7,1	0,52
3,4	10	0,99	15,9	0,51
4,4	99	0,98	143,1	0,51
5,4	14	0,96	18,7	0,50
6,4	18	0,95	22,4	0,49
7,4	24	0,93	27,9	0,48
8,2	50	0,92	55,4	0,48
24,1	89	0,50	46,5	0,27
25,2	72	0,50	35,9	0,26
26,2	65	0,50	31,0	0,26
27,2	48	0,50	21,9	0,26
28,0	142	0,50	62,6	0,26

En la ilustración 1 se presentan los valores N_1 y $\frac{\tau}{\sigma_0}$ en un gráfico donde está marcada también la curva de magnitud $M = 6,5$ para delimitar las regiones de licuación y no licuación (See y Lee, 1977)

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

4. BIBLIOGRAFIA

Seed, H. Bolton and Lee, Kenneth L. (1977):

"Evaluation of Liquefaction Potential of Sand Deposits based on Observations of Performance in Previous Earthquakes", Paper presented at the advisory meeting in Earthquake Engineering and Landslides, Taipei, Taiwan, Republic of China, Aug. 29-Sept. 2, 1977.

Sherard, James L. and Arango, Ignacio (1978):

"Evaluation of Liquefaction Potential at the Foundation of the Proposed Salado Dam", Quito, Junio 16, 1978.

Shannon & Wilson and Agbabian-Jacobsen Associates (1972):

"Soil Behavior under Earthquake Loading Conditions", Appendix B, Fig. 4 (p. B-11), Subcontract N° 3354, U.S. Atomic Energy Comission. Jan, 1972

20 JUNIO 78 J.L. ORBE T.
JEFE ADJUNTO PROYECTO RESP CONSORCIO NACIONAL

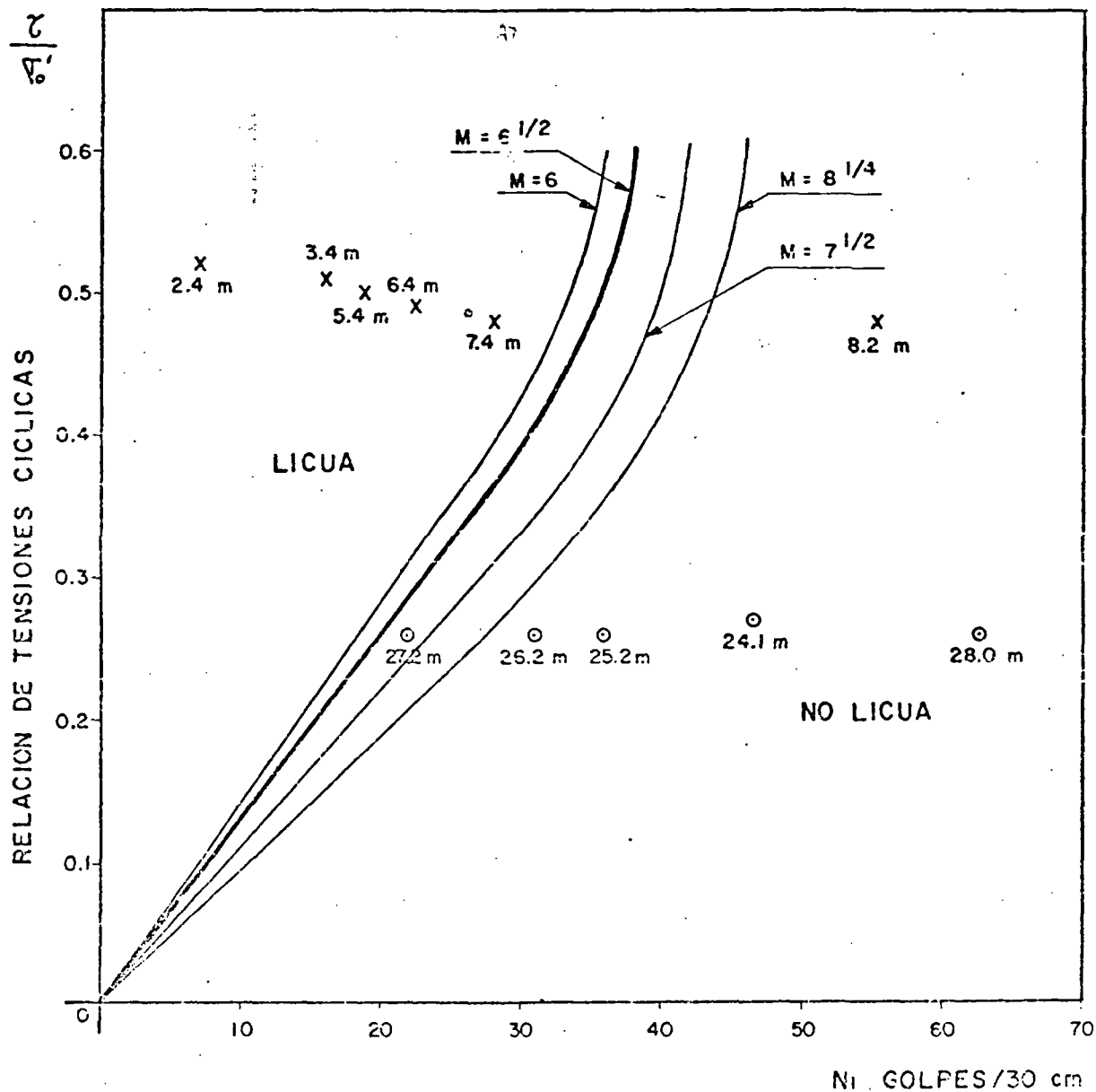
ING. CIVIL LINCOLN A. QUEIROZ
CSEA 2033/0 4º Reg 4-310 32 308-6º Reg.

ENC GRUPO JEFE U.A. SUPERV. U.A.
JEFE PROYECTO DIRECTOR U.A. PART. DREC SUPERV. PROV.

CM

SONDEO SR - 30 A

- x PROFUNDIDAD < 10 m
- o 10 m < PROFUNDIDAD < 30 m



ILUSTRACION 1

CONSORCIO HIDROSERVICE / INTEGRAL-1000-ANOS-DESENVOLVIMIENTOS		
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION QUITO - ECUADOR		
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA		
SITIO SALADO-RELACION $\frac{\sigma}{\sigma'}$ x N_i		
HOJA	DE	RECOMENDADO
00004		APROBADO
FIRMAS		FECHA

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

MEMORIA DE CALCULO

- Obras subterráneas:

. Tratamientos preliminares y revestimientos:

Dadas las características de la roca según los informes de sondeos se prevé en general un proceso de excavación sin mayores dificultades o con la existencia de problemas localizados. Sin embargo a este nivel de estudios se ha establecido los siguientes tratamientos preliminares:

. Cavernas: en las bóvedas se establecieron anclajes hasta de 1 cada 2,5 m², en las paredes 1 anclaje cada 4 m²; en los pisos se ha previsto únicamente inyecciones de consolidación. Luego, dependiendo del tamaño de las cavernas se ha previsto revestimientos de hormigón con malla electrosoldada, este revestimiento varía de un hormigón lanzado de 10 y 15 cm hasta revestimientos de 0,30 m.

. Túneles: en túneles se ha previsto anclajes, uno cada 9 m², en promedio, en la sección superior del túnel; inyecciones de contacto y consolidación en las últimas en toda la sección una cada 9 m²; gunitado y malla electrosoldada.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

. Revestimientos previstos: tomando en consideración un módulo elástico de la roca de 150000 a 250000 Kg/cm², se han calculado los espesores del revestimiento, utilizando fórmulas que tomaron en cuenta la compatibilidad de deformaciones.

Con este procedimiento se obtuvieron en la mayoría de los casos espesores mínimos, fijados por otras consideraciones tales como las constructivas etc, para los revestimientos.

Los valores adoptados varían de 0,35 a 0,60 m para el espesor del revestimiento de los túneles de baja presión cuyos diámetros varían de 9,50, a 13,75 m.

Para los túneles de desvío y restitución se adoptaron espesores de 0,65 y 0,80 respectivamente.

En los túneles blindados de 5,5 m de diámetro se obtuvieron valores de 0,50 m para el revestimiento de hormigón y de 15 a 18 m m de espesor efectivo para el blindaje. Se adoptó el sistema de blindaje anclado en lugar del de anillos de rigidez.

Estos anclajes se dimensionaron al pandeo ante presiones exteriores.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- . Obras exteriores: Las losas y muros empotrados en roca se anclaron utilizando barras de 25 mm según los requerimientos del caso. Los espesores se calcularon en función de las cargas actuantes (empuje del agua y/o subpresiones)

Las obras que soportan empujes de tierra o cargas de equipos se diseñaron en función de las cargas normalizadas o estimadas según la función de cada estructura y sus características.

- Casa de máquinas: en el prediseño de los pórticos del puente grúa se analizaron solamente las posiciones mas desfavorables de la carga. Para el dimensionado de las losas se adoptaron sobrecargas variables de 1 a 5 T/m²
- Obras no principales diversas. En el túnel de ventilación se ha previsto anclajes en la bóveda, inyecciones de consolidación en paredes y piso y gunitado.
- . En los túneles de acceso, además de los anclajes e inyecciones se ha previsto hormigón lanzado con malla de armadura y la ejecución de un pavimento de hormigón levemente armado, considerando los portales de entrada como estructuras especiales.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

- . Galería bajo la presa, esta estructura está provista de juntas con el fin de evitar fuerzas de flexión longitudinal. Los espesores de hormigón obtenidos son de 1m en la clave y 1,50 en la base.

El cálculo se realizó utilizando tablas de Bureau of Reclamations ()

- Túneles de Baja Presión

- . Criterios de Diseño

Se supone trabajo conjunto del sistema Hormigón-Roca o Acero-Hormigón-Roca, según los casos.

Se emplean ecuaciones que consideran la compatibilidad de deformaciones. Las ecuaciones utilizadas en este caso son las de Schnitter.

El esfuerzo máximo admisible de tracción en el hormigón se asumió $f_c = 0,09 f'_c$, adoptando para el cálculo $F_c = 180 \text{ T/m}^2$

En base a las ecuaciones de Schnitter se efectuaron iteraciones

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

en el espesor hasta obtener esfuerzos del orden de los admisibles en el hormigón, utilizando diferentes módulos elásticos de la roca, para según éstos obtener diferentes espesores de recubrimiento.

En los túneles blindados se adoptó un espesor de hormigón y se iteró con el espesor del blindaje, hasta obtener esfuerzos admisibles tanto en el blindaje como en el hormigón y la roca.

Se adoptaron los siguientes parámetros de cálculo:

σ_h = esfuerzo admisible del hormigón a la tracción = 180 T/cm^2

E_h = módulo de elasticidad del hormigón $2 \times 10^5 \text{ k/cm}^2$

E_r = módulo de elasticidad de la roca

ν_r = módulo Poisson de la roca, 0,19

σ_a = esfuerzo admisible de la chapa de acero = 1.650 kg/cm^2

E_a = módulo de elasticidad de la chapa de acero = $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

- Ejemplo de Cálculo

. Fórmulas de cálculo

a) Revestimiento de hormigón simple

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

$$\sigma_H = - p_i \frac{R_i - \lambda R_a}{d R_i} R_m \quad (\text{esfuerzo en el hormigón})$$

$$\sigma_R = - p_i \cdot \lambda \quad (\text{esfuerzo en la roca})$$

$$\lambda = \frac{R_i R_m}{R_m \cdot R_a + R_a \cdot d \frac{E_H}{E_R} (1 + \nu_R)}$$

p_i = presión anterior

R_a = radio hasta la línea de excavación

R_i = radio interno

$$R_m = \frac{R_a + R_i}{2}$$

b) Revestimiento de hormigón armado

$$\sigma_H = - p_i \frac{R_i - \lambda R_a}{p \cdot d} \cdot \frac{R_m}{R_i}$$

$$\sigma_R = - \lambda p_i$$

$$\sigma_A = - n \cdot \sigma_H \quad (\text{esfuerzo en la chapa de acero})$$

$$\lambda = \frac{R_i \cdot R_m}{R_m \cdot R_a + p \cdot k \cdot d \cdot R_a}$$

$$n = \frac{E_a}{E_h}$$

$$p = 1 + n \mu$$

μ = % de acero, en decimales

$$k = \frac{E_h}{E_r} (1 + \nu_R)$$

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

. Cálculo Numérico

1. Túnel de baja presión de 9,5 m.de diámetro

Datos:

$$\varnothing = 9,50 \text{ m}$$

$$r = 0,19$$

$$R_i = 4,75 \text{ m}$$

$$n = 10$$

$$p_i = 83 \text{ T/m}^2$$

$\times 10^6 + \text{T/m}^2$ E_r	k	d m	σ_H T/m ²	σ_R T/m ²	% As
4	.595	0.30	47.65	75.33	
3.5	.680	0.30	54.18	74.95	
3.0	.793	0.30	62.77	74.45	
2.5	.952	0.30	74.66	73.77	
2.0	1.190	0.30	92.06	72.77	
1.5	1.587	0.30	120.06	71.16	
1.25	1.904	0.30	141.53	69.92	
1.00	2.380	0.30	172.42	68.14	
0.90	2.644	0.45	177.10	61.18	
0.80	2.975	0.65	178.80	52.87	
0.70	3.400	0.90	177.66	43.93	
0.60	3.967	1.05	176.95	36.53	0.6%
0.50	4.760	1.20	179.93	30.18	0.8%
0.40	5.950	1.40	179.08	23.25	1.0%
0.30	7.933	Para estos módulos conviene blindar el túnel			
0.20	11.900				
0.10	23.800				

d = espesor de revestimiento

p_i = presión interior

H = esfuerzo en el hormigón

\varnothing = diámetro interno

R = esfuerzo en roca

$n = \frac{E_a}{E_b}$ relación entre los módulos de elasticidad del acero y hormigón

D_r = relación de Poisson de la roca

E_r = módulo elástico de la roca

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

2. Túnel de baja presión de 13,75 m de diámetro

Datos:

$$\emptyset = 13,75 \text{ m. } R_i = 6,875 \text{ m}$$

$$p_i = 83 \text{ T/m}^2$$

$$\nu_r = 0,19$$

$\times 10^6 \text{ T/m}^2$ E	k	d m	σ_H T/m ²	σ_R T/m ²	% As.
4	.595	0.30	48.16	77.56	
3.5	.680	0.30	54.85	77.29	
3.0	.793	0.30	63.66	76.93	
2.5	.952	0.30	75.93	76.42	
2.0	1.190	0.30	93.99	75.68	
1.5	1.587	0.30	123.36	74.48	
1.25	1.904	0.30	146.15	73.55	
1.00	2.380	0.30	179.32	72.19	
0.90	2.644	0.60	179.72	62.52	
0.80	2.975	0.95	178.35	52.67	
0.70	3.400	1.30	177.78	43.97	
0.60	3.967	1.50	177.92	36.82	0.60%
0.50	4.760	1.75	179.27	30.02	0.8%
0.40	5.950	2.05	177.93	23.03	1.0%
0.30	7.933	Para estos módulos conviene blindar el túnel			
0.20	11.900				
0.10	23.800				

\emptyset = diámetro interno

R_i = radio interior

p_i = presión interna

ν_r = relación de Poisson de la roca

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

B. Túneles de alta presión

. Fórmulas de cálculo

Ecuación utilizada para el cálculo del espesor del blindaje.

$$\lambda = \frac{\frac{R_i^2}{S}}{\frac{R_i^2}{S} + \frac{R_a^2 - R_i^2}{2R_a} \cdot \frac{EA}{EH} + R_i \frac{EA}{ER} (1 + \nu_R)}$$

p_i = presión interna

$$\sigma_A = p_i (1 - \lambda) \frac{R_i}{S} \text{ (esfuerzo en el blindaje)}$$

$$\sigma_H = \frac{1}{2} \lambda p_i \frac{R_a + R_i}{R_a} \text{ (esfuerzo en el hormigón)}$$

E_a = módulo elástico del blindaje

E_h = módulo elástico del hormigón

E_r = módulo elástico de la roca

S = espesor del blindaje

ν_r = relación de Poisson de la roca (0.19)



ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

Túnel de Alta Presión de 5.5 m de diámetro

$$E_r = 150.000 = \text{Kg/cm}^2$$

$$R_i = 2,75 \text{ m}$$

$$r = 0,19$$

$$P_{i_1} = 93 \text{ T/m}^2$$

$$P_{i_2} = 111 \text{ T/m}^2$$

$$P_{i_3} = 130 \text{ T/m}^2$$

Pi	S m	d m	H T/m ²	A T/m ²	
93	0,015	0,50	77,83	1.559,29	0.K
111	0,015	0,50	92,90	1.861,08	0.K
130	0,015	0,50	108,80	2.179,65	
130	0,018	0,50	106,79	214,94	0.K

s = espesor del blindaje (m)

d = espesor del recubrimiento (m)

H = esfuerzo en el hormigón

A = esfuerzo en la chapa de acero

Se adopta un blindaje efectivo de 15 mm en las primeras 2/3 partes de la longitud del túnel y un blindaje de 18 mm de espesor efectivo en la última 1/3 parte de la longitud del túnel.

En todo el túnel se adopta un espesor de recubrimiento de hormigón de 0,50 m.

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

El espesor efectivo calculado se incrementa en 2 mm para estimar la eventual disminución de espesor por corrosión.

Asunto:	Hoja — de — Hojas	Calculado A. Ayora	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------------------	-------	----------

MEMORIA DE CALCULO

SISTEMA DE GENERACION

Primera Parte : Optimización del Sistema de Conducción;

segunda Parte : Chimenea de Equilibrio

Tercera Parte : Golpe de Ariete (iteración aritmética)

Cuarta Parte : Características de Regulación,
Estabilidad, Cavitación, etc.

Asunto:

Hoja 0 de 39 Hojas

Calculado

Fecha

Revisado

PRIMERA PARTE : OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE CONDUCCION

Asunto:	Hoja 1 de - Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

ALTERNATIVA No. 2

1. DESCRIPCION GENERAL

1.1 Concepto Básico

- Central a cielo abierto
 - 2 túneles de baja presión
 - 4 túneles de alta presión
- } Ubicación en margen de derecha

1.2 Boca toma

- Número : 2; una para cada túnel de baja
- Tipo : semi-empotrada en ladera
- Rejas: Dos cuerpos principales separados por una pila central ^{en c/toma}. Dimensionados para una velocidad de aproximación del orden de 1.25 m/s
- Compuertas: Dos unidades separadas por una pila central en c/toma. Dimensionados para una velocidad máxima de flujo del orden de 2.50 - 3.00 m/s
Tipo "stop-logs"

Asunto:	Hoja <u>2</u> de <u>—</u> Hojas	Calculado	Fec 12	Revisado
---------	---------------------------------	-----------	--------	----------

1.3 Túneles de Baja Presión

- Número : 2

- Sección : Circular (diámetro interno = D_T)

- Revestimiento : Hormigón

- Rugosidad : Se asume un valor promedio de

$$k_r = 3.0 \times 10^{-4} \text{ m}$$

correspondiente a un terminado relativamente bueno, asumiéndose que este valor no cambiará con el tiempo en virtud de un adecuado mantenimiento. Dato recomendado por U.S.B.R.

- Factor de fricción de Darcy : Para el rango de diámetros y velocidades involucrados el factor de fricción será independiente del número de Reynolds y puede calcularse con

$$f_r = \left[\frac{1}{2 \log \left(\frac{D_T}{k_r} \right) + 1.14} \right]^2$$

Asunto:	Hoja <u>3</u> de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	--------------------------	-----------	-------	----------

- De acuerdo al trazado existirá 1 codo de radio amplio y ángulo de aproximadamente 51°
- La longitud promedio de los dos túneles será del orden de 490 m (Este valor cambia ligeramente luego de la implantación final de las chimeneas)

1.4 Túneles de Alta Presión

- Número : 4
- sección : Circular (diámetro interno = D_p)
- Revestimiento : Hormigón y blindaje de acero
- Rugosidad : se asume un valor promedio de

$$k_p = 1.50 \times 10^{-4} \text{ m}$$

correspondiente a acero con ligeros vestigios de oxidación. Se asume que el valor será constante en virtud de un adecuado mantenimiento.

- Factor de fricción de Darcy : Por el mismo motivo que el expuesto en 1.3, se toma

$$f = \left[\frac{1}{2 \log \left(\frac{D_p}{k_p} \right) + 1.14} \right]^2$$

Asunto:	Hoja <u>4</u> de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	--------------------------	-----------	-------	----------

- Existirán 3 codos de radio amplio:

1 en plano vertical en bifurcación 42°

1 " " vertical antes de central 42°

1 " " horizontal " " " 65°

- La longitud promedio de los cuatro túneles será del orden de 250 m. (incluido tramo de bifurcación)

- En cada túnel de alta presión se instalarán dos válvulas mariposa: una en la parte superior (pasada la chimenea de equilibrio) y otra en la parte inferior (antes de la casa de máquinas). Cada grupo de 4 válvulas se alojara en una cámara para el propósito.

- Bifurcación: Cada túnel de baja presión se bifurcará en dos túneles de alta presión mediante un "manifold" blindado ubicado unos 50 m aguas abajo de la chimenea de equilibrio. (Este valor y la long. promedio variaron ligeramente luego de la implantación final de las chimeneas de equilibrio)

1.5 Restitución al Río

En esta variante la restitución será a través de un corto canal con flujo a superficie libre

Asunto:	Hoja 5 de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

1.6 Niveles de Agua

Los niveles de agua adoptados en el embalse son:

$$N.A. \text{ Máx. Normal} = 1385 \text{ m}$$

$$N.A. \text{ Medio Ponderado} = 1371 \text{ m}$$

$$N.A. \text{ Mínimo Normal} = 1348 \text{ m}$$

Para el rango de caudales turbinados, con los cuatro grupos funcionando (430-520 m³/s), la curva de restitución del río (cota vs caudal) no acusa una variación notable de manera que se toma como valor promedio y constante

$$N.A. \text{ Restitución} = 1261.50 \text{ m}$$

Con estos valores las caídas brutas serán

$$H_{\text{máx}} = 1385 - 1261.50 = 123.50 \text{ m}$$

$$H_{\text{ob}} = 1371 - 1261.50 = 109.50 \text{ m}$$

$$H_{\text{min}} = 1348 - 1261.50 = 86.50 \text{ m}$$

Asunto:

Hoja 6 de — Hojas

Calculado

Fecha

Revisado

2. PERDIDAS DE CARGA HIDRAULICA

2.1 Pérdidas en Bocatoma

2.1.1 Rejas

Con la ecuación de Kirchmer

$$h_r = K_r \left(\frac{t}{b} \right)^{4/3} \frac{V_a^2}{2g} \sin \alpha$$

$$K_r = 1.035$$

$$t = \text{espesor de barrotes} = 1.6 \text{ cm}$$

$$b = \text{separación " " } = 10 \text{ cm}$$

$$V_a = \text{velocidad de aproximación} = 1.25 \text{ m/s (max)}$$

$$\alpha \cong 82^\circ (1:7); \sin \alpha = 0.99$$

Con estos valores la pérdida máxima será

$$h_r = 0.007 \text{ m} \cong 0.00 \text{ constante}$$

Este resultado concuerda con recomendaciones del U.S.B.R. Para efectos de optimización no se ha considerado obstrucción de las rejas.

Asunto:	Hoja 1 de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

2.1.2 Abocinamiento y compuertas

Según recomendaciones del U.S.C.E. la pérdida se puede expresar en función de la velocidad en el túnel propiamente

$$h_e = 0.30 \frac{V_T^2}{2g}$$

Siendo Q el caudal total turbinado, el caudal en cada túnel será $Q/2$ y

$$V_T = \frac{Q/2}{A_T} = \frac{Q/2}{D_T^2 \pi} = \frac{2Q}{D_T^2 \pi}$$

$$\therefore h_e = \frac{1.20}{2g \pi^2} \times \frac{Q^2}{D_T^4}$$

2.1.3 Transición de Bocatoma a Túnel

$$h_{B-T} = 0.10 \left(\frac{V_T^2}{2g} - \frac{V_B^2}{2g} \right)$$

Pasadas las compuertas y la pila central el área de la bocatoma (rectangular) será del orden de

$$A_B = \underbrace{2 \times 52 \text{ m}^2}_{\text{Área de compuertas}} + \underbrace{27 \text{ m}^2}_{\text{Pila de pila}} = 131 \text{ m}^2$$

Área de compuertas | Pila de pila
para 2.5 m/s y 50 cm/s ~ 3 x 9

Asunto:	Hoja 5 de 5 Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

Con este valor

$$V_B = \frac{Q/2}{131} = \frac{Q}{262}$$

Entonces

$$h_{B-T} = \frac{0.10}{2g} \left(\frac{4Q^2}{D_T^5 \pi^2} - \frac{Q^2}{(262)^2} \right)$$

\therefore

$$h_{B-T} = \frac{0.10}{2g \pi^2} \cdot \frac{Q^2}{D_T^5} - \frac{0.10 Q^2}{2g (262)^2}$$

2.2 Pérdidas en Túnel de Baja Presión

2.1.1 Fricción

$$h_{fr} = f_T \frac{L_T}{D_T} \frac{V_T^2}{2g}$$

$$h_{fr} = f_T \frac{4 L_T}{2g \pi^2 D_T^5} \cdot \frac{Q^2}{D_T^4}$$

La expresión para f_T se encuentra en 1.3, p. 2.

2.1.2 Codo

Para un codo de radio amplio y 51° el coeficiente de pérdida es $K_c = 0.075 \times 0.80 = 0.06$

$$h_{cT} = 0.06 \frac{V_T^2}{2g}$$

\therefore

$$h_{cT} = \frac{0.24}{2g \pi^2} \cdot \frac{Q^2}{D_T^4}$$

2.3 Bifurcación

Por cuanto esta pérdida no puede asignarse ni al túnel de baja ni a los de alta exclusivamente, se la considera por separado. Según recomendaciones del U.S.C.E.,

$$h_{BF} = 0.15 \frac{V_T^2}{2g}$$

\therefore

$$h_{BF} = \frac{0.60}{2g \pi^2} \cdot \frac{Q^2}{D_T^4}$$

Asunto:

Hoja 12 de — Hojas

Calculado

Fecha

Revisado

2.4 Pérdidas en Túnel de Alta Presión

2.4.1 Fricción

$$h_{fp} = f_p \frac{L_p}{D_p} \frac{V_p^2}{2g}$$

$$V_p = \frac{(Q/A)}{A_p} = \frac{4(Q/A)}{D_p^2 \pi} = \frac{Q}{D_p^2 \pi}$$

$$\therefore h_{fp} = f_p \frac{L_p}{2g \pi^2 D_p^5} \times \frac{Q^2}{D_p^4}$$

La ecuación para f_p se encuentra en 1.4, p. 3

2.4.2 Codos

los coeficientes de pérdida son

$$2 \times 42^\circ : 2 \times 0.075 \times 0.65 = 0.093$$

$$1 \times 65^\circ : 1 \times 0.075 \times 0.85 = 0.064$$

$$0.162$$

$$\therefore h_{cp} = \frac{0.162}{2g \pi^2} \times \frac{Q^2}{D_p^4}$$

Asunto:	Hoja <u>II</u> de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	---------------------------	-----------	-------	----------

2.4.3 Válvulas Mariposa

Según recomendaciones del U.S.B.R. en cada válvula se pierde 0.15 de la carga de velocidad. Siendo 2 válvulas en cada túnel,

$$h_{vm} = \frac{0.30}{2g\pi^2} \cdot \frac{Q^2}{D_p^4}$$

2.5 Pérdidas en Restitución

Por ser el canal muy corto solo se considerará la energía cinética al fin de los tubos de succión. El área aproximada de las descargas de cada turbina será de 65.5 m². Tomando un coeficiente de 1.10 para la energía cinética,

$$h_r = 1.10 \frac{V_r^2}{2g} = \frac{1.10}{2g} \frac{(Q/A)^2}{A_r^2}$$

$$\therefore h_r = \frac{1.10}{2g(262)^2} Q^2$$

Asunto:

Hoja 12 de — Hojas

Calculado

Fecha

Revisado

2.6 Resumen y Ecuación General de Pérdidas

Las pérdidas pueden expresarse en función del caudal en la forma

$$\Delta H_p = \left(\frac{K_1}{D_T^4} + \frac{K_2}{D_p^4} + K_3 \right) Q^2$$

$$K_1 = \frac{1.20}{2g\pi^2} + \frac{0.40}{2g\pi^2} + f_r \frac{4L_T}{2g\pi^2 D_T} + \frac{0.24}{2g\pi^2} + \frac{0.60}{2g\pi^2}$$

(entrada) (trans.) (fricción) (codo) (bifurcac.)

$$K_1 = \frac{1}{2g\pi^2} \left(f_r \frac{4L_T}{D_T} + 2.44 \right)$$

$$K_2 = f_p \frac{L_p}{2g\pi^2 D_p} + \frac{0.162}{2g\pi^2} + \frac{0.30}{2g\pi^2}$$

(fricción) (codos) (válvulas)

$$K_2 = \frac{1}{2g\pi^2} \left(f_p \frac{L_p}{D_p} + 0.462 \right)$$

Asunto:

Hoja 13 de — Hojas

Calculado

Fecha

Revisado

$$K_3 = \frac{1.10}{2g(262)^2} - \frac{0.10}{2g(470)^2}$$

$$K_3 = \frac{1}{2g} \left(\frac{1.10}{262^2} - \frac{0.10}{262^2} \right)$$

Con estas ecuaciones de K_1 , K_2 y K_3 y para valores dados de D_T y D_P ,

$$\Delta H_P = K Q^2$$

 $D_T = \text{const.}$ $D_P = \text{const.}$

Asunto:	Hoja <u>14</u> de — Hojas	Calculado A. Ayora	Fecha	Revisado
---------	---------------------------	-----------------------	-------	----------

3. CALCULO DE CAUDALES, CARGAS, ENERGIAS, ETC.

3.1 Caudal y carga Máximo para Nivel Máximo Normal

Tomando el valor de 560 MW como el valor de la potencia instalada (en bornes de generador), para cada combinación de diámetros de túneles de baja y alta presión, existirá un solo valor de caudal que, al incluir las pérdidas de carga, genere dicha potencia.

$$P_i = g \eta_T \eta_G Q_{\max} (H_{\max})_n \text{ [en Kw]}$$

$$g = 9.78 \text{ m/s}^2$$

$$\eta_T = \text{rendimiento de turbina} = 0.92$$

$$\eta_G = \text{" " " generador} = 0.98$$

$$Q_{\max} = \text{caudal necesario para producir } P_i$$

$$(H_{\max})_n = \text{caída neta con } Q_{\max}$$

El término $(H_{\max})_n$ puede escribirse como

$$(H_{\max})_n = H_{\max} - \Delta H_p$$

en donde H_{\max} es el salto bruto máximo y ΔH_p viene dado en función de Q de acuerdo a lo expuesto

Asunto:	Hoja 15 de — Hojas	Calculado A. Ayora	Fecha	Revisado
---------	--------------------	-----------------------	-------	----------

en 2.6. Siendo el nivel máximo normal del embalse 1385 m y el nivel medio de restitución (sin mala) 1261.50 m, el salto bruto será

$$H_{\max} = 1385 - 1261.5 = 123.50 \text{ m}$$

Entonces

$$(H_{\max})_n = H_{\max} - K Q_{\max}^2$$

de manera que

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

Con los valores conocidos y la relación desarrollada para K , puede encontrarse el valor Q_{\max} para cada combinación de D_T y D_p .

$$560.000 = (9.78)(0.92)(0.98) Q_{\max} (123.5 - K Q_{\max}^2)$$

$$K = K(D_T, D_p)$$

Esta ecuación puede resolverse para Q_{\max} por iteración. Una vez conocido Q_{\max} se calcula

$$(H_{\max})_n = 123.5 - K Q_{\max}^2$$

Asunto:	Hoja 16 de — Hojas	Calculado A. Ayora	Fecha	Revisado
---------	--------------------	-----------------------	-------	----------

3.2 Caudal, Carga, Potencia, Energías Pérdidas para Nivel Medio Ponderado y Nivel Mínimo Normal

3.2.1 Caudales, Cargas y Potencias

De acuerdo a los resultados de Prefactibilidad los niveles de agua en el embalse se han fijado en

Nivel Medio Ponderado = 1371 m

Nivel Mínimo Normal = 1348 m

Tomando el nivel de restitución en la misma cota 1261.50 m (la curva de restitución indica que para el rango de caudales involucrados este valor es casi constante), las caídas brutas correspondientes serán

$$H_{ob} = \text{Caída media ponderada} = 1371 - 1261.50 = 109.50 \text{ m}$$

$$H_{min} = \text{Caída mínima normal} = 1348 - 1261.50 = 86.50 \text{ m}$$

Una vez calculados los valores de Q_{max} y $(H_{max})_n$ como se ha indicado anteriormente, los valores medios y mínimos pueden calcularse utilizando las leyes de similitud dinámica de turbomáquinas:

Asunto:	Hoja 17 de — Hojas	Calculado A. Andra	Fecha	Revisado
---------	--------------------	-----------------------	-------	----------

- Valores medios :

$$Q_m = Q_{m\max} \left[\frac{H_{on}}{(H_{m\max})_n} \right]^{1/2}$$

$$\begin{aligned} H_{on} &= H_{ob} - K Q_m^2 \\ \therefore Q_m &= Q_{m\max} \left[\frac{H_{ob} - K Q_m^2}{(H_{m\max})_n} \right]^{1/2} \\ y \quad P_m &= P_i \left[\frac{H_{ob} - K Q_m^2}{(H_{m\max})_n} \right]^{1.5} \end{aligned}$$

- Valores mínimos :

De manera análoga

$$(H_{min})_n = H_{min} - K Q_{min}^2$$

$$Q_{min} = Q_{m\max} \left[\frac{H_{min} - K Q_{min}^2}{(H_{m\max})_n} \right]^{1/2}$$

$$P_{min} = P_i \left[\frac{H_{min} - K Q_{min}^2}{(H_{m\max})_n} \right]^{1.5}$$

Asunto:	Hoja 18 de 18 Hojas	Calculado A. Ayora	Fecha	Revisado
---------	---------------------	-----------------------	-------	----------

En estas ecuaciones es necesario calcular primero, por iteraciones, los caudales Q_m y Q_{min} , y luego las caídas netas y potencias respectivas.

3.2.2 Energías Perdidas

Para los valores medios o mínimos se puede calcular las energías perdidas por hora comparando la energía generable en un sistema sin pérdidas de carga (hidráulicamente ideal) y el sistema real

- Sistema ideal :

$$\dot{E} = g \eta_r \eta_g Q H_{bruta} \quad [Kwh/hora]$$

- Sistema real :

$$\dot{E} = g \eta_r \eta_g Q H_{neto} \quad [Kwh/hora]$$

- Pérdidas

$$\begin{aligned} \Delta \dot{E} &= g \eta_r \eta_g Q H_{bruta} - g \eta_r \eta_g Q H_{neto} \\ &= g \eta_r \eta_g Q (H_{bruta} - H_{neto}) \quad [Kwh/hora] \end{aligned}$$

Por cuanto $H_{neto} = H_{bruta} - KQ^2$

Asunto:	Hoja 19 de — Hojas	Calculado A. Ayora	Fecha	Revisado
---------	--------------------	-----------------------	-------	----------

$$\dot{\Delta E} = g \eta_r \eta_g Q (K Q^2)$$

$$\dot{\Delta E} = g \eta_r \eta_g K Q^3 \quad [\text{Kwh/hora}]$$

Para encontrar la energía anual perdida se multiplica la expresión anterior por el no. de horas anuales que la central puede funcionar a plena carga. Este número de horas se calcula mediante la relación entre la cantidad de energía que continuamente podría producirse durante todo el año con el caudal regulado, y la potencia realmente instalada.

Designando con Q_r el caudal regulado, la central podría generar una energía anual de

$$E = g \eta_r \eta_g Q_r (H_{ob} - K Q_r^2) \times 8760 \quad [\text{Kwh/año}]$$

$$8760 = \text{horas/año}$$

Para generar la misma energía a plena carga la central debería trabajar N horas/año

$$E = P_i \times N \quad [\text{Kwh/año}]$$

Asunto:	Hoja 20 de -- Hojas	Calculado A. Ayora	Fecha	Revisado
---------	---------------------	-----------------------	-------	----------

Iguando las dos expresiones se obtiene

$$N = \frac{g \eta_T \eta_G Q_r (\overbrace{H_{ob} - K Q_r^2}^{H_{on}})}{P_i} \times 8760$$

La relación entre la potencia media: $g \eta_T \eta_G Q_r (H_{ob} - K Q_r^2)$, y la instalada, P_i , se denominará factor de planta

$$F.P. = \frac{\text{Potencia media con } Q_r \text{ y } H_{on}}{P_i}$$

$$F.P. = \frac{g \eta_T \eta_G Q_r (H_{ob} - K Q_r^2)}{P_i}$$

Para estos cálculos

$$g \eta_T \eta_G = (9.78)(0.92)(0.98)$$

$$Q_r = \text{caudal regulado} = 308.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{ob} = 109.50 \text{ m}$$

$$P_i = 560.000$$

$$K = K(D_T, D_P)$$

Con esta definición,

$$N = 8760 \times F.P. \quad \text{horas/año}$$

Asunto:	Hoja 31 de 3 Hojas	Calculado A. H. y D. 2	Fecha	Revisado
---------	--------------------	---------------------------	-------	----------

Luego de este análisis se puede escribir las ecuaciones de energías anuales perdidas de la siguiente manera.

- Energía media perdida anualmente, en Kwh/año

$$\Delta E_m = (g \eta_r \eta_g K Q_m^3) (8760 \text{ F.P.})$$

- Energía mínima perdida anualmente, en Kwh/año,

$$\Delta E_{\min} = (g \eta_r \eta_g K Q_{\min}^3) (8760 \text{ F.P.})$$

- Energía secundaria perdida anualmente, definida como la diferencia de las dos anteriores, en Kwh/año

$$\Delta E_{\text{sec}} = \Delta E_m - \Delta E_{\min}$$

$$\Delta E_{\text{sec}} = 8760 \times \text{F.C.} \times g \eta_r \eta_g K (Q_m^3 - Q_{\min}^3)$$

Asunto:

Hoja 22 de — Hojas

Calculado
A. Ayora

Fecha

Revisado

4. VALORIZACION DE ENERGIAS PERDIDAS4.1 Costo Anual de Energía Mínima Perdida

De acuerdo a datos proporcionados por INECEL el precio de la energía mínima es de US \$ 0.0323 por Kwh. Con este valor y la ecuación de p. 24 el costo anual de la energía mínima perdida es

$$C_p = 0.0323 \times \Delta E_{\min}$$

$$C_f = (8760)(0.0323)(F.C.) g \eta_T \eta_G K Q_{\min}^3$$

4.2 Costo Anual de Energía Secundaria Perdida

Con un precio de energía secundaria de US \$ 0.0098 por Kwh y la ecuación de p. 24, el costo anual de la energía secundaria perdida será

$$C_s = 0.0098 \times \Delta E_{\text{sec}}$$

$$C_s = (8760)(0.0098)(F.C.) g \eta_T \eta_G K (Q_m^3 - Q_{\min}^3)$$

4.3 Costo Anual de Potencia Instalada Perdida

En este análisis se valorizará la potencia instalada perdida, para lo cual nuevamente se compara el sistema real con uno ideal (sin pérdidas hidráulicas en las conducciones)

sistema ideal : $P_i = g \eta_T \eta_G Q_{\max} H_{\max}$

sistema real : $P_L = 560.000 \text{ Kw}$

Con un valor de us \$ 36.8 por Kw por año, el costo ^{anual} de la potencia instalada perdida será

$$C_p = 36.8 (g \eta_T \eta_G Q_{\max} H_{\max} - 560.000)$$

4.4 Costo Anual Total de Pérdidas

Utilizando [35], [36] y [37],

$$C_T = C_f + C_s + C_p \text{ [us \$ / año]}$$

Nota: Precios de energías y potencias a Junio /76

Asunto:	Hoja 24 de Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	------------------	-----------	-------	----------

5. COSTOS DE CONSTRUCCION

Se han calculado en base al Manual de Costos, teniendo en cuenta tratamiento de roca, sobre-excavaciones, limpieza, revestimientos, blindaje, etc., etc. Precios a Junio de 1977.

5.1 Túneles de Baja Presión

$$\text{Costo por m. l.} = 412.50 y^{0.6021} x^{1.2042} + 88y [1.05x^2 - (D_T + 0.10)^2] + 9.56x + 89.33 D_T$$

$$x = \frac{11 D_T + 1}{10}$$

$$y = \pi/4$$

5.2 Túneles de Alta Presión

$$\text{Costo por m. l.} = 412.50 y^{0.6021} x^{1.2042} + 88y [1.05x^2 - D_p^2] + 9.56x + 171.40 D_p + 135708 ye (D_p + e)$$

e = espesor de blindaje

Asunto:	Hoja 25 de - Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	--------------------	-----------	-------	----------

$$x = D_p + 1$$

$$y = \pi/4$$

5.3 Válvulas Mariposa

Diámetro	Costo (us \$)
5.00	931.500
5.25	1'012.500
5.50	1'080.000
5.75	1'161.000
6.00	1'215.000
6.50	1'350.000

5.4 Intereses durante Construcción

Cronograma estimado e intereses al 8 %

Año	% Inversión	Inversión	Períodos	Intereses
1	12.90	0.1290 C	4	0.0465 C
2	15.40	0.1540 C	3	0.0400 C
3	24.85	0.2485 C	2	0.0414 C
4	47.85	0.4785 C	1	0.0383 C
				<u>0.1662 C</u>

$$\text{Intereses} = \text{Inversión} [(1 + 0.08)^n - 1]$$

Asunto	Hoja 26 de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
--------	--------------------	-----------	-------	----------

6. COSTO ANUAL TOTAL

6.1 Costo Anual de Capital

Factor Anual de capital:

Costo del dinero 9%

Amortización (50 años) 2%

Mantenimiento 1%

12%

$$C_{ac} = \text{Costo anual de Capital} = 0.12 [\text{Costo de construcción} + \underbrace{0.10 \times \text{Costo de construcción}}_{\text{imprevistos}}]$$

6.2 Costo Anual de Pérdidas de Energía y Potencia

según 4, p. 22 y 23

$$C_T = C_f + C_s + C_p$$

6.3 Costo Anual Total

$$C_{aT} = C_{ac} + C_T$$

Asunto:

Hoja 27 de - Hojas

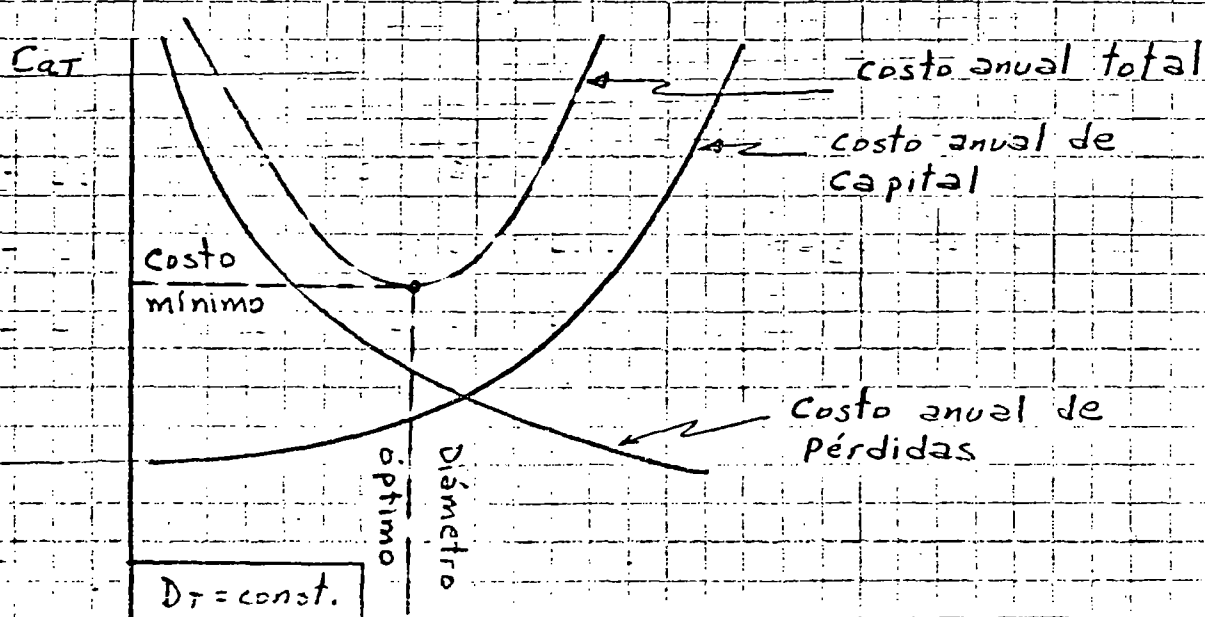
Calculado

Fecha

Revisado

7. OPTIMIZACION

Curva típica de optimización:

8. RESULTADOS

se presentan a continuación como "output" de computadora.

Asunto: Cálculos Hidráulicos y Costo de Inversión	Hoja 28 de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---	--------------------	-----------	-------	----------

$D_p = 5.00 \text{ m}$				
DT =	8.50 ***	9.00 ***	9.50 ***	10.00 ***
Dp =	5.00 ***	5.00 ***	5.00 ***	5.00 ***
K =	1.330863300-05 ***	1.223328850-05 ***	1.144702180-05 ***	1.086194524-05 ***
Qmax =	538.32 ***	528.90 ***	527.88 ***	527.13 ***
(Hmax)n =	119.75 ***	120.38 ***	120.31 ***	120.48 ***
Qm =	499.36 ***	498.65 ***	497.06 ***	495.36 ***
Hon =	106.15 ***	106.47 ***	106.67 ***	106.82 ***
Pm =	467529.31 ***	467528.46 ***	467529.23 ***	467533.79 ***
Qmin =	442.83 ***	442.84 ***	441.79 ***	441.15 ***
(Hmin)n =	83.39 ***	84.16 ***	84.27 ***	84.53 ***
Pm =	328255.31 ***	328255.14 ***	328254.94 ***	328253.83 ***
F.P. =	0.53 ***	0.53 ***	0.53 ***	0.53 ***
Túnel baja (\$)	1.53+05 ***	1.39+05 ***	1.38+05 ***	1.23+05 ***
Túnel alta (\$)	1.35+05 ***	1.73+05 ***	1.67+05 ***	1.58+05 ***
Válvulas (\$)	6.44+05 ***	5.87+05 ***	5.46+05 ***	5.16+05 ***
Total (\$)	2.37+05 ***	2.16+05 ***	2.01+05 ***	1.90+05 ***
	8.75 ***	9.35 ***	9.77 ***	10.25 ***
	5.00 ***	5.00 ***	5.00 ***	5.00 ***
	1.272773363-05 ***	1.181837697-05 ***	1.113352335-05 ***	1.052578445-05 ***
	529.55 ***	528.35 ***	527.48 ***	526.83 ***
	119.75 ***	120.20 ***	120.40 ***	120.55 ***
	499.64 ***	497.51 ***	496.69 ***	495.06 ***
	106.34 ***	106.38 ***	106.73 ***	106.89 ***
	467531.60 ***	467526.65 ***	467528.75 ***	467531.63 ***
	442.15 ***	442.18 ***	441.45 ***	440.51 ***
	84.80 ***	84.15 ***	84.33 ***	84.43 ***
	328254.74 ***	328255.12 ***	328255.25 ***	328255.38 ***
	0.53 ***	0.53 ***	0.53 ***	0.53 ***
	1.45+05 ***	1.34+05 ***	1.26+05 ***	1.20+05 ***
	1.57+05 ***	1.73+05 ***	1.63+05 ***	1.54+05 ***
	6.44+05 ***	5.87+05 ***	5.46+05 ***	5.16+05 ***
	2.25+05 ***			1.90+05 ***

Asunto:	Hoja 29 de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	--------------------	-----------	-------	----------

$D_p = 5.25 \text{ m}$		
9.25 ***	9.75 ***	18.25 ***
5.25 ***	5.25 ***	5.25 ***
1.024095606-05 ***	9.564168842-06 ***	9.056365946-05 ***
526.34 ***	525.43 ***	524.65 ***
120.66 ***	120.86 ***	121.01 ***
495.51 ***	494.61 ***	494.21 ***
107.68 ***	107.16 ***	107.29 ***
467529.22 ***	467526.62 ***	467529.05 ***
440.50 ***	439.72 ***	439.25 ***
84.51 ***	84.65 ***	84.75 ***
328255.04 ***	328255.07 ***	328255.21 ***
0.53 ***	0.53 ***	0.53 ***
1.15+05 ***	1.07+05 ***	1.61+05 ***
1.48+05 ***	1.36+05 ***	1.30+05 ***
4.35+05 ***	4.58+05 ***	4.25+05 ***
1.78+05 ***	1.66+05 ***	1.57+05 ***
9.50 ***	10.00 ***	10.50 ***
5.25 ***	5.25 ***	5.25 ***
9.877687194-06 ***	9.292501328-06 ***	9.859290794-06 ***
525.63 ***	525.14 ***	524.59 ***
120.77 ***	120.94 ***	121.06 ***
495.11 ***	494.42 ***	493.57 ***
107.60 ***	107.27 ***	107.34 ***
467529.22 ***	467529.33 ***	467528.78 ***
440.11 ***	439.50 ***	439.04 ***
84.53 ***	84.71 ***	84.75 ***
328255.30 ***	328254.86 ***	328254.97 ***
0.53 ***	0.53 ***	0.53 ***
1.11+05 ***	1.04+05 ***	9.86+05 ***
1.43+05 ***	1.74+05 ***	1.27+05 ***
4.65+05 ***	4.77+05 ***	4.15+05 ***
1.72+05 ***	1.53+05 ***	1.53+05 ***

Asunto:	Hoja <u>30</u> de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	---------------------------	-----------	-------	----------

 $D_p = 5.50 \text{ m}$

5.25	5.75	10.35
5.50	5.50	5.50
0.042645223-06	6.365798308-06	7.858659112-06
534.82	533.59	523.57
121.01	121.20	121.35
494.13	493.40	492.52
107.29	107.46	107.52
467529.12	467529.07	467529.85
438.24	438.53	438.31
94.76	94.38	94.59
328254.90	328255.25	328255.36
0.53	0.53	0.53
1.01+05	9.29+05	9.70+05
1.38+05	1.30+05	1.12+05
4.24+05	3.31+05	3.66+05
1.56+05	1.44+05	1.35+05
5.50	10.00	10.50
5.50	5.50	5.50
9.673228460-06	8.094222454-06	7.651949560-06
534.50	533.66	525.12
121.01	121.23	121.41
493.77	493.09	492.56
107.39	107.53	107.64
467528.91	467529.04	467529.13
438.86	438.26	437.81
94.33	94.95	95.33
328255.97	328254.93	328254.92
0.53	0.53	0.53
9.69+05	8.38+05	8.46+05
1.24+05	1.16+05	1.03+05
4.06+05	3.77+05	3.56+05
1.50+05	1.50+05	1.31+05

Asunto:	Hoja <u>51</u> de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	---------------------------	-----------	-------	----------

$D_p = 5.75 \text{ m}$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Asunto:	Hoja <u>32</u> de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	---------------------------	-----------	-------	----------

$D_p = 6.00\text{ m}$		
9.25 ***	9.75 ***	10.25 ***
5.00 ***	6.00 ***	6.00 ***
7.390660296-05 ***	6.713213183-06 ***	6.205474297-06 ***
521.80 ***	521.58 ***	521.37 ***
121.40 ***	121.67 ***	121.71 ***
492.28 ***	491.51 ***	490.54 ***
107.71 ***	107.88 ***	108.00 ***
467529.07 ***	467528.13 ***	467529.84 ***
437.54 ***	436.85 ***	436.54 ***
85.09 ***	85.22 ***	85.32 ***
328255.02 ***	328255.17 ***	328255.17 ***
0.53 ***	0.53 ***	0.53 ***
8.19+03 ***	7.38+03 ***	6.98+03 ***
1.85+03 ***	9.53+04 ***	8.78+04 ***
3.43+03 ***	3.18+05 ***	2.98+05 ***
1.26+05 ***	1.14+06 ***	1.85+05 ***
9.50 ***	10.98 ***	10.50 ***
5.00 ***	6.00 ***	6.00 ***
7.026711635-06 ***	6.441638663-06 ***	5.959365135-06 ***
521.36 ***	521.65 ***	521.12 ***
121.56 ***	121.75 ***	121.87 ***
491.87 ***	491.30 ***	490.78 ***
107.63 ***	107.85 ***	108.06 ***
467528.88 ***	467528.37 ***	467529.00 ***
437.17 ***	436.57 ***	436.13 ***
85.19 ***	85.27 ***	85.36 ***
328255.03 ***	328255.33 ***	328255.19 ***
0.53 ***	0.53 ***	0.53 ***
7.74+03 ***	7.87+03 ***	8.57+03 ***
5.97+03 ***	5.19+03 ***	8.40+04 ***
3.85+03 ***	2.97+03 ***	2.76+05 ***
1.20+05 ***		1.02+06 ***

Asunto: <i>COSTO DE CONSTRUCCION</i>	Hoja <u>33</u> de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
--------------------------------------	---------------------------	-----------	-------	----------

 $e = 0.015$ $e = 0.015$ $e = 0.015$ $e = 0.015$ $e = 0.018$

Dr = 8.50 ***	8.50 ***	8.50 ***	8.50 ***	8.50 ***
Dp = 5.00 ***	5.25 ***	5.50 ***	5.75 ***	6.00 ***
BAJA = 7.40+06 ***	7.40+06 ***	7.40+06 ***	7.40+06 ***	7.40+06 ***
ALTA = 1.29+07 ***	1.35+07 ***	1.42+07 ***	1.48+07 ***	1.74+07 ***
VALVULAS=7.45+06 ***	8.10+06 ***	8.64+06 ***	9.29+06 ***	9.72+06 ***
TOTAL= 2.78+07 ***	2.90+07 ***	3.02+07 ***	3.15+07 ***	3.45+07 ***
8.75 ***	8.75 ***	9.75 ***	9.75 ***	8.75 ***
5.00 ***	5.25 ***	5.50 ***	5.75 ***	6.00 ***
7.65+06 ***	7.65+06 ***	7.65+06 ***	7.65+06 ***	7.65+06 ***
1.29+07 ***	1.35+07 ***	1.42+07 ***	1.48+07 ***	1.74+07 ***
7.45+06 ***	8.10+06 ***	8.64+06 ***	9.29+06 ***	9.72+06 ***
2.80+07 ***	2.93+07 ***	3.05+07 ***	3.18+07 ***	3.48+07 ***
5.00 ***	5.00 ***	9.00 ***	9.00 ***	9.00 ***
5.00 ***	5.25 ***	5.50 ***	5.75 ***	6.00 ***
7.58+06 ***	7.58+06 ***	7.98+06 ***	7.98+06 ***	7.98+06 ***
1.29+07 ***	1.35+07 ***	1.42+07 ***	1.48+07 ***	1.74+07 ***
7.45+06 ***	8.10+06 ***	8.64+06 ***	9.29+06 ***	9.72+06 ***
2.80+07 ***	2.96+07 ***	3.08+07 ***	3.21+07 ***	3.51+07 ***
9.25 ***	9.25 ***	9.25 ***	9.25 ***	9.25 ***
5.00 ***	5.25 ***	5.50 ***	5.75 ***	6.00 ***
8.27+06 ***	8.27+06 ***	8.27+06 ***	8.27+06 ***	8.27+06 ***
1.29+07 ***	1.35+07 ***	1.42+07 ***	1.48+07 ***	1.74+07 ***
7.45+06 ***	8.10+06 ***	8.64+06 ***	9.29+06 ***	9.72+06 ***
2.80+07 ***	2.99+07 ***	3.11+07 ***	3.24+07 ***	3.54+07 ***
9.50 ***	9.50 ***	9.50 ***	9.50 ***	9.50 ***
5.00 ***	5.25 ***	5.50 ***	5.75 ***	6.00 ***
8.57+06 ***	8.57+06 ***	8.57+06 ***	8.57+06 ***	8.57+06 ***
1.29+07 ***	1.35+07 ***	1.42+07 ***	1.48+07 ***	1.74+07 ***
7.45+06 ***	8.10+06 ***	8.64+06 ***	9.29+06 ***	9.72+06 ***
2.95+07 ***	3.02+07 ***	3.14+07 ***	3.27+07 ***	3.57+07 ***
9.75 ***	9.75 ***	9.75 ***	9.75 ***	9.75 ***
5.00 ***	5.25 ***	5.50 ***	5.75 ***	6.00 ***
8.67+06 ***	8.67+06 ***	8.67+06 ***	8.67+06 ***	8.67+06 ***
1.29+07 ***	1.35+07 ***	1.42+07 ***	1.48+07 ***	1.74+07 ***
7.45+06 ***	8.10+06 ***	8.64+06 ***	9.29+06 ***	9.72+06 ***
2.95+07 ***	3.05+07 ***	3.17+07 ***	3.30+07 ***	3.60+07 ***
10.00 ***	10.00 ***	10.00 ***	10.00 ***	10.00 ***
5.00 ***	5.25 ***	5.50 ***	5.75 ***	6.00 ***
9.10+06 ***	9.10+06 ***	9.10+06 ***	9.10+06 ***	9.10+06 ***
1.29+07 ***	1.35+07 ***	1.42+07 ***	1.48+07 ***	1.74+07 ***
7.45+06 ***	8.10+06 ***	8.64+06 ***	9.29+06 ***	9.72+06 ***
3.00+07 ***	3.10+07 ***	3.20+07 ***	3.30+07 ***	3.60+07 ***
10.25 ***	10.25 ***	10.25 ***	10.25 ***	10.25 ***
5.00 ***	5.25 ***	5.50 ***	5.75 ***	6.00 ***
9.40+06 ***	9.40+06 ***	9.40+06 ***	9.40+06 ***	9.40+06 ***
1.29+07 ***	1.35+07 ***	1.42+07 ***	1.48+07 ***	1.74+07 ***
7.45+06 ***	8.10+06 ***	8.64+06 ***	9.29+06 ***	9.72+06 ***
3.00+07 ***	3.10+07 ***	3.20+07 ***	3.30+07 ***	3.60+07 ***

Asunto: <i>OPTIMIZACION: COSTO ANUAL TOTAL</i>	Hoja <i>34</i> de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
--	---------------------------	-----------	-------	----------

$D_T =$	5.25	***	5.25	***	5.25	***	5.25	***
$D_p =$	5.80	***	5.80	***	5.75	***	6.80	***
$Constr =$	$2.85+87$	***	$2.55+87$	***	$3.11+87$	***	$3.54+87$	***
$+ 10\% =$	$3.15+87$	***	$3.25+87$	***	$3.42+87$	***	$3.85+87$	***
$\times 0.12 =$	$3.67+87$	***	$3.84+87$	***	$3.95+87$	***	$4.16+87$	***
$Ca_c =$	$4.40+88$	***	$4.68+88$	***	$4.75+88$	***	$4.99+88$	***
$C_T =$	$2.08+86$	***	$1.72+86$	***	$1.56+86$	***	$1.39+86$	***
$Ca_T =$	$6.48+86$	***	$6.35+86$	***	$6.35+86$	***	$6.71+86$	***

5.50	***	5.50	***	5.50	***	5.50	***
5.80	***	5.25	***	5.75	***	6.80	***
$2.85+87$	***	$3.82+87$	***	$3.37+87$	***	$3.52+87$	***
$3.18+87$	***	$3.32+87$	***	$3.63+87$	***	$3.93+87$	***
$3.71+87$	***	$3.87+87$	***	$4.13+87$	***	$4.58+87$	***
$4.45+88$	***	$4.65+88$	***	$4.83+88$	***	$5.50+88$	***
$2.01+86$	***	$1.72+86$	***	$1.56+86$	***	$1.20+86$	***
$6.48+86$	***	$6.37+86$	***	$6.35+86$	***	$6.70+86$	***

5.75	***	5.75	***	5.75	***	5.75	***
5.80	***	5.25	***	5.75	***	6.80	***
$2.92+87$	***	$3.85+87$	***	$3.17+87$	***	$3.60+87$	***
$3.21+87$	***	$3.36+87$	***	$3.45+87$	***	$3.55+87$	***
$3.75+87$	***	$3.51+87$	***	$4.07+87$	***	$4.62+87$	***
$4.50+88$	***	$4.78+88$	***	$4.16+88$	***	$5.54+88$	***
$1.95+86$	***	$1.66+86$	***	$1.44+86$	***	$1.14+86$	***
$6.45+86$	***	$6.36+86$	***	$6.32+86$	***	$6.68+86$	***

10.80	***	10.80	***	10.80	***	10.80	***
5.80	***	5.25	***	5.50	***	6.80	***
$2.92+87$	***	$3.86+87$	***	$3.20+87$	***	$3.63+87$	***
$3.25+87$	***	$3.35+87$	***	$3.52+87$	***	$3.59+87$	***
$3.72+87$	***	$3.95+87$	***	$4.11+87$	***	$4.66+87$	***
$4.50+88$	***	$4.74+88$	***	$4.93+88$	***	$5.53+88$	***
$1.96+86$	***	$1.61+86$	***	$1.39+86$	***	$1.03+86$	***
$6.44+86$	***	$6.33+86$	***	$6.32+86$	***	$6.68+86$	***

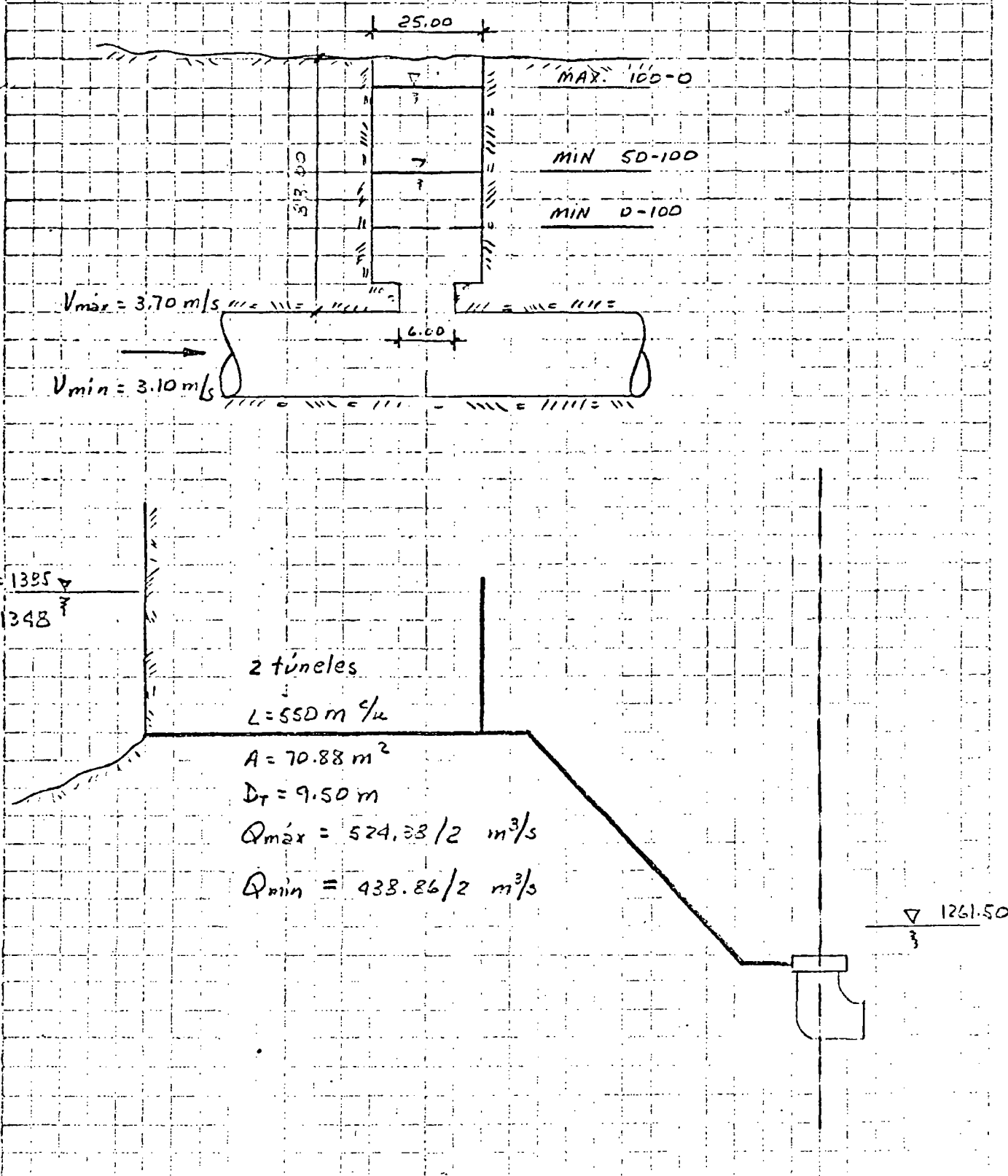
10.25	***	10.25	***	10.25	***	10.25	***
5.80	***	5.25	***	5.50	***	6.80	***
$2.85+87$	***	$3.11+87$	***	$3.25+87$	***	$3.66+87$	***
$3.23+87$	***	$3.42+87$	***	$3.55+87$	***	$3.79+87$	***
$3.83+87$	***	$3.95+87$	***	$4.14+87$	***	$4.31+87$	***
$4.53+88$	***	$4.75+88$	***	$4.97+88$	***	$5.17+88$	***
$1.86+86$	***	$1.57+86$	***	$1.35+86$	***	$1.16+86$	***
$6.45+86$	***	$6.36+86$	***	$6.32+86$	***	$6.68+86$	***

10.50	***	10.50	***	10.50	***	10.50	***
5.25	***	5.25	***	5.75	***	6.80	***
$3.14+87$	***	$3.26+87$	***	$3.39+87$	***	$3.69+87$	***
$3.43+87$	***	$3.59+87$	***	$3.71+87$	***	$4.06+87$	***
$4.03+87$	***	$4.16+87$	***	$4.37+87$	***	$4.73+87$	***
$4.83+88$	***	$5.02+88$	***	$5.23+88$	***	$5.63+88$	***
$1.53+86$	***	$1.31+86$	***	$1.15+86$	***	$1.02+86$	***
$6.38+86$	***	$6.33+86$	***	$6.37+86$	***	$6.70+86$	***

Asunto:	Hoja 2 de 13 Hojas	Calculado A. Ayora	Fecha	Revisado
---------	--------------------	-----------------------	-------	----------

SEGUNDA PARTE : CHIMENEA DE EQUILIBRIO

Asunto:	Hoja <u>1</u> de <u>—</u> Hojas	Calculado A. A. 2013	Fecha 01-78	Revisado
---------	---------------------------------	-------------------------	----------------	----------

ALTERNATIVA No. 2CHIMENEA DE EQUILIBRIO

Asunto:	Hoja 2 de 3 Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

Pre-dimensionamiento

- Cota estimada de parte inferior de chimenea =
- Cota aproximada de oscilación mínima = 1325
- Longitud aprox desde bocatoma hasta chimenea con nueva implantación = 550 m
- Pérdidas de carga

	Nivel Máximo	Nivel Mínimo
a) Bocatoma		
Rejas	0.00	0.00
Abocin. y comp.	0.21	0.15
Transición	0.06	0.04
b) Túnel		
Fricción (550 m)	0.39	0.28
Codo	0.04	0.03
Carga de velocidad	0.70	0.49
	1.40	0.99
c) Coef. en $h_p = \frac{CV^2}{2g}$	0.1023	0.1030

- Sección de Estabilidad de Thoma

Asumiendo la cota mínima de oscilación en 1325 m y el nivel de restitución en 1261.50, la carga sobre la turbina para predimensionamiento se puede tomar como

Asunto:	Hoja 3 de 4 Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

$$H = 1325 - 1261.50 = 63.50 \text{ m}$$

$$F_{TH} = \frac{AL}{2gCH} = \frac{(9.50^2 \pi / 4)(550)}{(2)(9.78)(0.1023)(63.5)} = 306.82 \text{ m}^2$$

= Sección modificada para asegurar amortiguamiento de oscilaciones: 60% adicional en el área de la sección de Thoma

$$F = 1.60 F_{TH} = 490.91 \text{ m}^2$$

$$d = \left(\frac{4 \times 490.91}{\pi} \right)^{1/2} = 25.00 \text{ m}$$

Rechazo de Carga 100-0

Asumiendo 2 turbinas en funcionamiento, nivel máximo en embalse y cierre total por cortocircuito, se puede calcular la máxima oscilación utilizando el método y abacos de Johnson (ver G.P. Rich "Hydraulic Transients", 2nd. Edition, Dover Publications, Inc., 1963)

$$\begin{aligned} 100 N_r &= 100 V_r C \left(\frac{2g F}{AL} \right)^{1/2} \\ &= (100)(3.70)(0.1023) \left(\frac{2 \times 9.78 \times 490.91}{70.85 \times 550} \right)^{1/2} \\ &= 18.8 \end{aligned}$$

Asunto:	Hoja 2 de 2 Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

De gráfico $K_r = 5.3$

$$y_{ir} = K_r C (V_1^2 - V_2^2) = (5.3) (0.1023) (3.7^2 - 0) \\ = 7.42 \text{ m} = \text{oscilación}$$

$$\text{Cota en reservorio} = 1335.00$$

$$\text{Caída por pérdidas} = 0.1023 \times 3.7^2 = 1.40$$

$$\text{Cota en tanque antes de maniobra} = 1333.60$$

$$\text{Oscilación, } y_{ir} = 7.42$$

$$\text{Cota de oscilación para rechazo } 100-0 = 1391.02$$

Demanda de carga 50-100

Asumiendo una turbina en funcionamiento y demanda total de la segunda turbina con el embalse en el nivel mínimo normal se calcula la mínima oscilación normalmente anticipada. No es común considerar la demanda simultánea de las dos turbinas, es decir la maniobra 0-100.

$$100 N_2 = 100 V_2 C \left(\frac{2g F}{A L} \right)^{1/2}$$

Asunto:	Hoja 5 de 5 Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

V_2 = velocidad final en túnel con 2 turbinas

$$= \frac{4(Q_{\min}/2)}{D_T^2 \pi} = \frac{4(438.86/2)}{(9.50)^2 \pi} = 3.10 \text{ m/s}$$

V_1 = velocidad inicial en túnel con 1 turbina

$$= \frac{4(Q_{\min}/4)}{D_T^2 \pi} = \frac{4(438.86/4)}{(9.50)^2 \pi} = 1.55 \text{ m/s}$$

$$100 N_2 = (100)(3.10)(0.1030) \left(\frac{2 \times 9.78 \times 490.91}{10.88 \times 550} \right)^{1/2}$$

$$= 15.85$$

$$p = \frac{V_2 - V_1}{V_2} = \frac{3.10 - 1.55}{3.10} = 0.500$$

$$100 p = 50\%$$

De gráfico $k_a = 4.5$

$$y_{1a} = k_a C (V_2^2 - V_1^2) = (4.5)(0.1030)(3.10^2 - 1.55^2)$$

$$= 3.34 \text{ m}$$

$$\text{Cota en reservorio} = 1348.00$$

$$\text{Caída por pérdidas} = 0.1030 \times 1.55^2 = 0.25$$

$$\text{Cota en tanque antes de maniobra} = 1347.75$$

$$\text{Oscilación, } y_{1a} = 3.34$$

$$\text{Cota de oscilación para maniobra 50-100} = 1344.41$$

Asunto	Hoja $\frac{2}{2}$ de $\frac{2}{2}$ Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
--------	---	-----------	-------	----------

Descarga de turbinas:

$$\text{Carga bruta } 1348 - 1261.50 = 86.50$$

$$\text{Carga de veloc. en tanque} = \frac{(3.10)^2}{2g} = \frac{0.49}{86.99}$$

$$\text{Menos oscilación} = 3.34$$

$$83.65$$

$$\text{Pérdidas en tubería de alta} = 0.98$$

$$82.67$$

Descarga aproximada para 82.67 m

$$Q' = Q_{\min} \left(\frac{82.67}{84.83} \right)^{1/2} = 433.24 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_2 = \frac{Q'/2}{70.88} = 3.06 \text{ m/s} \quad \text{vs. } 3.10 \text{ m/s}$$

O.K.

Asunto:	Hoja 7 de - Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

Demanda de Carga 0-100

Esta maniobra no es común; sin embargo se la calcula para determinar el nivel mínimo de oscilación posible. Nivel de embalse = mínimo normal

$$100 N_a = 100 V_2 C \left(\frac{2gF}{AL} \right)^{1/2}$$

$$V_2 = 3.10 \text{ m/s}$$

$$100 N_a = (100)(3.10)(0.103) \left(\frac{2 \times 9.78 \times 490.91}{70.88 \times 550} \right)^{1/2}$$

$$= 15.85$$

$$p = \frac{V_2 - V_1}{V_2} = \frac{15.85 - 0}{15.85} = 1.00$$

$$100 p = 100 \%$$

De gráfico $k_a = 6.5$

$$y_{1a} = k_a C (V_2^2 - V_1^2) = (6.5)(0.103)(3.10^2 - 0) = 6.43 \text{ m}$$

Asunto:

Hoja 2 de -- Hojas

Calculado

Fecha

Revisado

$$\text{Cota en reservorio} = 1348.00$$

$$\text{Caída por pérdidas} = 0.103 \times 0^2 = 0.00$$

$$\text{Cota en tanque antes de maniobra} = 1348.00$$

$$\text{Oscilación, } y_1 = 6.43$$

$$\text{Cota de oscilación para maniobra 0-100} = 1341.57 \text{ m}$$

Velocidad Crítica

Para ciertas combinaciones de tanque y túnel existe una velocidad crítica, menor a la correspondiente para carga total, que controla la elevación máxima de la oscilación para rechazo total.

$$V_c = \frac{1}{C} \left[\frac{AL(e-1)}{2gFe} \right]^{1/2}$$

$$e = \text{base de logaritmo natural} = 2.718$$

$$V_c = \frac{1}{0.1023} \left(\frac{70.83 \times 550 \times 1.718}{2 \times 9.78 \times 490.91 \times 2.718} \right)^{1/2}$$

$$= 15.66 \text{ m/s} \gg 3.70 \text{ m/s} \therefore \text{O.K.}$$

Sección del Orificio

- Para el inicio del ciclo de demanda 50-100%

$$a_o = \frac{A(V_2 - V_1)}{\sqrt{2g y_{1a}}} = \frac{70.88 (3.10 - 1.55)}{\sqrt{2 \times 9.78 \times 3.34}}$$

$$= 13.59 \text{ m}^2$$

Hacia el final del ciclo de demanda 50-100%

$$a_1 = \left[\frac{AF y_{1a}}{L} \left(1 - \frac{1}{k_a} \right) \right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{70.88 \times 490.91 \times 3.34}{550} \left(1 - \frac{1}{4.5} \right) \right]^{1/2}$$

$$= 12.82 \text{ m}^2$$

$$\therefore a_o \approx a_1 \quad \text{D.K.}$$

- Para el inicio del ciclo de rechazo 100-0

$$a_o = \frac{A(V_1 - V_2)}{\sqrt{2g y_{1r}}} = \frac{70.88 (3.70 - 0)}{\sqrt{2 \times 9.78 \times 7.42}}$$

$$= 21.77 \text{ m}^2$$

Asunto:	Hoja 10 de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	--------------------	-----------	-------	----------

Hacia el final del ciclo de rechazo 100-0

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \left[\frac{AFy_{1c}}{L} \left(1 - \frac{1}{k_1} \right) \right]^{1/2} \\
 &= \left[\frac{70.88 \times 490.91 \times 7.42}{550} \left(1 - \frac{1}{5.3} \right) \right]^{1/2} \\
 &= 19.52 \text{ m}^2 \quad \therefore a_1 \approx a_0
 \end{aligned}$$

Considerando que la condición de demanda ocurrirá con mayor frecuencia con niveles en el embalse superiores al nivel mínimo normal, es aconsejable tomar el área como aquella correspondiente a la condición de rechazo, es decir un valor neto de aproximadamente 20 m².

Para encontrar la sección bruta se asume un coeficiente de descarga de 0.70 que es lo normalmente aceptado:

$$\text{Área bruta de orificio} = 20 / 0.70 = 28.57 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro } d_0 = \left(\frac{4 \times 28.57}{\pi} \right)^{1/2} = 6.03 \text{ m}$$

Este resultado concuerda con la conclusión práctica de que, para conducciones relativamente

Asunto:	Hoja <u>II</u> de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	---------------------------	-----------	-------	----------

te cortas el diámetro del orificio será grande y del orden de magnitud del diámetro del túnel (9.50 m, en este caso).

Adicionalmente, el área requerida del orificio (relativamente grande con relación al túnel) confirma la conclusión práctica de que la chimenea de equilibrio con orificio restringido es más aconsejable que una chimenea diferencial para un adecuado amortiguamiento del golpe de ariete (Rich, p. 267). Es decir que, debido al área grande del orificio, la onda elástica se transmitirá con facilidad hacia la chimenea y sólo un pequeño porcentaje lo hará hacia aguas arriba en el túnel.

Tiempo para $\frac{1}{4}$ ciclo: rechazo 100-0

$$Z_c = \left(\frac{y_{1r}}{C} - V_2^2 \right)^{1/2} = \left(\frac{7.42}{0.1023} - 3.70^2 \right)^{1/2}$$

$$= 7.67$$

Asunto:	Hoja 12 de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	--------------------	-----------	-------	----------

$$T_r = \frac{L}{gCZ_0} \left(\tan^{-1} \frac{V_1}{Z_0} - \tan^{-1} \frac{V_2}{Z_0} \right)$$

$$= \frac{550}{9.78 \times .1023 \times 7.67} \left(\tan^{-1} \frac{3.70}{7.67} - \tan^{-1} 0 \right)$$

RADIANES

$$= 32.2 \text{ s}$$

Tiempo para 1/4 ciclo: demanda 5D-100

$$Z = \left(\frac{y_1^2}{C} + V_1^2 \right)^{1/2} = \left(\frac{3.34}{.1023} + 1.55^2 \right)^{1/2} = 5.92$$

$$T_a = \frac{L}{2gCZ} \ln \frac{(Z-V_1)(Z+V_2)}{(Z+V_1)(Z-V_2)}$$

$$= \frac{550}{2 \times 9.78 \times .103 \times 5.92} \ln \frac{(5.92-1.55)(5.92+3.10)}{(5.92+1.55)(5.92-3.10)}$$

$$= 28.9 \text{ s.}$$

Tiempo para 1/4 ciclo: demanda D-100

$$Z = \left(\frac{6.43}{.1023} + 0^2 \right)^{1/2} = 7.93$$

$$T_a = \frac{550}{2 \times 9.78 \times .103 \times 7.93} \ln \frac{(7.93-0)(7.93+3.10)}{(7.93+0)(7.93-3.10)}$$

$$= 28.4 \text{ s.}$$

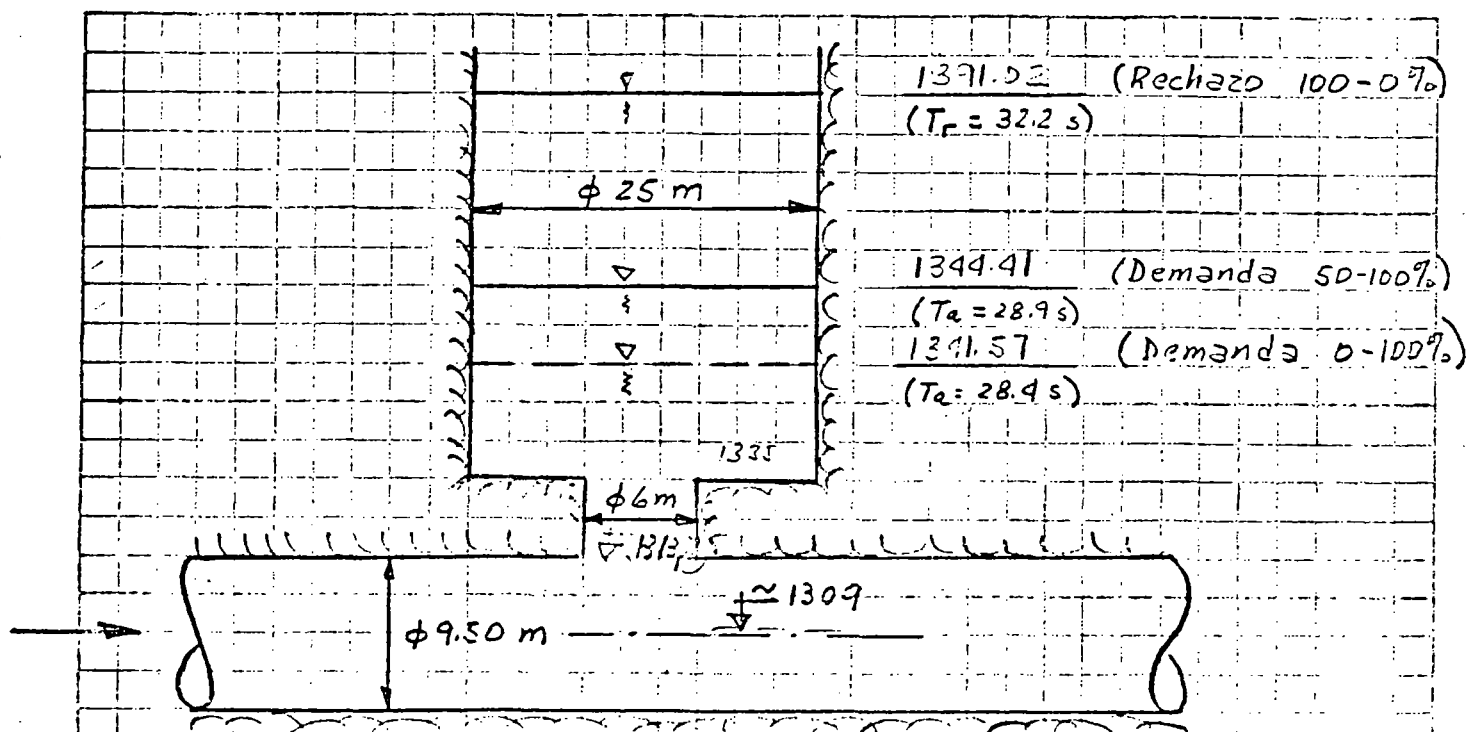
Asunto:

Hoja 13 de - Hojas

Calculado
A. Ayora

Fecha

Revisado



ALTERNATIVA No. 2: 2 Túneles de baja de 9.50 m c/u
4 " " alta de 5.50 m c/u

Maniobra de rechazo con embalse en nivel máximo normal

Maniobras de demanda " " " " mínimo "

Asunto:

Hoja 2 de 8 Hojas

Calculado
A. Ayora

Fecha

Revisado

TERCERA PARTE : GOLPE DE ARIETE

(Iteración Aritmética)

Asunto:	Hoja 1 de 1 Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

ALTERNATIVA No. 2

1. CALCULO DE GOLPE DE ARIETE CON CHIMENEA DE EQUILIBRIO

1.1. Datos generales

Túneles de alta presión : 4 ; 2 por cada conducción de baja presión

Diámetro de cada túnel : $D_p = 5.50 \text{ m}$

Longitud promedio : $L_p = 250 \text{ m}$

Caudal máximo (4 grupos) : $Q_{\max} = 524.38 \text{ m}^3/\text{s}$

" medio (" ") : $Q_m = 493.77 \text{ m}^3/\text{s}$

" mínimo (" ") : $Q_{\min} = 438.86 \text{ m}^3/\text{s}$

Carga neta máxima : $(H_{\max})_n = 121.11 \text{ m}$

" " media : $H_{0n} = 107.38 \text{ m}$

" " mínima : $(H_{\min})_n = 84.83 \text{ m}$

1.2 Cierre total 100-0 con Embalse en N.A. Máx. Nor.

1.2.1 Pérdidas de carga

Pérdida total : $123.50 - 121.11 = 2.39 \text{ m}$

Túnel de baja y bocanoma = 0.67

Túnel de alta y bifurcación = 1.49

Asunto:	Hoja 2 de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

$$\begin{aligned} \text{Restitución} &= 0.23 \\ \text{Total} &= 2.39 \text{ m} \end{aligned}$$

Por cuanto la chimenea absorberá el mayor porcentaje de las ondas elásticas, se considera únicamente el tramo de conducción correspondiente al túnel de alta presión.

1.2.2 Velocidad promedio en conducción

La condición de maniobra 100-0 corresponde al cierre de dos turbinas servidas por un túnel de baja y una chimenea de equilibrio. Se incluirá el corto tramo de baja presión entre la chimenea de equilibrio y túneles blindados. No se considera la chimenea ($V_{\text{chim}} \approx 0$)

$$- V_T = \frac{4(Q_{\text{máx}}/2)}{D_T^2 \pi} = \frac{4(524.33/2)}{9.5^2 \pi} = 3.70 \text{ m/s}$$

$$- V_p = \frac{4(Q_{\text{máx}}/4)}{D_p^2 \pi} = \frac{4(524.33/4)}{5.5^2 \pi} = 5.52 \text{ m/s}$$

$$- L_T = 50 \text{ m (aproximado)}$$

$$- L_p = 250 \text{ m (")}$$

Asunto:	Hoja 3 de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

$$\text{Veloc. prom.} = V = \frac{(3.70)(50) + (5.52)(250)}{50 + 250} = 5.22 \text{ m/s}$$

1.2.3 Velocidad promedio de onda elástica

Módulos de elasticidad:

$$\begin{aligned} \text{Roca } E_r &= 250.000 \text{ Kg/cm}^2 \\ &= 5.12 \times 10^8 \text{ psf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua } K &= 21.000 \text{ Kg/cm}^2 \\ &= 4.30 \times 10^7 \text{ psf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - a_T &= \left[\frac{62.4}{32.2} \left(\frac{1}{4.3 \times 10^7} + \frac{9.50}{28.5 \times 5.12 \times 10^8} \right) \right]^{-1/2} = 4646 \text{ fps} \\ &= 1416 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - a_p &= \left[\frac{62.4}{32.2} \left(\frac{1}{4.3 \times 10^7} + \frac{5.50}{16.5 \times 5.12 \times 10^8} \right) \right]^{-1/2} = 4646 \text{ fps} \\ &= 1416 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$- \text{Velocidad promedio} = a = 1416 \text{ m/s}$$

(Revestimiento de roca asumido = 3x diámetro)

Asunto:	Hoja <u>4</u> de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	--------------------------	-----------	-------	----------

1.2.4 Area promedio de conduccion

$$- A_T = \frac{(9.5)^2 \pi}{4} = 70.88 \text{ m}^2$$

$$- A_P = \frac{(5.5)^2 \pi}{4} = 23.76 \text{ m}^2$$

$$\text{Area prom.} = A = \frac{(70.88)(50) + (23.76)(250)}{50 + 250} = 31.61 \text{ m}^2$$

1.2.5 Coefficiente de recuperacion de perdidas

Por cuanto las pérdidas en el corto tramo de 50 m de túnel de baja serán pequeñas se las desprecia y se consideran únicamente las pérdidas en la bifurcación y el túnel de alta = 1.49 m (ver p. 1)

$$\Delta H_f = C_p V^2$$

$$C_p = \frac{1.49}{(5.22)^2} = 0.0547$$

1.2.6 Coefficiente de velocidad en conduccion

$$V = C_v A_B \sqrt{H_0 + \Sigma \Delta H + \Delta H_f}$$

$$A_B = 1.00 \quad (\text{apertura } 100\%)$$

$$\Sigma \Delta H = 0 \quad (\text{sobrepresión de onda elástica})$$

Asunto:	Hoja 5 de - Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

$$\Delta H_p = 0 \quad (\text{pérdidas recuperadas})$$

$H_0 =$ carga neta máxima en entrada de

$$\text{turbina} = 123.50 - 0.67 - 1.49 = 121.34 \text{ m}$$

$$V = 5.22 \text{ m/s}$$

$$C_v = \frac{V}{\sqrt{H_0}} = \frac{5.22}{\sqrt{121.34}} = 0.4739$$

1.2.7 Coeficiente de carga por onda elástica

$$\Delta H = \left(\frac{a}{g} \right) \Delta V = \frac{1416}{9.78} \Delta V$$

$$\Delta H = 144.79 \Delta V$$

1.2.8 Intervalo de reflexión de onda elástica

$$\Delta t = \frac{2L}{a} = \frac{2(50 + 250 + 80)}{1416} = 0.54 \text{ s}$$

Notar que en la longitud efectiva de recorrido de la onda elástica se han incluido 80 m de longitud aprox. de chimenea de equilibrio.

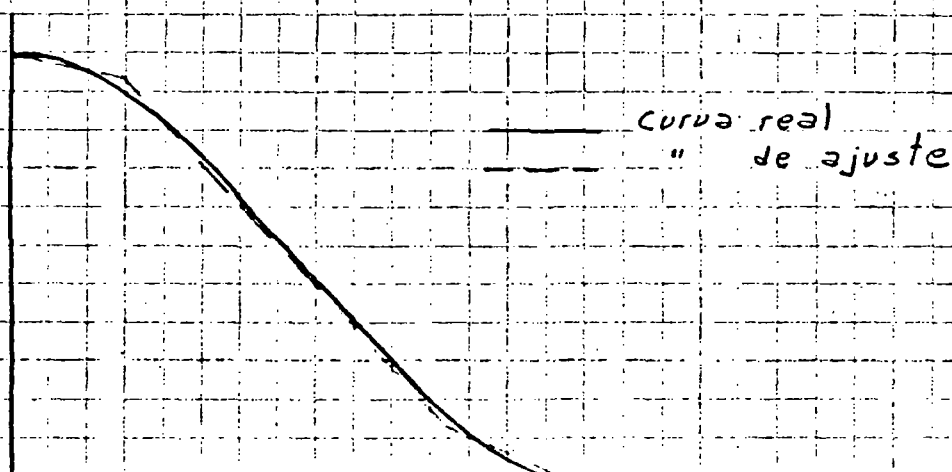
Para iteración tomar 15 intervalos de 0.54 s c/u con un tiempo de cierre de 5.10 s.

Asunto:	Hoja 6 de -- Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	--------------------	-----------	-------	----------

1.2.9 Curva de cierre 100-D

Se tomara una curva característica de cierre ajustada por la ecuación

$$A_8 = 1.053 - 0.127(\Sigma \Delta t)$$



Intervalo	Tiempo ($\Sigma \Delta t$) (s)	A_8
0	0.00	0.000
1	0.54	0.984
2	1.08	0.916
3	1.62	0.847
4	2.16	0.779
5	2.70	0.710
6	3.24	0.642
7	3.78	0.573
8	4.32	0.504
9	4.86	0.436
10	5.40	0.367
11	5.94	0.299
12	6.48	0.230
13	7.02	0.161
14	7.56	0.093
15	8.10	0.000

Asunto:	Hoja 7 de 1 Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

INT.	$\Sigma \Delta t$ (s)	A_B (-)	V ΔV (m/s)	ΔH (m)	$\Sigma \Delta H$ (m)	ΔH_p (m)	$H_0 + \Sigma \Delta H + \Delta H_p$ (m)	$V' = 0.4739 A_B \sqrt{H_0 + \Delta H_p + \Sigma \Delta H}$ (m/s)
0	0.00	1.000	5.22 -0.021	0.00	0.00	0.00	121.34	5.22
1	0.54	.984	5.199 -0.126	3.04	3.04	0.01	124.39	5.201
2	1.08	.916	5.073 -0.260	18.24	15.20	0.08	136.63	5.074
3	1.62	.847	4.813 -0.332	37.65	22.44	0.22	144.01	4.817
4	2.16	.779	4.481 -0.368	48.07	25.63	0.39	147.36	4.481
5	2.70	.710	4.113 -0.385	53.28	27.65	0.57	149.56	4.115
6	3.24	.642	3.728 -0.393	55.74	28.09	0.73	150.16	3.728
7	3.78	.573	3.335 -0.399	56.90	28.81	0.88	151.04	3.337
8	4.32	.504	2.936 -0.399	57.77	28.96	1.02	151.32	2.938
9	4.86	.436	2.537 -0.398	57.77	28.81	1.14	151.29	2.541
10	5.40	.367	2.139 -0.397	57.63	28.81	1.24	151.39	2.140
11	5.94	.299	1.742 -0.399	57.48	28.67	1.32	151.33	1.743
12	6.48	.230	1.343 -0.403	57.77	29.10	1.39	151.83	1.343
13	7.02	.161	0.940 -0.376	58.35	29.25	1.44	152.03	0.941
14	7.56	.098	0.561 -0.565	54.44	25.19	1.47	148.01	0.565
15	8.10	.000	-0.001	81.81	56.61	1.49	179.44	0.000

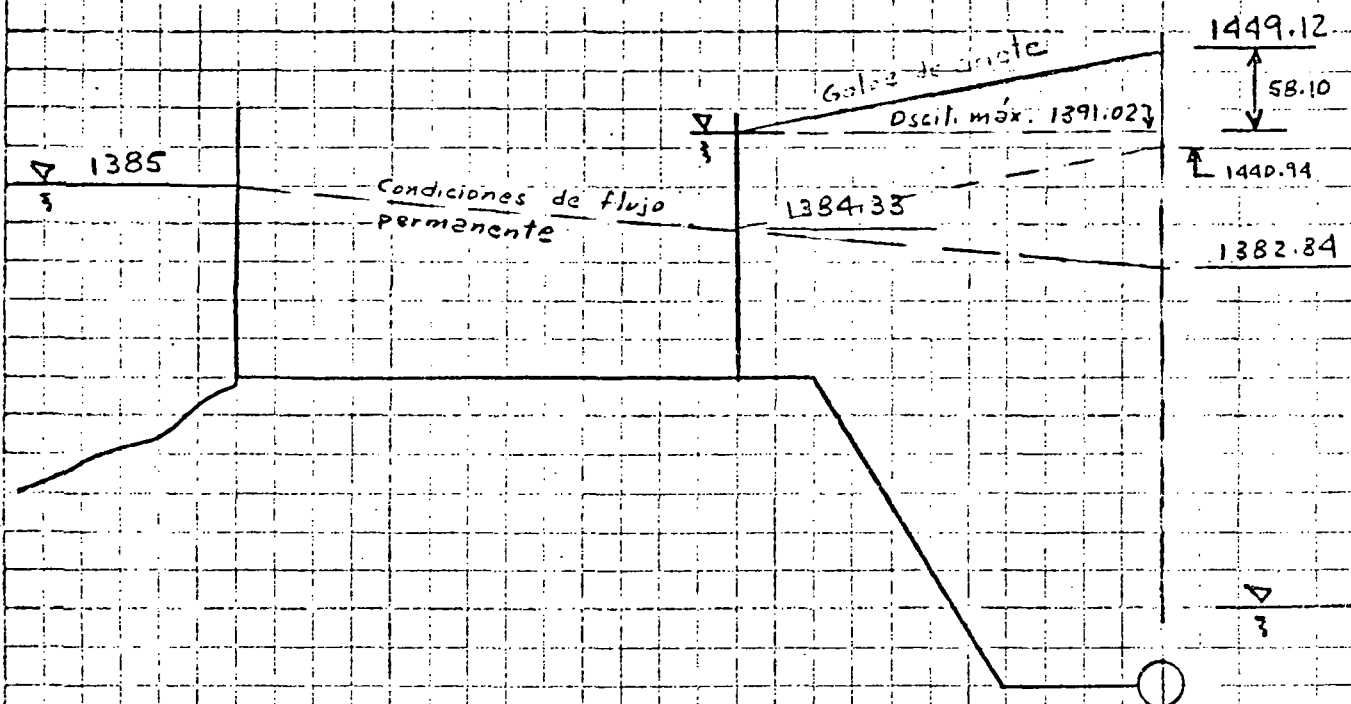
Asunto:	Hoja 8 de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

Elevación de carga en turbina:

$$\text{Golpe de ariete} = 179.44 - 121.34 = 58.10 \text{ m}$$

$$\text{Cota de oscilación en chimenea} = 1391.02$$

$$\text{Cota de sobrepresión en turbina} = 1.449.12 \text{ m}$$



Asunto:	Hoja / de Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-----------------	-----------	-------	----------

ECUACIONES PARA TURBINAS : REGULACION, ESTABILIDAD, ETC.

$$n_s = \frac{n P_d^{1/2}}{H_d^{5/4}} \quad \times 2262 = [HP \cdot s]$$

$$WD_T^2 = 5.7989 \left(\frac{P_r}{n^{3/2}} \right)^{5/4} (1.53\%) \quad \times 23668.5 = [lbs \cdot ft]$$

$$WD_G^2 = 71.2456 \left(\frac{P_r}{n^{3/2}} \right)^{5/4} (92.47\%) \quad "$$

$$WD^2 = 77.0445 \left(\frac{P_r}{n^{3/2}} \right)^{5/4} (100.00\%) \quad "$$

$$D_3 = \frac{84.48 (0.0217 n_s^{2/3} + 0.09) H_d^{1/2}}{n} \quad \times 3.28 = [ft]$$

$$T_m = \frac{WD^2 \times n^2}{362.3384 P_r}$$

	Longitud Equiv.	Inercia
Espiral	4.5 D ₃	4 D ₃ √H _r
Turbina	2 D ₃	20 D ₃
Tubo de succión	6 D ₃	4 Q _{unidad} / D ₃

$$K_d (min) = \frac{WD^2 \times n^2}{P_r}$$

$$K_d (máx) = 1220 \left(\frac{KVA}{n^{3/2}} \right)^{1/4} = 1246.25 \left(\frac{P_r}{n^{3/2}} \right)^{1/4}$$

Asunto:	Hoja <u>0</u> de <u>6</u> Hojas	Calculado <u>A. Ayora</u>	Fecha	Revisado
---------	---------------------------------	------------------------------	-------	----------

CUARTA PARTE : REGULACION, ESTABILIDAD, CAVITACION

Asunto:	Hoja 2 de - Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

- Condiciones de estabilidad :

$$K_d(\text{máx}) - K_d(\text{mín}) > 0$$

$$T_m - (3.5 + 1.75 T_w) > 0 \quad \text{o} \quad \frac{T_m}{T_w} > 5.0$$

- características de regulación en sistema interconectado :

Caso 1: Operación aislada

$$\frac{K_d(\text{mín})}{127} - 7.0 - \frac{\sum LV}{H_r} > 0$$

Caso 2: Interconectada con capacidad equivalente a $\frac{1}{4}$ del sistema total

$$\frac{K_d(\text{mín})}{120} - \frac{\sum LV}{H_r} > 0$$

Caso 3: Interconectada con capacidad equivalente a $\frac{1}{20}$ del sistema total

$$\frac{K_d(\text{mín})}{75} - \frac{\sum LV}{H_r} > 0$$

- Sincronización

$$K_d(\text{mín}) - 75 \frac{\sum LV}{H_r} > 0$$

Asunto:	Hoja 7 de 7 Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

- Velocidad de embalsamiento

$$\eta_r = \frac{(0.1705 n_s + 145) n}{100} \left(\frac{H_r}{H_d} \right)^{1/2}$$

- Elevación de Velocidad

sin golpe de ariete $S_r = 37.9411 \left(\frac{T_c + 0.25}{T_m} \right)^{0.7017}$ (AJUSTE U.S.B.P.)

Con golpe de ariete $S'_r = S_r \left(1 + \frac{T_w'}{T_c} \right)$

- Caída presión por golpe

$$H_- / H_{inic.} = 0.95 \left(\frac{T_w'}{T_g} \right)^{0.7}$$

- Elevación presión por golpe

$$H_+ / H_{inic.} = 1.46 \left(\frac{T_w'}{T_g} \right)^{1.18}$$

- Cavitación ($n_s = 20-42$)

$$\sigma = 0.006 + 0.55 \left(\frac{n_s \times 2622}{100} \right)^{1.8}$$

$$(Z_{rest.} - Z_{D_2})_{lim} = \frac{p_v}{\gamma} + \sigma H_r - H_{p_{rest.}} - \frac{p_{atm}}{\gamma}$$

$$Z_{D_2} = N.A. Rest. - (Z_{rest.} - Z_{D_2})_{lim}$$

Asunto:	Hoja <u>4</u> de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	--------------------------	-----------	-------	----------

$$(0.00455 \times 0.2622)$$

$$\frac{b}{D_3} = 0.391 - 0.00119 n_s \quad (\text{AJUSTE U.S.B. 2.})$$

$$D_2 = D_3$$

$$b = \text{dist. de } D_2 \Rightarrow \phi$$

$$Z_t = Z_{D_2} + b$$

Asunto:	Hoja 5 de 5 Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

ALTERNATIVA No. 2 CON CHIMENEA DE EQUILIBRIO

Potencia nominal (máx.) : 142.86 MW c/turbina

Potencia de diseño (med.) : 119.27 MW "

Carga nominal (máx.) : 121.11 m

Carga de diseño (med.) : 107.38 m

Túneles de baja presión : 2 de $D_T = 9.50 \text{ m}$ x $L_T = 50 \text{ m}$

Túneles de alta presión : 4 de $D_p = 5.50 \text{ m}$ x $L_p = 250 \text{ m}$

Caudal nominal (máx.) : 131.10 m^3/s c/turbina

Caudal de diseño (med.) : 123.44 m^3/s c/turbina

Rendimiento de turbina : $\eta_T = 0.92$

" " generador : $\eta_G = 0.98$

Factor de potencia : $\cos \phi = 0.90$

Aceleración de gravedad : $g = 9.78 \text{ m/s}^2$

Carga barométrica : $p_{atm}/\gamma = 8.75 \text{ m}$

Presión de vapor (15-16°C) : $p_v/\gamma = 0.18 \text{ m}$

Nivel de restitución : 1260.20 m para una turbina a plena carga

No. de polos del generador : $n_{polos} = 52$

Asunto:	Hoja 7 de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	-------------------	-----------	-------	----------

No. grupos=1.000000000 ***				Tc	4.80	***	
				Tg	4.25	***	
				Sr'	35.39	***	%
				Sr'	185.39	***	RPM
Polos	52.00	***					
n	188.40	***					
ns	188.34	***	✓				
ds	4.24	***	✓				
GD ²	2.0672704	***	✓				
Tm	7.65	***	✓				
Kd(máx)	3814.	***	✓				
Kd(mín)	2774.	***	✓				
Δ Kd	1839.	***	✓				
Vt					5.88	***	
LVt					5.25	***	
Vp					46.58	***	✓
LVp					203.51	***	
Espirál					6.00	***	
Turbina					6.25	***	
Succión					6.30	***	
Σ LV'					6.21	***	
Tw					6.00	***	
Σ (LV)'					6.25	***	
Tw'					6.31	***	
Tm/Tw					7.60	***	
Caso 1:					7.25	***	
					43.82	***	
Caso 2:					193.14	***	
					6.00	***	
Caso 3:					6.25	***	
					46.58	***	✓
Sincron.					203.51	***	
nr					6.00	***	
nr(%)					6.25	***	
					6.30	***	
					6.21	***	
					6.00	***	
					6.25	***	
					6.30	***	
					6.21	***	
					6.00	***	
					6.25	***	
					6.27	***	
					6.18	***	✓

Asunto:	Hoja <u>6</u> de — Hojas	Calculado	Fecha	Revisado
---------	--------------------------	-----------	-------	----------

No. grupos = 2.000000000	***	4.00	***		
		4.25	***		
3.70	***	34.30	***		
184.55	***	186.07	***		
5.52	***				
1379.47	***	5.00	***		
186.55	***	5.25	***		
84.78	***	37.72	***		
123.71	***	190.70	***		
1955.45	*** ✓	6.00	***		
1.65	*** ✓	6.25	***		
1781.81	***	41.01	***		
1.48	***	195.25	***		
4.00	*** ✓	7.00	***		
		7.25	***		
1.00		44.25	***		
-1.34	*** ✓	199.70	***		
.25					
6.54	*** ✓	8.00	***		
.85		8.25	***		
20.81	*** ✓	47.37	*** ✓		
1560.75	*** ✓	204.85	***		
		4.00	***		
247.50	***	4.25	***		
75.04	***	0.45	***		
		0.41	***		
		5.00	***		
		5.25	***		
		6.00	***		
		6.25	***		
		6.00	***		
		6.25	***		
		6.35	***		
		6.27	***		
		7.00	***		
		7.25	***		
		0.31	***		
		0.22	***		
		6.00	***		
		6.25	***		
		6.25	***		
		0.15	*** ✓		

ΔZ 0.0945 *** ✓
 Z_{b_2} 5.60 *** ✓
 b 1257.54 *** ✓
 Z_{d_2} 0.56 *** ✓
 Z_{d_2} 1256.50 *** ✓

PÚBLICO

DOCUMENTO DEL BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

ECUADOR

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

(EC0004)

ANEXO IV **APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS**

VOLUMEN III – LÁMINAS

JULIO 1978

10-412/SF-EE
271/00-EE
411/SF-EE
RPL.

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION - INECEL

PROYECTO HIDROELECTRICO

INFORME DE FACTIBILIDAD DEL APROVECHAMIENTO SALADO

ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

VOLUMEN III - LAMINAS

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

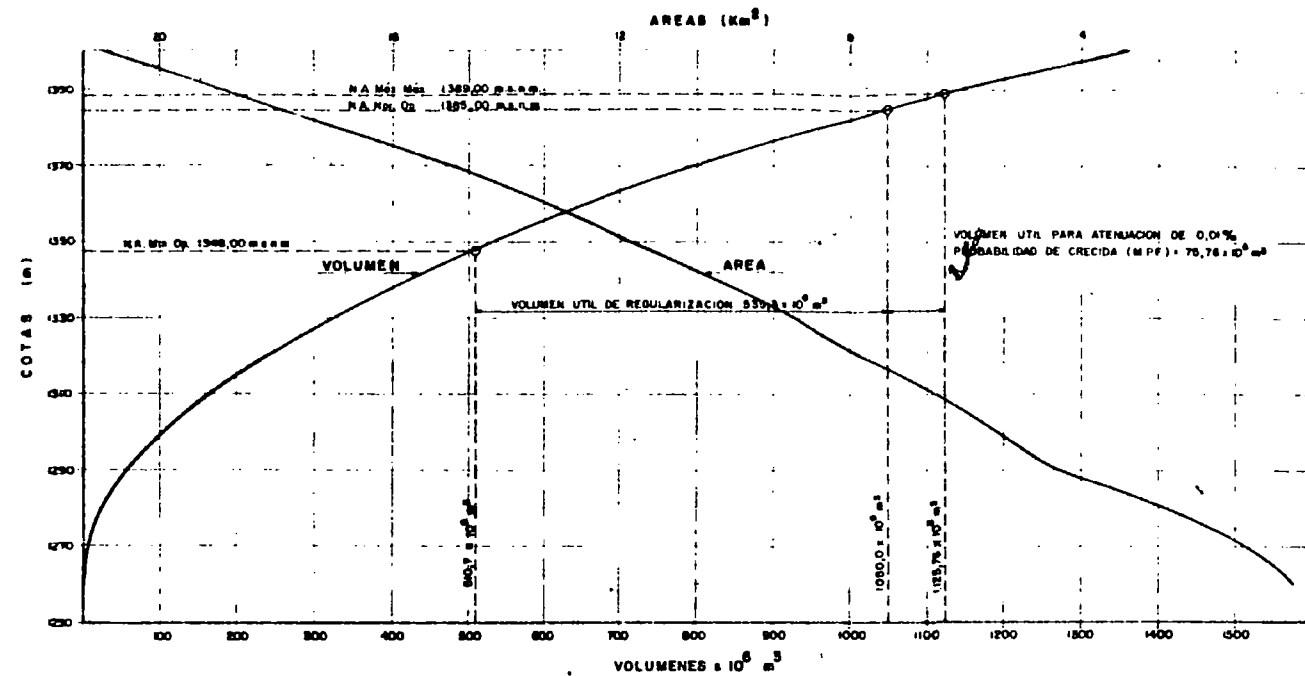
INDICE - LAMINAS

<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

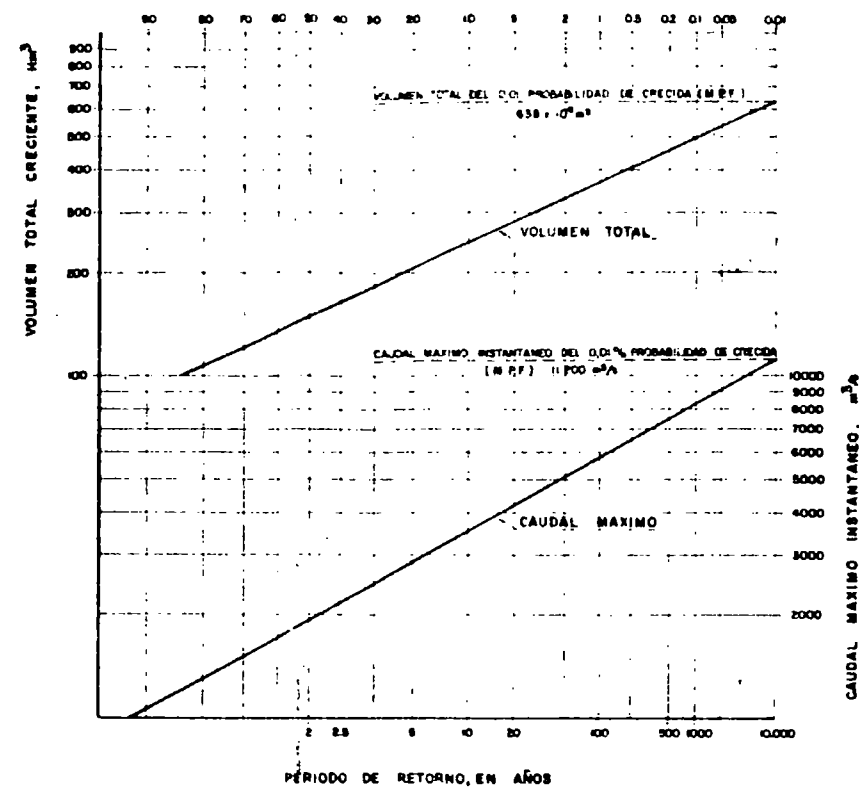
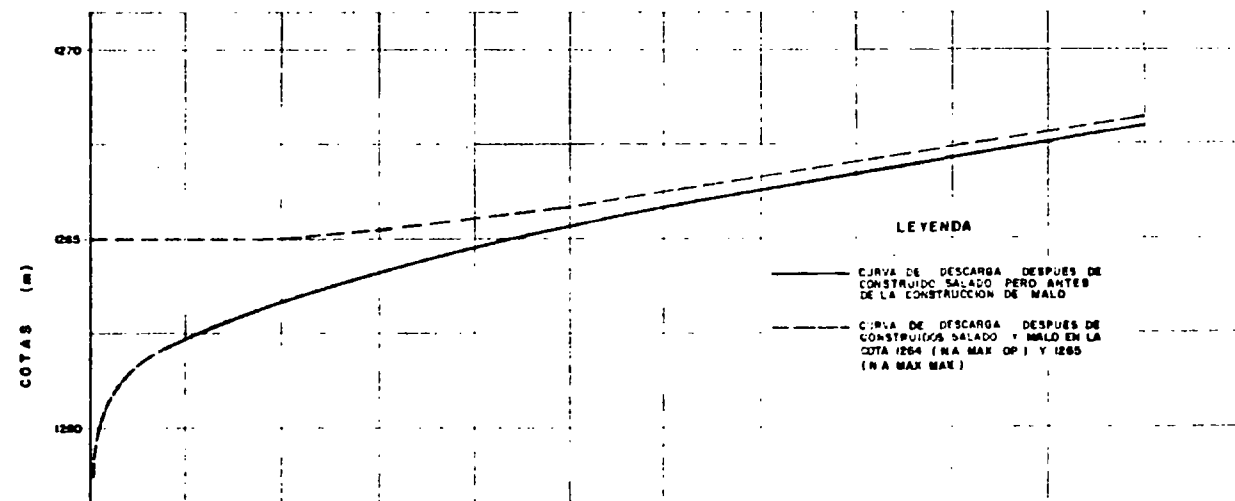
ANEXO IV - APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

INDICE - LAMINAS

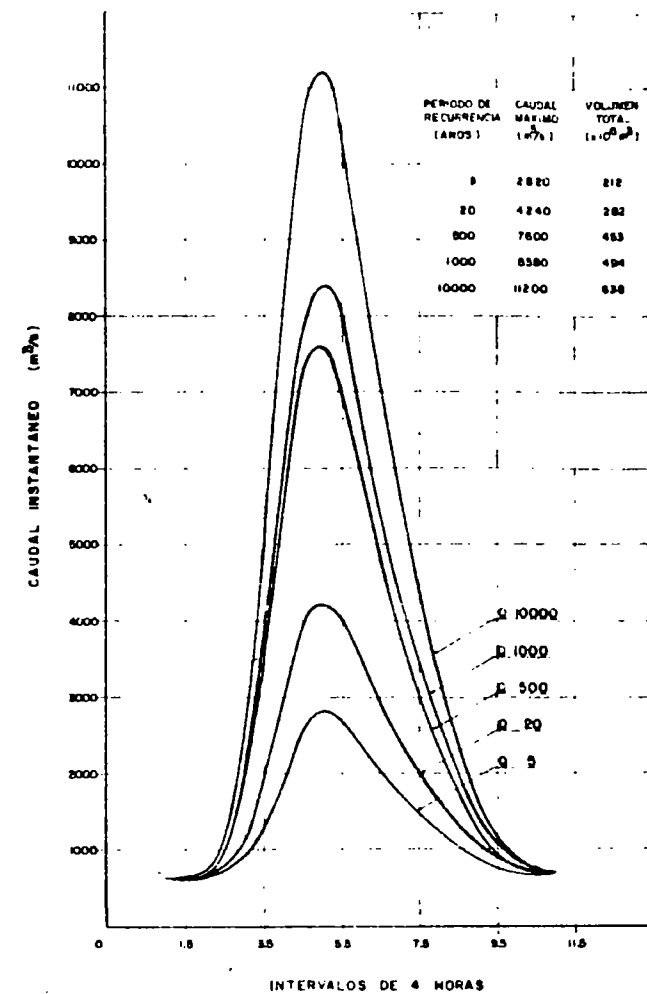
<u>Nº</u>	<u>Descripción</u>
HS/IA-442-HA-173	Energías y Factores de Planta en Función de la Capacidad Instalada
HA-174	Costos, Valores de Generación y Beneficios Anuales - Relaciones Beneficio-Costo
HA-175	Vertedero - Planta y Cortes
HA-176	Estudios de Atenuación de Crecidas, Ondas Afluentes y Efluentes 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



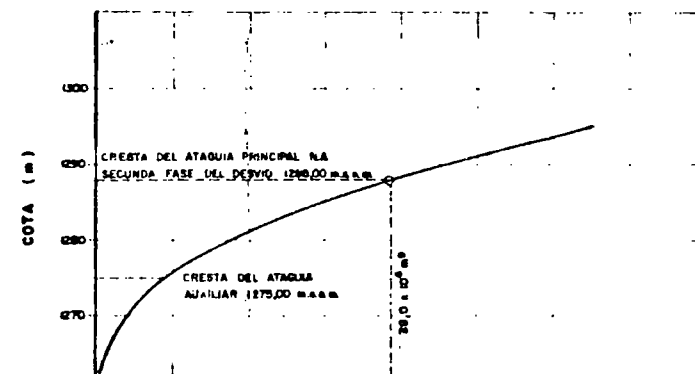
CURVA COTA - AREA - VOLUMEN
CARTOGRAFIA 1:10000 KGM



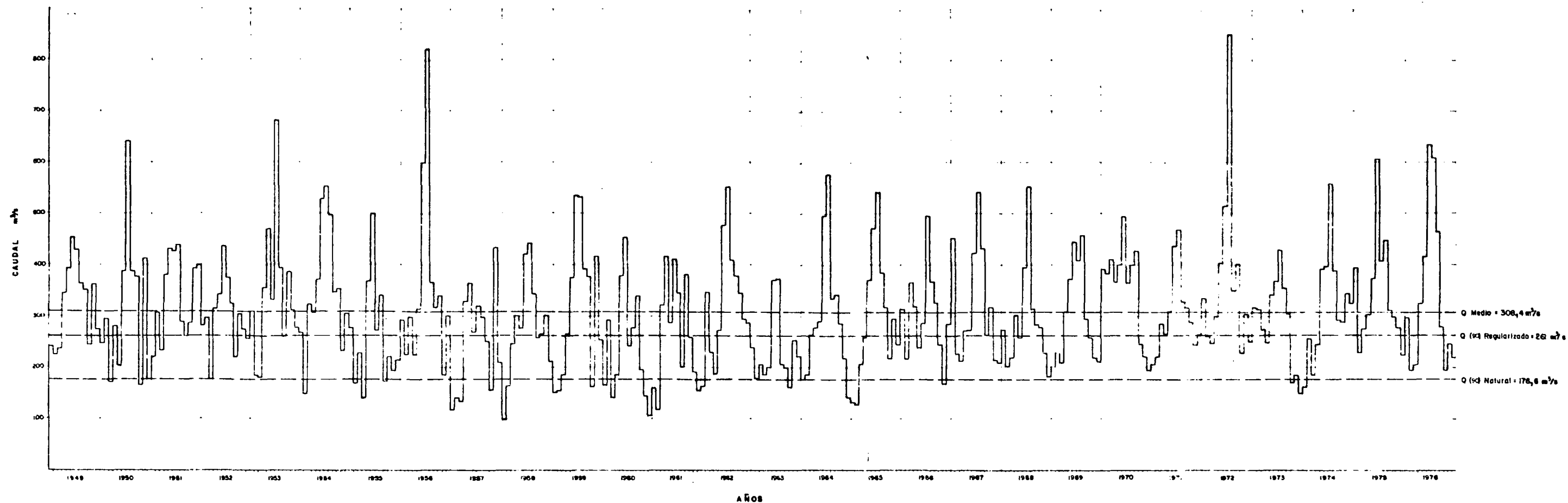
FRECUENCIA DE VOLUMENES Y CAUDALES
DE CRECIENTES AFLUENTES



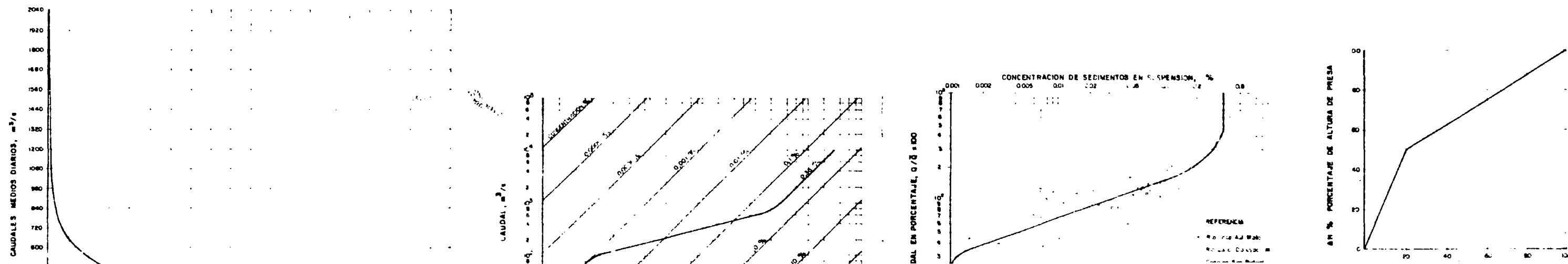
HIDROGRAMAS DE CRECIDAS

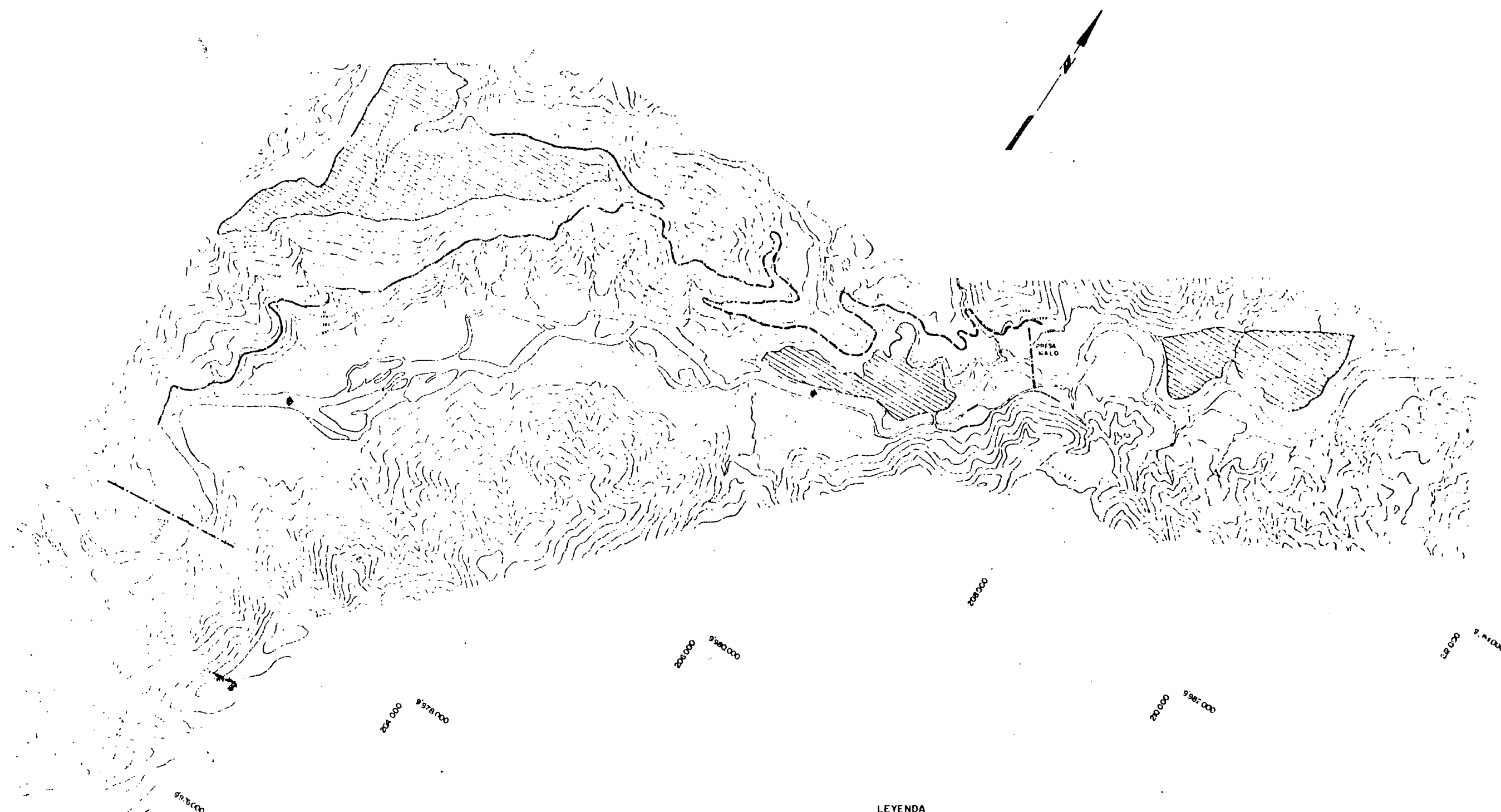


APROVECHAMIENTO	CARGA ANUAL DE SEDIMENTOS
ASILADO	$6.755 \times 10^6 \text{ m}^3$
INTEGRADO	$782 \times 10^6 \text{ m}^3$



FLUCTUACION DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN EL SITIO DE PRESA SALADO, VALORES TRANSPUESTOS DESDE LA EST FLUVIOMETRICA SAN RAFAEL

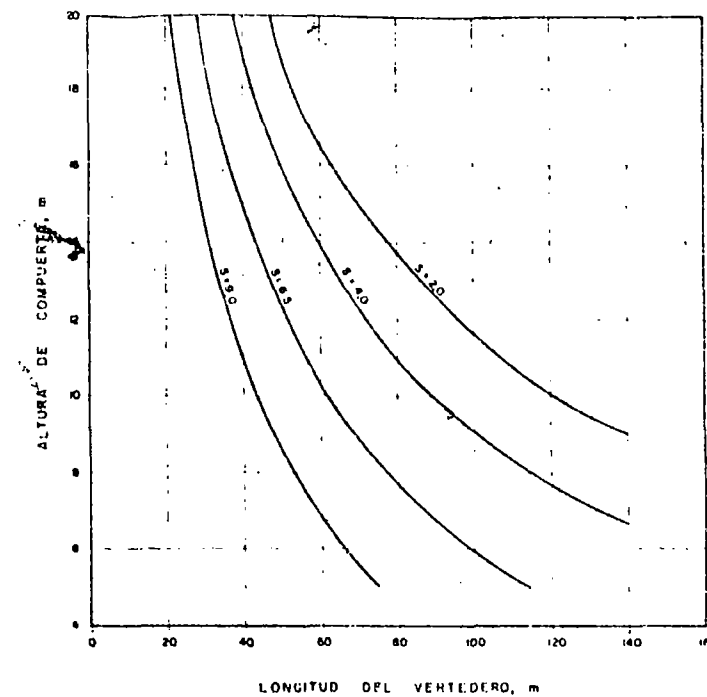
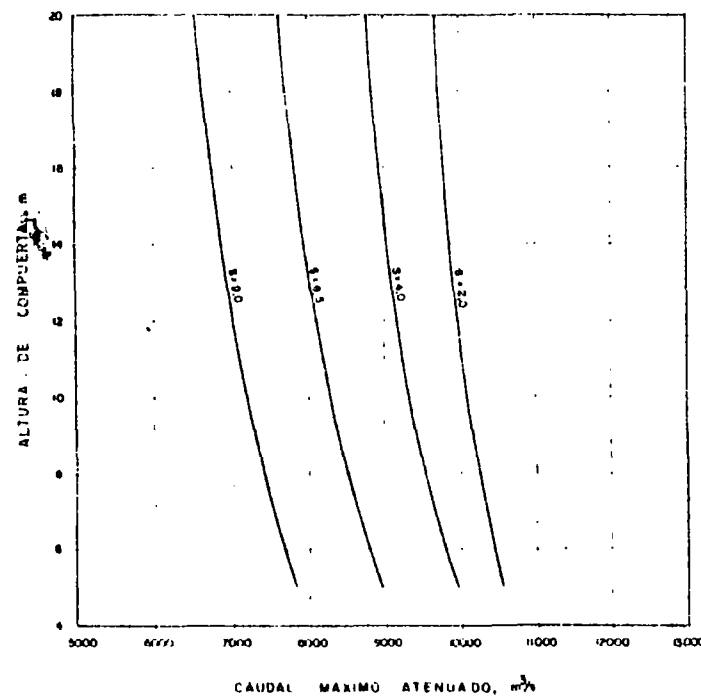




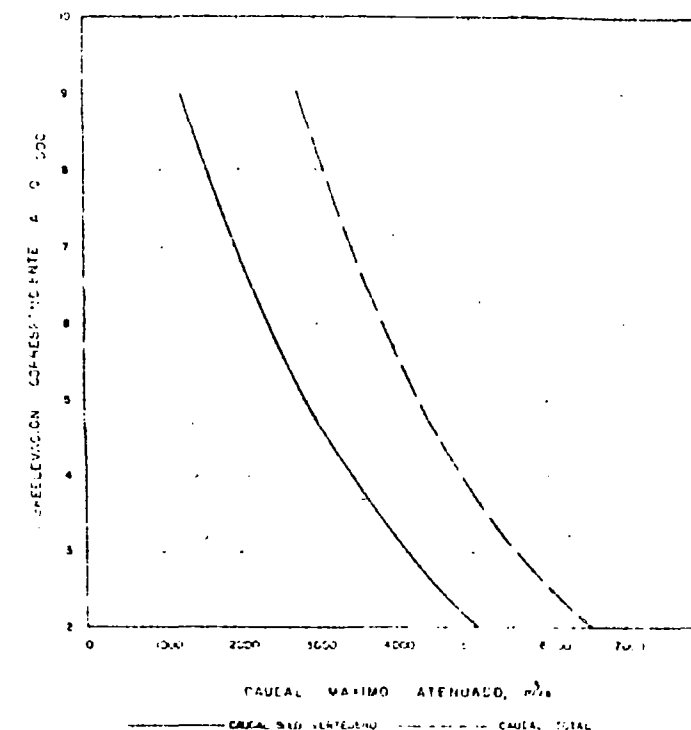
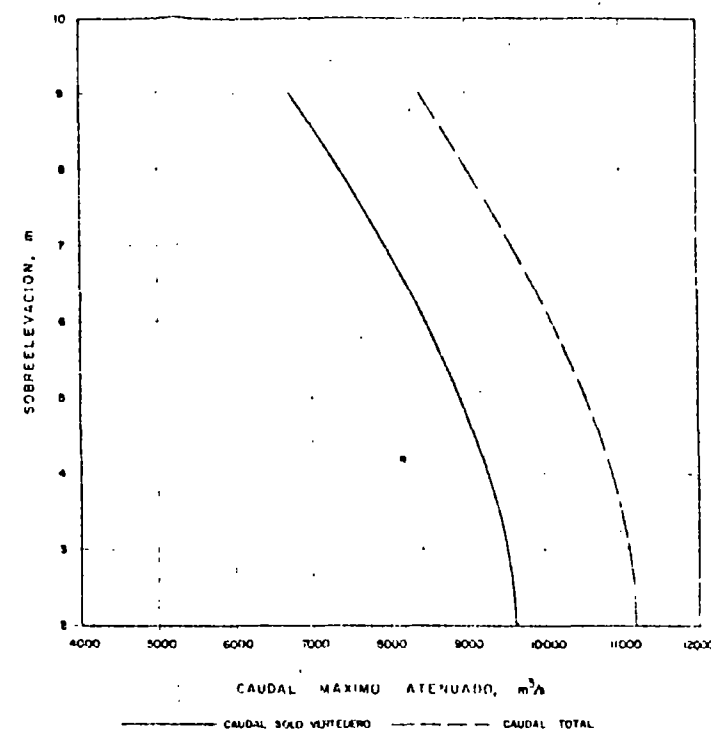
LEYENDA

CARRETERA SALADO-CAMPAMENTO

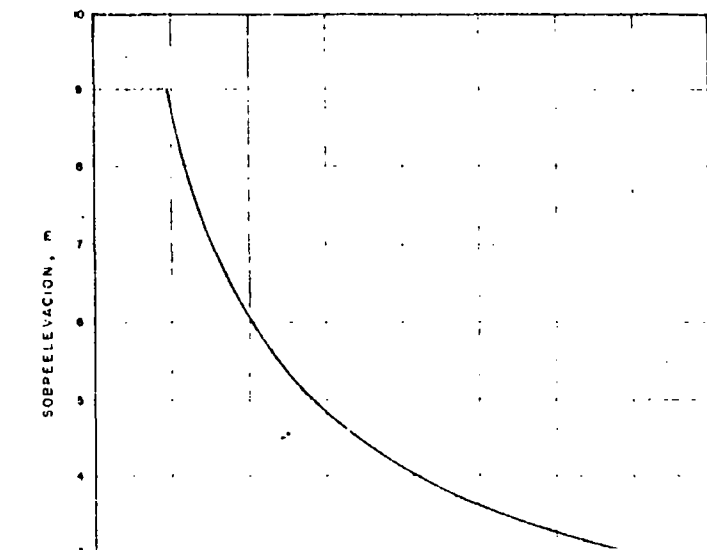
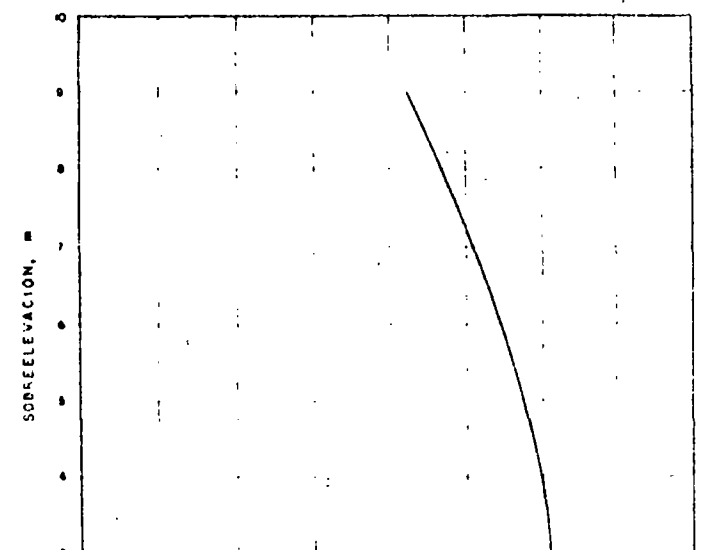
VERTEDERO CON COMPUERTAS NO COMBINADO CON DESCARGA AUXILIAR
ATENUACION DE LA CRECIENTE DIEZMILENARIA



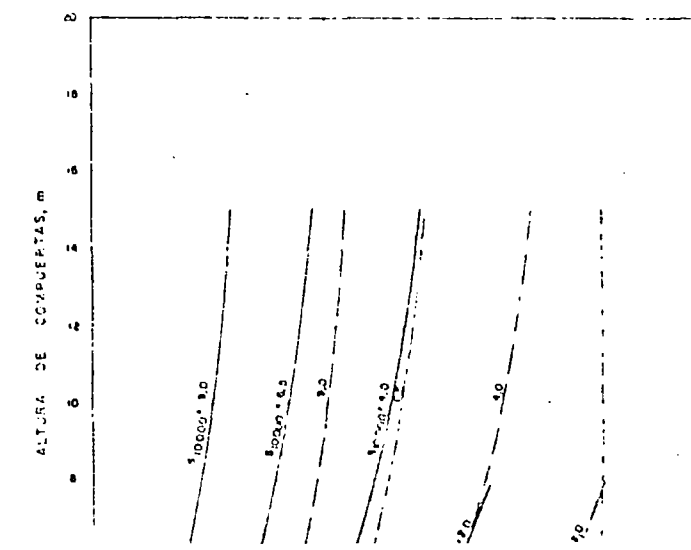
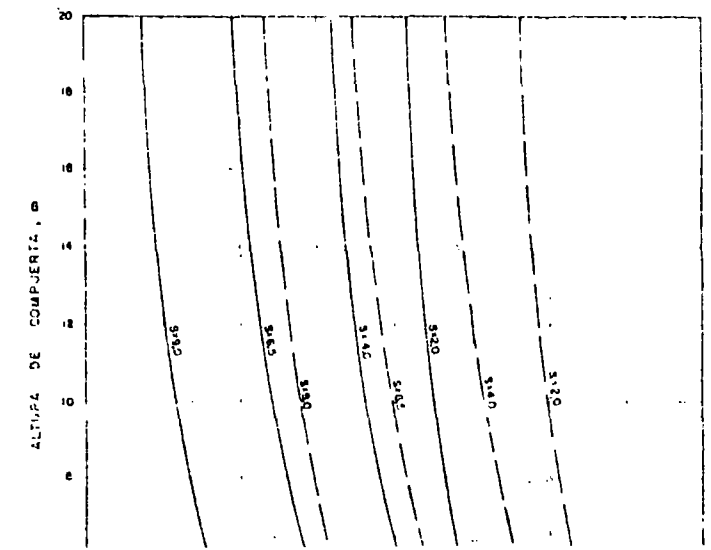
VERTEDERO LIBRE COMBINADO CON DESCARGA AUXILIAR
ATENUACION DE LA CRECIENTE DIEZMILENARIA

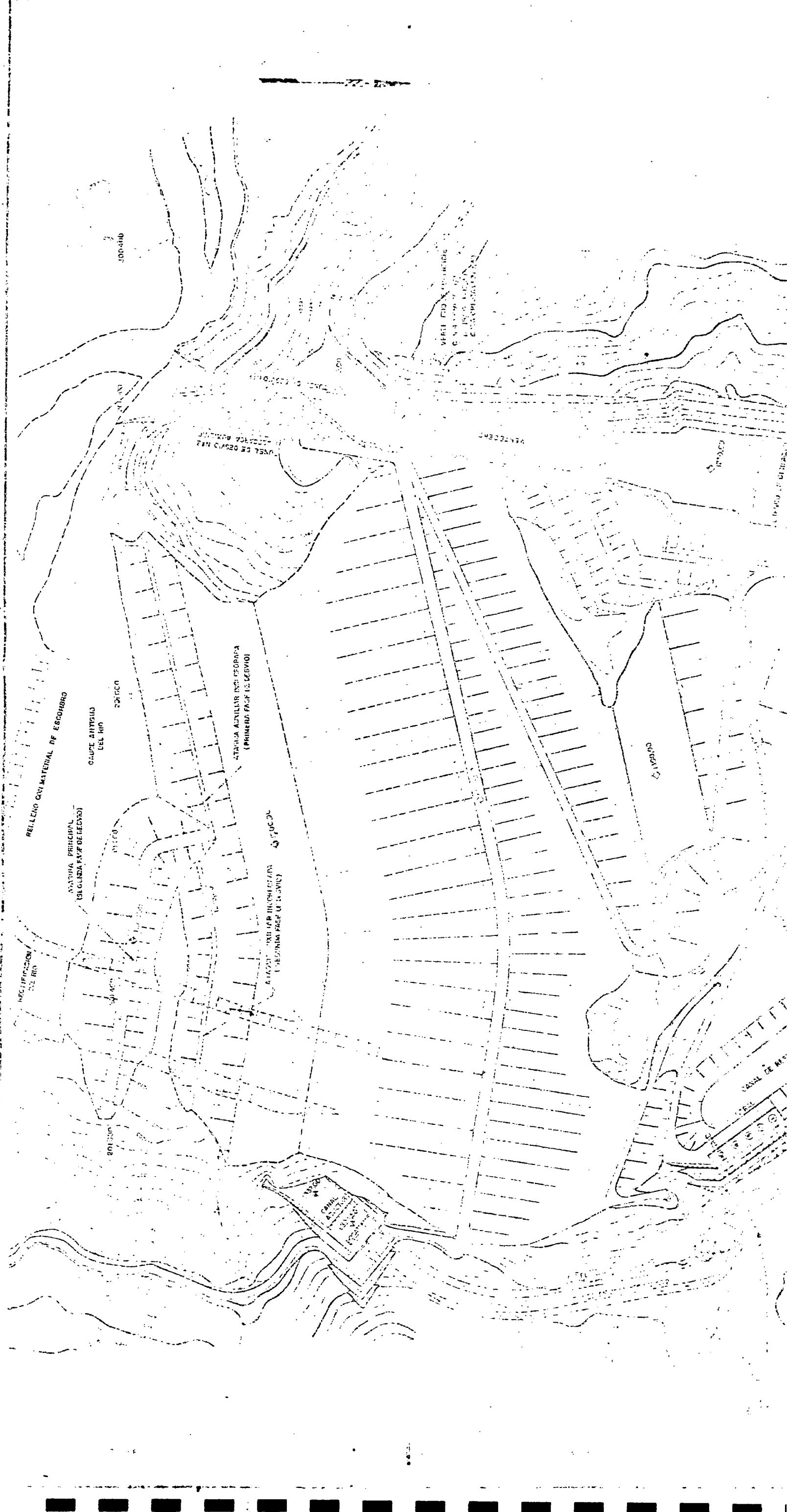


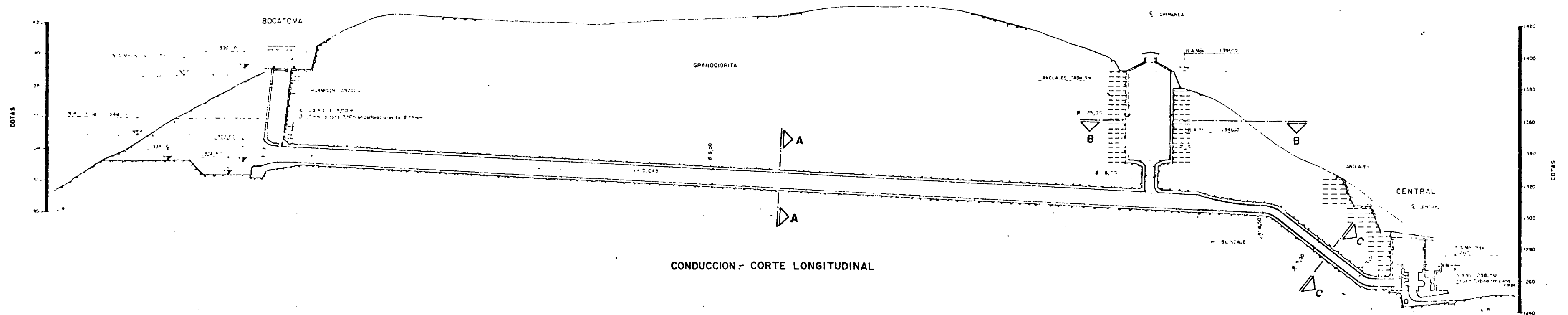
VERTEDERO LIBRE NO COMBINADO CON DESCARGA AUXILIAR
ATENUACION DE LA CRECIENTE DIEZMILENARIA



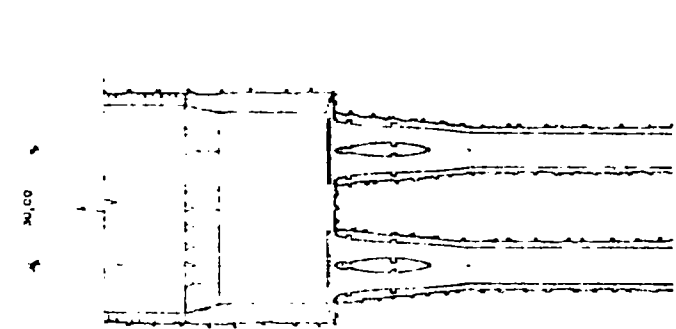
VERTEDERO CON COMPUERTAS COMBINADO CON DESCARGA AUXILIAR
ATENUACION DE LA CRECIENTE DIEZMILENARIA



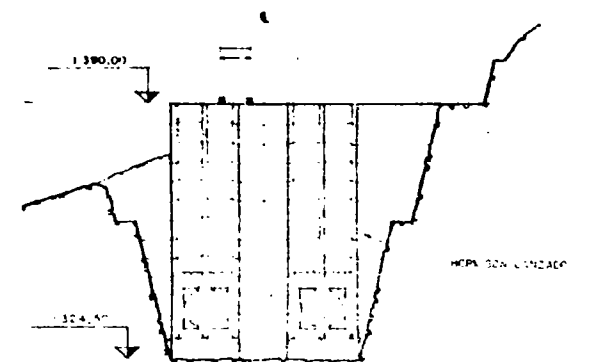




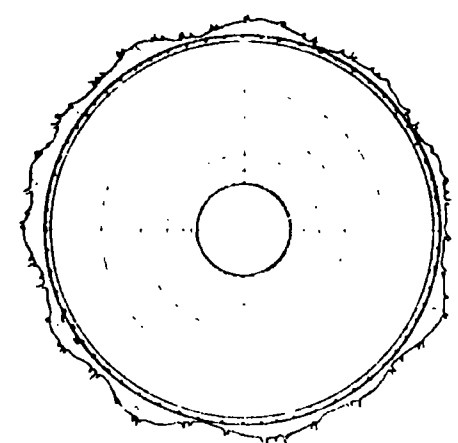
CONDUCCION - CORTE LONGITUDINAL



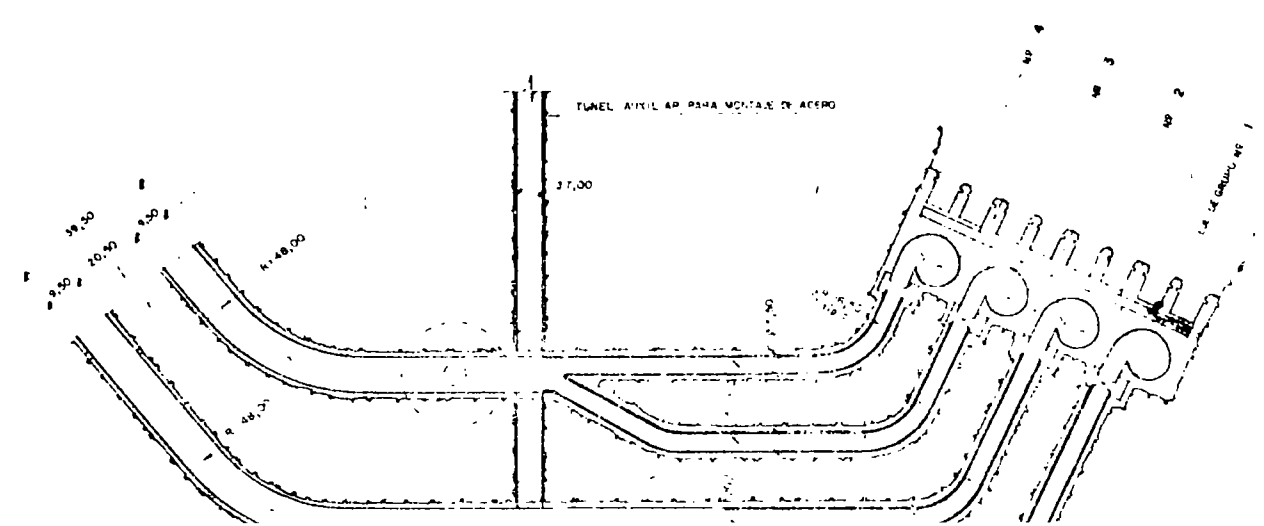
BOCATOMA - CORTE HORIZONTAL



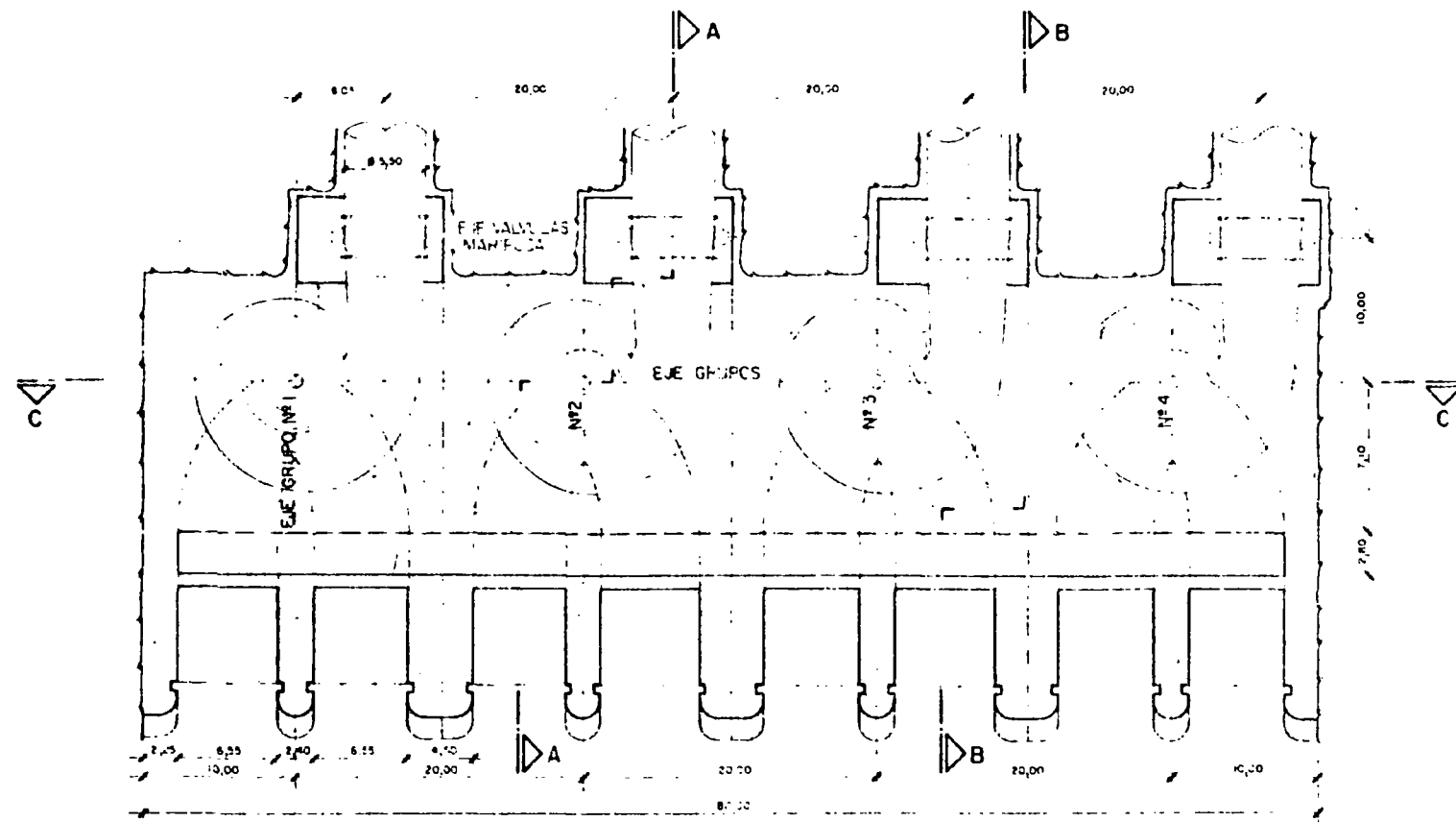
BOCATOMA - VISTA FRONTAL



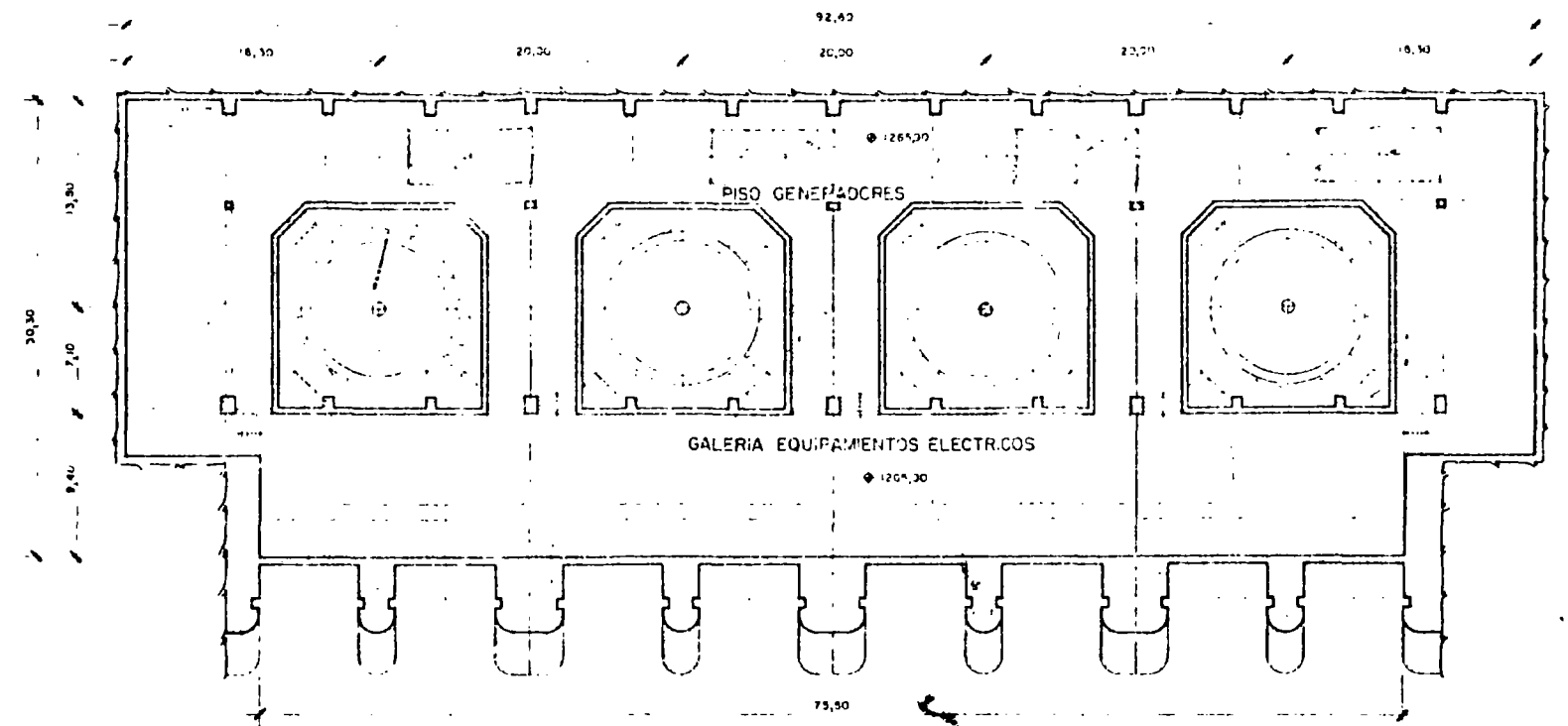
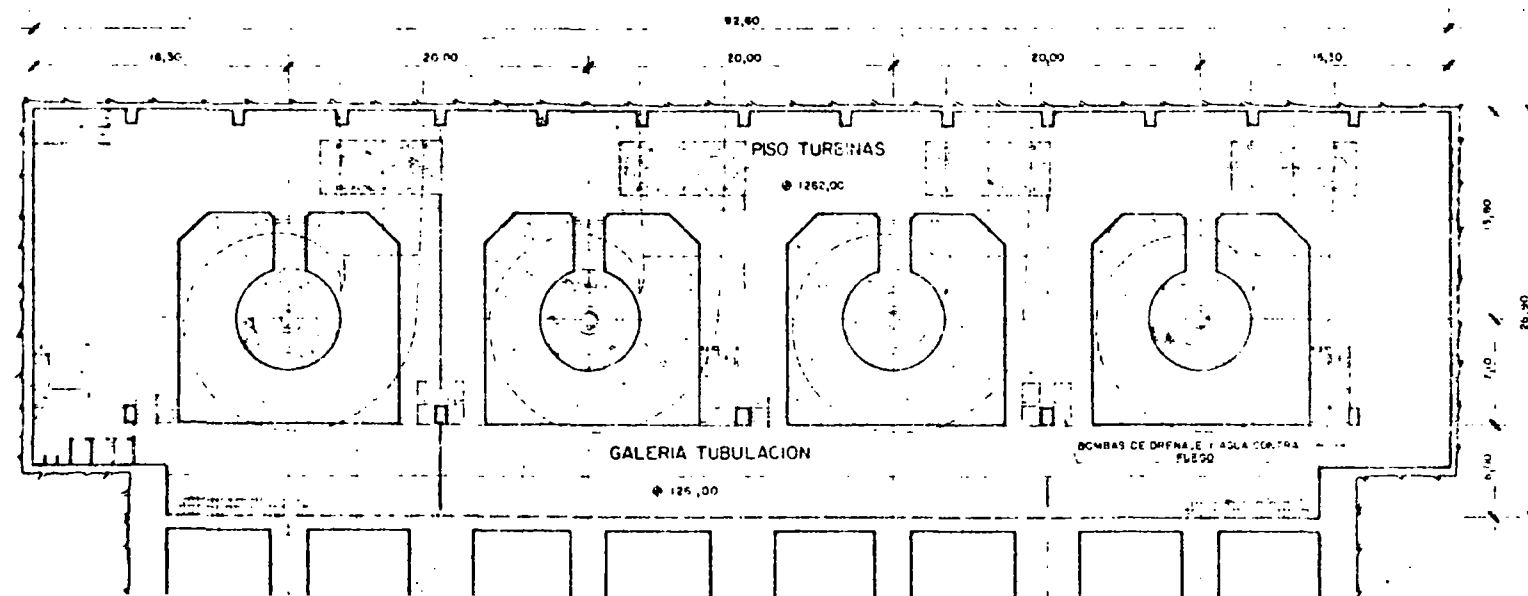
CORTE B-B



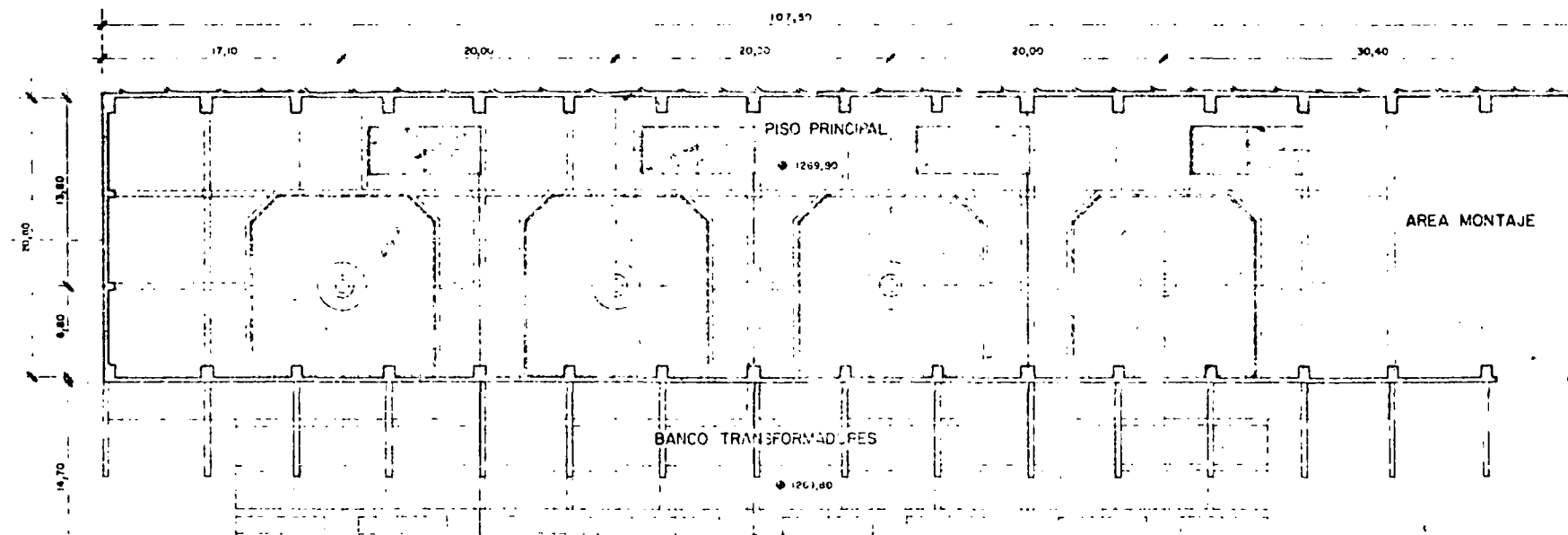
BOCATOMA - VISTA FRONTAL



CORTE HORIZONTAL POR LA CAMARA ESPIRAL



PISO GENERADORES



CHIMENEA DE
EQUILIBRIO

TUNEL DE DESVIO

BOCATOMAS

CANAL
CONDUCTOR

ATAGUIA AUXILIAR INCORPORADA
(SEGUNDA FASE DE DESVIO)

1300.00

1300.00

1250.00

ATAGUIA AUXILIAR INCORPORADA
(PRIMERA FASE DE DESVIO)

CAUCE ANTIGUO
DEL RIO

HELLENO CON MATERIAL DE ESCORRO

RECTIFICACION
DEL RIO

TUNEL DE DESVIO N°2
Y DE CARGA AUXILIAR

TUNEL DE DESVIO N°1

VERTICE EN SUPERFICIE
CON 4 CUMPUERTAS
A 1500 H.M.S.
COTA CREST 13.70 M.

VERTICE

1230.00

CUENCO DE DISTRIBUCION

2014.00

2012.00

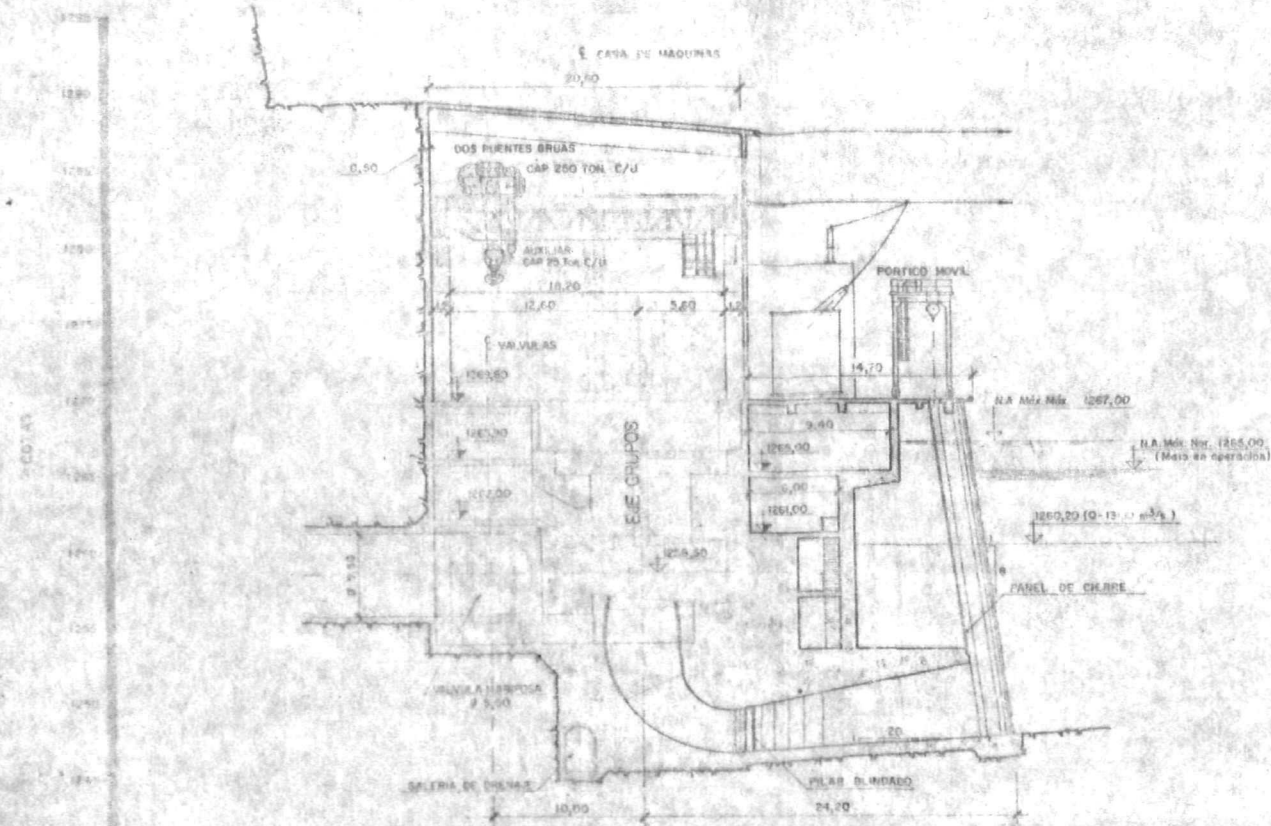
2012.00

2010.00

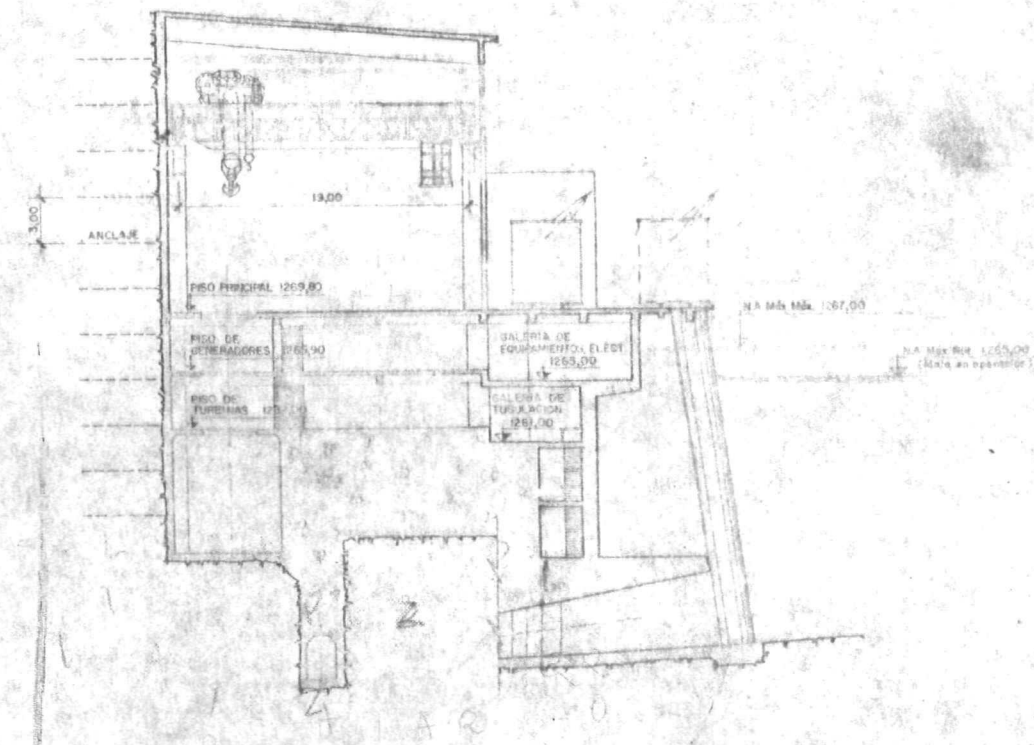
2008.00

2004.00

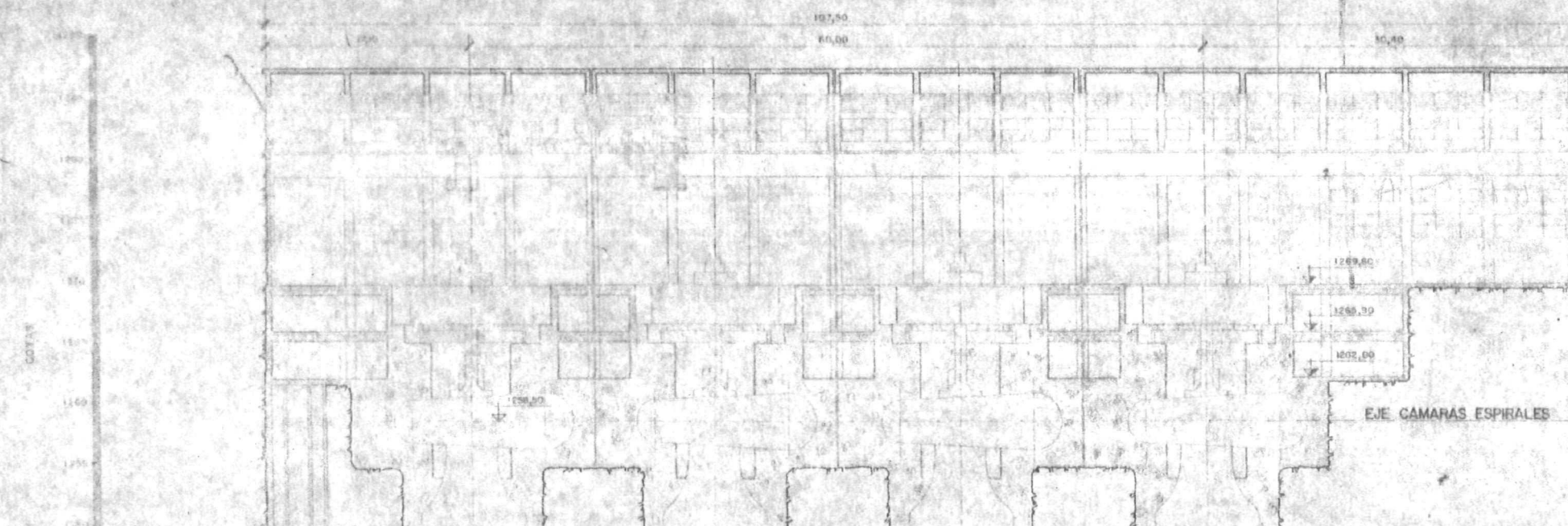
22

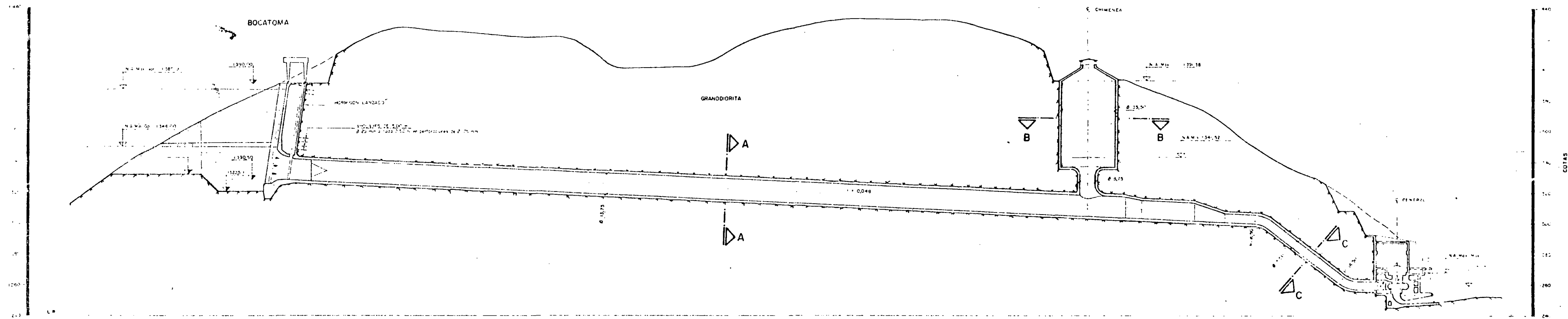


CORTE A-A

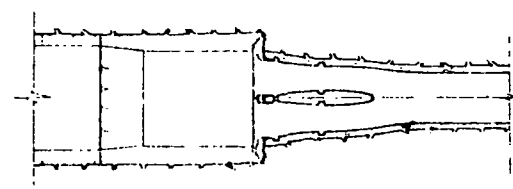


CORTE B-B

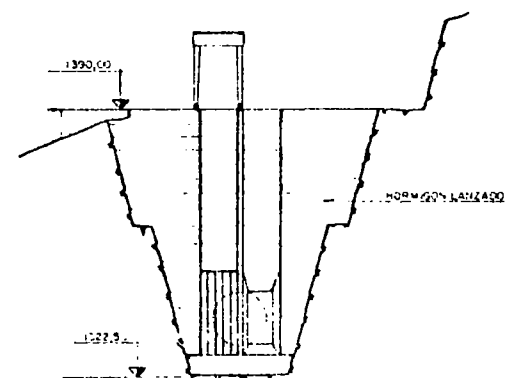




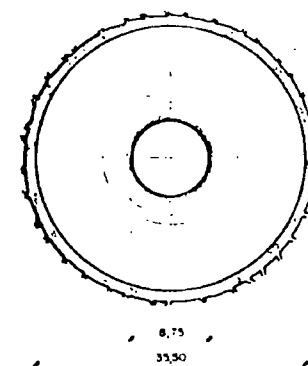
CONDUCCION.— CORTE LONGITUDINAL



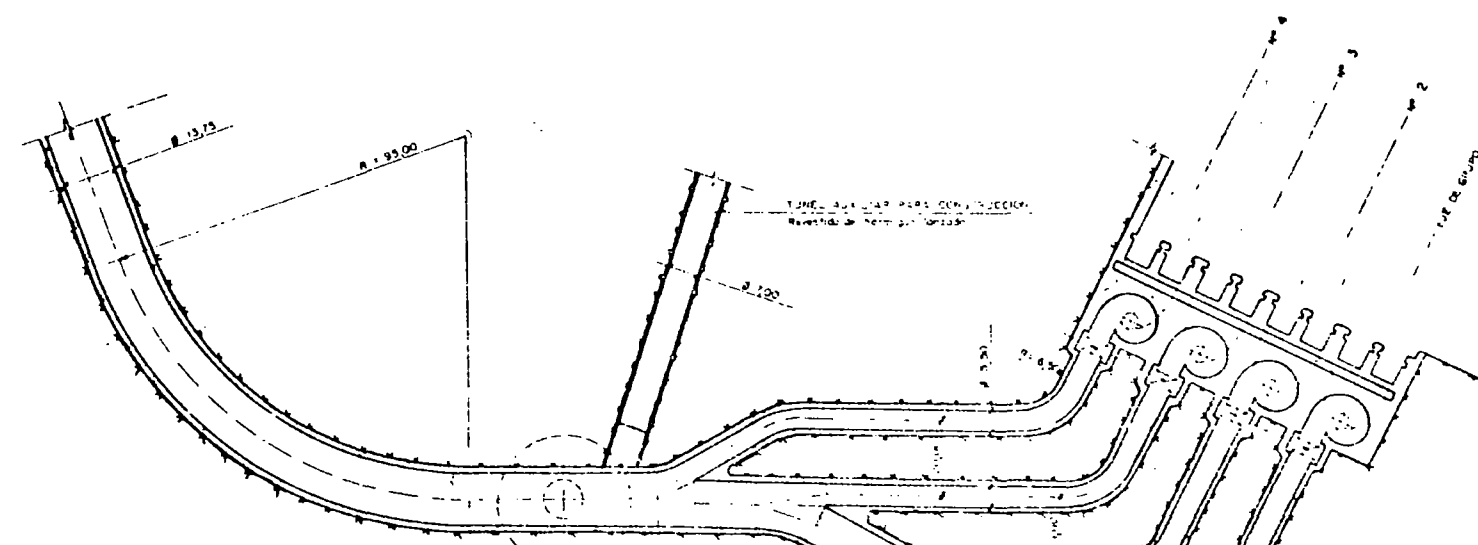
BOCATOMA.—CORTE HORIZONTAL

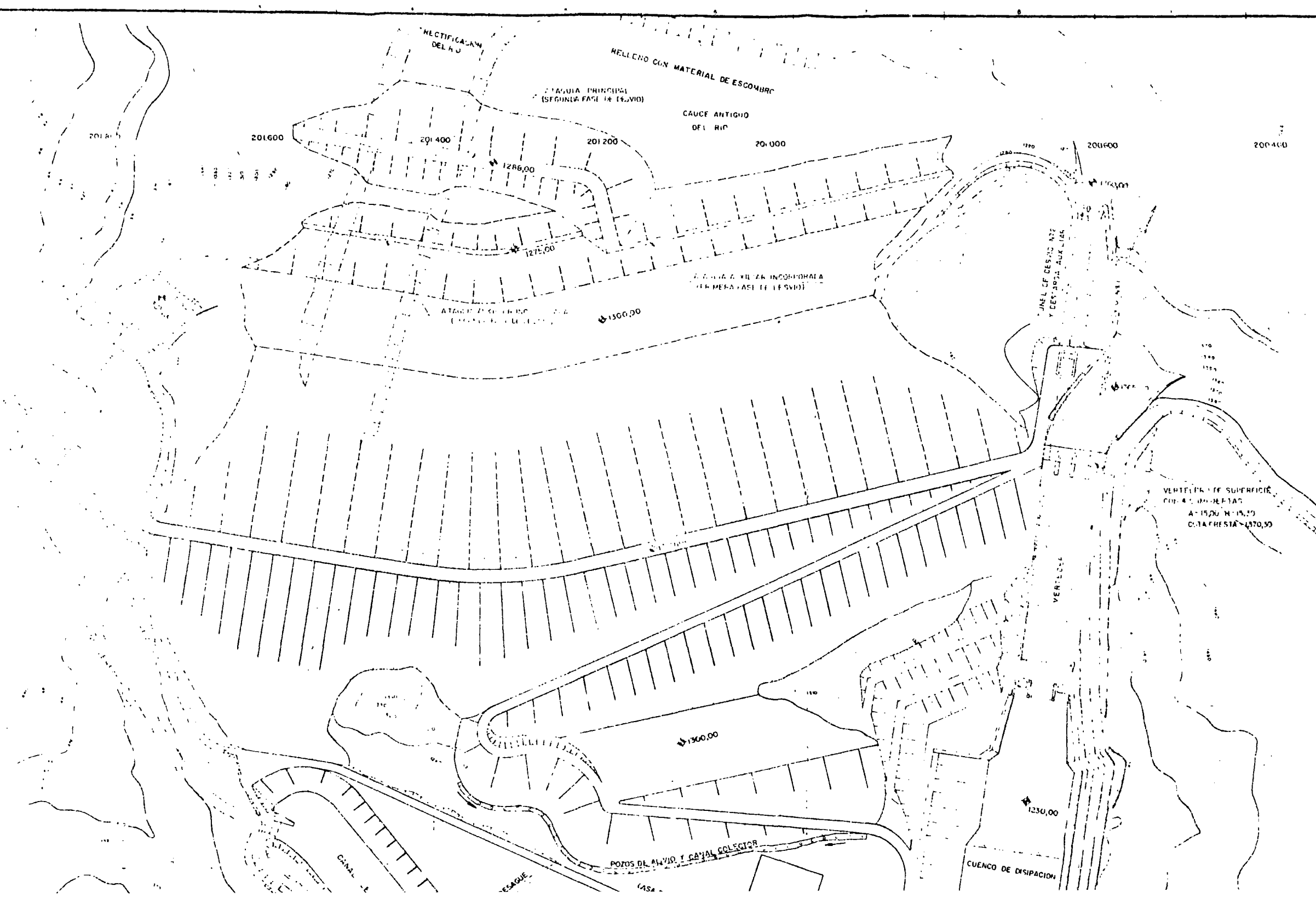


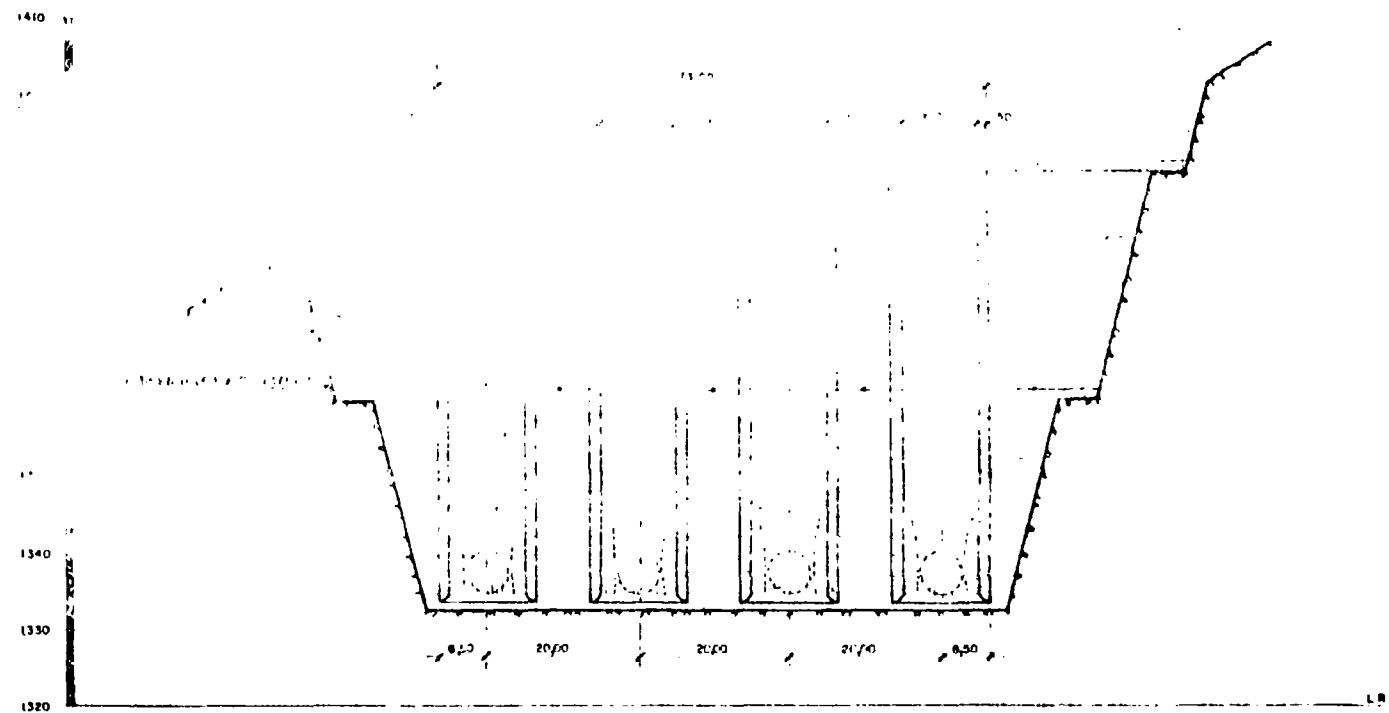
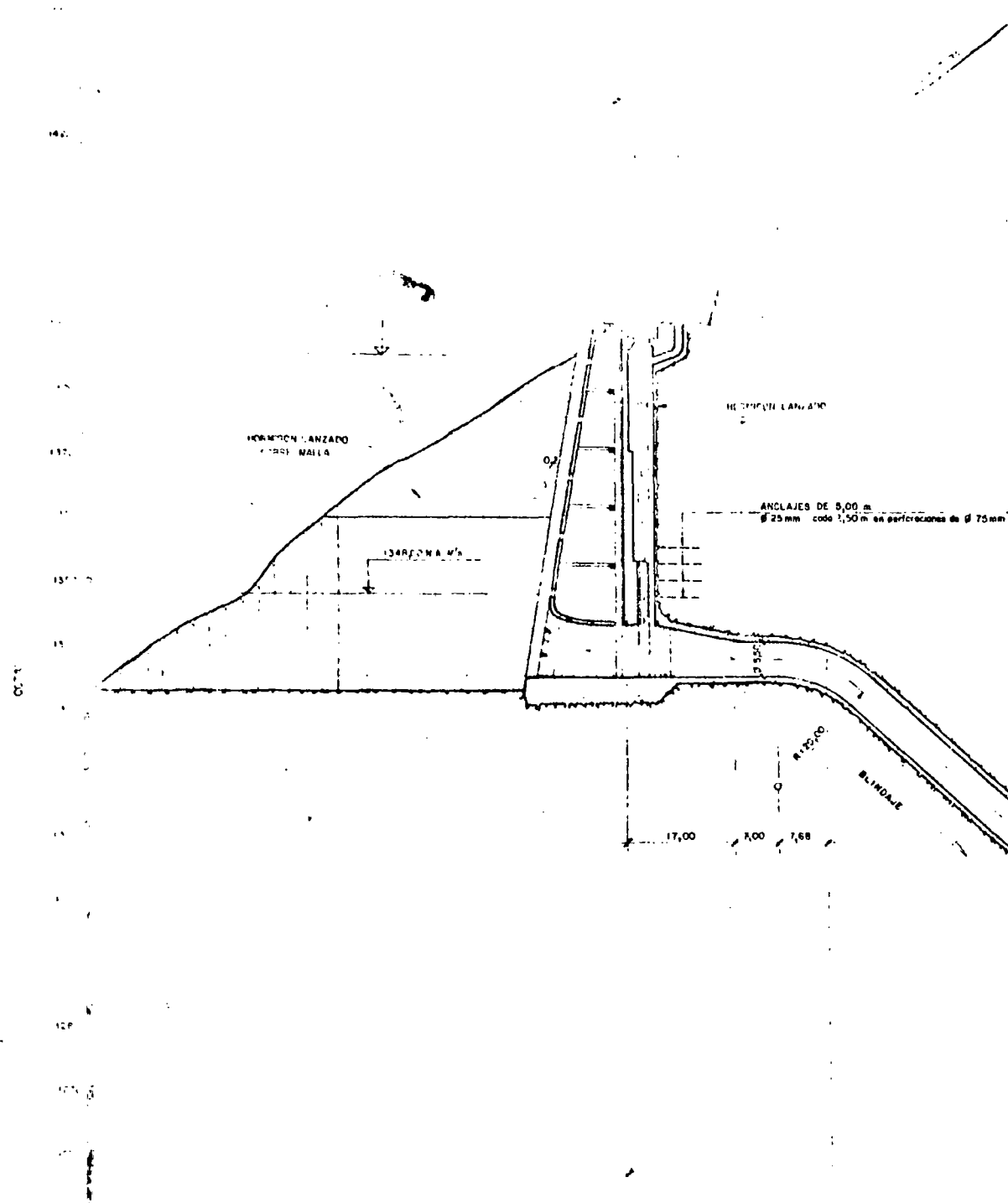
BOCATOMA.—VISTA FRONTAL



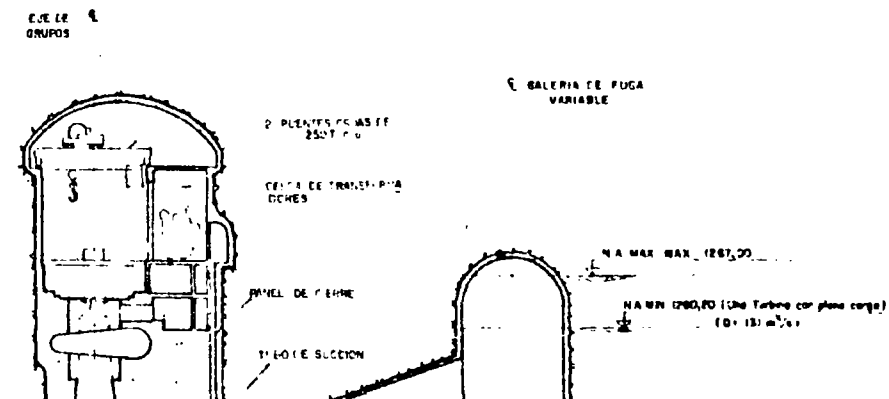
CORTE B-B



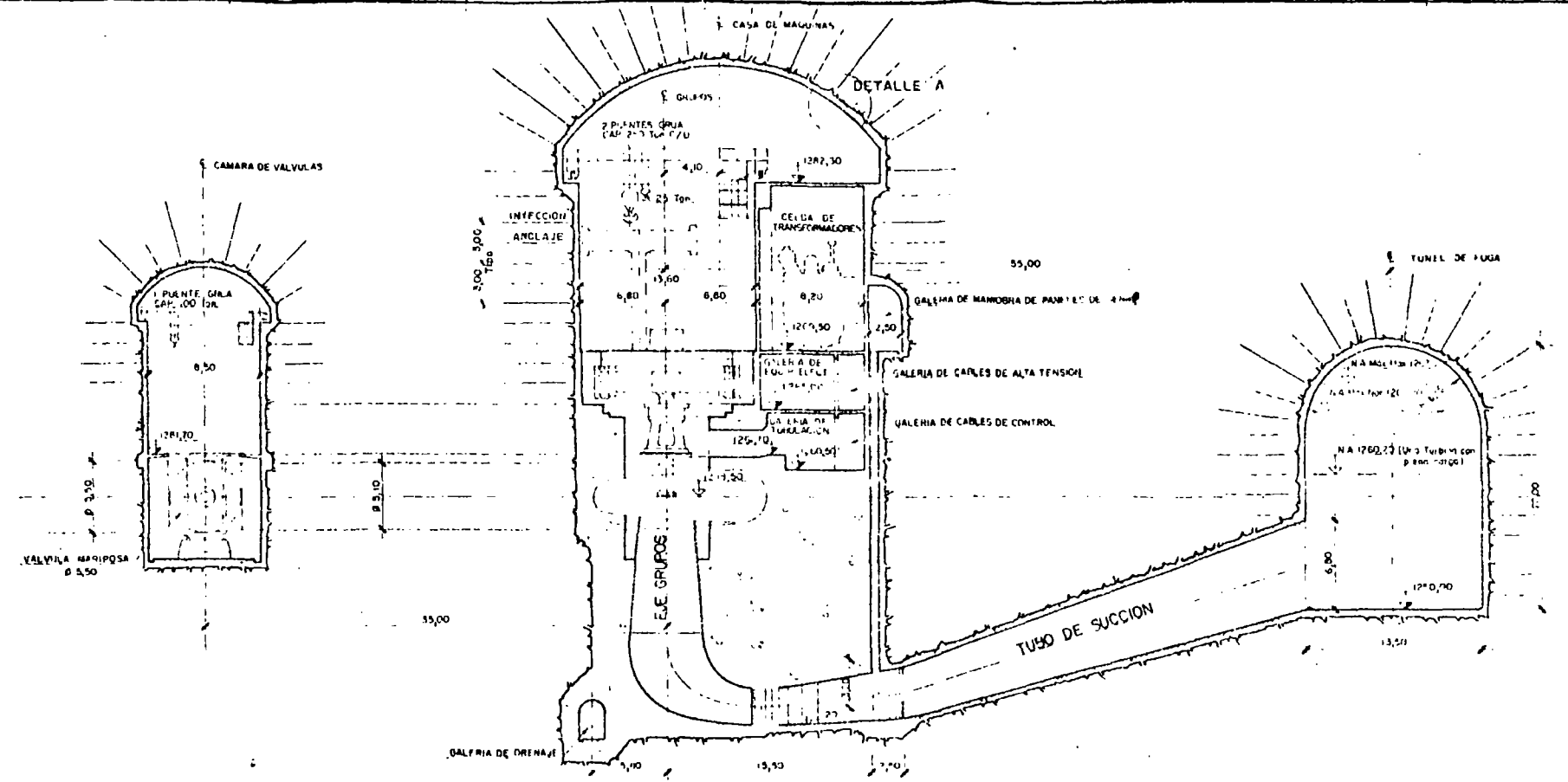




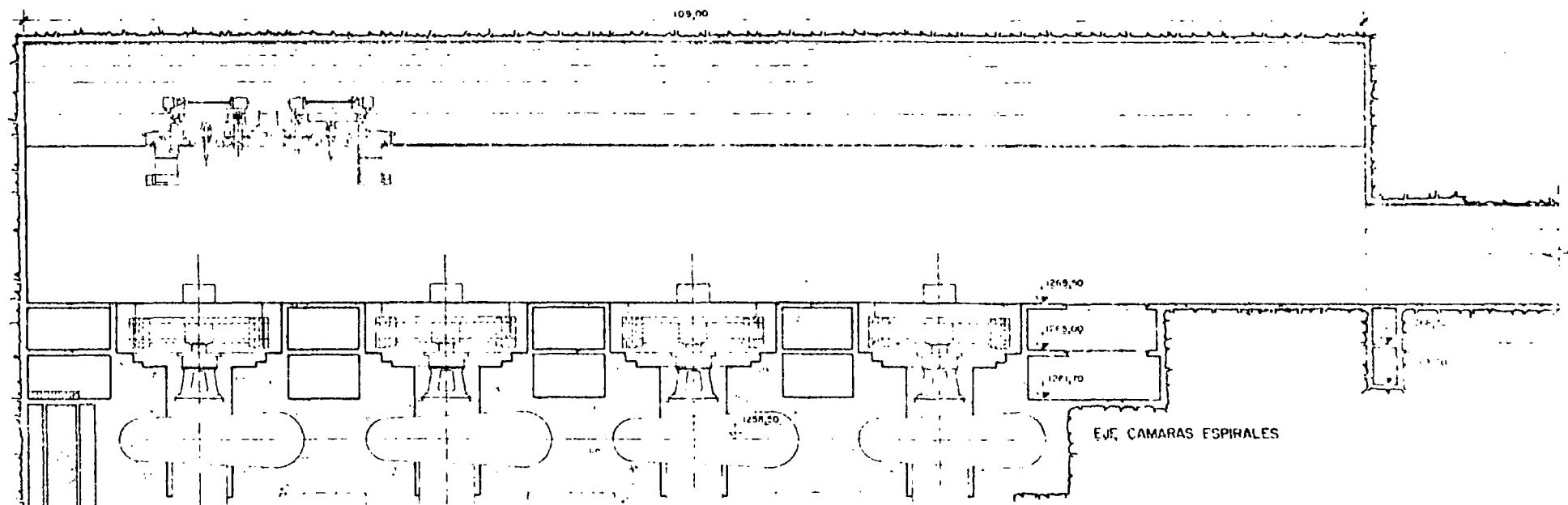
BOCATOMA - VISTA FRONTAL



COTAS
1295
1290
1285
1280
1275
1270
1265
1260
1255
1250
1245
1240
1235
1230
1225
1220
1215
1210
1205
1200
1195
1190
1185
1180
1175
1170
1165
1160
1155
1150
1145
1140
1135
1130
1125
1120
1115
1110
1105
1100
1095
1090
1085
1080
1075
1070
1065
1060
1055
1050
1045
1040
1035
1030
1025
1020
1015
1010
1005
1000
995
990
985
980
975
970
965
960
955
950
945
940
935
930
925
920
915
910
905
900
895
890
885
880
875
870
865
860
855
850
845
840
835
830
825
820
815
810
805
800
795
790
785
780
775
770
765
760
755
750
745
740
735
730
725
720
715
710
705
700
695
690
685
680
675
670
665
660
655
650
645
640
635
630
625
620
615
610
605
600
595
590
585
580
575
570
565
560
555
550
545
540
535
530
525
520
515
510
505
500
495
490
485
480
475
470
465
460
455
450
445
440
435
430
425
420
415
410
405
400
395
390
385
380
375
370
365
360
355
350
345
340
335
330
325
320
315
310
305
300
295
290
285
280
275
270
265
260
255
250
245
240
235
230
225
220
215
210
205
200
195
190
185
180
175
170
165
160
155
150
145
140
135
130
125
120
115
110
105
100
95
90
85
80
75
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0

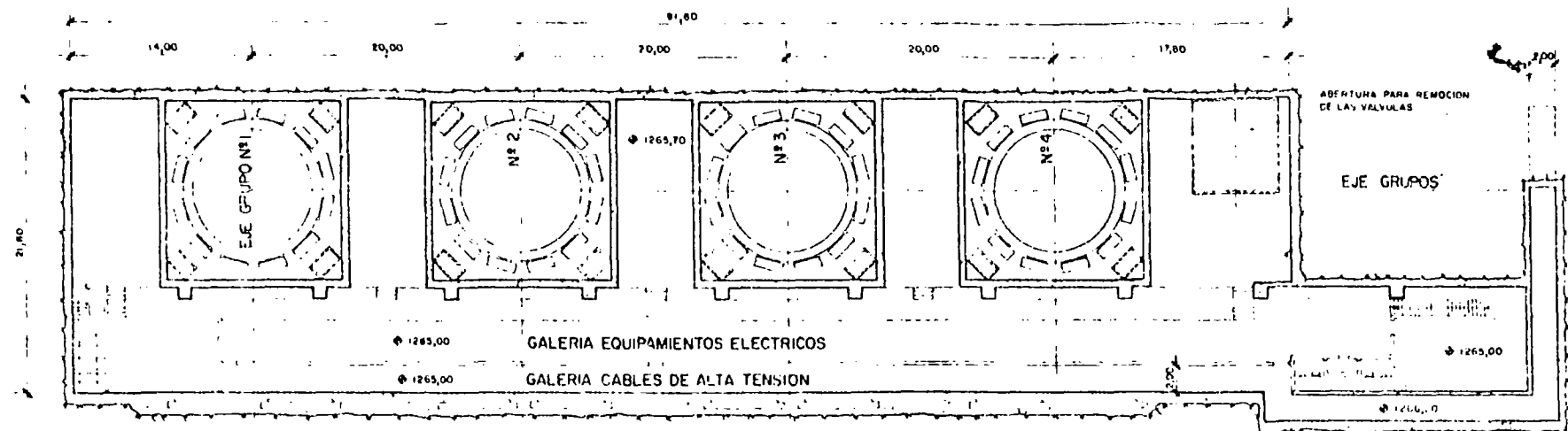


CORTE TRANSVERSAL

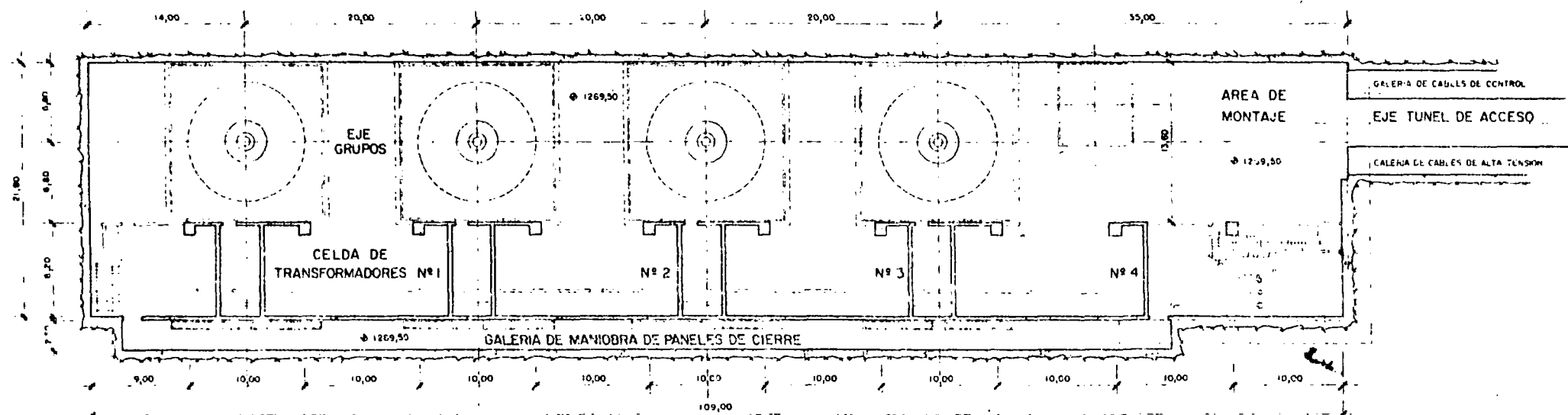


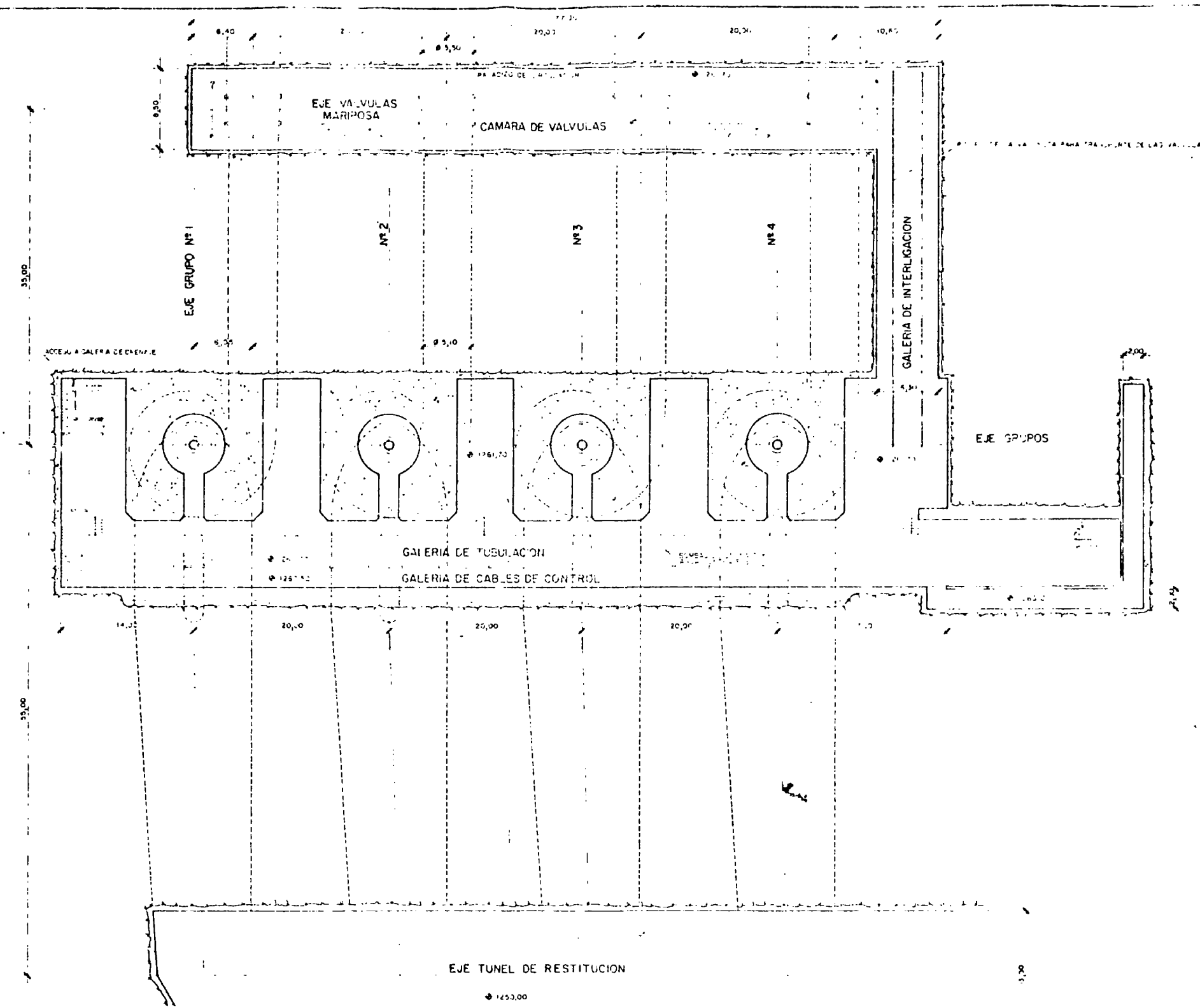
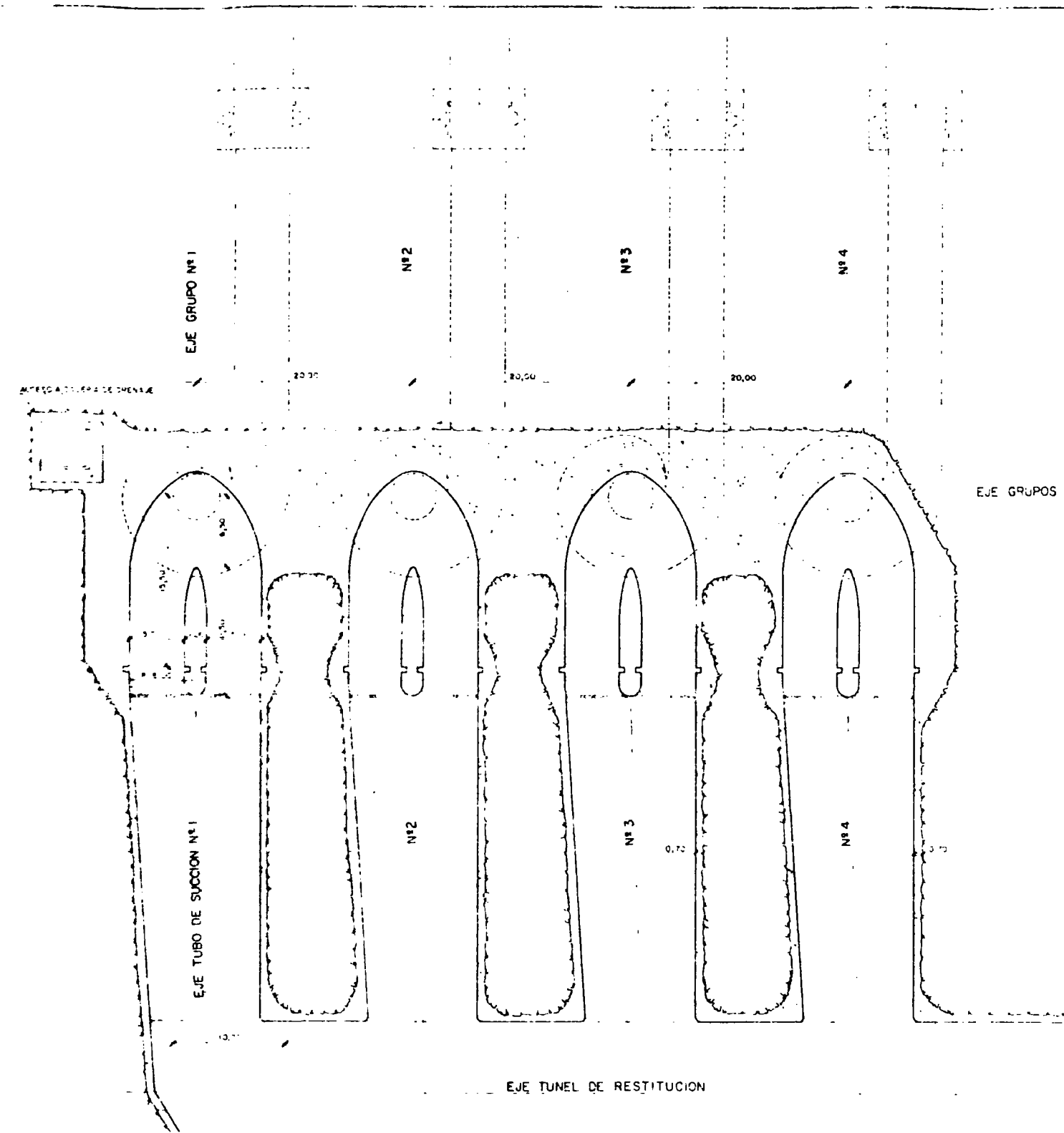
NOTA DE USO
"ANEXO" N. 106
1-80-11-10-10

DETALLE A



PISO GENERADORES





ALTERNATIVAS DE IMPLANTACIÓN DE OBRAS PRINCIPALES

ALIVIADERO PRINCIPAL

COMO ESTRUCTURA INDEPENDIENTE (CONSISTENTE EN CANAL O CANALES, A CIELO ABIERTO CON RÁPIDA)	SOBRE LA MARGEN IZQUIERDA	VERTEDERO RÁPIDA EN CANAL A CIELO ABIERTO DISIPADOR DE ENERGÍA	LIBRE TIPO POLIGONAL CON COMPUERTAS NO AUTOMÁTICAS AUTOMÁTICAS ADATIBLES ALINEAMIENTO RECTO LIGERAMENTE CURVO TRAMPOLÍN LANZADO AHOGADO A RESALTO HIDRÁULICO CON CUENCO DISIPADOR Y SOLERA INCLINADA CON COMPUERTAS NO AUTOMÁTICAS AUTOMÁTICAS ADATIBLES
	SOBRE LA MARGEN DERECHA CON CANAL DE ACCESO EXCAVADO EN ROCA	VERTEDERO LATERAL RÁPIDA EN CANAL A CIELO ABIERTO DISIPADOR DE ENERGÍA	ALINEAMIENTO RECTO LIGERAMENTE CURVO TRAMPOLÍN LANZADO AHOGADO A RESALTO HIDRÁULICO CON CUENCO DISIPADOR Y SOLERA INCLINADA
	UNA ESTRUCTURA SOBRE CADA UNA DE LAS MARGENES	COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS SIMILARES A LAS DE LOS CASOS ANTERIORES, PERO DE MENORES CAPACIDADES DE DISEÑO	
COMO ESTRUCTURA COMBINADA QUE UTILIZA, EN PARTE, A UNO DE LOS TÚNELES DE DESVÍO UBICADOS EN LA MARGEN DERECHA	COMBINACIÓN DE ALIVIADERO TIPO FONTANA CONECTADO AL MAYOR DE LOS TÚNELES DE DESVÍO Y UN ALIVIADERO EN CANAL A CIELO ABIERTO CON RÁPIDA		
	COMBINACIÓN DE ALIVIADERO TIPO FONTANA CONECTADO AL MAYOR DE LOS TÚNELES DE DESVÍO Y UN ALIVIADERO CONECTADO AL CANAL DE CARGA DE LA CENTRAL		
			ALIVIADERO EN CANAL CON RÁPIDA EN LA MARGEN IZQUIERDA DERECHA ALIVIADERO UBICADO AL FINAL DEL CANAL DE CARGA. ES DE EMERGENCIA Y DESCARGA A UNA QUEBRADA ES EL PRINCIPAL Y CONSISTE EN UNA ESTRUCTURA QUE PASA POR ENCIMA DE LA CENTRAL

OBRA DE DESCARGA AUXILIAR

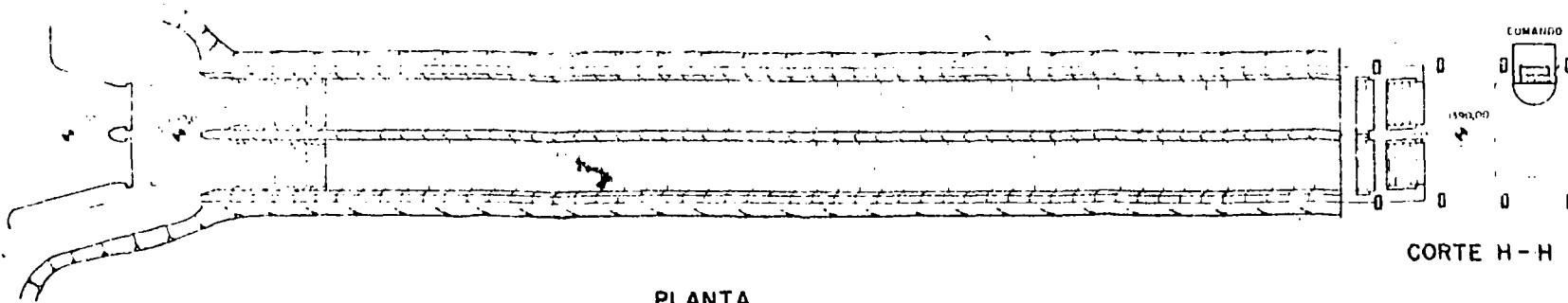
COMO ESTRUCTURA INDEPENDIENTE UBICADA EN LA MARGEN IZQUIERDA.	EN CANAL A CIELO ABIERTO ADYACENTE AL ALIVIADERO CON COMPUERTAS DE FONDO A LA ENTRADA Y FLUJO A SUPERFICIE LIBRE
COMO ESTRUCTURA COMBINADA CON OBRAS DE GENERACIÓN UBICADAS EN LA MARGEN DCHA.	EN TÚNEL A TRAVÉS DEL MACIZO DE LA MARGEN IZQ. COMBINADO CON RÁPIDA A SUR LIBRE EN CONDUCTO EXCAVADO A CIELO ABIERTO PARA PASO POR DEBAJO DEL CUERPO DE LA PRESA UTILIZANDO EL MENOR DE LOS TÚNELES DE DESVÍO (EL QUE SE APROVECHA, TAMBIÉN, COMO DESCARGADOR DE FONDO) TÚNEL A PARTIR DEL CANAL QUE ALIMENTA A LA CÁMARA DE CARGA DE LA CENTRAL

OBRAS DE GENERACIÓN, UBICADAS EN MARGEN DERECHA

CENTRAL EXTERIOR, TUBERÍAS DE BAJA PRESIÓN EN TÚNEL CON REVESTIMIENTO DE HORMIGÓN Y TUBERÍAS DE ALTA PRESIÓN EXTERIORES	DOS TÚNELES DE BAJA PRES. Y CUATRO TUB. DE ALTA PRESIÓN	CON TOMA EN TORRE SEMIEMPOTRADA EN LA ROCA Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO (TIPO ORIFICIO RESTRINGIDO) CON TOMA EN TORRE SEMIEMPOTRADA EN LA ROCA SIN CHIMENEA DE EQUILIBRIO	TUBERÍAS DE PRESIÓN EN TRINCHERA Y EMPOTRADAS EN NORM. IDEM. SOBRE APOYOS	PROYECTADOS DE DISTINTO DIÁMETRO Y UTILIZADOS AMBOS COMO OBRAS DE DESCARGA	EL MAYOR UTILIZADO COMO ALIVIADERO AUXILIAR CONECTADO A UN VERTEDERO FONTANA FUNCIONANDO A SUPERFICIE LIBRE Y DIMENSIONADO PARA UNA CAPACIDAD IGUAL A LA DIFERENCIA ENTRE LA CRESCIENTE MÁXIMA PROBABLE Y LA CAPACIDAD DE DESCARGA DEL VERTEDERO DE SUPERFICIE Y EL DESCARGADOR AUXILIAR - DESAGÜE DE FONDO. EL MENOR APROVECHADO COMO DESCARGA AUXILIAR PARA ASEGURAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA CENTRAL DEL CODO Y COMO DESCARGADOR DE FONDO.
	UN TÚNEL DE BAJA PRES. Y CUATRO TUB. DE ALTA PRESIÓN	CON TOMA INCLINADA PROVISTA DE REJAS Y PALANQUES Y POZO DE COMPUERTAS QUE ACTÚA COMO CHIMENEA DE EQUILIBRIO		PROYECTADOS DE DISTINTO DIÁMETRO Y UTILIZADO UNO COMO OBRA DE DESCARGA	EL MAYOR NO UTILIZADO PARA OTRO FIN QUE EL CONSTRUCTIVO. PROVISTO DE REVESTIMIENTO DE GUNITE. EL MENOR UTILIZADO COMO DESCARGADOR DE FONDO Y OBRA DE DESCARGA AUXILIAR PARA FUNCIONAMIENTO DE LA CENTRAL DEL CODO.
CON ADUCCIÓN DE BAJA PRESIÓN EN CANAL A CIELO ABIERTO, CÁMARA DE CARGA Y TUBERÍAS DE PRESIÓN EN TÚNEL BLINDADO. CANAL APROVECHADO COMO CANAL DE ACCESO A ALIVIADERO	CENTRAL SEMIEMPOTRADA EN LA ROCA, TUBERÍAS DE PRESIÓN EN TÚNEL BLINDADO INCLINADOS 42° Y CANAL DE RESTITUCIÓN A CIELO ABIERTO EXCAVADO EN LA ROCA				
	ALIVIADERO DE SUPERFICIE VERTEDERO LATERAL	COMO VERTEDERO DE EMERGENCIA DESCARGANDO EN LA QUEBRADA UBICADA AGUAS ABAJO PRINCIPAL DESCARGANDO POR ARRIBA DEL TECHO DE LA CENTRAL			
DESCARGADOR AUXILIAR	DESCARGADOR AUXILIAR	COMO ESTRUCTURA INDEPENDIENTE APROVECHANDO EL CANAL DE ACCESO A LA CÁMARA DE CARGA DE LA CENTRAL APROVECHANDO UNO DE LOS TÚNELES DE DESVÍO (PROYECTADO DE MENOR DIÁMETRO) ESTE TÚNEL TAMBIÉN SE UTILIZA COMO DESCARGADOR DE FONDO			
	CENTRAL SUBTERRÁNEA, ALIVIADERO DE SUPERFICIE, VERTEDERO LATERAL	TUBERÍAS DE PRESIÓN EN POZO BLINDADO VERTICAL Y TÚNELES DE RESTITUCIÓN INDEPENDIENTES			
DESCARGADOR AUXILIAR	DESCARGADOR AUXILIAR	COMO VERTEDERO DE EMERGENCIA DESCARGANDO EN LA QUEBRADA UBICADA AGUAS ABAJO PRINCIPAL DESCARGANDO POR ARRIBA DEL TECHO DE LA CENTRAL			
	DESCARGADOR AUXILIAR	COMO ESTRUCTURA INDEPENDIENTE APROVECHANDO EL CANAL DE ACCESO A LA CÁMARA DE CARGA DE LA CENTRAL APROVECHANDO UNO DE LOS TÚNELES DE DESVÍO (PROYECTADO DE MENOR DIÁMETRO) ESTE TÚNEL TAMBIÉN SE UTILIZA COMO DESCARGADOR DE FONDO			

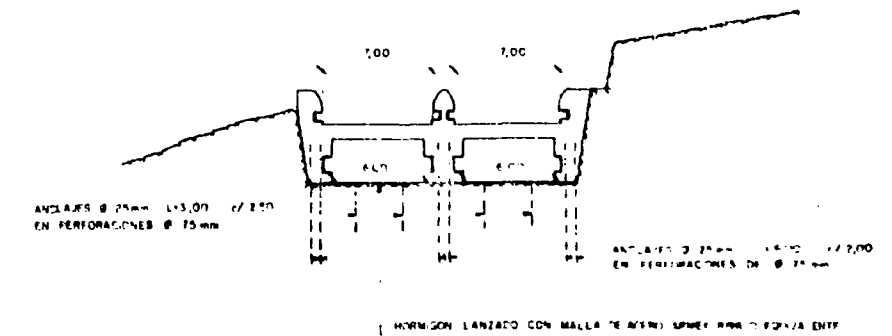
TÚNELES DE DESVÍO (DOS)

IDEM.

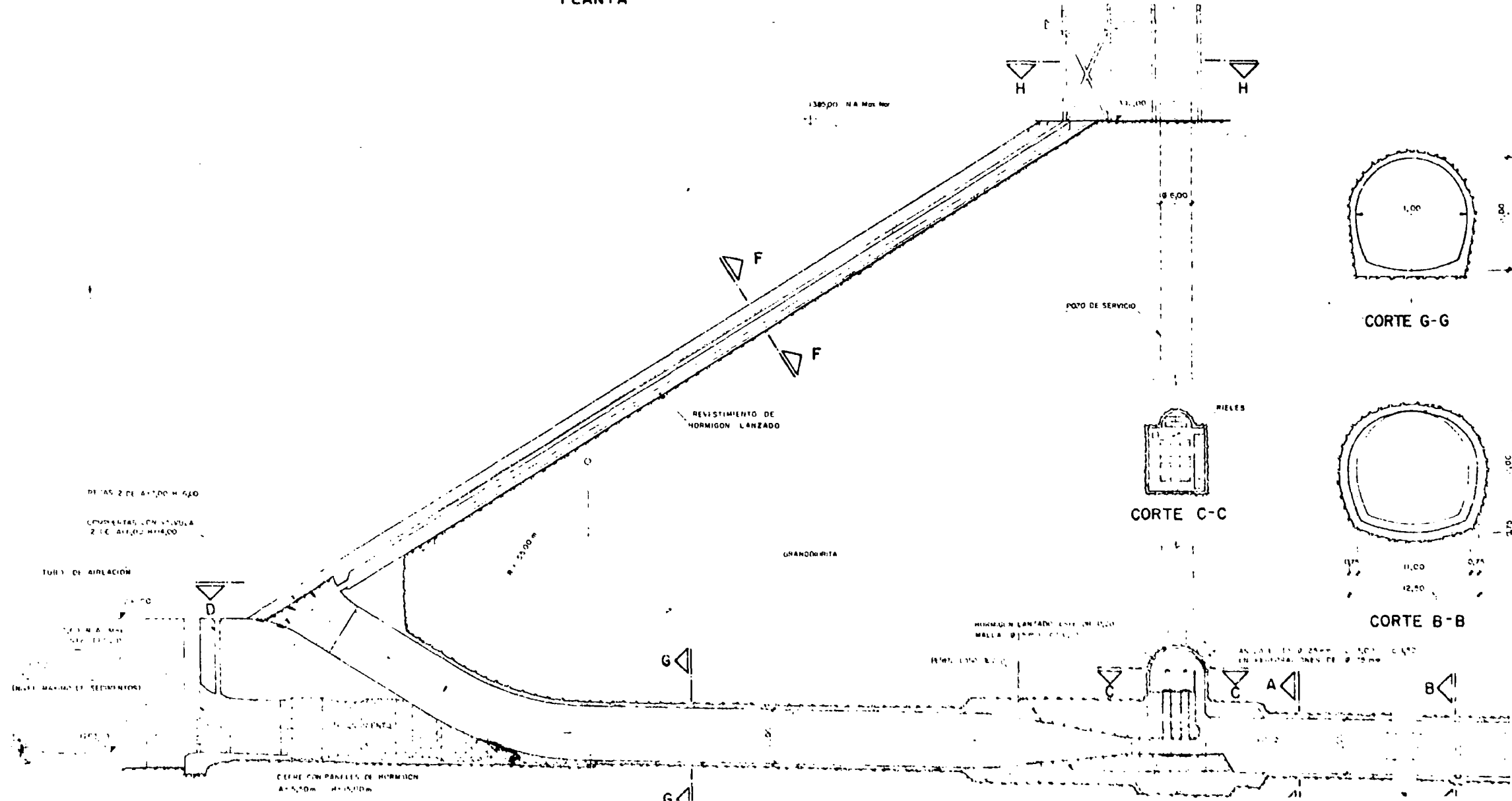


PLANTA

CORTE H-H



CORTE F-F



CORTE G-G

CORTE A-A

CORTE C-C

CORTE B-B

DETALLE I

COTAS

DE LAS 2 DE ALTURA 6,40
COMENTAR: CON ALTURA
2 DE ALTURA 6,40

TUBOS DE AERACION

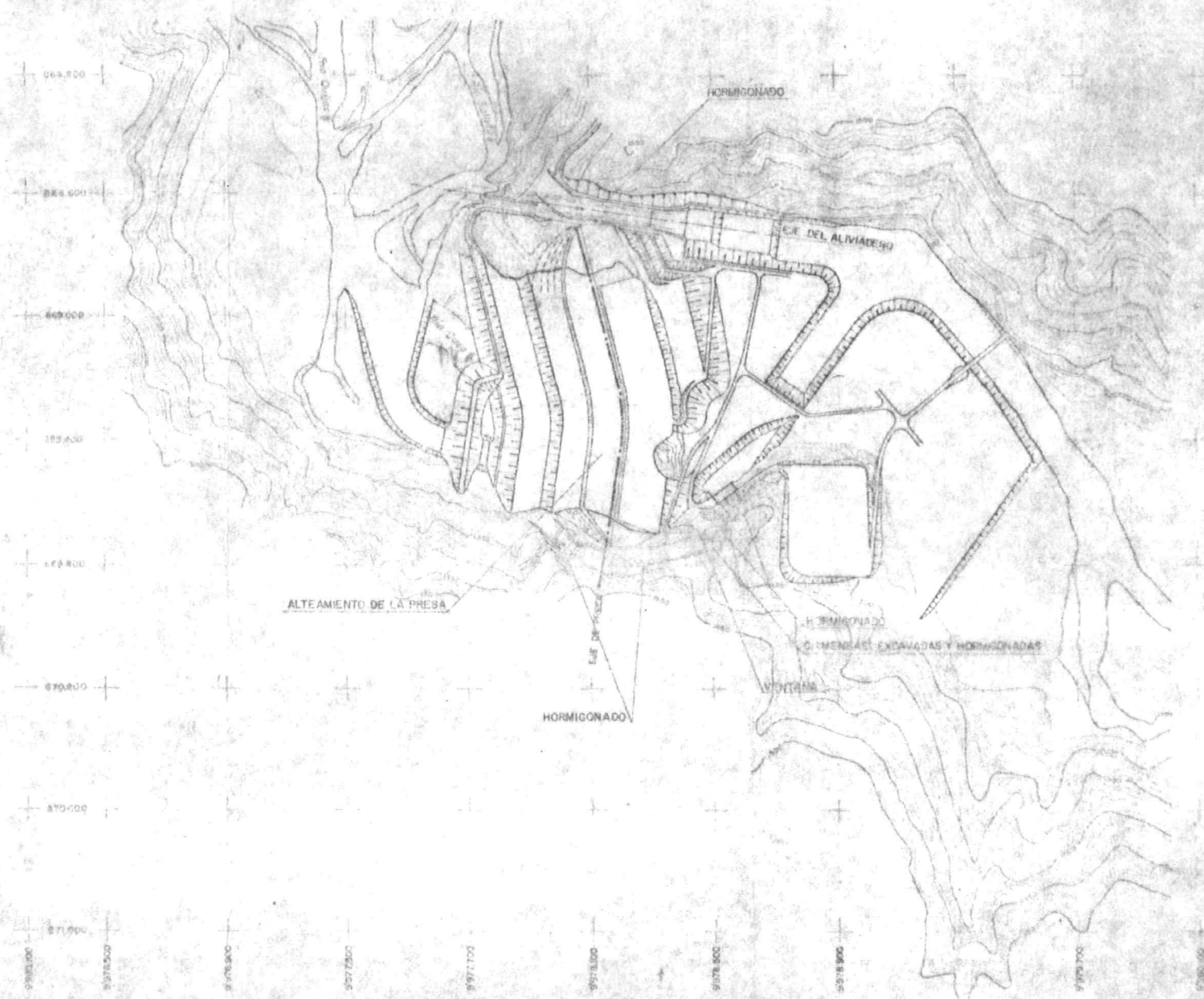
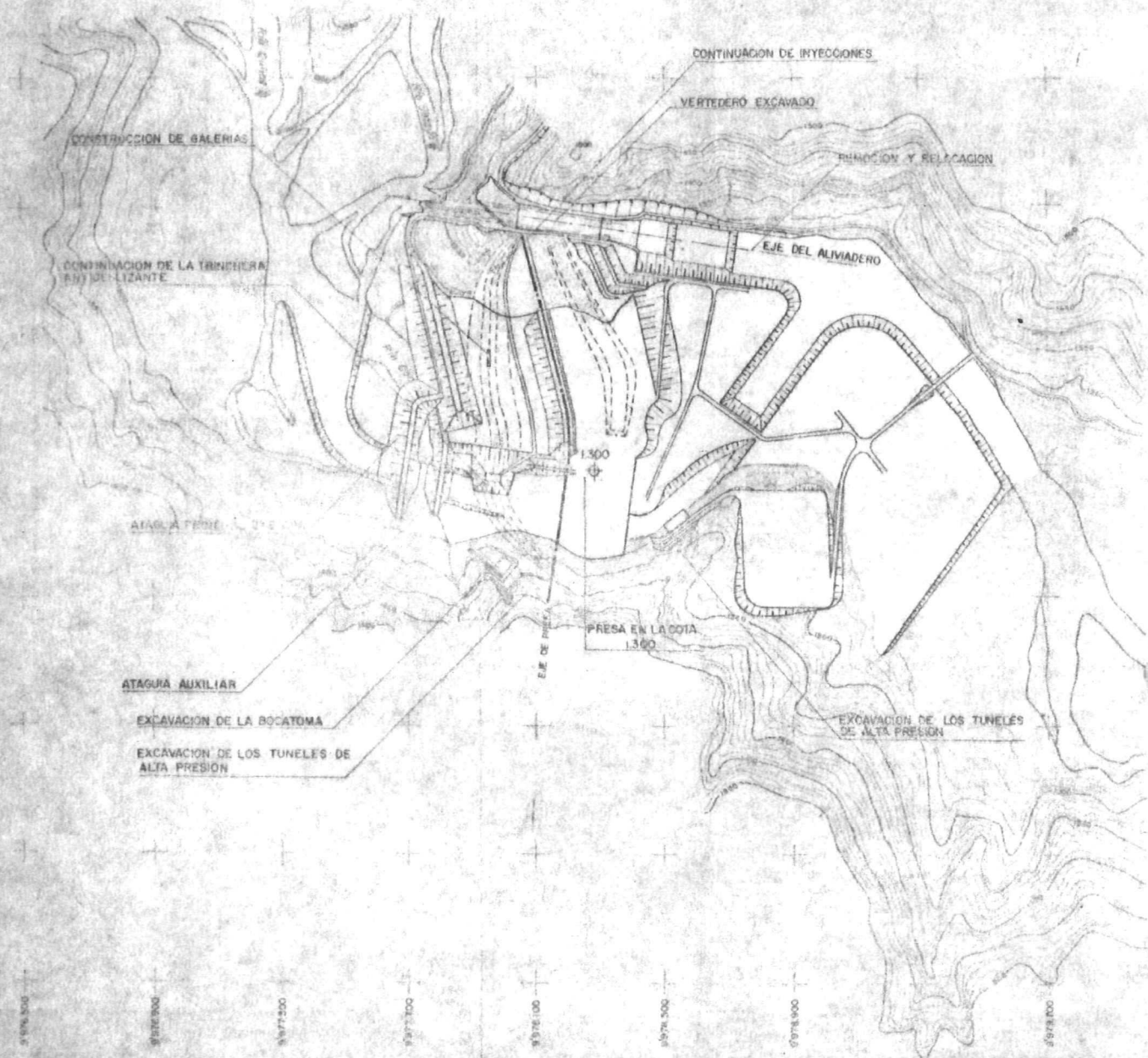
DE LAS 2 DE ALTURA 6,40
COMENTAR: CON ALTURA
2 DE ALTURA 6,40

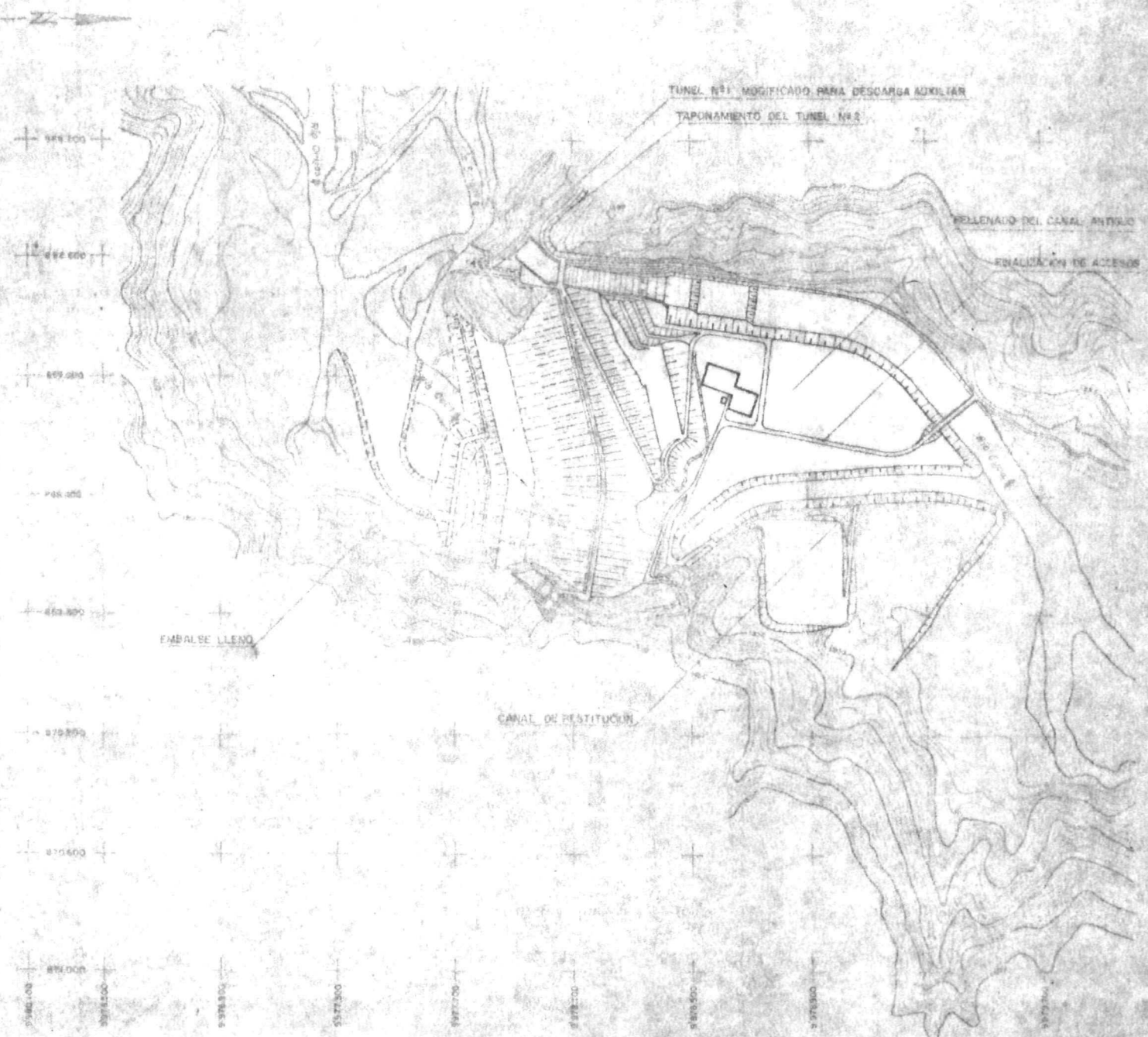
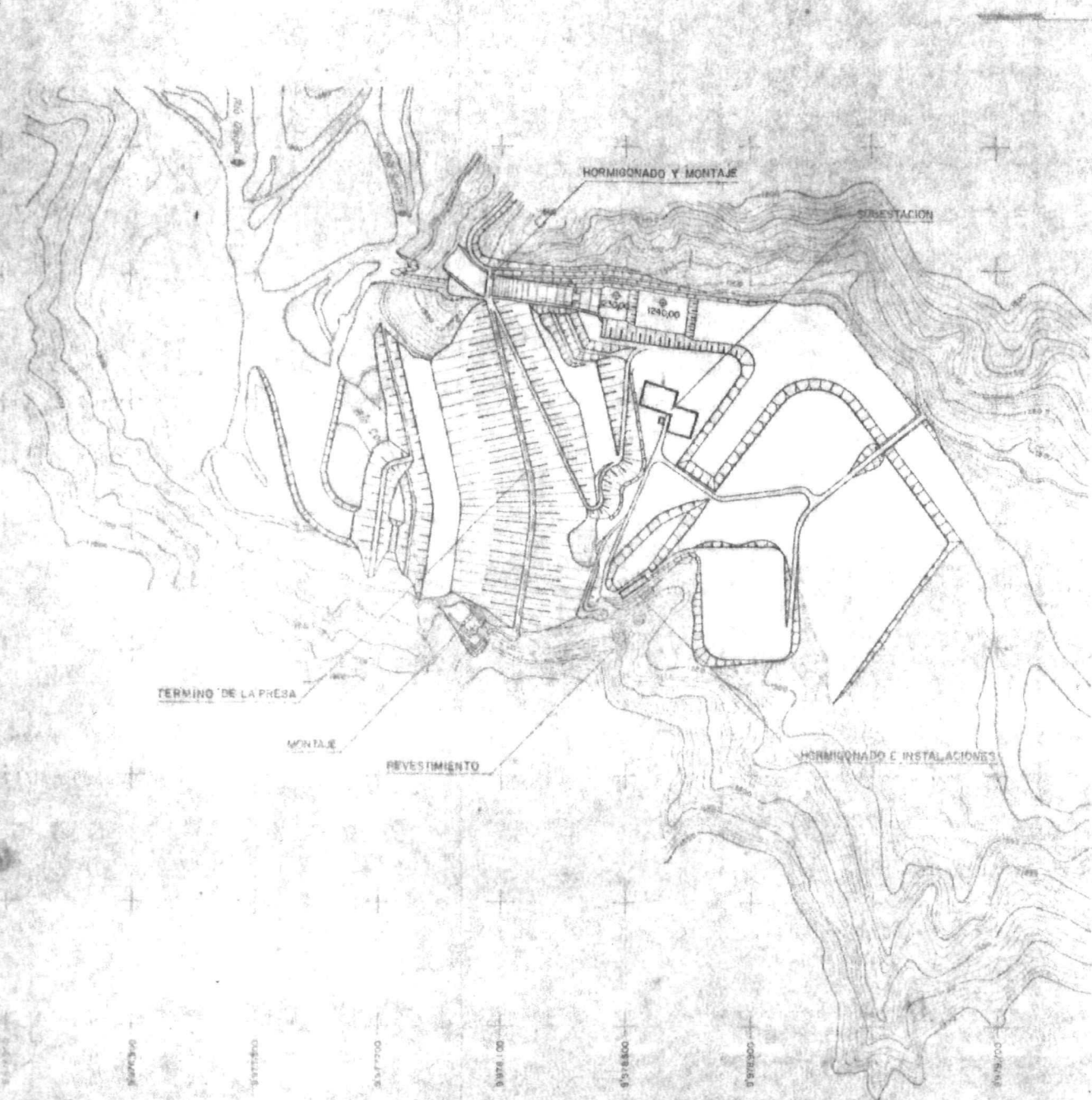
(DE LAS 2 DE ALTURA 6,40)

DE LAS 2 DE ALTURA 6,40
COMENTAR: CON ALTURA
2 DE ALTURA 6,40

HORMIGON LANZADO CON MALLA DE HIERRO

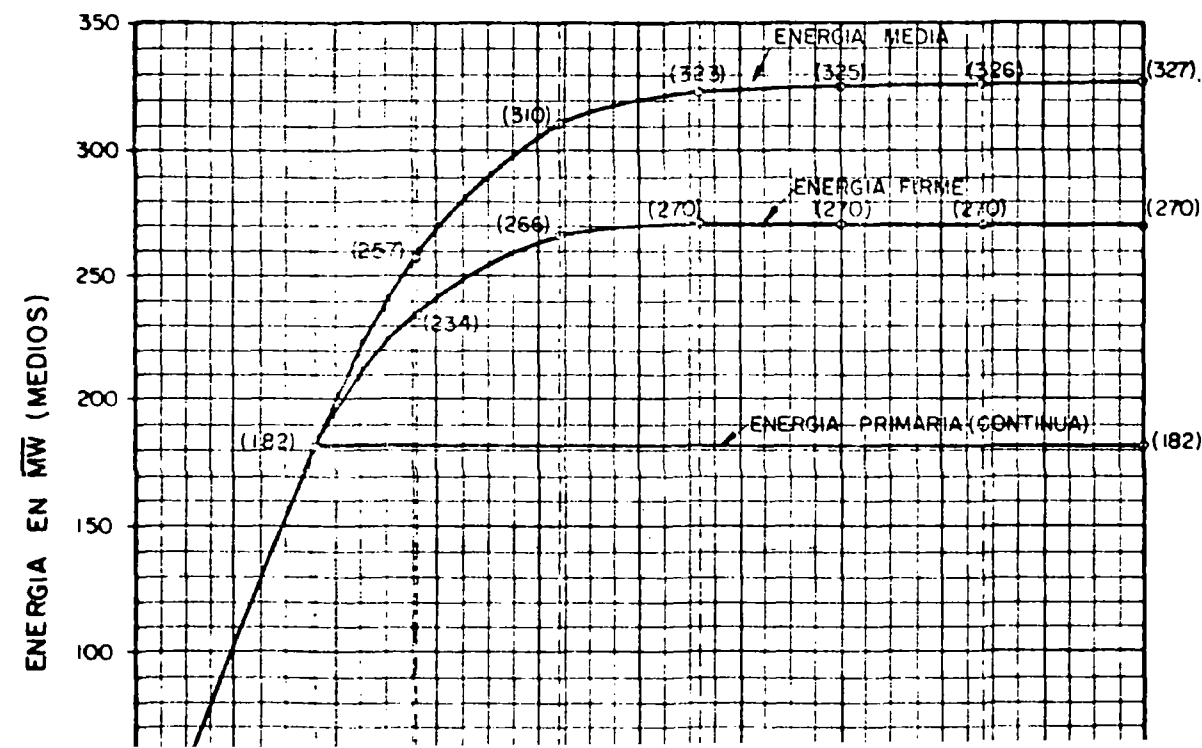
ANCHO DE 2,00 m. ALTURA DE 2,00 m.





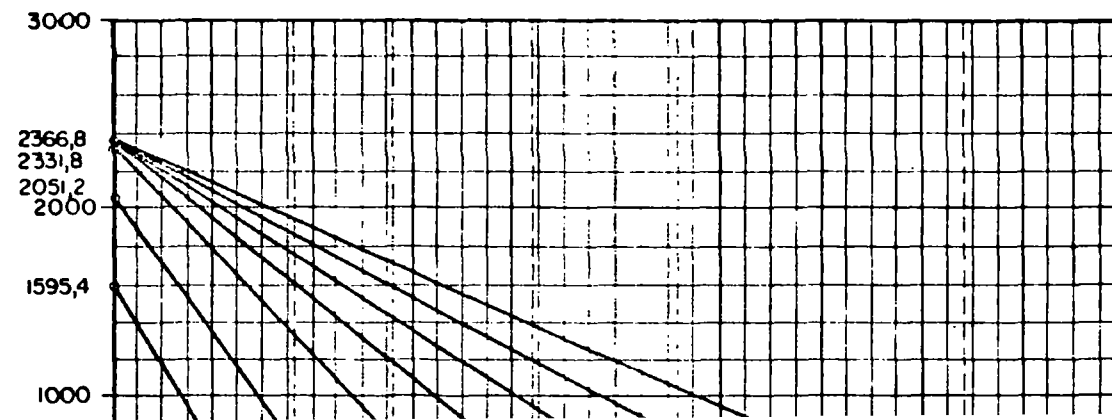
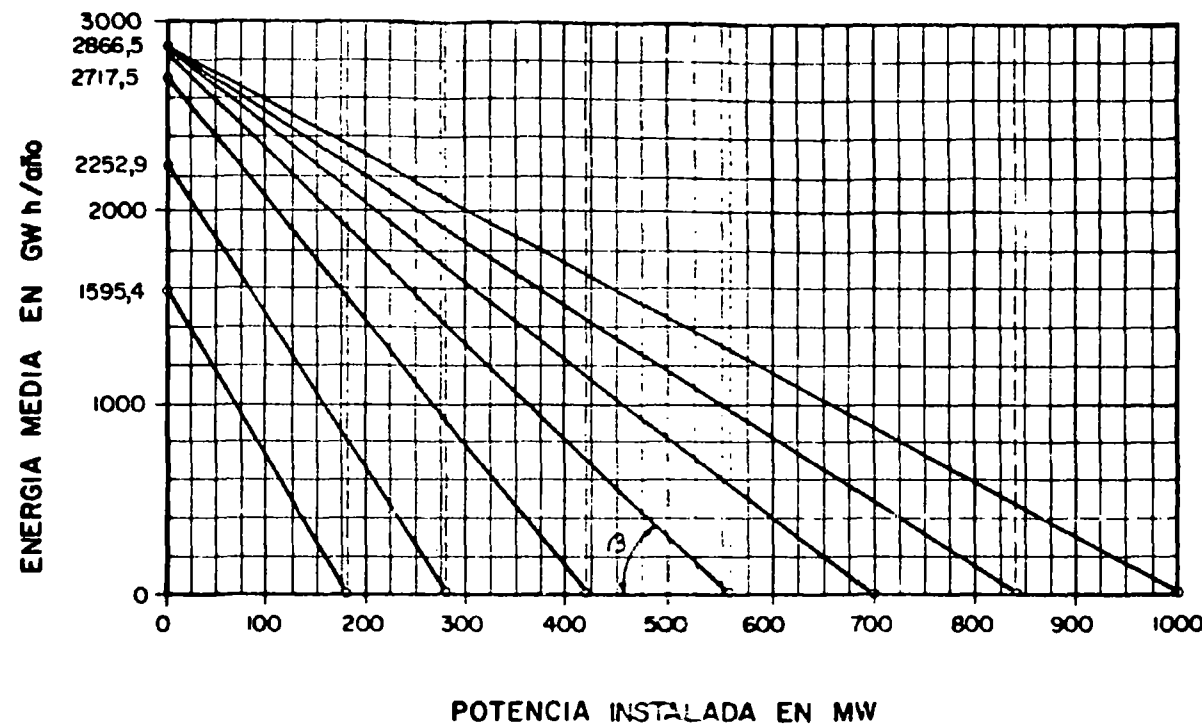
ING. CIVIL LINCOLN A. GUEROZ
CREA 2033/70 4/8/70 VISTO 23/5/80 4/8/70DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS

CAPA- CIDAD INSTA- LADA	ENERGIAS Y FACTORES DE PLANTA							
	MEDIA				FIRME (90% DE DURACION)			
MW	MW	GWh/año	$\lg \beta$	FACTOR DE PLANTA	MW	GWh/año	$\lg \beta$	FACTOR DE INSTALAC.
182	182	1595,4	0,114	1,0	182	1595,4	0,114	1,0
280	257	2252,9	0,124	0,918	234	2051,2	0,137	0,836
420	310	2717,5	0,155	0,738	266	2331,8	0,180	0,633
560	323	2831,4	0,198	0,577	270	2366,8	0,237	0,484
700	325	2849,0	0,246	0,464	270	2366,8	0,296	0,386
840	326	2857,7	0,294	0,388	270	2366,8	0,355	0,321
1000	327	2866,5	0,349	0,327	270	2366,8	0,423	0,270



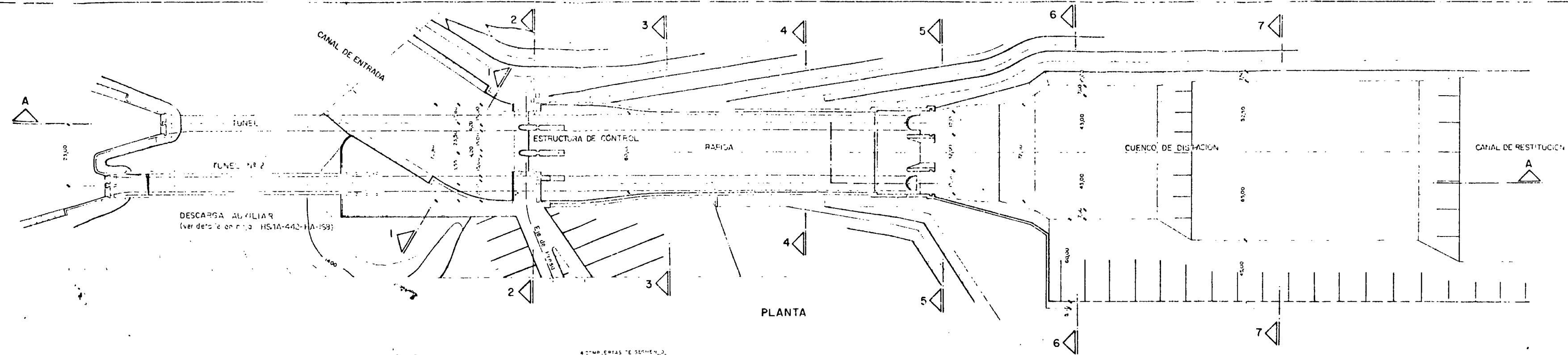
IA FIRME 90% DE DURACION)

EN GW h/año

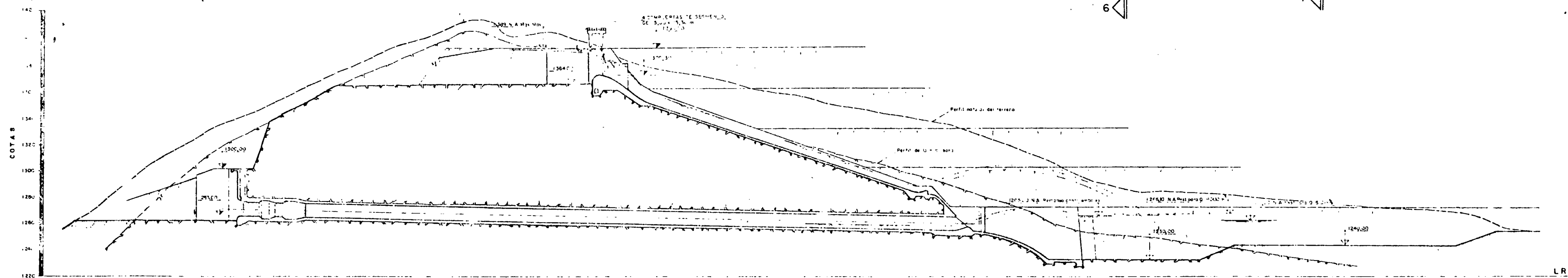


NOTAS:

- 1.- RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DEL PROGRAMA DE OPERACION DE EMBALSES "OREPON"
DATOS 27 AÑOS DE CAUDALES AFLUENTES MEDIOS MENSUALES
NA MAX. DE OPERACION: 1385 m.; NA MIN. DE OPERACION: 1348 m.
- 2.- LA ENERGIA PRIMARIA (POTENCIA CONTINUA) ES LA MAXIMA ENERGIA MENSUAL OBTENIDA CON 100 % DE GARANTIA.
- 3.- LA ENERGIA MEDIA ES LA SUMATORIA DE LAS ENERGIAS MEDIAS MENSUALES GENERADAS DURANTE 27 AÑOS, DIVIDIDA PARA EL NUMERO TOTAL DE MESES.
- 4.- LA ENERGIA FIRME ES LA ENERGIA ANUAL QUE PUEDE OBTENERSE CON GARANTIA HIDROLOG. DEL 90 %.
- 5.- PARA OBTENER VALORES DE ENERGIA EN GWh POR AÑO, MULTIPLICAR LOS MW (MEGAWATIOS MEDIOS) POR UNA CONSTANTE IGUAL A 8,766
- 6.- FACTOR DE PLANTA: POTENCIA CONTINUA EXPRESADA COMO ENERGIA MEDIA EN MW MEDIOS DIVIDIDA POR LA CAPACIDAD INSTALADA EN MW.
- 7.- FACTOR DE INSTALACION: ENERGIA ANUAL FIRME (DE 90% DE DURACION) DIVIDIDA POR LA CAPACIDAD INSTALADA EN MW.
- 8.- $\lg \beta$: CAPACIDAD INSTALADA EN MW, DIVIDIDA PARA LA ENERGIA MEDIA O FIRME GENERADA EN GWh.
- 9.- COSTOS DE JUNIO 1.977



PLANTA

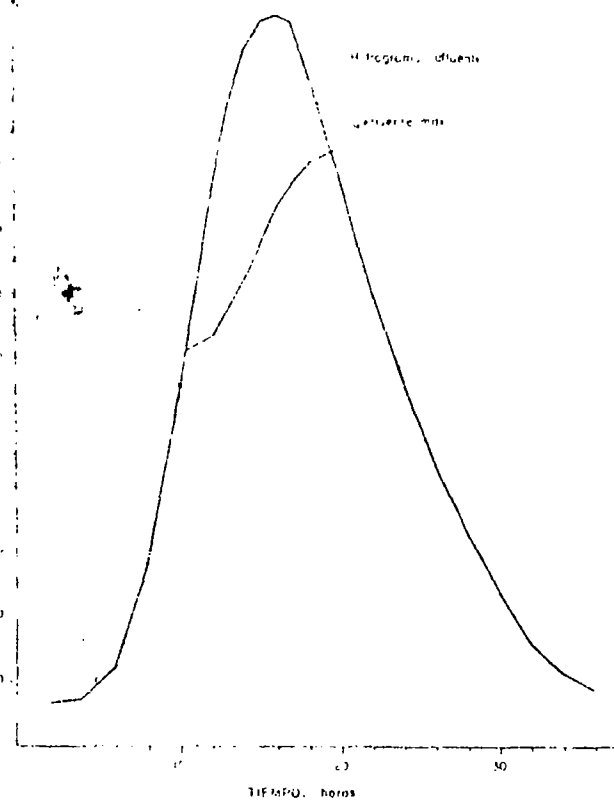


CORTE A-A

VERTEDERO CON COMPUERTAS COMBINADO CON DESCARGA AUXILIAR

ATENUACION DE LA CRECIENTE $Q_{10000} = 11200 \text{ m}^3/\text{s}$

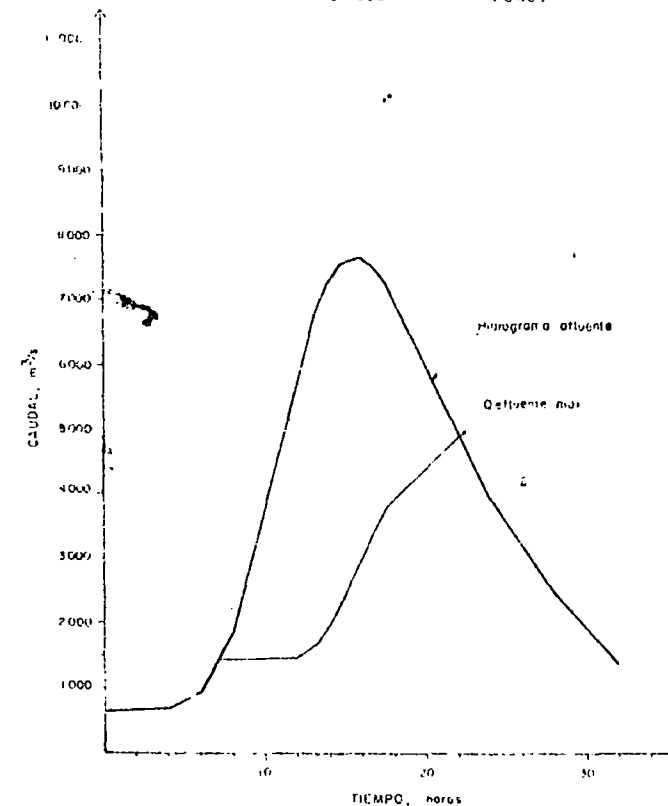
VERIFICACION PARA COMPUERTAS $H = 14,70 \text{ m}$ Y SOBREELEVACION $S = 4 \text{ m}$



VERTEDERO LIBRE COMBINADO CON DESCARGA AUXILIAR

ATENUACION DE LA CRECIENTE $Q_{500} = 7600 \text{ m}^3/\text{s}$

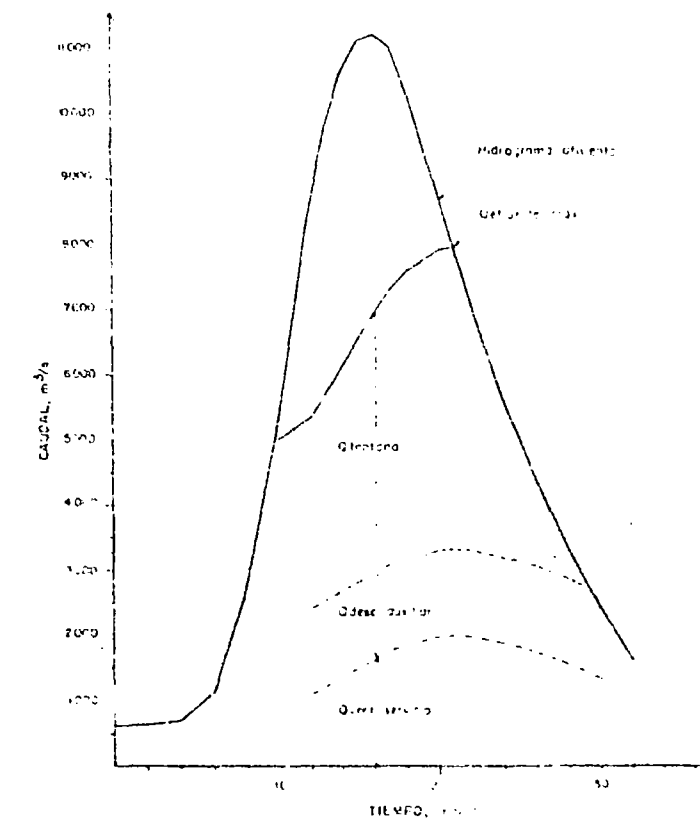
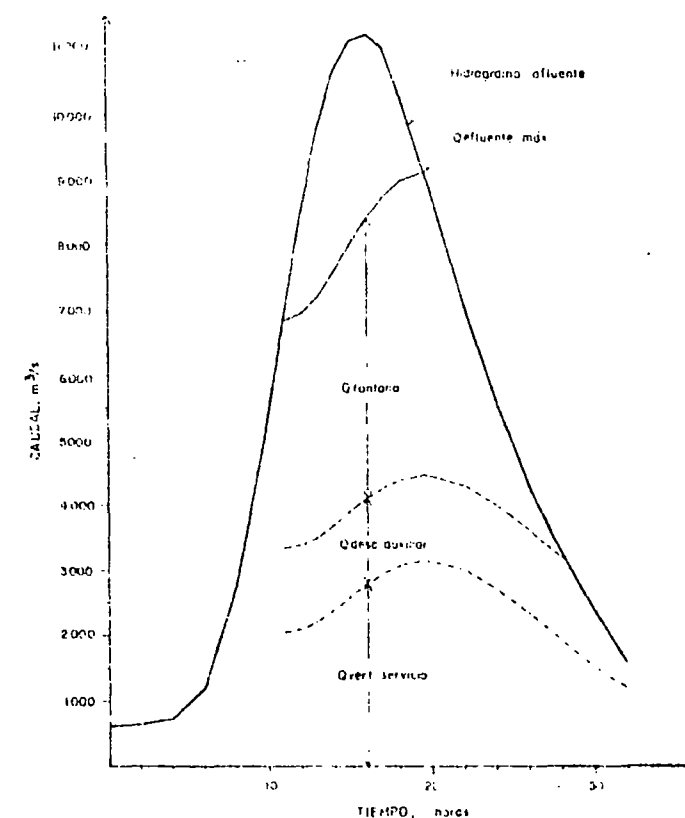
VERIFICACION PARA $S_{Q10000} = 4 \text{ m}$ Y $L_{Q10000} = 709,4 \text{ m}$



VERTEDERO CON COMPUERTAS COMBINADO CON ALIVIADERO FONTANA Y DESCARGA AUXILIAR

ATENUACION DE Q_{10000} , ADMITIDA $S = 4,00 \text{ m}$

ATENUACION DE Q_{10000} , ADMITIDA $S = 0,50 \text{ m}$

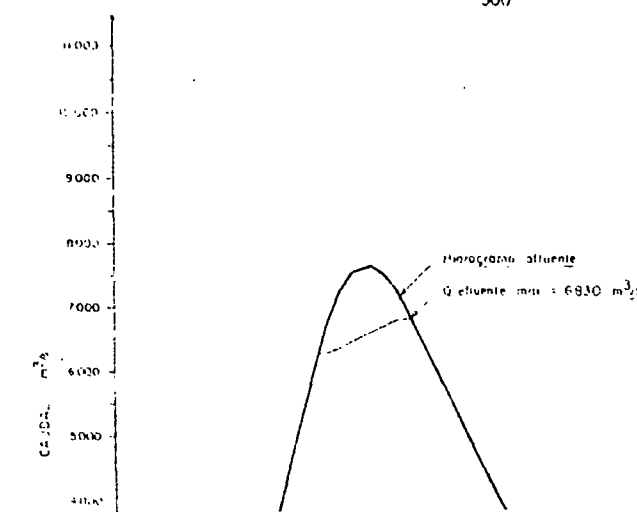
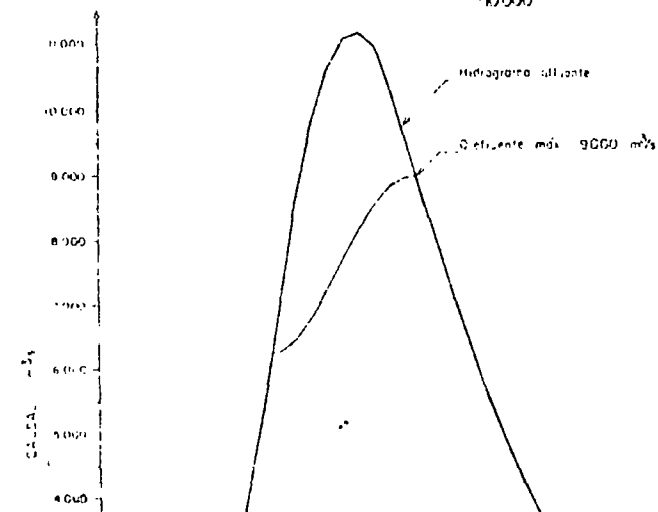


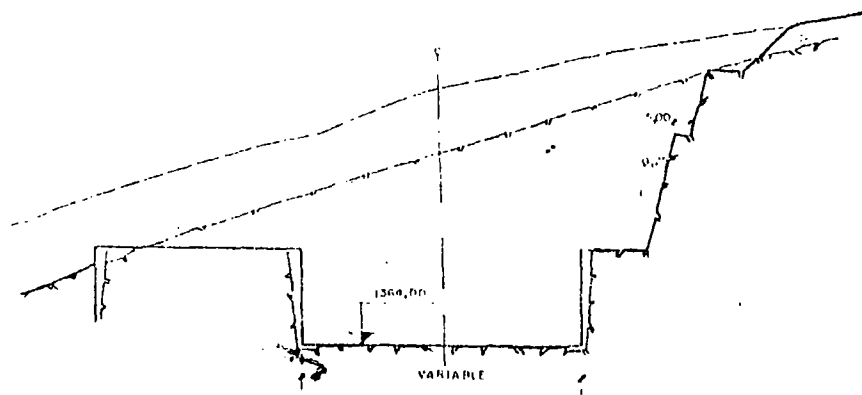
SOLUCION ADOPTADA: VERTEDERO CON COMPUERTAS COMBINADO CON OTRAS OBRAS DE DESCARGA

ALTURA DE COMPUERTAS, $H = 14,70 \text{ m}$ Y SOBREELEVACION PARA Q_{10000} , $S = 4,00 \text{ m}$

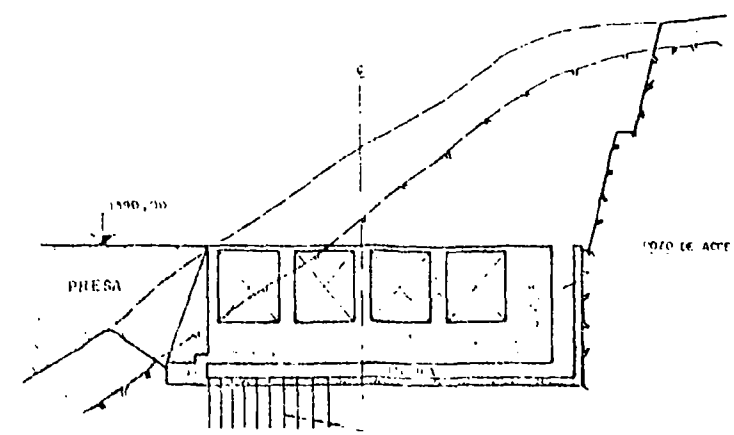
ATENUACION DE LA CRECIENTE $Q_{10000} = 11000 \text{ m}^3/\text{s}$

ATENUACION DE LA CRECIENTE $Q_{500} = 7600 \text{ m}^3/\text{s}$

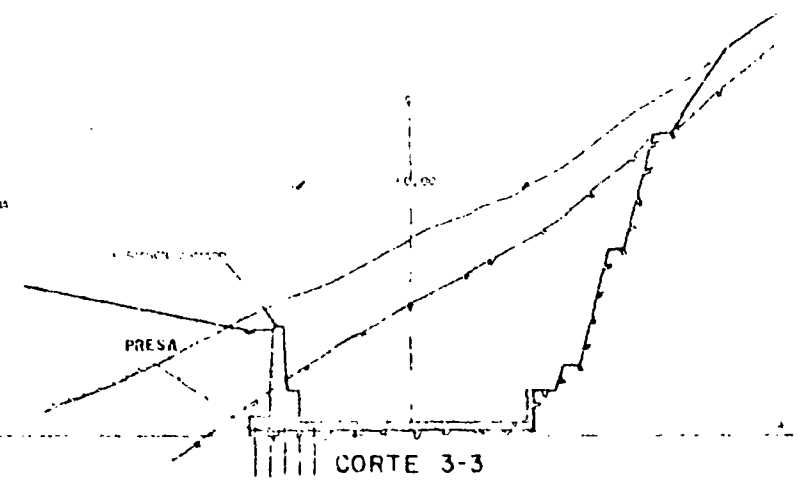




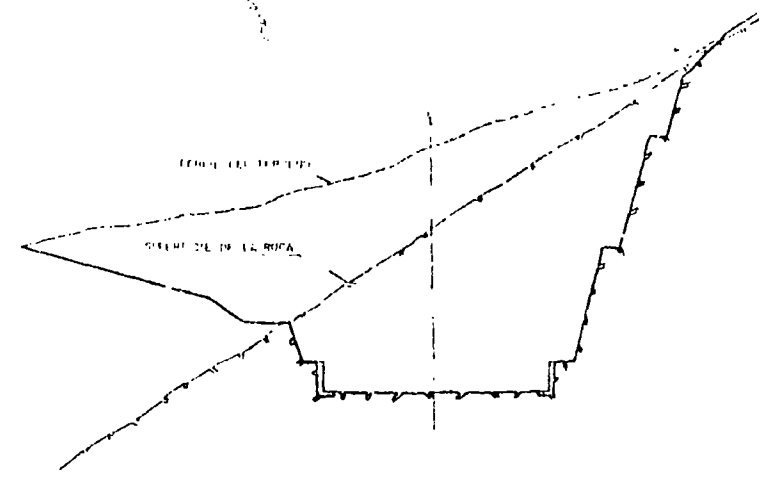
CORTE 1-1



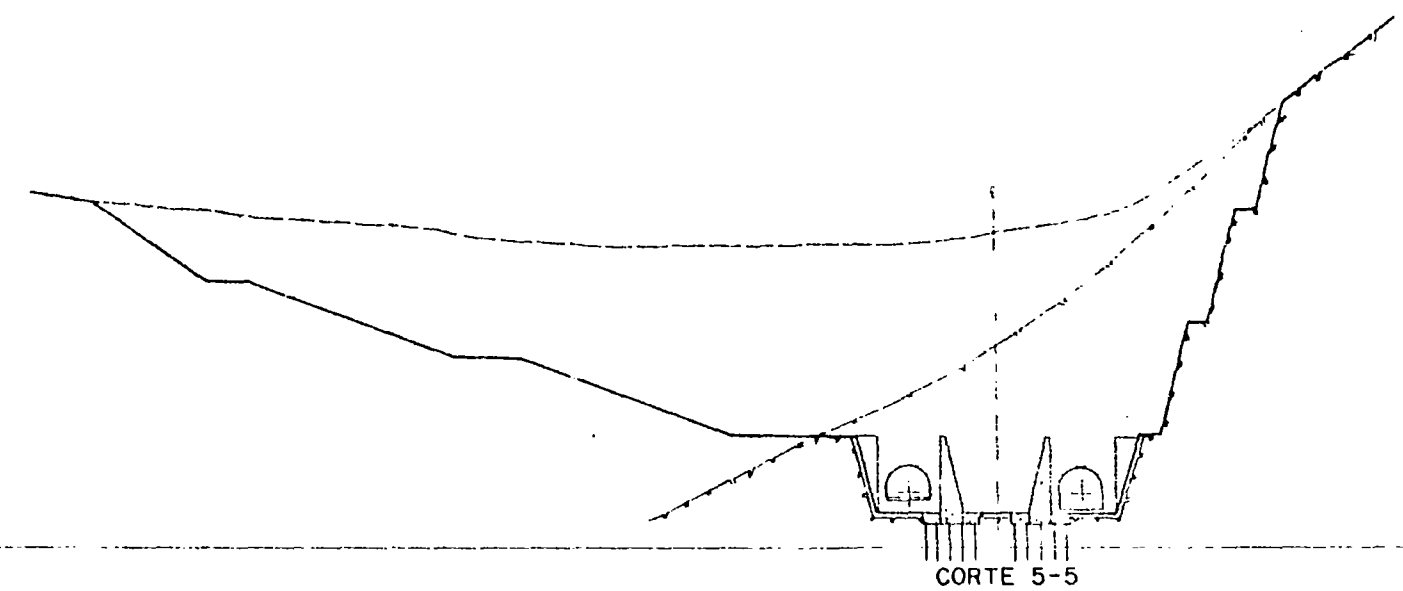
CORTE 2-2



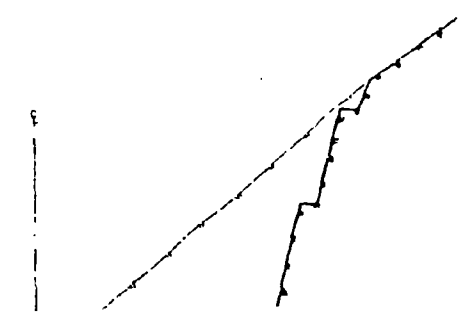
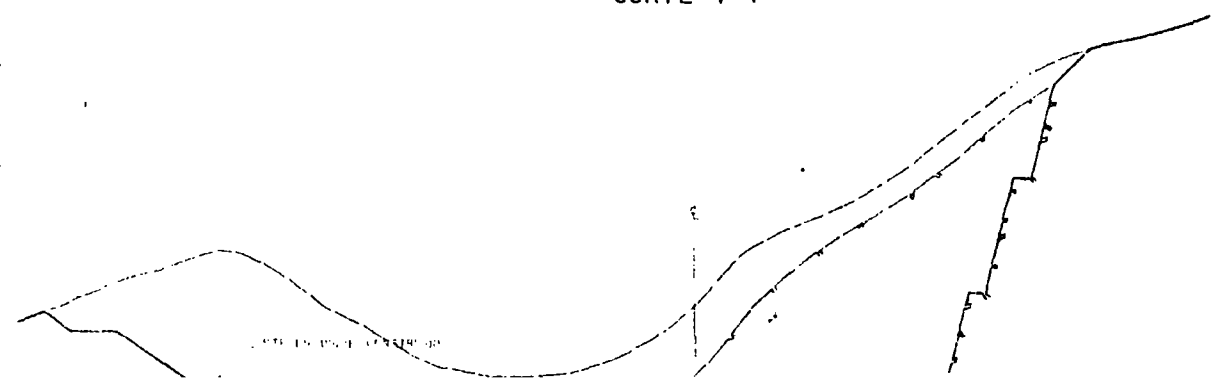
CORTE 3-3



CORTE 4-4

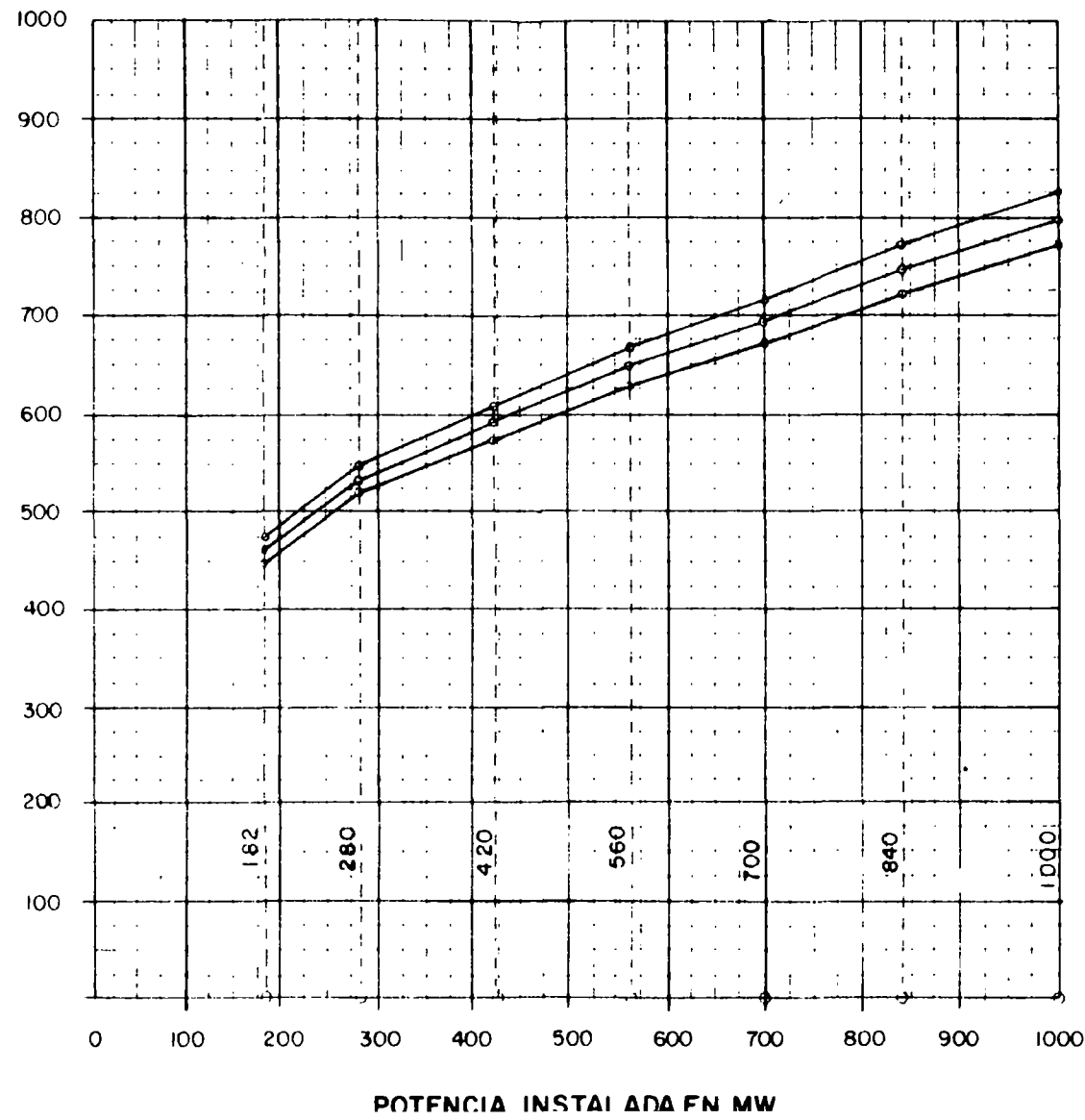


CORTE 5-5

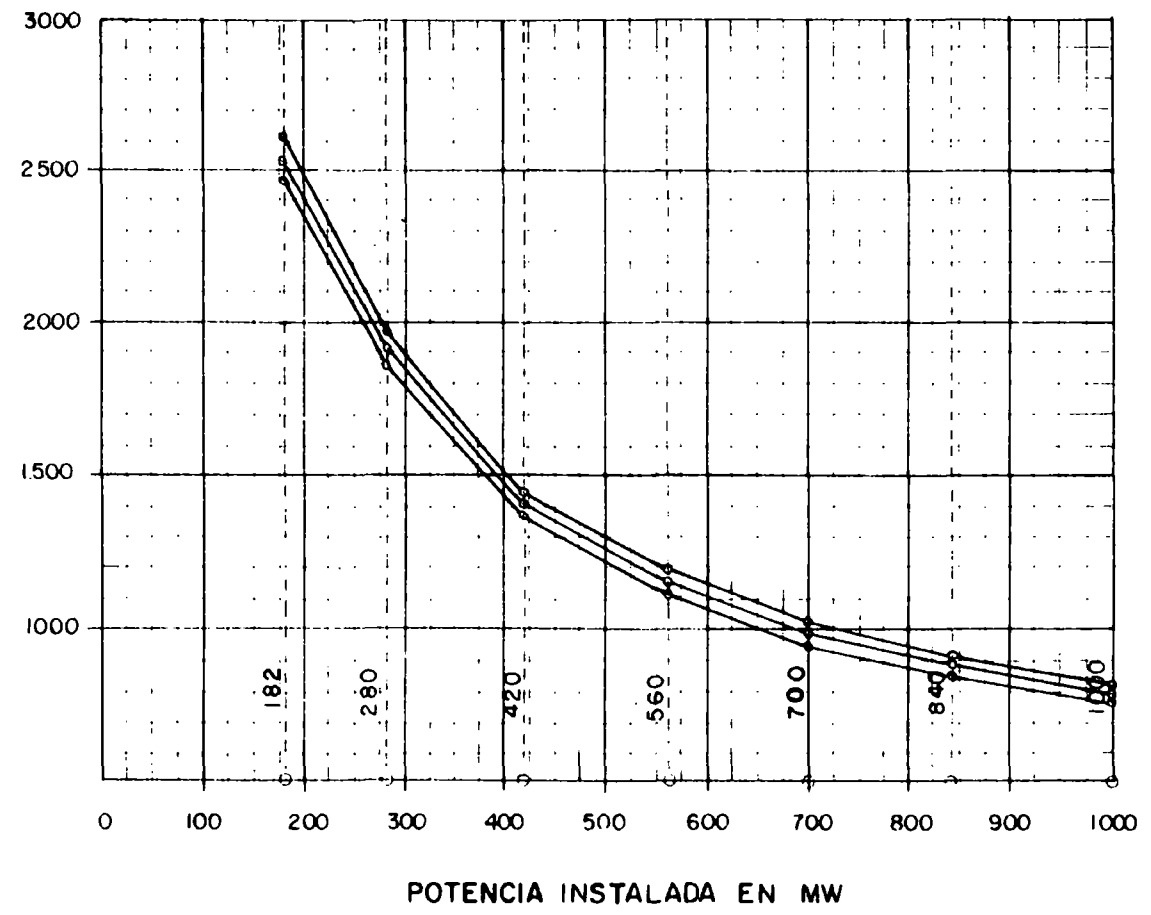


DISEÑO		VERIFICADO		RESPONSABLE POR EL CONSORCIO		PRIMAS		INTEGRAL - IDCO - ADEC - INGECONSULT		FECHA		DEBIDO		VERIFICADO	
A: ENC. GRUPO JEFE U.A. SUPERV. U.A.		O: DIRECTOR U.A. MNT. PROY.		ING. CIVIL LINCOLN A. QUEIROZ CREA 2033/70 414mg. VISTO 12 506-42 mg.										JEFE ADJUNTO PROYECTO REEP: CONGRESO NACIONAL	

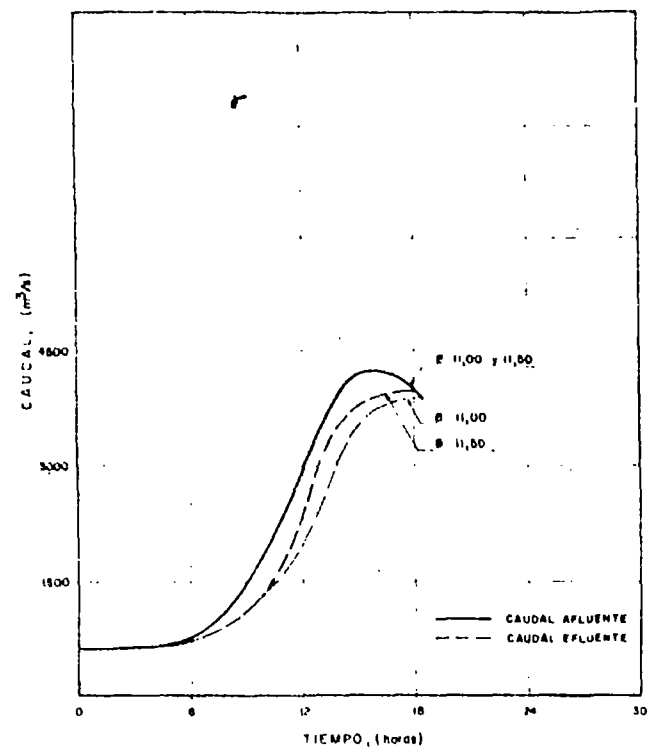
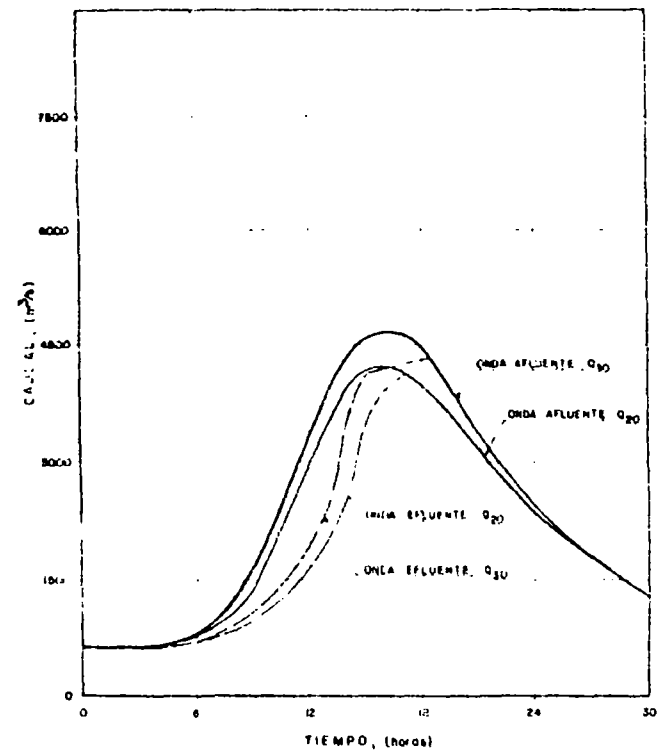
COSTO TOTAL EN MILLONES DE DOLARES



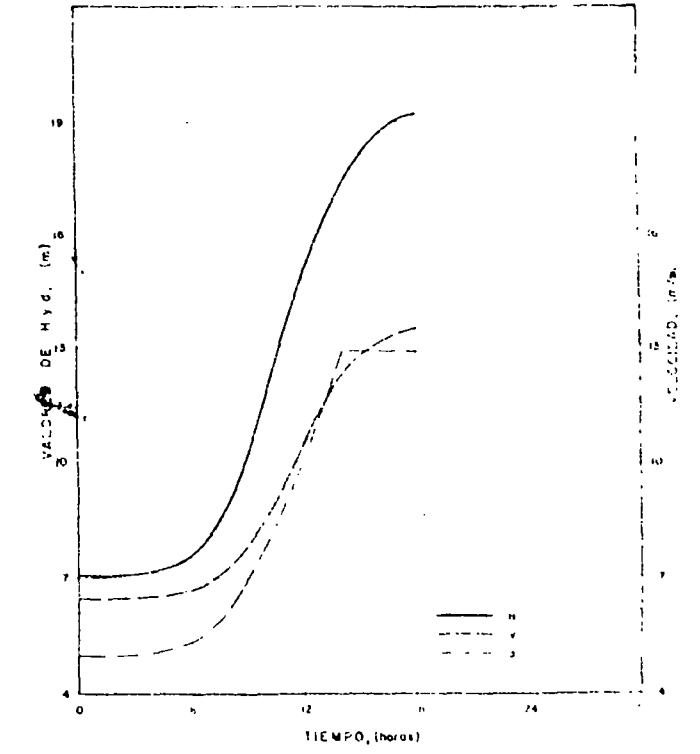
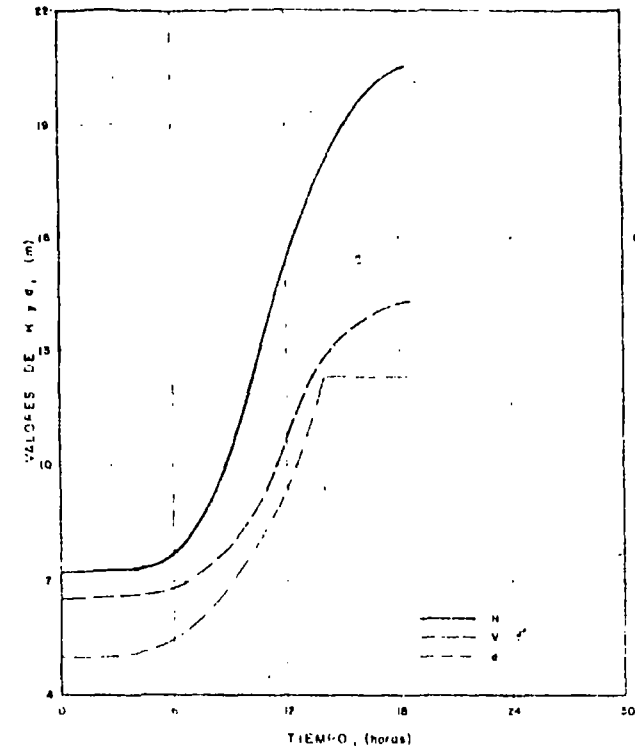
COSTO UNITARIO EN DOLARES/KW



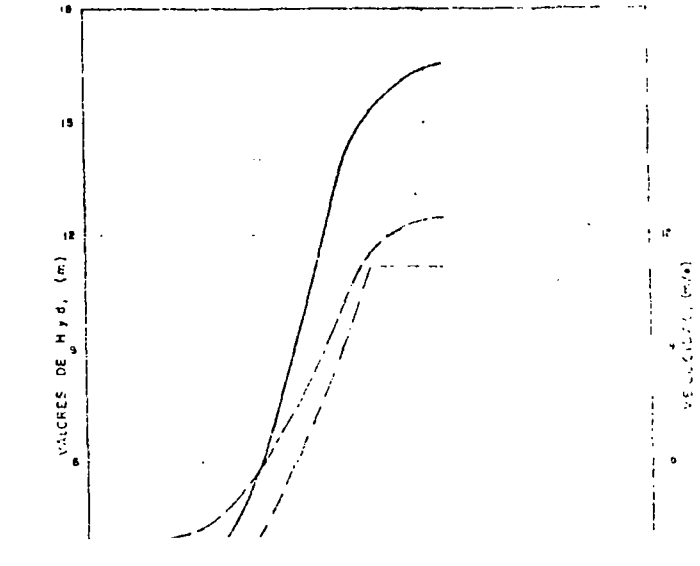
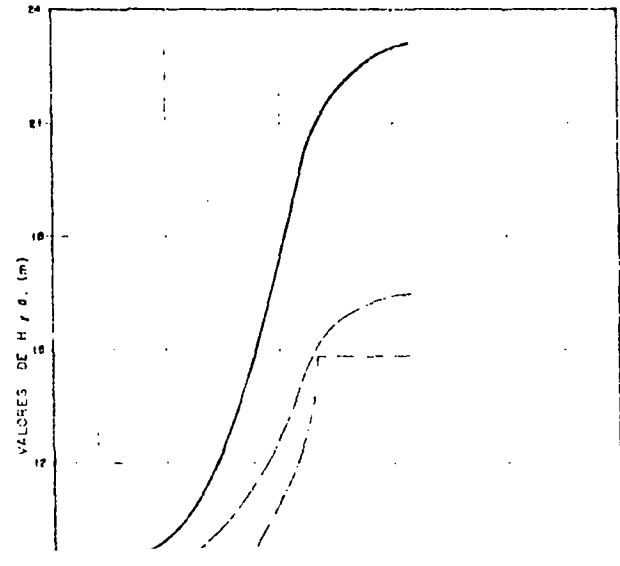
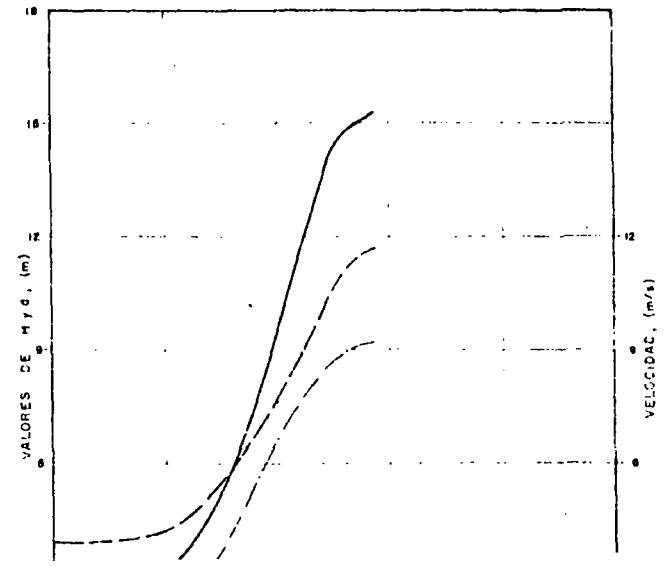
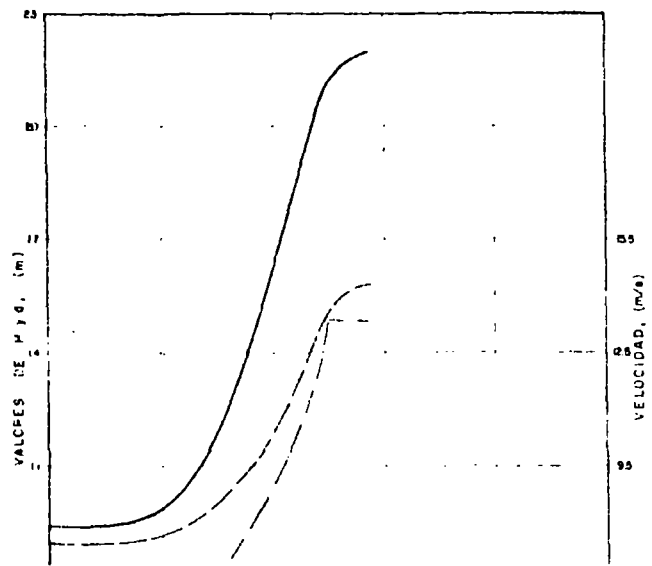
ATENUACION DE LA ONDA DE CRECIDA
CRECIENTE Q_{20} , Q_{30}
DOS TUNELES ϕ 11,00 y 11,50



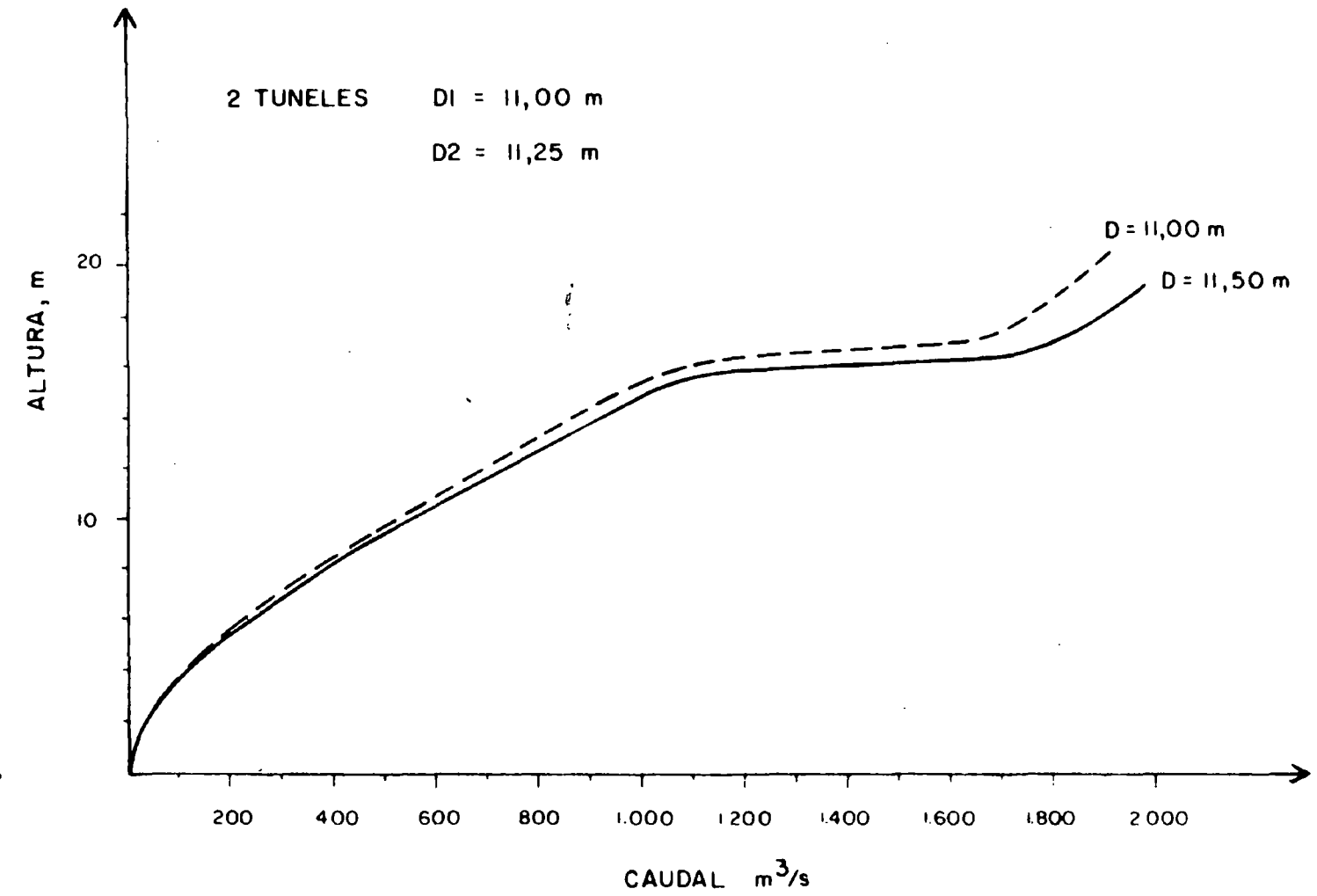
PARAMETROS HIDRAULICOS EN LA SECCION DE ENTRADA
DOS TUNELES ϕ 11,00 y 11,50 — ONDA AFLUENTE Q_{20}



PARAMETROS HIDRAULICOS EN LA SECCION DE ENTRADA
DOS TUNELES ϕ 12,35 y 10,00 — ONDA AFLUENTE Q_{20}
DOS TUNELES ϕ 13,25 y 10,00 — ONDA AFLUENTE Q_{30}



RESPONSABLE POR EL CONSORCIO		INTEGRAL - IDCO · ADEC - INGECONSULT	
REA	ENC. GRUPO JEFE U.A.	SUPERV. U.A.	
STO	DIRECTOR U.A. PART.	DISEÑ. SUPERV. PROJ.	
FECHA		DEBIDO	
VERIFICADO		VERIFICADO	
ADITE ADJUNTO PROYECTO		RESP. CONSORCIO INTEGRAL	



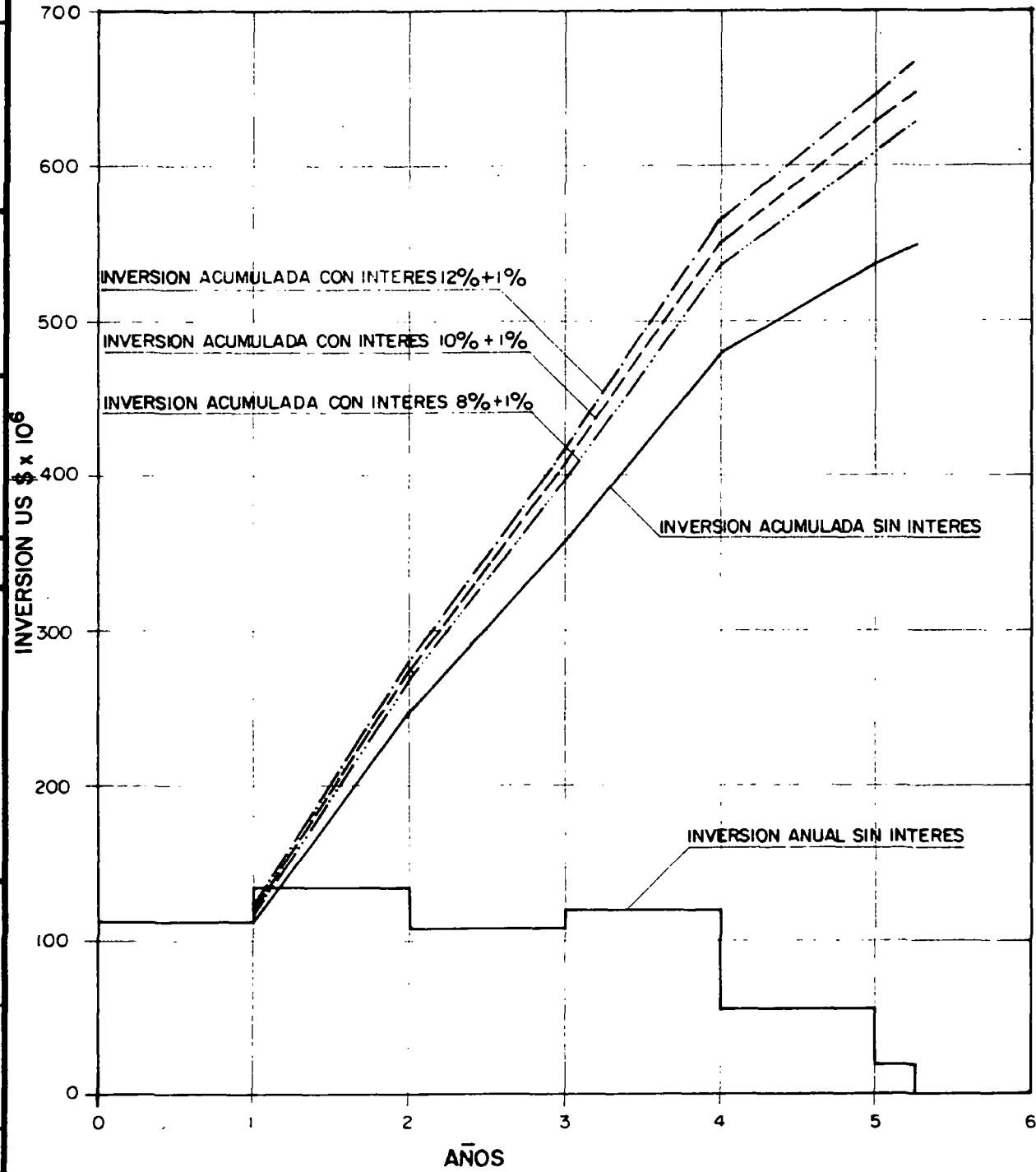
HIDROSERVICE Nº SAL-SR-030

U.A. PARTIC	ENC. GRUPO	JEFE U.A.	SUPERV. U.A.

FECHA	DIBUJO	VERIFICADO
U.A. RESP. TAREA	ENC. GRUPO	JEFE U.A.
JEFE PROYECTO	DIRECTOR U.A. PART	DIREC. SUPERV. PROV.

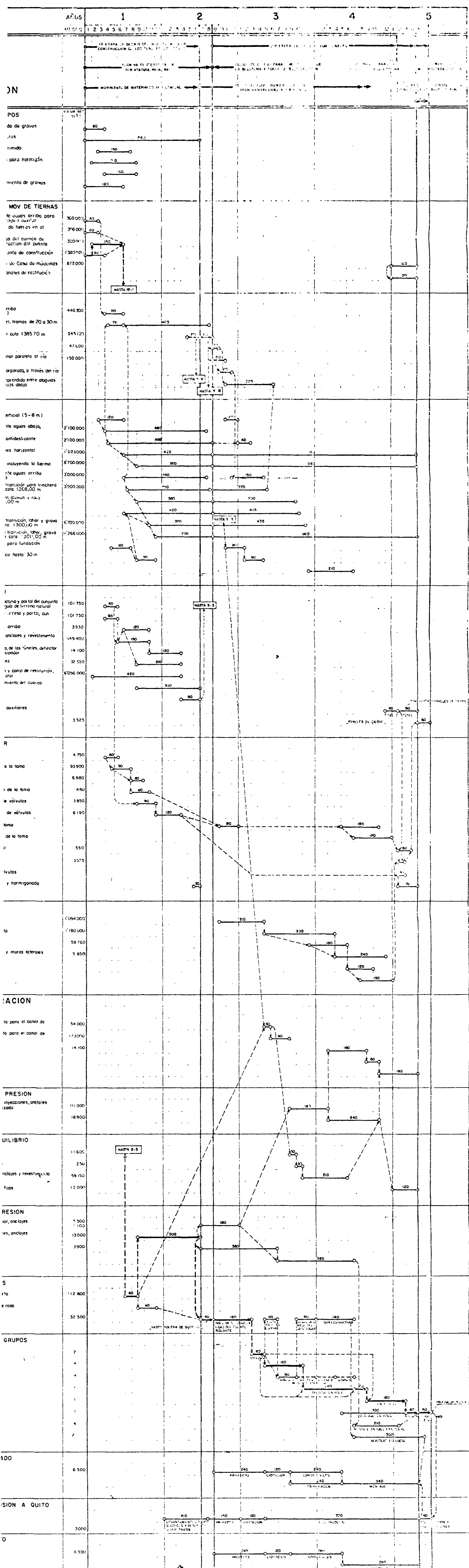
RESPONSABLE POR EL CONSORCIO
 ING. CIVIL LINCOLN A. QUEIROZ
 CREA 2063/D 4º Reg - VISTO 32308-6º Reg

FECHA	DIBUJO	VERIFICADO
	J.J.A.S.	
JEFE ADJUNTO PROYECTO		RESP. CONSORCIO NACIONAL



CONSORCIO HIDROSERVICE / INTEGRAL-IDCO-ADEC-INGECONSULT	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA APROVECHAMIENTO SALADO - FACTIBILIDAD CRONOGRAMA DE INVERSIONES	
HOJA DE	RECOMENDADO
ESCALA	APROBADO
Nº HS/IA-442-SR-042	REF.

REV. Nº	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	POR	VERIF	APROB





LEYENDA GEOLOGICA

- DEPOSITOS ALUVIALES CONTEMPORANEOS: Bloques, gravas y arenas, no consolidados.
- DEPOSITOS ALUVIALES TERRAZADOS MODERNOS: Limos, arenas, gravas y bloques.
- DEPOSITOS COLUVIALES: Mezclas heterogeneas de bloques angulares con arenas, limos y arcillas incoherentes.
- FORMACION MISAHUALLE: Andesitas y tobas compactas, silicificadas.
- ROCAS INTRUSIVAS GRANODIORITICAS

- CONTACTO GEOLOGICO OBSERVADO
- CONTACTO GEOLOGICO INFERIDO
- PERFIL GEOLOGICO

SISTEMAS DE FRACTURACION



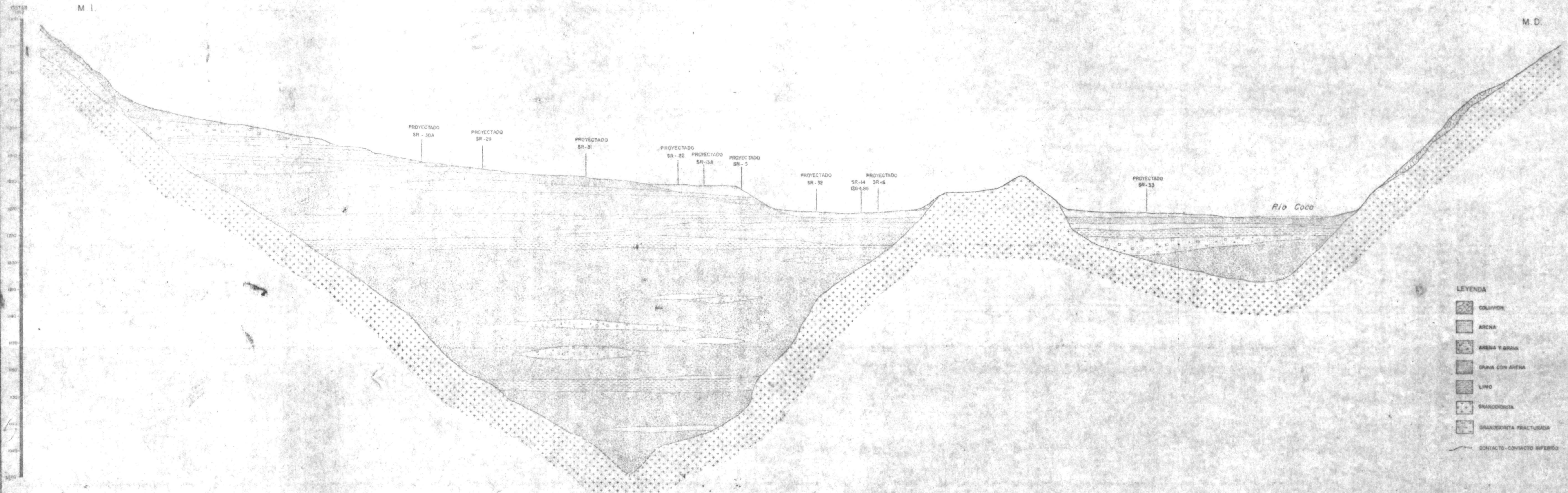
LEYENDA

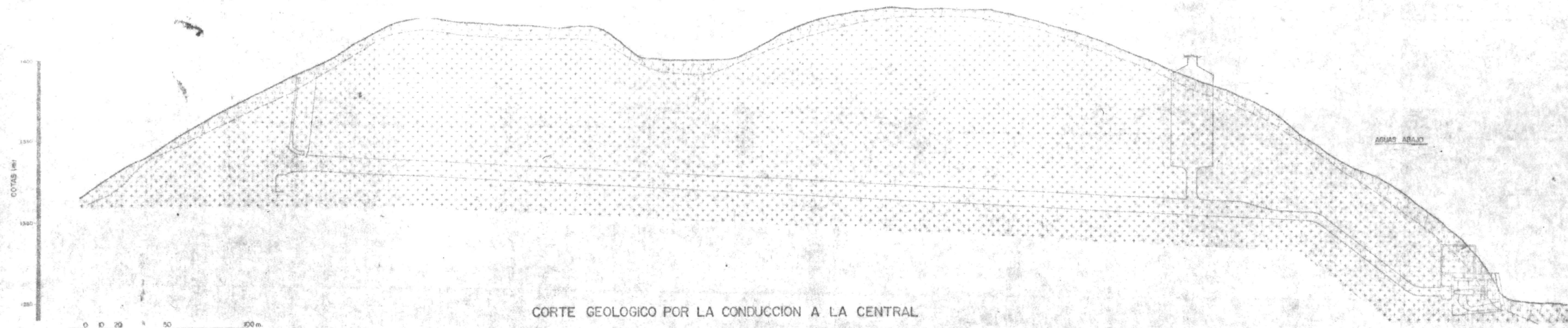
- CONCENTRACION - PORCENTAJES
- < 0.6 %
 - 0.6-1.2 %
 - 1.2-1.8 %
- Proyección de igual área, hemisferio inferior (diagrama de Schmidt.)

LEYENDA

- CURVA DE NIVEL
- SONDEO EJECUTADO
- SONDEO ELIMINADO Y/O POSTERGADO
- A — A' CORTE GEOLOGICO
- ☐ POZO MANUAL
- TRINCHERA
- PB POZO DE BOMBEO
- PZ POZO DE OBSERVACION (PIEZOMETRO)
- K-1 POZO DE BOMBEO NO REALIZADO







SONDEO Nº	COTA (m.s.n.m.)	COORDENADAS	
		N	E
1	1367,62	9.978.222,16	200.627,73
2	1334,42	9.978.326,58	200.744,63
3	1322,22	9.978.253,22	200.565,78
4	1293,94	9.978.269,43	200.909,69
5	1290,97	9.978.287,49	201.120,57
6	1283,77	9.978.300,53	201.277,34
7	1293,31	9.978.304,94	201.329,77
8	1339,91	9.978.306,95	201.427,59
9	1285,64	9.978.312,69	201.540,54
10	1272,83	9.978.316,20	201.651,46
11	1368,29	9.978.322,34	201.750,97
13	1283,56	9.978.186,41	201.173,46
13A	1265,38	9.978.085,65	201.157,11
14	1264,06	9.978.195,27	201.234,37
15	1277,49	9.978.283,71	201.331,67
16	1281,55	9.978.237,98	201.439,69
17	1352,06	9.978.202,32	201.754,64
18	1393,26	9.978.460,01	201.745,9
19	1299,10	9.978.405,17	201.512,74
20	1304,23	9.978.404,49	201.323,45
21	1301,60	9.978.400,82	201.225,61
22	1291,66	9.978.149,59	201.064,73
23	1293,34	9.978.393,54	200.976,06
24	1340,29	9.978.093,87	201.666,39
25	1327,49	9.978.635,59	201.636,75
26	1278,99	9.978.049,65	200.637,29
27	1332,07	9.978.493,26	200.640,46
28	1302,55	9.978.643,78	200.463,21
29	1396,07	9.978.264,47	200.936,30
30	1286,57	9.977.944,00	200.949,56
30A	1286,17	9.977.636,18	200.993,99
31	1266,31	9.977.664,38	201.114,46
32	1266,20	9.978.052,19	201.240,93
33	1263,53	9.978.063,87	201.429,37
34	1265,85	9.977.919,74	201.281,45
35	1306,27	9.977.809,28	201.646,40
36	1372,24	9.977.983,60	200.933,93
PB-1	1266,16	9.977.961,59	201.197,84
PB-2	1266,29	9.977.958,69	201.136,57
PZ-1	1264,67	9.977.967,68	201.177,15
PZ-2	1266,37	9.977.938,42	201.186,83
PZ-3	1266,00	9.977.997,95	201.201,94
K-1	1294,26	9.977.852,83	200.954,58

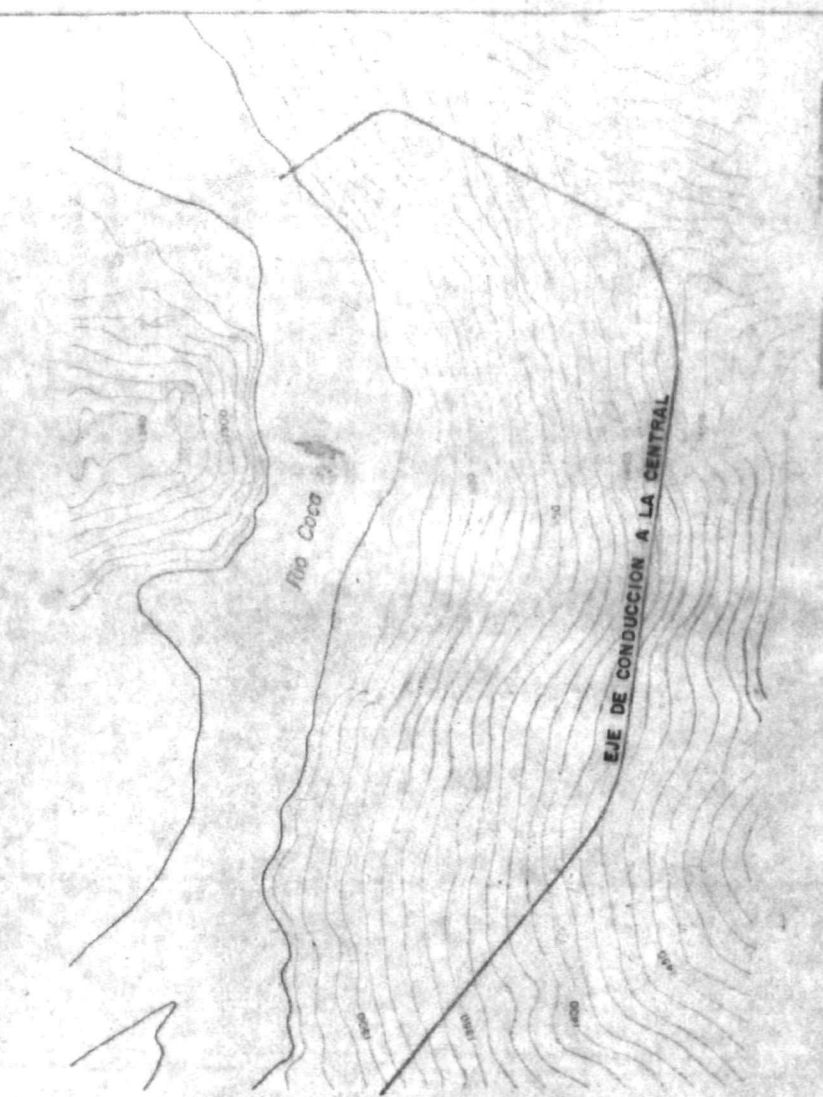
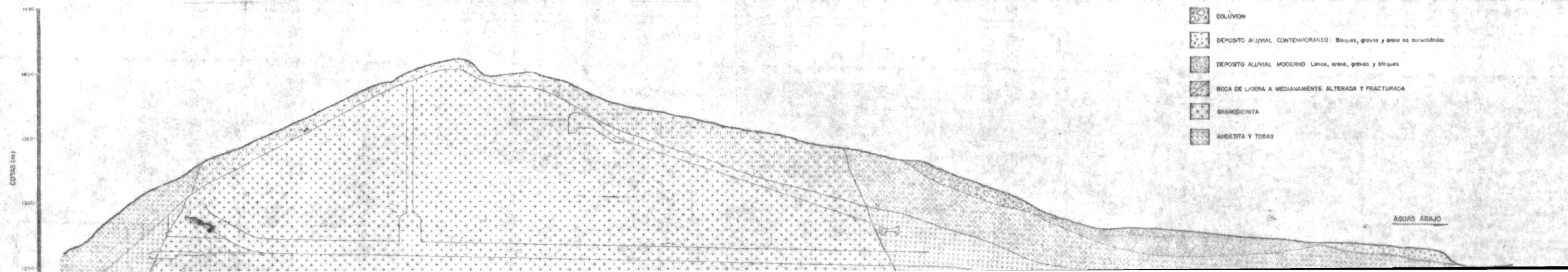




CORTE GEOLOGICO POR LA CONDUCCION A LA CENTRAL

LEYENDA

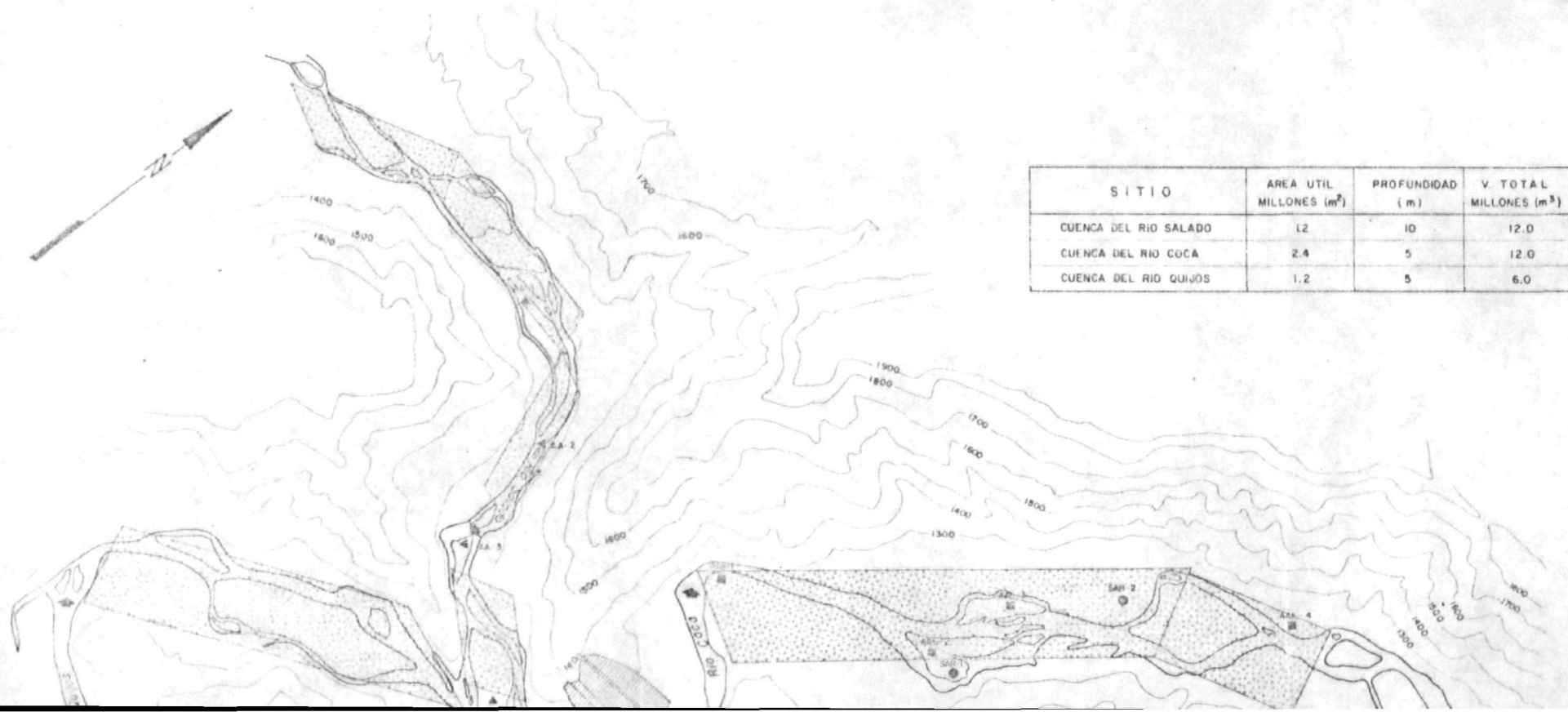
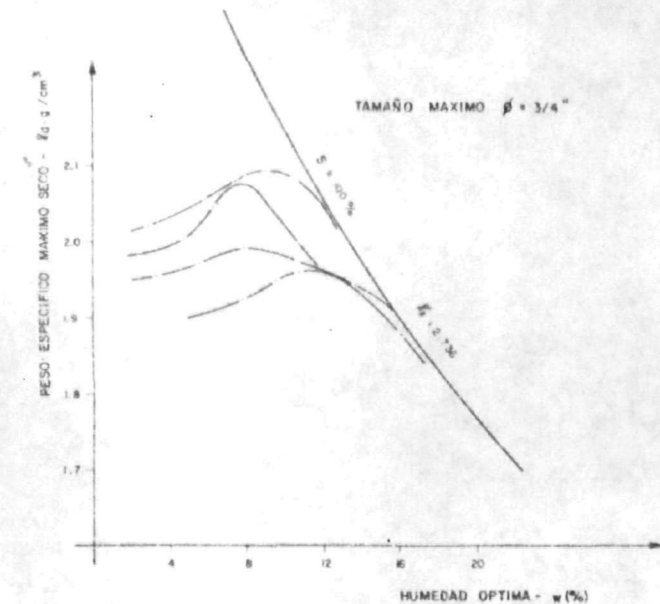
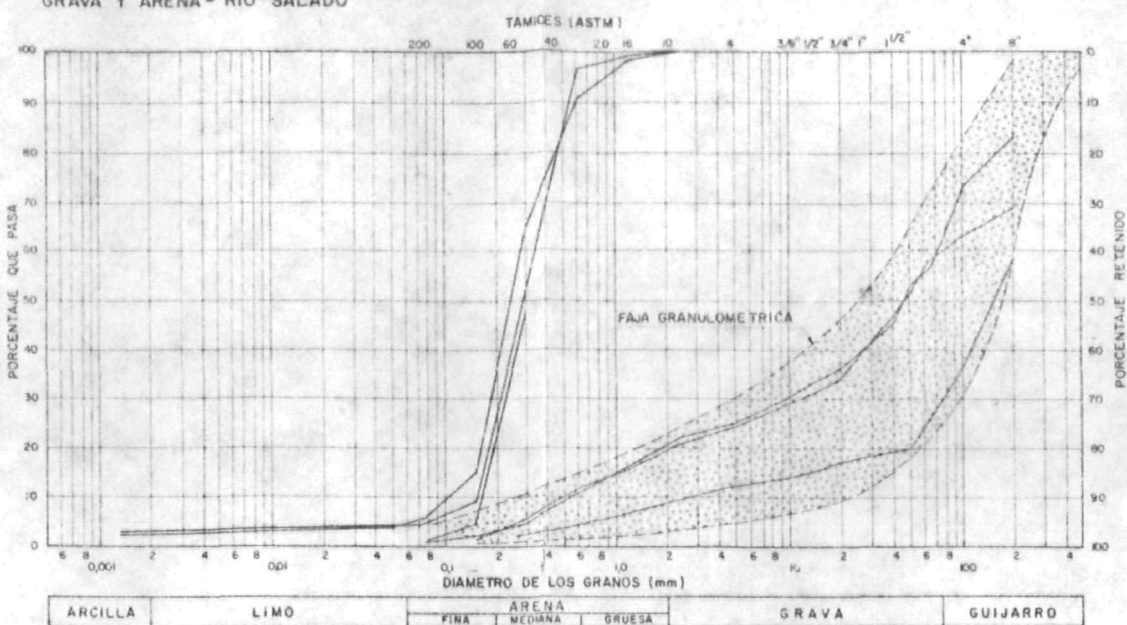
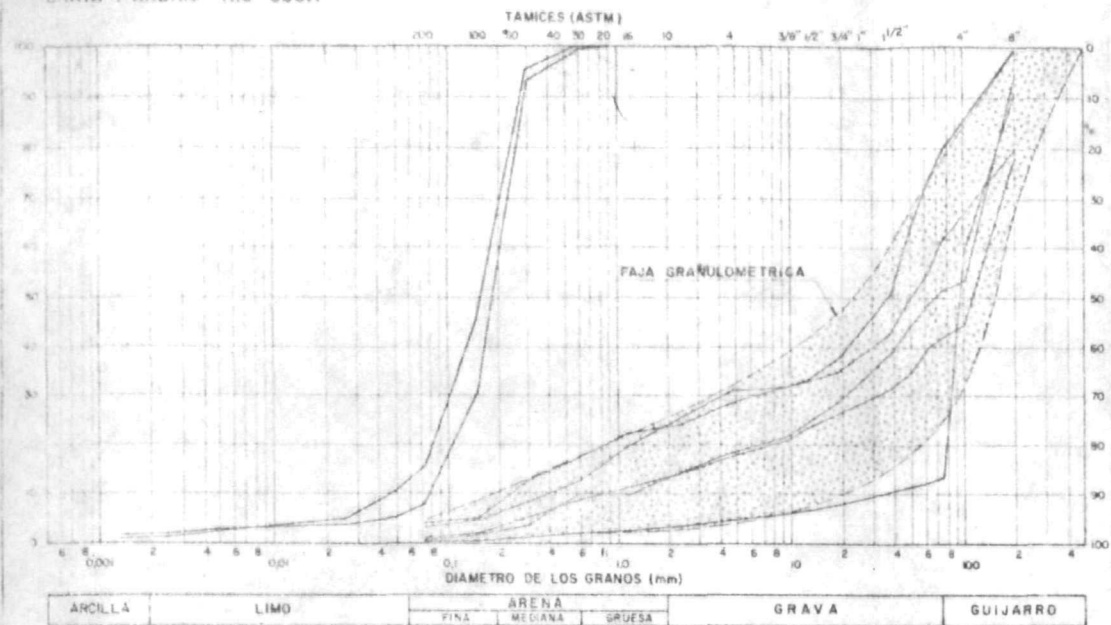
-  COLUVION
-  DEPOSITO ALUVIAL CONTEMPORANEO: Bloques, gravas y arena no consolidadas
-  DEPOSITO ALUVIAL MODERNO: Limos, arena, gravas y bloques
-  ROCA DE LIGERA A MEDIANAMENTE ALTERADA Y FRACTURADA
-  GRANODIORITA
-  ANDESITA Y TOBAS



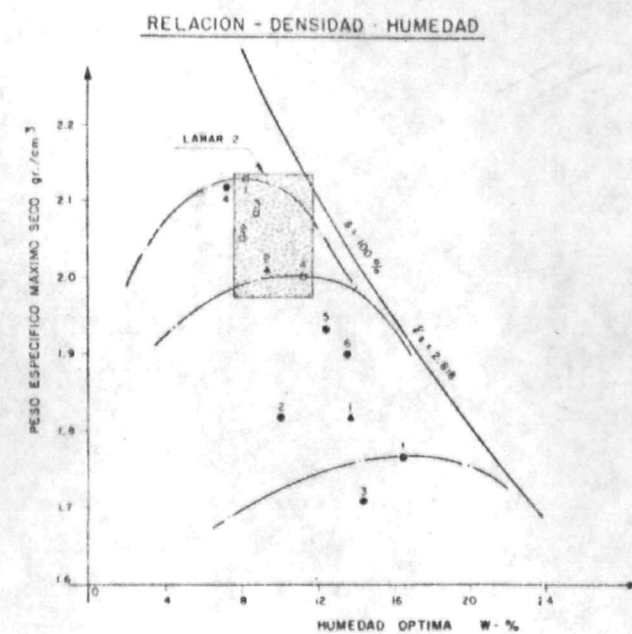
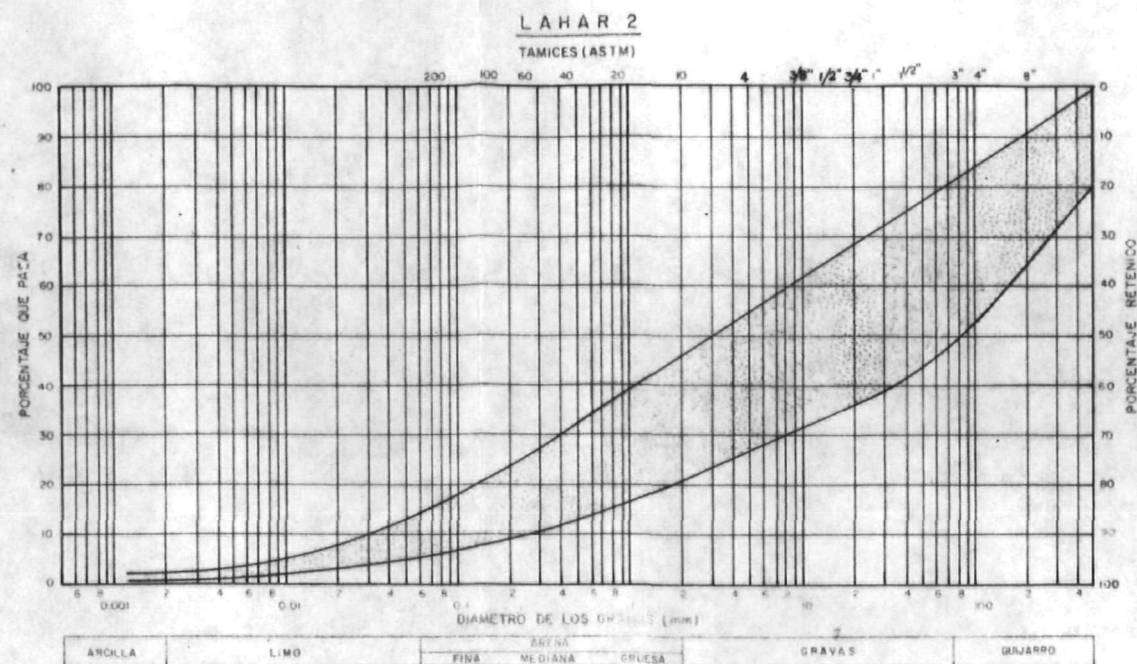
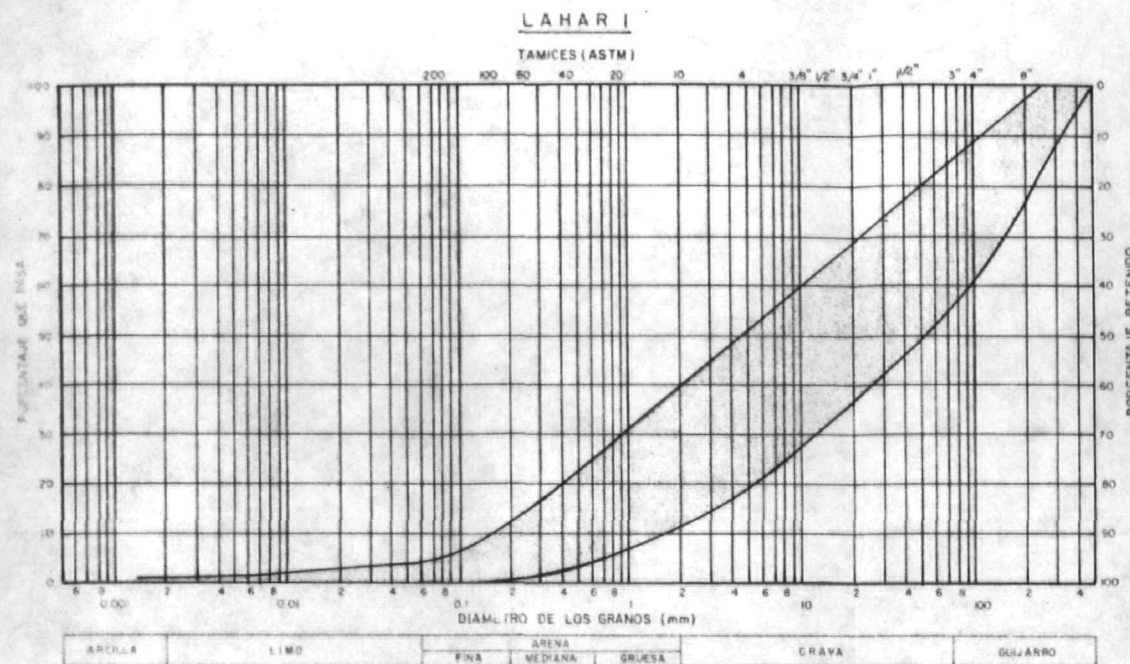
UBICACION

GRAVA Y ARENA - RIO COCA

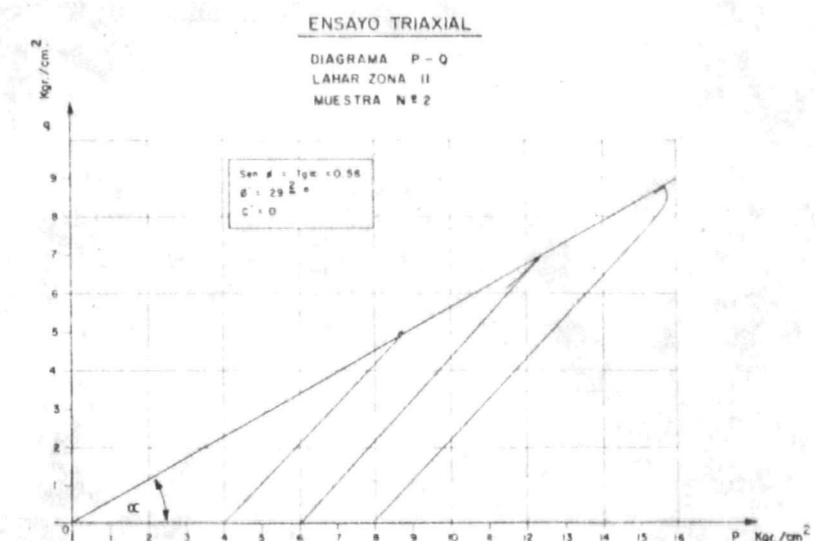
GRAVA Y ARENA - RIO SALADO

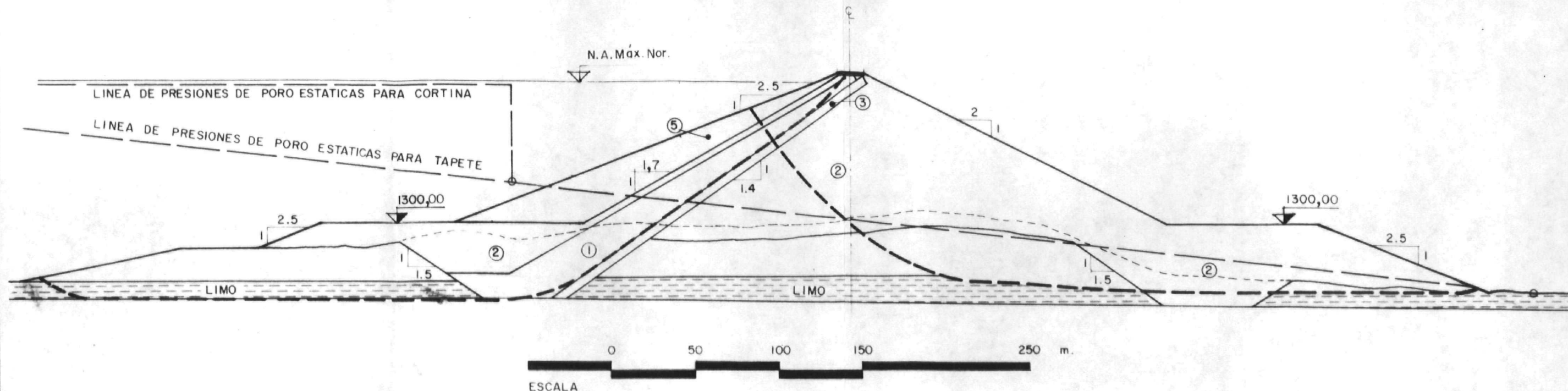


POZO	MUESTRA	COMPACTACION		LIM DE CONSISTENCIA			GRAVES		GRANULOMETRIA %					DESGASTE		PERMEABILIDAD		
		UNIFORME	BRIND	LL	LP	IP	ARCILL	LIMO	ARENA	GRUESA	GRASA	ABRAS	RELAT					
Nº	Nº	2.0	3.0	%	%	%	0.002	0.06	0.2	0.6	2	25	50	75	%	cm/s		
ALUVIAL RIO COCA																		
AA-1	2.095	9.10		NP			2.750	0	1	2	6	4	14	7	17.2	5.3	3.7 x 10 ⁻³	
AA-2	2.171	10.50		NP			2.778	0	0	1	1	1	6	3	17.1	2.8	5.6 x 10 ⁻³	
AA-3	1.998	6.25		NP			2.700	1	3	3	6	13	13	12	11	10.1	2.5	2.9 x 10 ⁻³
AA-4	1.958	11.20		NP			2.670	1	3	5	10	6	19	22	15	23.5	4.7	1.6 x 10 ⁻³
AA-5	2.070	8.10		NP			2.721	0	1	1	8	5	18	12	6	21.3	3.2	9.7 x 10 ⁻³
SAR-1				NP			2.778	0	1	6	53	39	1				SUELTO COMPAC 4.0852 0.651 4.0810 1.110 4.0592 0.714 4.0710 1.2810	
SAR-2				NP			2.778	1	2	11	56	31						
ALUVIAL RIO SALADO																		
AA-2				NP			2.761	0	1	2	8	10	19	15	9	20.0	7.05	9.0 x 10 ⁻³
AA-3				NP			2.788	0	1	2	9	7	21	12	8	18.5	5.98	1.1 x 10 ⁻²
AA-4	0 MAX 11.937 0-MIN. 1.690			NP			2.750	0	1	1	3	4	9	10	10	19.6	2.79	5.6 x 10 ⁻³
AA-1				NP			2.775	3	1	21	71	4	0				SUELTO COMPAC 4.0858 0.606 4.0510 1.210 4.0888 0.559 4.2710 1.810	
AA-2				NP			2.795	2	2	30	57	9	0					



POZO Nº	MUESTRA Nº	ZONA PROF. m	HUMED. %	LIM DE CONSISTENCIA				GRANULOMETRIA %				COMPACTACION							
				LL %	LP %	IP %	H. SPEC. DE LOS GRANOS	ARCILL. %	LIMO %	ARENA %	FINA MEDIA GRANES.	GRAVAS %	HUMED. OPTIM.	DEFORM. SUA MAXIM. g/cm³					
LAHAR 1																			
	L-1	ZONA-1			NP			2.832	1	3	5	14	17	30	7	5	6.4	1.765	1.79x10 ⁻⁵
	L-2	ZONA-1			NP			2.852	1	2	2	8	16	33	7	1	10.0	1.818	5.81x10 ⁻⁵
	L-3	ZONA-1			NP			2.815	1	3	6	15	11	19	5	4	14.3	1.707	1.07x10 ⁻⁵
	L-4				NP			2.785	1	2	2	5	11	28	12	7	7.2	2.118	4.15x10 ⁻⁵
	L-5	ZONA-1			NP			2.812	1	1	2	6	7	35	9	4	12.4	1.934	1.16x10 ⁻⁵
	L-6	ZONA-1			NP			2.809	1	1	2	5	6	40	13	5	13.5	1.900	6.05x10 ⁻⁶
	GL-21				NP			2.847	0.5	3.5	6	6	9	22	2	12	9.3	2.086	
	KM-108				NP			2.814	1	1	5	9	13	27	4	10	13.7	1.816	
	L	ZONA-1 0.9-40			NP			2.818	0.1	0.5	1.4	3	7	33	5	6	13.0	1.789	
	L	ZONA-1 4.0-10			NP			2.822	1	3	2	6	9	32	6	9	10.0	1.978	
	[L]	ZONA-1 0.00			NP			2.851	0.5	1.5	4	6	9	30	9	12	11.20	2.003	2.8x10 ⁻⁵
LAHAR 2																			
	1	L	ZONA-2			NP		2.869	0.5	4.5	4	5	6	23	4	7	8.20	2.130	6.05x10 ⁻⁶
	2	L	ZONA-2			NP		2.806	1.5	7.5	5	5	6	19	4	4	8.00	2.072	5.55x10 ⁻⁷ 0.53
	3	L	ZONA-2			NP		2.796	1	6	8	8	9	20	2		8.70	2.085	3.23x10 ⁻⁶
	5	L	ZONA-2	10.44						1	6	6	6	7	15	2	6		
	6	L	ZONA-2	10.67						1	6	6	6	7	13	4	10		
	7	L	ZONA-2	11.47						2	10	6	12	15	30	1	2		
	8	L	ZONA-2	12.07						1	6	5	6	6	17	6	10		
	8	L	ZONA-2	7.53						1	4	5	7	8	20	2	10		
	9	L	ZONA-2	6.16						1	4	7	8	9	26	2	6		
	10	L	ZONA-2	9.09						1	12	9	9	13	18	3	6		



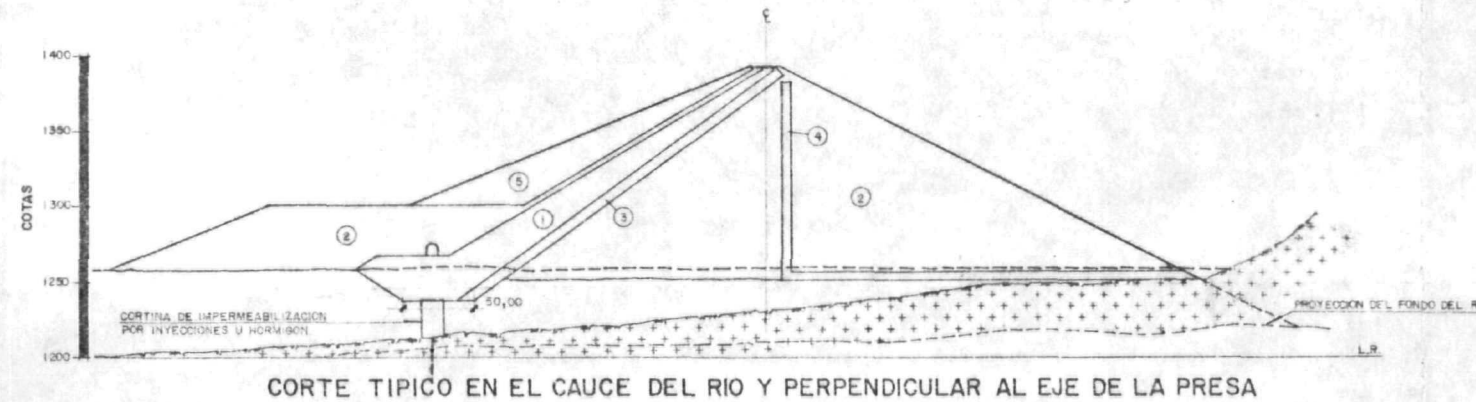
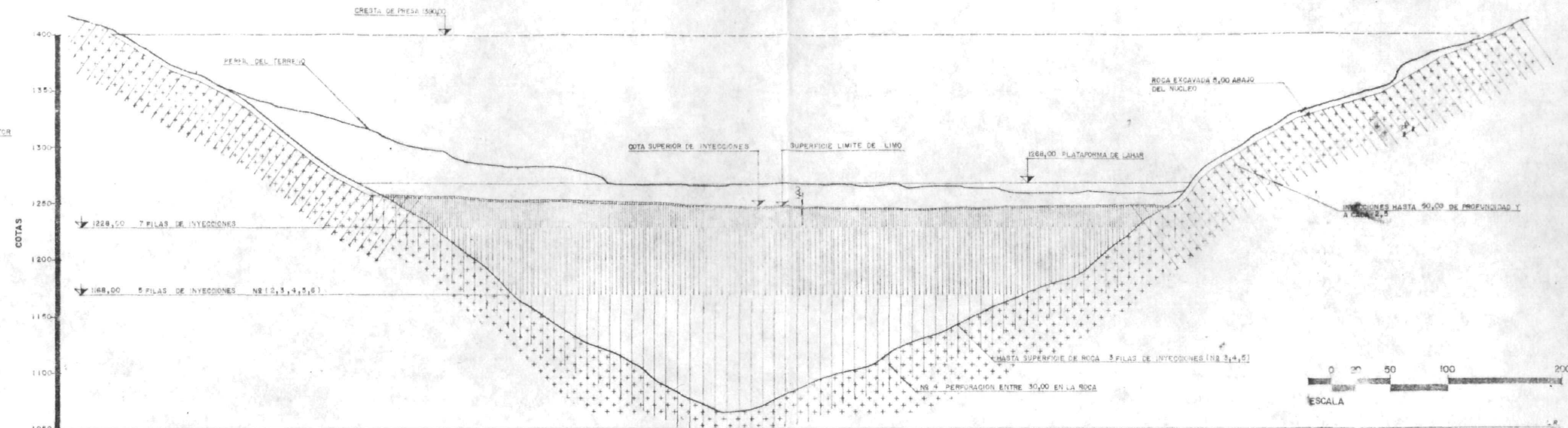
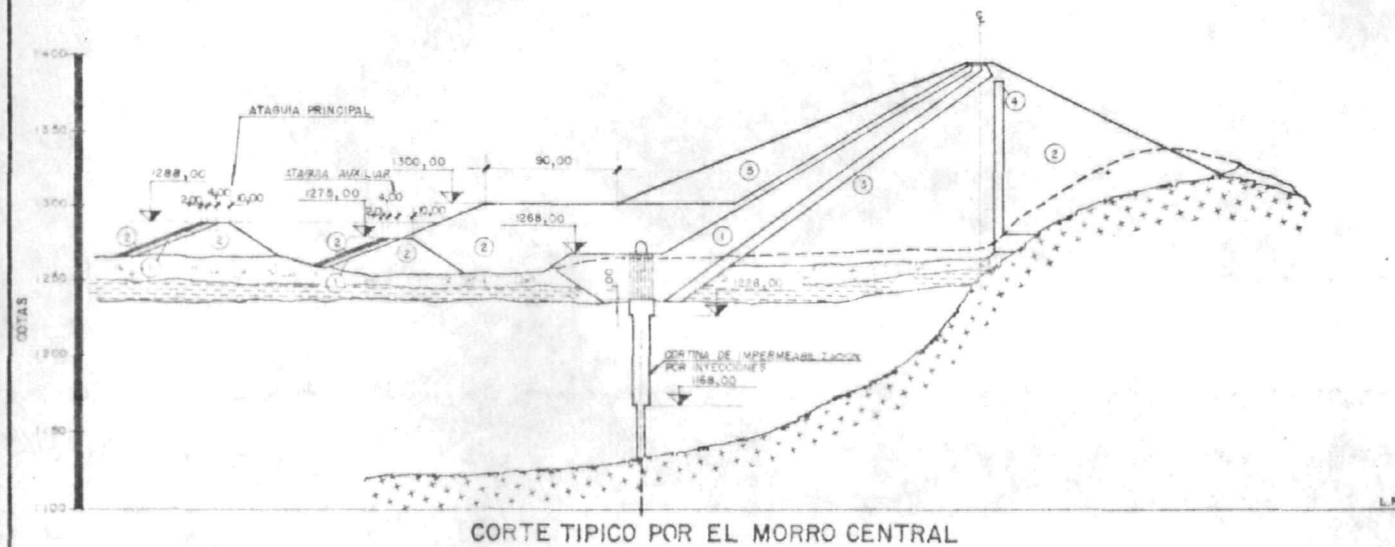
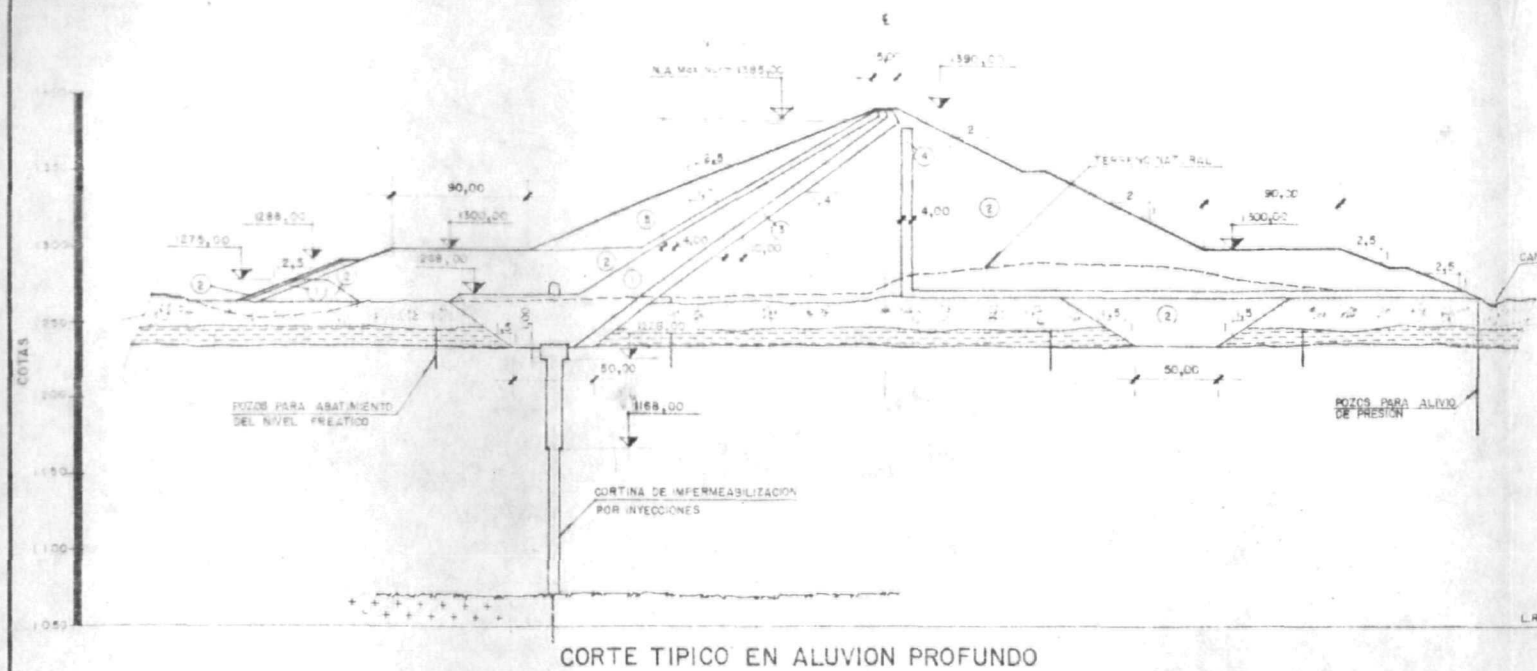


----- SUPERFICIES DE DESLIZAMIENTO ANALIZADAS

- ① LAHAR COMPACTADO
② GRAVA COMPACTADA
③ FILTRO DE GRAVA PROCESADA
⑤ ESCOLLERADO COMPACTADO

MATERIAL	C'	ϕ'	C	ϕ
ESCOLLERADO	0	40°		
GRAVA	0	40°		
LAHAR	0	25°	0	25°
LIMO	0	$\begin{cases} 15^\circ \text{ A.ABAJO} \\ 10^\circ \text{ A.ARRIBA} \end{cases}$	0	10°

CONDICIONES			FACTOR DE SEGURIDAD		
ESTATICAS :	DESCENSO RAPIDO	(ESFUERZOS TOTALES)	TALUD AGUAS ARRIBA 1.61		
	EMBALSE LLENO	(ESFUERZOS EFECTIVOS)	1.54		
DINAMICAS : EMBALSE LLENO (ESFUERZOS EFECTIVOS)	a = 0.10 g	u x u EST.	TAPETE	CORTINA	1.02 0.95
		1.00	1.85	1.50	
		1.20	1.71	1.48	
	a = 0.20 g	1.40	1.52	1.42	0.95
	a = 0.30 g	1.20			0.76
a = 0.30 g	1.40	0.89	0.82		



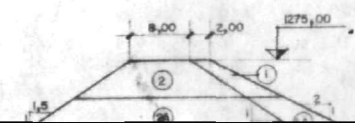
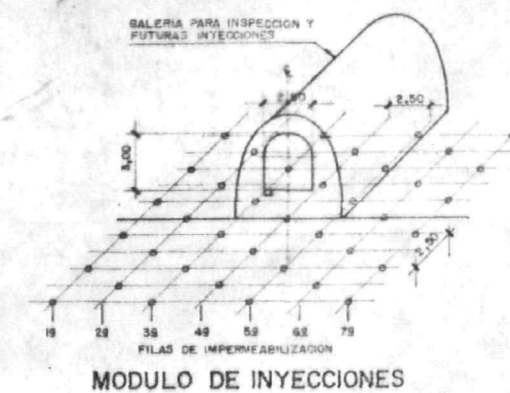
- LEYENDA
- ① LAHAR COMPACTADO
 - ② LAHAR LANCADO
 - ③ GRAVA COMPACTADA
 - ④ GRAVA LANCADA
 - ⑤ TRANSICIÓN DE GRAVA PROCESADA
 - ⑥ DREN DE GRAVA PROCESADA
 - ⑦ ESCOLLERADO COMPACTADO
 - ⑧ ESCOLLERADO LANZADO

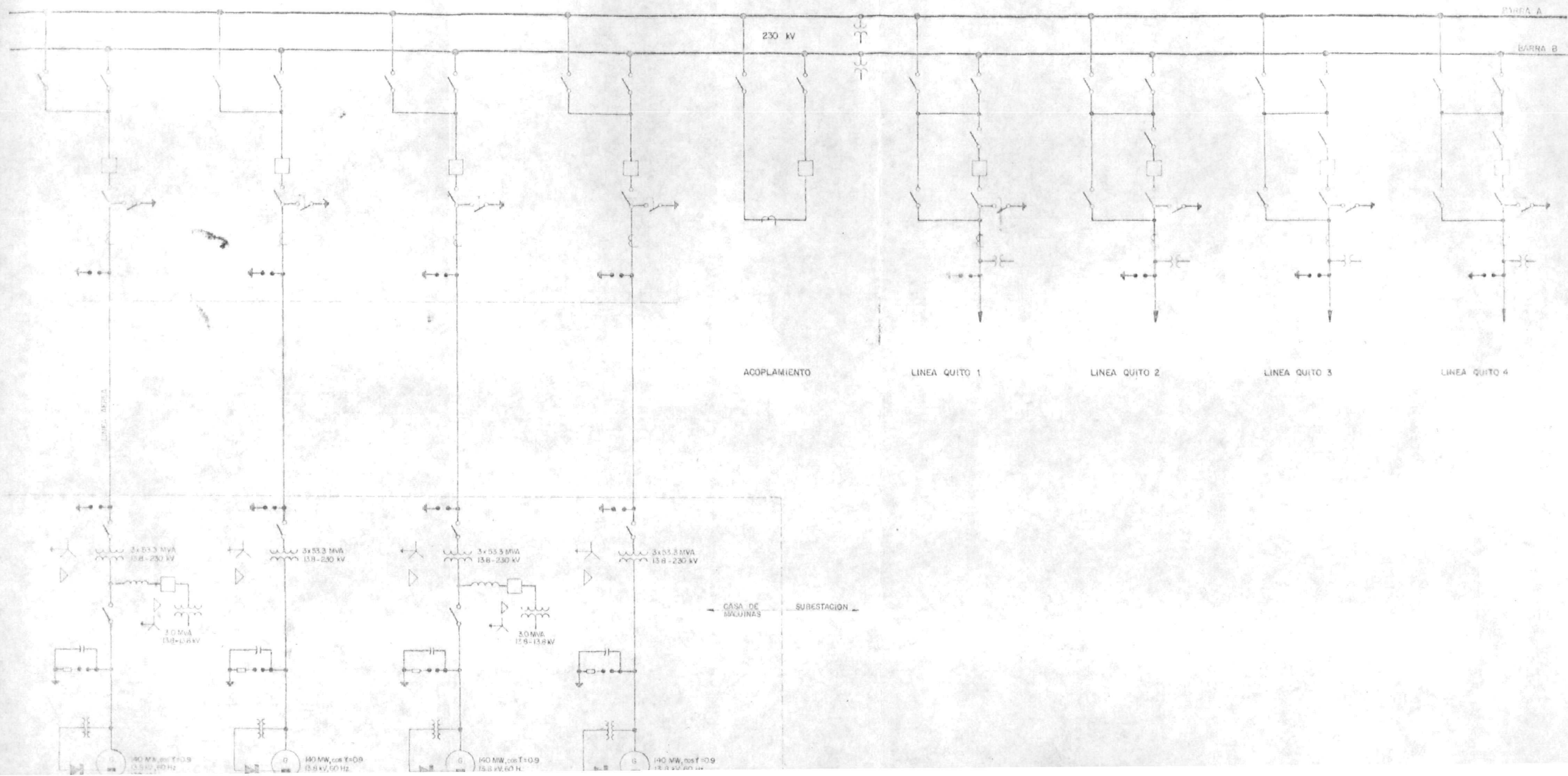
CALCULO PRELIMINAR DE ESTABILIDAD DE LA PRESA

CONDICIONES	FACTOR DE SEGURIDAD			
	TALUD AGUAS ARRIBA		TALUD AGUAS ABAJO	
ESTATICAS:	1.61		1.54	
DESCENSO RAPIDO (ESFUERZOS TOTALES)				
EMBALSE LLENO (ESFUERZOS EFECTIVOS)				
DINAMICAS:	0	K U EST	DELANTAL IMPERMEABLE	CORTINA DE INYECCION
EMBALSE LLENO (ESFUERZOS EFECTIVOS)	0,10 g	1,00	1,85	1,50
	0,20 g	1,20	1,71	1,16
	0,30 g	1,40	1,52	0,95
				0,76

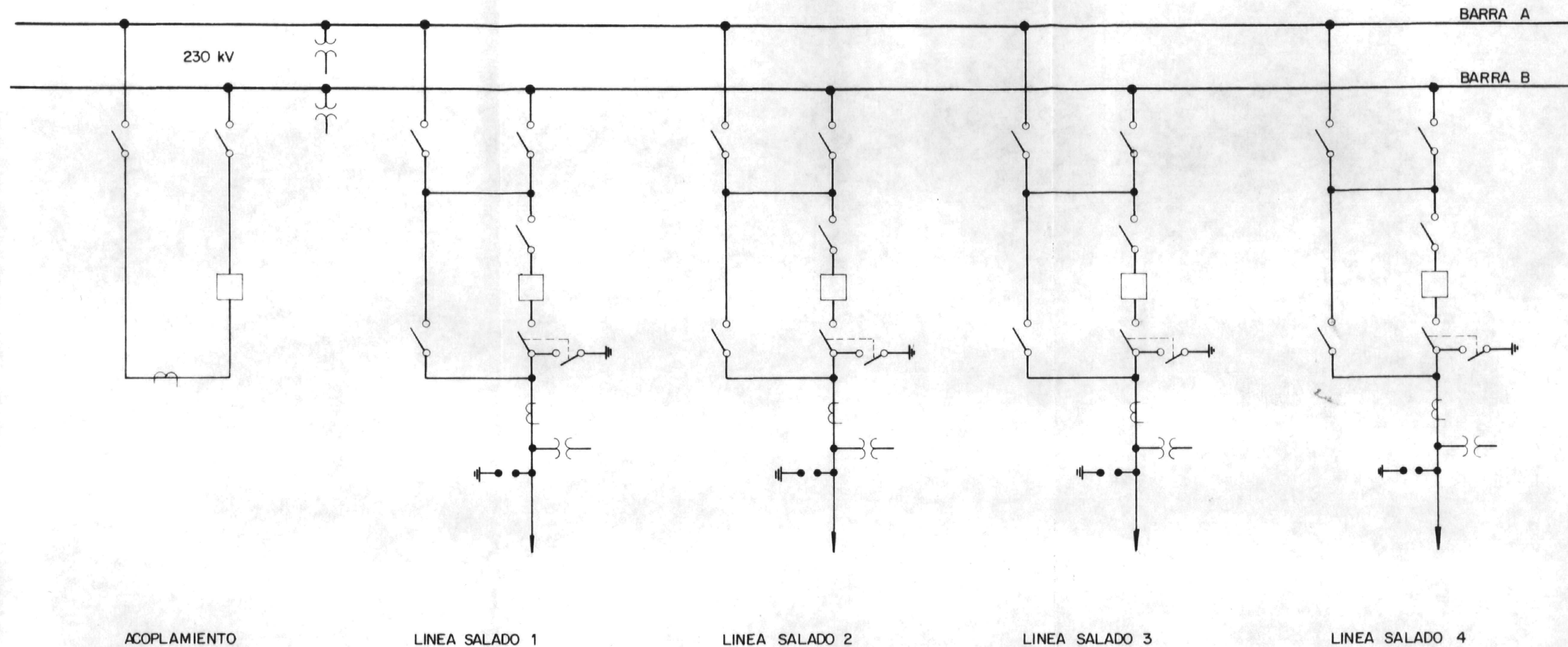
PARAMETROS DE RESISTENCIA DE MATERIALES

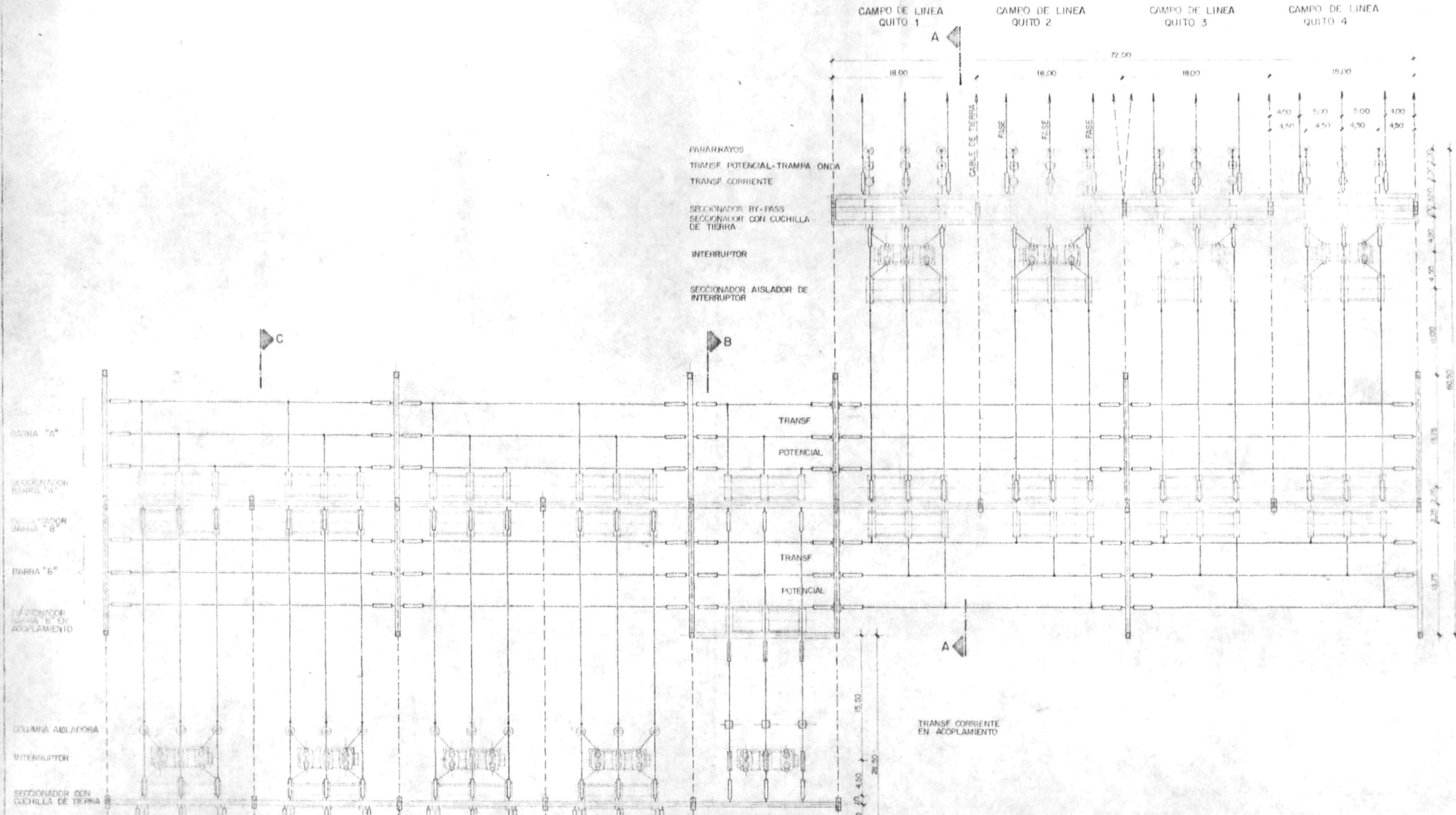
MATERIAL	C'	φ'	C	φ
ESCOLLERADO	0	40°		
GRAVA	0	40°		
LAHAR	0	25°	0	25°

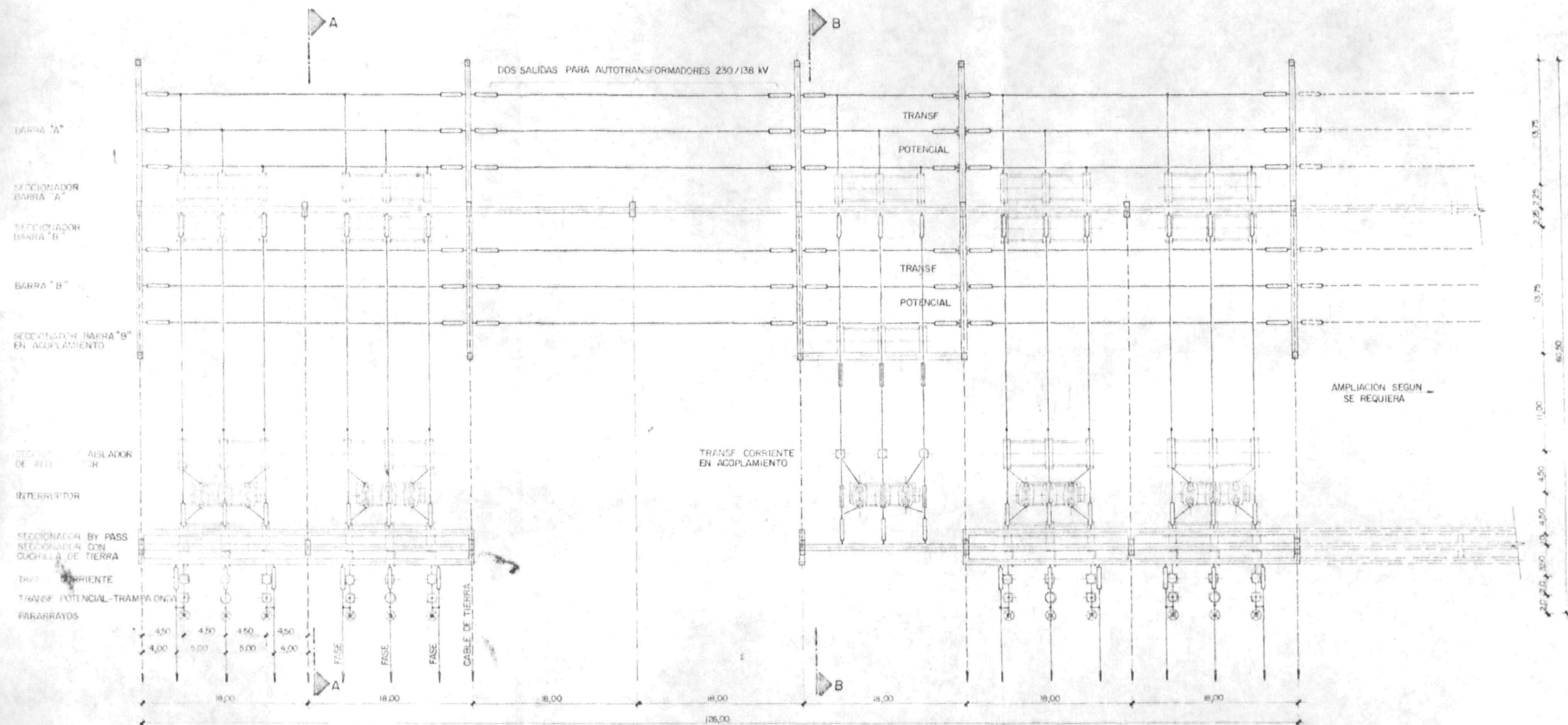


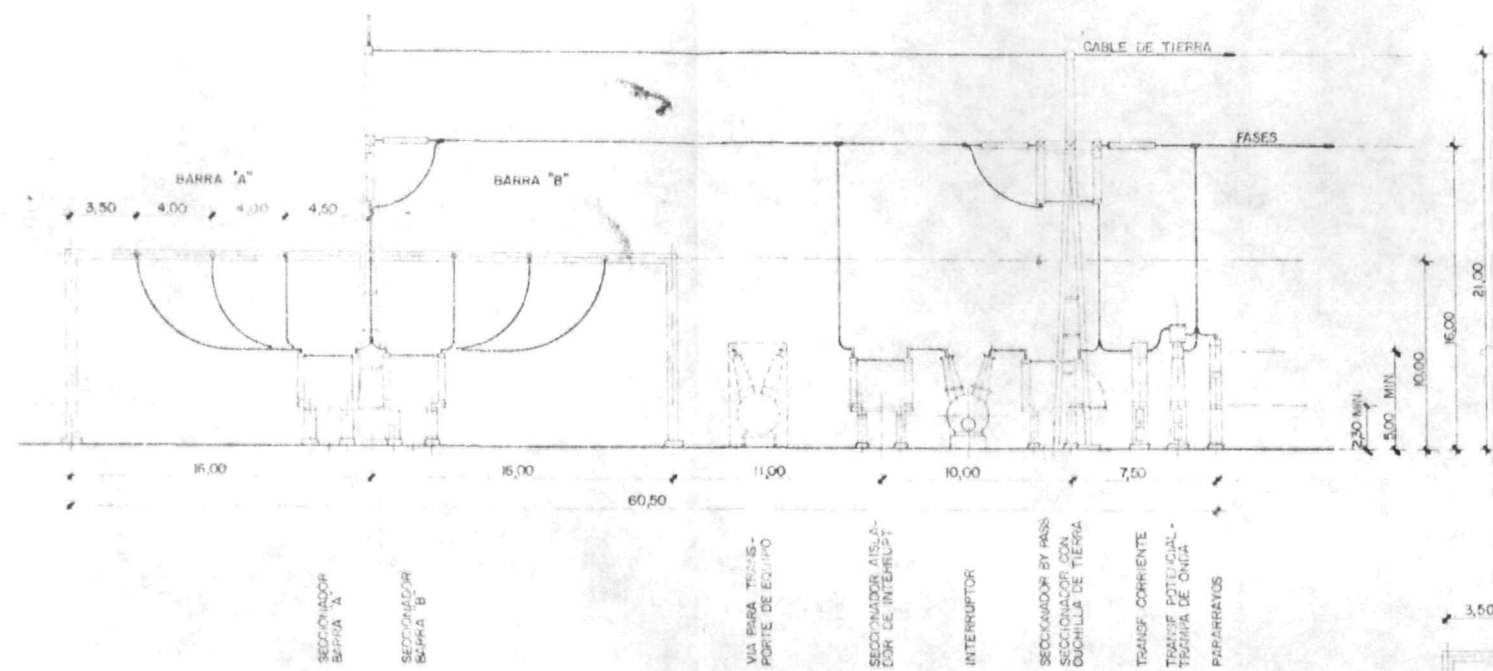


INTEGRAL - IDCO - ADEC - INGECONSULT		VERIFICADO	
DIBUJO	FECHA	DIBUJO	VERIFICADO
EA ENC GRUPO JEFE U.A. SUPERV. U.A.	7-JULIO-78	J EGAS E	
PROYECTO	JEFE ADJUNTO PROYECTO	RESP. CONSORCIO NACIONAL	
RESPONSABLE POR EL CONSORCIO		FIRMAS	
ING. CIVIL LINCOLN A. QUEROZ CREA 2053/70 48 Reg. VISTO 32 506-48 Reg.			
VERIFICADO			
DIBUJO	FECHA	DIBUJO	VERIFICADO
EA ENC GRUPO JEFE U.A. SUPERV. U.A.			
PROYECTO	JEFE ADJUNTO PROYECTO	RESP. CONSORCIO NACIONAL	

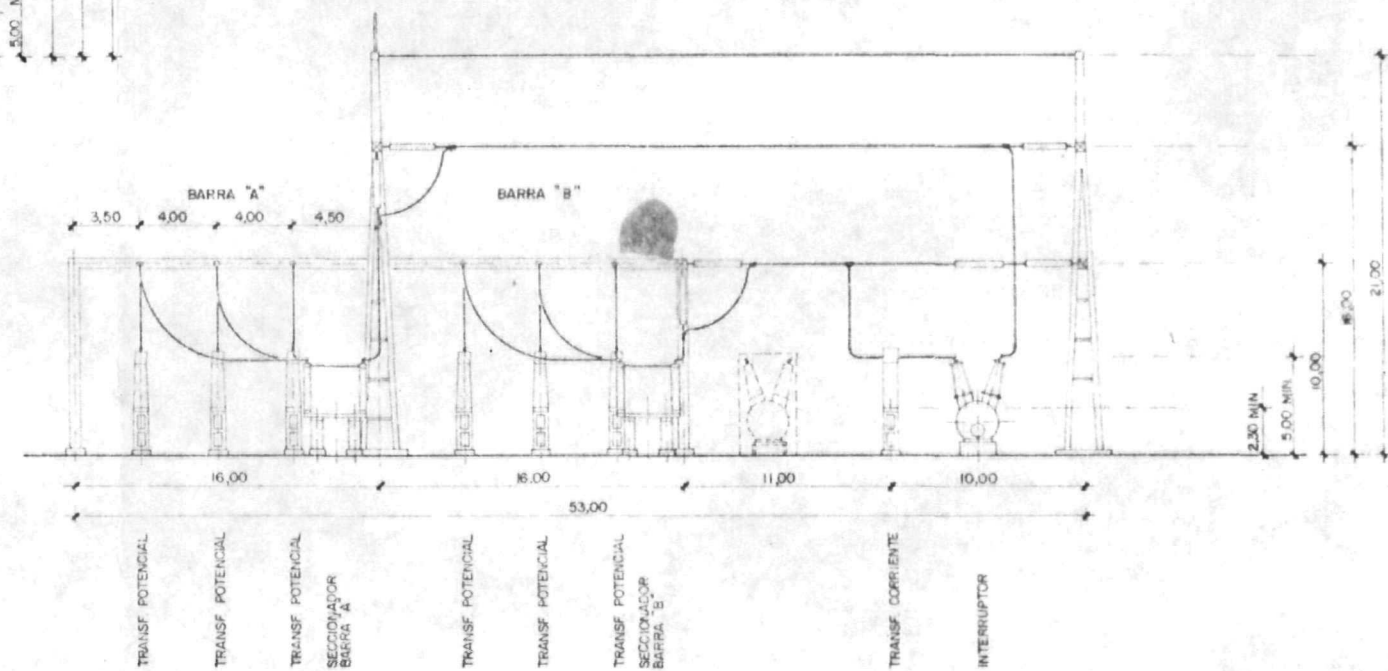
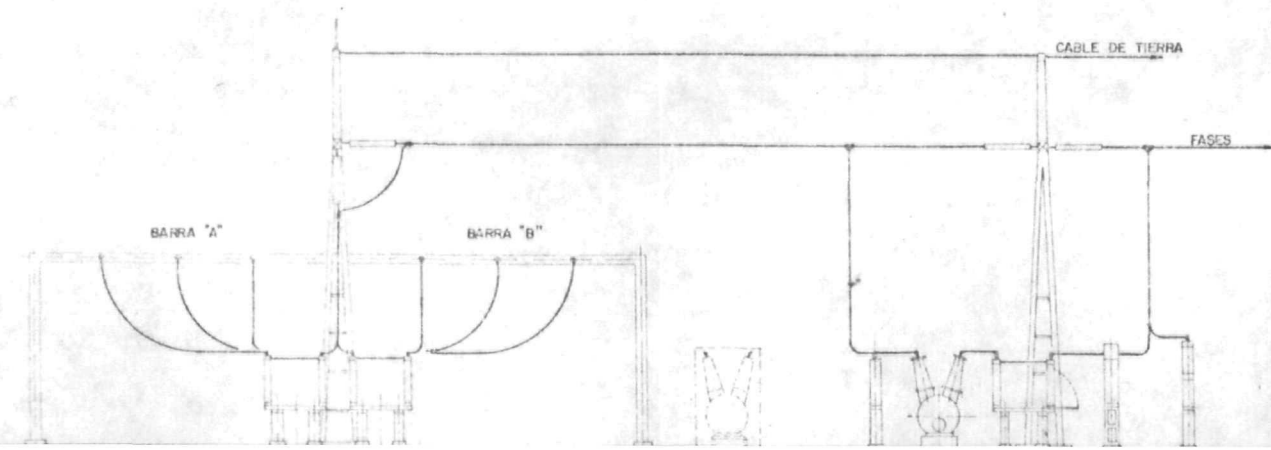




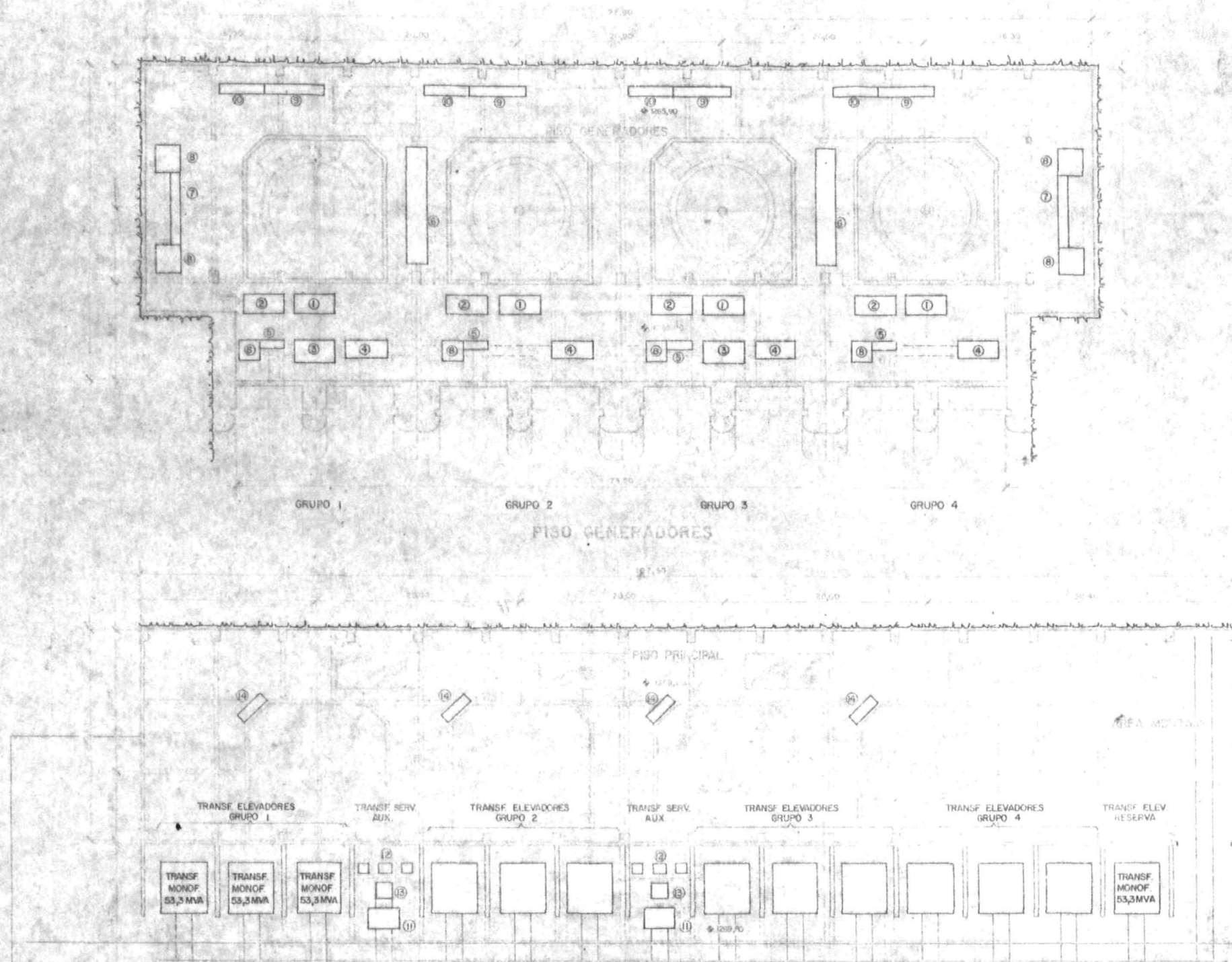




CORTE TRANSVERSAL A-A
CAMPO DE LINEA
SUBESTACIONES SALADO Y QUITO



CORTE TRANSVERSAL B-B
CAMPO DE ACOPLAMIENTO DE BARRAS
SUBESTACIONES SALADO Y QUITO



RESPONSABLE POR EL CONSORCIO

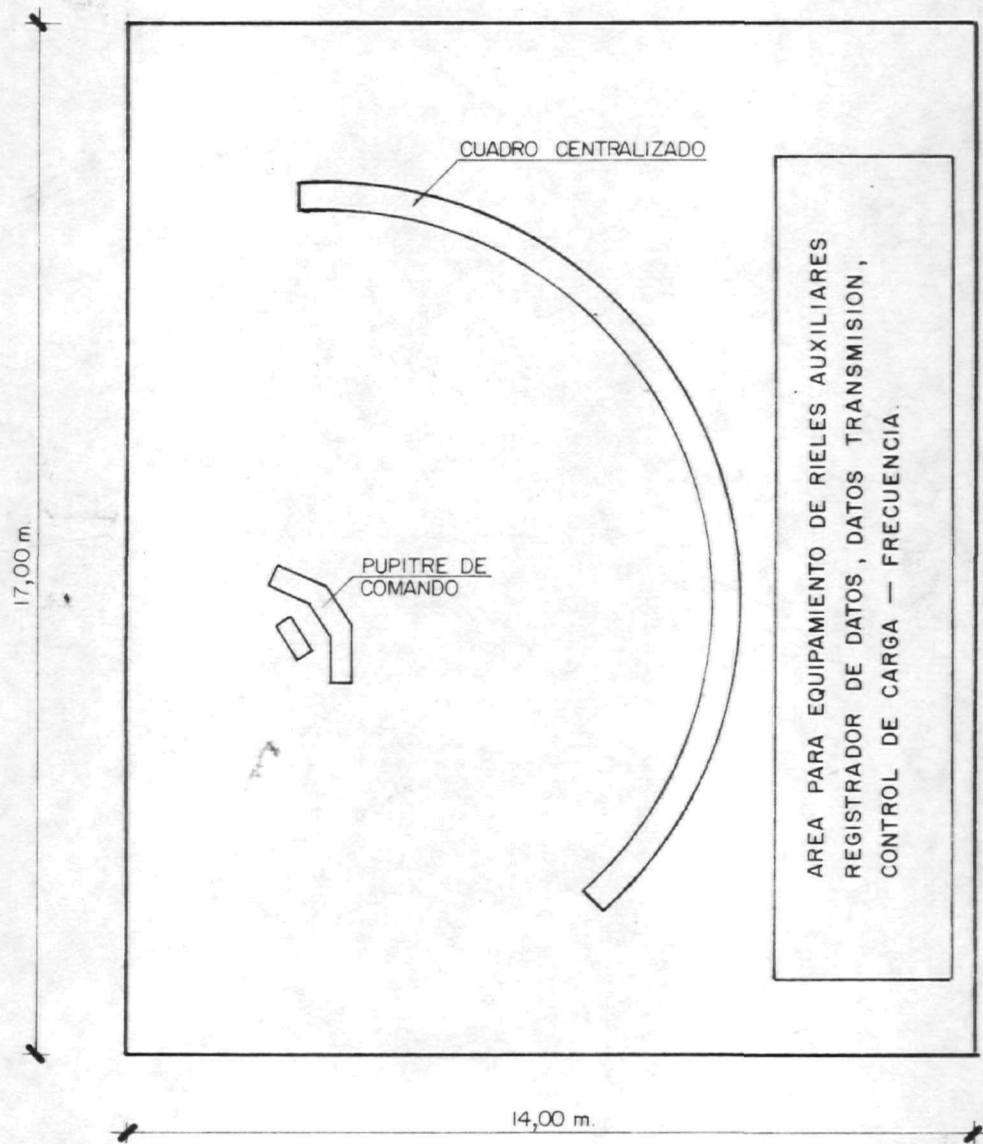
ING. CIVIL LINCOLN A. QUEIROZ
CREA 2053/D 4º Reg -VISTO 32306-6º Reg

U A PARTIC	ENC GRUPO	JEFE U A	SUPERV U A	U A RESP TAREA	ENC GRUPO	JEFE U A	SUPERV U A	DIRECTOR U A PART	DIREC. SUPERV PROV

U A PARTIC	ENC GRUPO	JEFE U A	SUPERV U A	U A RESP TAREA	ENC GRUPO	JEFE U A	SUPERV U A	DIRECTOR U A PART	DIREC. SUPERV PROV

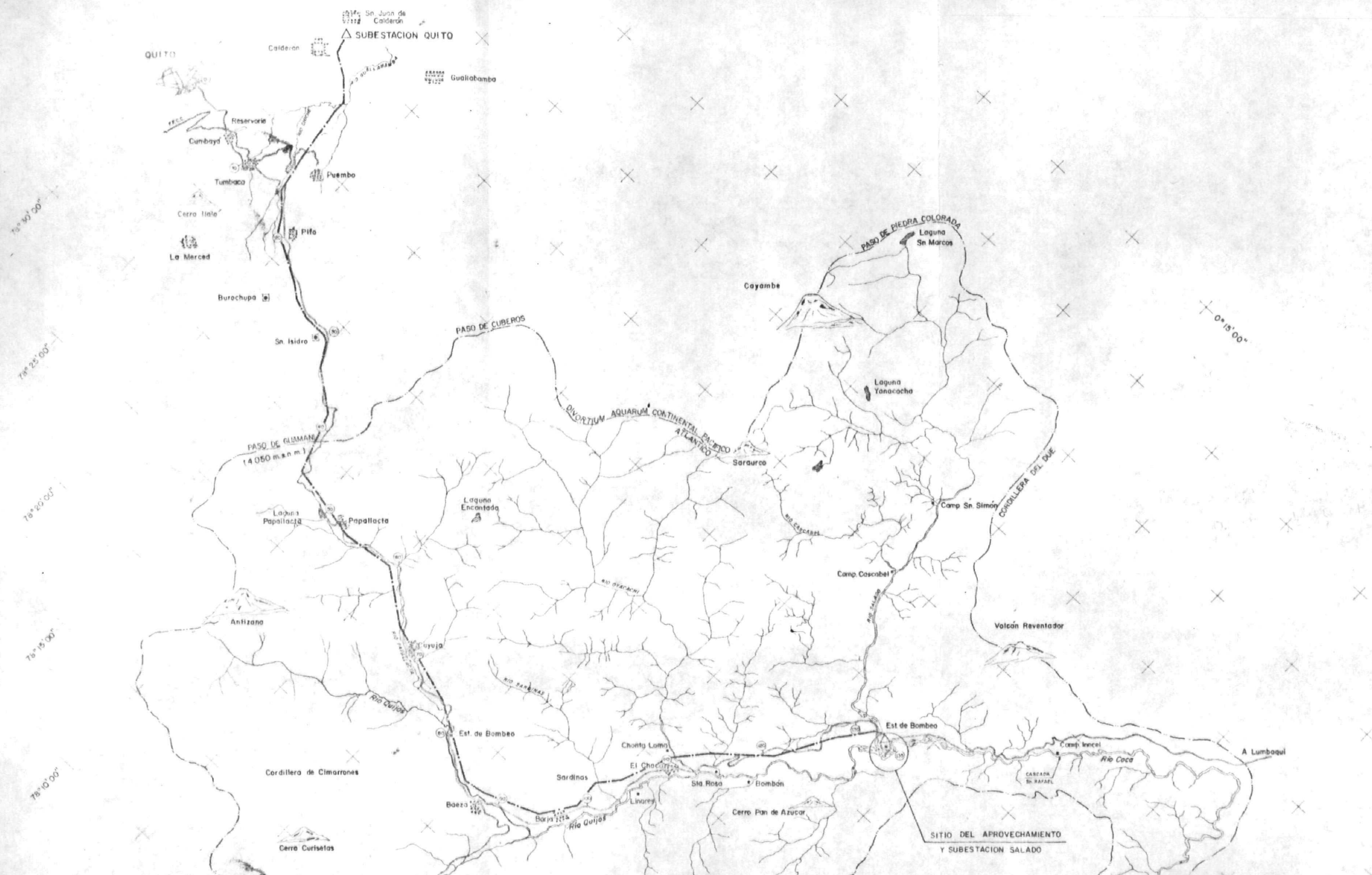
U A PARTIC	ENC GRUPO	JEFE U A	SUPERV U A	U A RESP TAREA	ENC GRUPO	JEFE U A	SUPERV U A	DIRECTOR U A PART	DIREC. SUPERV PROV

H PLACENCIA	FECHA	DIBUJO	VERIFICADO
	11-JULIO-78	J. EGAS E	
FIRMAS	JEFE ADJUNTO PROYECTO	RESP CONSORCIO NACIONAL	



CONSORCIO HIDROSERVICE / INTEGRAL-IDCO-ADEC-INGECONSULT	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA APROVECHAMIENTO SALADO - FACTIBILIDAD CENTRAL SALADO - SALA DE COMANDO DISPOSICION GENERAL	
HOJA 1 DE 1	RECOMENDADO
ESCALA	APROBADO
Nº HS/IA-442-EA-013	REF.

REV Nº	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	POR	VERIF.	APROB.



- LEYENDA**
- Línea de Transmisión de 230 kv.
 - △ Subestación
 - Kilometraje de la carretera
 - Carretera Quito-Lago Agrio

