EEPP
DE + + +
MEDELLIN

Empresas Públicas de Medellín

DIRECCION DE PLANEACION

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO RIACHON
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

INFORME GENERAL

DICIEMBRE DE 1.982

IEH

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.

CANOGU

OBRAS DE INGENIERIA ELECTRICA LTDA.

ESTUDIO FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO — FONADE

EEPP
DE + + +
MEDELLIN

Empresas Públicas de Medellín

DIRECCION DE PLANEACION

DESARROLLO HIDROELECTRICO DEL RIO RIACHON
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

INFORME GENERAL

DICIEMBRE DE 1.982

IEH
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.

CANOGU
OBRAS DE INGENIERIA ELECTRICA LTDA.

ESTUDIO FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO — FONADE

Bogotá D. E., octubre 24 de 1983

Doctor
Diego Calle Restrepo
Gerente General
Empresas Públicas de Medellín
Medellín

Apreciado doctor Calle :

Con la presente le estamos haciendo llegar el informe del Estudio de Factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico del Río Riachón. En este informe se describen las investigaciones realizadas, así como los resultados de éstas y de los análisis efectuados sobre el Proyecto.

Los estudios muestran la factibilidad técnica y económica de construír un desarrollo hidroeléctrico con capacidad instalada de 90 MW aprovechando solo el río Riachón ó 110 MW si se desvían las quebradas Caracolí y La Víbora a este río. El proyecto presentado permite generar entre 506 y 650 GWh por año, dependiendo de si se aprovecha únicamente el río Riachón, o se desvían las quebradas mencionadas; con costos entre $ 1.38/KWh y $ 1.29/KWh para los mismos casos.

El corto período de construcción de las obras, estimado en apenas 39 meses, los frentes de trabajo poco extensos con acceso relativamente fácil, y las características de generación y costos antes indicadas, hacen del Desarrollo Hidroeléctrico del Río Riachón un proyecto muy atractivo. Cabe resaltar que los costos unitarios tanto de energía media como de energía firme son del orden del 70% de los costos para los proyectos incluídos dentro del programa de generación 1986-1992.

Estas características indican que el Proyecto Riachón debe ser tenido en cuenta no solo como una alternativa de expansión sino como un posible proyecto de emergencia dado el eventual atraso de algunos de los desarrollos considerados dentro del actual programa de generación. En el informe se encontrará la información básica y los análisis que justifican las afirmaciones anteriores.

Hoja No.2

Queremos agradecer a Empresas Públicas de Medellín el habernos brindado la oportunidad de adelantar estos estudios, para la ejecución de los cuales tenemos que destacar la valiosa colaboración de la Unidad de Recursos Naturales.

Esperamos que el trabajo ejecutado haya sido satisfactorio y quedamos a su entera disposición para cualquier colaboración que en el futuro podamos brindarles.

Atentamente,

Rodolfo Oñoro Cerra
Director del Proyecto

ROC/yst

CONTENIDO

		Página
I.	INTRODUCCION	1
II.	ESTUDIOS ANTERIORES Y ALTERNATIVAS CONSIDERADAS	3
	2.1 Estudios Anteriores	3
	2.2 Alternativas Analizadas Durante la Prefactibilidad	3
	2.3 Alternativas Estudiadas Durante la Factibilidad	5
	2.3.1 Presa Los Suribios	5
	2.3.2 Presa de Derivación de Bodegavieja	6
	2.3.3 Conducción	6
	2.3.4 Desviaciones	7
III.	DESCRIPCION DEL PROYECTO	8
	3.1 Presa de Regulación y Embalse	9
	3.2 Presa Derivadora	10
	3.3 Obras de Toma	10
	3.4 Conducción	11
	3.5 Cavernas de Máquinas y Transformadores	12
	3.6 Túneles de Acceso y Fuga	12
	3.7 Equipos de la Central	13
	3.8 Ventanas de Construcción	14
	3.9 Obras de Protección de la Quebrada Santa Bárbara	15
	3.10 Líneas de Transmisión	15
IV.	DESVIACIONES DE LAS QUEBRADAS CARACOLI Y LA VIBORA	19
	4.1 Desviación de la Quebrada Caracolí	19
	4.1.1 Alternativa No.1	19
	4.1.2 Alternativa No.2	20
	4.2 Desviación de la Quebrada La Víbora	21
	4.2.1 Alternativa No.1	21
	4.2.2 Alternativa No.2	22

Página

4.2.3 Alternativa No.3 22

4.3 Implicaciones de las Desviaciones sobre el Proyecto Básico 22

V. CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA 25

5.1 Cartografía Existente 25

5.1.1 Escala 1:25 000 25
5.1.2 Escalas 1:10 000 y 1:5 000 25

5.2 Topografía 26

VI. HIDROMETEOROLOGIA Y SEDIMENTOS 28

6.1 Precipitación 28
6.2 Caudales 29
6.3 Crecientes de Diseño para Obras de Desviación 32
6.4 Creciente Máxima Probable 33
6.5 Evaporación 33
6.6 Sedimentos 34
6.7 Calidad del Agua 35

VII. GEOLOGIA Y SISMOLOGIA 50

7.1 Cronoestratigrafía 50

7.1.1 Rocas Precámbricas 51
7.1.2 Rocas Paleozoicas 51
7.1.3 Paleozoico Tardío 51
7.1.4 Cretáceo 52
7.1.5 Cuaternario 52

7.2 Geomorfología 52
7.3 Marco Tectónico Regional 54
7.4 Sismología 54

VIII. GEOTECNIA 62

8.1 Descripción Geotécnica de los Materiales 62

Página

8.1.1 Neises 62
8.1.2 Esquistos 63
8.1.3 Anfibolitas 63
8.1.4 Cuarcitas 64
8.1.5 Materiales Cuaternarios 64

8.2 Condiciones Geotécnicas Presa de Los Suribios 65

8.2.1 Ambiente Geológico 65
8.2.2 Materiales de Construcción 66
8.2.3 Condiciones de Fundación 66
8.2.4 Zonificación de la Presa y Condiciones de Estabilidad 67
8.2.5 Condiciones de Estabilidad del Embalse 67

8.3 Condiciones Geotécnicas Presa de Bodegavieja 68

8.3.1 Ambiente Geológico 68
8.3.2 Materiales de Construcción 68
8.3.3 Condiciones de Fundación 68
8.3.4 Control de Sedimentos de la Quebrada Santa Bárbara 69

8.4 Condiciones Geotécnicas de las Obras Subterráneas 69

8.4.1 Ambiente Geológico 69
8.4.2 Características Geotécnicas del Macizo Rocoso de Los Aguadeños 69
8.4.3 Secciones de Conducción y Refuerzos de Construcción 71
8.4.4 Casa de Máquinas y Caverna de Transformadores 71
8.4.5 Materiales de Construcción 72

8.5 Condiciones Geotécnicas de las Desviaciones 72

8.5.1 Generalidades 72
8.5.2 Desviación de la Quebrada La Víbora 72
8.5.3 Desviación de la Quebrada Caracolí 73

		Página
IX.	ESTUDIOS DE GENERACION	84
	9.1 Metodología y Consideraciones Generales	84
	9.2 Análisis de Generación y Altura de Presa	85
	9.3 Potencia Instalada	86
	9.4 Desviaciones de las Quebradas Caracolí y La Víbora	88
X.	INFRAESTRUCTURA	94
	10.1 Vías de Acceso al Proyecto	94
	10.2 Vías de Acceso a las zonas de Presa y Obras de Toma	94
	10.2.1 Acceso al Sitio de Presa Los Suribios	95
	10.2.2 Acceso al Sitio de Presa de Bodegavieja y Sitio de Toma	95
	10.2.3 Acceso al Portal de Salida del Túnel No.1	95
	10.3 Acceso a la Central	96
	10.4 Acceso a las Desviaciones	96
	10.5 Relocalización de Vías	97
	10.6 Relocalización del Aeropuerto de Amalfi	97
	10.7 Energía para Construcción	97
XI.	COSTOS Y PROGRAMAS DE EJECUCION DEL PROYECTO	99
	11.1 Costos	99
	11.2 Tasa Interna de Retorno	101
	11.3 Programa de Ejecución	101
	11.4 Construcción del Proyecto	102
	11.4.1 Vías de Acceso	103
	11.4.2 Energía para Construcción	104
	11.4.3 Presa de Los Suribios y Bodegavieja y Obras Anexas	104
	11.4.4 Obras Subterráneas	105
	11.4.5 Blindaje de la Conducción	107
	11.4.6 Equipos Electromecánicos	107
XII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	145
	PLANOS	

LISTA DE PLANOS

Plano No.	Título
1	Localización de la Zona del Proyecto
2	Localización General de las Obras
3	Presa Reguladora de Los Suribios
4	Presa de Los Suribios - Secciones
5	Vertedero Presa Los Suribios - Planta y Cortes
6	Presa Los Suribios - Conducto de Desviación y Descarga
7	Presa Derivadora de Bodegavieja - Planta y Cortes
8	Conducción - Estructura de Toma y Secciones del Túnel y Pozo No.1
9	Conducción - Planta y Perfil - Secciones Túneles y Pozos
10	Casa de Máquinas - Planta y Cortes
11	Casa de Máquinas - Túneles de Acceso y Fuga
12	Desviación Quebrada Caracolí - Localización, Planta y Cortes
13	Desviación Quebrada La Víbora - Localización, Planta y Cortes
14	Plano Indice de Cartografía
15	Localización de Estaciones Hidrometeorológicas y Sitios de Aforo
16	Geología General
17	Geología Zona de Los Suribios
18	Fuentes de Materiales para Construcción
19	Registros Litológicos Resumidos de Las Perforaciones
20	Vías de Acceso y Obras de Infraestructura

LISTA DE CUADROS

No.	Título
IV-1	Implicaciones de las Desviaciones en las Dimensiones de la Conducción
VI-1	Precipitación sitio Los Suribios
VI-2	Precipitación sitio Bodegavieja
VI-3	Precipitación zona Q. La Víbora
VI-4	Caudales en Los Suribios
VI-5	Caudales en Bodegavieja
VI-6	Caudales Q. La Víbora
VI-7	Caudales Q. Caracolí
VI-8	Caudales Q. Santa Bárbara
VI-9	Evacuaciones Transporte de Sedimentos en Suspensión
VIII-1	Propiedades Geotécnicas Promedio de los Suelos
VIII-2	Resumen de Ensayos de Compresión Triaxial
VIII-3	Resultados de los Ensayos realizados sobre Núcleos de Roca
VIII-4	Volumenes Disponibles y Requeridos de Materiales de Construcción
VIII-5	Factores de Seguridad - Presa Los Suribios - Resumen
IX-1	Embalse Los Suribios - Características Energéticas y de Costos - Proyecto Básico sin Desviaciones
IX-2	Alternativa de Desviaciones - Características Energéticas y de Costos
XI-1	Resumen de Estimativo de Costos - Proyecto Básico
XI-2	Estimativo de Costos - Proyecto Básico
XI-3	Porcentajes anuales de Distribución de los contratos
XI-4	Programa de Desembolsos por contratos
XI-5	Estimativo de Costos - Desviación Q. Caracolí
XI-6	Estimativo de Costos - Desviación Q. La Víbora

LISTA DE FIGURAS

No.	Título
III-1	Esquema de Desarrollo
III-2	Vista Isométrica - Casa de Máquinas
III-3	Diagrama Unifilar de la Central
VI-1	Variación de PMP con la Altitud
VI-2	Hidrograma de la CMP - Embalse Los Suribios
VI-3	Evaporación
VI-4	Sedimentos en Suspensión - Estación Bodegavieja
VI-5	Sedimentos en Suspensión - Estación Los Suribios
VII-1	Modelo Tectónico parte NW de Colombia
VII-2	Muestra Sísmica Total
VII-3	Area de Influencia Circular R = 100 km
VII-4	Area de Influencia Circular R = 200 km
VII-5	Aceleración del Terreno - Integración de Probabilidades para el Análisis de Incertidumbre
VIII-1	Distribución Granulométrica - Suelos Residuales - Zonas de Concentración del 68% de los Datos
VIII-2	Gráfico de Plasticidad - Suelos Residuales - Zonas de Concentración del 68% de los Datos
VIII-3	Distribución Granulométrica - Materiales Granulares
VIII-4	Conducción - Esfuerzos Geostáticos - Programa ELAS
VIII-5	Diagrama de Roseta
IX-1	Curvas Volumen Altura y Area-Altura de Embalse
IX-2	Presa Los Suribios - Costos de Energía Firme vs Altura de Presa Proyecto Básico sin Desviaciones
IX-3	Costos de Energía Media vs Capacidad Instalada
XI-1	Programa de Ejecución (Barras)
XI-2	Programa de Ejecución (CPM)

I

INTRODUCCION

Con base en el resultado del reconocimiento del potencial hidroeléctrico de la hoya del río Porce adelantado por la firma Consultores Técnicos Ltda., en 1976, las Empresas Públicas de Medellín (EPM) decidieron adelantar el estudio de factibilidad del Desarrollo Hidroeléctrico del río Riachón.

Mediante Contrato 3/DJ-6777/5, del 6 de Mayo de 1981, EPM encargó al consorcio constituído por las firmas Ingeniería e Hidrosistemas Ltda. y Canogú Ltda., la ejecución del Estudio de Factibilidad. Dentro del programa de estudios se contemplaba una primera etapa de prefactibilidad, orientada a definir la alternativa de desarrollo hidroeléctrico más conveniente para el río; en el mes de Marzo de 1982 los Consultores presentaron a EPM los resultados de esa primera etapa los cuales se encuentran contenidos en el Informe General de la Etapa A-Prefactibilidad.

De acuerdo con los resultados de la Etapa de Prefactibilidad se definió como esquema más favorable el desarrollo del río Riachón sobre sí mismo; con base en esta definición los trabajos de la Etapa de Factibilidad estuvieron orientados a revaluar y ampliar la información básica, a refinar los análisis adelantados durante la Etapa de Prefactibilidad, a revisar el prediseño de las obras principales del proyecto en forma adecuada y a estimar los costos dentro de los grados de aproximación normales en este tipo de estudios.

Como resultado del estudio de factibilidad se determinó la posibilidad de instalar 90 MW, incluyendo un 10% de capacidad de reserva, que producirían una generación media anual de 506 GWh, de los cuales 424 GWh serían firmes. Además si se desvían las quebradas Caracolí y La Víbora se podrían adicionar respectivamente 67 y 77 GWh por año en energía media de los cuales 40 GWh por año serían firmes en el caso de la quebrada Caracolí y 44 GWh por año serían firmes en el caso de la quebrada La Víbora.

De acuerdo con los análisis el costo de la generación media para el proyecto sin desviaciones sería de $ 1.38/KWh, de $ 1.37/KWh si se desvía la quebrada Caracolí y de $ 1.29/KWh si se realizan las desviaciones de las quebradas Caracolí y La Víbora. Dentro de estos valores están contemplados porcentajes variables para imprevistos, ingeniería y administración, dependiendo de los diversos tipos de obra.

Los niveles de costos de energía generada muestran al proyecto Riachón como un proyecto altamente atractivo; si a esto se adiciona su corto período de construcción y su tamaño, es indudable que este proyecto será una de las alternativas a considerar para construír en el futuro cercano.

En los capítulos siguientes de este informe se presenta una descripción de los estudios realizados y resultados obtenidos, así como recomendaciones para estudios posteriores. Además en volumenes separados se presentan 6 anexos que contienen la información complementaria en cada uno de los aspectos principales del estudio, así:

Anexo No.1 - Cartografía y Topografía
Anexo No.2 - Hidrometeorología y Sedimentos
Anexo No.3 - Geología
Anexo No.4 - Geotecnia y Materiales de Construcción
Anexo No.5 - Estudios de Generación
Anexo No.6 - Costos

II

ESTUDIOS ANTERIORES Y ALTERNATIVAS CONSIDERADAS

2.1 ESTUDIOS ANTERIORES

Dentro de los estudios de reconocimiento del potencial hidroeléctrico del río Porce adelantado por Consultores Técnicos Ltda. en 1976, para EPM, se identificó la posibilidad de instalar 100 MW aprovechando la caída existente entre el río Riachón en el sitio de las Camelias y su confluencia con el río Porce.

En el año 1981, EPM, tomando en consideración los resultados de los estudios anteriores contrató con el Consorcio Riachón los estudios de Factibilidad del Proyecto.

2.2 ALTERNATIVAS ANALIZADAS DURANTE LA PREFACTIBILIDAD

Durante una primera etapa de prefactibilidad se analizaron dos alternativas de aprovechamiento: una primera alternativa que contemplaba el desarrollo del río mediante una presa de regulación en el sitio de Los Suribios, una presa de derivación en el sitio de Bodegavieja y una conducción subterránea a través del filo de Los Aguadeños, hasta la casa de máquinas subterránea ubicada cerca de la confluencia con el río Porce. Esta alternativa contemplaba además la posible desviación de las quebradas Caracolí y La Víbora. Una segunda alternativa contemplaba el aprovechamiento del río Riachón mediante su desviación hacia la quebrada La Víbora; en este esquema se consideraba la misma presa de regulación de Los Suribios y mediante otra presa en el sitio de Las Camelias se desviaban las aguas del Riachón hacia la quebrada La Víbora; desde allí mediante una nueva presa de desviación se llevaban las aguas por una conducción subterránea hasta una central también subterránea ubicada 1.8 kilómetros aguas arriba de la considerada en la alternativa anterior.

Las consideraciones y análisis correspondientes a la comparación de las dos alternativas anteriormente descritas fueron presentadas a EPM en el "Informe General Etapa A Prefactibilidad" de Marzo de 1982. Con base en los análisis allí presentados EPM aceptó la recomendación de Los Consultores de continuar con el estudio de factibilidad de la primera alternativa, que contempla el aprovechamiento del río Riachón mediante una conducción subterránea a través del filo de Los Aguadeños.

Teniendo en cuenta las características del proyecto Riachón, que aprovecha una caída bruta de 970 m mediante una conducción relativamente corta (4 645 m),

se estudió la posible desviación de corrientes vecinas. De las hoyas adyacentes al río Riachón se encontró la posibilidad de desviar por gravedad las quebradas Caracolí y La Víbora y desviar mediante bombeo los ríos Pocoró y La Cruz. Los análisis mostraron que las quebradas Caracolí y La Víbora podían ser desviadas mediante obras de poca magnitud y permitían generar 67 y 77 GWh/año adicionales respectivamente, por lo cual el estudio de factibilidad del proyecto Riachón incluyó el estudio de estas desviaciones, aún cuando a un nivel más preliminar que el proyecto básico. Las obras requeridas para las desviaciones de Caracolí y La Víbora así como los estudios geológicos, de generación y costos se presentan también en los capítulos siguientes de este informe.

Para el estudio de la posible desviación del río Pocoró al proyecto Riachón se comparó esta alternativa contra otra de desarrollo del río Pocoró a través del sistema Pocoró-Mata para lo cual se elaboraron esquemas preliminares de tales desarrollos. Los estudios correspondientes fueron presentados a EPM en el Memorando Técnico RD-03 de Abril de 1982. Se estudiaron seis alternativas de desviación Pocoró-Riachón con cabezas de bombeo variables entre 200 y 300 metros, encontrándose que en la mejor de estas alternativas se podrían generar entre 35 y 48 GWh/año adicionales en el sistema Riachón-Porce IV (dependiendo del rendimiento hídrico asumido para la cuenca) a unos costos marginales entre $ 2.20 y $ 1.74 por KWh a precios de Junio de 1981. Teniendo en cuenta que la energía adicional proporcionada no es significativa y sus altos costos marginales, no se encontró justificable continuar con un estudio más detallado de esta desviación dentro de los estudios del proyecto Riachón. Sinembargo, cuando se realicen estudios de desarrollo hidroeléctrico del sistema Pocoró-Mata deberá revisarse esta posibilidad ya que probablemente se contará con mejor información básica.

Para la desviación del río La Cruz al Riachón se analizaron cinco alternativas básicas, sobre las cuales se estudiaron además posibilidades de desvío de otras corrientes hacia el río La Cruz, y diferentes cotas de entrega, con lo cual se analizaron en total doce esquemas de desviación, con cabezas de bombeo variables entre 100 y 300 metros y caudales también variables entre 0.88 y 3.95 m^3/s dependiendo de los rendimientos hídricos asumidos y las desviaciones consideradas hacia el río La Cruz. Las alternativas de desviación hacia el río Riachón se evaluaron comparándolas con el esquema de desarrollo propuesto para el río San Bartolomé en el estudio adelantado para EPM por la firma Consultora AEI en 1976. Los análisis muestran que al aprovechar la mayor cabeza existente en el sistema Riachón-Porce IV se podrían generar entre 43 y 79 GWh/año (dependiendo de la alternativa de desviación y el rendimiento hídrico asumido) con costos marginales entre $ 3.33 y $ 1.63 a precios de Junio de 1981, costos que parecen altos comparados contra otros posibles desarrollos, por esta razón tampoco se consideró conveniente profundizar en el estudio de la desviación La Cruz-Riachón durante la presente etapa de estudios. Los esquemas de desviación estudiados y los análisis realizados fueron presentados a EPM en el Memorando Técnico RD-04 de Junio de 1982.

Durante la etapa de factibilidad los estudios se basaron en el esquema básico definido, refinandolos con base en la información adicional que fué obteniéndose durante el transcurso de los trabajos. En esta etapa se revisaron y ampliaron los análisis sobre: las condiciones del suelo y subsuelo en los sitios de presa, condiciones del subsuelo a lo largo de la conducción y casa de máquinas, condiciones del suelo en los posibles sitios de presa para las desviaciones de las quebradas Caracolí y La Víbora, condiciones de estabilidad de la presa Los Suribios, condiciones de estabilidad del embalse de Los Suribios, condiciones geológicas a lo largo de las conducciones para las desviaciones de las quebradas Caracolí y La Víbora basadas en reconocimientos geológicos superficiales, revisión de los análisis hidrológicos y de sedimentos, análisis de alternativas de conducción, estudios de generación para las diferentes alternativas de regulación, selección de equipos, estudios de costos y presupuestos, análisis económicos de alternativas de regulación e instalación, estudios socioeconómicos preliminares, revisión de alternativas para vías de acceso, estudios de alternativas para relocalización del aeropuerto, revisión de presupuestos y programas de construcción, estudio de transporte y equipos.

La información detallada sobre estos aspectos se encuentra contenida en los anexos a este informe y en los diferentes memorandos técnicos presentados a EPM durante el transcurso de los estudios.

2.3 ALTERNATIVAS ESTUDIADAS DURANTE LA FACTIBILIDAD

2.3.1 Presa Los Suribios

Durante la etapa de factibilidad y con base en la información adicional obtenida se refinaron los esquemas para la presa de regulación de Los Suribios considerando varias alternativas de altura, entre las cotas 1 485 y 1 510 m.s.n.m., estimando para ellas tanto sus costos como su incidencia en la regulación; finalmente con base en los análisis efectuados se consideró como más atractivo el esquema con la corona de la presa a la cota 1 505 m.s.n.m.

Durante la etapa de prefactibilidad se analizó como sitio alternativo de presa el sitio de Yolombito, localizado 1.3 kilómetros aguas abajo de Los Suribios; la comparación de las características geotécnicas, topográficas y de costos llevaron a seleccionar el sitio de Los Suribios. En ambos casos se consideró una presa de tierra, teniendo en cuenta las características geotécnicas de los estribos y la abundancia de suelos residuales en el sitio, con los cuales existe una vasta experiencia en la construcción de presas de este tipo en Antioquia.

2.3.2 Presa de Derivación de Bodegavieja

En la etapa de prefactibilidad se analizaron dos zonas alternativas de localización para la presa derivadora. La primera aguas arriba de la casa de la Hacienda Bodegavieja, y la segunda aguas abajo de este mismo sitio. Esta última comprende un tramo de 700 metros de largo donde se consideraron tres posibles ejes de presa, la cual por razones topográficas y geotécnicas fue finalmente ubicada 500 metros aguas arriba del sitio donde se inicia la caida del Riachón al río Porce.

Con la estructura de presa ubicada en este sitio se evita que la conducción cruce la depresión de Bodegavieja, donde las condiciones de techo resultarían críticas. Además de que se acorta la longitud de conducción sin una pérdida significativa de cabeza de generación.

Para la presa de derivación de Bodegavieja se había contemplado durante la etapa de prefactibilidad una presa de concreto hueca, teniendo en consideración que en esa época no se tenía certeza sobre la existencia de cantidades suficientes de materiales granulares. Los estudios posteriores permitieron definir otras fuentes de materiales por lo cual fue posible modificar este esquema por el de una presa de gravedad del tipo convencional.

2.3.3 Conducción

En el caso de la conducción y casa de máquinas se analizaron varias alternativas que contemplaban desde un pozo profundo que conectaba casi directamente la toma con la central (considerada como una alternativa extrema), hasta la alternativa presentada en el informe de prefactibilidad consistente en un sistema de pozos y túneles (considerada como otra extrema); estos análisis demostraron que desde el punto de vista de costos y períodos de construcción es recomendable el alineamiento de la conducción mostrado en el informe de prefactibilidad, por lo cual éste fue seleccionado también para esta etapa de factibilidad.

La alternativa de una conducción superficial fue descartada desde la etapa de prefactibilidad en razón de las pobres condiciones de estabilidad de la ladera donde debería emplazarse la tubería de carga, implicando un considerable riesgo para la seguridad de las obras. Además de que para la fundación adecuada de los anclajes de esta alternativa, se requeriría de importantes excavaciones que aumentarían la inestabilidad potencial de la zona. Condiciones que son comunes al sector donde podría ubicarse una casa de máquinas superficial.

2.3.4 Desviaciones

Las posibilidades de desviación de las quebradas Caracolí y La Víbora fueron revisadas durante esta etapa, pero su nivel de estudios e investigación no es comparable con el nivel alcanzado por el estudio de las obras principales del proyecto. La información cartográfica y geológica adicional, sinembargo, permitió identificar sitios de presa y alineamientos de las conducciones más convenientes que los propuestos durante la etapa de prefactibilidad.

Para la desviación de la quebrada Caracolí se estudió la posibilidad de desviación hacia la quebrada La Víbora y la posibilidad de desviación directamente hacia el embalse de Los Suribios, con longitudes de conducción muy similares. La alternativa recomendada permite independizar entre sí las desviaciones de la Víbora y Caracolí, con las ventajas consecuentes para toma de decisiones.

En los Capítulos III y IV se presenta una descripción de las obras para las alternativas recomendadas, tanto del proyecto Riachón como de las desviaciones.

III

DESCRIPCION DEL PROYECTO

Como se mencionó anteriormente, se analizaron varias alturas de presa y capacidades instaladas. En el presente capítulo se describen las diferentes obras del proyecto para la cota de embalse seleccionada y la capacidad instalada recomendada. La descripción detallada corresponde al proyecto básico (río Riachón sin las desviaciones de las quebradas La Víbora y Caracolí). En el Capítulo IV se indican las variaciones que sería necesario introducir en el proyecto básico en caso de que se realicen las desviaciones, variaciones que consisten básicamente en pequeños aumentos en el diámetro de la conducción y los consecuentes aumentos en el tamaño de los equipos de generación y transformación.

El proyecto contempla la creación de un embalse de regulación mediante la construcción de una presa en el sitio de Los Suribios; las aguas reguladas se descargan al mismo río Riachón mediante un conducto localizado debajo de la presa. A 10.3 kilómetros aguas abajo del sitio de Los Suribios se encuentra la presa de derivación de Bodegavieja, donde son desviados tanto el caudal extraído del embalse de Los Suribios como los caudales de la quebrada Santa Bárbara, que confluye al Riachón en un sitio intermedio entre Los Suribios y Bodegavieja; de esta forma el embalse regula no solo el río en el sitio de Los Suribios sino que al actuar como embalse de compensación regula también los caudales aportados aguas abajo de este sitio. La presa de Bodegavieja desvía las aguas mediante una conducción constituída por túneles y pozos y son llevadas hasta la casa de máquinas subterránea ubicada cerca a la confluencia de los ríos Riachón y Porce.

Además se ha encontrado factible la desviación de las quebradas Caracolí y La Víbora al río Riachón para ser aprovechadas en esta central. La quebrada Caracolí se desvía al embalse de Los Suribios mediante un túnel que descarga las aguas a la quebrada La Toldita, afluente del Riachón, y la quebrada La Víbora es desviada mediante un túnel que descarga aguas abajo de la presa de regulación.

En la Figura III-1 se presenta un esquema simplificado del proyecto y en el Plano No.2 se muestran sus características generales.

A continuación se describen las obras principales del proyecto.

3.1 PRESA DE REGULACION Y EMBALSE

Para la regulación de caudales se ha previsto la construcción de una presa de regulación en el sitio de Los Suribios, la cual crearía un embalse total de 98.7×10^6 m^3 a la cota 1 500 m.s.n.m., de los cuales 93×10^6 m^3 serían útiles; este embalse permitirá regular no solo las aguas del río Riachón en el sitio de Los Suribios sino que mediante su operación se podrán regular los caudales de la quebrada Santa Bárbara que descarga aguas abajo del mismo.

El caudal medio estimado en el sitio de Los Suribios es de 4.9 m^3/s y en el sitio de derivación es de 7.55 m^3/s de los cuales un 82% será regulado.

Para la creación del embalse será necesaria la construcción de una presa de tierra de 48 m de altura sobre el fondo del río, con su cresta a la cota 1 505 m.s.n.m, y un volumen total de llenos de 727 000 m^3 incluyendo los llenos de refuerzo que será necesario construír para proteger el estribo derecho.

Sobre el estribo derecho está localizado un vertedero de descarga libre de 8 metros de ancho en la cresta, diseñado para un caudal de 78 m^3/s que corresponde a una creciente de 2 350 m^3/s estimada como la creciente máxima posible teniendo en cuenta no solo el efecto amortiguador del embalse sino su forma y extensión singulares que originan tiempos de concentración muy cortos. Luego de la rápida, el vertedero descarga en un pozo de aquietamiento de 8 x 27 x 5 metros (b x L x h), el cual ha sido ubicado buscando una fundación razonablemente segura. El caudal de diseño del vertedero es de magnitud similar a las crecientes estimadas para una frecuencia de 1 en 4 años, en el sitio de Los Suribios; es de esperar que estas crecientes se hayan producido sin causar problemas serios aguas abajo. Las descargas normales del vertedero serán también de ordenes de magnitud similar a las crecientes normales del río, por lo cual no se esperan problemas de erosión; sinembargo, teniendo en cuenta que unos 1 000 metros aguas abajo de la descarga el cañón del río se estrecha y la roca aflora en sus márgenes, se ha previsto la posibilidad de establecer una zona de control a fin de disminuir la velocidad del agua inmediatamente aguas abajo de la descarga. El control previsto consiste en gaviones de protección con altura máxima de 5 metros, colocados en el estrechamiento.

Para la desviación del río durante la construcción de la presa se ha previsto la construcción de un conducto rectangular consistente en dos secciones de 3 x 3 metros cada una y de 305 metros de longitud. Estos conductos tienen una capacidad de descarga de 129 m^3/s con el nivel del agua a la cota 1 469 m.s.n.m., caudal que corresponde a la creciente estimada con período de recurrencia de 1 en 25 años; la desviación requerirá la construcción de una ataguía de 15 metros de altura y 40 000 m^3 de volumen que posteriormente quedará involucrada en el cuerpo de la presa.

En una de las dos secciones del conducto de desviación serán instaladas una válvula Howel Bunger para descarga permanente del embalse y una válvula mariposa aguas arriba de la anterior para permitir su mantenimiento y protección; la válvula Howel Bunger será operada eléctricamente por control remoto desde la central, pero dispondrá de controles manuales de emergencia. La segunda sección del conducto de desviación será sellada con un tapón de concreto y servirá de acceso para operación manual, mantenimiento y reparación de las válvulas. En los Planos Nos.3 a 6 se muestran la presa de regulación y sus obras anexas.

3.2 PRESA DERIVADORA

Las aguas del río Riachón, una vez reguladas en el embalse son descargadas nuevamente al cauce del río mediante el conducto de descarga. Estas aguas, a las cuales se adicionan las de la quebrada Santa Bárbara, que confluye al Riachón 5.6 kilómetros aguas abajo del sitio de Los Suribios, son captadas en el sitio de Bodegavieja.

En el sitio de Bodegavieja, localizado 10.3 kilómetros aguas abajo de Los Suribios, se ubicará una presa derivadora en concreto de 16 metros de altura sobre el lecho del río. Esta presa, cuyas características se indican en el Plano No.7, sería una presa vertedero fundada sobre las rocas aflorantes en el sitio; en el estribo izquierdo se localizarían dos compuertas radiales de limpia de 5 x 5 metros cuyo propósito sería la evacuación de sedimentos depositados cerca a la toma.

3.3 OBRAS DE TOMA

La estructura de toma estaría ubicada inmediatamente aguas arriba de la presa derivadora de Bodegavieja. Sería una toma lateral convencional, equipada con rejas y sistemas de limpia, y una compuerta deslizante de 3.0 x 5 metros para control, todas ellas operadas desde la superficie a través de un pozo de compuertas. (Ver Plano 8).

A continuación de la entrada a la toma un tramo horizontal de 26 metros lleva las aguas hasta el pozo No.1 ó pozo de captación, el cual tiene una profundidad de 180 metros a partir de la solera del tramo horizontal. El pozo de captación sale a la superficie para facilitar los trabajos de excavación y permitir la instalación de ductos de ventilación del codo inferior del pozo.

La solera de la estructura de toma está ubicada a la cota 1 375 m.s.n.m. y a la entrada de esta, a un nivel más bajo (cota 1 369 m.s.n.m.), se ha dispuesto un canal de limpia para facilitar la evacuación de sedimentos.

3.4 CONDUCCION

A continuación del tramo horizontal de la estructura de toma se inicia la conducción propiamente dicha con un pozo de captación ó pozo No.1 y luego una sucesión de túneles y pozos cuyas características se indican a continuación y se muestran en el Plano No.9.

	Longitud (m)	Diámetro Interno (m)	Revestimiento concreto (m)	Espesor blindaje (mm)
Pozo No.1 (Captación)	180	2.10	0.25	-
Túnel No.1	1 545	2.10	0.25	-
Pozo No.2	375	1.75	0.31	17
Túnel No.2	900	1.75	0.41	15
Pozo No.3	360	1.51	0.42	28
Túnel No.3	1 285	1.51	0.51	31

La longitud total de la conducción es de 4 645 metros, de los cuales 915 metros son en pozo y 3 730 metros en túnel. La conducción requiere de blindaje de acero a partir del pozo No.2; el pozo de captación y el túnel No.1 irán revestidos en concreto.

El alineamiento vertical de la conducción se seleccionó luego de comparar varios perfiles, por razones de costo, período de construcción y tratando de minimizar riesgos por atrasos en la construcción del túnel de acceso; debido a que los diámetros económicos de la conducción son tan pequeños se estimó como una primera aproximación un diámetro de excavación de 2.40 metros; sinembargo, en la información existente se contemplaban diámetros mínimos de excavación de 2.60 metros y ante la imposibilidad de obtener una mayor exactitud en los costos unitarios para diámetros menores, se adoptó este último.

La posición y orientación final de la casa de máquinas se deberá analizar en etapas posteriores una vez se conozca mejor el estado de la roca y se puedan evaluar los rendimientos de la excavación subterránea puesto que al correr la casa de máquinas hacia aguas arriba se disminuye la cantidad de blindaje requerido.

Para la excavación de la conducción y su posterior blindaje será necesario excavar dos ventanas de construcción ubicadas en los codos superiores de los pozos 2 y 3, estas tienen 120 y 200 metros de longitud respectivamente.

3.5 CAVERNAS DE MAQUINAS Y TRANSFORMADORES

La casa de máquinas subterránea consiste en una caverna de 32.5 metros de longitud, 11.5 metros de ancho, 11.3 metros de altura hasta el piso de control y 22.8 metros de altura hasta el piso inferior de descarga. La clave de la caverna está a unos 90 metros por debajo de la superficie del terreno, a la cota 421.8 m.s.n.m. En la central se instalarán dos turbinas pelton de 45 MW de eje vertical acopladas cada una a un generador trifásico de 45 MVA; mediante una galería se llevan las barras hasta los transformadores ubicados en una caverna de 31 x 10 x 11 metros (L x A x H) localizada aguas abajo de la casa de máquinas a fin de que sirva simultáneamente para operación de las compuertas de cierre del túnel de descarga. (Ver Figura III-2).

Para la orientación de estas cavernas se ha tenido en cuenta la orientación de los sistemas principales de fracturas deducido con base en la información disponible; sinembargo, deberá ser revisada posteriormente con base en mayor información resultante de investigaciones más detalladas.

3.6 TUNELES DE ACCESO Y FUGA

El túnel de acceso a la central parte de la ladera derecha del río Porce, hacia la casa de máquinas; tiene una longitud de 100 metros hasta el piso de operación y montaje, una pendiente del 8% y una sección de 34.8 metros cuadrados (6.0 x 5.8 metros (b x h) con arco superior). Para la excavación de la caverna de transformadores será necesaria la construcción de un ramal de 60 metros de longitud y 8% de pendiente que sale de un punto intermedio del túnel de acceso principal. A 65 metros del portal de entrada se desprende un ramal de 75 metros de longitud y una pendiente del 4% que sirve de acceso para la construcción del túnel inferior.

Para tener un margen adicional de seguridad contra posibles crecientes del río Porce, el túnel de acceso ha sido concebido con una pendiente del 8% bajando hacia la central, lo cual permite elevar el portal de entrada hasta la cota 418 m.s.n.m.

Las aguas turbinadas son descargadas mediante dos conductos de descarga que se unen aguas abajo de las compuertas de seguridad en un túnel de fuga de 6.8 m^2 de sección con paredes rectas y bóveda. Este túnel tiene una longitud de 135 metros a partir del punto de unión de los dos conductos, tendrá su solera en concreto y sus paredes irán revestidas en concreto convencional hasta una altura de 1.75 metros. El nivel normal del agua en el conducto es de 1.69 metros.

El túnel de fuga descarga las aguas al río Porce a la cota 399.6 m.s.n.m., 6 metros por encima del nivel normal de este. En caso de ocurrencia de crecientes de

magnitudes tales que sobrepasen el nivel del foso de descarga de las turbinas, se utilizarán las compuertas de emergencia operadas desde la caverna de transformadores.

3.7 EQUIPOS DE LA CENTRAL

La central estará equipada con dos unidades generadoras con turbinas tipo Pelton, con una capacidad nominal de 45 MW cada una, que podría ser aumentada a 55 MW si se considera la desviación simultánea de las quebradas Caracolí y La Víbora.

Las turbinas de eje vertical con una caida neta de 920 metros han sido seleccionadas con cuatro chorros como mínimo, con deflectores de chorro para rechazos instantáneos de carga y con mecanismos independientes para operación de las agujas en caso de falla. Esto permite disminuir el riesgo al reducir la sobrepresión a menos del 15% y eliminar la necesidad de almenara, la cual sería de difícil ubicación y construcción por las condiciones topográficas del terreno.

A la entrada del distribuirdor de cada turbina se dispondrán válvulas esféricas de 0.8 metros de diámetro para ser operadas durante el mantenimiento de las unidades. El cierre de estas válvulas deberá realizarse en un tiempo igual o mayor que el de las agujas con el fin de no crear sobrepresiones mayores que las impuestas por la operación normal del equipo.

Los generadores de eje vertical con una velocidad de giro de 600 rpm con capacidad nominal de 45 MVA para el proyecto básico y 55 MVA para el proyecto incluyendo las desviaciones planteadas, estarán acoplados directamente al eje de la turbina y generarán a un voltaje de 13.8 KV. Estos generadores entregarán la corriente a transformadores monofásicos de doble devanado en el primario. Los transformadores tendrán un rateo de 30 MVA y 37 MVA respectivamente, con una relación de transformación de 13.8 KV a $230/\sqrt{3}$ KV y serán refrigerados por un sistema forzado de agua - aceite. (Ver Figura No.III-3).

Los transformadores se conectarán a los generadores via barraje no segregado que irá de la caverna principal a la caverna de transformadores; en esta caverna se localiza el interruptor de protección de las unidades dado que la conexión al sistema se hará en la subestación del proyecto Guadalupe IV, y en el proyecto Riachón no existiría una subestación como tal sino un patio de maniobras localizado en cercanías del portal del túnel de acceso a casa de máquinas.

El puente grúa tendrá la capacidad necesaria para el izaje del rotor del generador con su eje y el rodete de la turbina. La capacidad del puente grúa se ha estimado en 100 toneladas con una luz aproximada de 12 metros; para el movimiento de equipos más livianos se proveerá un gancho auxiliar de 30 toneladas de capacidad y mayor velocidad de izaje.

Para el sistema de refrigeración de los equipos se ha previsto un foso de bombas el cual será alimentado con el agua de la descarga de las turbinas. Este sistema tendrá los filtros y reguladores necesarios para garantizar la calidad del agua requerida por los equipos.

El sistema de ventilación tomaría el aire del canal de descarga y el equipo estará dotado de los secadores y acondicionadores requeridos para suministrar el aire en las condiciones impuestas de humedad y temperatura. Se ha previsto como descarga del aire viciado el túnel de acceso teniendo en cuenta que por éste irán los cables de salida embebidos en aceite y que los gases de combustión de los vehículos que puedan tener acceso a la casa de máquinas deben desalojarse rápidamente.

Se han considerado además equipos auxiliares como planta de tratamiento de agua para consumo humano del tipo paquete y una planta de purificación para el aceite de los transformadores principalmente. Se instalará en el taller un torno pequeño y un taladro para trabajos de emergencia, previendo que arreglos de piezas de mayor peso y complejidad pueden ser atendidos por los talleres de los proyectos Guadalupe, dotados para ello.

Se instalará una planta Diesel de emergencia con capacidad para mantener los requisitos mínimos de ventilación, iluminación y bombeo.

3.8 VENTANAS DE CONSTRUCCION

Para la construcción de la conducción y el montaje del blindaje de acero será necesario disponer de ventanas de construcción. Una de las ventajas del alineamiento seleccionado es precisamente el facilitar este tipo de acceso. Se han definido dos ventanas para construcción: una ubicada en el codo superior del pozo No.2 y otra en el codo superior del pozo No.3, con longitudes de 120 y 200 metros respectivamente y con sección de 34.8 metros cuadrados tipo "baúl" (paredes rectas y techo abovedado).

La ventana superior (al codo superior del pozo No.2) permitirá la construcción del túnel No.1 y del pozo No.2 si este se perfora por el sistema "full size boring". La ventana inferior (al codo superior del pozo No.3) servirá para la construcción del túnel No.2 y del pozo No.2 si este se excava por sistemas convencionales ó para la excavación del pozo No.3 si este se excava por el sistema "full size boring". Para la excavación del túnel No.3 se utilizará un ramal del túnel de acceso a la central.

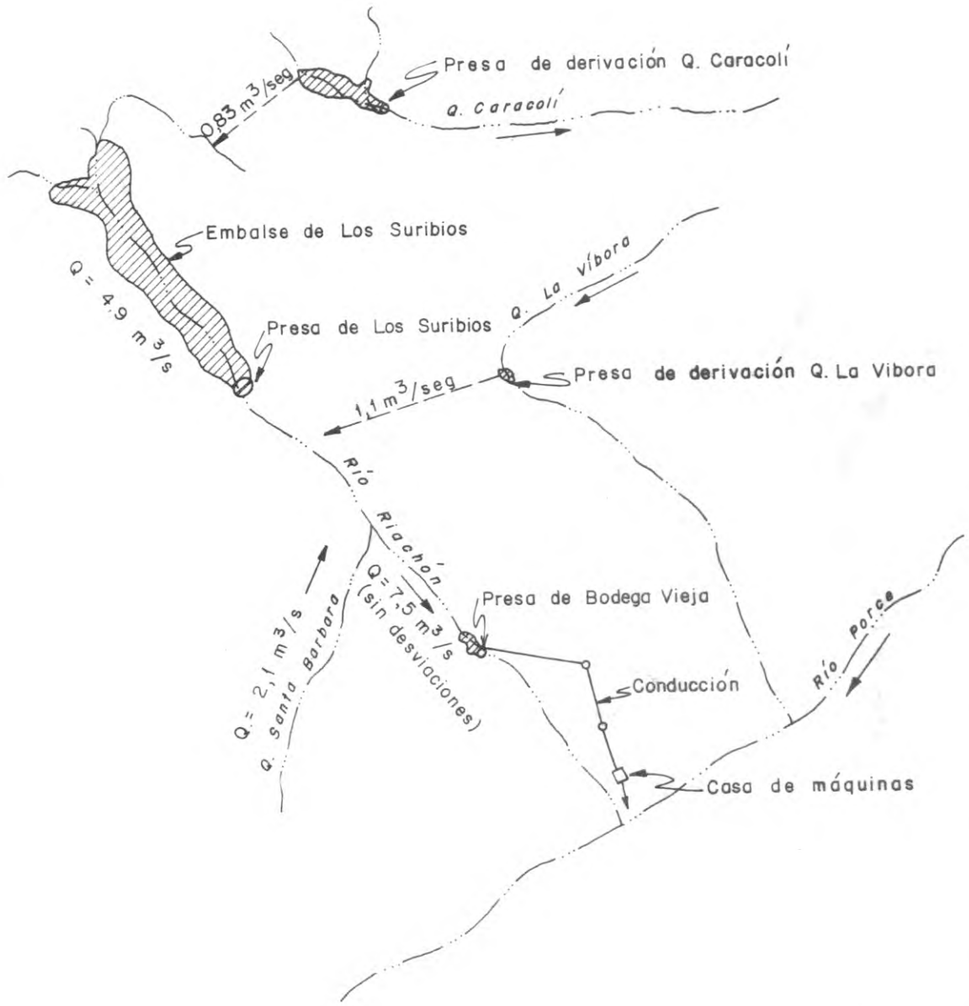
3.9 OBRAS DE PROTECCION DE LA QUEBRADA SANTA BARBARA

La quebrada Santa Bárbara descarga sus aguas al río Riachón 5.6 kilómetros aguas abajo del sitio de Los Suribios y 4.7 kilómetros aguas arriba de la presa derivadora de Bodegavieja; esta quebrada arrastra durante las crecientes materiales finos y granulares que se depositan cerca a su confluencia en el Riachón. Será por tanto importante proveer sistemas de control torrencial antes de su desembocadura. Se prevé la necesidad de construir diques de gaviones para disminuir la velocidad del agua y ayudar a la depositación de sedimentos en el cauce de la quebrada y así disminuír la depositación cerca a la presa de Bodegavieja. El análisis del tratamiento completo de la hoya estaba fuera de los alcances de este estudio, por lo cual no se han definido otras medidas.

3.10 LINEAS DE TRANSMISION

Dada la capacidad instalada del proyecto y su cercanía a las centrales del sistema Guadalupe, se ha considerado que mediante la instalación de dos unidades de generación de las características seleccionadas la energía producida por el proyecto puede ser llevada mediante una línea de 230 KV y 26 kilómetros de longitud de circuito sencillo hasta la subestación de Guadalupe IV, lo cual implicaría un patio de conexiones a la salida de los cables con sus correspondientes seccionadores pero sin necesidad de una subestación en el sitio. Se requeriría en cambio la correspondiente ampliación en la subestación de Guadalupe IV para recibir la línea que vendría del proyecto Riachón.

PROYECTO RIACHON
ESQUEMA DE DESARROLLO

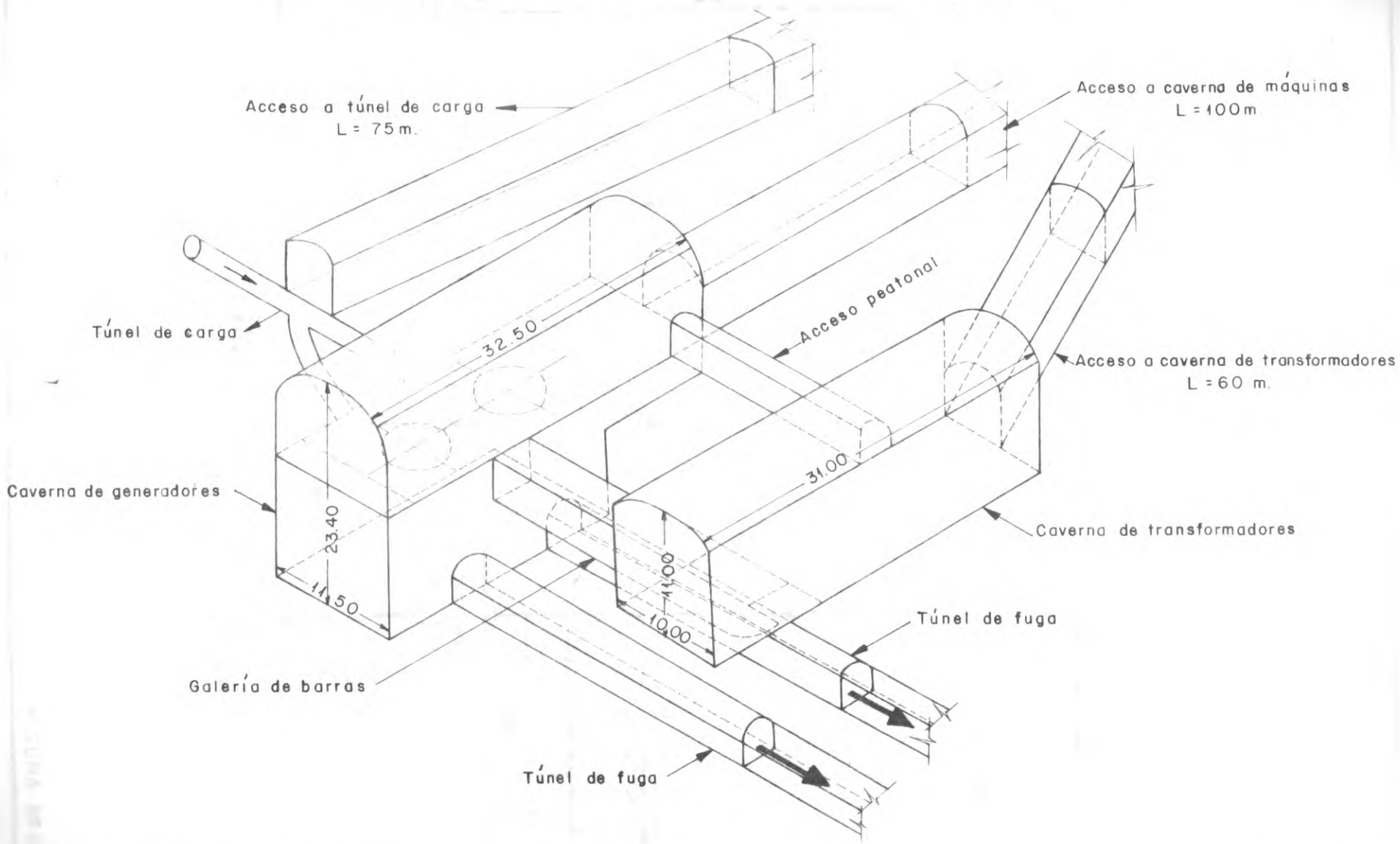


INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA - CANOGU LTDA

FIGURA No III-1

PROYECTO RIACHON

VISTA ISOMETRICA - CASA DE MAQUINAS



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.- CANOGU LTDA.

FIGURA No III-2

PROYECTO RIACHON

DIAGRAMA UNIFILAR DE LA CENTRAL

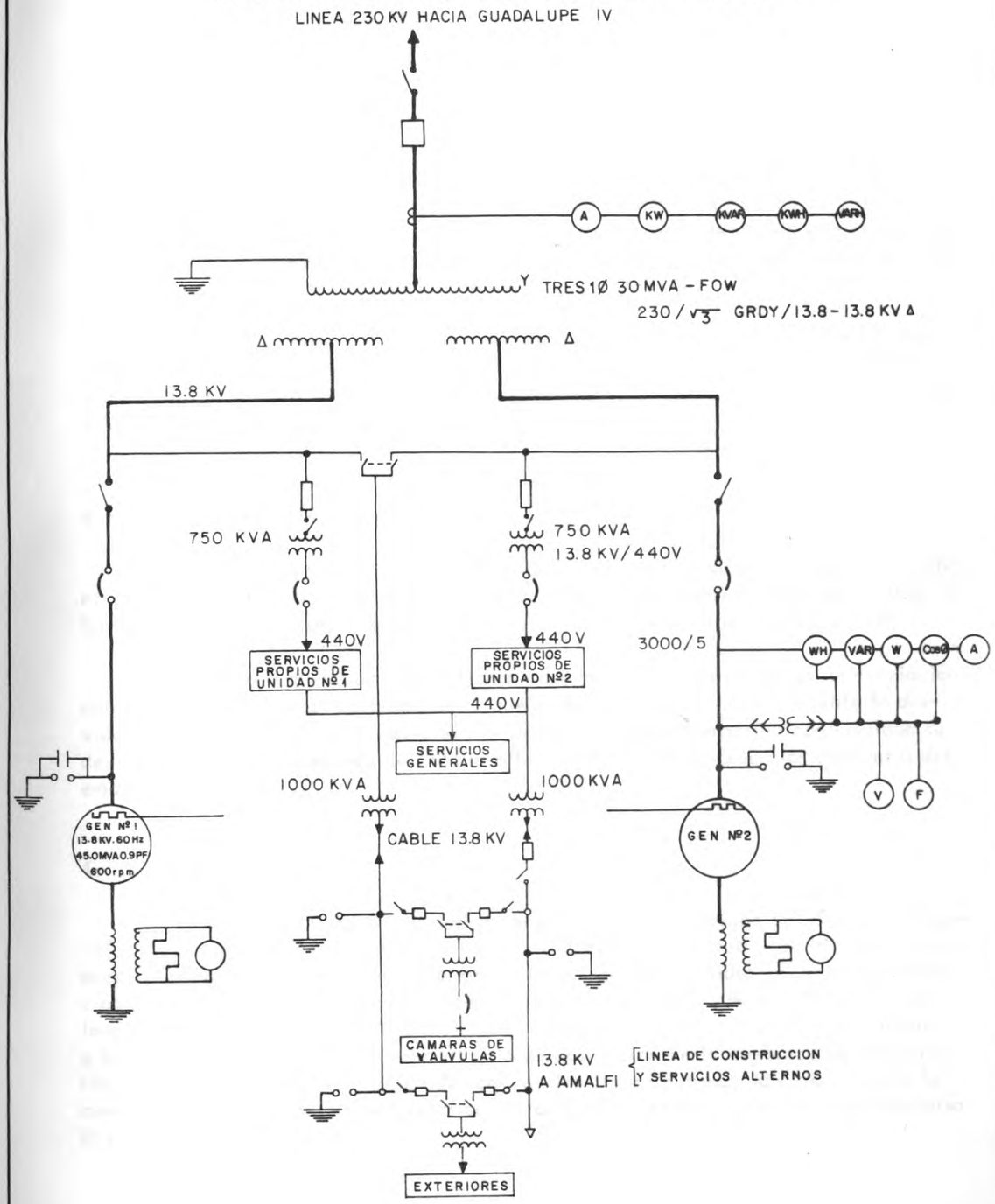


FIGURA Nº III - 3

IV

DESVIACIONES DE LAS QUEBRADAS CARACOLI Y LA VIBORA

Dentro del estudio de factibilidad del proyecto Riachón se analizó la posibilidad de desviación de las quebradas Caracolí y La Víbora, afluentes del río Porce y en hoyas vecinas a las del río Riachón. Su nivel de estudios es menos detallado que el nivel de estudios a que se llevó el proyecto básico, pero estos muestran la factibilidad de tales desviaciones.

Dentro del presente capítulo se describen en forma general las alternativas estudiadas y se presenta con más detalle la alternativa recomendada. Se indican igualmente las incidencias de estas desviaciones dentro del proyecto básico tanto en lo que se refiere a las obras como a la generación y potencia.

4.1 DESVIACION DE LA QUEBRADA CARACOLI

La quebrada Caracolí nace en la cuchilla Las Coloradas al sur del casco urbano del municipio de Amalfi y al oeste del embalse de Los Suribios; corre en sentido NE hasta su confluencia con la quebrada El Hueso, en donde cambia su curso a NW.

Sobre esta quebrada se analizaron básicamente dos alternativas de desviación: una contemplaba su desviación hacia la quebrada La Víbora y posteriormente la desviación de las dos quebradas hacia el río Riachón; la otra alternativa contemplaba su desviación hacia la quebrada La Toldita afluente del río Riachón en las cabeceras del embalse.

4.1.1 Alternativa No.1

En la Alternativa No.1, para su desviación a la quebrada La Víbora se requeriría la construcción de una presa vertedero en concreto de 8 metros de altura, ubicada unos 100 metros aguas arriba de la presa de la actual central hidroeléctrica de Amalfi, y un túnel de desvío de sección en baúl de 2.76 metros cuadrados y 1 340 metros de longitud. En este sitio se aprovecharía un caudal de 1.15 m^3/s que son descargados a La Víbora por donde corren hasta el sitio de desviación de la quebrada La Víbora al río Riachón. Por la configuración del cañón, la altura de presa, la capacidad de la conducción y la ubicación del portal de entrada del túnel de desviación, no se formaría ni sería necesario un pondaje.

La presa estaría emplazada en una zona donde la quebrada se encañona antes de descolgarse al río Porce. En el sitio aflora la roca (esquistos) por lo que no se prevén problemas de fundación. Para que esta alternativa sea posible es necesario que también exista la desviación de la quebrada La Víbora al río Riachón, por lo cual estaría condicionada a que se encuentre una solución positiva a la utilización de las aguas de La Víbora teniendo en cuenta que estas son usadas hoy para la explotación de la mina de La Viborita. Para la desviación de la quebrada Caracolí a La Víbora es necesario tener en cuenta también los siguientes aspectos:

- La quebrada Caracolí descargaría las aguas en las cabeceras de la quebrada La Víbora en una zona que podría presentar problemas de erosión.

- La quebrada La Víbora pasa por las afueras del casco urbano de Amalfi, por lo cual en caso de crecientes, los caudales desviados de Caracolí se sumarían a los de la quebrada La Víbora, existiendo entonces el riesgo de inundaciones en las casas cercanas.

4.1.2 Alternativa No.2

Esta alternativa considera la construcción de una presa de concreto de 25 metros de altura con su corona a la cota 1 720 m.s.n.m. localizada 400 m aguas abajo de la confluencia de las quebradas Caracolí y El Hueso. Mediante un túnel de desviación de sección en baúl de 2.76 m^2 y 1 175 metros de longitud se descargan las aguas en la quebrada La Toldita, afluente del embalse de Los Suribios.

Los estribos en el sitio de presa presentan superficialmente buenas características para la fundación de una presa baja de un orden de altura similar al propuesto, pero se requerirán investigaciones del subsuelo mediante perforaciones con taladro rotatorio para verificar las buenas condiciones vistas en superficie. Unos 300 metros aguas arriba del eje de presa atraviesa una pequeña falla muy angosta, que puede ser tratada mediante inyecciones de cemento. La misma falla origina una zona baja ubicada unos 100 metros al norte del sitio de presa, en la cual se ha previsto la construcción de un muro en concreto de 5 metros de altura; existe también la posibilidad de cerrar en otra depresión localizada aguas abajo de la anterior mediante un dique en tierra, lo cual permitiría adicionar cerca de 40 lts/s, ya que podría captarse una pequeña quebrada que descarga aguas abajo del sitio de presa propuesto.

El portal de entrada del túnel de desviación estaría localizado sobre la quebrada El Hueso a la cota 1 714, lo cual permite disminuir su longitud. Tendría una pendiente del 1.0% con la cual se espera que los sedimentos no se acumulen en el portal sino que sean descargados junto con las aguas a la quebrada La Toldita donde sería más fácil manejarlos dada la existencia de zonas relativamente amplias seguidas de estrechamientos que facilitan el control torrencial y permiten la depositación. La que-

brada La Toldita requerirá de control torrencial dada la diferencia de cotas entre la descarga de Caracolí y el embalse de Los Suribios; sinembargo, como se mencionó, este tratamiento no parece difícil y la roca aflora en casi toda la extensión de la quebrada por lo cual los posibles problemas de estabilidad son localizados.

La desviación de la quebrada Caracolí al embalse de Los Suribios en la alternativa No.2 permite adicionar 0.830 m^3/s al río Riachón, 0.32 m^3/s menos que para la alternativa No.1.

Teniendo en cuenta los inconvenientes que podría presentar la alternativa No.1 en cuanto a la estabilidad en la zona de descarga, su dependencia de la desviación de La Víbora y los problemas potenciales para el pueblo en caso de crecientes, se ha adoptado para la desviación de la quebrada Caracolí la alternativa No.2.

En el Plano No.12 se presentan los esquemas y detalles correspondientes a la desviación de la quebrada Caracolí.

4.2 DESVIACION DE LA QUEBRADA LA VIBORA

La quebrada La Víbora nace en la cuchilla del mismo nombre, localizada al occidente del municipio de Amalfi, corre en dirección WE hasta las afueras de la población, donde cambia su curso a SN paralelo al curso del río Riachón, hasta descargar al río Porce 2 kilómetros aguas arriba de la confluencia del Riachón.

Sobre la quebrada La Víbora se analizaron tres posibilidades de desviación al río Riachón como se describe a continuación:

4.2.1 Alternativa No.1

Considera la desviación de la quebrada mediante la construcción de una presa-vertedero en concreto, ubicada en la cota 1 510 m.s.n.m., aguas arriba de la mina La Viborita con 7 m de altura en su sección vertedora. Mediante un túnel de 1 500 metros de longitud y sección tipo baúl de 2.76 m^2, estimada como mínima por razones constructivas, se conducirían las aguas hasta el embalse de Los Suribios para descargar a la cota 1 505 aproximadamente. El caudal medio a desviar se estima en 1.09 m^3/s. y el túnel tendría una capacidad para conducir hasta 8 veces el caudal medio. Presenta el inconveniente de descargar en una pequeña cañada cerca al sitio de presa de Los Suribios, donde podrían presentarse condiciones de inestabilidad cuando bajen los niveles del embalse.

4.2.2 Alternativa No.2

En este caso la presa de derivación estaría ubicada 700 metros aguas abajo del sitio anterior, a la cota 1 465 m.s.n.m. aproximadamente, donde la quebrada cambia su pendiente y entra al valle aluvial que constituye la zona de explotación de la mina La Viborita. Mediante un túnel de sección tipo baúl de 2.76 m^2 y 1 260 metros de longitud se llevan las aguas hasta el río Riachón y son descargadas a la cota 1 460 m.s.n.m., aguas abajo del sitio de presa de Los Suribios. El caudal a desviar es prácticamente igual al de la alternativa No.1 (1.09 m^3/s).

Esta alternativa presenta, contra la anterior, la ventaja de una conducción más corta; atraviesa cuarcitas en toda su longitud y se elimina la posibilidad de cortar con el túnel de desvío el contacto esquistos-cretáceo; además las condiciones del sitio de descarga son mejores ya que la roca aflora en el Riachón en el sitio de descarga.

4.2.3 Alternativa No.3

Para esta alternativa la presa de derivación, de las mismas características que para las otras dos alternativas, estaría ubicada aguas abajo de la mina. Se contemplaron cuatro posibles sitios de presa entre las cotas 1 450 y 1 420 m.s.n.m. que implican longitudes de conducción entre 1 600 y 2 000 metros. Esta alternativa fue finalmente descartada por los riesgos de estabilidad implícitos en los sitios de presa y portal de entrada del túnel de desviación. En el caso de los ejes de presa localizados hacia la cota 1 450 m.s.n.m se tendría el riesgo de inundar el hueco de la mina y sería necesario construir diques de protección de considerable longitud; en el caso de las presas hacia la cota 1 420 m.s.n.m. sería muy costoso el tratamiento de las laderas sin que se pueda garantizar la seguridad de la obra.

De las alternativas analizadas se seleccionó finalmente la alternativa No.2, ya que además de presentar mejores características geológicas tiene menor longitud de conducción; por otra parte, los estudios de generación muestran que la generación media y la generación firme no varían si las aguas de la quebrada La Víbora se descargan al embalse o aguas abajo de él.

En el Plano No.13 se muestran las obras correspondientes a la desviación de la quebrada La Víbora.

4.3 IMPLICACIONES DE LAS DESVIACIONES SOBRE EL PROYECTO BASICO

Al desviar las quebradas Caracolí y La Víbora hacia el río Riachón para incrementar los caudales aprovechables, será necesario, de acuerdo con los estudios de gene-

ración, efectuar ampliaciones al proyecto básico. Dado que existen limitantes físicas para alturas superiores de presa en Los Suribios, y que la quebrada La Víbora puede desviarse aguas abajo del embalse sin disminuir la energía media ni la energía firme, las ampliaciones requeridas en el proyecto básico se refieren a ampliaciones en la conducción y al cambio en la capacidad instalada del proyecto.

En el Cuadro IV-1 se presentan las variaciones impuestas por las desviaciones en las dimensiones de la conducción.

En el Capítulo IX y en el Anexo No.5 - Estudios de Generación, se analizan las implicaciones de las desviaciones en la generación e instalación de potencia del proyecto. En el Capítulo XI se presentan los estimativos de costos para las desviaciones.

CUADRO No. IV-1

IMPLICACIONES DE LAS DESVIACIONES
EN LAS DIMENSIONES DE LA CONDUCCION

	SIN DESVIACIONES			CON DESVIACIONES QUEBRADAS CARACOLI Y LA VIBORA		
	Diámetro Interno (m)	Revestimiento concreto (m)	Espesor blindaje (mm)	Diámetro Interno (m)	Revestimiento concreto (m)	Espesor blindaje (mm)
Pozo 1	2.10	0.25	-	2.10	0.25	-
Túnel 1	2.10	0.25	-	2.10	0.25	-
Pozo 2	1.75	0.31	17	1.75	0.31	17
Túnel 2	1.75	0.41	15	1.75	0.41	15
Pozo 3	1.51	0.42	28	1.65	0.34	31
Túnel 3	1.51	0.51	31	1.65	0.44	34

V

CARTOGRAFIA Y TOPOGRAFIA

5.1 CARTOGRAFIA EXISTENTE

5.1.1 Escala 1:25 000

Antes de iniciar los estudios objeto del contrato suscrito con Empresas Públicas de Medellín, existían levantamientos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi en escala 1:25 000 de la zona de interés, basados en fotografías a escala aproximada 1:40 000. De estos levantamientos cartográficos existen dos versiones ejecutadas en diferentes fechas, el más antiguo data de 1961 y fue basado en fotografías tomadas en 1959. El levantamiento más reciente en escala 1:25 000 fue realizado en 1979 con base en fotografías de este mismo año.

5.1.2 Escalas 1:10 000 y 1:5 000

Con base en los resultados del estudio de reconocimiento del río Porce con fines de generación hidroeléctrica, EPM contrató con el IGAC la ejecución de levantamientos aerofotogramétricos a escalas 1:10 000 y 1:5 000 de las zonas de interés identificadas; dentro de este programa se realizaron levantamientos a escala 1:10 000 de la zona de conducción del proyecto Riachón y del cañón del río Porce aguas arriba del sitio de casa de máquinas de dicho proyecto, y levantamiento a escala 1:5 000 del propio Riachón entre los sitios de Bodegavieja y el Aeropuerto de Amalfi.

Los trabajos de restituciones a escalas 1:10 000 y 1:5 000 para la zona del proyecto Riachón fueron adelantados durante los años 1980 y 1981, siendo terminados en Noviembre de 1981. Al iniciar los trabajos correspondientes a la primera etapa de los estudios se definió la necesidad de restituir áreas adicionales que cubrieran la zona del embalse de Los Suribios a escala 1:5 000 con curvas de nivel cada cinco metros. Posteriormente esta necesidad se extendió a las zonas cubiertas por las desviaciones de las quebradas La Víbora y Caracolí a la misma escala. Estos trabajos adicionales de restitución, que cubrían un total de 5 903 hectáreas, fueron adelantandos dentro del contrato que Empresas Públicas de Medellín suscribió con el Consorcio Riachón, mediante subcontrato con la firma Sadec S. A. Los trabajos de restituciones adicionales se terminaron en Mayo de 1982, y con ellos quedan cubiertas a escala 1:5 000 la zona de embalse de Los Suribios y las desviaciones de las quebradas La Víbora y Caracolí.

En el Plano No.14 se indican los levantamientos cartográficos existentes a la terminación de los estudios de Factibilidad.

5.2 TOPOGRAFIA

Como se mencionó en el aparte anterior, al iniciar los estudios se disponía de levantamientos cartográficos de una buena parte de la zona correspondiente al proyecto básico. Por el tamaño de las obras y la escala de los planos era necesario precisar datos referentes a cotas de los sitios de presa y embalse y levantamientos topográficos detallados en las zonas de obras principales, por lo cual se ejecutaron los siguientes trabajos topográficos:

- Poligonales taquimétricas a lo largo del río Riachón partiendo de las quebradas Masato y Sorrento hasta la confluencia de los ríos Riachón y Porce, siguiendo el curso del río desde las quebradas mencionadas hasta el sitio donde el río se descuelga aguas abajo de Bodegavieja. A partir de este último sitio y ante la dificultad física de seguir el curso del río, la poligonal se desvió siguiendo el filo de Los Aguadeños. Durante la etapa de prefactibilidad se hicieron secciones transversales sobre la poligonal en la zona de embalse con el fin de comprobar la ubicación en los planos 1:25 000 de la cota 1 500 única que forma parte del embalse a esta escala. Estas secciones se realizaron con el fin de evaluar con mayor precisión el volumen del embalse.

- Poligonales en las zonas de Caracolí y La Víbora a fin de comprobar cotas en los posibles sitios de desviación y definir las zonas a restituir.

- Levantamientos topográficos detallados en las zonas de Los Suribios, Bodegavieja, Aguadeños y sitios de presa para la desviación Caracolí-La Víbora.

- Secciones topográficas en los sitios de Yolombito, Las Camelias y Caracolí a fin de comprobar la forma del cañón del río en dichos sitios.

- Establecimiento de referencias topográficas permanentes cerca de los sitios de obras importantes. Además se localizaron las perforaciones, trincheras y apiques realizados para las investigaciones geológicas y geotécnicas así como la localización de las estaciones hidrométricas e hidrográficas.

Las poligonales y demás trabajos topográficos fueron amarrados al sistema IGAC mediante triangulaciones y nivelaciones de precisión que tomaron como base los puntos AX-1767 Alto El Español, AT-56 A Alto Rabocha, AX-1702 Alto Montañita, AX-2877 y la placa auxiliar No.02.

En el Plano No.14 se indican los levantamientos cartográficos ejecutados y la

distribución de los planos correspondientes, los cuales se presentan en el Anexo No.1 Cartografía y Topografía. Igualmente en el Anexo se indican las placas del IGAC utilizadas para los amarres a este sistema y las referencias topográficas permanentes establecidas durante la ejecución del presente estudio.

En el Anexo mencionado se relacionan con detalle los trabajos ejecutados y los planos correspondientes a los trabajos de topografía del proyecto.

VI

HIDROMETEOROLOGIA Y SEDIMENTOS

Los estudios hidrometeorológicos requeridos para el proyecto se realizaron tomando en cuenta los parámetros básicos para el aprovechamiento hídrico de la cuenca : precipitación, caudal, evaporación y sedimentos. La red de estaciones hidrométricas y meteorológicas para la cuenca en estudio ha sido instalada recientemente, por tanto, su período de registro resulta muy corto para la evaluación de los parámetros anteriormente mencionados.

A fin de proceder a su evaluación se estudiaron varias cuencas vecinas de características hidrometeorológicas, morfométricas y de cobertura vegetal similares, permitiendo seleccionar la cuenca aferente a la estación limnigráfica TC-4 sobre el río Concepción, como similar a las cuencas aprovechadas en el desarrollo hidroeléctrico.

Utilizando los registros en la cuenca de la estación TC-4 y los existentes para la cuenca de interés en el río Riachón, se establecieron los datos hidrometeorológicos requeridos para la evaluación de esta última.

En el Plano No. 15 se presentan las cuencas hidrográficas que conforman la zona de estudio hidrológico y la ubicación de las estaciones hidrometeorológicas existentes. En el Anexo No. 2 a este informe se presentan los estudios hidrometeorológicos y de estimación de aporte de sedimentos realizados para el proyecto.

6.1 PRECIPITACION

La cuenca en estudio no presenta una distribución de estaciones, ni un período de registro adecuado, por tanto se procedió a utilizar las estaciones Mocorongo, El Tabor, Chaquiro, El Salado y Montañitas, localizadas sobre la cuenca del río Concepción, para establecer un período homogéneo en las estaciones Cueva Santa, Amalfi y Mina Viborita, localizadas las dos primeras sobre la cuenca del río Riachón y la última sobre la cuenca de la quebrada La Víbora, mediante el procedimiento de correlación lineal en el período 1954-1981. Con base en esta complementación y considerando un factor de área dado por los polígonos de Thiessen se estimó la precipitación media anual en los sitios de Los Suribios, Bodagavieja y La Víbora con los siguientes resultados : 2.788,00 mm para Bodegavieja y 2.655,10 mm para Los Suribios y para la cuenca de la quebrada La Víbora se adoptó como precipitación media la correspondiente a la estación Mina Vibori-

ta 2.427,50 mm. En los Cuadros No.VI-1 a VI-3 se presentan las series mensuales respectivas.

- Precipitación Máxima Probable (PMP).- A partir de los registros máximos en 24 horas para diferentes estaciones se aplicó el Método Hershfield, mediante el cual se obtuvo la PMP en cada estación. Utilizando el procedimiento de análisis regional se encontró, para la región de estudio, la variación de la precipitación con la elevación de la estación sobre el nivel del mar, como se puede ver en la Figura VI-1 ; de esta relación se dedujo el valor de la PMP para la cuenca del río Riachón de 330 mm en 24 horas.

6.2 CAUDALES

A la iniciación de los estudios existía una sola estación hidrométrica en el sitio de Bodegavieja (PP-1) operada por Empresas Públicas de Medellín, de ella se tenían unos pocos aforos; durante el desarrollo de los estudios se instalaron estaciones limnigráficas en los sitios de Los Suribios y la quebrada Caracolí, y miras limnimétricas en las quebradas Santa Bárbara y La Víbora. En el Plano No. 15 se indica la localización de estas estaciones hidrométricas. Dada la poca información hidrométrica existente, durante el desarrollo de los estudios se llevó a cabo un programa de aforos que permitió definir las curvas de calibración para las estaciones hidrométricas de Bodegavieja y Los Suribios, a partir de las cuales y con base en los registros limnigráficos existentes se llevó a cabo la evaluación de los caudales en forma directa.

- Caudales Medios.- La determinación de los caudales medios mensuales para los sitios de interés en el proyecto fueron obtenidos a partir de un análisis de varios modelos basados en la relación existente entre la precipitación, el área y el caudal.

Inicialmente se planteó un modelo lluvia-caudal basado en la ecuación:

$$Q_i = A + B P_i + C P_{i-1}$$

en donde :

Q_i	:	Caudal medio mensual para el mes i (m^3/s)
P_i, P_{i-1}	:	Precipitación durante los meses i e i-1 sobre el área aferente a la estación considerada (mm)
A,B,C	:	Parámetros característicos del modelo.

La deducción de las ecuaciones correspondientes a cada mes del año se realizó por el procedimiento de correlación múltiple. El caudal resultante de la aplicación de estas ecuaciones se afectó por un factor de área (0,798 y 1,169 para Los Suribios y Bodegavieja,respectivamente) dado por la relación entre el área en el sitio y el área en la estación de referencia TC-4. Los resultados obtenidos en este modelo indicaron una aparente regulación natural del río Riachón, que no se evidencia en el comportamiento del río Concepción en la estación TC-4.

Bajo el supuesto de que la aparente regulación era debida a la naturaleza estrictamente determinística del modelo lluvia-caudal anterior, este modelo fué complementado con la implementación de una componente aleatoria normalizada, dada por

$$Qa = S_i \, t_i \sqrt{1 - r^2}$$

donde :

Qa	:	Componente aleatoria
S_i	:	Desviación estándar de la variable dependiente para el mes i, (caudal dado por la ecuación del modelo lluvia-caudal)
t_i	:	Variable aleatoria de densidad normal estándar
r	:	Función de los parámetros característicos del modelo lluvia-caudal y las varianzas de las series Qi y Pi.

La adición de esta componente al caudal deducido en forma determinística como se anotó anteriormente, permitió establecer el caudal medio mensual correspondiente a cada mes a partir de :

$$Qi = Q_d + Q_a$$

donde :

Q_d	:	Componente determinística dada por la aplicación de las ecuaciones

Los resultados del modelo estocástico planteado indicaron la persistencia de la regulación natural originada en el modelo lluvia-caudal, por lo cual se desechó el uso de dichos modelos.

Finalmente, se utilizó un modelo lluvia-área-caudal, dado por :

$$Q_i = fa \quad fp \quad Q_{TC-4}$$

donde :

Q_i : Caudal medio mensual para el mes i en el sitio de interés (m^3/s)

Q_{TC-4} : Caudal medio mensual en la estación TC-4 (m^3/s)

fa : Factor de área descrito anteriormente

fp : Factor de precipitación, que se define como la relación entre la precipitación media sobre la cuenca en estudio y la precipitación media para la estación TC-4, en un período de tiempo determinado

La utilización del factor fp permitió la definición de cuatro casos diferentes denominados A, B, C y D, dependiendo del criterio utilizado para la evaluación de dicho parámetro así :

CASO A

$$fp = \frac{\bar{P}_p}{\bar{P}_{TC-4}}$$

CASO B

$$fp = fp\,(i, j) = \frac{P_{i,j}}{\bar{P}_{TC-4(i,j)}} \qquad \begin{array}{l} i = 1, \ldots, N \text{ años} \\ j = 1, \ldots, 12 \text{ meses} \end{array}$$

CASO C

$$fp = \frac{1}{12} \sum_{k=1}^{12} (f'p)_k$$

$$(f'p)_k = \frac{\bar{P}_k}{\bar{P}_{TC-4(k)}}$$

CASO D

$$fp = (f'p)_k \qquad k = 1, \ldots, 12$$

en donde :

$\overline{P}p$	:	Precipitación media multianual en el sitio del proyecto (mm)
$\overline{P}TC-4$	:	Precipitación media multianual para la estación TC-4
$fp\ (i,j)$	:	Factor de precipitación para el mes j del año i
$P\ (i,j)$ y $\overline{P}TC-4(i,j)$	:	Son respectivamente, las precipitaciones medias del mes j en el año i sobre la cuenca del punto considerado y de la estación TC-4
$\overline{P}k$ y $\overline{P}TC-4(k)$	:	Son respectivamente, los promedios multianuales para el mes k sobre las cuencas del punto de interés y de la estación TC-4

El modelo seleccionado finalmente corresponde al Caso D, en el cual se preservan mejor las variables estadísticas de la estación de referencia y no existe la regulación artificial originada por el modelo lluvia-caudal.

Los caudales medios obtenidos para el caso D fueron 4,9 m^3/s para los Suribios y 7,55 m^3/s para Bodegavieja Los registros de caudal correspondiente se muestran en los Cuadros Nos. VI-4 y VI-5.

Siguiendo el mismo procedimiento planteado para el Caso D se obtuvieron los caudales correspondientes a las desviaciones de la Quebrada La Víbora y la Quebrada Caracolí, cuyos caudales medios son de 1,09 m^3/s y 0,83 m^3/s. respectivamente. En forma similar se obtuvo para la Quebrada Santa Bárbara un caudal medio de 2,06 m^3/s. Los resultados obtenidos se presentan en los Cuadros Nos. VI-6 a VI-8.

6.3 CRECIENTES DE DISEÑO PARA OBRAS DE DESVIACION

Dada la escasez de datos existentes aún en la estación PP-1 (cerca a Bodavieja) se estimaron los caudales para desviación en los sitios de Los Suribios y Bodegavieja a partir de los caudales máximos instantáneos registrados en la estación TC-4, mediante la aplicación del método Log-Pearson Tipo III, teniendo en cuenta un factor de área en función de la raíz cuadrada de la relación de áreas

entre el sitio de interés y la estación de referencia. Mediante la aplicación de tal método se obtuvieron valores de 156 m^3/s para el sitio de Bodegavieja y 129 m^3/s para el sitio de Los Suribios como crecientes con período de recurrencia de 25 años. Para los vertederos de las presas de desviación de las quebradas Caracolí y La Víbora se utilizó el mismo procedimiento pero estimando las crecientes con períodos de recurrencia de 500 años; en este caso se obtuvieron valores de 114 m^3/s para la quebrada La Víbora y 97 y 113 m^3/s para la quebrada Caracolí, dependiendo, de los sitios de desviación hacia el río Riachón o hacia la quebrada La Víbora, respectivamente.

6.4 CRECIENTE MAXIMA PROBABLE

El embalse de Los Suribios ocupa aproximadamente el 20% de la cuenca del río Riachón y su forma alargada hace que un buen volumen de los aportes se presenten como aportes laterales por quebradas de poca longitud, por lo cual se considera que este permite la recepción simultánea de las crecientes de varias quebradas.

Teniendo en cuenta lo anterior se estimó la creciente máxima probable para diseño del vertedero considerando 12 subcuencas alrededor del embalse, en cada una de las cuales se estimó el tiempo de concentración para la quebrada representativa. De acuerdo a este parámetro se clasificaron por grupos que presentaran tiempos de concentración similar y se procedió a calcular el hidrograma de la CMP, mediante la aplicación de la PMP al hidrograma sintético triangular obtenido.

La CMP afluente al embalse está conformada por la suma de las CMP parciales obtenidas para cada quebrada. De acuerdo a este procedimiento el caudal máximo instantáneo obtenido fué de 2.352 m^3/s, el cual incluye el aporte directo de la lluvia al embalse cuyo valor máximo es de 350 m^3/s.

En la Figura No. VI-2 se presenta el hidrograma de la creciente máxima probable resultante.

6.5 EVAPORACION

Ante la ausencia de registros directos en la zona del proyecto, se utilizó el estudio propuesto por C. W. Thornthwaite, en el cual se compara la evaporación de un sitio con su elevación respecto al nivel del mar. Para los sitios de Los Suribios y Bodegavieja, cuyas elevaciones son respectivamente 1.490 y 1.385 m.s.n.m., se obtuvieron valores de 900 mm/año y 980 mm/año.

Estos valores no son significativos respecto al caudal medio del río por lo cual no se tuvieron en cuenta dentro de los estudios de generación. En la Figura No. VI-3 se presenta la curva que relaciona la evaporación con la altura sobre el nivel del mar para varias estaciones de la zona de estudio hidrológico.

6.6 SEDIMENTOS

Durante el desarrollo de los estudios se realizaron aforos de sedimentos en suspensión en los sitios donde se instalaron estaciones y miras fluviométricas; además se realizaron aforos de sedimentos de fondo mediante la utilización de un muestreador BTMA suministrado por Empresas Públicas de Medellín. Con base en los resultados obtenidos de estas mediciones se ha estimado el transporte de sedimentos para los sitios de aprovechamiento y las desviaciones.

La evaluación de sedimentos en suspensión se realizó tomando en cuenta la relación existente entre el gasto sólido y el gasto líquido; en tanto que el transporte de sedimentos de fondo fue evaluado siguiendo los métodos de Colby, Du Boys, Meyer-Peter, Einstein Modificado y Schoklitsch, de los cuales finalmente se seleccionó este último por su mejor ajuste a las condiciones promedio. El transporte total resultante para Los Suribios es de 2.15×10^6 m^3 y el transporte en suspensión para Bodegavieja de 1.38×10^6 m^3 en 50 años.

De las desviaciones previstas hacia el río Riachón, la de la Quebrada La Víbora se hará aguas abajo del sitio de presa de Los Suribios por lo cual no contribuirá con aporte de sedimentos al embalse; la quebrada Caracolí será desviada hacia la quebrada La Toldita, afluente del embalse en sus cabeceras, sobre la cual se han previsto obras de control torrencial por lo cual se espera que esta desviación solo aportaría sedimentos en suspensión. Con base en los resultados de los aforos de sedimentos en suspensión el aporte de la quebrada Caracolí se ha estimado en $0{,}04 \times 10^6$ m^3 en 50 años.

Con base en la estimación de aportes totales de sedimentos hasta el sitio de Los Suribios, considerando además la posibilidad de aportes laterales en las laderas por las fluctuaciones del embalse y dejando márgenes de seguridad dada la incertidumbre normal sobre este tipo de estimaciones, se ha previsto un embalse muerto de cinco millones de metros cúbicos, volumen que corresponde aproximadamente al 5% del volumen total del embalse.

En el Cuadro No. VI-9 se presentan las ecuaciones de correlación usadas para la estimación de los volúmenes de sedimentos, en las Figuras VI-4 y VI-5 se presentan las relaciones entre caudales líquidos y caudales de sedimentos en suspensión.

6.7 CALIDAD DEL AGUA

Los análisis físico-químicos de las muestras de agua recolectadas hasta el momento han permitido clasificarlas como blandas, con relativa concentración de hierro y alta turbiedad en algunos casos causada especialmente por la explotación de las minas, pero con un valor de pH próximo al valor normal. De acuerdo con los datos obtenidos se puede concluir que no existen problemas críticos de calidad de aguas. Como era de esperar, la descarga de las aguas negras de Amalfi en la quebrada La Víbora origina la variación de ciertas características como la dureza de calcio, alcalinidad, índice de Languelier, conductividad e iones de calcio, pero de todas formas por la magnitud de los caudales que se desviarían y el recorrido de estas aguas no presentarán problemas especiales.

CUADRO No VI-1

PRECIPITACION - SITIO LOS SURIBIOS

PROYECTO RIACHON

RESUMEN MULTIANUAL

PRECIPITACION EN mm — CUENCA RIACHON
MUNICIPIO: AMALFI — ESTACION: MPROSUR
LOCALIZACION: LAT 655 N LONG 7504 W ELEV 1455 msnm
FECHA: NOV 23/82 ORIGEN: IEH
PRECIP. MEDIA MULTIANUAL= 2655.1 mm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	No
54	125.50	106.20	157.60	250.20	291.30	279.60	368.00	180.30	297.40	283.20	261.70	163.10	2764.10	1
55	129.20	182.20	174.90	270.10	283.40	259.90	271.60	236.80	250.40	307.80	276.00	134.80	2777.20	2
56	132.80	205.10	153.50	234.50	371.20	240.40	246.20	298.00	244.30	309.50	218.70	134.50	2788.80	3
57	109.30	185.70	104.10	234.40	248.40	230.00	231.30	253.70	258.60	255.60	256.80	172.10	2540.10	4
58	73.30	81.50	143.60	142.60	258.10	170.80	187.10	252.90	168.80	257.10	165.40	165.00	2066.40	5
59	54.60	57.40	105.60	179.90	242.10	277.80	257.60	219.00	286.00	288.20	202.90	80.30	2251.40	6
60	110.30	124.10	92.00	241.20	227.50	277.10	234.40	272.00	254.00	242.80	180.10	193.80	2449.50	7
61	62.70	79.40	142.80	284.70	212.70	352.00	312.00	202.10	282.80	273.70	339.50	120.00	2664.50	8
62	87.70	65.40	165.80	193.70	470.90	287.70	264.90	356.50	252.20	259.80	253.20	59.40	2717.00	9
63	85.90	149.10	198.20	288.20	314.20	247.40	367.80	239.70	232.10	283.90	198.40	91.30	2696.30	10
64	63.00	110.30	173.50	292.20	284.00	269.40	324.00	317.50	299.50	238.20	219.40	77.10	2668.10	11
65	100.20	67.50	105.20	250.80	388.40	163.20	201.20	293.50	386.60	276.00	221.90	75.90	2530.40	12
66	148.60	100.30	202.70	194.00	268.40	364.30	219.60	337.40	267.10	270.20	289.20	183.00	2844.80	13
67	123.90	107.40	99.90	321.90	434.70	412.50	373.20	253.30	205.60	253.70	141.20	93.20	2820.30	14
68	86.40	118.40	158.30	180.80	326.00	302.80	350.10	306.00	260.40	270.70	236.10	95.60	2691.60	15
69	95.60	66.70	98.80	329.60	301.10	142.30	152.80	431.90	361.40	270.40	289.10	97.80	2637.40	16
70	126.40	71.00	121.30	327.40	368.40	281.80	233.20	272.70	360.60	313.70	245.50	188.80	2910.90	17
71	136.30	127.00	188.30	112.50	326.80	165.60	216.00	294.80	310.20	305.10	290.90	98.00	2571.40	18
72	134.10	112.50	129.40	399.10	413.80	411.30	165.70	322.30	173.10	197.20	138.90	187.20	2784.60	19
73	56.50	26.20	128.40	262.10	247.60	227.20	222.90	341.70	334.10	295.70	415.20	158.10	2715.80	20
74	165.70	86.00	177.50	311.00	345.60	193.90	297.70	248.20	439.60	357.90	370.10	45.00	3038.10	21
75	56.10	60.60	184.20	223.80	345.90	389.00	378.60	340.10	296.90	400.90	189.70	177.40	3043.20	22
76	42.90	168.60	190.50	308.40	221.00	214.50	160.10	249.80	260.50	350.70	169.90	31.80	2368.60	23
77	31.70	31.50	154.00	209.80	268.30	329.60	365.90	255.80	243.40	347.60	283.70	63.40	2584.70	24
78	66.50	83.50	129.20	379.00	231.00	278.70	194.10	166.90	361.50	224.30	183.50	111.50	2409.70	25
79	51.00	69.00	78.30	422.20	361.20	229.00	125.60	361.80	274.30	541.20	290.30	156.20	2960.20	26
80	73.40	23.50	86.60	141.40	230.00	219.70	199.40	229.50	217.60	245.30	226.40	148.90	2041.90	27
81	37.70	201.50	139.20	332.00	604.10	406.40	242.70	242.70	240.40	269.50	202.00	86.50	3005.00	28
PROM	91.70	102.40	142.30	261.30	317.40	272.30	255.80	277.70	279.30	292.50	241.30	121.10	2655.10	

CUADRO No VI-2

PRECIPITACION - SITIO BODEGAVIEJA

PROYECTO RIACHON

RESUMEN MULTIANUAL

PRECIPITACION EN mm — CUENCA RIACHON
MUNICIPIO: AMALFI — ESTACION: MPROBOV
LOCALIZACION: LAT 658 N LONG 7503 W ELEV 1370 msnm
FECHA: NOV 23/82 ORIGEN: IEH
PRECIP. MEDIA MULTIANUAL= 2788.0 mm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	No
54	118.00	115.50	158.10	260.80	245.20	270.70	347.80	182.20	307.30	298.80	276.80	176.10	2757.30	1
55	141.50	195.70	188.10	285.40	299.00	274.90	286.90	251.40	265.20	323.90	291.40	147.30	2950.70	2
56	145.20	219.00	166.30	249.00	327.60	236.50	240.30	335.20	278.80	353.40	228.40	146.00	2925.70	3
57	104.90	197.30	107.80	227.00	263.50	222.20	254.60	323.60	288.00	282.50	263.70	162.70	2697.70	4
58	79.90	82.20	139.20	158.80	310.50	168.80	203.90	284.90	173.30	252.40	162.40	172.00	2188.40	5
59	60.30	60.20	113.10	183.90	269.40	309.40	271.50	231.80	320.60	322.80	244.60	83.80	2471.50	6
60	99.80	123.40	91.20	262.20	270.70	282.80	263.90	279.90	255.00	250.40	180.80	192.50	2552.60	7
61	65.30	95.00	142.40	301.10	207.00	345.70	314.20	220.30	313.60	270.50	344.00	109.70	2728.70	8
62	95.10	73.50	172.80	207.30	462.60	300.10	273.10	352.20	269.90	279.00	251.20	78.10	2814.80	9
63	81.20	166.30	186.70	308.50	322.30	247.10	416.10	289.40	279.70	323.60	211.40	94.80	2927.00	10
64	68.30	123.20	155.00	318.60	263.10	289.30	343.70	308.10	292.20	257.90	218.60	89.70	2727.60	11
65	103.70	76.90	98.80	241.30	407.60	172.50	207.20	311.40	377.60	300.90	277.10	82.00	2657.00	12
66	149.90	106.90	195.50	211.50	278.20	363.00	218.80	350.10	266.90	300.20	317.70	178.90	2937.60	13
67	123.90	107.40	104.80	328.90	418.60	442.90	386.30	243.50	219.10	249.70	165.60	103.30	2894.00	14
68	94.00	114.70	166.00	196.70	331.70	346.80	350.20	332.00	284.10	275.60	251.60	118.30	2861.40	15
69	118.00	72.80	96.90	332.50	322.20	154.40	148.80	438.40	354.30	300.30	308.00	95.50	2742.00	16
70	143.20	73.30	127.80	311.30	379.00	291.70	238.40	267.00	410.30	327.10	284.10	192.60	3045.80	17
71	146.00	136.30	199.80	121.20	343.50	176.40	228.50	310.30	326.30	321.00	306.30	106.20	2721.70	18
72	143.60	121.20	138.80	418.40	433.70	431.00	176.50	338.80	184.20	209.10	148.70	198.70	2942.70	19
73	62.20	20.70	123.10	276.90	243.20	256.20	264.60	358.90	351.10	354.50	382.40	161.60	2855.40	20
74	176.50	93.80	188.70	342.60	391.80	191.70	323.90	276.30	490.80	393.30	406.30	51.30	3326.90	21
75	48.00	51.50	218.90	268.10	381.10	453.20	368.90	384.00	323.00	401.50	212.90	196.70	3307.80	22
76	55.60	180.60	222.20	358.30	247.30	257.30	193.90	301.70	265.40	384.40	205.70	41.50	2714.10	23
77	36.30	43.20	152.30	258.40	277.20	315.40	505.90	265.80	224.60	369.70	265.80	49.10	2763.70	24
78	73.20	105.70	132.60	372.20	218.00	286.80	174.00	169.50	328.00	202.10	208.40	91.90	2362.40	25
79	40.80	55.90	84.40	431.10	367.40	221.80	133.60	366.50	268.20	486.20	273.20	187.00	2916.10	26
80	67.30	19.60	93.60	149.40	209.00	227.50	213.00	214.00	237.40	245.40	265.70	159.00	2100.90	27
81	43.70	213.60	149.00	348.90	631.00	426.00	256.30	256.30	253.90	284.10	214.10	94.30	3171.30	28
PROM	95.90	108.80	146.90	276.10	325.80	284.40	271.60	294.40	293.20	307.90	256.00	127.20	2788.00	

CUADRO No VI-3

PRECIPITACION ZONA - Q. LA VIBORA

PROYECTO RIACHON

RESUMEN MULTIANUAL

PRECIPITACION EN mm — CUENCA Q.VIBORITA
MUNICIPIO: — ESTACION: MINAVIB
LOCALIZACION: LAT 656 N LONG 7503 W ELEV 1460 msnm
FECHA: AGOSTO 20/82 ORIGEN: IEH
PRECIP. MEDIA MULTIANUAL= 2427.5 mm

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	No
54	122.20-	96.20-	151.40-	240.60-	303.90-	277.70-	371.00-	173.60-	288.40-	271.90-	250.40-	152.00-	2699.30	1
55	118.20-	171.10-	163.70-	258.80-	272.10-	248.50-	260.30-	225.60-	239.10-	296.50-	264.70-	123.80-	2642.40	2
56	121.80-	194.00-	142.40-	223.30-	383.30-	236.30-	242.90-	278.40-	225.40-	287.40-	209.30-	123.80-	2668.30	3
57	104.70-	175.30-	96.30-	231.60-	237.10-	227.40-	216.70-	221.20-	241.80-	239.70-	248.60-	169.70-	2410.10	4
58	64.20-	74.70-	139.20-	130.20-	232.40-	165.60-	174.70-	235.10-	161.10-	253.50-	160.60-	156.20-	1947.50	5
59	56.20-	51.10-	100.50-	149.60-	258.10-	297.30-	236.00-	203.10-	311.50-	313.00-	264.90-	70.70-	2312.00	6
60	58.00-	94.00-	68.60-	241.40-	287.70-	229.90-	257.80-	231.60-	199.80-	208.20-	141.30-	147.00-	2165.30	7
61	54.60-	101.00-	109.40-	263.50-	150.30-	257.70-	248.20-	203.60-	299.00-	204.30-	275.60-	65.90-	2233.10	8
62	86.50-	70.80-	146.50-	185.40-	345.20-	255.50-	227.00-	266.40-	241.20-	251.30-	191.60-	93.50-	2360.90	9
63	53.70-	159.60-	124.00-	276.10-	265.10-	191.50-	410.60-	314.10-	302.70-	322.80-	187.20-	79.20-	2686.60	10
64	61.80-	118.10-	86.70-	295.10-	166.90-	260.60-	302.70-	222.80-	214.00-	235.70-	168.00-	91.40-	2223.80	11
65	86.00-	75.80-	64.60-	170.30-	351.70-	150.30-	171.40-	274.30-	277.80-	278.70-	314.30-	74.00-	2289.20	12
66	118.20-	94.10-	138.60-	195.50-	233.80-	280.20-	168.40-	295.10-	207.00-	287.20-	298.00-	131.30-	2447.40	13
67	95.90-	82.80-	89.60-	268.30-	296.90-	399.40-	324.10-	171.50-	194.30-	186.90-	171.90-	97.70-	2379.30	14
68	85.80-	81.70-	142.10-	180.90-	268.30-	348.70-	272.60-	304.90-	263.30-	223.00-	223.10-	131.90-	2526.30	15
69	131.20-	66.60-	71.10-	264.00-	288.40-	141.20-	107.90-	352.90-	262.90-	287.20-	273.30-	69.20-	2315.90	16
70	140.80-	60.20-	110.30-	213.10-	313.80-	244.40-	194.40-	197.20-	408.50-	278.50-	290.20-	156.00-	2607.40	17
71	115.20	105.70	168.10	90.90	309.20	145.00	196.30	276.60	292.30	287.10	272.60	76.10	2335.10	18
72	112.90	90.90	108.20	382.70	397.70	395.10	145.10	304.50	152.70	177.20	117.90	167.00	2551.90	19
73	34.40	7.50	112.90	243.10	235.70	201.40	191.80	324.30	316.60	260.20	420.10	140.10	2488.10	20
74	145.10	63.90	157.10	286.90	316.80	179.30	275.30	223.40	412.00	333.80	346.10	22.20	2761.90	21
75	39.40	44.40	154.80	191.70	321.60	414.60	272.50	349.10	424.60	353.80	140.20	172.10	2878.80	22
76	51.80	166.90	162.40	316.60	191.70	194.30	152.20	198.90	184.40	301.90	174.60	37.20	2132.90	23
77	22.30	24.90	93.40	212.20	245.40	343.60	166.90	238.20	191.50	360.80	218.70	47.00	2164.90	24
78	54.10	64.10	105.70	324.30	233.60	201.60	172.00	159.90	277.40	199.10	167.00	132.70	2091.50	25
79	46.70	88.60	64.20	392.50	326.80	191.70	216.00	363.30	231.00	451.40	277.40	196.50	2846.10	26
80	37.00	27.10	61.50	183.90-	262.50-	181.80	225.70	159.60	213.50	284.80	262.80	128.00	2028.20	27
81	14.80	181.60	118.20	314.50	591.50	390.20	223.60	223.60	221.20	250.80	182.10	64.50	2776.60	28
PROM	79.80	94.00	116.10	240.30	288.80	251.80	229.40	249.70	259.10	274.50	232.60	111.30	2427.50	

EEPPM — IEH-CANOGU

CUADRO No VI-4

CAUDALES EN LOS SURIBIOS

PROYECTO RIACHON

RESUMEN MULTIANUAL

CAUDALES EN M3/SEG CORRIENTE RIACHON
MUNICIPIO: AMALFI ESTACION: SURIBIO
LOCALIZACION: LAT 655 N LONG 7504 W ELEV 1455 msnm
FECHA: NOV 23/82 ORIGEN: CASO D SURIBIOS
CAUDAL MEDIO MULTIANUAL= 4.90 M3/SEG AREA DRENADA: 99 Km2

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM	No
54	5.51	4.19	3.82	4.46	5.32	5.43	7.12	6.06	5.26	8.20	7.01	5.68	5.67	1
55	5.29	3.89	3.82	4.55	5.41	5.90	6.49	6.14	6.96	8.62	7.38	6.18	5.89	2
56	6.17	5.42	4.60	4.99	6.39	7.55	5.14	6.89	6.28	7.18	7.65	5.19	6.12	3
57	4.52	3.89	2.94	3.75	4.67	3.85	3.72	4.32	4.58	5.66	5.01	4.39	4.27	4
58	3.42	2.56	2.74	2.23	3.60	2.44	2.30	3.90	2.63	3.04	2.73	2.99	2.88	5
59	2.20	1.84	1.86	2.14	3.03	3.46	4.19	3.82	5.26	5.66	5.92	4.29	3.64	6
60	3.97	3.17	2.65	3.57	3.69	4.33	4.67	4.81	5.43	4.90	4.83	5.58	4.30	7
61	3.86	3.17	2.84	3.92	3.19	4.56	4.67	4.07	5.43	4.73	6.65	4.59	4.31	8
62	4.08	3.17	3.23	3.03	5.41	4.72	4.83	5.73	5.43	5.41	6.38	4.29	4.64	9
63	3.86	3.78	3.72	4.91	5.24	4.72	6.65	5.15	5.26	5.92	6.01	4.59	4.98	10
64	3.64	3.27	3.04	3.84	3.85	4.95	5.46	5.64	5.77	5.16	5.47	4.49	4.55	11
65	4.08	3.17	2.84	3.57	4.26	3.54	3.56	4.73	6.11	5.07	5.47	4.09	4.21	12
66	4.41	3.07	3.04	3.39	3.69	5.27	4.27	5.73	6.11	5.66	6.19	5.29	4.68	13
67	4.41	3.48	2.94	4.73	5.98	7.94	8.31	5.98	5.26	5.07	4.65	3.79	5.21	14
68	3.53	2.86	2.94	3.30	4.10	5.66	5.14	6.22	6.70	5.92	5.65	4.59	4.72	15
69	3.97	2.97	2.45	4.73	4.75	3.22	2.77	6.56	6.11	7.18	9.11	4.99	4.90	16
70	4.85	3.37	3.04	4.10	5.98	4.95	4.83	4.98	7.89	8.87	8.38	6.88	5.68	17
71	7.38	6.65	6.66	5.35	7.95	6.68	8.39	10.79	7.64	7.35	6.47	4.69	7.17	18
72	5.18	4.09	3.63	4.99	6.96	5.74	4.83	5.64	5.26	6.59	4.65	4.59	5.18	19
73	3.64	2.76	2.65	2.94	4.01	3.77	4.12	4.48	5.94	5.41	6.56	5.88	4.35	20
74	5.07	4.19	3.82	4.10	4.75	4.01	4.83	5.64	6.96	6.76	6.92	5.19	5.19	21
75	4.74	3.89	4.41	2.76	5.00	6.29	6.89	8.63	8.91	8.87	9.38	8.58	6.53	22
76	5.84	4.70	4.51	5.80	6.55	5.90	4.12	6.14	4.41	7.10	5.92	3.79	5.40	23
77	3.20	2.66	2.35	2.68	3.36	5.35	5.07	5.98	5.18	4.82	4.55	4.29	4.12	24
78	3.20	2.56	2.65	5.71	3.93	5.51	5.22	4.40	4.92	5.49	5.65	5.19	4.53	25
79	3.64	3.17	2.74	3.48	4.34	6.21	3.17	3.90	4.67	7.01	8.11	5.49	4.66	26
80	4.30	3.37	2.94	3.21	3.85	5.43	4.99	4.73	4.16	6.00	6.28	4.39	4.47	27
81	3.42	2.97	2.94	3.66	7.95	6.61	6.33	4.65	5.94	6.34	6.10	4.29	5.10	28
PROM	4.33	3.51	3.28	3.92	4.90	5.14	5.07	5.56	5.73	6.21	6.25	4.94	4.90	

CUADRO No VI-5

CAUDALES EN BODEGAVIEJA

PROYECTO RIACHON

RESUMEN MULTIANUAL

CAUDALES EN M3/SEG — CORRIENTE RIACHON
MUNICIPIO: AMALFI — ESTACION: BODEGAV
LOCALIZACION: LAT 658 N LONG 7503 W ELEV 1370 msnm
FECHA: NOV 23/82 ORIGEN: CASO D MOD TC4
CAUDAL MEDIO MULTIANUAL= 7.55 M3/SEG AREA DRENADA: 145 Km2

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM	No
54	8.44	6.53	5.78	6.90	8.01	8.30	11.08	9.41	8.09	12.64	10.90	8.75	8.74	1
55	8.10	6.05	5.78	7.04	8.13	9.02	10.10	9.54	10.70	13.29	11.47	9.51	9.06	2
56	9.45	8.44	6.96	7.73	9.61	11.55	8.00	10.70	9.65	11.08	11.89	7.98	9.42	3
57	6.92	6.05	4.45	5.80	7.02	5.90	5.79	6.70	7.05	8.73	7.79	6.75	6.58	4
58	5.23	3.98	4.15	3.45	5.42	3.73	3.57	6.06	4.04	4.69	4.25	4.60	4.43	5
59	3.38	2.87	2.82	3.31	4.56	5.29	6.52	5.93	8.09	8.73	9.20	6.60	5.61	6
60	6.08	4.93	4.00	5.52	5.54	6.62	7.26	7.48	8.35	7.56	7.50	8.59	6.62	7
61	5.91	4.93	4.30	6.07	4.80	6.98	7.26	6.32	8.35	7.30	10.33	7.06	6.63	8
62	6.25	4.93	4.89	4.69	8.13	7.22	7.51	8.89	8.35	8.34	9.91	6.60	7.14	9
63	5.91	5.89	5.63	7.59	7.88	7.22	10.34	7.99	8.09	9.12	9.34	7.06	7.67	10
64	5.57	5.09	4.59	5.94	5.79	7.58	8.49	8.76	8.87	7.95	8.49	6.91	7.00	11
65	6.25	4.93	4.30	5.52	6.41	5.41	5.54	7.35	9.39	7.82	8.49	6.29	6.48	12
66	6.75	4.78	4.59	5.25	5.54	8.06	6.65	8.89	9.39	8.73	9.63	8.13	7.20	13
67	6.75	5.41	4.45	7.32	8.99	12.15	12.93	9.28	8.09	7.82	7.22	5.83	8.02	14
68	5.40	4.46	4.45	5.11	6.16	8.66	8.00	9.67	10.31	9.12	8.78	7.06	7.26	15
69	6.08	4.62	3.70	7.32	7.14	4.93	4.31	10.18	9.39	11.08	14.16	7.67	7.55	16
70	7.43	5.25	4.59	6.35	8.99	7.58	7.51	7.73	12.13	13.68	13.02	10.59	8.74	17
71	11.31	10.35	10.08	8.28	11.95	10.23	13.05	16.76	11.74	11.34	10.05	7.21	11.03	18
72	7.94	6.37	5.48	7.73	10.47	8.78	7.51	8.76	8.09	10.16	7.22	7.06	7.96	19
73	5.57	4.30	4.00	4.56	6.04	5.78	6.40	6.96	9.13	8.34	10.19	9.05	6.69	20
74	7.77	6.53	5.78	6.35	7.14	6.14	7.51	8.76	10.70	10.43	10.76	7.98	7.99	21
75	7.26	6.05	6.67	4.28	7.51	9.63	10.71	13.41	13.70	13.68	14.58	13.20	10.06	22
76	8.95	7.32	6.82	8.97	9.85	9.02	6.40	9.54	6.78	10.95	9.20	5.83	8.30	23
77	4.90	4.14	3.56	4.14	5.05	8.18	7.88	9.28	7.96	7.43	7.08	6.60	6.35	24
78	4.90	3.98	4.00	8.84	5.91	8.42	8.13	6.83	7.57	8.47	8.78	7.98	6.98	25
79	5.57	4.93	4.15	5.38	6.53	9.51	4.92	6.06	7.18	10.82	12.60	8.44	7.17	26
80	6.58	5.25	4.45	4.97	5.79	8.30	7.76	7.35	6.39	9.25	9.77	6.75	6.88	27
81	5.23	4.62	4.45	5.66	11.95	10.11	9.85	7.22	9.13	9.77	9.48	6.60	7.84	28
PROM	6.64	5.46	4.96	6.07	7.37	7.87	7.89	8.64	8.81	9.58	9.72	7.60	7.55	

CUADRO No VI-6

CAUDALES QUEBRADA LA VIBORA

PROYECTO RIACHON

RESUMEN MULTIANUAL

CAUDALES EN M3/SEG CORRIENTE Q.VIBORA
MUNICIPIO: AMALFI ESTACION: VIBORA1
LOCALIZACION: LAT 655 N LONG 7504 W ELEV 1520 msnm
FECHA: AGOSTO 3/83 ORIGEN: Q=FA.FP.QTC4 CASO D
CAUDAL MEDIO MULTIANUAL= 1.09 M3/SEG AREA DRENADA: 24 Km2

AND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROA	No
54	1.16	0.93	0.76	0.99	1.17	1.22	1.55	1.32	1.18	1.87	1.64	1.27	1.26	1
55	1.12	0.87	0.76	1.01	1.19	1.32	1.41	1.34	1.56	1.96	1.72	1.38	1.30	2
56	1.30	1.21	0.91	1.11	1.41	1.69	1.12	1.50	1.41	1.63	1.79	1.16	1.35	3
57	0.95	0.87	0.58	0.84	1.03	0.86	0.81	0.94	1.03	1.29	1.17	0.98	0.95	4
58	0.72	0.57	0.54	0.50	0.80	0.55	0.50	0.85	0.59	0.69	0.64	0.67	0.63	5
59	0.47	0.41	0.37	0.48	0.67	0.78	0.91	0.83	1.18	1.29	1.38	0.96	0.81	6
60	0.84	0.71	0.52	0.80	0.81	0.97	1.02	1.05	1.22	1.12	1.13	1.24	0.95	7
61	0.81	0.71	0.56	0.88	0.70	1.02	1.02	0.89	1.22	1.08	1.55	1.02	0.96	8
62	0.86	0.71	0.64	0.68	1.19	1.06	1.05	1.25	1.22	1.23	1.49	0.96	1.03	9
63	0.81	0.84	0.74	1.09	1.16	1.06	1.45	1.12	1.18	1.35	1.41	1.02	1.10	10
64	0.77	0.73	0.60	0.86	0.85	1.11	1.19	1.23	1.30	1.17	1.28	1.00	1.01	11
65	0.86	0.71	0.56	0.80	0.94	0.79	0.77	1.03	1.37	1.15	1.28	0.91	0.93	12
66	0.93	0.68	0.60	0.76	0.81	1.18	0.93	1.25	1.37	1.29	1.45	1.18	1.04	13
67	0.93	0.77	0.58	1.05	1.32	1.78	1.81	1.30	1.18	1.15	1.09	0.84	1.15	14
68	0.74	0.64	0.58	0.74	0.90	1.27	1.12	1.36	1.51	1.35	1.32	1.02	1.05	15
69	0.84	0.66	0.48	1.05	1.05	0.72	0.60	1.43	1.37	1.63	2.13	1.11	1.09	16
70	1.02	0.75	0.60	0.91	1.32	1.11	1.05	1.09	1.77	2.02	1.96	1.53	1.26	17
71	1.56	1.48	1.32	1.19	1.75	1.50	1.82	2.35	1.72	1.67	1.51	1.04	1.58	18
72	1.09	0.91	0.72	1.11	1.54	1.29	1.05	1.23	1.18	1.50	1.09	1.02	1.14	19
73	0.77	0.61	0.52	0.66	0.89	0.85	0.90	0.98	1.34	1.23	1.53	1.31	0.96	20
74	1.07	0.93	0.76	0.91	1.05	0.90	1.05	1.23	1.56	1.54	1.62	1.16	1.15	21
75	1.00	0.87	0.87	0.62	1.10	1.41	1.50	1.88	2.00	2.02	2.19	1.91	1.45	22
76	1.23	1.05	0.89	1.29	1.45	1.32	0.90	1.34	0.99	1.62	1.38	0.84	1.19	23
77	0.67	0.59	0.47	0.60	0.74	1.20	1.10	1.30	1.16	1.10	1.06	0.96	0.91	24
78	0.67	0.57	0.52	1.27	0.87	1.23	1.14	0.96	1.11	1.25	1.32	1.16	1.01	25
79	0.77	0.71	0.54	0.78	0.96	1.39	0.69	0.85	1.05	1.60	1.89	1.22	1.04	26
80	0.91	0.75	0.58	0.72	0.85	1.22	1.08	1.03	0.94	1.37	1.47	0.98	0.99	27
81	0.72	0.66	0.58	0.82	1.75	1.48	1.38	1.01	1.34	1.44	1.43	0.96	1.13	28
PROM	0.91	0.78	0.65	0.88	1.08	1.15	1.10	1.21	1.29	1.41	1.46	1.10	1.09	

EEPPM IEH-CANOGU

CUADRO No VI-7

CAUDALES QUEBRADA CARACOLI

PROYECTO RIACHON

RESUMEN MULTIANUAL

CAUDALES EN M3/SEG CORRIENTE CARACOLI
MUNICIPIO: AMALFI ESTACION: CARACO1
LOCALIZACION: LAT 653 N LONG 7508 W ELEV 1680 msnm
FECHA: AGOSTO 3/83 ORIGEN: Q=FA.FP.QTC4 CASO D
CAUDAL MEDIO MULTIANUAL= 0.83 M3/SEG AREA DRENADA: 17.1 Km2

AND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROA	No
54	0.94	0.71	0.65	0.75	0.91	0.92	1.20	1.02	0.89	1.39	1.18	0.96	0.96	1
55	0.90	0.66	0.65	0.77	0.93	1.00	1.10	1.04	1.18	1.46	1.25	1.05	1.00	2
56	1.05	0.91	0.79	0.84	1.09	1.28	0.87	1.16	1.06	1.22	1.29	0.88	1.04	3
57	0.77	0.66	0.50	0.63	0.80	0.65	0.63	0.73	0.78	0.96	0.85	0.74	0.72	4
58	0.58	0.43	0.47	0.38	0.62	0.41	0.39	0.66	0.45	0.52	0.46	0.51	0.49	5
59	0.37	0.31	0.32	0.36	0.52	0.59	0.71	0.65	0.89	0.96	1.00	0.73	0.62	6
60	0.67	0.54	0.45	0.60	0.63	0.73	0.79	0.81	0.92	0.83	0.81	0.95	0.73	7
61	0.65	0.54	0.49	0.66	0.55	0.77	0.79	0.69	0.92	0.80	1.12	0.78	0.73	8
62	0.69	0.54	0.55	0.51	0.93	0.80	0.82	0.97	0.92	0.92	1.08	0.73	0.79	9
63	0.65	0.64	0.64	0.83	0.90	0.80	1.12	0.87	0.89	1.00	1.01	0.78	0.84	10
64	0.62	0.55	0.52	0.65	0.66	0.84	0.92	0.95	0.98	0.87	0.92	0.76	0.77	11
65	0.69	0.54	0.49	0.60	0.73	0.60	0.60	0.80	1.04	0.86	0.92	0.69	0.71	12
66	0.75	0.52	0.52	0.57	0.63	0.90	0.72	0.97	1.04	0.96	1.05	0.90	0.79	13
67	0.75	0.59	0.50	0.80	1.02	1.35	1.40	1.01	0.89	0.86	0.78	0.64	0.88	14
68	0.60	0.48	0.50	0.56	0.70	0.96	0.87	1.05	1.14	1.00	0.95	0.78	0.80	15
69	0.67	0.50	0.42	0.80	0.81	0.55	0.47	1.11	1.04	1.22	1.54	0.85	0.83	16
70	0.82	0.57	0.52	0.69	1.02	0.84	0.82	0.84	1.34	1.50	1.41	1.17	0.96	17
71	1.25	1.12	1.14	0.91	1.36	1.14	1.42	1.82	1.29	1.25	1.09	0.79	1.21	18
72	0.88	0.69	0.62	0.84	1.19	0.98	0.82	0.95	0.89	1.12	0.78	0.78	0.88	19
73	0.62	0.47	0.45	0.50	0.69	0.64	0.69	0.76	1.01	0.92	1.11	1.00	0.74	20
74	0.86	0.71	0.65	0.69	0.81	0.68	0.82	0.95	1.18	1.15	1.17	0.88	0.88	21
75	0.80	0.66	0.75	0.47	0.86	1.07	1.16	1.46	1.51	1.50	1.58	1.45	1.11	22
76	0.99	0.79	0.77	0.98	1.12	1.00	0.69	1.04	0.75	1.20	1.00	0.64	0.92	23
77	0.54	0.45	0.40	0.45	0.57	0.91	0.86	1.01	0.88	0.82	0.77	0.73	0.70	24
78	0.54	0.43	0.45	0.97	0.67	0.94	0.88	0.74	0.83	0.93	0.95	0.88	0.77	25
79	0.62	0.54	0.47	0.59	0.74	1.06	0.53	0.66	0.79	1.19	1.37	0.93	0.79	26
80	0.73	0.57	0.50	0.54	0.66	0.92	0.84	0.80	0.70	1.02	1.06	0.74	0.76	27
81	0.58	0.50	0.50	0.62	1.36	1.12	1.07	0.79	1.01	1.07	1.03	0.73	0.86	28
PROM	0.74	0.59	0.56	0.66	0.84	0.87	0.86	0.94	0.97	1.05	1.06	0.84	0.83	

EEPPM IEH-CANOGU

CUADRO No VI-8

CAUDALES Q. SANTA BARBARA

PROYECTO RIACHON

RESUMEN MULTIANUAL

CAUDALES EN M3/SEG CORRIENTE RIACHON
MUNICIPIO: AMALFI ESTACION: STABARB
LOCALIZACION: LAT 657 N LONG 7503 W ELEV 1400 msnm
FECHA: NOV 23/82 ORIGEN: CASO D
CAUDAL MEDIO MULTIANUAL= 2.06 M3/SEG AREA DRENADA: 35.2 Km2

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM	No
54	2.28	1.82	1.52	1.90	2.07	2.23	3.09	2.61	2.20	3.45	3.02	2.38	2.38	1
55	2.19	1.68	1.52	1.94	2.11	2.43	2.81	2.65	2.91	3.63	3.18	2.59	2.47	2
56	2.56	2.35	1.84	2.13	2.49	3.11	2.23	2.97	2.62	3.03	3.30	2.17	2.57	3
57	1.87	1.68	1.17	1.60	1.82	1.59	1.61	1.86	1.91	2.39	2.16	1.84	1.79	4
58	1.41	1.11	1.09	0.95	1.40	1.00	0.99	1.68	1.10	1.28	1.18	1.25	1.21	5
59	0.91	0.80	0.74	0.91	1.18	1.42	1.82	1.65	2.20	2.39	2.55	1.80	1.53	6
60	1.64	1.37	1.06	1.52	1.44	1.78	2.02	2.08	2.27	2.07	2.08	2.34	1.81	7
61	1.60	1.37	1.13	1.67	1.24	1.88	2.02	1.75	2.27	1.99	2.87	1.92	1.81	8
62	1.69	1.37	1.29	1.29	2.11	1.94	2.09	2.47	2.27	2.28	2.75	1.80	1.95	9
63	1.60	1.64	1.49	2.09	2.04	1.94	2.88	2.22	2.20	2.49	2.59	1.92	2.09	10
64	1.51	1.42	1.21	1.64	1.50	2.04	2.37	2.43	2.41	2.17	2.36	1.88	1.91	11
65	1.69	1.37	1.13	1.52	1.66	1.46	1.54	2.04	2.55	2.14	2.36	1.71	1.76	12
66	1.83	1.33	1.21	1.45	1.44	2.17	1.85	2.47	2.55	2.39	2.67	2.21	1.96	13
67	1.83	1.51	1.17	2.02	2.33	3.27	3.60	2.58	2.20	2.14	2.00	1.59	2.18	14
68	1.46	1.24	1.17	1.41	1.60	2.33	2.23	2.68	2.80	2.49	2.43	1.92	1.98	15
69	1.64	1.28	0.98	2.02	1.85	1.33	1.20	2.83	2.55	3.03	3.93	2.09	2.06	16
70	2.01	1.46	1.21	1.75	2.33	2.04	2.09	2.15	3.30	3.74	3.61	2.88	2.38	17
71	3.06	2.88	2.66	2.28	3.10	2.75	3.63	4.65	3.19	3.10	2.79	1.96	3.00	18
72	2.14	1.77	1.45	2.13	2.71	2.36	2.09	2.43	2.20	2.78	2.00	1.92	2.17	19
73	1.51	1.20	1.06	1.26	1.56	1.55	1.78	1.93	2.48	2.28	2.83	2.46	1.82	20
74	2.10	1.82	1.52	1.75	1.85	1.65	2.09	2.43	2.91	2.85	2.98	2.17	2.18	21
75	1.96	1.68	1.76	1.18	1.95	2.59	2.98	3.72	3.72	3.74	4.04	3.59	2.74	22
76	2.42	2.04	1.80	2.47	2.55	2.43	1.78	2.65	1.84	2.99	2.55	1.59	2.26	23
77	1.32	1.15	0.94	1.14	1.31	2.20	2.19	2.58	2.16	2.03	1.96	1.80	1.73	24
78	1.32	1.11	1.06	2.43	1.53	2.27	2.26	1.90	2.06	2.31	2.43	2.17	1.90	25
79	1.51	1.37	1.09	1.48	1.69	2.56	1.37	1.68	1.95	2.96	3.49	2.30	1.95	26
80	1.78	1.46	1.17	1.37	1.50	2.23	2.16	2.04	1.74	2.53	2.71	1.84	1.88	27
81	1.41	1.28	1.17	1.56	3.10	2.72	2.74	2.00	2.48	2.67	2.63	1.80	2.13	28
PROM	1.79	1.52	1.31	1.67	1.91	2.12	2.20	2.40	2.39	2.62	2.69	2.07	2.06	

EEPPM IEH-CANOGU

CUADRO No. VI-9

ECUACIONES TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSION

Forma general de las ecuaciones

$Cs = a\,Q_L^{b}$ $\qquad$ $Ci = c\,Q_L^{d}$

$Qss = w\,Q_L^{x}$ $\qquad$ $Qsi = y\,Q_L^{z}$

ESTACION	a	b	c	d	w	x	y	z
Bodegavieja	4,3976	0,5391	7,884	1,2170	0,3632	1,5661	0,8981	2,0809
Los Suribios	4,9433	1,0082	24,469	0,8435	0,5005	1,8108	2,0937	1,8527
Santa Bárbara	3,2374	1,4033	16,962	1,3870	0,2810	2,3967	1,6745	1,4670
Los Encuentros	17,132	0,6592	105,05	0,5500	1,4761	1,6500	9,0810	1,5507
La Represa	5,8877	0,3349	23,501	0,0408	0,5050	1,3073	2,1434	0,8844

Convenciones

QL : Caudal líquido (m^3/s)

Cs : Concentración media superficial (ppm)

Ci : Concentración media integrada (ppm)

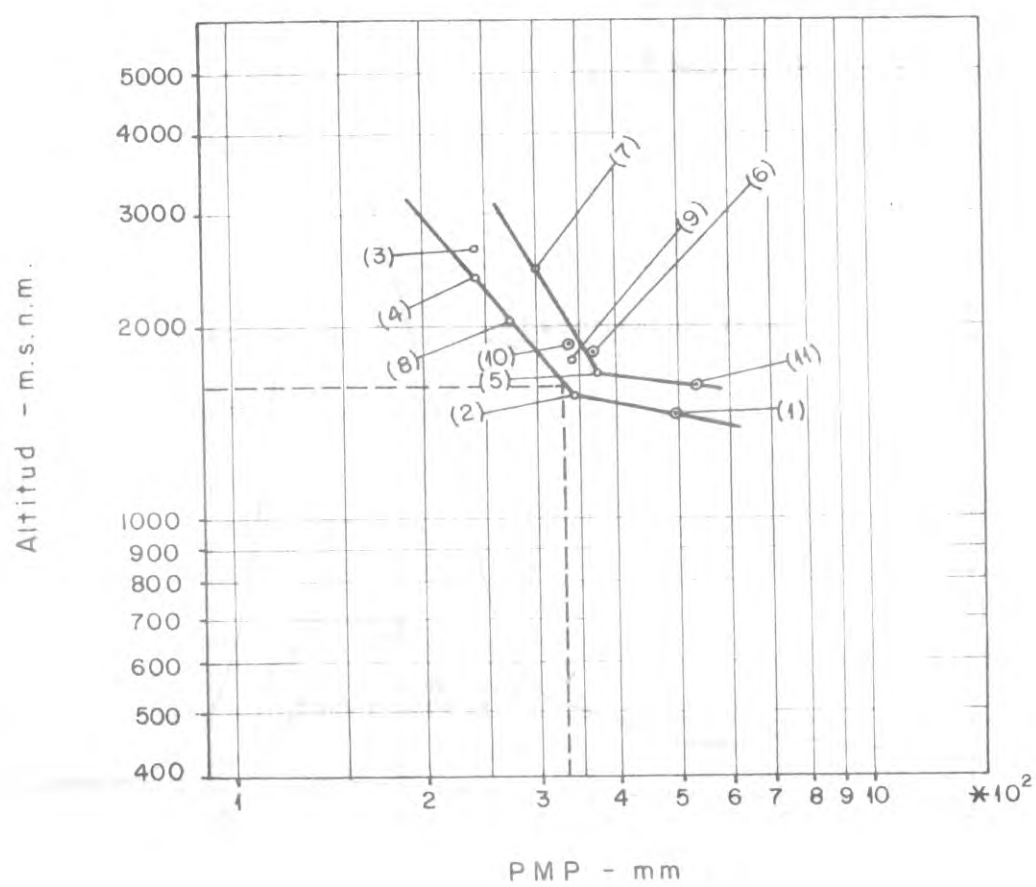
Qss : Gasto sólido superficial (ton/día)

Qsi : Gasto sólido en integración (ton/día)

a, b, c, d, w, x, y, z : Coeficientes característicos de las ecuaciones

PROYECTO RIACHON

VARIACION DE PMP CON LA ALTITUD

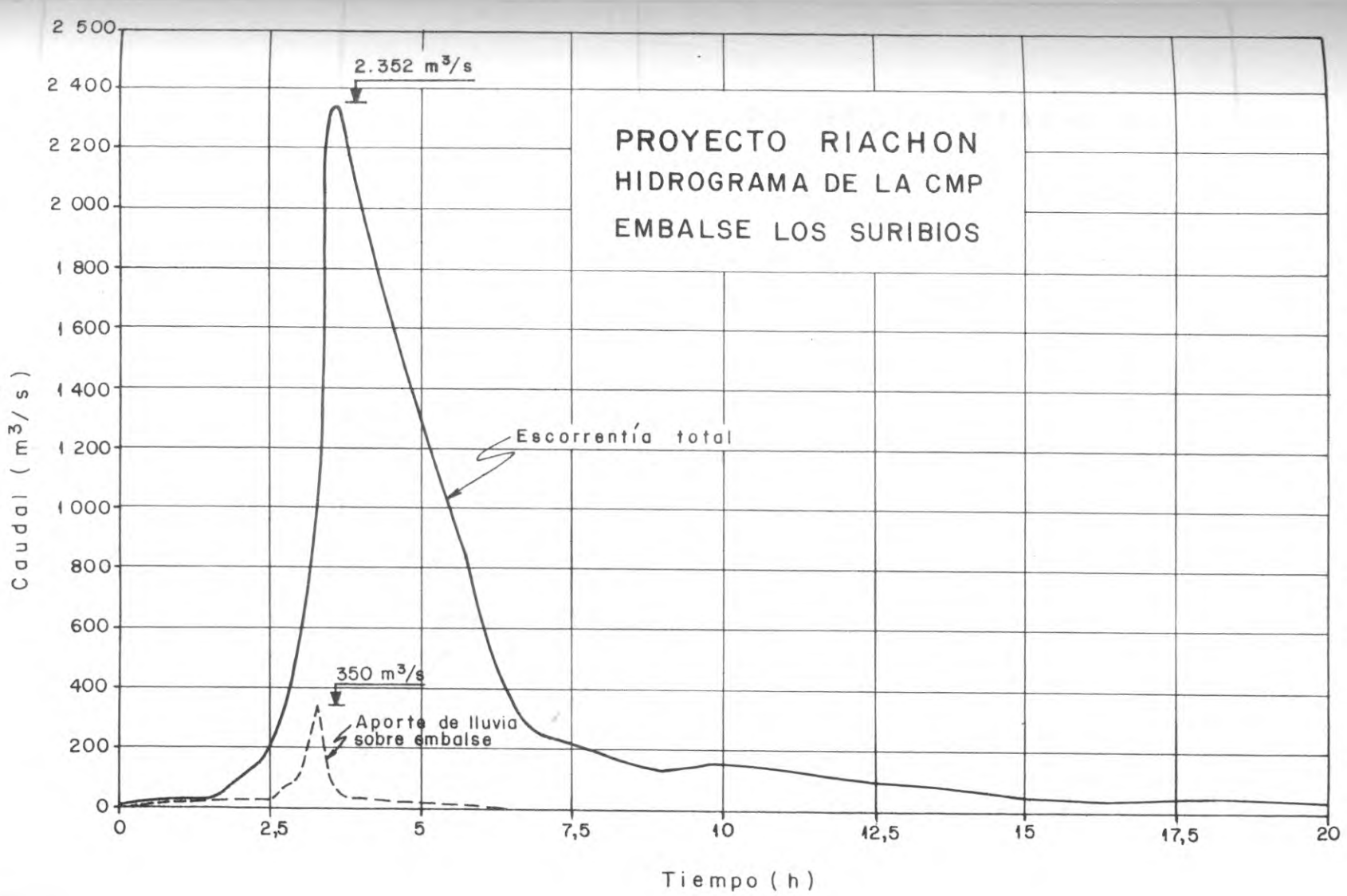


ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

(1) CUEVA SANTA.
(2) GUADALUPE
(3) MONTAÑITAS
(4) EL TABOR
(5) ANGOSTURA
(6) GOMEZ PLATA
(7) RIONEGRITO
(8) MIRAFLORES
(9) MOCORONGO
(10) EL SALADO
(11) LOS LLANOS

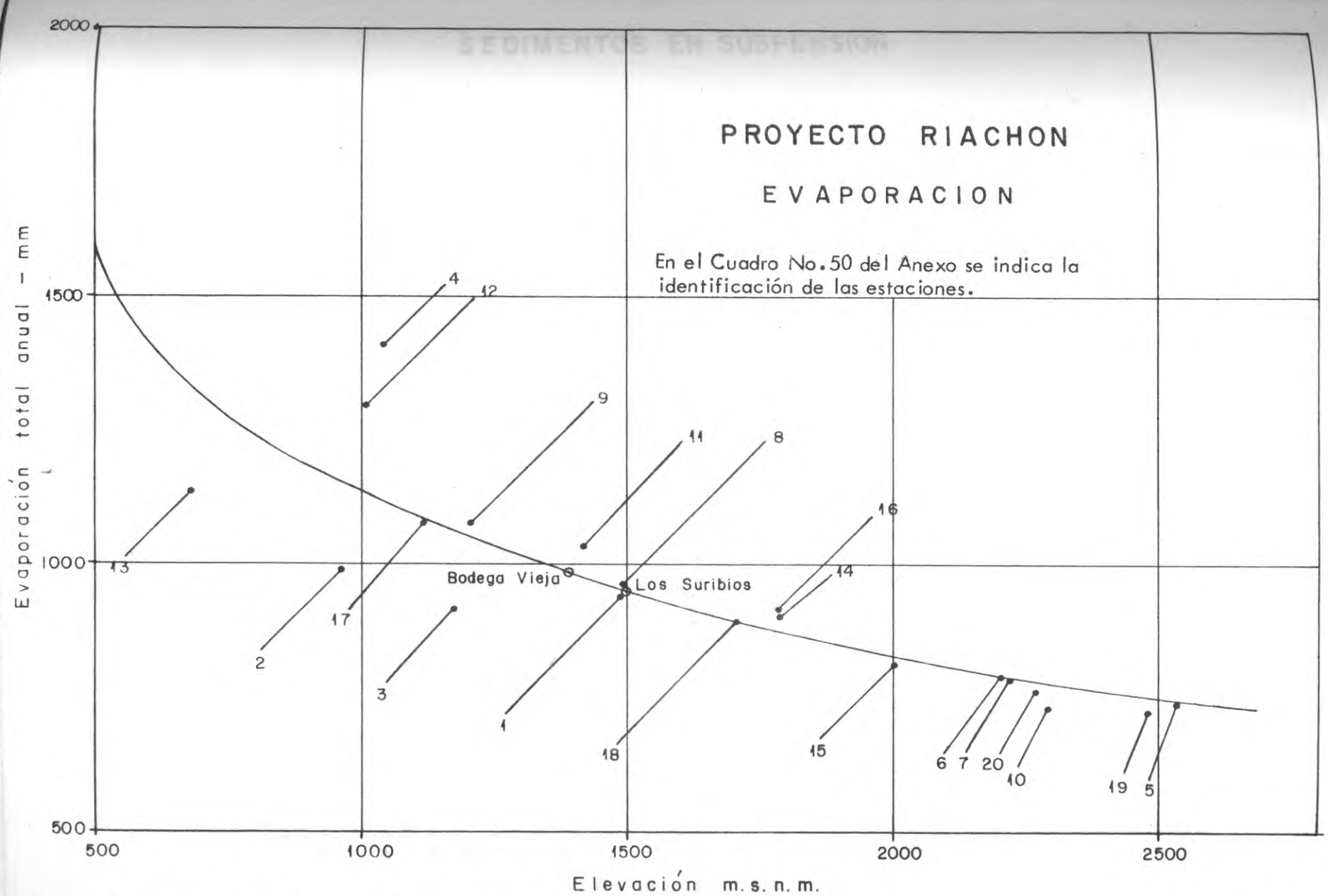
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA - CANOGU LTDA

FIGURA VI-1



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA - CANOGU LTDA

FIGURA VI-2



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA – CANOGU LTDA

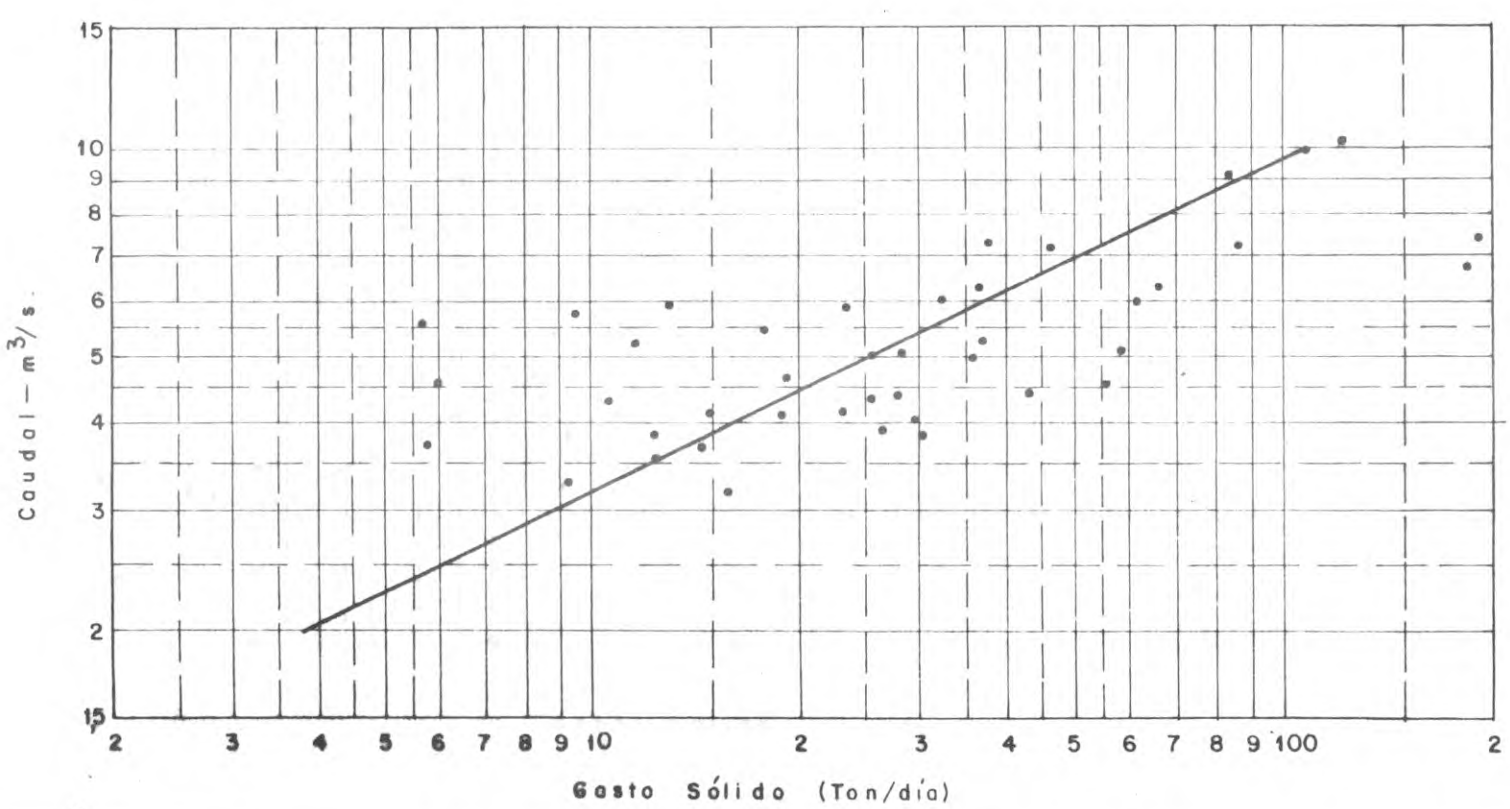
FIGURA No VI-3

SEDIMENTOS EN SUSPENSION

ESTACION BODEGA VIEJA LONGITUD 75° 03' W LATITUD 6° 58' N ELEVACION 1370 m.s.n.m. RIO RIACHON

INTEGRADA ☒ SUPERFICIAL ☐

ECUACION DE CORRELACION $Qsi = 0,8981 \; Q_L^{2,0809}$



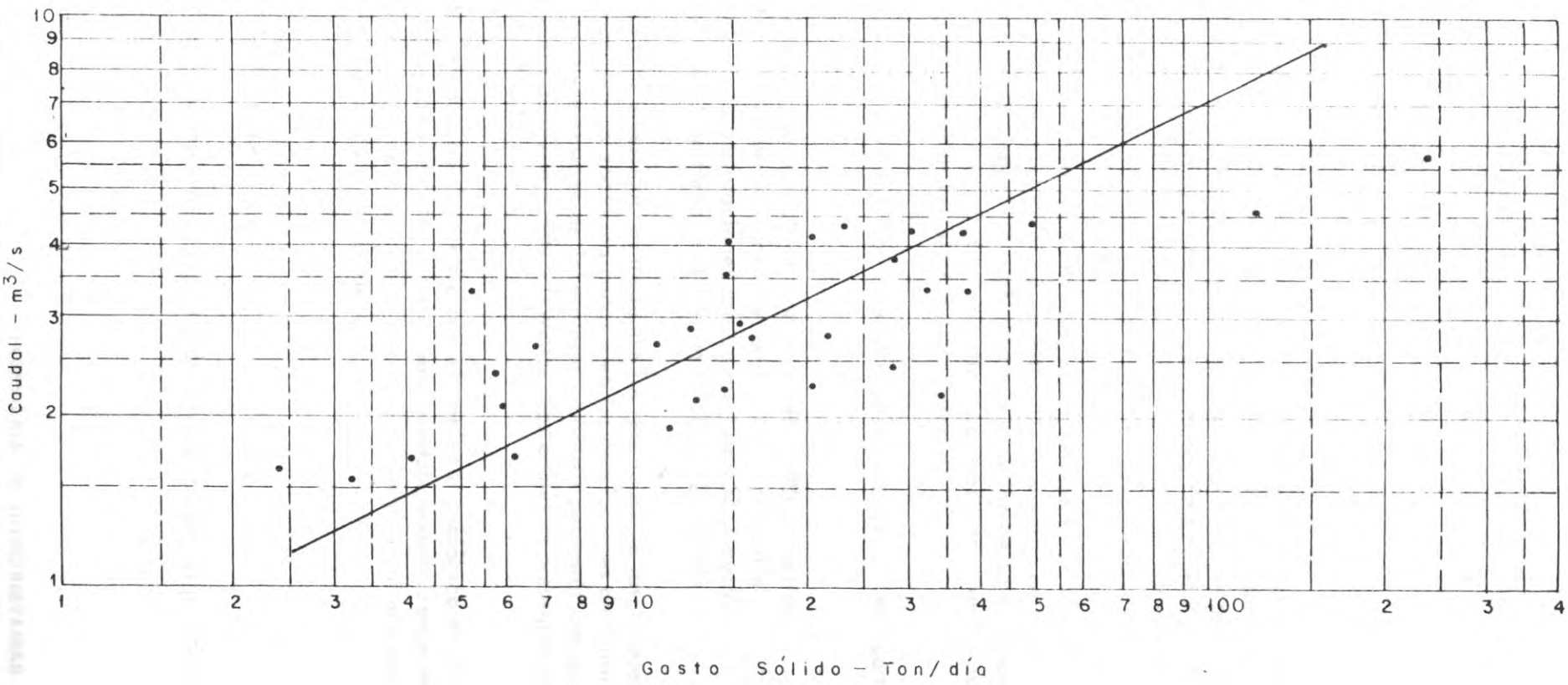
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.-CANOGU LTDA.	PROYECTO: RIACHON	FECHA: Noviembre 1982	FIGURA Nº VI-4

SEDIMENTOS EN SUSPENSION

ESTACION LOS SURIBIOS LONGITUD 75° 04' W LATITUD 6° 55 N ELEVACION 1455 m s n m RIO RIACHON

INTEGRADA ☒ SUPERFICIAL ☐

ECUACION DE CORRELACION $Q_{si} = 2.0937 \; Q_L^{1.8527}$ (Tm/día)



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. — CANOGU LTDA.	PROYECTO: RIACHON	FECHA: Diciembre - 1982	FIGURA Nº VI-5

VII

GEOLOGIA Y SISMOLOGIA

En el proyecto básico de aprovechamiento hidroeléctrico del río Riachón las obras de desviación y conducción quedan emplazadas en neises migmáticos precámbricos y el sitio de presa reguladora está ubicado sobre neises cuarzo-feldespáticos Paleozoicos. El embalse creado por esta presa está confinado por rocas del Paleozoico, esquistos y sus variantes y en el fondo del valle principal se presenta un relleno aluvial de magnitud apreciable.

De acuerdo con las condiciones topográficas y geológicas presentes en la zona del proyecto, la magnitud de las obras y el nivel de los estudios, se ejecutó un programa de investigaciones consistente en inspecciones de campo, ejecución de perforaciones con taladro rotatorio, perforaciones con taladros manuales, apiques y trincheras, cuyo detalle se presenta en los Anexos números 3 y 4 de este informe.

El programa de perforaciones profundas con taladro rotatorio se ejecutó en cuatro zonas principales a saber:

- Zona de Los Suribios: 7 perforaciones con un total de 380.3 metros
- Zona de Yolombito: 2 perforaciones con un total de 127 metros
- Zona de Bodegavieja: 3 perforaciones con un total de 158.7 metros
- Zona de Los Aguadeños: 5 perforaciones con un total de 526 metros

La complementación de esta investigación mediante los resultados de los apiques, trincheras y barrenos de mano en las zonas indicadas y en las desviaciones de Caracolí y La Víbora, y los resultados de ensayos de laboratorio y análisis petrográficos permitieron determinar los aspectos geológicos más relevantes, los cuales se presentan en este capítulo y en los Planos 16 a 19.

Como conclusión de los estudios puede decirse que el ambiente geológico de las zonas en donde están proyectadas las diferentes obras es apto y relativamente competente, y se tiene el conocimiento suficiente para afirmar que este proyecto no ofrece mayores incertidumbres de orden geológico o geotécnico.

7.1 CRONOESTRATIGRAFIA

En el Plano No.16 se muestra la repartición geográfica de las principales uni-

dades geológicas que se presentan en el área del proyecto, de edades tan antiguas como el Precámbrico, hasta el Cuaternario. En dicho plano se aprecia un predominio de rocas metamórficas, de diferentes grados de metamorfismo, sobre los demás tipos de roca.

A continuación se describen brevemente los principales tipos de roca existentes en la zona.

7.1.1 Rocas Precámbricas

Se asignaron a esta edad los neises migmatíticos y los cuerpos aislados de anfibolitas, basados en las similitudes petrográficas con otras unidades litológicas estudiadas en diferentes sitios de Colombia, algunas de ellas presentes en la Cordillera Central.

Los neises son rocas de grano medio a grueso, de color gris claro, heterogéneas, megascópicamente compuestas por porciones de rocas magmáticas (ó de aspecto magmático) y porciones de rocas metamórficas. Las texturas son muy variables y la composición mineralógica de la roca predominante se clasifica como un neis cuarzofeldespático (Russell B. Travis), roca de alto grado de metamorfismo.

Las anfibolitas constituyen cuerpos aislados, la edad y origen de estos cuerpos de roca que ocurren en la Cordillera Central parece ser diverso. La roca fresca es de color negro o verde oscuro con moteos blancos, grano medio, ligeramente foliada y su composición mineralógica permite clasificarla como una anfibolita hornbléndica siendo sus principales minerales hornblenda y plagioclasa.

7.1.2 Rocas Paleozoicas

Esta unidad está representada principalmente por esquistos y sus variantes (cuarzomicáceos, sericíticos, cuarcíticos y grafíticos) dentro de este conjunto se incluyen las verdaderas cuarcitas, mármoles y metaconglomerados. Esta secuencia se presenta intercalada y se encuentran gradaciones entre las rocas. Se originan por metamorfismo regional a partir de rocas sedimentarias: limolitas, lutitas y areniscas limosas, que originó la variedad de esquistos y las cuarcitas principalmente. Su foliación la imparten las camadas de micas (biotita principalmente). Las rocas varían de colores grises claros a oscuros y aún negros (grafíticos). Las areniscas son claras a grises.

7.1.3 Paleozoico Tardío

Esta unidad está representada por el neis de Los Suribios. Este cuerpo de roca

tiene particular importancia por su influencia en el proyecto ya que se encuentra en el sitio de presa reguladora. Se trata de un cuerpo elongado de unos 2.5 kilómetros de largo y unos 300 metros de ancho promedio. La roca es de color gris claro, de grano grueso a muy grueso, compuesta de cuarzo, feldespato y micas (biotita y moscovita). La foliación no es marcada y es poco continua. La forma de ocurrencia en el campo y las relaciones con las rocas encajantes indican que originalmente se trató de un cuerpo ígneo intrusivo, muy probablemente un dique que intruyó las rocas paleozoicas y que sufrió posteriormente un grado medio de metamorfismo (Ortoneis).

7.1.4 Cretáceo

Este período está representado por rocas ígneas, intrusivas principalmente, y rocas sedimentarias. En las primeras se destaca la cuarzodiorita del Batolito Antioqueño y otros cuerpos menores, de composiciones básicas (gabros) y ácidas (adamelita).

Las rocas sedimentarias constituyen retazos localizados en los topes de las cuchillas que reposan en discordancia sobre las rocas más antiguas, rocas paleozoicas principalmente. Está constituída principalmente por lutitas, areniscas y conglomerados; según fósiles recolectados la edad determinada corresponde al Hauteriviano-Albiano Inferior, o sea que el conjunto sería de edad cretáceo inferior. En cambio el Batolito Antioqueño se intruyó en el Cretáceo Superior.

7.1.5 Cuaternario

Además de los potentes horizontes de suelo residual, que caracterizan a la mayoría de las formaciones rocosas en el área, está representado por depósitos aluviales intramontanos, colgantes con respecto al río Porce, siendo los más notables en la región los que se presentan en la quebrada La Víbora (cota 1 400 ms.n.m) y en el río Riachón. Una característica de la región es la riqueza aurífera de estos depósitos, los cuales han sido y son explotados en la actualidad, siendo la mina más importante la de La Viborita. Otros tipos de depósitos tales como coluviones, flujos de escombros y lodos también se presentan pero en menor escala.

7.2 GEOMORFOLOGIA

El área en estudio, comprende las hoyas hidrográficas del río Riachón y de la quebrada La Víbora. Consideradas en forma integral se puede dividir el área en dos grandes unidades geomorfológicas: el valle del río Porce y la zona de valles intramontanos ubicados por encima de la cota 1 400 m.s.n.m.

En el área de estudio el río Porce se desliza a través de un cañón profundo (cota 400 m.s.n.m) de sección transversal en forma de "V". Su curso se presenta en tramos rectilíneos, de fuerte perfil longitudinal, lecho rocoso, con algunos rápidos los cuales no favorecen la acumulación de sedimentos.

En las laderas del Porce se observan abundantes fenómenos de remoción en masa que indican una edad juvenil del valle con degradación activa como principal fenómeno dinámico actual.

En el tope de las laderas del río Porce la morfología se torna moderada con relieves de una diferencia de elevación no mayor a los 500 metros y donde se presentan valles intramontanos como los del río Riachón y la quebrada La Víbora. Los perfiles longitudinales del río Riachón y de la quebrada La Víbora presentan dos tramos bien definidos a saber: un valle amplio y maduro en la parte superior y otro encajonado hasta un poco antes del descuelgue de las aguas al río Porce. Los valles amplios y pandos de la parte superior están rellenos en forma notable de sedimentos fluviolacustres y al parecer el tectonismo ha jugado un papel fundamental en sus desarrollos.

El drenaje de la parte alta de las hoyas hidrográficas mencionadas es dendrítico subrectangular característico de formaciones metamórficas foliadas. Algunas corrientes de agua superficiales presentan trechos rectos que indican un control estructural.

El proceso natural de erosión especialmente notable en las laderas del río Porce, ha sido estimulado por la tala de los bosques y localmente en el sector de la quebrada La Víbora, por la descarga incontrolada de los escombros originados en la explotación de la mina hidráulica de La Viborita, a través de un túnel que ha generado un proceso de erosión regresiva muy notable el cual ha estado debilitando la angosta cuchilla que se interpone entre el valle aluvial de La Víbora y el río Porce.

El proceso erosivo de la parte alta, zona de los valles intramontanos, es menos notable y no se observan zonas inestables o focos activos de erosión de gran magnitud que amenacen o reduzcan drásticamente el embalse útil del proyecto. En esta zona, las áreas taladas, en su gran mayoría están destinadas a la explotación ganadera y en forma secundaria a la plantación de café, caña y plátano. La actividad minera en la región es de gran importancia y en general han sido explotados los aluviones auríferos desde la antigüedad, como lo indican los restos de escombros y el manejo que se ha hecho de las corrientes de agua.

En los reconocimientos geológicos de superficie no se observaron evidencias claras que indiquen una actividad neotectónica en el Cuaternario tardío. Sinembargo, la presencia de valles colgantes en ambos flancos del río Porce y la erosión lineal del río Porce son evidencias del levantamiento regional de la Cordillera Central a fines del Terciario y comienzos del Cuaternario.

7.3 MARCO TECTONICO REGIONAL

El área del proyecto hidroeléctrico del río Riachón está ubicada dentro del bloque tectónico norte de Los Andes. Según el modelo tectónico postulado por Woodward & Clyde Consultants (WCC), (Figura VII-1), este bloque cubre una zona amplia de deformación que actúa a manera de una zona de amortiguación o pequeña placa entre las placas de Sudamérica, la de Nazca y la del Caribe. Como se aprecia en la figura mencionada, el área del proyecto está localizada en un punto intermedio entre los sistemas de fallas inversas, sinextrolaterales, del sistema Cauca-Romeral y Palestina-Jetudo, las cuales se formaron por zonas secundarias de esfuerzo causadas por la interacción de las tres placas, que originan una compresión en sentido noroeste-sureste y fuerzas sinextrolaterales dentro del bloque. El resultado es un acortamiento y levantamiento de las cordilleras y subsidencia en las cuencas. La deformación de las margenes del bloque se debe al movimiento de las placas adyacentes.

Como resultado de la evaluación que WCC ha realizado en Colombia sobre la actividad del sistema Cauca-Romeral ha encontrado una actividad de baja a moderada, lo mismo que para el sistema de fallas denominado Palestina-Jetudo.

7.4 SISMOLOGIA

Con base en la información sismológica existente en el país, sobre todo la relacionada con investigaciones para otros proyectos hidroeléctricos en las áreas de Antioquia y Santander, particularmente para los proyectos San Carlos y Fonce-Suárez respectivamente, y en el informe sobre "Actualización de la Información Sísmica en Colombia" (ITEC, 1979), se llevó a cabo un estudio cuyo objetivo fundamental fue evaluar las condiciones sismológicas regionales y estimar los niveles de aceleración local en el sitio de presa. La totalidad de este estudio se presentó en el Memorando Técnico RG-01 "Estudio Sismológico - Fase A".

Tomando como base la información geológica y el modelo tectónico regional descrito en numerales anteriores, el estudio en cuestión comprendió los siguientes aspectos principales desde los puntos de vista del análisis de la actividad sísmica en la región y del riesgo sísmico en el área del proyecto.

En el aspecto de actividad sísmica el estudio comprendió la ubicación de los epicentros de los sismos ocurridos en el área del proyecto dentro de círculos de 100 y 200 kilómetros de radio y con centro en el sitio de presa de Los Suribios, tal como se muestra en la Figura VII-2.

En las Figuras VII-3 y VII-4 se presentan las gráficas de magnitud versus número de temblores para las áreas circulares indicadas anteriormente. El ajuste estadís-

tico de estos datos conduce a la obtención de una correlación sensiblemente recta, conocida como ecuación de Ritcher.

$$M = a - b \ln N$$

expresión en la cual:

M = magnitud igual o superada
a = parámetro que se evalúa por regresión
b = parámetro que se evalúa por regresión
N = número de sismos que se espera puedan igualar o superar la magnitud de referencia M.

Siendo los parámetros a y b característicos de las diferentes regiones.

Un análisis de esta expresión permite deducir en primera instancia la magnitud máxima asociable a futuros sismos que puedan ocurrir dentro del área.

Este análisis de magnitudes se llevó a cabo para los siguientes períodos: 1958-1979; 1922-1979 y 1566-1979, siendo interesante observar que las mayores magnitudes se presentan para este último período lo cual puede deberse a dos factores, una mejora en la red sismográfica en los últimos años o una actividad sísmica decreciente.

Utilizando las correlaciones anteriores se obtiene que las magnitudes máximas con base en el período de registro más reciente, 1958-1979, serían de 5.3 para el área de radio de 100 kilómetros y de 7.4 para el área de radio de 200 kilómetros, magnitudes que se pueden considerar de medias a bajas e indicativas de que el proyecto está alejado de las zonas de mayor actividad telúrica del país. Se escogió el período indicado por considerar que la información durante el mismo tiene un carácter estadístico más representativo y confiable.

Un segundo punto del estudio comprendió la evaluación de las fuentes sismogénicas más importantes. Este análisis consiste en la separación de los sismos de acuerdo con la profundidad focal en tres categorías diferentes: fuentes someras para sismos con focos entre 0 y 60 kilómetros de profundidad y normalmente asociadas a fallas o trenes de fallas; fuentes de profundidad intermedia con focos entre 61 y 120 kilómetros y fuentes profundas con profundidades focales mayores de 121 kilómetros; las dos últimas asociadas a zonas de subducción.

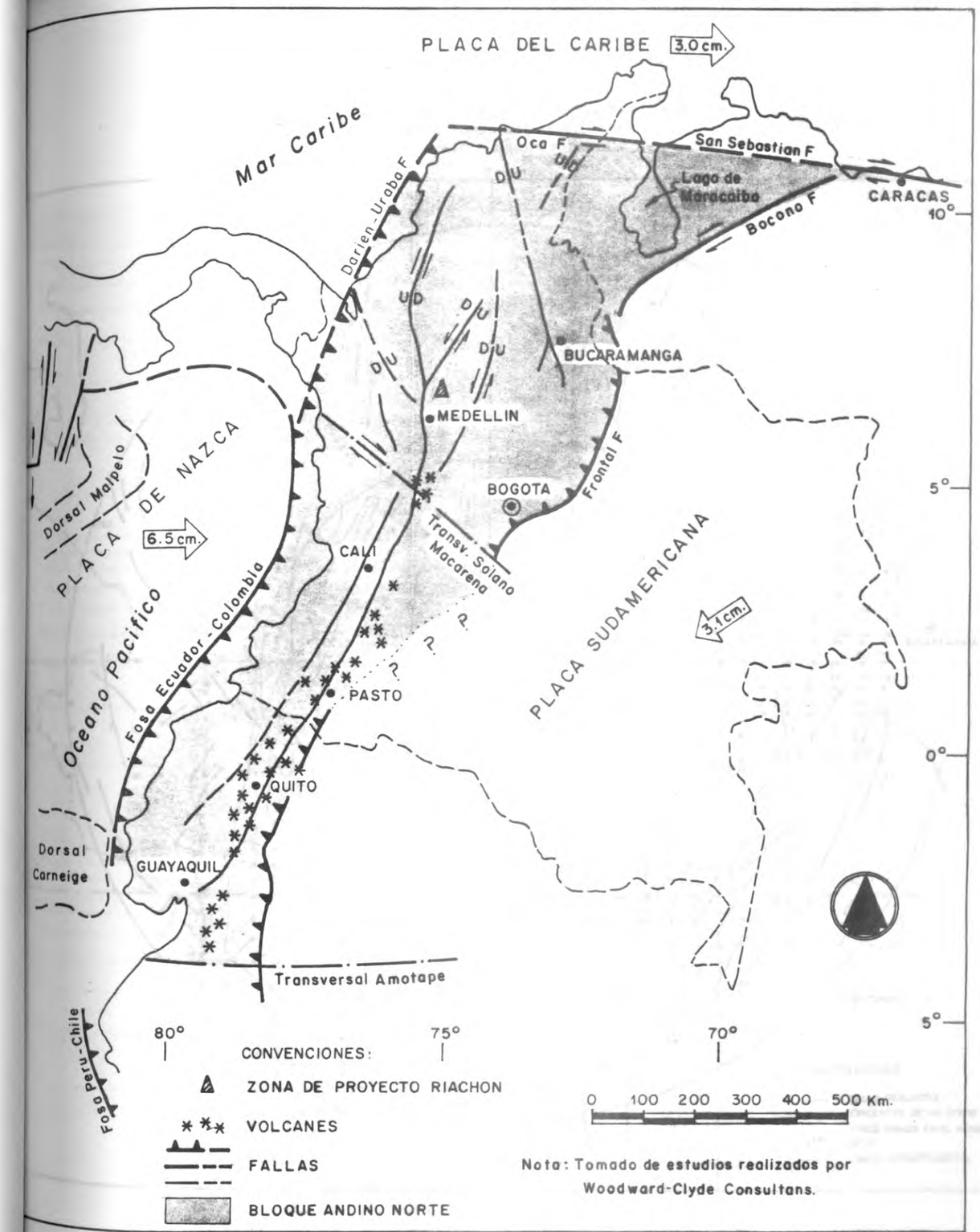
El análisis de la información de los registros sísmicos en combinación con consideraciones geológicas y geotécnicas, particularmente la actividad reciente reconocida en los estudios del Cuaternario en las fallas de Palestina y Romeral, llevó a postular como fuentes sismogénicas en el área del proyecto las siguientes:

Fuente Tipo 1: fallas Romeral y Palestina
Fuente Tipo 3: asociada a la subfuente de profundidad intermedia de la zona de Benioff.

Con la información anterior se procedió a la determinación de la aceleración máxima en la roca base para el sitio del proyecto, empleando un modelo "Linea-Fuente" para la determinación del riesgo sísmico, entendido en este estudio como el valor máximo esperado para la aceleración sobre un terreno firme en la zona del proyecto para períodos de retorno variables. El modelo considera una serie de variables tales como magnitud máxima y mínima, distancia entre la fuente sismogénica y el proyecto, ecuaciones de atenuación de la aceleración, etc., conceptos que son tratados desde un punto de vista probabilístico.

Los resultados de este análisis se resumen en las gráficas de la Figura VII-5 donde se presentan las aceleraciones máximas esperadas para diferentes períodos de retorno y de acuerdo con tres autores diferentes, ya que cada uno de ellos plantea una ecuación de atenuación con algunas variaciones. El valor de BETA es igual al inverso del parámetro b de la ecuación de Ritcher, habiéndose encontrado que los valores de BETA indicados en la gráfica, son los más representativos para el área del proyecto. Cabe anotar sobre estas gráficas que para períodos de retorno superiores a los 500 años las aceleraciones máximas esperadas serían de 0.15 g. que son aceleraciones relativamente bajas para un período de retorno tan grande.

Para los análisis de estabilidad de la presa se ha tomado un valor de aceleración de 0.15 g., el cual se ve es bastante conservativo.



IEH CANOGU	Empresas Públicas de Medellín	MODELO TECTONICO PARTE NW DE COLOMBIA
		PROYECTO RIACHON — TECTONICA REGIONAL.
		Figura No VII-1

ESTUDIOS SISMOLOGICOS PARA EL PROYECTO RIACHON
EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN EPM
MUESTRA SISMICA TOTAL

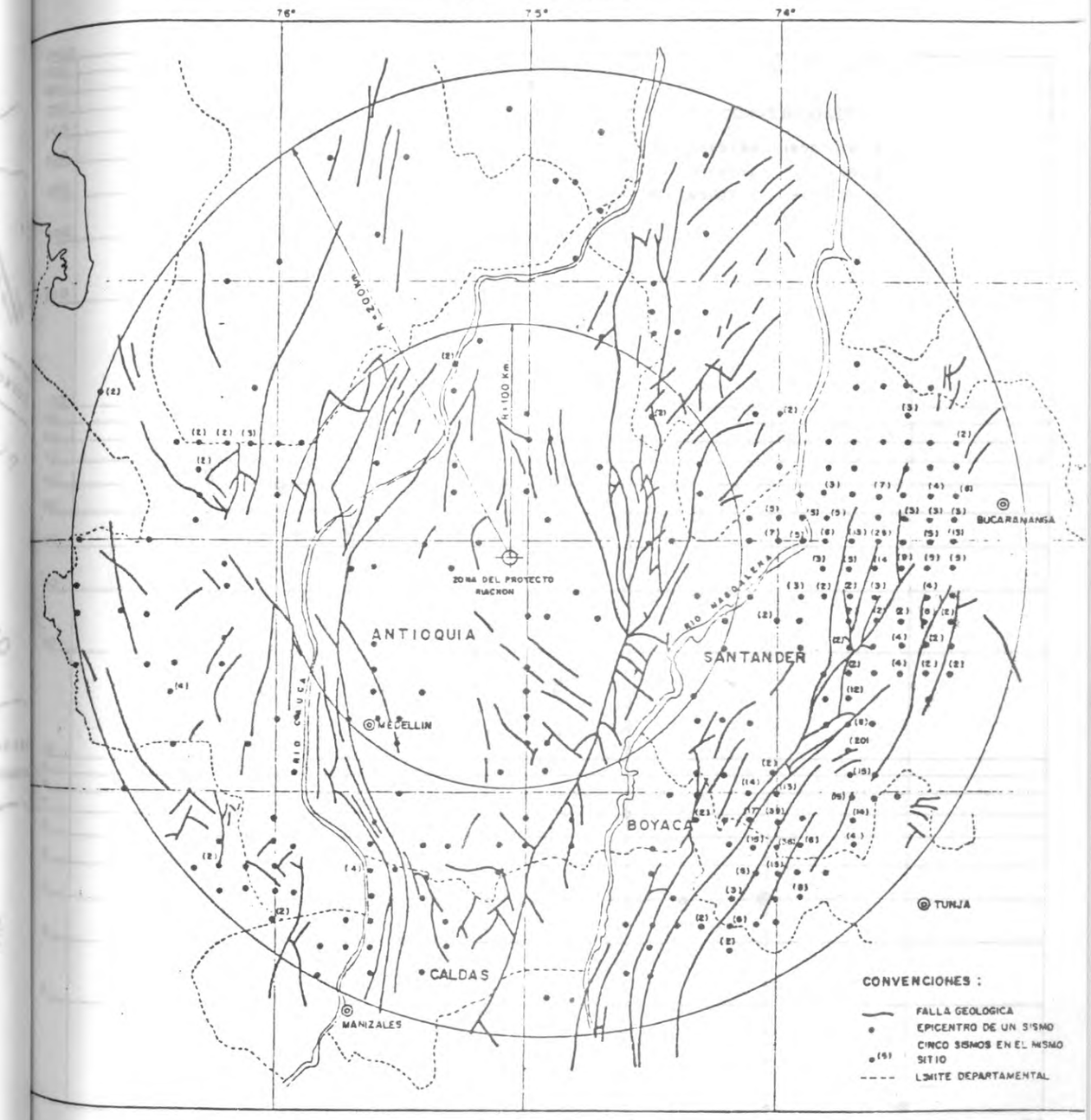


FIGURA No VII - 2

PROYECTO RIACHON

AREA DE INFLUENCIA CIRCULAR R= 100 km.

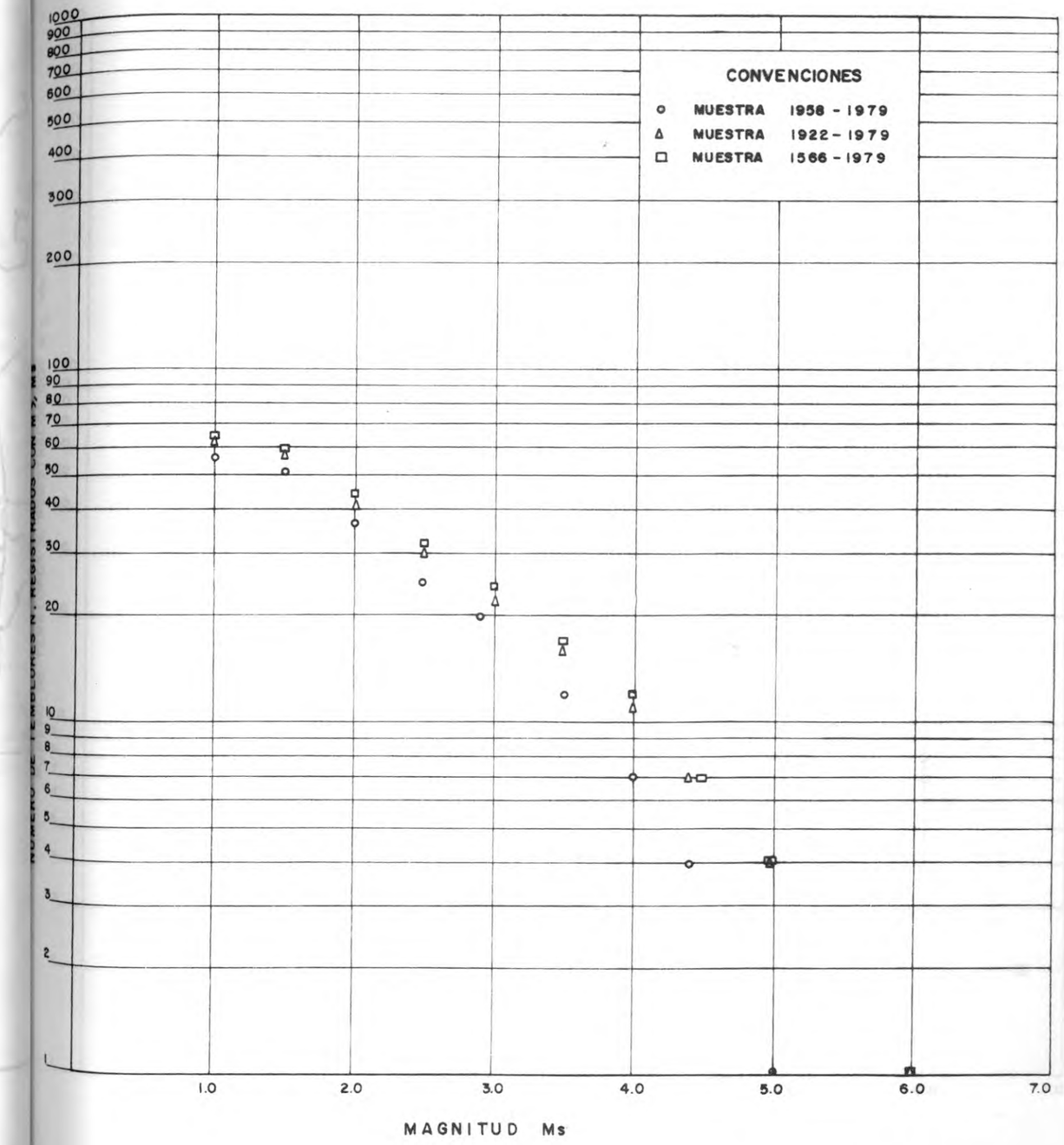


FIGURA No VII - 3

PROYECTO RIACHON

AREA DE INFLUENCIA CIRCULAR R = 200 km.

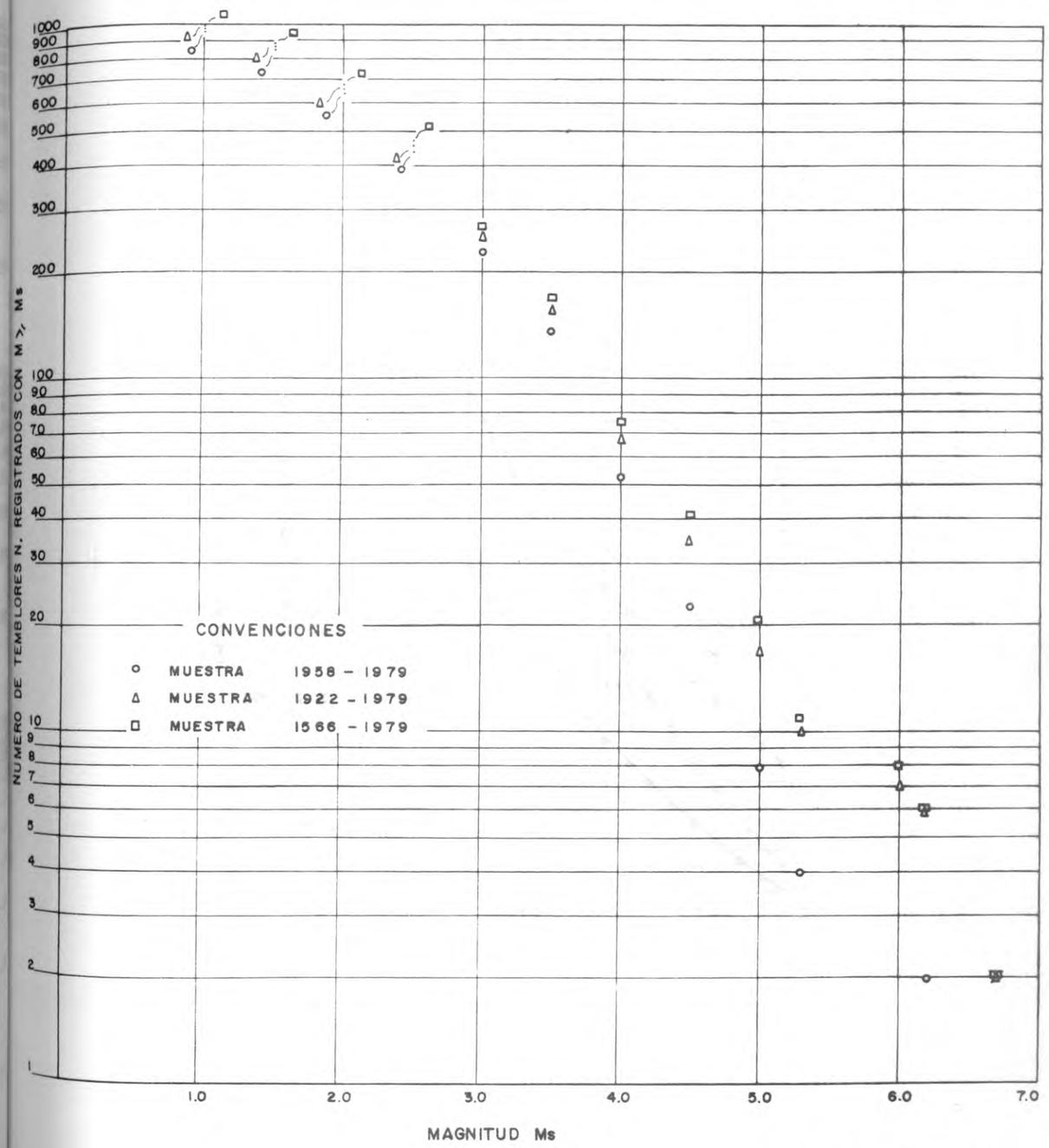


FIGURA No VII - 4

PROYECTO RIACHON

ANALISIS SISMOLOGICO

ACELERACION DEL TERRENO

INTEGRACION DE PROBABILIDADES PARA EL ANALISIS DE INCERTIDUMBRE

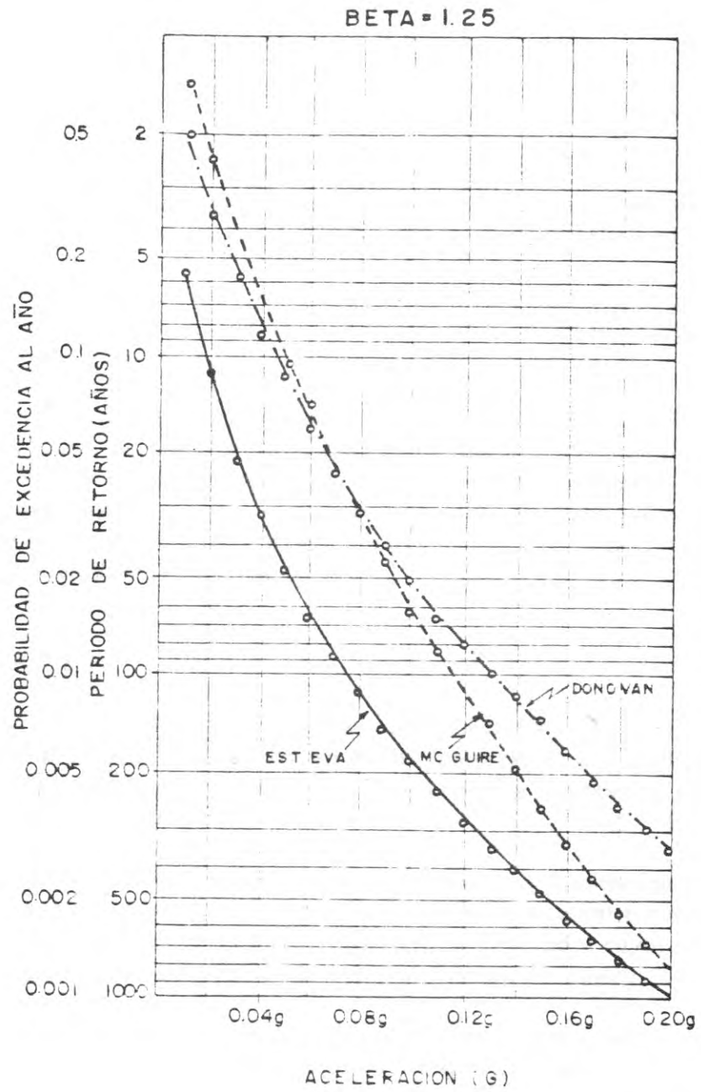


FIGURA No VII-5

VIII

GEOTECNIA

8.1 DESCRIPCION GEOTECNICA DE LOS MATERIALES

Como se describió en el capítulo anterior, el área de proyecto está caracterizada principalmente por la presencia de rocas metamórficas de diferente edad y grado de metamorfismo, neises, esquistos, anfibolitas y cuarcitas; las tres primeras cubiertas por gruesos horizontes de suelos residuales, que conjuntamente con las acumulaciones aluviales constituyen los depósitos cuaternarios más importantes en la zona.

En el Plano No.19 se presentan los registros resumidos de las perforaciones con taladro rotatorio ejecutadas en los distintos sitios donde se emplazaron las obras.

En los Cuadros VIII-1 y VIII-2, y las figuras VIII-1 a VIII-3 se resumen los resultados de los ensayos de caracterización geomecánica de los suelos residuales de las distintas rocas, así como de los depósitos aluviales. Entre tanto que en el Cuadro VIII-3 se presentan los resultados de los ensayos sobre los núcleos de roca de los neises interesados por la conducción y la casa de máquinas. En los siguientes numerales se hace una descripción breve de los aspectos geotécnicos más importantes de los distintos materiales presentes en el área de proyecto.

8.1.1 Neises

Se presentan dos clases de neises en los distintos sitios de proyecto: neises de rocas intrusivas cuarzo-feldespáticas en el sitio de presa de Los Suribios y neises precámbricos migmatíticos en los sectores de Bodegavieja y Aguadeños, siendo evidentemente rocas de diferente origen y edad.

Los neises de Los Suribios de textura masiva, conforman una intrusión estrecha y alargada, que en inmediaciones del sitio de presa aparece entre cuerpos de esquistos y anfibolitas, que afloran a sus flancos izquierdo y derecho y cuyos contactos están controlados por las fallas Santa Bárbara y Riachón respectivamente.

Estos neises se presentan con un perfil de meteorización bien desarrollado, casi 30 metros de suelo residual en los topes topográficos, seguidos de 15 a 20 metros de roca descompuesta y finalmente la roca fresca, más o menos coincidiendo con el nivel del río.

De acuerdo con el sistema unificado de clasificación de suelos, los suelos residuales de estos neises se clasifican como SM y ML, arenas limosas y limos arenosos de baja plasticidad ($6 < IP < 12$), propiedades que los hacen susceptibles al agrietamiento y a la tubificación; su contenido de humedad natural, 21% en promedio, está a más de un 5% por encima de la humedad óptima del ensayo proctor estándar, por lo que al utilizarse como materiales de relleno compactados, tenderán a generar altas presiones de poros durante construcción, las cuales deberán tenerse en cuenta en la zonificación y diseño de los taludes de la presa, así como en las ratas de construcción que finalmente se empleen. Como material in-situ se presenta con un buen grado de densificación, más de 35 golpes/pie en promedio, y una permeabilidad relativamente baja, del orden de 10^{-4} cm/s; sinembargo, en la transición entre el nivel saprolítico y la roca descompuesta aparecen algunas zonas de mayor permeabilidad (del orden de 10^{-2} cm/s).

Los neises de Bodegavieja y Aguadeños, son rocas foliadas de color gris con una alta proporción de cuarzo en su composición, mayor del 30%, que presentan un perfil de meteorización similar al descrito anteriormente; aunque sus suelos residuales son bastante más arenosos, y menos plásticos que los de Los Suribios, clasificando preferencialmente como SM. La roca fresca por su parte, tanto en el sector de Bodegavieja como a lo largo de la conducción presenta valores de RQD superiores a 80%, y una resistencia a la compresión simple de 800 kg/cm^2 en promedio, (Cuadro VIII-3); en conjunto el macizo rocoso en esta zona clasifica como de roca buena, de acuerdo tanto a los criterios de Barton, como a los de Bienaiwsky.

8.1.2 Esquistos

La presencia de esquistos es particularmente importante en el área del embalse de Los Suribios ya que la totalidad de sus laderas están conformadas por este tipo de rocas.

Estos esquistos están conformados por intercalaciones cuarzo-sericíticas y ocasionalmente grafitosas, siendo notoria la presencia de estas últimas en el sector de Yolombito, aguas abajo del sitio de presa de Los Suribios. Su perfil de meteorización es similar al de los neises ya descritos, aunque el carácter de los suelos residuales de los esquistos, particularmente de los grafitosos es menos plástico.

8.1.3 Anfibolitas

Los afloramientos de anfibolitas y sus suelos residuales son de importancia en el sector de Los Suribios tanto por conformar parte del estribo derecho, así como por su presencia inmediatamente aguas abajo del embalse, circunstancia que favorece su utilización como material de construcción para la presa, en forma relativamente fácil

y económica.

Como en el resto de las rocas mencionadas el perfil de meteorización que se observa en las anfibolitas es bastante profundo y desarrollado, (25 metros); los suelos residuales presentan un color rojo profundo resultado de la alteración de los minerales ferro-magnesianos y clasifican predominantemente como ML y MH limos de mediana a alta plasticidad, aparentemente debido a la formación de haloisita durante los procesos de intemperización; son materiales de mediana susceptibilidad a la erosión y al agrietamiento; su contenido de humedad natural es bastante mayor a la humedad óptima, casi en un 10%, lo que hace que los problemas de trabajabilidad y presiones de poros durante construcción que estos materiales pueden presentar sean mayores que con los residuales de los neises.

8.1.4 Cuarcitas

Aunque estas no constituyen sino un estrecho paquete de 300 metros de ancho que aflora aguas abajo del sector de Yolombito, debido a su gran calidad, podrían explotarse como material de enrocado y para triturados.

8.1.5 Materiales Cuaternarios

- Suelos Residuales: Por las características genéticas de las rocas y el clima presente en la zona, como ya se ha mencionado, hay un gran desarrollo de los materiales residuales provenientes de la alteración in-situ de las rocas, los cuales ya se han descrito junto con ellas.

Desde el punto de vista de resistencia y como se aprecia en el Cuadro No.VIII-2, los suelos residuales de todas las rocas descritas presentan parámetros similares de resistencia en su condición compactada, siendo algo más bajo el valor del ángulo de fricción (Ø') en los residuales de los esquistos debido a la presencia de grafito en su composición.

- Depósitos Aluviales: La presencia de depósitos aluviales es notoria en el área de proyecto, por un lado se encuentra el valle del río Riachón aguas arriba del sitio de Los Suribios, conformado por arenas gravosas y gravas arenosas en sus partes altas, hasta arenas finas y limosas en su parte baja, cerca al sitio de presa. Los materiales aunque predominantemente cuarzosos tienen alguna proporción menor de mica y materia orgánica, por lo que eventualmente, podrán requerir algún beneficio para mejorar su calidad como agregado para el concreto; por otra parte el material resulta adecuado para filtros y zonas de transición, después de un control de gradación en planta. Los volúmenes disponibles en esta fuente pueden calificarse de ilimitados para las necesidades del proyecto.

Una segunda acumulación de materiales aluviales se presenta en la confluencia de la Quebrada Santa Bárbara, 0.5 kilómetros aguas arriba del sitio de presa de Bodegavieja, se trata de gravas y arenas provenientes de anfibolitas que la quebrada corta en sus partes altas; los volúmenes son limitados pero la calidad del material es buena y hay aporte continuo.

- Derrubios: En las faldas de las laderas que conforman el embalse de Los Suribios se observan algunos depósitos de derrubio en las desembocaduras de las quebradas y a lo largo de la zona de influencia de la falla del Riachón; estos depósitos presentan una conformación altamente modificada por actividades mineras pasadas y activas. Vale decir que estos depósitos serán cubiertos en su mayor parte por las aguas normales del embalse propuesto.

8.2 CONDICIONES GEOTECNICAS PRESA DE LOS SURIBIOS

8.2.1 Ambiente Geológico

El sitio de presa propuesto en Los Suribios quedará emplazado sobre el ortoneis paleozoico de características geotécnicas similares a las que presenta el Batolito Antioqueño, lo cual permite aplicar la vasta experiencia que se tiene en el diseño y construcción de presas de tierra con los productos de meteorización de este tipo de rocas.

Las fallas locales más importantes que afectan la zona de presa, son: la falla del Riachón y la de Santa Bárbara cuya influencia sobre los distintos sitios de presa considerados fue tenida en cuenta. En el sitio de Los Suribios, estas dos fallas limitan el cuerpo de neises y originan depresiones en ambos estribos; siendo la más importante para el proyecto, la del estribo derecho causada por la falla del Riachón, la cual fue estudiada en algún detalle, con el fin de evaluar las condiciones geomecánicas tanto de los suelos residuales que recubren la zona de falla, como de los niveles de roca fracturada infrayacente, aunque con mayor énfasis en los primeros. Vale anotar, que el cuerpo de neis no muestra señales de un intenso fracturamiento, que pudiera atribuirse a estas fallas, y por el contrario la roca se presenta bastante sana.

Las fallas mencionadas no muestran evidencias claras de actividad en el cuaternario reciente, y por consiguiente se considera que estas no incrementan el riesgo sísmico del sitio.

Dado el gran desarrollo de meteorización que presenta el neis y las rocas encajantes, los niveles de roca sana se encuentran relativamente profundos, por lo que las obras anexas a la presa probablemente, deberán cimentarse en los horizontes de sue-

lo residual y/o de roca alterada.

8.2.2 Materiales de Construcción

La disponibilidad de materiales térreos para la presa y rellenos de refuerzo, así como de arenas y gravas para filtros y concretos es adecuada. Por una parte, para la presa se recomienda utilizar los suelos residuales de los neises que conforman sus estribos a partir de la cota 1 505 m.s.n.m. en tanto que para los rellenos se utilizaría el suelo residual de las anfibolitas aguas abajo del sitio de presa; en el Plano No.18 se muestra la localización de estas zonas de préstamo.

Para los materiales granulares, gravas y arenas, se plantea como fuente prioritaria el valle de inundación del río Riachón aguas arriba del sitio de presa. (Ver Plano No.18).

Como se aprecia en el Cuadro No.VIII-4, los volúmenes disponibles en las fuentes indicadas satisfacen plenamente las necesidades de las obras planteadas.

8.2.3 Condiciones de Fundación

Desde el punto de vista de capacidad de soporte y deformabilidad, las condiciones que ofrece el sitio de presa seleccionado son adecuadas para la fundación del terraplén, el cual estará apoyado en su sección máxima sobre la roca fresca competente y hacia los estribos sobre niveles de roca descompuesta y suelo residual de competencia aceptable, ya que estos presentan características de resistencia y compresibilidad similares a las que exhiben como materiales compactados, y por consiguiente, tales condiciones de fundación no pueden considerarse inferiores a los requerimientos de estabilidad del terraplén.

Las condiciones de impermeabilidad de la roca fresca no fueron totalmente establecidas, sinembargo, en esta etapa se considera conveniente la construcción de una brecha corta flujo, de 5 metros de profundidad, debajo del núcleo, complementada con una cortina de inyecciones de lechada de cemento cuyas características y alcance deberán determinarse con mejor precisión en etapas futuras del estudio.

Como parte de los tratamientos de impermeabilización del sitio de presa, así como de mejoramiento de las condiciones de estabilidad del estribo derecho se plantean rellenos de refuerzo sobre el talud de aguas arriba del mismo, en efecto la divisoria de agua que se tendría, de dejar su conformación actual, sería muy estrecha; además de que el talud natural por su pendiente tendría problemas de estabilidad durante la condición de desembalse rápido. En la cara de aguas abajo del mismo estribo, se plantea la construcción de una serie de filtros en trincheras de 5 metros de profundidad y rellenos

de material aluvial seleccionado, con los cuales se podrán controlar en forma efectiva las aguas de infiltración que traten de alcanzar la cara del talud y en esta forma protejerlo contra problemas potenciales de erosión.

Respecto de la estructura del vertedero, se ha considerado que, deberá fundarse parcialmente sobre pilotes, esto es el canal de aproximación y la estructura del azud a fin de reducir a un mínimo los asentamientos probables en estos puntos; entre tanto debajo de la rápida como en general en toda el área afectada por el vertedero se ha previsto un sistema de filtros y drenajes que protejan la zona contra la erosión y eviten la posibilidad de subpresiones. Se prevé que el tanque de amortiguamiento podrá cimentarse en roca descompuesta o fresca, hipótesis que deberá verificarse en diseño con perforaciones en el sitio mismo de la obra.

La estructura de desviación que posteriormente trabajará como descarga de regulación, estará apoyada en un primer tramo, del orden del 50% de su longitud total, en roca sana y competente; entre tanto, el 50% restante y por la falta de afloramientos de roca fresca en el sitio, se ha asumido que quedará emplazado en niveles de roca descompuesta, cuya competencia se considera adecuada para fundar en forma segura la estructura en cuestión, por lo anterior, no se considera que la presencia de este conducto por debajo del terraplén de presa sea perjudicial a la estabilidad del mismo. Sinembargo, dada la fuerte pendiente del estribo izquierdo donde se emplazará este conducto, se estima que su construcción deberá llevarse a cabo por tramos cortos y con controles especiales que garanticen la estabilidad de la excavación.

8.2.4 Zonificación de la Presa y Condiciones de Estabilidad

Como se muestra en el Plano No.4, se plantea una presa de limos zonificada, donde se destacan los siguientes aspectos: un núcleo de material limoso, zonas de transición aguas arriba y abajo del mismo, un filtro de chimenea aguas abajo del núcleo y con descarga a través de un dren horizontal en la base de la presa; capas de material filtrante cada 6 metros en los espaldones de aguas arriba y aguas abajo para una más rápida disipación de las presiones de poros durante construcción; una zona de transición con drenes y material filtrante en la cara de aguas arriba que garantice la estabilidad del terraplén en la condición de desembalse rápido, la cual es frecuente debido a la forma de operación del embalse. En el Cuadro VIII-5 se resumen los factores de seguridad estimados para los taludes de la presa, para diferentes condiciones de operación y para dos alturas de presa diferentes.

8.2.5 Condiciones de Estabilidad del Embalse

Como se mencionó anteriormente los depósitos potencialmente inestables quedarán cubiertos casi íntegramente por las aguas normales del embalse, dejando por con-

siguiente de ser un problema, sinembargo, algunos de estos depósitos particularmente los de la margen derecha, en el sector denominado La Gurria, podrían ser removidos parcialmente a fin de reducir a un mínimo los efectos potenciales de su desestabilización en caso de que ésta tenga lugar durante el desembalse, los materiales removidos podrían ser involucrados en el cuerpo de la presa y en los rellenos.

8.3 CONDICIONES GEOTECNICAS PRESA DE BODEGAVIEJA

Dada la conformación del cañón donde se emplazaría esta estructura, el cual no permite en forma fácil el desarrollo de un esquema con vertedero, desviación y presa independientes y las buenas condiciones de fundación encontradas, se plantea una presa vertedero en concreto en este sitio.

8.3.1 Ambiente Geológico

Puesto que este es similar al de la zona interesada por la conducción, en el numeral respectivo se describe en forma detallada.

8.3.2 Materiales de Construcción

Las necesidades de arena y grava para la estructura en concreto propuesta para este sitio podrán ser satisfechas parcialmente por los depósitos de la quebrada Santa Bárbara, en su defecto se podrán utilizar los neises provenientes de las excavaciones de los túneles de conducción y acceso, los cuales una vez triturados y por su alto porcentaje de cuarzo constituyen excelentes agregados para el concreto. En el Cuadro No. VIII-4 se presenta la disponibilidad de materiales en las fuentes indicadas y las necesidades de las obras en este sector.

8.3.3 Condiciones de Fundación

El cuerpo principal de la presa vertedero en concreto estará íntegramente apoyado en el neis fresco, de buena competencia, por consiguiente no se preven problemas de deformación significativos; hacia los estribos, aunque la calidad de la roca desmejora, las solicitaciones sobre la misma son menores y se considera que con un tratamiento de inyecciones de consolidación la presa quedará fundada en forma segura. Se estima que también serán necesarios, algunos tratamientos de impermeabilización a base de inyecciones a fin de reducir las pérdidas de agua por infiltración así como para controlar el nivel de subpresiones en la base de la presa. El alcance de estos tratamientos se deberá fijar en la etapa de diseño, con la ejecución de pruebas de permeabilidad y toma

de lechada de cemento en la roca de fundación.

8.3.4 Control de Sedimentos de la Quebrada Santa Bárbara

Con el objeto de evitar la colmatación del pondaje creado por la presa de Bodegavieja debido a los aportes de sedimentos de la quebrada Santa Bárbara, sobre esta y en diferentes puntos de su curso se plantea la construcción de una serie de estructuras de 4 a 5 metros de altura para control torrencial a base de gaviones, las cuales no solo facilitarían la depositación de sedimentos sino el cambio progresivo de la pendiente longitudinal de la quebrada reduciendo en esta forma su capacidad de arrastre. La ejecución pronta de estas pequeñas estructuras permitirá además un mejor aprovechamiento para construcción de los materiales granulares de esta quebrada.

8.4 CONDICIONES GEOTECNICAS DE LAS OBRAS SUBTERRANEAS

8.4.1 Ambiente Geológico

Estas obras, así como la presa derivadora y la toma, quedarán ubicadas en la unidad de neises precámbricos migmatíticos, formación geológica competente para emplazar obras subterráneas. Efectivamente, el macizo rocoso no presenta discontinuidades mayores, siendo las más importantes para efectos de la estabilidad de las excavaciones las fracturas y las diaclasas, cuyos sistemas principales se deben confirmar en etapas posteriores. El rango de variación que se presenta en las resistencias a compresión simple del material rocoso, (500 - 1 000 kg/cm^2) se explica por algunos cambios texturales y por efectos hidrotermales, similares a los observados en el proyecto San Carlos.

Por los pocos efectos neotectónicos observados y por su posición geográfica, los efectos de la intrusión del batolito en los esfuerzos in-situ en Los Aguadeños son probablemente menores que en el área del proyecto San Carlos.

8.4.2 Características Geotécnicas del Macizo Rocoso de Los Aguadeños

El macizo de roca que atravesará la conducción clasifica, de acuerdo con los criterios de Barton y Bieniawsky, como de roca buena; pudiendo asumirse de antemano que las condiciones para los túneles y casa de máquinas son adecuadas y económicas.

Con base tanto en los datos de campo y laboratorio (Cuadro No. VIII-3), como en la información reportada en la literatura y de experiencias en formaciones simi-

lares se adoptaron los siguientes parámetros para caracterizar el macizo rocoso de Los Aguadeños.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor para Macizo Rocoso	Valor para Macizo Rocoso Fallado
Peso unitario seco	γd	ton/m^3	2.75	1.80
Parámetros de Hoek-Brown $\sigma 1 = \sigma 3 + \sqrt{m \sigma 3 \sigma c + s \sigma c^2}$	m	1	5.9	3×10^{-2}
	s	1	0.3	5×10^{-5}
Resistencia a la compresión	σc	kg/cm^2	190	8
Resistencia a la tracción	σt	kg/cm^2	15	1
Módulo elástico	E	kg/cm^2	3×10^5	4×10^4
Relación de Poisson	ν	1	0.22	0.45

Aunque el diseño final de una estructura subterránea debe hacerse con conocimiento del estado real de esfuerzos del macizo rocoso interesado por la obra, y tales esfuerzos no pueden ser establecidos en forma definitiva sino con mediciones in-situ, en esta etapa de los estudios se estimó conveniente evaluar los mismos con modelos bidimensionales elásticos de elementos finitos mediante el uso del programa ELAS. Esta evaluación aunque solo considera los efectos gravitacionales y topográficos en el estado de esfuerzos, se consideró útil para la selección de la alternativa de conducción más apropiada.

En la Figura VIII-4 se presentan los resultados de estos análisis para la alternativa seleccionada, compuesta por túneles y pozos, y para la cual se observó que los esfuerzos principales mayores en los túneles son del orden de un 50% a un 90% inferiores que en cualquiera de las otras alternativas estudiadas. Por otra parte y en relación con la casa de máquinas, los esfuerzos son del orden de un 30% de los que se presentan para otras alternativas.

Con base en consideraciones tectónicas regionales, principalmente de los posibles efectos de la intrusión del batolito antioqueño y conocidas las mediciones de esfuerzos realizados en los neises del proyecto San Carlos, en donde por su cercanía lateral al batolito pueden esperarse niveles de esfuerzos horizontales residuales más altos, se deduce que éstos indudablemente no pueden alcanzar magnitudes similares en los neises de Los Aguadeños por su mayor distancia a la intrusión del batolito. En consecuencia se adoptaron para Los Aguadeños los siguientes niveles de esfuerzos in-situ, incluyendo el efecto tectónico:

Para túneles $\sigma_1 = \sigma_3 = \sigma_1$ elástico túneles

Para pozos verticales $\sigma_1 = 3\sigma_1$ elástico pozos

$\sigma_3 = 2\sigma_1$ elástico pozos

Respecto de las condiciones de agua, las características topográficas y geológicas del macizo rocoso de Aguadeños hacen prever que durante construcción el efecto de aguas subterráneas será mínimo pues el macizo puede considerarse casi seco, excepto en la superficie y/o en las zonas de falla.

8.4.3 Secciones de Conducción y Refuerzos de Construcción

Por consideraciones de esfuerzos las secciones más adecuadas para excavación en la conducción son: en herradura para los túneles y circulares para los pozos. Por consideraciones constructivas y económicas se han fijado los diámetros de excavación en 2.60 metros para los túneles y 2.40 metros para los pozos.

Con base en consideraciones geomecánicas, se encuentra que la roca desarrollará una zona plástica a partir de un esfuerzo isotrópico de 124 kg/cm^2 teniendo en cuenta el efecto de los explosivos; de acuerdo con esto, los túneles requerirían refuerzo a base de concreto lanzado (5 cm.) y pernos de 1 pulgada y 3 metros de largo en los codos de los pozos 2 y 3, en los sectores indicados como zona 2 de la figura VIII-4; entre tanto que en el resto de los túneles y pozos no se requiere teóricamente ningún refuerzo, sinembargo, se ha previsto una delgada capa (3 cm) de concreto lanzado para proteger la roca.

En las zonas de falla que eventualmente pueda atravesar la conducción, se podrán requerir arcos livianos en combinación con concreto lanzado y pernos. Refuerzo similar a este último se deberá prever en los portales de los túneles de fuga, acceso y ventanas de construcción. En estas últimas estructuras, por su mayor diámetro se ha previsto un refuerzo de concreto lanzado de 7.5 centímetros y pernos de 1 pulgada de diámetro y 6 metros de longitud una vez se encuentren en roca fresca.

De acuerdo con las características de la roca y las presiones internas previstas, se estima que el blindaje solo será necesario a partir del pozo 2 hacia adelante. En el pozo 1 y el túnel 1 se ha previsto el empleo de concreto reforzado únicamente. Por otra parte, algunos sectores de la parte blindada requieren refuerzo adicional en el blindaje por razones de presión externa. (Ver Plano No.9).

8.4.4 Casa de Máquinas y Caverna de Transformadores

Aunque la orientación de la casa de máquinas debe definirse con base tanto

en consideraciones de esfuerzo como en la orientación de las discontinuidades, se estima que para este caso prima el segundo criterio.

Puesto que esta información en la presente etapa es escasa no es posible fijar la orientación en forma definitiva pero se estima sinembargo, que el rumbo dado a su eje N 51E, no está alineado con el rumbo de ningún sistema de discontinuidad principal, como se observa en la Figura VIII-5. Por otra parte, por razones de construcción, se consideró conveniente colocar los equipos de generación y transformación en cavernas diferentes paralelas, convenientemente separadas. En estas estructuras se ha estimado conveniente la aplicación de una capa de 7.5 centímetros de concreto lanzado y pernos de 6 metros de longitud, dispuestos en forma sistemática en bóveda y paredes.

8.4.5 Materiales de Construcción

Los agregados tanto para los concretos lanzados, como los convencionales de los revestimientos se deberán obtener en lo posible de la trituración del material de rezaga de las mismas excavaciones, el cual da lugar a agregados gruesos y arenas de primera calidad.

8.5 CONDICIONES GEOTECNICAS DE LAS DESVIACIONES

8.5.1 Generalidades

Como ya se ha mencionado, el proyecto contempla la posibilidad de desviar las quebradas La Víbora y Caracolí hacia el Riachón para aumentar la capacidad de generación. Los estudios para estas alternativas fueron llevados a nivel de prefactibilidad.

Para la configuración estrecha de los posibles sitios de presa considerados, así como por tratarse de estructuras relativamente bajas, con cantidades de obra menores, se consideró conveniente, desde un principio, la adopción de estructuras tipo presa-vertedero en concreto para ambas desviaciones.

8.5.2 Desviación de la Quebrada La Víbora

Se contemplan dos alternativas posibles, una descargando en el embalse regulador de Los Suribios y otra descargando aguas abajo del mismo; los dos posibles sitios de presa están a una distancia de 700 metros entre sí.

En cualquier caso las condiciones de fundación y disponibilidad de materiales para la presa son adecuados y permiten el desarrollo de estructuras económicas y seguras. Respecto de los túneles de desviación, el de la primera alternativa ofrece alguna incertidumbre, por estar emplazado en esquistos y probablemente atravesar un cuerpo sedimentario de geometría desconocida; además de que la descarga sobre el embalse podría crear algunos problemas de erosión que afectarían las obras de toma.

Entre tanto el túnel de la segunda alternativa iría totalmente a través de cuarcitas donde no se esperan problemas de mayor importancia.

8.5.3 Desviación de la Quebrada Caracolí

Para la alternativa seleccionada de desviación de la quebrada Caracolí al Riachón, se dispone de un sitio de presa conformado por esquistos cuarzosos, que de acuerdo con los destapes efectuados ofrecen buena calidad y competencia para la fundación de una estructura en concreto del orden de 20 metros de altura, por lo que la adopción de una presa de mayor altura como la que se requiere en este sitio, necesitará un mayor estudio de las condiciones de fundación particularmente hacia los estribos.

Por otra parte, los extensos depósitos aluviales a lo largo de su curso, compuestos por arenas y gravas altamente cuarzosas garantizan una buena disponibilidad de agregados de primera calidad para las obras necesarias.

Respecto del túnel de desviación este interesará formaciones esquistosas de composición predominantemente cuarzosa, y se alinea perpendicularmente a los planos de foliación de la misma. Aunque obviamente se trata de una roca de inferior calidad a los neises de Los Aguadeños, y puede presentar algunos problemas constructivos por su estructura foliada y menor resistencia, se estima que por su composición, así como por la orientación relativa del túnel dichos problemas pueden ser manejados en condiciones económicas.

Este túnel, así como el de la desviación de la quebrada La Víbora deberán estudiarse mediante perforaciones con taladros rotatorios y en forma detallada antes de adoptar los alineamientos definitivos.

CUADRO VIII-1
PROYECTO RIACHON
PROPIEDADES GEOTECNICAS PROMEDIO DE LOS SUELOS

SECTOR		GRANULOMETRIA							PLASTICIDAD							PESOS Y HUMEDAD									RESISTENCIA						PERMEABILIDAD	
		% Gravas		% Arenas		% Finos		No.	LL (%)		LP (%)		IP (%)		No.	Gs (1)			γ_d (ton/m^3)			Wn (%)			Qup (kg/cm^2)			N (Golpes/pre)			K (cm/seg.) *	
		Prom.	Desv.	Prom.	Desv.	Prom.	Desv.	Datos	Prom.	Desv.	Prom.	Desv.	Prom.	Desv.	Datos	Prom.	Desv.	No. Datos	Prom.	Desv.	No. Datos	Prom.	Desv.	No. Datos	Prom.	Desv.	No. Datos	Prom.	Desv.	No. Datos	Suelo	Roca
LOS SURIBIOS	Milonitas (falla Riachón), margen derecha	4.9	6.4	36.8	17.3	58.3	20.6	26	44.7	11.5	35.3	11.7	9.4	4.2	20			0	1.25	0.07	4	31.9	7.3	38	3.6	0.9	11	32	23	17	$10^{-2}-10^{-4}$	$3x10^{-4}-5x10^{-5}$
	Suelo residual Neis	1.5	3.5	51.7	19.3	46.8	20.5	39	32.6	6.1	25.2	5.0	7.4	6.8	22	2.75	0.06	24	1.64	0.13	16	21.8	7.6	45	3.9	1.0	7	41	12	16	$8x10^{-3}-1x10^{-5}$	$4x10^{-3}-1x10^{-5}$
	Suelo residual anfibolitas, margen derecha	0.6	0.7	20.9	4.0	78.5	4.1	5							0			0			0	26.0	5.9	5			0	48	4	5	$6x10^{-5}$	$1x10^{-4}-1x10^{-5}$
	Suelo residual esquistos, margen izquierda	2.0	4.6	48.0	11.3	50.0	14.8	8	27.3	0.9	20.7	0.9	6.6	0.0	2			0			0	21.4	4.1	8			0	40	14	8	$2x10^{-1}-2x10^{-5}$	$2x10^{-5}-3x10^{-6}$
YOLOMBITO		3.6	3.9	48.4	13.7	48.0	16.1	24	38.2	8.2	34.6	8.6	3.6	1.9	10	2.77	0.03	7	1.28	0.12	8	34.2	12.5	32	3.0	1.2	10	29	17	17	$8x10^{-3}-1x10^{-5}$	$8x10^{-3}-1x10^{-5}$
BODEGA VIEJA		2.8	3.0	65.9	20.8	31.3	20.5	10	NL		NP		0					0			0	23.0	7.5	13			0	42	16	13	$4x10^{-3}-2x10^{-5}$	$2.0x10^{-4}$
AGUADEÑOS		2.7	3.5	65.3	12.3	32.0	13.4	59	39.0	7.4	32.4	3.6	6.6	6.0	27	2.75	0.06	57	1.52	0.10	24	19.1	4.9	74	<4.5	0	1			0	$2x10^{-2}-3x10^{-4}$	
Prestamo materiales limosos	Materiales limosos entre Los Suribios y Yolombito	0.0	0.0	21.2	15.3	78.8	15.3	24	55.1	9.5	47.3	5.1	7.8	5.8	17	2.77	0.05	20	1.18	0.19	24	43.8	9.5	24	3.5	0.82	14			0		
	Neises de Los Suribios	1.5	3.5	51.7	19.3	46.8	20.5	39	32.6	6.1	25.2	5.0	7.4	6.8	22	2.75	0.06	24	1.64	0.13	16	21.8	7.6	45	3.9	1.0	7	41	12	16		
MATERIALES GRANULARES	Q. SANTA BARBARA	56.9	14.6	40.8	14.5	2.3	0.9	3	NL		NP		0		3			0			0			0			0			0		
	RIO RIACHON	45.3	18.0	50.6	15.4	4.1	3.8	12	NL		NP		0		12			0			0			0			0			0		
	Q. LA GOMEZ	31.2	27.4	62.9	23.3	5.9	8.9	7	NL		NP		0		7			0			0			0			0			0		
	Q. CARACOLI	45.7	28.2	46.8	21.4	7.6	7.6	12	NL		NP		0		12			0			0			0			0			0		
Suelos residuales Caracolí		34.6	21.0	36.9	9.3	28.5	15.6	24	38.5	12.5	32.4	8.7	6.1	4.0	6			0			0			0			0			0		

* Por no considerarse representativo el promedio se presenta el rango de variación

Qup: Resistencia a la penetración tomada con penetrómetro de bolsillo.

PROYECTO RIACHON

RESUMEN DE ENSAYOS DE COMPRESION TRIAXIAL

A. MATERIALES LIMOSOS PARA PRESTAMOS

MUESTRA	LOCALIZACION	TIPO DE MUESTRA	NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U U)		CONSOLIDADO NO DRENADO ($\overline{CU}$)		OBSERVACIONES
			Cu (Kg/cm^2)	Ø u°	C' (Kg/cm^2)	Ø°	
APS-1-(I)	Suribios	Compactada-Wopt	.45	27.6	.25	32.9	Suelo Residual Neis Intrusivo
APP-2-(I)	Suribios	Compactada-Wopt	5.50 *	0	.15	36.0	Suelo Residual Anfibolita
APP-2-(I)	Suribios	Compactada-Wnat	1.05 *	0	.25	34.5	
APY-1-(I)	Yolombito	Compactada-Wopt	.65	24.5			Suelo Residual Esquistos grafitosos
APY-1-(I)	Yolombito	Compactada-Wnat	.60	20.0	.35	31.7	

B. MATERIALES DE FUNDACION

MUESTRA	LOCALIZACION	TIPO DE MUESTRA	NO CONSOLIDADO NO DRENADO (U U)		CONSOLIDADO NO DRENADO ($\overline{CU}$)		OBSERVACIONES
			Cu (Kg/cm^2)	Ø u°	C' (Kg/cm^2)	Ø°	
APS-1-B2	Suribios	Inalterada	.25	21.8			Suelo Residual Neis intrusivo
APS-4-B2	Suribios	Inalterada	4.8 *	0	.50	30.3	Suelo en Brecha de falla.
APS-1-B2	Yolombito	Inalterada	.65	24.5			Suelo Residual Esquisto Grafitoso

NOTAS : (I) - Muestra Integrada

(B) - Muestra de Bloque

* Los valores de Cu son aquellos que, se obtienen cuando las muestras alcanzan una saturación del 100%

CUADRO Nº VIII-2

CUADRO VIII-3

PROYECTO HIDROELECTRICO RIACHON

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS SOBRE NUCLEOS DE ROCA

Perforación	Descripción	Profundidad (m)	σ_c ** (kg/cm²)	σ_t ** (kg/cm²)	$n = \sigma_c/\sigma_t$ (1)	Ei tg (10^5 kg/cm²)	E 50 sec (10^5 kg/cm²)	E 50 tg (10^5 kg/cm²)	ε f %	ν 50 (1)	ν f (1)	γ d (ton/m³)	Absorción %	Rotura de Partículas * P5 (Kg)	a	b	OBSERVACIONES
PPT-1	Neis fresco	50	1082.8			10.47	16.09	14.41	0.075	0.45	0.54	2.8	0.70	1784.9	129	1.63	
PC-1	Neis alterado	94.50	674.9	102.4	6.59	*** 5.45	*** 6.75	*** 8.55	0.06***	0.08	0.23	2.75	0.77	1811.0	170	1.47	
PC-2	Neis muy alterado	61.00	143.2			0.43	0.57	2.39	0.176	0.53	0.77	2.49	4.40	350.0	20	1.78	Plano de fractura con inclinación de 64.2°
PC-2	Neis algo metorizado	62.30	990.4	135.1	7.33	2.31	4.49	5.58	0.203	0.18	0.27	2.72	0.29	1547.4	150	1.45	
PC-2	Neis fresco	73.10	817.0	164.4	4.97	4.88	6.05	7.11	0.144	0.22	0.18	2.76		2500.0	100	2.00	
PC-2	Neis fresco	81.80	792.6	121.9	6.50	6.94	6.94	6.54	0.178	0.10	0.13	2.73	0.41	1474.4	150	1.42	
PC-2	Neis fresco	91.00	1001.7	157.8	6.35	4.74	5.66	6.54	0.164	0.22	0.27	2.72	0.20	1254.7	84	1.68	
PC-3	Neis poco alterado	50.30	542.5			2.12	2.84	3.74	0.172	0.12	0.15	2.75	0.79	2112.0	180	1.53	Plano de cambio de coloración con inclinación de 43.1°
PC-3	Neis fresco	71.00	649.7	128.2	5.07	5.62	6.80	9.06	0.093	0.19	0.23	2.71	0.18	2193.2	125	1.78	Plano de fractura con inclinación 51.2°
PC-4	Neis muy alterado	43.50	295.1	72.2	4.08	1.13	0.73	0.61	0.089	0.06	0.09	2.73	0.65	706.2	90	1.28	Plano de foliación con inclinación de 48.7°
PC-4	Neis de dureza media	78.25	582.9	138.1	4.22	2.14	4.02	6.02	0.139	0.30	0.36	2.68	0.64	1707.2	130	1.60	Plano de foliación con inclinación de 43.4°
PC-4	Neis fresco	99.50	978.3	107.3	9.11	*** 5.60	***5.90	*** 8.05	0.12***	0.13	0.15	2.73	0.43	1650.0	160	1.45	
PCM-1	Neis muy alterado	26.00	59.3	5.2	11.34	0.42	0.32	0.25	0.230	0.39	0.51	2.44	6.95				
PCM-1	Neis cuarcítico	36.00	656.5	119.4	5.50	28.80	10.22	7.47	0.102	0.09	0.18	2.65	0.80				
PCM-1	Neis fresco	59.50	979.5	130.7	7.49	28.80	16.07	8.12	0.097	0.21	0.28	2.74	0.35	2192.0	177	1.56	
PCM-1	Neis poco alterado	79.00	698.8	128.3	5.44	2.49	3.76	7.28	0.128	0.22	0.25	2.72	0.34	2998.5	62	2.41	
PCM-1	Neis fresco	89.00	727.1	132.4	5.49	13.73	9.97	8.10	0.087	0.22	0.23	2.71	0.19	1952.6	135	1.66	
PCM-1	Neis fresco	96.50	394.3			3.72	3.89	4.22	0.097	0.32	0.37	2.70	0.72	2025.5	110	1.81	
PCM-1	Neis fresco	102	1092.2			17.15	6.02	5.57	0.205	0.16	0.25	2.71	0.87	1699.4	119	1.65	Fractura inclinada 62°
PCM-1	Neis fresco	125.50	626.1	141.8	4.41	2.66	2.93	3.74	0.188	0.26	0.35	2.68	0.35	1980.3	180	1.49	
PCM-1	Neis fresco	143.50	719.2	128.4	5.60	11.39	9.11	7.83	0.095	0.26	0.32	2.72	0.36	1189.8	125	1.40	

* $P = a d^b$ d (cm) P (kg)

** σ_c = En ensayos de compresión incofinada ; σ_t = de Ensayos brasileros

*** Valores estimados de mediciones con deformímetros mecánicos

Ei tg, E 50 sec. y E 50 tg = Módulos de deformación tangente inicial y secante y tangente en el 50% del esfuerzo de falla respectivamente.

E f = Deformación en la falla medida con deformímetros eléctricos. — ν f, ν 50 = Relaciones de Poisson final y en el 50% del esfuerzo de falla. (Secantes)

CUADRO VIII – 4

VOLUMENES DISPONIBLES Y REQUERIDOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

Material	Fuente	Volumen Disponible (m^3)	Volumen Requerido m^3			Observaciones
			Suribios Cota 1 505	Bodegavieja	Conducción y Casa de Máquinas	
Limos	Préstamo A Préstamo B	600 000 850 000	740 000			El volumen requerido incluye las cantidades de roca descompuesta.
Materiales granulares para filtros y concretos	- Valle Riachón Arena Grava	 300 000 420 000	 180 000 25 000			El valle del Riachón es fuente alterna de materiales granulares para los demás frentes de obra del proyecto.
	- Q. Santa Bárbara Arena Grava	 15 000 35 000		 16 000 14 000	 13 250	Las deficiencias de arenas en este sector serán suplidas con material proveniente del valle del Riachón.
Enrocados y Triturados	Conducción pozo 1 y Tramo de Túnel 1	15 000	15 000 (Enrocado)			Por medio de trituración de estos enrocados se obtendrá la arena necesaria para concretos en la conducción y casa de máquinas.
	Resto de la conducción	23 000		3 500 (Enrocado)	14 000 (Arena)	
	Casa de máquinas y accesos	41 000				

CUADRO VIII - 5

FACTORES DE SEGURIDAD - PRESA LOS SURIBIOS

RESUMEN

Condición	Cota Cresta 1 495 m.		Cota Cresta 1 505 m.		Recomendado (ICOLD)
	T. A. Arriba	T. A. Abajo	T. A. Arriba	T. A. Abajo	
A. Sin sismo					
- final de construcción	1,40	1,27	-	1,13	1,30
- nivel de aguas máximo	2,73	2,14	2,72 **	-	1,5
- desembalse instantáneo	1,58	-	1,35	-	1,2
B. Con sismo					
- final de construcción	0,96*	0,97 *	-	0,70*-(1,00) ***	1,0
- nivel de aguas máximo	1,38 *	1,47 *	1,43 **	-	1,0
- desembalse instantáneo	1,01 *	-	0.91	-	1,0

Notas: * Aceleración máxima 0,15 g para un período de recurrencia de 500 años

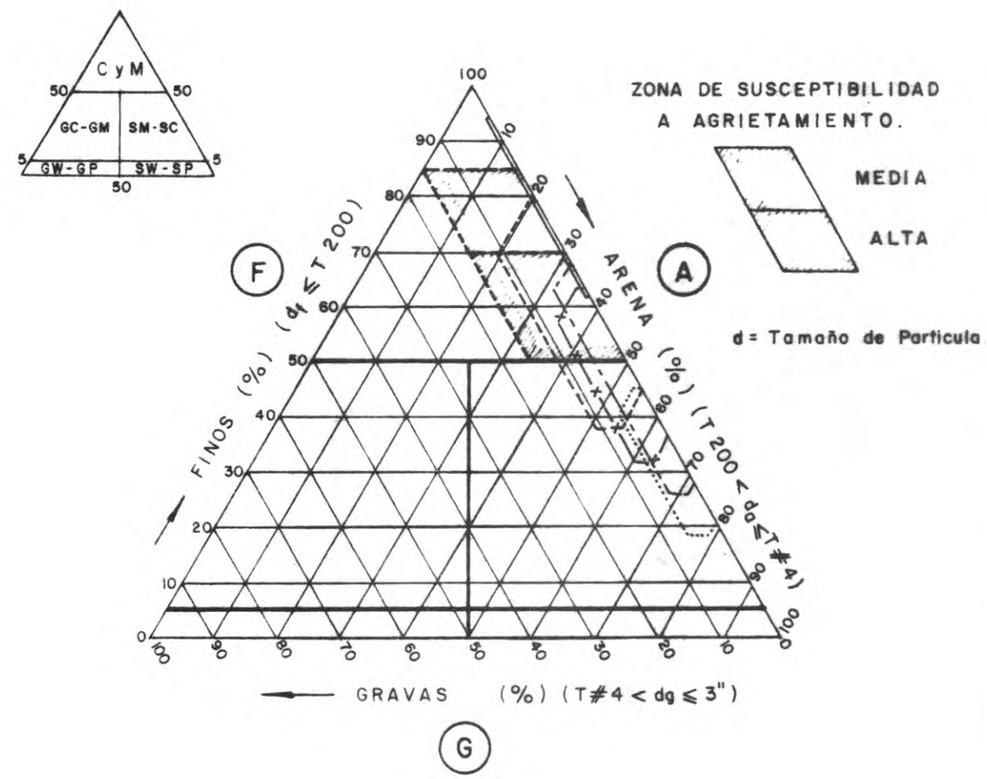
** Tomadas del análisis del refuerzo de aguas arriba del estribo derecho

*** Para una aceleración máxima de 0,05 g. correspondiente a un período de recurrencia de 50 años

PROYECTO RIACHON

DISTRIBUCION GRANULOMETRICA
SUELOS RESIDUALES

ZONAS DE CONCENTRACION DEL 68% DE LOS DATOS

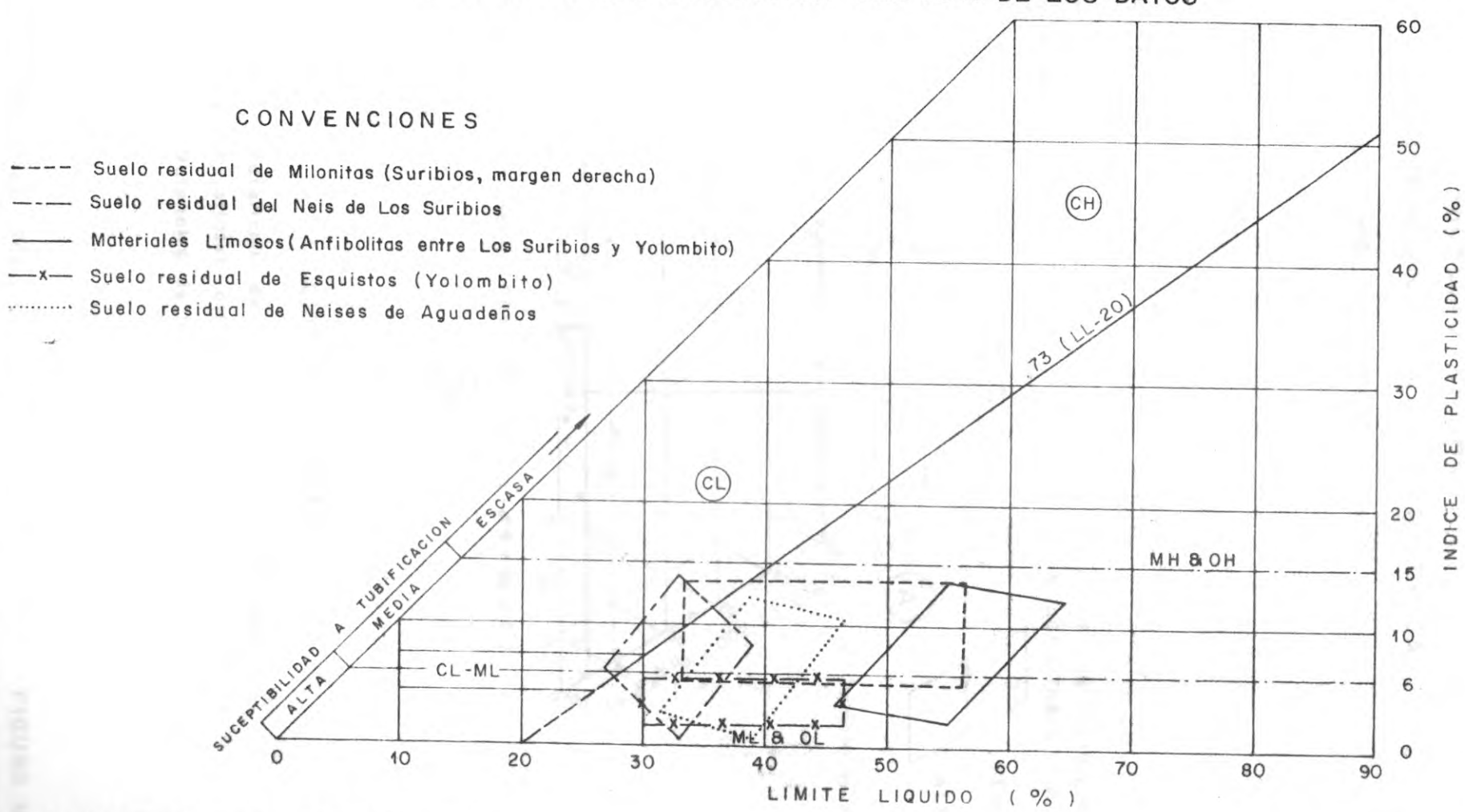


CONVENCIONES

- ---- Suelo residual de Milonitas (Suribios, margen derecha)
- —·— Suelo residual del Neis de Los Suribios
- ——— Materiales Limosos (Anfibolitas entre Los Suribios y Yolombito)
- —x— Suelo residual de Esquistos (Yolombito)
- ····· Suelo residual de Neises de Aguadeños

PROYECTO RIACHON

GRAFICO DE PLASTICIDAD
SUELOS RESIDUALES
ZONAS DE CONCENTRACION DEL 68% DE LOS DATOS



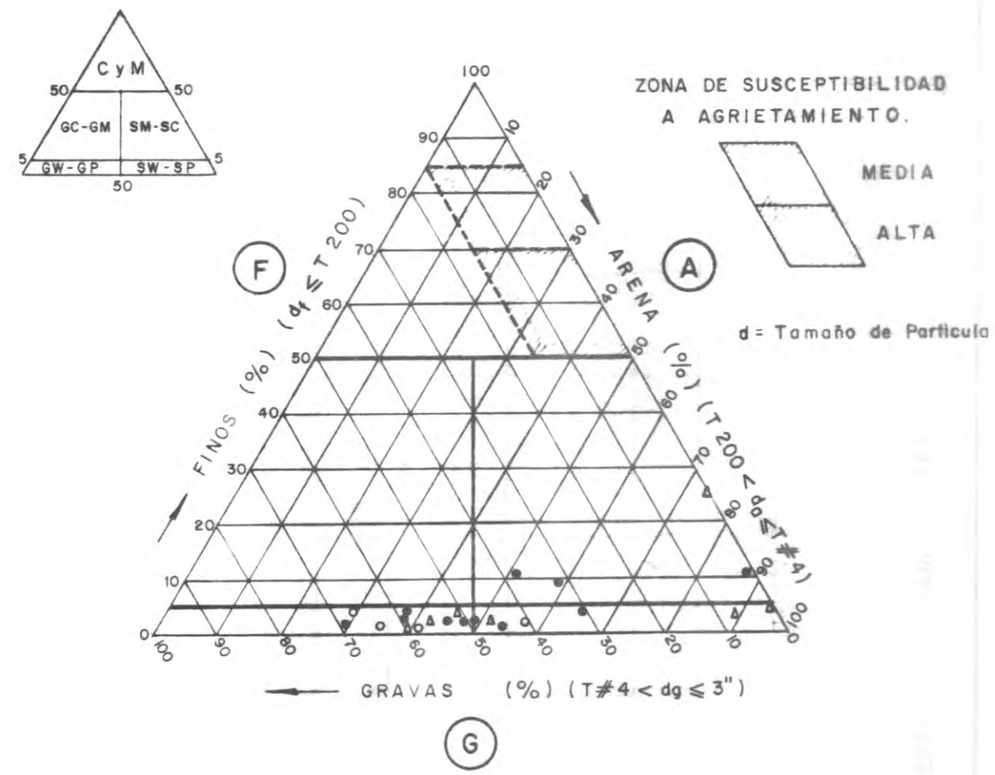
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA

FIGURA Nº VIII-2

PROYECTO RIACHON

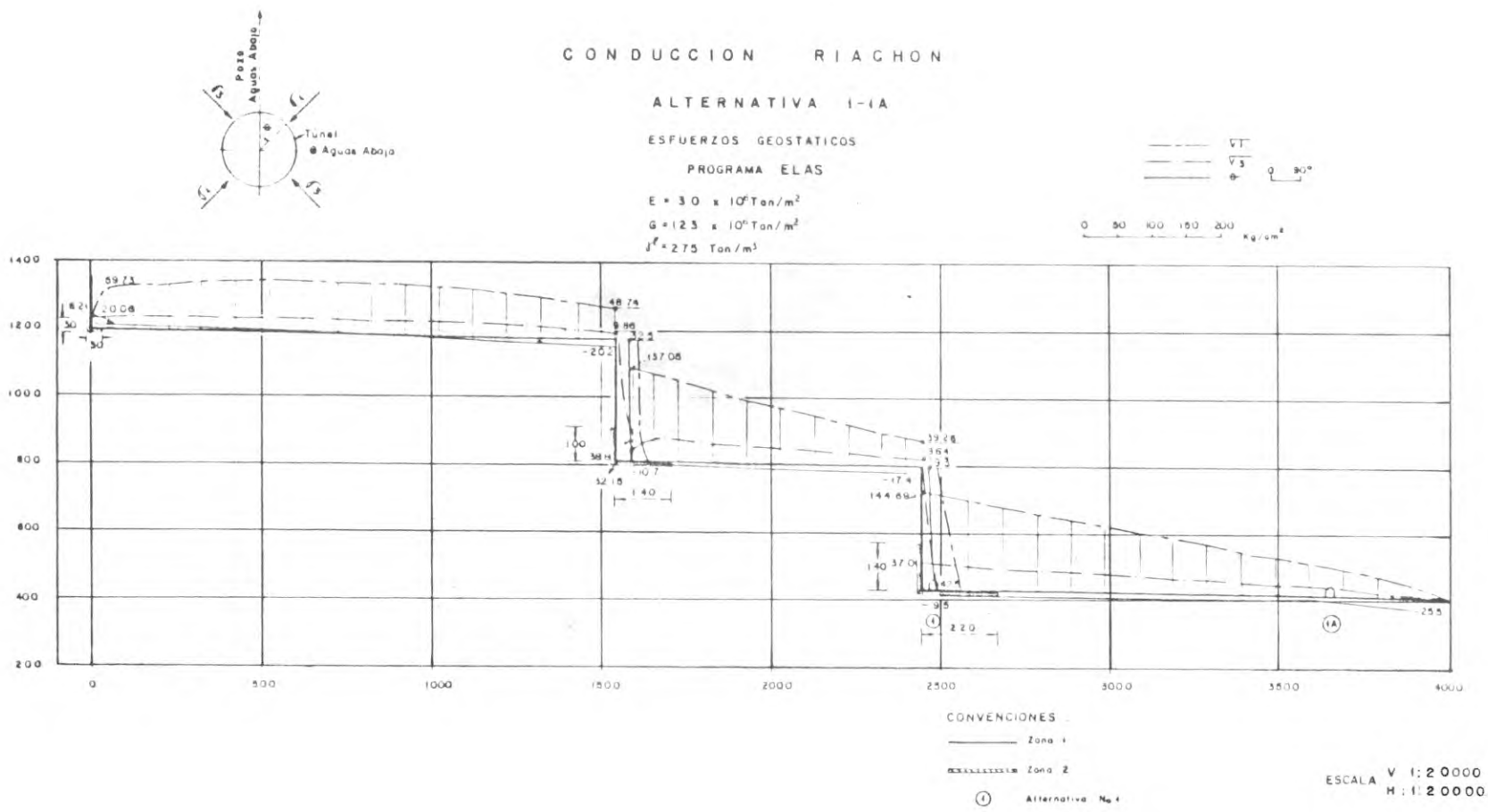
DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

MATERIALES GRANULARES



CONVENCIONES

- o Materiales de la Quebrada Santa Bárbara.
- • Materiales del Río Riachón.
- Δ Materiales de la Quebrada La Gómez.

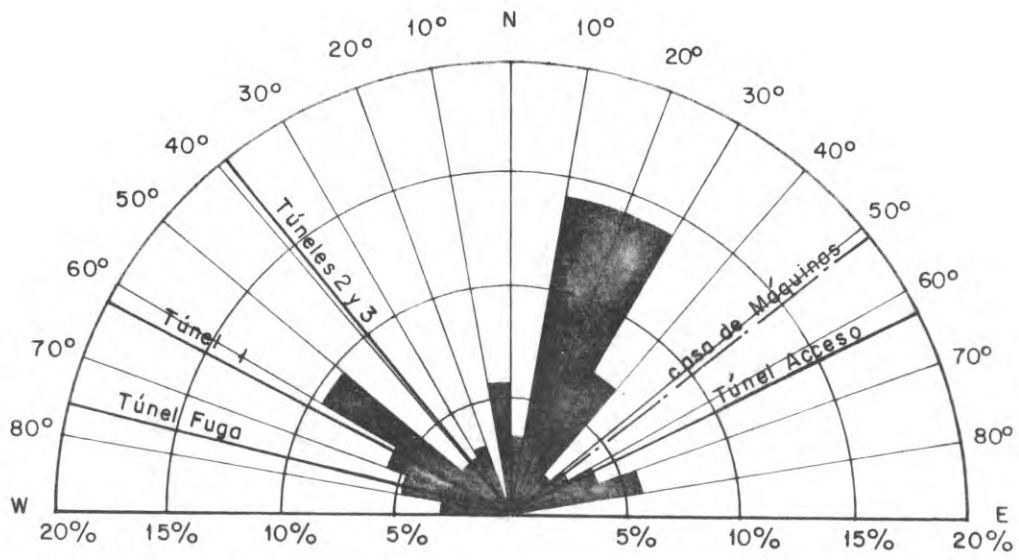


INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. – CANOGU LTDA.

FIGURA Nº VIII-4

PROYECTO RIACHON

DIAGRAMA DE ROSETA



Diagramas de las familias de diaclasas predominantes en el área del Proyecto Riachón. Estas familias de diaclasas controlan estructuralmente cursos de agua de importancia como son el Río Riachón, Río Porce y Quebrada La Víbora.

Información obtenida de Trincheras, socavones de las minas de veta y de las escasas afloramientos de roca sobre Ríos y Quebradas.

CUADRO RESUMEN

TIPO	RUMBO	BUZAMIENTO PROMEDIO	No DE DIACLASAS	%
1	N 10 – 20 E N 20 – 30 E	45 NW y 60 SE	40 40	14 14
2	N 50 – 60 W	60 NE 50 SW	26	9.2

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.-CANOGU LTDA.

FIGURA Nº VIII – 5

IX

ESTUDIOS DE GENERACION

En este capítulo se presentan los estudios de generación efectuados en la etapa de factibilidad del estudio, que incluyeron la determinación de parámetros energéticos del proyecto, determinación del diámetro económico de la conducción, análisis de altura de presa de Los Suribios, análisis de la justificación económica de las desviaciones de las quebradas Caracolí y La Víbora y la determinación de la capacidad instalada del proyecto.

Los estudios se efectuaron tanto para el proyecto básico sin desviaciones, como con desviación de la quebrada Caracolí y con desviación simultánea de las quebradas Caracolí y La Víbora, aunque los resultados detallados se refieran únicamente al proyecto básico y a la desviación simultánea de las mencionadas quebradas.

En etapas preliminares del análisis las estimaciones de costos efectuados se hicieron con cierto grado de aproximación dado el número de alternativas analizado, pero una vez determinadas las alternativas de mayor factibilidad, se corrigieron los costos de acuerdo con los presupuestos detallados presentados en el Capítulo de Costos; sinembargo, las diferencias no resultan significativas y no afectaron las decisiones tomadas para ninguno de los aspectos estudiados.

9.1 METODOLOGIA Y CONSIDERACIONES GENERALES

Para la determinación de parámetros energéticos y análisis de criterios de instalación se siguieron básicamente los lineamientos definidos por EPM en su documento 36-80: "Definiciones y Métodos de Trabajo, para los Estudios de Energía y Capacidad de Proyectos Hidroeléctricos", con algunas complementaciones y adaptaciones al caso particular del proyecto.

Los parámetros de energía media y firme del proyecto se estimaron con base en una serie de caudales mensuales de 27 años, deducida según se presenta en los estudios hidrológicos, y un programa de computador que simula las variaciones mensuales de energía y de los niveles y volúmenes del embalse Los Suribios, de acuerdo con una regla de operación preestablecida.

Puesto que en el caso del Proyecto Riachón la captación se efectúa aguas abajo del embalse Los Suribios, en el sitio de Bodegavieja en donde ocurren caudales naturales adicionales producidos principalmente por la quebrada Santa Bárbara, el programa

de simulación ha sido elaborado seleccionando en primer término los caudales de dicha quebrada y complementando las deficiencias con agua derivada del embalse, de acuerdo con la regla de operación asumida. En esta forma se supone que el embalse podrá regular tanto sus propios caudales, como los ocurridos aguas abajo.

Las reglas de operación del embalse se establecieron asumiendo que se turbinaría mensualmente un caudal mínimo como porcentaje del caudal medio en el sitio de Bodegavieja, pudiéndose establecer porcentajes diferentes para los meses de verano (Diciembre-Abril) e invierno (Mayo-Noviembre). Se asumieron diferentes combinaciones de dichos porcentajes, tanto para el período de verano como de invierno, entre el 60 y 100%, y se seleccionó aquella combinación que produjese la máxima energía firme de verano y/o total. El caudal de diseño se asumió tentativamente para efectos de la estimación de los parámetros energéticos, como el doble del caudal mínimo turbinado, o sea aproximadamente el correspondiente a un factor de planta de verano de 0.5.

Según el documento técnico de EPM, las energías firmes de verano e invierno se definieron como aquellas que pueden garantizarse el 97% del tiempo, de sus respectivos períodos. La energía anual de verano será la suma de las energías mensuales de los meses de Diciembre a Abril, e igualmente la energía anual de invierno será la correspondiente a los meses de Mayo a Noviembre. La energía firme total será la suma de las energías firmes de verano e invierno y la energía media del proyecto se estimó como el promedio de las energías anuales durante el período de simulación. La energía mensual se calculó con base en el caudal mensual turbinado y en la caída neta correspondiente, asumiendo una eficiencia total de los equipos del 85%.

La curva Altura-Volumen del embalse fue deducida con base en la restitución a escala 1:5 000 con curvas de nivel cada 5 metros, la cual se presenta en la Figura No. IX-1.

9.2 ANALISIS DE GENERACION Y ALTURA DE PRESA

Teniendo en cuenta las características propias del proyecto, en el cual la presa de Los Suribios tiene como única función crear un embalse de regulación y no contribuye a la creación de cabeza para generación, dicha presa se analizó exclusivamente desde el punto de vista de afirmación de energía.

De acuerdo con los criterios de EPM se decidió, en esta etapa de los estudios, definir la altura de presa Los Suribios como aquella para la cual el costo de energía afirmada por la presa fuera mínimo. Se analizaron niveles de cresta a las cotas 1 490, 1 495, 1 500, 1 505 y 1 510 m.s.n.m. y se evaluaron los costos y la producción de energía del proyecto para dichas cotas; además se evaluó una alternativa a filo de agua, sin considerar la presa de Los Suribios, y se evaluó su costo medio de producción de energía fir-

me, el cual se comparó con el de las alternativas de represamiento, a fin de medir la bondad económica de estas últimas.

Para dichos niveles, se estimaron las respectivas producciones de energía firme. En el caso de la alternativa a filo de agua, se elaboró una curva de duración diaria de caudales para el sitio de Bodegavieja, con base en la curva de la estación TC-4, construida adimensionalmente en función de la relación Q/Q med. Con base en dicha curva de duración, se estimó la energía firme de la alternativa a filo de agua, asumiendo como caudal mínimo el correspondiente a una frecuencia de ocurrencia del 95% del tiempo.

En cuanto a la estimación de costos, se evaluaron para cada nivel de cresta los costos de terraplén, desviación, fundación, vertedero, tierras e infraestructura afectada, con base en las estimaciones de cantidades de obra y precios unitarios respectivos, consignados en el capítulo de costos. Para los demás costos del proyecto, o sea, principalmente de conducción e instalación, se consideraron dos alternativas: una manteniendo constantes dichos costos, evaluados para un caudal de diseño de 12 m^3/s, y otra suponiéndolos variables para cada nivel de cresta, asumiendo una capacidad instalada correspondiente a un factor de planta de verano de 0.5.

Puesto que el estudio de alturas de presa se efectuó por comparación de los costos de energía afirmada y costo medio de energía firme, en estos casos no se incluyeron dentro de los costos: porcentajes de imprevistos, ingeniería, intereses durante la construcción, etc., sino que se tomaron los costos directos de las obras. Los costos anuales fueron calculados para una vida útil de 50 años y una tasa de interés del 12%.

En el Cuadro IX-1 se presentan, para las diferentes alturas de presa consideradas, los resultados de los análisis de generación y los costos de energía media y energía firme. En la Figura IX-2 se muestra la curva de variación del costo de energía firme en función de la altura de presa y los costos marginales de energía firme en función de la altura de presa.

Con base en el análisis de los resultados se puede concluir que el costo de energía afirmada por la presa disminuye al aumentar la altura de la presa alcanzando un mínimo con la cresta de la presa a la cota 1 505 m.s.n.m. Sinembargo, los análisis de costos medios de energía firme muestran para costos de conducción e instalación fijos una tendencia a la cota 1 510 m.s.n.m. si se incluyen las desviaciones planteadas, pero teniendo en cuenta que a partir de las cotas de presa mayores a la 1 505 los problemas de tipo técnico aumentan considerablemente y que la justificación económica no es concluyente, se decidió seleccionar como cota de cresta de la presa la cota 1 505 m.s.n.m.

9.3 POTENCIA INSTALADA

Una vez definida la altura de presa se refinaron los análisis de capacidad ins-

talada del proyecto.

El análisis se efectuó para la alternativa de presa seleccionada en Los Suribios y para la alternativa a filo de agua; en el caso de proyecto con presa, la energía media para diferentes caudales de diseño se estimó mediante el programa de simulación mensual de energía; en el caso de la alternativa a filo de agua, la energía se calculó con base en la curva de duración de caudales diarios, elaborada para el sitio de Bodegavieja. Los costos de la conducción se determinaron de acuerdo con la estimación de cantidades de obra y precios unitarios respectivos y determinando para cada alternativa un diámetro económico equivalente como resultado de la evaluación de las pérdidas de generación por fricción. Para los equipos electromecánicos se calculó un costo unitario por KW instalado, el cual resultó ser de US$ 170/KW. En cuanto a la casa de máquinas, dado que por una parte era complejo analizar su costo real para diferentes capacidades instaladas, y por otra parte teniendo en cuenta que el costo de dicha obra no es muy significativo en el costo total de instalación, se resolvió adoptar también un costo unitario por KW instalado, el cual se estimó en US$ 20/KW. Los costos totales se reajustaron en un 25% para imprevistos, administración e ingeniería. Para la determinación de los costos anuales se asumió también, al igual que para los demás estudios energéticos, una tasa anual de interés del 12%.

Según análisis efectuado conjuntamente con EPM, se estableció como criterio para determinar la capacidad instalada del proyecto, igualar el costo marginal de producción de energía media, al costo promedio del paquete de proyectos que suplirán la demanda del sistema en el período 1986-1992, el cual es de 0.027 US$/KWh a precios de Diciembre de 1981 y se estimó en 0.029 US$/KWh, o sea $ 1.85/KWh, a Junio de 1982. Para tal efecto se analizaron caudales de diseño entre 1 y 2 veces el caudal medio, hasta cumplir la condición mencionada. En esta forma se definieron el tamaño de la conducción y la capacidad de la casa de máquinas y equipos del proyecto básico.

En el Cuadro No.IX-2 y en la Figura No.IX-3 se muestran los resultados obtenidos para los costos de energía media y costos marginales de energía media al variar la instalación del proyecto dentro de los límites mencionados, para la altura de presa seleccionada.

De los resultados obtenidos, y teniendo como criterio de instalación el que se instale una capacidad tal que el costo marginal de energía media sea igual al costo medio de la energía media para otras alternativas de generación del sistema, la capacidad instalada del proyecto básico resulta ser de 80 MW con un factor de planta cercano a 0.7. Sinembargo, para prever una capacidad adicional de reserva del 10% se ha propuesto una capacidad total instalada de 90 MW para el proyecto básico.

Para la cota de cresta de presa seleccionada el proyecto permitiría generar 506 GWh de energía media por año, a un costo de $ 1.38 por KWh (US$ 0.0216/KWh); de esta generación 424 GWh por año serían firmes y se producirían a un costo de $ 1.65

por KWh firme (US$ 0.0258/KWh), a precios de Junio de 1982.

9.4 DESVIACIONES DE LAS QUEBRADAS CARACOLI Y LA VIBORA

Las desviaciones de las quebradas Caracolí y La Víbora, previstas para incrementar el caudal medio del proyecto, se analizaron económicamente estimando los costos marginales de producción de energía media y de capacidad instalada, de cada una de ellas, y comparándolos con los índices normales actuales correspondientes. El dimensionamiento del proyecto con tales desviaciones y las correspondientes estimaciones de costos y producción de energía, se efectuaron con los mismos criterios ya descritos.

Dado que los conductos de desviación con la sección mínima establecida son capaces de conducir un caudal máximo equivalente a 7 veces el caudal medio, prácticamente el 100% del caudal será desviado.

Se analizaron las alternativas de adicionar el proyecto básico con la desviación de la quebrada Caracolí solamente, y las desviaciones de las quebradas Caracolí y La Víbora conjuntamente. En el Cuadro No.IX-2 se muestran los resultados obtenidos, utilizando los mismos criterios de análisis de generación y potencia indicados para el proyecto básico.

En el caso de desviación de las quebradas Caracolí y La Víbora la generación media adicional sobre el proyecto básico sería de 144 GWh por año a un costo aproximado de $ 1.0/KWh (US $ 0.0153/KWh).

De acuerdo con los resultados obtenidos la desviación de la quebrada Caracolí permitiría generar 67 GWh por año de energía media adicional, a un costo de US$ 1.30/KWh.

CUADRO No. IX-1

EMBALSE LOS SURIBIOS
ANALISIS DE ALTURA DE PRESA
CARACTERISTICAS ENERGETICAS Y DE COSTOS
(Proyecto Básico Sin Desviaciones)

Nivel de Corona (m)	Energía Firme (GWh/año)	Energía Media (GWh/año)	Costo de E. Afirmada ($/KWh)	Costo Medio de E. Firme ($/KWh)	Costo Medio de E. Media ($/KWh)
1 490	317.0	494.8	1.69	1.60	1.03
1 495	340.0	502.2	1.40	1.53	1.04
1 500	370.0	507.8	1.20	1.46	1.06
1 505	410.0	510.0	1.08	1.38	1.11
1 510	449.0	510.2	1.12	1.38	1.21
Alternativa filo de agua	249.0	462.4	-	1.58	0.85

Nota: Los costos corresponden a costos directos únicamente.

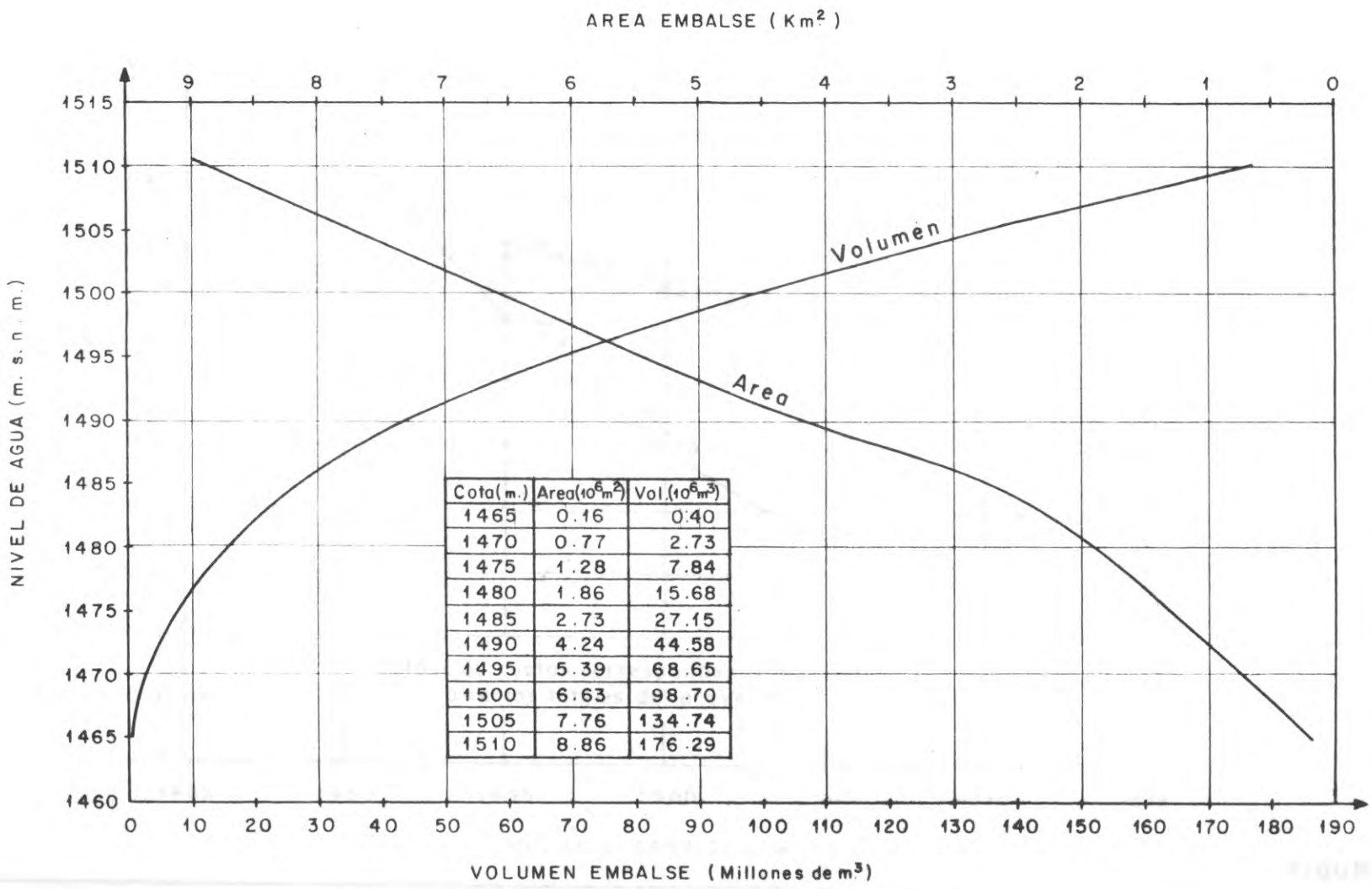
CUADRO No.IX-2

ESQUEMAS SELECCIONADOS DEL PROYECTO
RESUMEN DE COSTOS Y CARACTERISTICAS

Item	Proyecto Básico	Con desviación Q. Caracolí	Con desviación Qs. Caracolí y La Víbora
Caudal de diseño (m^3/s)	10,6	12,0	13,5
Potencia Instalada (MW)	81,0	91,8	104,3
Energía Media (GWh/año)	506,3	573,2	650,4
Energía Firme (GWh/año)	423,5	462,2	507,3
Costo Anual Proyecto ($\$ \times 10^6$)	697,7	785,3	839,3
Costo Medio de Energía Media ($/kWh)	1,38	1,37	1,29
Costo Medio de Energía Firme ($/kWh)	1,65	1,70	1,65
Costo Marginal de Energía Media de la desviación ($/kWh)	-	1,30	0,70
Costo Marginal de Energía Firme de la desviación ($/kWh)	-	2,20	1,20

PRESA LOS SURIBIOS

CURVAS VOLUMEN ALTURA Y AREA ALTURA DE EMBALSE



Cota(m.)	Area($10^6 m^2$)	Vol.($10^6 m^3$)
1465	0.16	0.40
1470	0.77	2.73
1475	1.28	7.84
1480	1.86	15.68
1485	2.73	27.15
1490	4.24	44.58
1495	5.39	68.65
1500	6.63	98.70
1505	7.76	134.74
1510	8.86	176.29

FIGURA N°IX-1

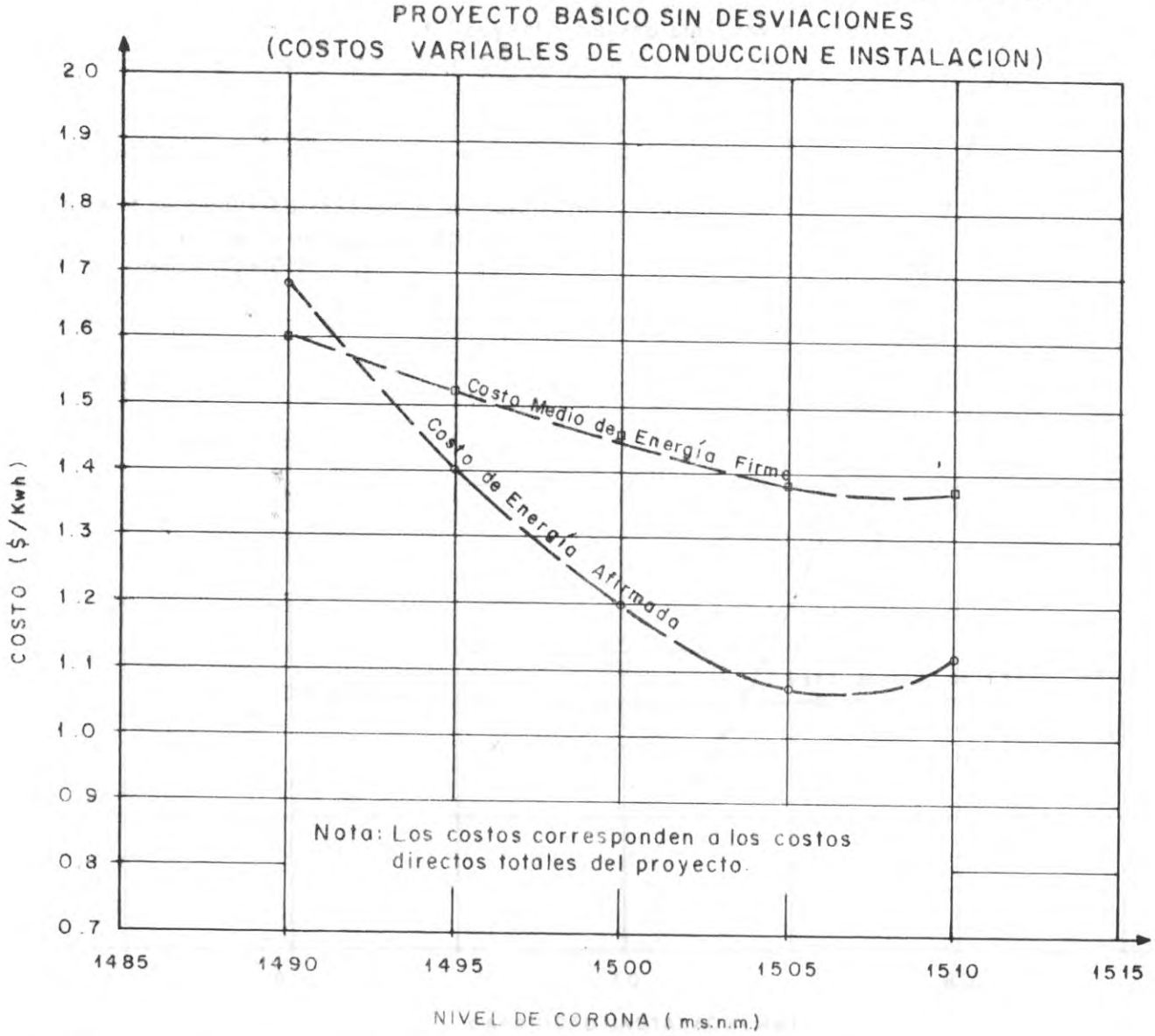


FIGURA No. IX-2

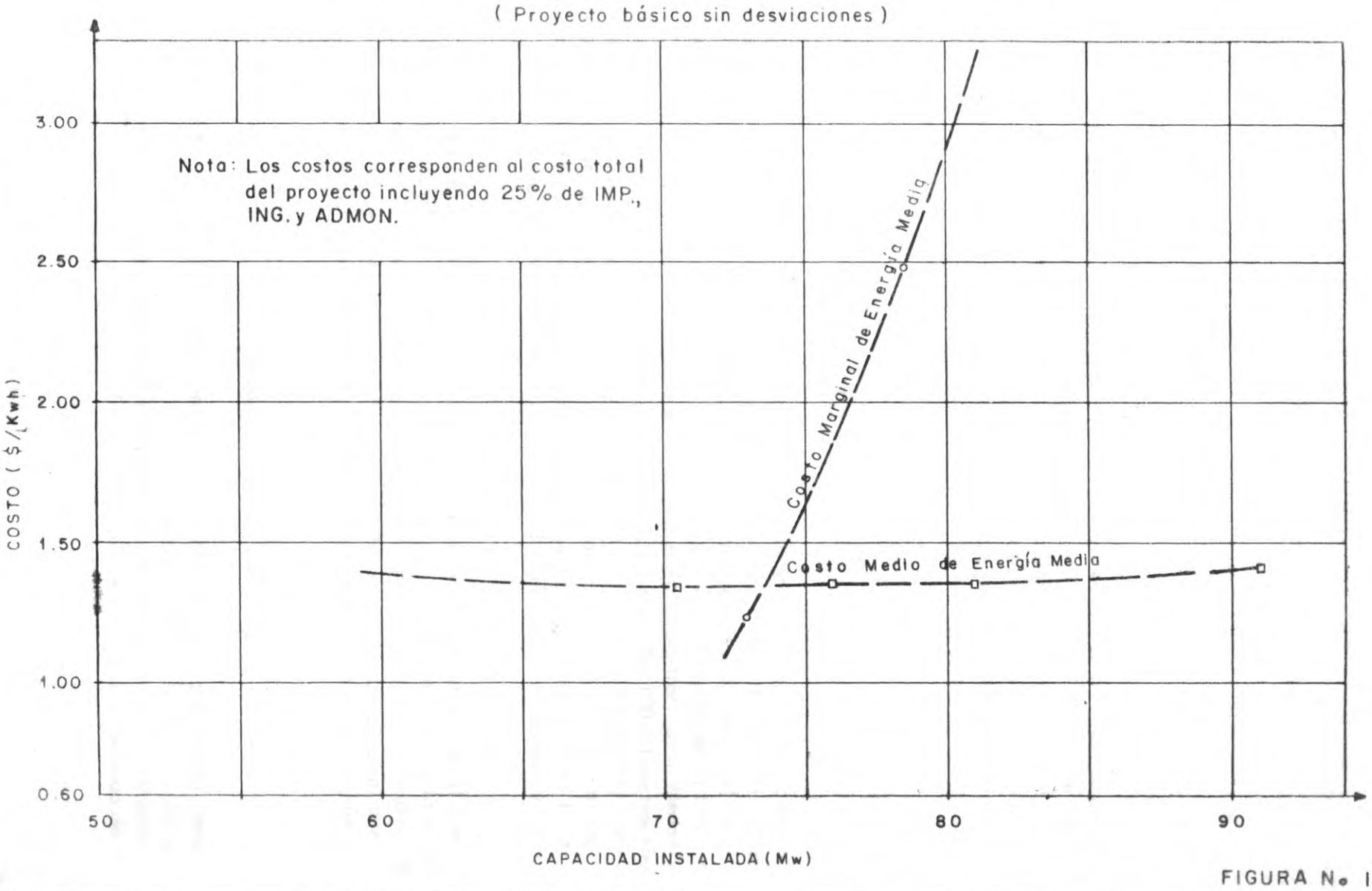


FIGURA No. IX-3

X

INFRAESTRUCTURA

Dentro de los estudios de la infraestructura requerida para el proyecto se han considerado los requerimientos de vías de acceso para llegar a los frentes principales de obras, la relocalización de vías afectadas por el proyecto, la relocalización del actual aeropuerto de Amalfi, las áreas e instalaciones requeridas para construcción y operación y los requerimientos de energía para construcción. Durante el transcurso de los estudios se han presentado a EPM memorandos técnicos referentes a estos aspectos; en este capítulo se presentan las soluciones propuestas.

10.1 VIAS DE ACCESO AL PROYECTO

Teniendo en cuenta la infraestructura vial existente en la región, el acceso a la zona del proyecto se hará por la carretera que comunica a Medellín con las poblaciones de Amalfi y Anorí, la cual ha servido también para acceso a las obras del desarrollo hidroeléctrico de Guadalupe. La vía que conecta la ciudad de Medellín con Amalfi tiene una longitud de 140 kilómetros de los cuales 40 kilómetros, entre Medellín y un sitio adelante de Barbosa, están pavimentados; los restantes 100 kilómetros tienen características aceptables en cuanto a alineamiento, curvatura y pendiente, siendo de mejores características la vía hasta el sitio El Mango. Por esta carretera existe actualmente un tráfico frecuente de volquetas de 10 toneladas de capacidad que transportan dolomita desde Amalfi hasta Medellín, además del tráfico de buses intermunicipales.

En el sitio de El Mango la carretera se bifurca; uno de los ramales es el que parte hacia la población de Amalfi y otro va hacia Anorí. La vía que llega hasta Amalfi servirá de acceso a la zona de presa y embalse de Los Suribios, la presa derivadora de Bodegavieja, el sitio de toma y el portal de salida del túnel No.1. De el ramal que parte hacia Anorí se desprenderá la vía de acceso a la central del proyecto Riachón.

10.2 VIAS DE ACCESO A LAS ZONAS DE PRESAS Y OBRAS DE TOMA

Desde la población de Amalfi parte un carreteable que luego se bifurca para conducir hacia la vereda de Salazar por una parte y hacia la población de Yalí por la otra. Estos dos ramales son afectados por el embalse de Los Suribios por lo cual deberán ser reubicados antes de comenzar el llenado del embalse. Durante el período de

construcción del proyecto esta carretera servirá de acceso a los sitios de presa y obras de toma.

A partir de la carretera Amalfi-Salazar y mediante la construcción de cortos ramales, como se muestra en el Plano No.20, se podrá tener acceso a los sitios de presa de Los Suribios, sitio de presa de Bodegavieja y sitio de toma.

10.2.1 Acceso al Sitio de Presa Los Suribios

La vía Amalfi-Salazar cruza el sitio de Los Suribios por el sillín de la margen derecha por lo cual solo se requerirán cortos tramos para llegar hasta los sitios de obra, talleres y almacenamiento de materiales.

La principal zona de préstamo para materiales de la presa estará ubicada en la margen izquierda del sitio de presa, por lo cual será necesario construir un ramal de 2.5 kilómetros por este estribo, el cual servirá posteriormente como parte de la vía relocalizada para reemplazar un tramo de la vía Amalfi-Los Suribios.

10.2.2 Acceso al Sitio de Presa de Bodegavieja y Sitio de Toma

Para el acceso al sitio de presa de derivación de Bodegavieja será necesaria la construcción de un ramal de 3.6 kilómetros que parte de la vía Amalfi-Salazar unos 2.0 kilómetros al norte del puente sobre la quebrada Santa Bárbara y deberá cruzar el río Riachón mediante un puente provisional para proveer el acceso hasta el sitio de toma.

10.2.3 Acceso al Portal de Salida del Túnel No.1

A partir del cruce del Riachón en el sitio de Bodegavieja, mediante un ramal de 2.7 kilómetros, desarrollados a media ladera, se llega al sitio del portal de salida del túnel No.1.

Desde este portal se podría continuar con una carretera desarrollada a través del filo de Los Aguadeños hasta llegar al sitio de casa de máquinas, uniendo los diferentes frentes de obra en esta zona y sirviendo de acceso a la central; sinembargo dadas las condiciones de estabilidad de esta ladera no se considera conveniente la construcción de tal vía, como una vía permanente, por lo cual el acceso permanente a la central se ha planteado siguiendo el cañón del río Porce. Sinembargo, para efectos de comunicación entre los diferentes frentes de construcción de la conducción se requerirá de la construcción de un carreteable siguiendo el alineamiento mostrado en el Plano No.20.

10.3 ACCESO A LA CENTRAL

Teniendo en cuenta la inconveniencia de un desarrollo a través del filo de Los Aguadeños, el cual sería la solución más económica desde el punto de vista de construcción de vías, se analizaron varias alternativas de acceso permanente a la central y se seleccionó finalmente una ruta que parte de la carretera que conduce a Anorí, 12.5 kilómetros adelante del puente sobre el río Porce, sigue por la margen izquierda del río en una longitud de 10.5 kilómetros hasta su confluencia con el Riachón donde se construirá un puente de 80 a 100 metros de luz para pasar a la margen derecha, donde estará ubicada la casa de máquinas del proyecto Riachón.

Esta ruta de acceso pasaría por el sitio de presa del proyecto Porce III y podría ser utilizada también como acceso a la central de Porce III.

En la actualidad el Centro Interamericano de Fotointerpretación, CIAF está realizando, para el Ministerio de Obras Públicas, un estudio de reconocimiento de los corredores para la variante de la carretera Medellín-Caucasia.

Con base en comunicaciones personales con los técnicos del centro mencionado, las conclusiones preliminares del estudio señalan al cañón del río Porce como el corredor más apto para el desarrollo de esta ruta. Aunque la existencia de esta vía resultaría de indudable beneficio para la ejecución del proyecto Riachón, por tratarse de un proyecto vial en etapa de reconocimiento cuyo plan de ejecución no ha sido presentado por el Ministerio de Obras, los desarrollos viales necesarios para la realización del proyecto, así como sus costos no tienen en cuenta la posibilidad de la vía alterna Medellín-Caucasia.

Las vías de acceso a la región partiendo desde los puertos sobre las dos costas permitirían la entrada de los equipos de generación y transformación del proyecto; tendrían su principal limitante en el puente existente sobre el río Porce en la vía El Mango-Anorí, el cual sinembargo, permite el paso de equipos del tamaño propuesto.

10.4 ACCESO A LAS DESVIACIONES

Para la desviación de la quebrada Caracolí se ha previsto la construcción de una vía de 8 kilómetros de longitud que parte de la carretera a Amalfi adelante del puente sobre la misma quebrada. Esta vía pasaría por el sitio de presa de Caracolí y llegaría hasta el portal de entrada del túnel de desviación. No se ha previsto la necesidad de un acceso permanente al portal de salida del túnel ya que éste se excavará en toda su longitud desde el portal de entrada y de comunicar los dos portales con una carretera se afectarían los bosques existentes en las cabeceras de las quebradas El Hueso y La Toldita. Si este acceso se hiciere necesario posteriormente por razo-

nes constructivas se podría tener mediante la construcción de una carretera de 1.6 kilómetros aproximadamente.

El acceso a la desviación de la quebrada La Víbora se podría tener mediante una vía de 2.5 kilómetros que partiendo de las afueras de Amalfi y tomando la margen izquierda llega hasta el sitio de presa, cruzando la quebrada mediante un paso provisional se llega al portal de entrada del túnel. Aún cuando no es indispensable un acceso al portal de salida se podrá tener un acceso de construcción a partir de la zona de Los Suribios, mediante un ramal de más o menos 1.3 kilómetros.

10.5 RELOCALIZACION DE VIAS

El embalse de Los Suribios inundaría un tramo de las vías que de Amalfi parten hacia los sitios de Salazar y Portachuelo (vía a Yalí), por lo cual será necesario relocalizar un tramo de tales carreteras.

Como se muestra en el Plano No.20, será necesario construir 9 kilómetros de vías y dos puentes de 20 metros de luz sobre las quebradas La Quiebra y Sorrento respectivamente para reponer el tramo inundado de la vía Amalfi-Portachuelo. Además si se hace necesario dar acceso a la margen derecha del embalse, por el hecho de interrumpir accesos existentes hoy día para los propietarios de esta margen, se requerirá la construcción de 9 kilómetros adicionales de carretera y la construcción de dos puentes de 20 metros de luz sobre las quebradas La Gurria y La Gómez. Adicionalmente se requerirán 3.1 kilómetros para reponer el tramo inundado de la vía Amalfi-Salazar.

10.6 RELOCALIZACION DEL AEROPUERTO DE AMALFI

El embalse de Los Suribios inunda el actual aeropuerto de Amalfi, por lo cual será necesario reubicarlo. Después de analizar varias alternativas en las zonas de La Víbora, Santa Bárbara, el valle del Riachón y la parte Alta de la quebrada Caracolí, se seleccionó para relocalización del aeropuerto un sitio ubicado en la margen izquierda del río Riachón en frente del actual aeropuerto, a la cota 1 525 m.s.n.m.

En el Plano No.20 se muestra la reubicación propuesta para el aeropuerto.

10.7 ENERGIA PARA CONSTRUCCION

De acuerdo a los requerimientos de energía para construcción en cada uno

de los frentes de obra será necesario suministrar aproximadamente 2 100 KVA distribuidos así:

- Sitio de Presa Los Suribios	300 KVA
- Sitio de Presa de Bodegavieja	300 KVA
- Ventana 1	300 KVA
- Ventana 2	300 KVA
- Casa de máquinas	600 KVA
- Reserva portátil	300 KVA

Para el suministro de esta energía se considera conveniente llevar una línea de transmisión a 13.2 KV desde Amalfi ampliando la subestación existente y utilizando parte de la línea que hoy suministra energía para el pueblo y la instalación de subestaciones portátiles de 200 KVA de capacidad. Será importante prever sistemas de emergencia tanto para construcción como para operación de la central, por lo cual se podría pensar en que la línea de construcción tenga características de definitiva, en la mejora de la actual planta de Amalfi y, en elevar el voltaje de la actual línea Guadalupe-Amalfi con lo cual se aumenta la capacidad de transmisión.

XI

COSTOS Y PROGRAMA DE EJECUCION DEL PROYECTO

11.1 COSTOS

Para la evaluación de costos se partió del análisis de precios unitarios de los itemes principales de costos del proyecto; para esto, se analizaron precios unitarios de contratos de obras civiles recientes, se consultaron precios estimados de estudios de factibilidad también recientes y se hicieron consultas a fabricantes de equipos eléctricos y mecánicos.

Los precios obtenidos de los diferentes contratos y estudios se llevaron a niveles de precios de junio de 1982 mediante la actualización del valor del dólar y a índices de actualización suministrados por ISA tanto para moneda local como para dólar americano, tomando un valor de $ 64.00 por dólar para junio de 1982.

Para la determinación de precios unitarios se tomaron como base los valores contractuales de los contratos de obras de los proyectos Jaguas, Calderas-Tafetanes, desviaciones de los ríos Pajarito, Dolores y Nechí, desviación del río Buey y Guadalupe IV; además se utilizaron los precios unitarios estimados para el proyecto Riogrande II. Se seleccionaron como base los precios de estos proyectos ya que por el tamaño de las obras, diámetros de conducción y ubicación geográfica podrían considerarse que guardan una mejor similitud con el proyecto Riachón; dentro de la estimación de precios unitarios para algunos itemes en particular se consideró también la similitud que por las cantidades de obra y tipo de material podrían ser más aplicables. En general los precios unitarios finalmente seleccionados son más altos que los promedios obtenidos con base en los proyectos mencionados.

Con base en los precios unitarios y globales adoptados y las cantidades de obra medidas sobre los planos, se calculó el estimativo de costos utilizando el programa desarrollado por EPM para el cálculo de presupuestos y elaboración de programas de desembolsos.

En el Cuadro No. XI-1 se presenta el resumen del estimativo de costos y en el Cuadro No. XI-2 se presenta el estimativo de costos detallado para el proyecto básico. En el Anexo No.6 a este informe se presenta una descripción detallada de las actividades y suministros incluidos dentro de cada uno de los itemes de costos considerados. En el Cuadro No. XI-3 se indican los porcentajes anuales de distribución de los contratos y en el Cuadro No. XI-4 se muestra el programa de desembolsos por contratos.

Para las desviaciones de las quebradas Caracolí y La Víbora se consideraron los costos tanto de las obras mismas de desviación como las ampliaciones requeridas por las obras de conducción y generación del proyecto básico; se consideraron las alternativas de desviación de la quebrada Caracolí solamente y de las quebradas Caracolí y La Víbora simultáneamente ya que se consideran como las alternativas más factibles. En los Cuadros Nos. XI-5 y XI-6 se presentan los estimativos de costos para estas desviaciones.

Dentro de los estimativos se han tomado porcentajes variables para imprevistos en los diferentes tipos de obra, dependiendo de la complejidad de tales obras y la incertidumbre que podría implicar la falta de conocimiento más detallado sobre algunas condiciones particulares de estas. Se han estimado costos para las obras de infraestructura tales como vías de acceso, campamentos, relocalización del aeropuerto de Amalfi y obras de protección en las quebradas Santa Bárbara y La Toldita. Para la estimación del costo de vías se tomaron indices del costo por kilómetro de carretera construída, teniendo en cuenta el ancho de banca, tipo de terreno y pendientes longitudinales y transversales. Para la estimación del costo de campamentos se estimó el área total a construir y los precios normales para construcción por metro cuadrado. Para la relocalización del aeropuerto de Amalfi se calcularon los volúmenes de movimiento de tierras y sus costos unitarios. Para la protección de las quebradas Santa Bárbara y La Toldita se estimaron costos globales en función del tipo y volumen de las obras previstas.

Se estimó también el costo de adquisición de tierras en función de las áreas requeridas para zona de embalse, localización de estructuras principales, áreas para campamentos y talleres y zonas para vías; se tomó como costo unitario de la tierra el valor comercial actual por hectárea de las tierras del valle del río Riachón.

Teniendo en cuenta los diferentes grados de incertidumbre se definieron porcentajes para imprevistos, así:

- Presa de Los Suribios y obras anexas 10%
- Presa de Bodegavieja 10%
- Conducción y Casa de Máquinas 15%
- Equipos electromecánicos 10%
- Obras de Infraestructura 15%
- Obras de protección 10%
- Líneas de transmisión 10%

Para la ingeniería y administración de la construcción del proyecto se tomó un porcentaje del 10% sobre el costo directo mas imprevistos para las obras civiles.

El costo de la Ingeniería y administración para los equipos se estimó de la siguiente manera: la componente en moneda nacional se calculó como el 10% de los

costos directos en moneda nacional incluyendo imprevistos, más el 3% de los costos directos e imprevistos en moneda extranjera (directa o indirecta). Las componentes en moneda extranjera directa o indirecta se evaluaron como el 2% de los costos directos e imprevistos en la respectiva moneda.

Los costos de ingeniería y administración para los equipos se distribuyeron como un 50% de ingeniería y 50% de administración. Para las obras civiles los costos de ingeniería y administración fueron distribuidos como un 60% de ingeniería y 40% de administración.

11.2 TASA INTERNA DE RETORNO

Como un indice de rentabilidad del proyecto se estimó la tasa interna de retorno para dos casos, uno en el cual se considera que el 50% de la energía secundaria es colocable en el sistema y otro en el cual ésta energía no es colocable. Por otra parte, aún cuando en rigor este análisis requeriría una proyección de tarifas a largo plazo, esta variación no se ha considerado.

El cálculo de la tasa interna de retorno se efectuó para cada uno de los dos casos con base en los siguientes datos básicos:

- Vida útil del proyecto : 50 años
- No se han tenido en cuenta intereses durante la construcción del proyecto
- No se han considerado los costos de operación y mantenimiento
- Se han tomado las siguientes tarifas:

Potencia Firme	US $ 350/KW
Energía Firme	US ¢ 2.34/KWh
Energía Secundaria	US ¢ 1.73/KWh

Para el primer caso (suponiendo que el 50% de la energía secundaria es colocable) se tiene una tasa interna de retorno del 17%, para el caso de que esta energía no sea colocable la tasa interna de retorno resulta ser del 16%.

11.3 PROGRAMA DE EJECUCION

En las Figuras Nos. XI-1 y XI-2 se presentan los cronogramas de construcción

del proyecto tanto en forma de barras como en forma de diagrama CPM respectivamente. Para la determinación de la duración de las diferentes actividades se han tomado rendimientos normales en los diferentes tipos de obra suponiendo sistemas convencionales de construcción.

Para la duración de los períodos de licitación y contratación se han estimado tiempos similares a los que actualmente toman estas actividades dentro del funcionamiento normal de Empresas Públicas de Medellín.

Como se puede observar en el diagrama CPM la ruta crítica para la construcción del proyecto está constituída por la construcción de las obras subterráneas; este ha sido un factor que se ha tenido en cuenta para la definición del alineamiento vertical de la conducción, aparte de otros aspectos tales como consideraciones geotécnicas y de costos. Efectivamente, la ventaja de poder tener ventanas de construcción cortas y frentes de construcción también cortos disminuye los períodos de construcción y los riesgos de demoras.

Para la excavación de la conducción y el blindaje de esta se han previsto como máximo dos frentes simultáneos de túneles, incluyendo los de acceso y fuga, y dos frentes en los pozos, suponiendo sistemas convencionales. Si los pozos se excavan mediante el sistema "full size boring" se podrán disminuir los períodos y los frentes para construcción de dichos pozos más no el de ejecución total del proyecto ya que en este caso la construcción estaría limitada en tiempo por la construcción de los túneles y casa de máquinas.

La construcción de la presa de regulación de Los Suribios se ha previsto en dos veranos, lo cual es posible por su poco volumen y las previsiones del diseño que permiten subir rápidamente su altura. En el verano anterior a la iniciación de la construcción de la presa se construirá el conducto de desvío y se iniciará la preparación de los estribos. Sinembargo, es conveniente mencionar que, dadas las características del proyecto, este podría comenzar a operar sin tener la presa de regulación terminada, con muy poca pérdida de energía media.

Como se deduce de los programas de construcción, las obras civiles del proyecto pueden ser construidas en un lapso de 37 meses contados a partir de la firma del contrato de construcción. Será necesario para esto planear adecuadamente el diseño y construcción de la vía de acceso a la casa de máquinas y licitar los equipos con anticipación a la iniciación de las obras civiles.

11.4 CONSTRUCCION DEL PROYECTO

Se ha programado que la construcción de las obras civiles principales del Proyecto se llevará a cabo mediante la adjudicación de dos contratos así: Uno que com-

prende la presa de Los Suribios y sus obras anexas y además la presa de Bodegavieja con su estructura de limpia; el otro contrato incluiría la toma y las obras subterráneas (conducción, cavernas de máquinas y transformadores, túneles de acceso y fuga). Previamente a la licitación de estas obras deberán licitarse las vías de acceso a los sitios de obras y las líneas de transmisión para energía de construcción.

Para el diseño, fabricación, suministro y asesoría durante el montaje de los equipos electromecánicos se realizarán licitaciones internacionales, separándolos por paquetes que agrupen equipos afines o complementarios.

Oportunamente, durante la construcción de las obras principales del proyecto, se deberán licitar las obras correspondientes a las carreteras sustitutivas y el nuevo aeropuerto.

Siguiendo la secuencia cronológica del proyecto se presentan a continuación los principales aspectos de cada una de las obras.

11.4.1 Vías de Acceso

La vía de acceso a la central está encadenada a la construcción de las obras subterráneas, por lo cual deberá ser diseñada y licitada con antelación a las obras principales. Esta carretera tiene una longitud de 10.5 kilómetros y se desarrolla por la margen izquierda del río Porce hasta 240 metros aguas arriba de la confluencia con el Riachón, donde pasa a la otra margen del río mediante un puente de 80 a 100 metros de luz, desde donde parten los ramales de acceso a los portales de los túneles de acceso y fuga.

Los reconocimientos geológicos superficiales indican que la ladera izquierda del río Porce es más estable que la derecha y que la vía de acceso pasaría por la misma formación geológica que un tramo de vía a Anorí. Se preve que durante la construcción de esta carretera se presentarán los problemas de estabilidad que son normales en las carreteras con cortes a media ladera.

Para la construcción de estos 10.5 kilómetros de vía y el puente sobre el río Porce se ha estimado una duración de 12 meses. El contratista de las obras subterráneas podría empezar la movilización de los equipos aún antes de que la vía estuviera completamente terminada. Los accesos a los sitios de los portales para las ventanas de construcción serían construídos por el mismo contratista de la vía de acceso a casa de máquinas.

La vía de acceso a la presa de Bodegavieja y a la ventana No.1 es necesaria también para la iniciación de los trabajos en la conducción, por lo cual deberá licitarse y construirse con antelación a la iniciación de los trabajos. La vía de acceso al es-

tribo izquierdo de la presa de Los Suribios se requerirá para la iniciación de la colocación de llenos en la presa, por lo cual podría ser licitada junto con las vías por relocalizar, o podría ser incluída dentro del contrato de construcción de la presa, esto último ofrecería la ventaja de poder utilizar el material de corte en el terraplén de Los Suribios y evitaría interferencias entre el contratista de la presa y un contratista para dicha vía.

11.4.2 Energía para Construcción

La atención de los requerimientos estimados para energía durante la construcción del proyecto se ha previsto mediante la construcción de una línea de 13.2 KV desde la subestación Amalfi. En esta subestación deberá ampliarse la capacidad de transformación de tal manera que esta línea sirva durante operación de la planta como fuente alterna de suministro. Estas líneas y las subestaciones necesarias deberán tenerse listas para cuando los contratistas de las obras principales inicien su instalación en la zona, pero a su vez para disminuir costos y evitar interferencias deberá tenerse una buena aproximación sobre la localización final de los diferentes frentes de obra.

Por la poca longitud y el bajo voltaje de las líneas no se preven dificultades especiales ni para su diseño ni para su construcción; los materiales requeridos son de fabricación nacional y rápido suministro, por lo cual se ha estimado una duración de 6 meses para el suministro de materiales y montaje.

11.4.3 Presas de Los Suribios y Bodegavieja y Obras Anexas

Para la construcción de la presa de Los Suribios se tendrá acceso inicialmente a través de la actual vía Amalfi-Salazar por lo cual los trabajos requeridos para su construcción se podrán iniciar en forma inmediata; durante la construcción de las obras de desvío y preparación de los estribos se deberán completar las vías para accesos a los diferentes frentes de obra, estos accesos consisten en tramos muy cortos dentro de una topografía favorable por lo cual su construcción tomará unos pocos días en la mayoría de los casos, excepto en el acceso por la margen izquierda (2.5 kilómetros) para el cual se requerirá mayor tiempo de construcción pero el cual a su vez será indispensable solo en el momento en que se requiera comenzar la explotación de la fuente de material localizada en dicha margen.

Para poder iniciar la colocación del terraplén de la presa será necesario desviar el río a través del conducto de desviación, que será el primer frente de construcción en esta zona. Dadas las condiciones de estabilidad del estribo izquierdo, al cual

va recostado el conducto, será necesario efectuar los cortes con el cuidado y los métodos necesarios para causar la menor disturbación posible, se ha previsto un período de seis meses para su construcción. Simultáneamente con la construcción del conducto se podría avanzar en la preparación del estribo derecho para colocación del lleno de refuerzo y en la preparación de los estribos de la presa; una vez terminada la construcción del conducto de desviación se podrá proceder a la construcción de las ataguías; dado que el volumen de estas ataguías es de solo 60 000 m^3 y que los materiales están a muy corta distancia su construcción podrá hacerse en un tiempo muy corto que se ha estimado en 3 semanas. Es conveniente mencionar que en caso de que ocurrieren atrasos en la construcción del conducto, podría terminarse y operarse una de sus dos secciones dejando la otra sellada con la compuerta de entrada mientras se termina la segunda sección o mientras se instala la válvula de descarga. Por otra parte es conveniente tener en cuenta que la presa de Los Suribios no es una actividad crítica dentro del proyecto ni un atraso en su construcción implica pérdida de generación de energía media.

Cabe agregar que siendo el vertedero de Los Suribios una actividad que puede iniciarse antes del relleno de la presa, es conveniente que esta excavación sea simultánea con la colocación de llenos en la presa a fin de utilizar allí este material.

Aún cuando el volumen de llenos de la presa de Los Suribios es pequeño (727 000 m^3) se ha previsto un período de ejecución de 24 meses teniendo en cuenta que no es conveniente colocar el material de relleno en épocas de lluvia y que el tratamiento de los estribos requiere medidas especiales para evitar la desestabilización de este.

La construcción de la presa y estructura de limpia de Bodegavieja podría iniciarse en cualquier momento, sinembargo, se considera que por razones de tipo constructivo, económico y de seguridad de las obras, sería preferible iniciar estas cuando se disponga de un control en la zona de Los Suribios, esto es una vez se haya alcanzado una altura tal en dicha presa que se elimine el riesgo de crecientes. La construcción de esta obra se ha previsto haciendo un desvío parcial del río en su mismo lecho mediante una estructura de gaviones mientras se construye la sección correspondiente a la estructura de limpia; una vez construida la estructura de limpia se desviaría el río a través de esta para construir el cuerpo de la presa.

11.4.4 Obras Subterráneas

Dentro del proceso constructivo del proyecto, las obras subterráneas constituyen la ruta crítica; esta ha sido una de las razones para la selección del alineamiento propuesto para la conducción puesto que este alineamiento proporciona un rápido acceso a sitios críticos desde el punto de vista de programa de ejecución; es así como al iniciar las obras subterráneas se puede tener acceso a las dos ventanas intermedias, el

pozo de toma y los portales de los túneles de acceso y fuga.

En el programa de construcción de las obras subterráneas se ha supuesto que los pozos 2 y 3 de la conducción se acometerán desde su parte inferior por métodos convencionales, por lo cual sería necesario tener acceso a los codos inferiores a través de los túneles 2 y 3 respectivamente; en el diseño del pozo de toma se ha previsto que este salga a la superficie por lo cual se podrá acometer desde allí hacia abajo por métodos convencionales. Teniendo en cuenta la longitud total de los pozos y el diámetro de estos, probablemente el contratista preferirá utilizar máquinas para excavar por el sistema "full size boring" el cual no tiene inconvenientes ya que la sección de las ventanas de acceso es suficiente para la entrada de estos equipos y en la excavación de los pozos no se encontrará material suelto; la utilización de este tipo de máquinas perforadoras significaría disminución considerable en los períodos de construcción de los pozos y en este caso la ruta crítica del proyecto se desplazaría hacia la excavación de la caverna de máquinas y montaje de equipos.

Para la excavación de los pozos se ha supuesto la utilización de un solo equipo de excavación con un rendimiento de 40 metros/mes por lo cual su ejecución se programa en forma secuencial; igual consideración se ha hecho para el blindaje de ellos.

La construcción de los túneles de conducción se ha programado también por métodos convencionales, con un rendimiento de 100 metros/mes; en este caso por la longitud de los frentes, no se justifica la utilización de topos. Se prevé la necesidad de dos equipos de excavación para iniciar con la mayor celeridad la construcción de los túneles 2 y 3, ya que se requiere de estos túneles para tener acceso a los codos inferiores de los pozos, si la excavación de los pozos se hace por métodos convencionales. Para el blindaje de los túneles se ha supuesto la utilización de un solo equipo.

La ubicación de la caverna de máquinas, además de ofrecer ventajas de tipo geotectónico, permite el acceso mediante un túnel de muy corta longitud disminuyendo riesgos en su construcción y permitiendo llegar rápidamente al sitio de la caverna para iniciar su excavación.

Aún cuando el túnel de fuga no constituye una ruta crítica para la construcción por su cercanía al túnel de acceso, sería conveniente iniciarlos simultáneamente, lo cual presentaría la ventaja de poder usar el mismo equipo de excavación y remoción sin causar interferencias. Este mismo equipo sería luego utilizado para la excavación del túnel 3. La excavación del túnel de fuga en una fecha temparana permitiría además que fuera utilizado para drenaje, remoción de escombros de casa de máquinas y como acceso para entrada o retiro de materiales y equipos, además de que podría ser un frente de trabajo adicional en caso de atraso en la excavación de casa de máquinas.

Las cavernas de máquinas y de transformadores tienen ramales de acceso inde-

pendientes que parten del túnel de acceso, por lo cual su excavación puede iniciarse en forma simultánea, utilizando para la excavación de la caverna de transformadores el mismo equipo de casa de máquinas con un rendimiento de 1 100 m^3/mes, presentando así la caverna de transformadores una holgura superior a un año. En el programa de construcción presentado se supone que las cavernas se excavan en forma simultánea.

El material proveniente de las excavaciones subterráneas deberá manejarse para ser utilizado como fuente de material para los concretos de la conducción, casa de máquinas, toma y presa de Bodegavieja. Esta circunstancia se ha tenido en cuenta para la programación de las obras.

11.4.5 Blindaje de la Conducción

Se ha supuesto el inicio de la licitación del blindaje simultáneamente con el equipo de generación, previendo que el distribuidor de la tubería principal a las turbinas se pueda predimensionar, y dejar como elemento de ajuste un manguito reductor que conectaría a la válvula esférica. Dicho manguito sería incluido en la licitación de la tubería, y se podrá modificar en cuanto se conozca la dimensión de bridaje de las válvulas esféricas.

Al fabricante de la válvula esférica le correspondería la junta de montaje localizada entre la válvula y la turbina.

En cualquier caso el tiempo de licitación, construcción y transporte del blindaje no es crítico y se ha estimado en 27 meses.

11.4.6 Equipos Electromecánicos

Los equipos principales y auxiliares del proyecto serían licitados por grupos de la siguiente manera:

- 2 turbinas Pelton, reguladores y equipo asociado, 2 válvulas esféricas y mecanismo de operación.

- 2 generadores, equipo de excitación y equipo asociado.

- 4 transformadores monofásicos de doble devanado en el primario, (uno de reserva), accesorios y equipo asociado.

- 1 puente grúa de la central y elementos asociados.

- Equipo mecánico misceláneo de la central; equipo de ventilación y aire acondicionado, bombas de drenaje y desagüe, planta de aire comprimido, plan-

ta de purificación de aceite, taller, planta de tratamiento de agua, equipo de protección contra incendio, instrumentos de medida y control.

- Equipo de conexión de la central: barraje de 13.8 KV de conexión generadores-transformadores, puesta a tierra del generador, cables de 230 KV embebidos en aceite para transmisión de transformadores al portal de acceso a casa de máquinas y tableros de control.

- Equipo eléctrico misceláneo: auxiliares de 480 Volts., auxiliares de corriente continua, planta diesel, transformadores auxiliares, tablero de 13.8 KV, malla de tierra, alumbrado y servicios generales.

- Dos compuertas radiales de limpia, una compuerta deslizante de bocatoma, una válvula Howel Bunger, y una válvula mariposa para desviación.

Las primeras licitaciones serán las de turbinas, generadores y transformadores, con lo cual se ajustarán las dimensiones de las obras civiles que sean afectadas por estas. El puente grúa puede licitarse simultáneamente con los equipos anteriores, si en diseño se puede obtener una información uniforme sobre los pesos de los equipos de generación; en caso contrario se licitarán una vez otorgados los generadores y transformadores. Por tratarse de solo dos unidades no se ha previsto la entrada del puente grúa para adelantar obras civiles y solo se espera su utilización para el montaje de los equipos, esto hace que bajo el supuesto de un tiempo de licitación, fabricación y transporte del equipo principal de 40 meses, el puente grúa tiene suficiente tiempo para licitación, fabricación y transporte estimado en 24 meses.

De acuerdo al programa de ejecución del proyecto, la instalación de las válvulas previstas en la desviación de Los Suribios puede ejecutarse durante el relleno de la segunda etapa, al final del cual serán requeridas. En cuanto a las compuertas de desviación y limpia de Bodegavieja se han programado para instalarlas en la primera etapa de construcción de esta presa, la cual coincide con la fecha requerida por las válvulas de Los Suribios.

La compuerta de toma de Bodegavieja debe estar lista al iniciar la estructura de toma, previendo una licitación conjunta de válvulas y compuertas se necesitará la iniciación de esta licitación en el mes 30. Para poder iniciar las pruebas de las unidades generadoras una vez terminado el montaje de la primera unidad se requieren los equipos de conexión de la central, por lo cual su licitación puede adelantarse una vez definidos los generadores y transformadores. Esto supone la línea de transmisión terminada con anterioridad, la cual por sus características no es crítica, se recomienda su construcción después de que sea puesta en servicio la vía de acceso a la central, lo cual facilitaría y agilizaría su montaje y bajo ciertas condiciones se podría compartir la servidumbre de las vías.

El equipo misceláneo tanto eléctrico como mecánico no se considera crítico y algunos de ellos podrán ser colgados del suministro de repuestos del equipo principal. De cualquier manera su suministro será acorde con el avance del programa de ejecución.

CUADRO XI-1

RESUMEN DE ESTIMATIVO DE COSTOS

PROYECTO BASICO

US $ 1 = $ Col. 64

Descripción	Precio Total (Miles de Dólares)
Adquisición de Tierras	2 298.0
Obras de Infraestructura	26 178.6
Presa Los Suribios y Presa de Bodegavieja	14 057.3
Captación de Bodegavieja y Obras Subterráneas	19 513.7
Equipos	28 801.7
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	90 849.3

CUADRO No. XI-2-A

ESTIMATIVO DE COSTOS

PROYECTO BASICO

ADQUISICION DE TIERRAS

Hoja 1 de 1

US $ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
A	Presa y embalse Los Suribios		S.G.		1 470.0	0.0	0.0	1 470.0
B	Terrenos para campamentos, almacenes, talleres y patios de maniobras		S.G.		160.0	0.0	0.0	160.0
C	Terrenos para vías sustitutivas		S.G.		60.0	0.0	0.0	60.0
D	Presa y embalse de Bodegavieja		S.G.		35.0	0.0	0.0	35.0
E	Terrenos vías de acceso		S.G.		160.0	0.0	0.0	160.0
F	Terrenos para nuevo aeropuerto		S.G.		30.0	0.0	0.0	30.0
	TOTAL COSTO DIRECTO ADQUISICION DE TIERRAS				1 915.0	0.0	0.0	1 915.0
	Imprevistos (20%)				383.0	0.0	0.0	383.0
	COSTO TOTAL ADQUISICION DE TIERRAS				2 298.0	0.0	0.0	2 298.0

MED: Moneda Extranjera Directa MEI: Moneda Extranjera Indirecta MN: Moneda Nacional

CUADRO No. XI-2-B

ESTIMATIVO DE COSTOS

PROYECTO BASICO

OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

Hoja 1 de 3

US $ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
A	Carreteras de Acceso							
1	A Presa Los Suribios	3.1	km	282 000.0	874.2	0.0	288.5	585.7
2	A Presa Bodegavieja	3.6	km	282 000.0	1 015.2	0.0	335.0	680.2
3	A Ventanas de Construcción	7.1	km	220 000.0	1 562.0	0.0	515.5	1 046.5
4	Comunicación entre ventanas de construcción		S.G.		770.0	385.0	77.0	308.0
5	A Casa de máquinas	10.5	km	282 000.0	2 961.0	0.0	977.1	1 983.9
6	Mejoras en vías existentes		S.G.		400.0	0.0	132.0	268.0
7	Puentes definitivos		S.G.		470.0	235.0	47.0	188.0
8	Puentes provisionales		S.G.		200.0	100.0	20.0	80.0
	Sub-total				8 252.4	720.0	2 392.1	5 140.3
	Imprevistos (15%)				1 237.9	107.9	359.0	771.0
B	Carreteras sustitutivas							
1	Vía perimetral al embalse	18.0	km	282 000.0	5 076.0	0.0	1 675.1	3 400.9
2	Puentes definitivos		S.G.		400.0	200.0	40.0	160.0
	Sub-total				5 476.0	200.0	1 715.1	3 560.9
	Imprevistos (15%)				821.4	30.0	257.3	534.1
C	Campamentos							
1	Adecuación y urbanización		S.G.		300.0	0.0	15.0	285.0

CUADRO No. XI-2-B

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
2	Edificios		S.G.		200.0	0.0	10.0	190.0
3	Viviendas		S.G.		990.0	0.0	49.5	940.5
4	Almacenes y talleres		S.G.		120.0	0.0	6.0	114.0
	Sub-total				1 610.0	0.0	80.5	1 529.5
	Imprevistos (15%)				241.5	0.0	12.1	229.4
D	Eenergía para construcción							
1	Costo general		S.G.		350.0	112.0	52.5	185.5
	Sub-total				350.0	112.0	52.5	185.5
	Imprevistos (15%)				52.5	16.8	7.9	27.8
E	Nuevo aeropuerto							
1	Excavación	600 000.0	m^3	3.0	1 800.0	900.0	270.0	630.0
2	Terraplén	400 000.0	m^3	1.0	400.0	200.0	60.0	140.0
3	Afirmado	8 800.0	m^3	17.0	149.6	74.8	22.4	52.4
4	Obras anexas y edificios		S.G.		50.0	0.0	2.5	47.5
	Sub-total				2 399.6	1 174.8	354.9	869.9
	Imprevistos (15%)				359.9	176.1	53.3	130.5
F	Línea de transmisión y patio de conexiones							
1	Conductores, estructuras y herrajes		S.G.		1 700.0	663.0	255.0	782.0
2	Obra Civil		S.G.		400.0	156.0	60.0	184.0
3	Montaje		S.G.		500.0	195.0	75.0	230.0
4	Patio de conexiones		S.G.		125.0	48.8	18.8	57.4

CUADRO No. XI-2-B

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
	Sub-total				2 725.0	1 062.8	408.8	1 253.4
	Imprevistos (10%)				272.5	106.3	40.9	125.3
	TOTAL COSTO DIRECTO OBRAS DE INFRAESTRUCTURA				20 813.0	3 269.6	5 003.9	12 539.5
	Imprevistos				2 985.7	437.1	730.5	1 818.1
	Ingeniería y Administración				2 379.9	892.5	297.5	1 189.9
	COSTO TOTAL OBRAS DE INFRAESTRUCTURA				26 178.6	4 599.2	6 031.9	15 547.5

MED : Moneda Extranjera Directa MEI : Moneda Extranjera Indireca MN : Moneda Nacional

CUADRO No. XI-2-C

ESTIMATIVO DE COSTOS

PROYECTO BASICO

PRESA DE LOS SURIBIOS Y OBRAS ANEXAS - PRESA DE BODEGAVIEJA

US $ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
A	Generales							
1	Movilización del contratista y construcción de instalaciones temporales		S.G.		900.0	450.0	90.0	360.0
B	Presa Los Suribios							
1	Manejo y desviación del río		S.G.		30.0	15.0	3.0	12.0
2	Descapote					18.0	5.4	12.6
	a. General	12 000.0	m^3	3.0	36.0	18.0	5.4	12.6
	b. En playa y lecho del río	2 500.0	m^3	1.5	3.8	1.9	0.6	1.3
3	Excavación en tierra para desperdiciar	43 000.0	m^3	3.0	129.0	64.4	19.4	45.2
4	Colocación de terraplén							
	a. Excavación, transporte y colocación de tierra	390 500.0	m^3	3.0	1 171.5	585.8	175.7	410.0
	b. Excavación, acarreo y colocación de roca descompuesta	245 700.0	m^3	5.0	1 228.5	614.2	184.3	430.0
	c. Explotación, transporte y colocación de material aluvial seleccionado	67 200.0	m^3	7.0	470.4	235.2	70.6	164.6
5	Compactación							
	a. De tierra	390 500.0	m^3	1.0	390.5	195.2	58.6	136.7

CUADRO No.XI-2-C

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
	b. De roca y materiales aluviales	336 400.0	m^3	1.0	336.4	168.2	50.5	117.7
6	Filtros							
	a. Explotación, transporte y colocación de materiales aluviales para filtros	23 500.0	m^3	7.0	164.5	65.8	16.5	82.2
	b. Procesamiento de materiales aluviales para filtros	23 500.0	m^3	9.0	211.5	84.6	21.2	105.7
7	Inyecciones		S.G.		125.0	50.0	12.5	62.5
8	Cunetas para drenaje superficial	200.0	m^3	35.0	7.0	2.8	0.7	3.5
9	Enrocado de protección							
	a. Colocado con roca procedente de cantera	12 300.0	m^3	12.0	147.6	73.8	22.1	51.7
	b. Colocado con roca procedente de excavación	4 000.0	m^3	3.0	12.0	6.0	1.8	4.2
10	Engramados	8 400.0	m^2	2.2	18.5	5.9	2.8	9.8
11	Instrumentación y varios		S.G.		260.0	130.0	26.0	104.0
	Sub-total				4 742.2	2 316.8	671.7	1 753.7
	Imprevistos (10%)				474.3	231.7	67.2	175.4
C	Vertedero - Presa Los Suribios							
1	Excavación							
	a. En tierra	18 750.0	m^3	3.0	56.3	28.2	8.4	19.7
	b. En roca descompuesta estructural	7 820.0	m^3	10.0	78.2	39.1	11.7	27.4
2	Concretos							
	a. Losas y azud del vertedero	160.0	m^3	160.0	25.6	8.2	3.8	13.6

CUADRO No. XI-2-C

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
	b. Muros y losas para rápida, estribos de puente y tanque de disipación	1 150.0	m^3	220.0	253.0	81.0	38.0	134.0
	c. Losas y vigas de puente	50.0	m^3	400.0	20.0	6.4	3.0	10.6
	d. Estructuras varias	150.0	m^3	180.0	27.0	8.6	4.1	14.3
3	Pilotes preexcavados							
	a. Diámetro .5 m	540.0	m	50.0	27.0	13.2	1.9	11.9
	b. Diámetro .7 m	297.0	m	100.0	29.7	14.5	2.1	13.1
4	Rellenos estructurales	3 000.0	m^3	8.5	25.5	12.8	3.8	8.9
5	Acero de refuerzo	155.0	Ton	1 400.0	217.0	21.7	34.7	160.6
6	Suministro e instalación de sellos de impermeabilización	100.0	m	35.0	3.5	1.7	0.4	1.4
7	Lecho filtrante bajo la rápida	432.0	m^3	16.0	6.9	2.8	0.7	3.4
8	Gaviones	180.0	m^3	45.0	8.1	4.1	1.2	2.8
9	Enrocado de protección	360.0	m^3	3.0	1.1	0.5	0.2	0.4
10	Elementos metálicos varios		S.G.		1.0	0.6	0.1	0.3
	Sub-total				779.9	243.4	114.1	422.4
	Imprevistos (10%)				78.0	24.3	11.4	42.3
D	Conductos de desviación y toma - Presa Los Suribios							
1	Excavaciones							
	a. En tierra general	7 320.0	m^3	3.0	22.0	11.0	3.3	7.7
	b. En roca estructural	29 300.0	m^3	12.5	366.3	183.2	54.9	128.2
2	Rellenos estructurales	3 000.0	m^3	8.5	25.5	12.8	3.8	8.9

CUADRO No. XI-2-C

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
3	Concretos							
	a. Conducto de desviación y toma	4 100.0	m^3	190.0	779.0	249.3	116.9	412.8
	b. Cabezales de entrada y salida	60.0	m^3	190.0	11.4	3.6	1.7	6.1
	c. Cámara de válvulas	50.0	m^3	200.0	10.0	3.2	1.5	5.3
	d. Estructura de toma	100.0	m^3	200.0	20.0	6.4	3.0	10.6
	e. Tapón	50.0	m^3	180.0	9.0	2.9	1.4	4.7
4	Acero de refuerzo	250.0	Ton.	1 400.0	350.0	35.0	56.0	259.0
5	Elementos metálicos varios	500.0	kg	5.8	2.9	1.6	0.3	1.0
6	Suministro e instalación de sellos de impermeabilización	250.0	m	35.0	8.8	4.4	0.9	3.5
7	Rejilla	4.0	Ton.	1 800.0	7.2	6.1	0.4	0.7
8	Equipos mecánicos							
	a. Válvula de mariposa d = 1.8 m		S.G.		390.0	390.0	0.0	0.0
	b. Válvula Howel-Bunger d = 1.8 m		S.G.		110.0	110.0	0.0	0.0
	c. Compuerta deslizante para construir tapón		S.G.		18.0	18.0	0.0	0.0
	Sub-total				2 130.1	1 037.5	244.1	848.5
	Imprevistos (10%)				213.0	103.7	24.4	84.9
E	Presa y estructura de limpia - Bodegavieja							
1	Descapote	1 254.0	m^3	3.0	3.8	1.9	0.6	1.3
2	Excavación en roca estructural	17 156.0	m^3	10.0	171.6	85.8	25.7	60.1
3	Enrocado de protección	500.0	m^3	3.0	1.5	0.8	0.2	0.5
4	Excavación en tierra	6 507.0	m^3	3.0	19.5	9.8	2.9	6.8
5	Rellenos estructurales	200.0	m^3	8.5	1.7	0.8	0.3	0.6
6	Concreto							

CUADRO No. XI-2-C

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
	a. Masivo para presa vertedero, estribos	11 758.0	m^3	120.0	1 411.0	451.5	211.7	747.8
	b. Reforzado para muros	861.0	m^3	220.0	189.4	60.6	28.4	100.4
	c. Reforzado para losas sobre pisos	159.0	m^3	160.0	25.4	8.1	3.8	13.5
	d. Reforzado para vigas y placas del puente	288.0	m^3	400.0	115.2	36.9	17.3	61.0
7	Acero de refuerzo	120.0	Ton.	1 400.0	168.0	16.8	26.9	124.3
8	Compuertas radiales		S.G.		720.0	720.0	0.0	0.0
9	Inyecciones		S.G.		200.0	80.0	20.0	100.0
10	Elementos metálicos varios		S.G.		3.0	1.7	0.3	1.0
	Sub-total				3 030.1	1 474.7	338.1	1 217.3
	Imprevistos (10%)				303.0	147.5	33.8	121.7
F	Control de sedimentos en quebrada Sta. Bárbara y control de erosión en Yolombito							
1	Gaviones para el control de sedimentos en quebrada Santa Bárbara	2 000.0	m^3	45.0	90.0	45.0	13.5	31.5
2	Gaviones para el control de erosión del río Riachón en Yolombito	600.0	m^3	45.0	27.0	13.4	4.1	9.5
	Sub-total				117.0	58.4	17.6	41.0
	Imprevistos (10%)				11.7	5.7	1.8	4.2
	TOTAL COSTO DIRECTO PRESA LOS SURIBIOS Y OBRAS ANEXAS - PRESA DE BODEGAVIEJA				11 699.3	5 580.8	1 475.6	4 642.9
	Imprevistos				1 080.0	512.9	138.6	428.5
	Ingeniería y Administración				1 278.0	479.3	159.7	639.0
	COSTO TOTAL PRESA LOS SURIBIOS Y OBRAS ANEXAS Y PRESA DE BODEGAVIEJA				14 057.3	6 573.0	1 773.9	5 710.4

MED : Moneda Extranjera Directa MEI : Moneda Extranjera Indirecta MN : Moneda Nacional

CUADRO No. XI-2-D

ESTIMATIVO DE COSTOS

PROYECTO BASICO

CAPTACION DE BODEGAVIEJA Y OBRAS SUBTERRANEAS

US $ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
A	Generales							
1	Movilización del contratista y construcción de instalaciones temporales		S.G.		950.0	475.0	95.0	380.0
B	Estructura de toma							
1	Descapote	666.0	m^3	3.0	2.0	1.0	0.3	0.7
2	Excavación en tierra	5 745.0	m^3	3.0	17.2	8.6	2.6	6.0
3	Excavación en roca estructural	15 147.0	m^3	10.0	151.5	75.8	22.7	53.0
4	Enrocado de protección	275.0	m^3	3.0	0.8	0.4	0.1	0.3
5	Concreto							
	a. Reforzado para muros	764.0	m^3	220.0	168.1	53.8	25.2	89.1
	b. Reforzado para losas sobre pisos	114.0	m^3	160.0	18.2	5.8	2.7	9.7
	c. Reforzado para vigas, placas superiores de la estructura	335.0	m^3	400.0	134.0	42.9	20.1	71.0
	d. Concreto masivo	75.0	m^3	120.0	9.0	2.9	1.4	4.7
6	Acero de refuerzo	130.0	Ton.	1 400.0	182.0	18.2	29.1	134.7
7	Inyecciones		S.G.		48.0	19.2	4.8	24.0
8	Compuerta deslizante		S.G.		290.0	29.0	46.4	214.6
9	Reja coladera	4.0	Ton.	1 800.0	7.2	6.1	0.4	0.7
	Sub-total				1 028.0	263.7	155.8	608.5
	Imprevistos (10%)				102.8	26.4	15.6	60.8

CUADRO No. XI-2-D

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
C	Conducción							
1	Excavación en túneles de presión							
	a. En roca descompuesta	2 100.0	m^3	130.0	273.0	136.4	41.0	95.6
	b. En roca sana	19 000.0	m^3	95.0	1 805.0	902.4	270.8	631.8
2	Excavación pozos de presión							
	a. En roca descompuesta	430.0	m^3	235.0	101.1	49.5	7.1	44.5
	b. En roca sana	3 850.0	m^3	185.0	712.3	349.0	49.9	313.4
3	Concretos							
	a. Revestimiento del túnel de presión en clave y paredes	7 890.0	m^3	250.0	1 972.5	631.2	295.9	1 045.4
	b. Revestimiento del túnel de presión en solera	2 600.0	m^3	220.0	572.0	183.0	85.8	303.2
	c. Revestimiento en pozos de presión	1 890.0	m^3	300.0	567.0	181.4	85.1	300.5
	d. Concreto lanzado (3 cm)	28 100.0	m^2	20.0	562.0	179.8	84.3	297.9
	e. Concreto lanzado (5 cm)	3 100.0	m^2	30.0	93.0	29.8	14.0	49.2
4	Acero de refuerzo							
	a. Refuerzo para concreto	742.0	Ton.	1 400.0	1 038.8	103.9	166.2	768.7
	b. Malla para concreto lanzado	3 100.0	m^2	20.0	62.0	6.2	9.9	45.9
5	Pernos de roca	4 600.0	m	25.0	115.0	65.5	11.5	38.0
6	Inyecciones de consolidación		S.G.		322.0	128.8	32.2	161.0
	Sub-total				8 195.7	2 946.9	1 153.7	4 095.1
	Imprevistos (15%)				1 229.4	442.0	173.1	614.3

CUADRO No. XI-2-D

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
D	Ventanas de construcción							
1	Excavaciones exteriores	600.0	m^3	3.0	1.8	0.9	0.3	0.6
2	Excavaciones subterráneas							
	a. En roca sana	9 400.0	m^3	100.0	940.0	460.6	65.8	413.6
	b. En roca fracturada	1 200.0	m^3	120.0	144.0	70.5	10.1	63.4
3	Concretos							
	a. Revestimiento en roca sana	230.0	m^3	220.0	50.6	16.2	7.6	26.8
	b. Revestimiento en roca fracturada	190.0	m^3	220.0	41.8	13.4	6.3	22.1
	c. Concreto lanzado (7.5 cm)	4 200.0	m^2	45.0	189.0	60.5	28.4	100.1
	d. Concreto lanzado (5.0 cm)	500.0	m^2	30.0	15.0	4.8	2.3	7.9
4	Acero de refuerzo	34.0	Ton.	1 400.0	47.6	4.8	7.6	35.2
5	Malla para concreto lanzado	4 200.0	m^2	20.0	84.0	8.4	13.4	62.2
6	Concreto para tapones	800.0	m^3	220.0	176.0	56.3	26.4	93.3
7	Soportes metálicos	28.0	Ton.	2 600.0	72.8	41.5	7.3	24.0
8	Pernos de roca	5 775.0	m	25.0	144.4	82.3	14.4	47.7
	Sub-total				1 907.0	820.2	189.9	896.9
	Imprevistos (15%)				286.1	123.0	28.5	134.6
E	Túnel de acceso a casa de máquinas, caverna de transformadores y túnel de carga							
1	Excavaciones exteriores	360.0	m^3	3.0	1.1	0.5	0.2	0.4
2	Excavaciones subterráneas							
	a. En roca sana	8 680.0	m^3	100.0	868.0	425.3	60.8	381.9

CUADRO No. XI-2-D

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
	b. En roca fracturada	500.0	m^3	120.0	60.0	29.4	4.2	26.4
3	Concretos							
	a. Reforzado	250.0	m^3	220.0	55.0	17.6	8.3	29.1
	b. Lanzado (5 cm)	400.0	m^2	30.0	12.0	3.8	1.8	6.4
	c. Lanzado (12.5 m)	3 545.0	m^2	60.0	212.7	68.1	31.9	112.7
4	Acero de refuerzo	21.0	Ton.	1 400.0	29.4	2.9	4.7	21.8
5	Soportes metálicos	21.0	Ton.	2 600.0	54.6	31.1	5.5	18.0
6	Malla para concreto lanzado	3 545.0	m^2	20.0	70.9	7.1	11.3	52.5
7	Pernos de roca	2 900.0	m	25.0	72.5	41.3	7.3	23.9
8	Separador para ducto de cables							
	a. Concreto	60.0	m^3	160.0	9.6	3.1	1.4	5.1
	b. Acero de refuerzo	0.6	Ton.	1 400.0	0.8	0.1	0.1	0.6
	c. Elementos metálicos empotrados, rejillas, portacables		S.G.		12.0	6.8	1.2	4.0
	Sub-total				1 458.6	637.1	138.7	682.8
	Imprevistos (15%)				218.8	95.6	20.7	102.5
F	Túnel de descarga							
1	Excavaciones exteriores	300.0	m^3	3.0	0.9	0.5	0.1	0.3
2	Excavaciones subterráneas							
	a. En roca fracturada	170.0	m^3	120.0	20.4	10.0	1.4	9.0
	b. En roca sana	1 155.0	m^3	100.0	115.5	56.6	8.1	50.8

CUADRO No. XI-2-D

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
3	Concretos							
	a. En portal	60.0	m^3	190.0	11.4	3.6	1.7	6.1
	b. Revestimiento de solera	65.0	m^3	220.0	14.3	4.6	2.1	7.6
	c. Revestimiento lateral y clave	114.6	m^3	250.0	28.6	9.2	4.3	15.1
	d. Concreto lanzado (7.5 cm)	1 248.3	m^2	45.0	56.2	18.0	8.4	29.8
	e. Concreto lanzado (5.0 cm)	138.7	m^2	30.0	4.2	1.3	0.6	2.3
4	Acero de refuerzo							
	a. Para concreto	13.8	Ton.	1 400.0	19.3	1.9	3.1	14.3
	b. Malla para concreto lanzado	1 248.3	m^2	20.0	25.0	2.5	4.0	18.5
5	Soportes metálicos	15.0	Ton.	2 600.0	39.0	22.2	3.9	12.9
6	Pernos de roca	480.0	m	25.0	12.0	6.8	1.2	4.0
7	Enrocado de protección							
	a. Procedente de cantera	60.0	m^3	12.0	0.7	0.4	0.1	0.2
	b. Procedente de excavación	40.0	m^3	3.0	0.1	0.1	0.0	0.0
	Sub-total				347.6	137.7	39.0	170.9
	Imprevistos (15%)				52.2	20.7	5.9	25.6
G	Casa de máquinas							
1	Excavaciones subterráneas							
	a. Caverna principal	7 490.0	m^3	70.0	524.3	256.9	36.7	230.7
	b. Caverna de transformadores	3 410.0	m^3	70.0	238.7	117.0	16.7	105.0
	c. Comunicación entre caverna de máquinas y caverna de transformadores	560.0	m^3	125.0	70.0	34.3	4.9	30.8

CUADRO No. XI-2-D

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
	d. Pernos de anclaje	3 555.0	m	25.0	88.9	43.6	6.2	39.1
2	Concretos							
	a. De primera etapa para subestructura	1 027.0	m^3	200.0	205.4	65.7	30.8	108.9
	b. De segunda etapa para subestructura	90.0	m^3	220.0	19.8	6.3	3.0	10.5
	c. Para superestructura	450.0	m^3	290.0	130.5	41.8	19.6	69.1
	d. Concreto lanzado (7.5 cm)	2 095.0	m^2	45.0	94.3	30.2	14.1	50.0
3	Acero de refuerzo							
	a. Para concreto	130.0	Ton.	1 400.0	182.0	18.2	29.1	134.7
	b. Malla para concreto lanzado	2 095.0	m^2	20.0	41.9	4.2	6.7	31.0
4	Elementos metálicos varios		S.G.		11.6	6.6	1.2	3.8
5	Acabados		S.G.		100.0	32.0	15.0	53.0
	Sub-total				1 707.4	656.8	184.0	866.6
	Imprevistos (15%)				256.1	98.5	27.6	130.0
	TOTAL COSTO DIRECTO CAPTACION DE BODEGAVIEJA Y OBRAS SUBTERRANEAS				15 594.3	5 937.4	1 956.1	7 700.8
	Imprevistos				2 145.4	806.2	271.4	1 067.8
	Ingeniería y Administración (10%)				1 774.0	674.1	212.9	887.0
	COSTO TOTAL CAPTACION DE BODEGAVIEJA Y OBRAS SUBTERRANEAS				19 513.7	7 417.7	2 440.4	9 655.6

MED : Moneda Extranjera Directa MEI : Moneda Extranjera Indirecta MN : Moneda Nacional

CUADRO No. XI-2-E

ESTIMATIVO DE COSTOS

PROYECTO BASICO

EQUIPOS

Hoja 1 de 2

US $ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
A	Equipos mecánicos							
1	Turbinas		S.G.		2 400.0	2 400.0	0.0	0.0
2	Válvulas esféricas		S.G.		600.0	600.0	0.0	0.0
3	Puente Grúa		S.G.		370.0	370.0	0.0	0.0
4	Blindaje		S.G.		4 050.0	4 050.0	0.0	0.0
5	Equipo mecánico misceláneo		S.G.		250.0	250.0	0.0	0.0
	Sub-total				7 670.0	7 670.0	0.0	0.0
	Imprevistos (10%)				767.0	767.0	0.0	0.0
T	Transportes							
1	Transporte tubería		S.G.		4 050.0	2 835.0	0.0	1 215.0
2	Transporte de otros equipos		S.G.		738.6	517.0	0.0	221.6
3	Montaje tubería		S.G.		2 701.4	1 026.5	108.1	1 566.8
4	Montaje de otros equipos		S.G.		803.6	305.4	32.1	466.1
	Sub-total				8 293.6	4 683.9	140.2	3 469.5
	Imprevistos (10%)				829.4	468.4	14.0	347.0
B	Equipos eléctricos							
1	Generadores		S.G.		4 600.0	4 600.0	0.0	0.0
2	Transformadores		S.G.		1 240.0	1 240.0	0.0	0.0

CUADRO No. XI-2-E

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (dólares)	Precio total (en miles de dólares)	Componentes del precio total (en miles de dólares) MED	MEI	MN
3	Equipo de protección y control		S.G.		80.0	80.0	0.0	0.0
4	Cables de 230 KV		S.G.		300.0	300.0	0.0	0.0
5	Juegos de barras de fase no segregada		S.G.		260.0	260.0	0.0	0.0
6	Servicios auxiliares		S.G.		300.0	300.0	0.0	0.0
	Sub-total				6 780.0	6 780.0	0.0	0.0
	Imprevistos (10%)				678.0	678.0	0.0	0.0
T	Transportes							
1	Transporte de otros equipos		S.G.		1 017.0	711.9	0.0	305.1
2	Montaje de otros equipos		S.G.		969.5	368.4	38.8	562.3
	Sub-total				1 986.5	1 080.3	38.8	867.4
	Imprevistos (10%)				198.6	108.0	3.9	86.7
	TOTAL COSTO DIRECTO EQUIPOS				24 730.1	20 214.2	179.0	4 336.9
	Imprevistos				2 473.0	2 021.4	17.9	433.7
	Ingeniería y Administración				1 598.6	444.7	3.9	1 150.0
	TOTAL COSTO EQUIPOS				28 801.7	22 680.3	200.8	5 920.6

MED : Moneda Extranjera Directa MEI : Moneda Extranjera Indirecta MN : Moneda Nacional

CUADRO No. XI-3

PORCENTAJES ANUALES DE DISTRIBUCION DE LOS CONTRATOS

Contrato	Anticipo	Años							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Adquisición de Tierras		0.0	14.0	34.0	52.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Carreteras de Acceso	15.0	0.0	0.0	78.8	21.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Carreteras Sustitutivas	15.0	0.0	0.0	78.8	21.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Campamentos	15.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Energía para Construcción	15.0	0.0	0.0	57.5	42.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Nuevo Aeropuerto	15.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Línea de Transmisión y Patio de Conexiones	15.0	0.0	0.0	57.5	42.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Contrato 1- Presa Los Suribios	15.0	0.0	0.0	0.0	30.5	30.9	30.9	7.7	0.0
Contrato 2- Obras Subterráneas	15.0	0.0	0.0	0.0	28.1	26.2	26.2	19.5	0.0
Puente Grúa									
Fabricación		0.0	0.0	0.0	90.0	0.0	0.0	10.0	0.0
Transporte		0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Montaje		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
Blindaje									
Fabricación		0.0	0.0	0.0	90.0	0.0	0.0	0.0	10.0
Transporte		0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
Montaje		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.3	46.7	0.0
Equipo Mecánico Misceláneo									
Fabricación		0.0	0.0	0.0	20.0	70.0	0.0	0.0	10.0
Transporte		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
Montaje		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.0	20.0	0.0
Equipo Electromecánico									
Fabricación		0.0	0.0	0.0	20.0	70.0	0.0	0.0	10.0
Transporte		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
Montaje		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.0	20.0	0.0

PROGRAMA DE DESEMBOLSOS POR CONTRATOS

ITEM	TOTAL PT	TOTAL MED	TOTAL MEI	TOTAL MN	AÑO 1 MED	AÑO 1 MEI	AÑO 1 MN	AÑO 2 MED	AÑO 2 MEI	AÑO 2 MN	AÑO 3 MED	AÑO 3 MEI	AÑO 3 MN	AÑO 4 MED	AÑO 4 MEI	AÑO 4 MN	AÑO 5 MED	AÑO 5 MEI	AÑO 5 MN	AÑO 6 MED	AÑO 6 MEI	AÑO 6 MN	AÑO 7 MED	AÑO 7 MEI	AÑO 7 MN	AÑO 8 MED	AÑO 8 MEI	AÑO 8 MN
I. ADQUISICION DE TIERRAS																												
Costo Directo	1915.0	0	0	1915.0	0	0	0	0	0	268.1	0	0	651.1	0	0	995.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imprevistos	383.0	0	0	383.0	0	0	0	0	0	53.6	0	0	130.2	0	0	199.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo Total	2298.0	0	0	2298.0	0	0	0	0	0	321.7	0	0	781.3	0	0	1195.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II. OBRAS CIVILES																												
A. Carreteras de Acceso											567.3	1884.9	4050.5															
Costo Directo	8252.4	720.0	2392.1	5140.3	0	0	0	0	0	0	85.0	282.9	607.5	152.7	507.2	1089.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imprevistos	1237.9	107.9	359.0	771.0	0	0	0	0	0	0	652.3	2167.8	4658.0	22.9	76.1	163.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo Total	9490.3	827.9	2751.1	5911.3	0	0	0	0	0	0				175.6	583.3	1253.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B. Carreteras Sustitutivas																												
Costo Directo	5476.0	200.0	1715.1	3560.9	0	0	0	0	0	0	157.5	1351.4	2805.9	42.5	363.7	755.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imprevistos	821.4	30.0	257.3	534.1	0	0	0	0	0	0	23.6	202.8	420.9	6.4	54.5	113.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo Total	6297.4	230.0	1972.4	4095.0	0	0	0	0	0	0	181.1	1554.2	3226.8	48.9	418.2	868.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C. Campamentos										0																		
Costo Directo	1610.0	0	80.5	1529.5	0	0	0	0	0	0	0	80.5	1529.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imprevistos	241.5	0	12.1	229.4	0	0	0	0	0		0	12.1	229.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo Total	1851.5	0	92.6	1758.9	0	0	0	0	0		0	92.6	1758.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D. Energia para Construccion																												
Costo Directo	350.0	112.0	52.5	185.5	0	0	0	0	0	0	64.4	30.1	106.6	47.6	22.4	78.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imprevistos	52.5	16.8	7.9	27.8	0	0	0	0	0	0	9.7	4.5	16.0	7.1	3.4	11.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo Total	402.5	128.8	60.4	213.3	0	0	0	0	0	0	74.1	34.6	122.6	54.7	25.8	90.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E. Nuevo Aeropuerto																												
Costo Directo	2399.6	1174.8	354.9	869.9	0	0	0	0	0	0	1174.8	354.9	869.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imprevistos	359.9	176.1	53.3	130.5	0	0	0	0	0	0	176.1	53.3	130.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo Total	2759.5	1350.9	408.2	1000.4	0	0	0	0	0	0	1350.9	408.2	1000.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F. Linea Transmision y Patio Conexiones																												
Costo Directo	2725.0	1062.8	408.8	1253.4	0	0	0	0	0	0	611.1	235.0	720.7	451.7	173.8	532.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imprevistos	272.5	106.3	40.9	125.3	0	0	0	0	0	0	61.1	23.5	72.0	45.2	17.4	53.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo Total	2997.5	1169.1	449.7	1378.7	0	0	0	0	0	0	672.2	258.5	792.7	496.9	191.2	586.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G. Contrato 1-Presa Los Suribios y Presa Bodegavieja																												
Costo Directo	11699.3	5580.8	1475.6	4642.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1702.1	450.0	1416.1	1724.5	456.0	1434.7	1724.5	456.0	1434.7	429.7	113.6	357.4	0	0	0
Imprevistos	1080.0	512.9	138.6	428.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156.4	42.3	130.7	158.5	42.8	132.4	158.5	42.8	132.4	39.5	10.7	33.0	0	0	0
Costo Total	12779.3	6093.7	1614.2	5071.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1858.5	492.3	1546.8	1883.0	498.8	1567.1	1883.0	498.8	1567.1	469.2	124.3	390.4	0	0	0
H. Contrato 2-Obras Subterraneas																												
Costo Directo	15594.3	5937.4	1956.1	7700.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1668.4	549.7	2163.9	1555.6	512.5	2017.6	1555.6	512.5	2017.6	1157.8	381.4	1501.7	0	0	0
Imprevistos	2145.4	806.2	271.4	1067.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226.5	76.3	300.1	211.2	71.1	279.8	211.2	71.1	279.8	157.2	52.9	208.2	0	0	0
Costo Total	17739.7	6743.6	2227.5	8768.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1894.9	626.0	2464.0	1766.8	583.6	2297.4	1766.8	583.6	2297.4	1315.0	434.3	1709.9	0	0	0
COSTO DIRECTO OBRAS CIVILES	48106.6	14787.8	8435.6	24883.2	0	0	0	0	0	0	2575.1	3936.8	10083.1	4065.0	2066.8	6036.4	3280.1	968.5	3452.3	3280.1	968.5	3452.3	1587.5	495.0	1859.1	0	0	0
INGENIERIA	3259.1	1222.2	407.4	1629.6	182.1	60.7	242.7	180.9	60.3	241.2	180.9	60.3	241.2	180.9	60.3	241.2	180.9	60.3	241.2	180.9	60.3	241.2	135.6	45.2	180.8	0	0	0
ADMINISTRACION	2172.7	814.8	271.6	1086.3	121.4	40.5	161.8	120.6	40.2	160.8	120.6	40.2	160.8	120.6	40.2	160.8	120.6	40.2	160.8	120.6	40.2	160.8	90.4	30.1	120.5	0	0	0
IMPREVISTOS	6211.1	1756.2	1140.5	3314.4	0	0	0	0	0	0	355.5	579.1	1476.3	464.5	270.0	772.6	369.7	113.9	412.2	369.7	113.9	412.2	196.7	63.6	241.2	0	0	0
COSTO TOTAL OBRAS CIVILES	59749.5	18581.0	10255.1	30913.5	303.5	101.2	404.5	301.5	100.5	402.0	3232.1	4616.4	11961.4	4831.0	2437.3	7211.0	3951.3	1182.9	4266.5	3951.3	1182.9	4266.5	2010.2	633.9	2401.6	0	0	0
III. EQUIPOS																												
A. Puente Grua																												
Costo Directo FOB	370.0	370.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	333.0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.1	0	0	0	0	0
Fletes y Seguros Maritimos	52.9	52.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fletes y Seguros Terrestres	22.6	0	0	22.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Montajes	82.1	31.2	3.3	47.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31.1	3.3	47.6	0	0	0	0	0	0	0
Total Costo Directo	527.6	454.1	3.3	70.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	385.9	0	22.6	0	0	31.1	3.3	47.6	37.1	0	0	0	0	0	0
Imprevistos	52.8	45.4	0.3	7.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38.6	0	2.3	0	0	3.1	0.3	4.8	3.7	0	0	0	0	0	0
Costo Total	580.4	499.5	3.6	77.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	424.5	0	24.9	0	0	34.2	3.6	52.4	40.8	0	0	0	0	0	0
B. Blindaje																												
Costo Directo FOB	4050.0	4050.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3645.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	405.0	0	0
Fletes y Seguros Maritimos	2835.0	2835.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2835.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fletes y Seguros Terrestres	1215.0	0	0	1215.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1215.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Montajes	2701.4	1026.5	108.1	1566.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	547.1	57.6	835.1	479.4	50.5	731.7	0	0	0	0
Total Costo Directo	10801.4	7911.5	108.1	2781.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3645.0	0	0	2835.0	0	1215.0	547.1	57.6	835.1	479.4	50.5	731.7	405.0	0	0
Imprevistos	1080.1	791.2	10.8	278.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	364.5	0	0	283.5	0	121.5	54.7	5.8	83.5	47.9	5.0	73.1	40.6	0	0
Costo Total	11881.5	8702.7	118.9	3059.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4009.5	0	0	3118.5	0	1336.5	601.8	63.4	918.6	527.3	55.5	804.8	445.6	0	0
C. Equipo Mecanico Miscelaneo																												
Costo Directo FOB	3250.0	3250.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	650.0	0	0	2275.0	0	0	0	0	0	0	0	0	325.0	0	0
Fletes y Seguros Maritimos	464.8	464.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	464.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fletes y Seguros Terrestres	198.3	0	0	198.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	198.3	0	0	0	0	0	0	0
Montajes	721.5	274.2	28.8	418.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219.3	23.0	334.8	54.9	5.8	83.7	0	0	0	0
Total Costo Directo	4634.6	3989.0	28.8	616.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	650.0	0	0	2275.0	0	684.1	23.0	533.1	54.9	5.8	83.7	325.0	0	0	0
Imprevistos	463.5	398.9	2.9	61.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65.0	0	0	227.5	0	68.4	2.3	53.3	5.5	0.6	8.4	32.5	0	0	0
Costo Total	5098.1	4387.9	31.7	678.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	715.0	0	0	2502.5	0	752.5	25.3	586.4	60.4	6.4	92.1	357.5	0	0	0
D. Equipo Electrico Miscelaneo																												
Costo Directo FOB	6780.0	6780.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1356.0	0	0	4746.0	0	0	0	0	0	0	0	0	678.0	0	0
Fletes y Seguros Maritimos	711.9	711.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	711.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fletes y Seguros Terrestres	305.1	0	0	305.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	305.0	0	0	0	0	0	0	0
Montajes	969.5	368.4	38.8	562.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	294.7	31.0	449.8	73.7	7.8	112.5	0	0	0	0
Total Costo Directo	8766.5	7860.3	38.8	867.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1356.0	0	0	4746.0	0	1006.6	31.0	754.8	73.7	7.8	112.6	678.0	0	0	0
Imprevistos	876.7	786.0	3.9	86.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	135.6	0	0	474.6	0	100.7	3.1	75.5	7.4	0.8	11.3	67.7	0	0	0
Costo Total	9643.2	8646.3	42.7	954.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1491.6	0	0	5220.6	0	1107.3	34.1	830.3	81.1	8.6	123.9	745.7	0	0	0
COSTO DIRECTO EQUIPOS	24730.1	20214.9	179.0	4336.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6036.9	0	22.6	9856.0	0	1215.0	2268.9	114.9	2170.6	645.1	64.1	928.0	1408.0	0	0
INGENIERIA	799.3	222.4	2.0	574.9	33.1	0.3	85.7	32.9	0.3	85.1	32.9	0.3	85.1	32.9	0.3	85.1	32.9	0.3	85.1	32.9	0.3	85.1	24.8	0.2	63.7	0	0	0
ADMINISTRACION	799.3	222.3	1.9	575.1	33.1	0.3	85.7	32.9	0.3	85.1	32.9	0.3	85.1	32.9	0.3	85.1	32.9	0.3	85.1	32.9	0.3	85.1	24.7	0.1	63.9	0	0	0
IMPREVISTOS	2473.0	2021.5	17.9	433.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	603.7	0	2.3	985.6	0	121.5	226.9	11.5	217.1	64.5	6.4	92.8	140.8	0	0
COSTO TOTAL EQUIPOS	28801.7	22681.1	200.8	5919.9	66.2	0.6	171.4	65.8	0.6	170.2	65.8	0.6	170.2	6706.4	0.6	195.1	10907.4	0.6	1506.7	2561.6	127.0	2557.9	759.1	70.8	1148.4	1548.8	0	0
COSTO DIRECTO TOTAL PROYECTO RIACHON	74751.7	35002.7	8614.6	31134.4	0	0	0	0	0	268.1	2575.1	3936.8	10734.2	10101.9	2066.8	7054.8	13136.1	968.5	4667.3	5549.0	1083.4	5622.9	2232.6	559.1	2787.1	1408.0	0	0
INGENIERIA	4058.4	1444.6	409.4	2204.5	215.2	61.0	328.4	213.8	60.6	326.3	213.8	60.6	326.3	213.8	60.6	326.3	213.8	60.6	326.3	213.8	60.6	326.3	160.4	45.4	244.5	0	0	0
ADMINISTRACION	2972.0	1037.1	273.5	1661.4	154.5	40.8	247.5	153.5	40.5	245.9	153.5	40.5	245.9	153.5	40.5	245.9	153.5	40.5	245.9	153.5	40.5	245.9	115.1	30.2	184.4	0	0	0
IMPREVISTOS	9067.1	3777.7	1158.4	4131.1	0	0	0	0	0	53.6	355.5	579.1	1606.5	1068.2	270.0	974.1	1475.9	113.9	533.7	596.6	125.4	629.3	261.2	70.0	334.0	140.8	0	0
COSTO TOTAL PROYECTO RIACHON	90849.2	41262.0	10455.9	30131.4	369.7	101.8	575.9	367.3	101.1	893.9	3297.9	4617.0	12912.9	11537.4	2437.3	8601.1	16334.6	1183.5	5773.2	6512.9	1309.9	6824.4	2769.3	704.7	3550.0	1548.8	0	0

US $ = COL. $ 64

MED : MONEDA EXTRANJERA DIRECTA

MEI : MONEDA EXTRANJERA INDIRECTA

MN : MONEDA NACIONAL

CUADRO No. XI-4

CUADRO No. XI-5

ESTIMATIVO DE COSTOS

DESVIACION Q. CARACOLI

COSTO TOTAL DE LA DESVIACION

Hoja 1 de 7

US $ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. (US$)	Precio Total (US$ x 10^3)
	Adquisición de Tierras				174.4
	Obras de Infraestructura				3 816.6
	Presa				2 888.6
	Captación y Túnel de Desviación				1 830.4
	Ampliaciones al Proyecto Básico				2 695.3
	COSTO TOTAL DE LA DESVIACION				11 405.3

CUADRO No.XI-5

ESTIMATIVO DE COSTOS

DESVIACION Q. CARACOLI

ADQUISICION DE TIERRAS

Hoja 2 de 7

US $ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. (US$)	Precio Total (US$ x 10^3)
A	Terrenos para presa, embalse, toma y zona de descarga		S.G.		105.0
B	Terrenos para vías de acceso		S.G.		40.3
	TOTAL COSTO DIRECTO ADQUISICION DE TIERRAS				145.3
	Imprevistos (20%)				29.1
	COSTO TOTAL ADQUISICION DE TIERRAS				174.4

CUADRO No. XI-5

ESTIMATIVO DE COSTOS

DESVIACION Q. CARACOLI

OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

Hoja 3 de 7

US $ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. (US$)	Precio Total (US$ x 10^3)
A	Carreteras de acceso				
1	A Presa de Caracolí	8.0	km	282 000.0	2 256.0
2	Al portal de entrada del túnel de desviación	1.7	km	220 000.0	374.0
3	Al portal de salida del túnel de desviación	1.6	km	220 000.0	352.0
	Sub-total				2 982.0
	Imprevistos (15%)				447.3
B	Energía para construcción				
	Costo general		S.G.		35.0
	Sub-total				35.0
	Imprevistos (15%)				5.3
	TOTAL COSTO DIRECTO OBRAS DE INFRAESTRUCTURA				3 017.0
	Imprevistos				452.6
	Ingeniería y Administración				347.0
	COSTO TOTAL OBRAS DE INFRAESTRUCTURA				3 816.6

CUADRO No.XI-5

ESTIMATIVO DE COSTOS

DESVIACION Q. CARACOLI

PRESA

Hoja 4 de 7

US $ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. (US$)	Precio Total (US$ x 10^3)
	Presa Vertedero				
1	Descapote	237.0	m^3	3.0	0.7
2	Excavación en tierra	6 000.0	m^3	3.0	18.0
3	Excavación en roca estructural	2 600.0	m^3	10.0	26.0
4	Enrocado de protección	126.0	m^3	3.0	0.4
5	Concretos				
	a. Masivo	12 850.0	m^3	120.0	1 542.0
	b. Reforzado para placas y vigas del puente	90.0	m^3	400.0	36.0
	c. Reforzado para muros	680.0	m^3	220.0	149.6
6	Acero de refuerzo	77.0	Ton.	1 400.0	107.8
7	Refuerzo margen derecha		S.G.		200.0
8	Tratamiento de la fundación		S.G.		200.0
9	Elementos metálicos varios		S.G.		3.0
	TOTAL COSTO DIRECTO PRESA				2 283.5
	Imprevistos 15%				342.5
	Ingeniería y Administración				262.6
	COSTO TOTAL PRESA				2 888.6

CUADRO No. XI-5

CUADRO No. XI-5

ESTIMATIVO DE COSTOS

DESVIACION Q. CARACOLI

CAPTACION Y TUNEL DE DESVIACION

Hoja 5 de 7

US $ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. (US$)	Precio Total (US$ x 10^3)
A	Captación				
1	Excavación en tierra	400.0	m^3	3.0	1.2
2	Excavación en roca estructural	860.0	m^3	10.0	8.6
3	Concretos				
	a. Reforzado para muros	39.0	m^3	220.0	8.6
	b. Reforzado para placas y vigas	22.0	m^3	400.0	8.8
4	Acero de refuerzo	6.0	Ton.	1 400.0	8.4
5	Compuertas y reja coladera		S.G.		8.0
	Sub-total				43.6
	Imprevistos 15%				6.5
B	Túnel de Desviación				
1	Excavación				
	a. En roca descompuesta	525.0	m^3	130.0	68.3
	b. En roca sana	4 728.0	m^3	95.0	449.2
2	Concretos				
	a. Revestimiento en clave y paredes	390.0	m^3	250.0	97.5
	b. Revestimiento en solera	470.0	m^3	220.0	103.4
	c. Concreto lanzado (e = 5 cm)	6 445.0	m^2	30.0	193.4
3	Acero de refuerzo				
	a. Refuerzo para concreto	50.0	Ton.	1 400.0	70.0

CUADRO No. XI-5

ESTIMATIVO DE COSTOS

DESVIACION Q. CARACOLI

CAPTACION Y TUNEL DE DESVIACION

Hoja 6 de 7

US $ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. (US$)	Precio Total (US$ x 10^3)
	b. Malla para concreto lanzado	6 445.0	m^2	20.0	128.9
4	Soportes de acero	52.0	Ton.	2 600.0	135.2
5	Pernos de roca	3 500.0	m	25.0	87.5
6	Portal de salida		S.G.		20.0
7	Obras de protección Q. La Toldita		S.G.		50.0
	Sub-total				1 403.4
	Imprevistos 15%				210.5
	TOTAL COSTO DIRECTO CAPTACION Y TUNEL DE DESVIACION				1 447.0
	Imprevistos				217.0
	Ingeniería y Administración				166.4
	COSTO TOTAL CAPTACION Y TUNEL DE DESVIACION				1 830.4

CUADRO No. XI-5

ESTIMATIVO DE COSTOS

DESVIACION Q. CARACOLI

MODIFICACIONES AL PROYECTO BASICO

Hoja 7 de 7

US $ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. (US$)	Precio Total (US$ x 10^3)
	Ampliación en conducción		S.G.		833.3
	Sobreinstalación		S.G.		1 862.0
	COSTO TOTAL DE LAS AMPLIACIONES AL PROYECTO BASICO				2 695.3

CUADRO No. XI-6

ESTIMATIVO DE COSTOS
DESVIACION Q. LA VIBORA
COSTO TOTAL DE LA DESVIACION

Hoja 1 de 6

US$ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. (US$)	Precio Total (US$ x 10^3)
	Adquisición de Tierras				37.0
	Obras de Infraestructura				1 298.0
	Presa y Captación				927.6
	Túnel de Desviación				1 750.5
	Ampliaciones al Proyecto Básico				3 020.8
	COSTO TOTAL DE LA DESVIACION				7 033.9

CUADRO No. XI-6

ESTIMATIVO DE COSTOS
DESVIACION Q. LA VIBORA
ADQUISICION DE TIERRAS

Hoja 2 de 6

US$ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. (US$)	Precio Total (US$ x 10^3)
A	Terrenos para presa, embalse, toma y zona de descarga		S.G.		17.5
B	Terrenos para vías de acceso		S.G.		13.3
	TOTAL COSTO DIRECTO ADQUISICION DE TIERRAS				30.8
	Imprevistos (20%)				6.2
	COSTO TOTAL ADQUISICION DE TIERRAS				37.0

CUADRO No. XI-6

ESTIMATIVO DE COSTOS
DESVIACION Q. LA VIBORA
OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

Hoja 3 de 6

US$ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. (US$)	Precio Total (US$ x 10^3)
A	Carreteras de Acceso				
1	A Presa y Captación	2.5	km	282 000.0	705.0
2	Al portal de salida del túnel de desviación	1.3	km	220 000.0	286.0
	Sub-total				991.0
	Imprevistos 15%				148.7
B	Energía para construcción				
	Costo general		S.G.		35.0
	Sub-total				35.0
	Imprevistos 15%				5.3
	TOTAL COSTO DIRECTO OBRAS DE INFRAESTRUCTURA				1 026.0
	Imprevistos				154.0
	Ingeniería y Administración				118.0
	COSTO TOTAL OBRAS DE INFRAESTRUCTURA				1 298.0

CUADRO No. XI-6

ESTIMATIVO DE COSTOS
DESVIACION Q. LA VIBORA
PRESA Y CAPTACION

Hoja 4 de 6

US$ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. (US$)	Precio Total (US$ x 10^3)
	Presa, canal de limpia y captación				
1	Descapote	260.0	m^3	3.0	0.8
2	Excavación en tierra	3 730.0	m^3	3.0	11.2
3	Excavación en roca estructural	1 682.0	m^3	10.0	16.8
4	Enrocado de protección	125.0	m^3	3.0	0.4
5	Concretos				
	a. Masivo	2 916.0	m^3	120.0	349.9
	b. Reforzado para placas y vigas del puente	146.0	m^3	400.0	58.4
	c. Reforzado para muros	279.0	m^3	220.0	61.4
6	Acero de refuerzo	51.0	Ton.	1 400.0	71.4
7	Tratamiento fundación de la presa		S.G.		65.0
8	Compuerta radial-limpia		S.G.		90.0
9	Compuerta y reja - toma		S.G.		8.0
	TOTAL COSTO DIRECTO				733.3
	Imprevistos 15%				110.0
	Ingeniería y Administración 10%				84.3
	COSTO TOTAL				927.6

CUADRO No. XI-6

ESTIMATIVO DE COSTOS
DESVIACION Q. LA VIBORA
TUNEL DE DESVIACION

Hoja 5 de 6

US$ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. (US$)	Precio Total (US$ x 10^3)
	Tunel de Desviación				
1	Excavación				
	a. En roca descompuesta	605.0	m^3	123.0	74.4
	b. En roca sana	4 980.0	m^3	95.0	473.1
2	Concretos				
	a. Revestimiento en clave y paredes	595.0	m^3	250.0	148.8
	b. Revestimiento en solera	380.0	m^3	220.0	83.6
	c. Concreto lanzado (e = 5 cm)	7 550.0	m^3	30.0	226.5
3	Acero de refuerzo				
	a. Refuerzo para concreto	60.0	Ton.	1 400.0	84.0
	b. Malla para concreto lanzado	7 550.0	m^2	20.0	151.0
4	Soportes de acero	38.0	Ton.	2 600.0	98.8
5	Pernos de roca	945.0	m	25.0	23.6
6	Portal de salida		S.G.		20.0
	Sub-total				1 383.8
	Imprevistos 15%				207.6
	Ingeniería y Administración				159.1
	COSTO TOTAL TUNEL DE DESVIACION				1 750.5

CUADRO No. XI-6

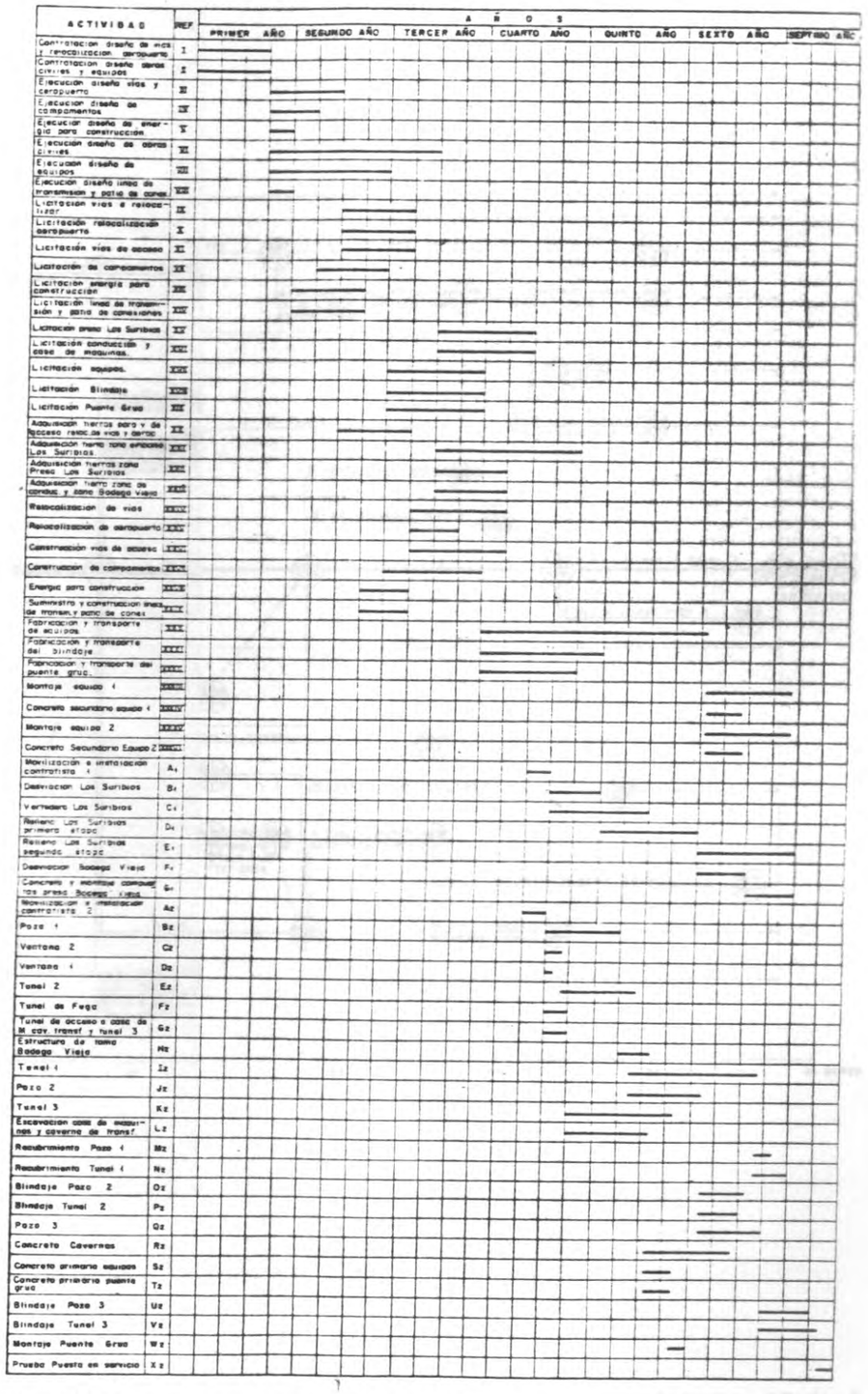
ESTIMATIVO DE COSTOS
DESVIACION Q. LA VIBORA
MODIFICACIONES AL PROYECTO BASICO

Hoja 6 de 6

US$ 1 = $ Col. 64

Item No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. (US$)	Precio Total (US$ x 10^3)
	Ampliación en conducción		S.G.		872.4
	Sobreinstalación		S.G.		2 148.4
	COSTO TOTAL DE LAS AMPLIACIONES AL PROYECTO BASICO				3 020.8

PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON
PROGRAMA DE EJECUCION

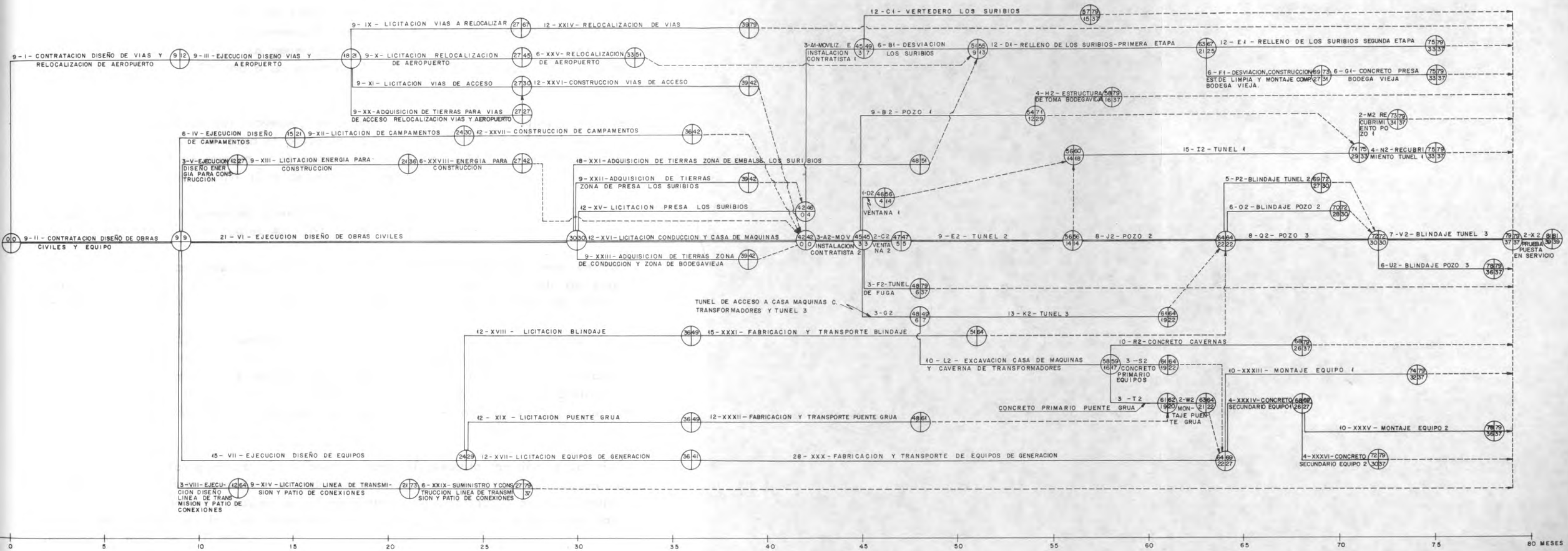


INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.-CANOGU LTDA.

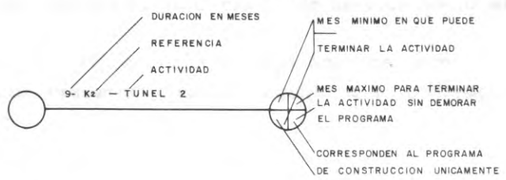
FIG. Nº XI-1

PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

PROGRAMA DE EJECUCION



CONVENCIONES



INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA.-CANOGU LTDA.

FIGURA Nº XI-2

XII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados del estudio de factibilidad del proyecto Riachón, el esquema propuesto permite la generación de 506 GWh/año de energía media a un costo de $ 1.38 por KWh. La generación de energía firme producida por el proyecto sería de 424 GWh/año a un costo de 1.65 por KWh, a precios de Junio de 1982.

La capacidad instalada del proyecto, de acuerdo con el criterio adoptado en este estudio, sería de 90 MW para el proyecto básico (sin desviaciones) incluyendo un 10% de capacidad de reserva y se podría adicionar en 10 MW al desviar la quebrada Caracolí y en 20 MW si se desvían las quebradas Caracolí y La Víbora.

La desviación de la quebrada Caracolí permitiría una generación media adicional de 67 GWh/año, de los cuales 40 GWh serían firmes.

La desviación de las quebradas La Víbora y Caracolí permitirían adicionar en conjunto 144 GWh por año, de los cuales 85 GWh serían firmes. El costo de esta energía media adicional sería de $ 1.0 por KWh, a precios de Junio de 1982.

Como se ve, los costos de generación del proyecto básico resultan ser bastante atractivos, siendo más bajos que los de cualquiera de las posibles alternativas de expansión del sistema que se encuentran al mismo nivel de estudios. Estas características de costos resultan favorables debido a que las condiciones topográficas, hidrológicas y geotécnicas del proyecto son poco comunes por las ventajas que ofrecen.

La desviación de las quebradas La Víbora y Caracolí presenta también características de costos bastante atractivas e implican ampliaciones de poca magnitud en las obras civiles del proyecto básico(de 14 centímetros de ampliación en el diámetro de la conducción) por lo cual la toma y conducción deberían diseñarse para la instalación total de 110 MW.

La desviación de la quebrada Caracolí, además de que es técnica y económicamente muy ventajosa, no presenta inconvenientes de orden institucional y jurídico, por lo cual se debería tomar como definitiva la decisión de desviar hacia el río Riachón.

La desviación de la quebrada La Víbora, aún cuando aparece técnica y económicamente muy ventajosa, puede presentar dudas en cuanto a su utilización por el

hecho de estar siendo empleada actualmente para la explotación de la mina La Viborita.

Como se puede ver de los análisis de generación y costos, la función y justificación de la presa de Los Suribios es la de afirmar energía pero sin aumentar la generación media, por lo cual no es una obra crítica para el proyecto. Sin embargo, el proyecto podría planearse como una primera etapa a filo de agua con una segunda etapa para construcción de las obras de regulación, si el análisis del mismo dentro del programa de generación de EPM así lo justifica.

Por otra parte, es importante resaltar que no se preven problemas especiales de tipo técnico en ninguna de las obras del proyecto; será sí importante adelantar los estudios ambientales para analizar la incidencia del desembalse máximo previsto (25 metros y 535 Hectáreas secas) y de los desembalses normales, en la zona desecada.

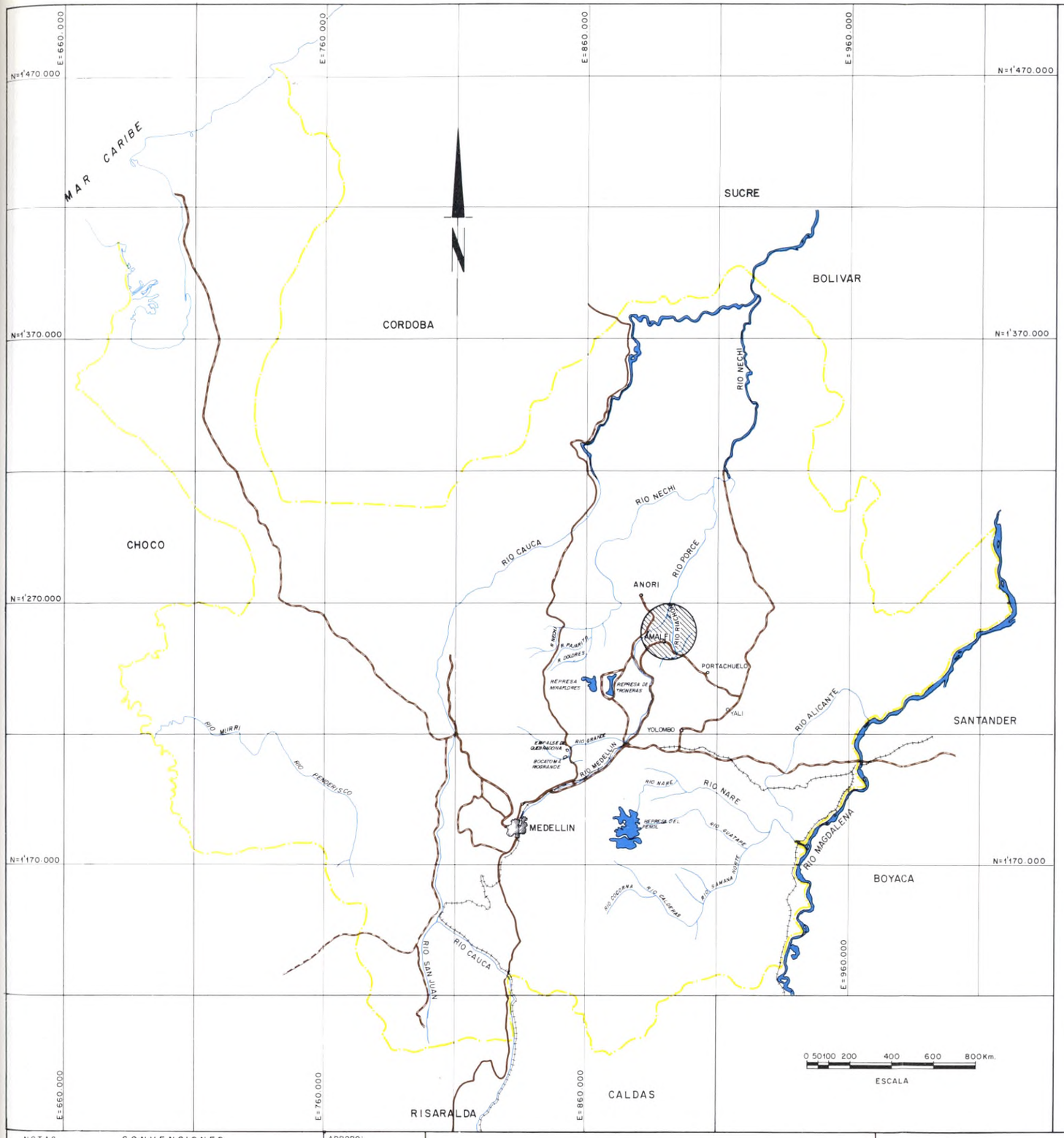
Dada la poca extensión de registros hidroclimatológicos directos es de suma importancia continuar la operación ininterrumpida de las estaciones hidroclimatológicas existentes en la zona.

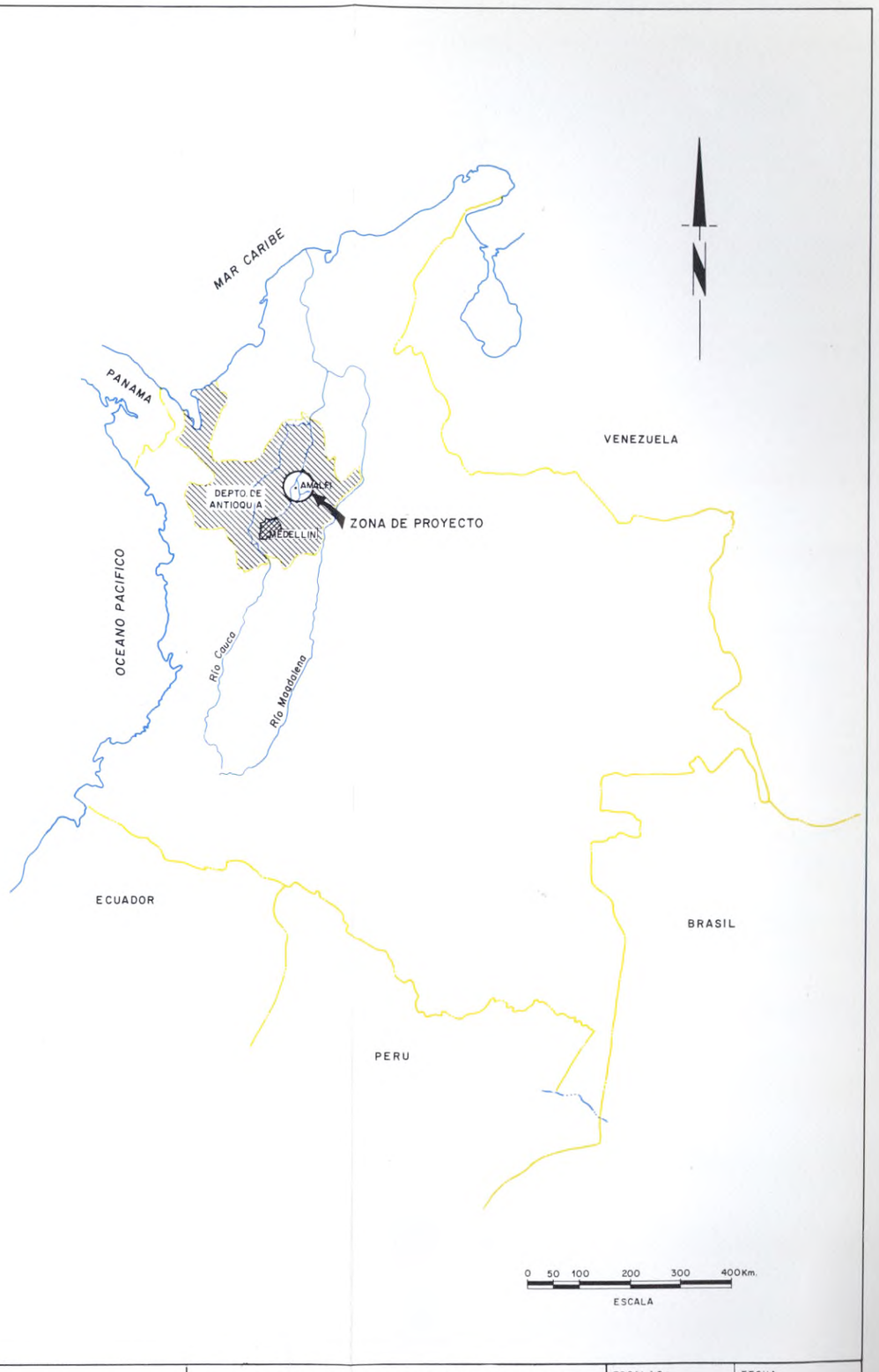
Para etapas posteriores del estudio se deberá intensificar la exploración del subsuelo en la zona de presa de Los Suribios, especialmente en el sitio del pozo de aquietamiento del vertedero y en los estribos; además se deberán ejecutar ensayos de permeabilidad cuidadosos con el fin de precisar la necesidad y tipo de tratamiento para disminuír infiltraciones.

La conducción y casa de máquinas requerirán investigaciones geotécnicas más detalladas que permitan determinar con certeza la orientación de los planos principales de debilidad y los esfuerzos actuantes; además se deben investigar en detalle las presiones externas esperadas en el blindaje, lo cual podría conducir a una disminución en los costos del proyecto.

La desviación de la quebrada Caracolí requerirá estudios geológicos y geotécnicos más detallados tanto en la zona de presa como en la conducción. Para la quebrada La Víbora estos estudios serán más importantes en la conducción ya que el tamaño de la presa y las caracteristicas de los estribos no ameritan investigaciones más detalladas.

PLANOS





NOTAS

CONVENCIONES

- LIMITE INTERNACIONAL
- LIMITE DEPARTAMENTAL
- RIO
- CARRETERA PAVIMENTADA
- CARRETERA SIN PAVIMENTAR
- FERROCARRIL

APROBO:	R. Oñoro
REVISO:	G. Gómez
DIBUJO:	M.H. Rojas
DISEÑO:	R. Lozano

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA.
Ingenieros Consultores

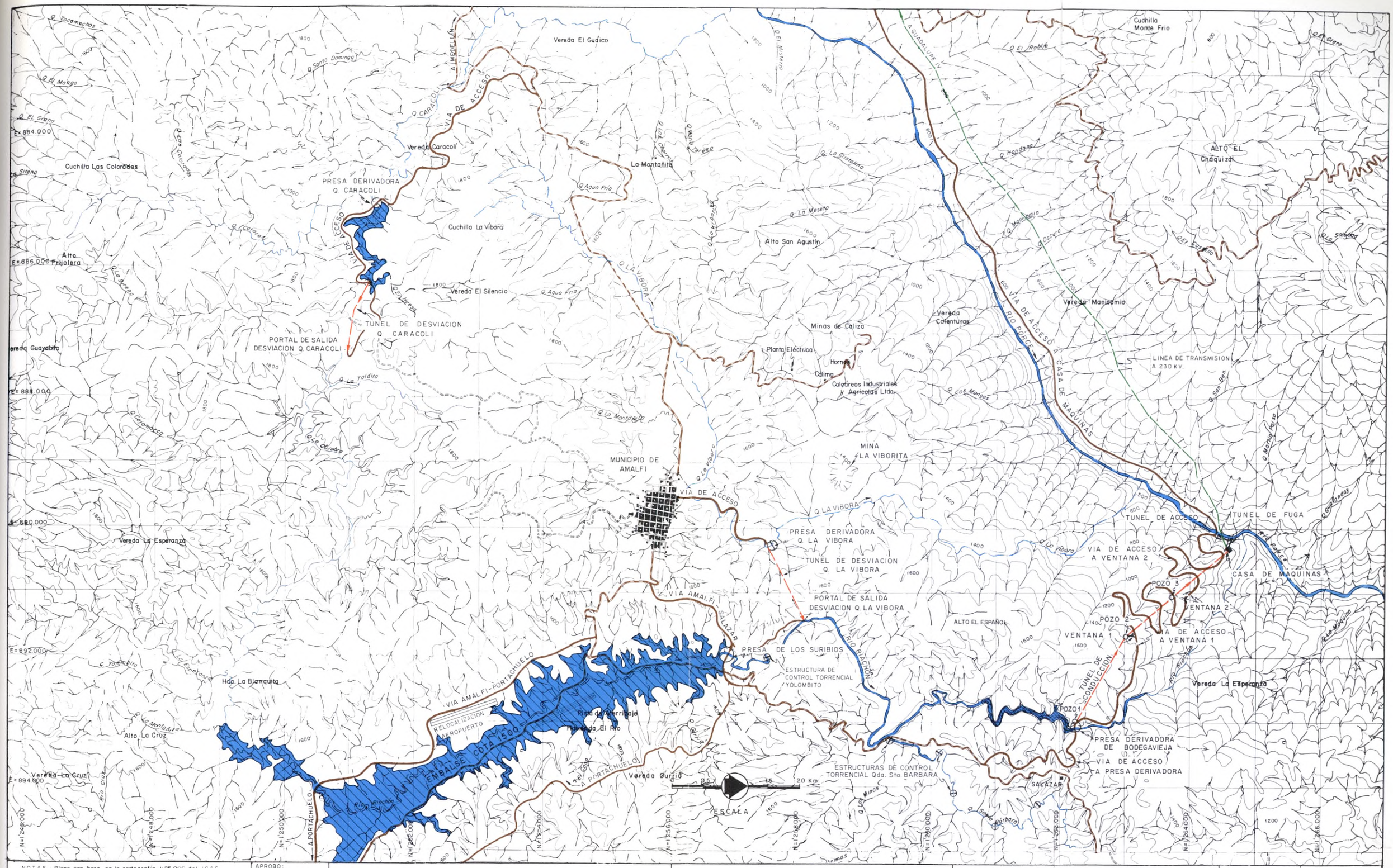
EEPP DE MEDELLIN

EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

LOCALIZACION DE LA ZONA DEL PROYECTO

ESCALAS:	FECHA:
INDICADAS	DICIEMBRE 1982
REFERENCIA:	PL. No.
G-01	1



NOTAS: Plano con base en la cartografía 1:25.000 del IGAC

CONVENCIONES
- CARRETERA ACTUAL SIN PAVIMENTAR
- CARRETERA POR CONSTRUIR
- PRESA
- TUNEL
- POZO
- LINEA DE TRANSMISION

APROBO:	R. Oñoro
REVISO:	M.M. Uribe
DIBUJO:	M.M. Rodríguez
DISEÑO:	R. Lozano

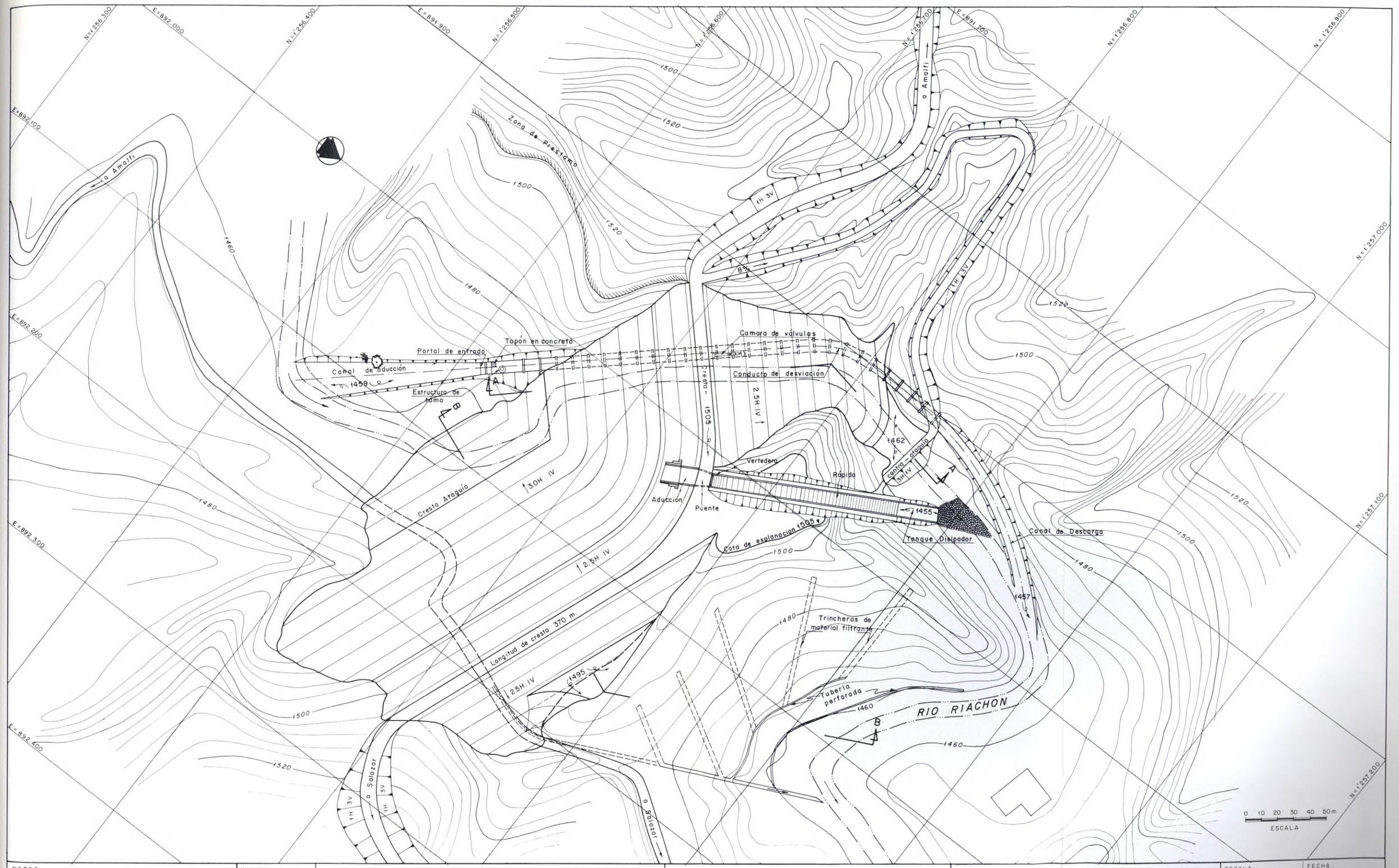
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA.
Ingenieros Consultores

EEPP DE MEDELLIN
EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

LOCALIZACION GENERAL DE LAS OBRAS

ESCALA:	FECHA: DICIEMBRE 1982
REFERENCIA: G - 02	PL. No. 2



NOTAS:

Curvas de nivel cada 4m.

Las secciones A-A y B-B se muestran en el plano No. 4

APROBO:	R. Oñoro
REVISO:	A. González
DIBUJO:	R.H. Jamaica
DISEÑO:	G. Angel

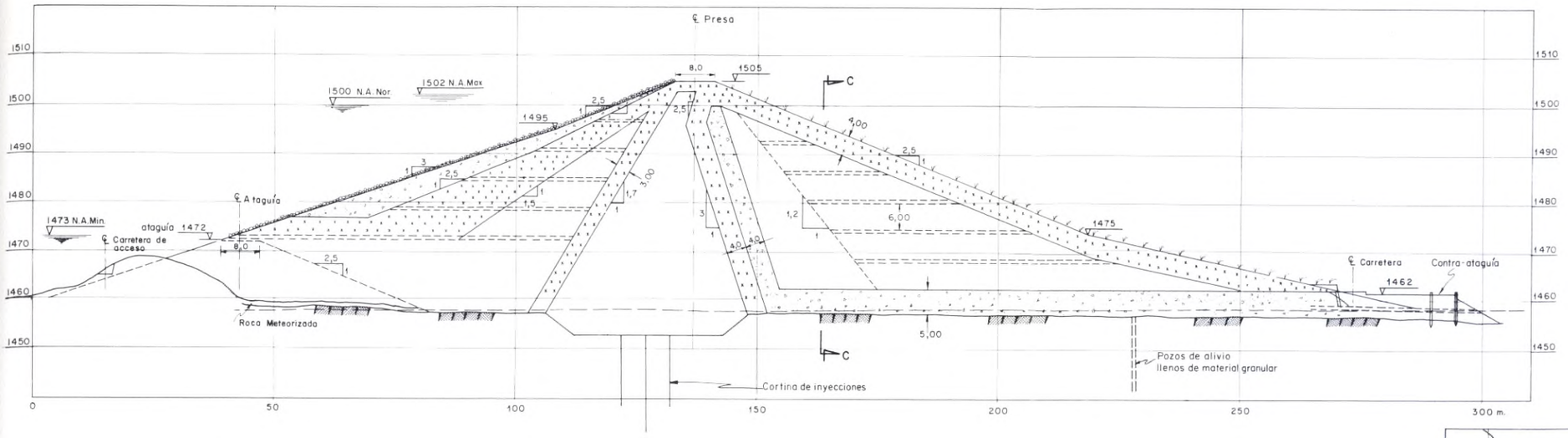
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA.
Ingenieros Consultores

EEPP DE MEDELLIN — EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

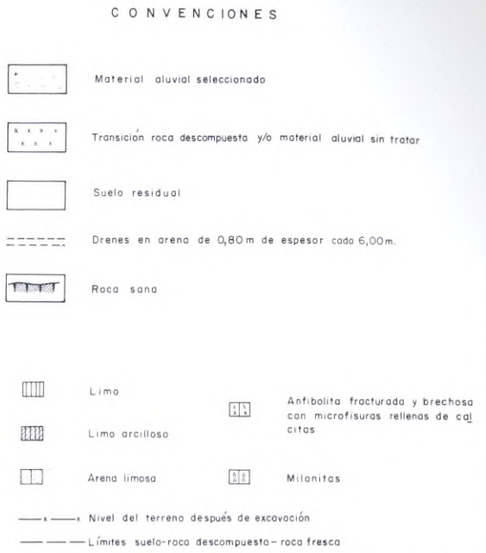
PRESA REGULADORA DE LOS SURIBIOS

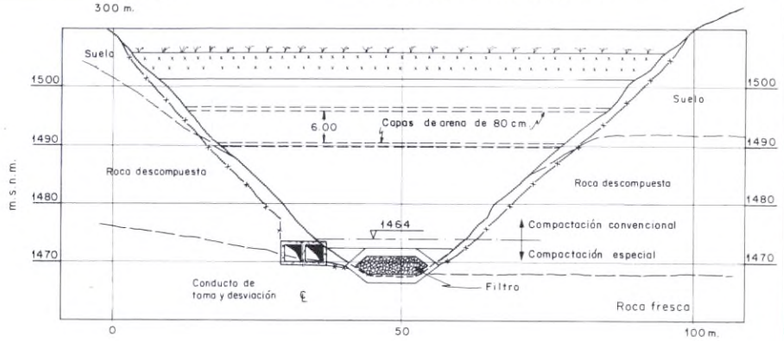
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	DICIEMBRE 1982
REFERENCIA:	DH - 21
PL. No.	3



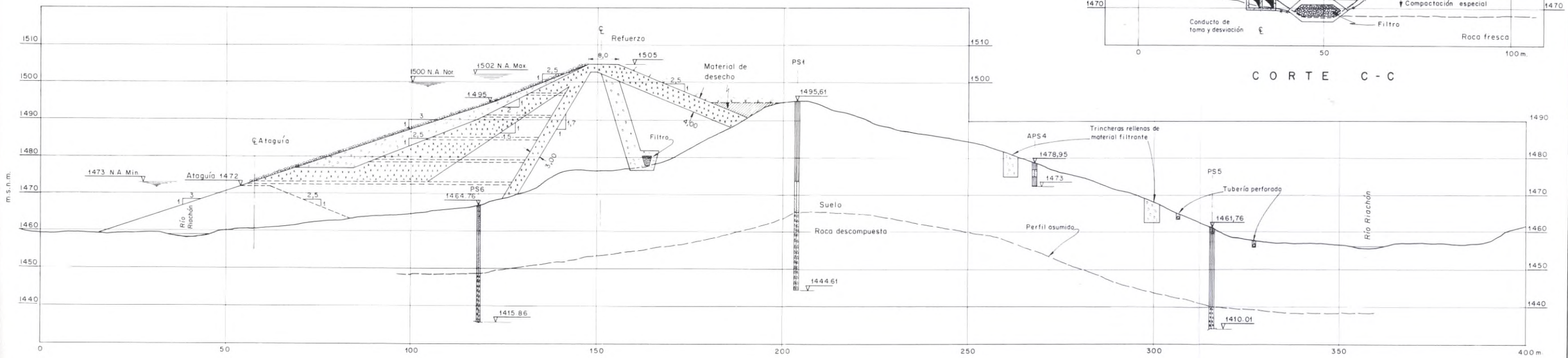
PRESA DE LOS SURIBIOS

C O R T E A - A





C O R T E C - C



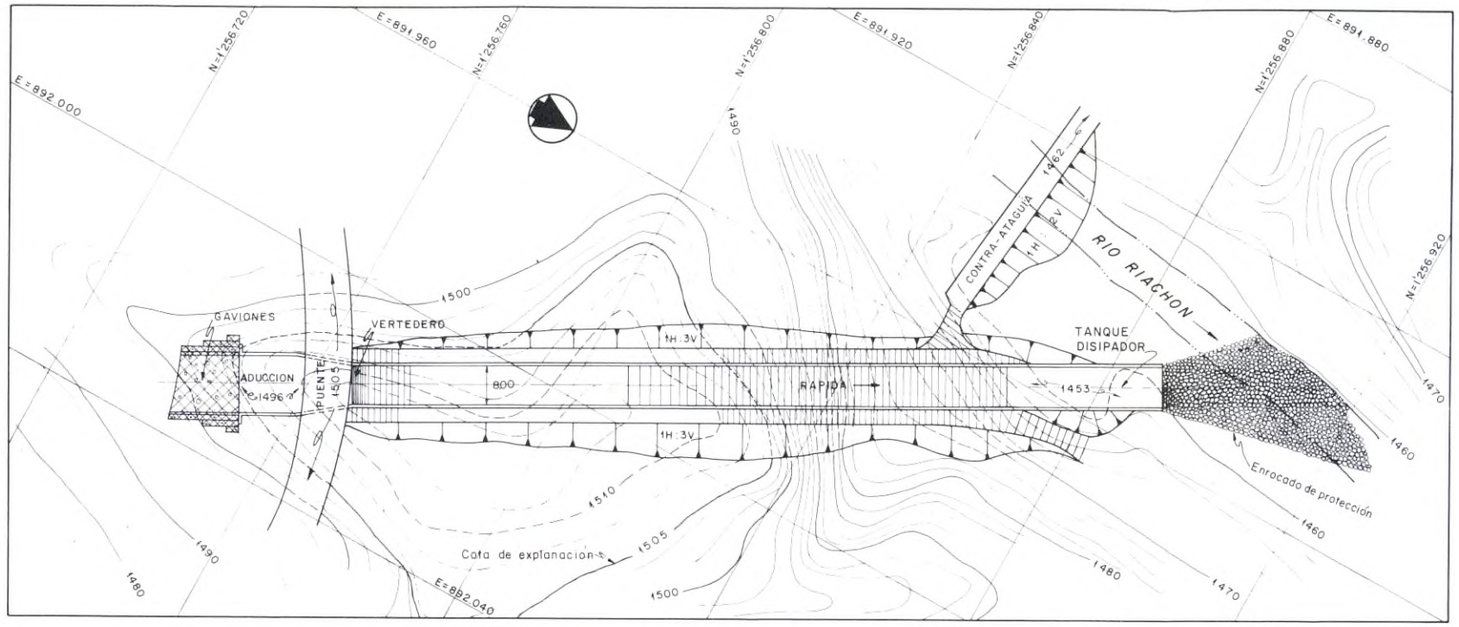
DIQUE DE REFUERZO - PRESA DE LOS SURIBIOS

C O R T E B - B

NOTAS

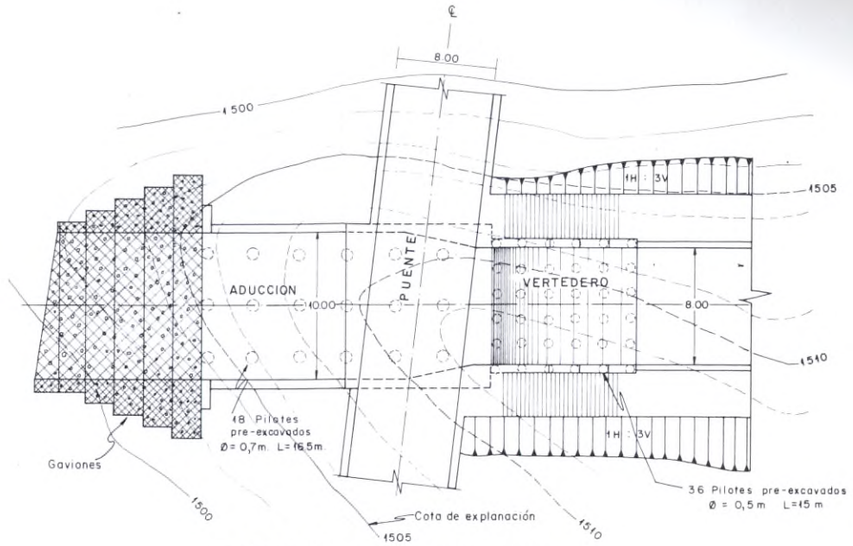
Los cortes AA y BB están senalados en el plano No. 3
No se indica conducto de desviación y toma
Las perforaciones fueron proyectadas a la sección por cotas
APS = Apique Suribios
PS = Perforación Suribios

APROBO: R. Oñoro	INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA. Ingenieros Consultores	EEPP DE MEDELLIN	EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN	PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON	ESCALA: Indicadas / FECHA: Diciembre de 1982
REVISO: A. González				PRESA DE LOS SURIBIOS - SECCIONES	REFERENCIA: DH-22 / PL. No. 4
DIBUJO: J. León					
DISEÑO: G. Angel					



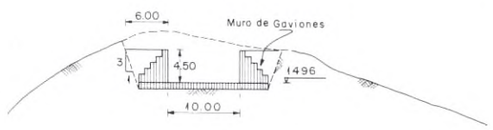
VERTEDERO Y RAPIDA - PLANTA

ESCALA - A



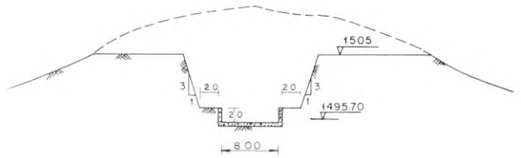
VERTEDERO Y ADUCCION - PLANTA

ESCALA - C



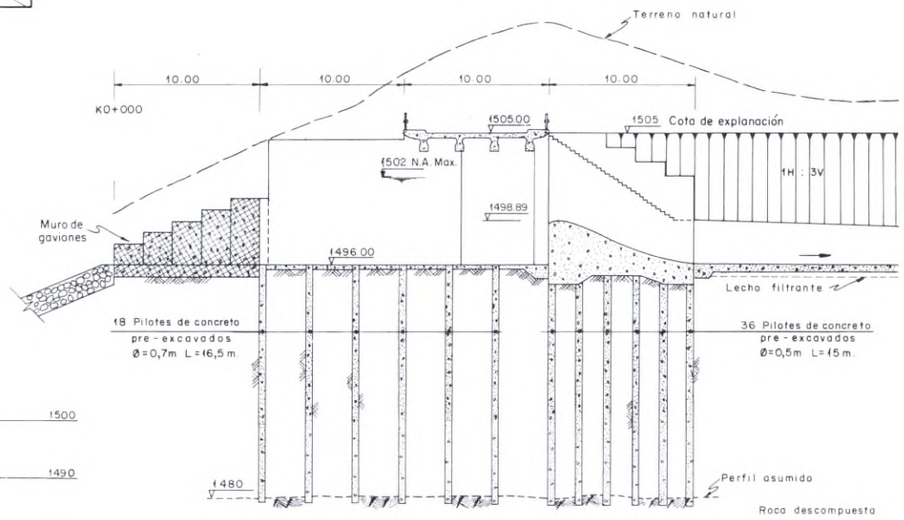
CORTE A-A

ESCALA - B



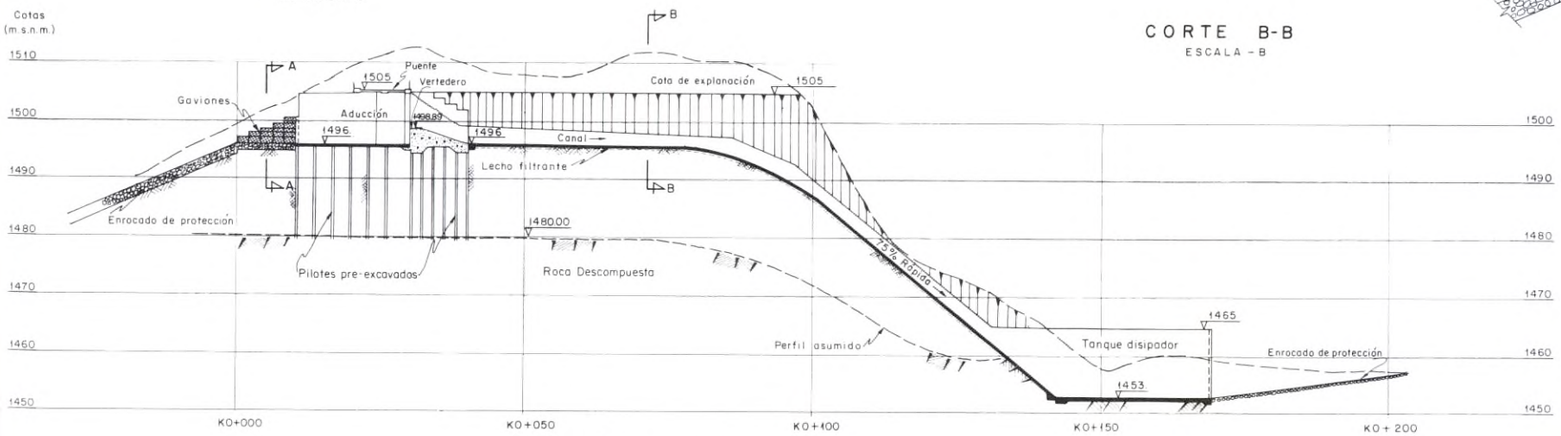
CORTE B-B

ESCALA - B



VERTEDERO Y ADUCCION - PERFIL LONGITUDINAL

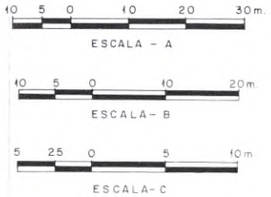
ESCALA - C



VERTEDERO Y RAPIDA

PERFIL LONGITUDINAL

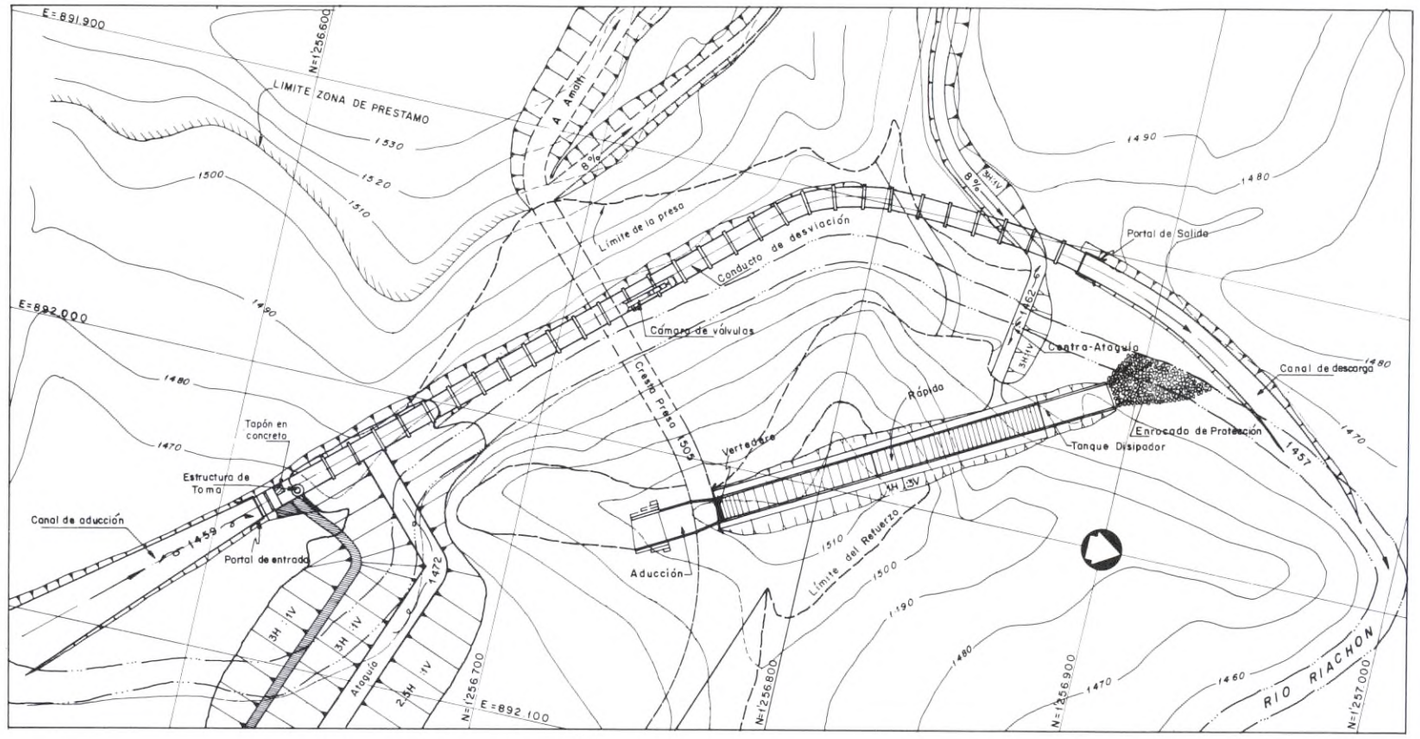
ESCALA - A



NOTAS

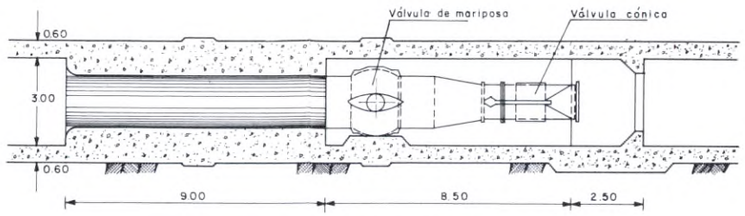
- Dimensiones en metros
- Las elevaciones tienen como referencia el nivel del mar.

APROBO: R. Oñoro REVISO: G. Castro A. González DIBUJO: R.H. Jamaica DISEÑO: T. Ochoa G. Angel	INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA. Ingenieros Consultores	EEPP DE MEDELLIN	EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN	PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON VERTEDERO PRESA LOS SURIBIOS PLANTA Y CORTES	ESCALA: INDICADAS FECHA: DICIEMBRE / 82 REFERENCIA: DH-23 PL. No. 5



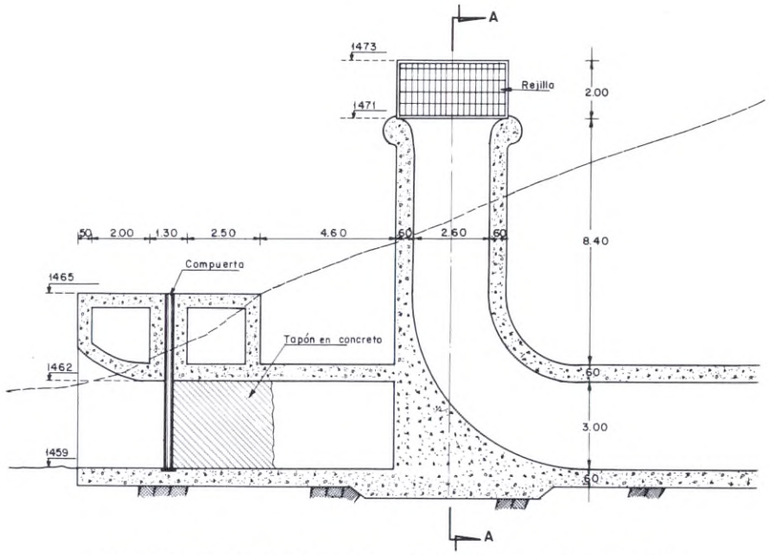
PLANTA

ESCALA – A



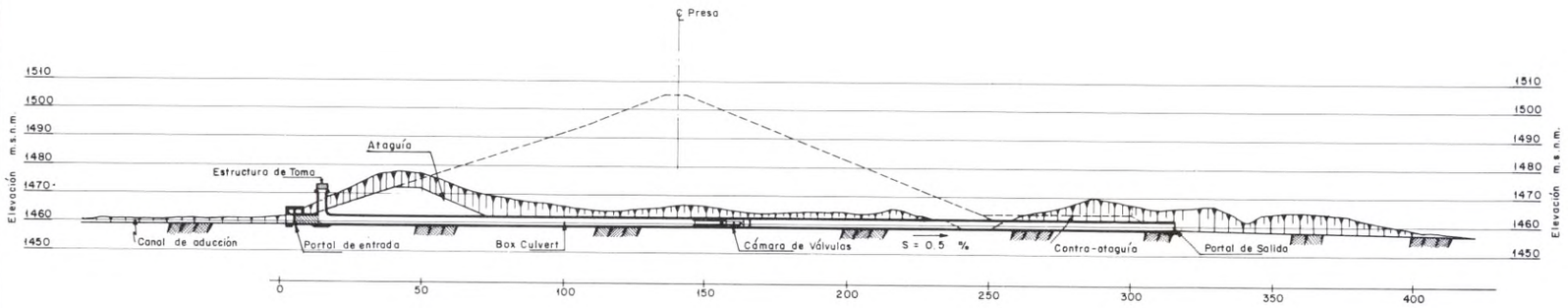
CAMARA DE VALVULAS

ESCALA – B



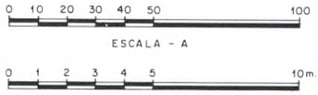
PORTAL DE ENTRADA PARA DESVIACION Y ESTRUCTURA DE TOMA

ESCALA – B



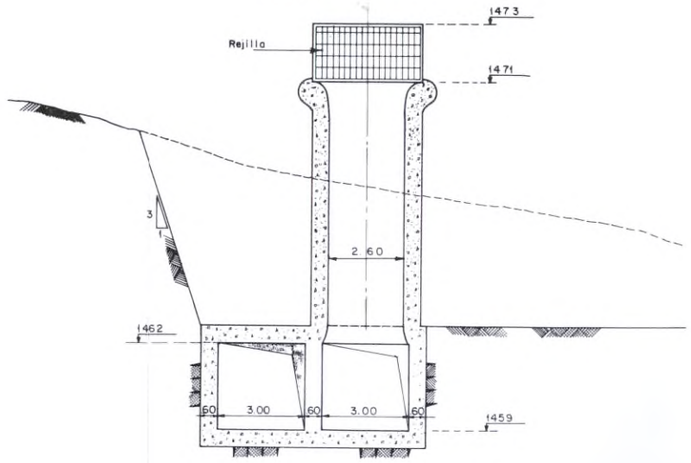
PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA – A



ESCALA – A

ESCALA – B



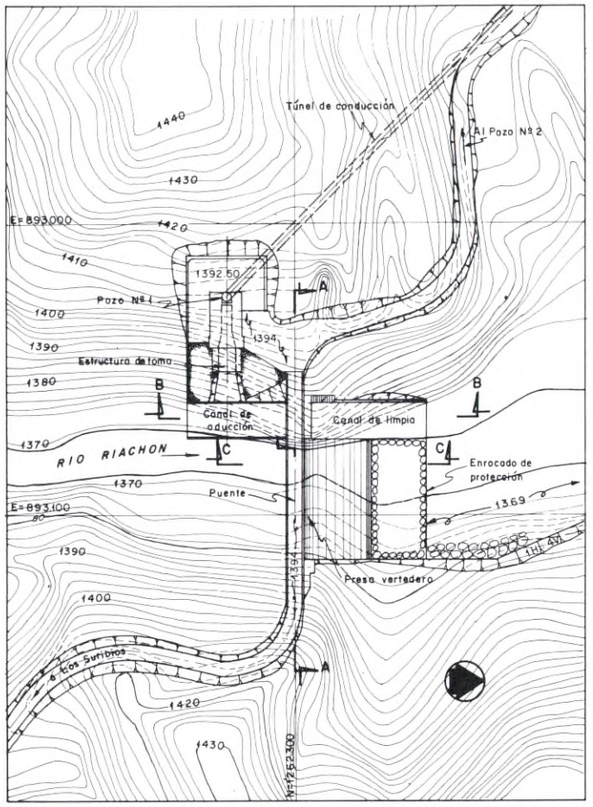
CORTE A–A

ESCALA – B

NOTAS:

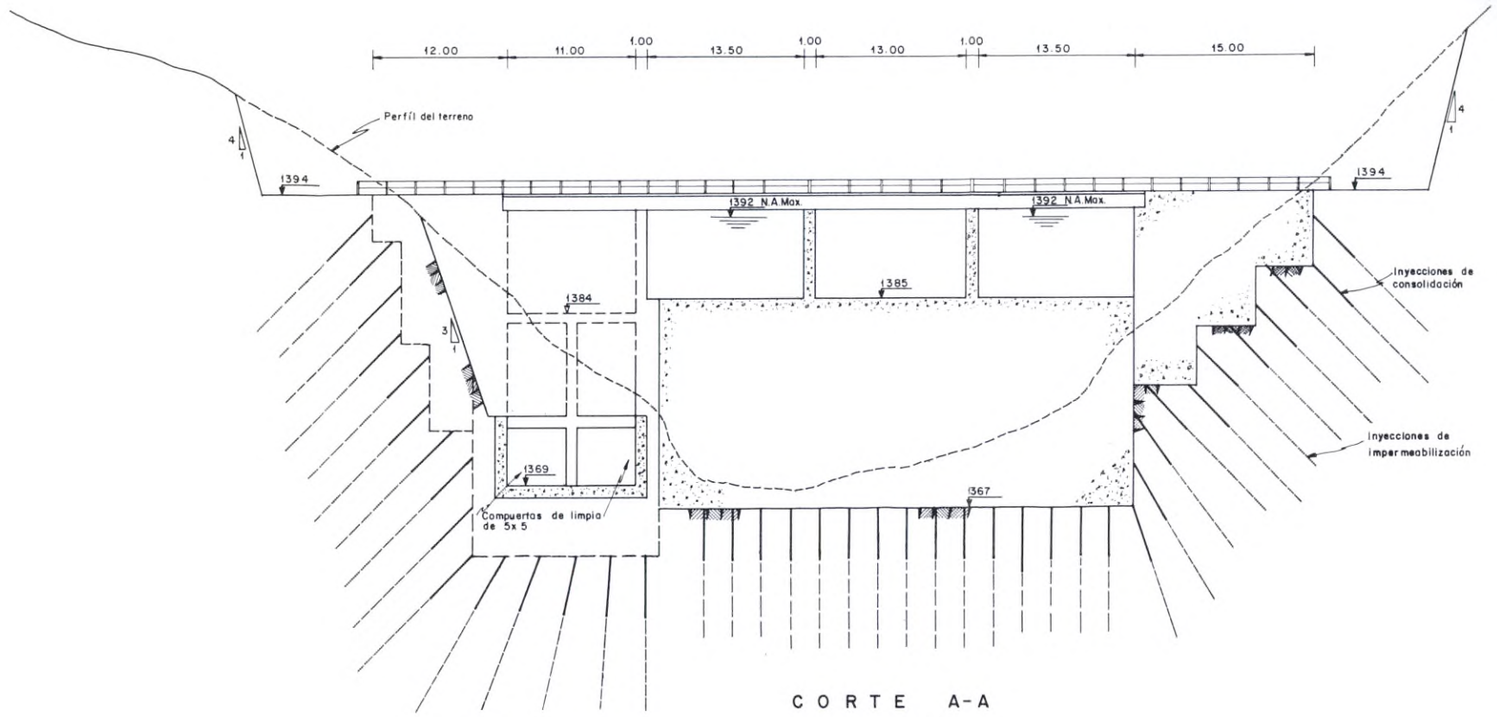
Dimensiones en metros
Elevaciones en metros sobre el nivel del mar.

APROBO: R. Oñoro	INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA. Ingenieros Consultores	EEPP DE MEDELLIN	EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN	PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON	ESCALAS: INDICADAS / FECHA: DICIEMBRE 1982
REVISO: G. Castro				PRESA LOS SURIBIOS	REFERENCIA: DH - 24
DIBUJO: M. M. Rodríguez				CONDUCTO DE DESVIACION Y DESCARGA	PL. No. 6
DISEÑO: R. Lozano T. Ochoa					



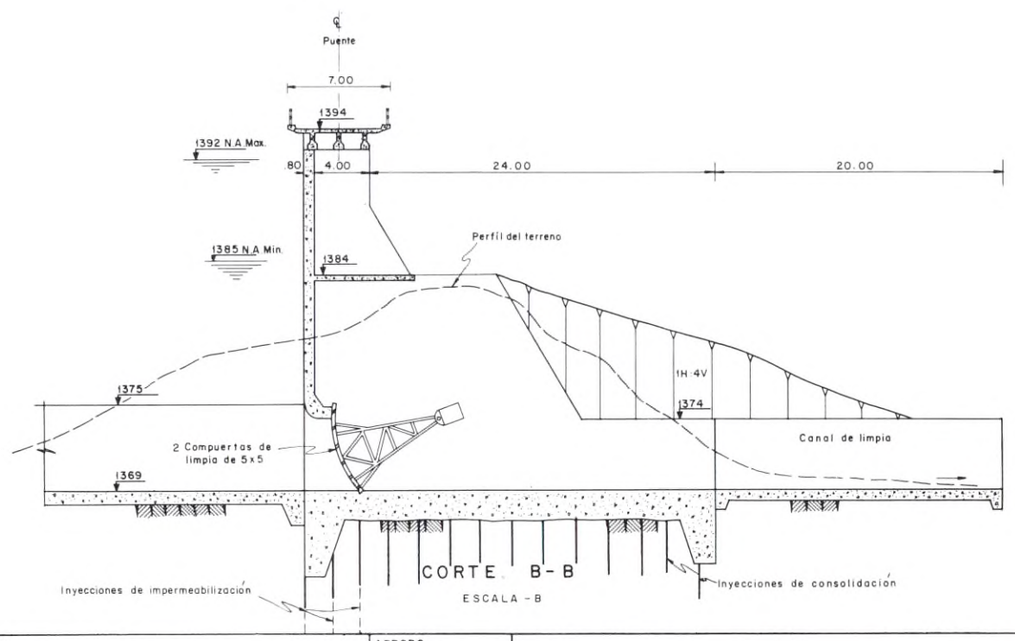
PLANTA GENERAL

ESCALA - A



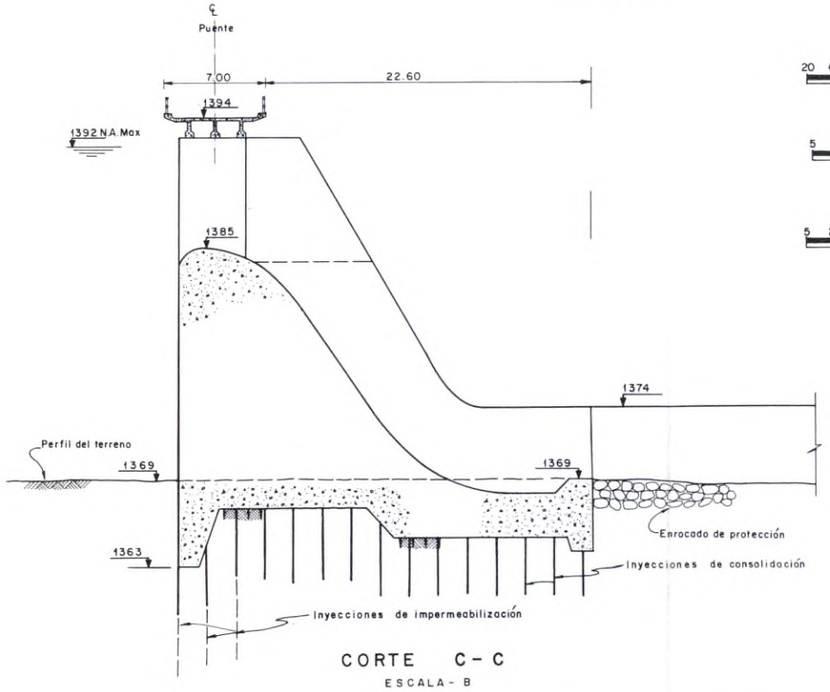
CORTE A-A

ESCALA - C



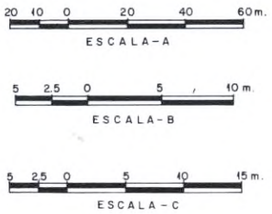
CORTE B-B

ESCALA - B



CORTE C-C

ESCALA - B



NOTAS:
- Dimensiones en metros.
- Detalles de la estructura de toma en el plano No. 8
- Los inyecciones se indican esquematicamente.
- Elevaciones en metros sobre el nivel del mar.

APROBO:	R. Oñoro
REVISO:	G. Castro
DIBUJO:	M.M. Rodriguez
DISEÑO:	R. Lozano J. Mora

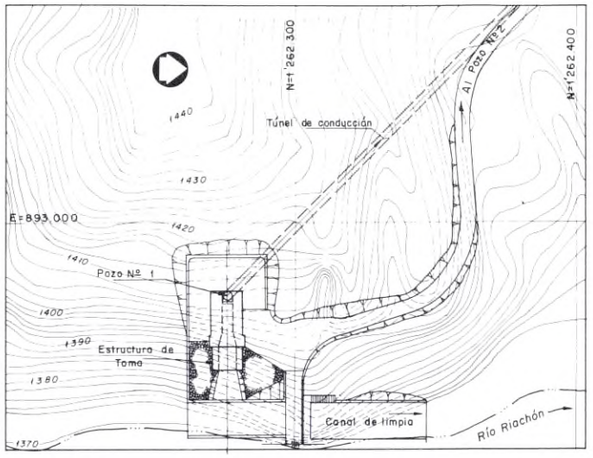
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA.
Ingenieros Consultores

EEPP DE MEDELLIN — EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

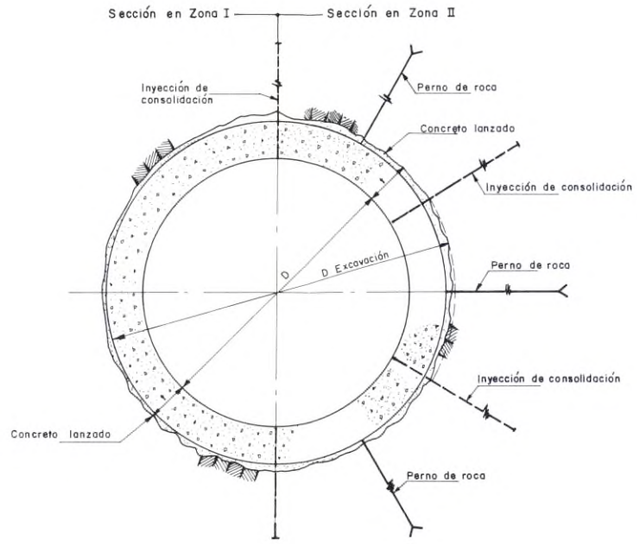
PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

PRESA DERIVADORA DE BODEGA VIEJA
PLANTA Y CORTES

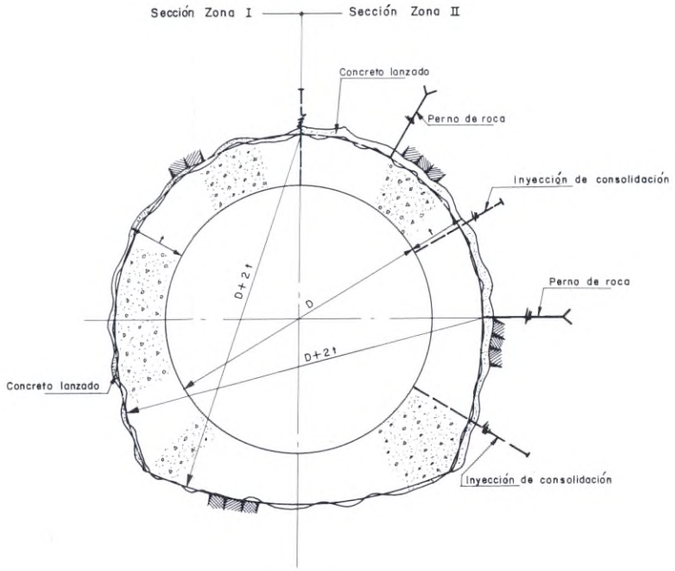
ESCALAS:	INDICADAS
FECHA:	DICIEMBRE 1982
REFERENCIA:	DH-25
PL. No.	7



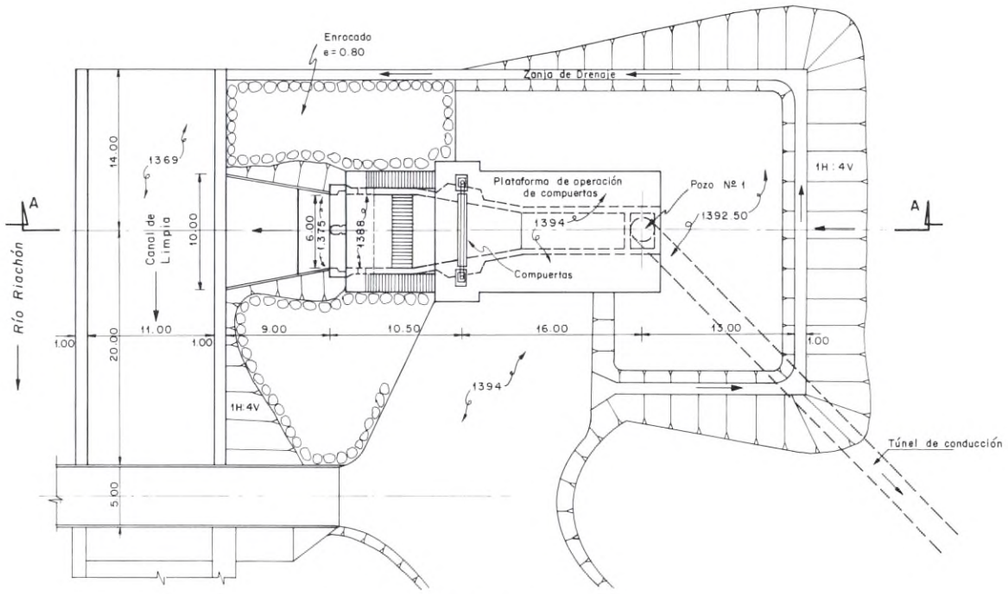
TOMA
PLANTA GENERAL
ESCALA — A



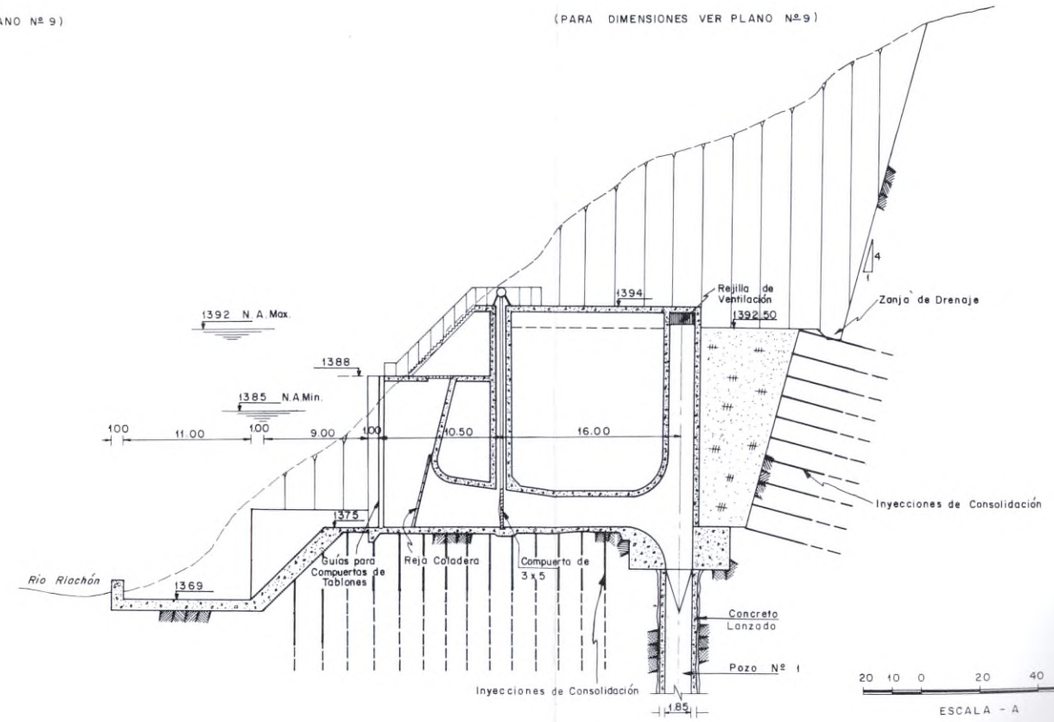
POZO Nº 1
(VEASE CUADRO DE DIMENSIONES EN EL PLANO Nº 9)



TUNEL TRAMO 1
(PARA DIMENSIONES VER PLANO Nº 9)



ESTRUCTURA DE TOMA
PLANTA
ESCALA — B

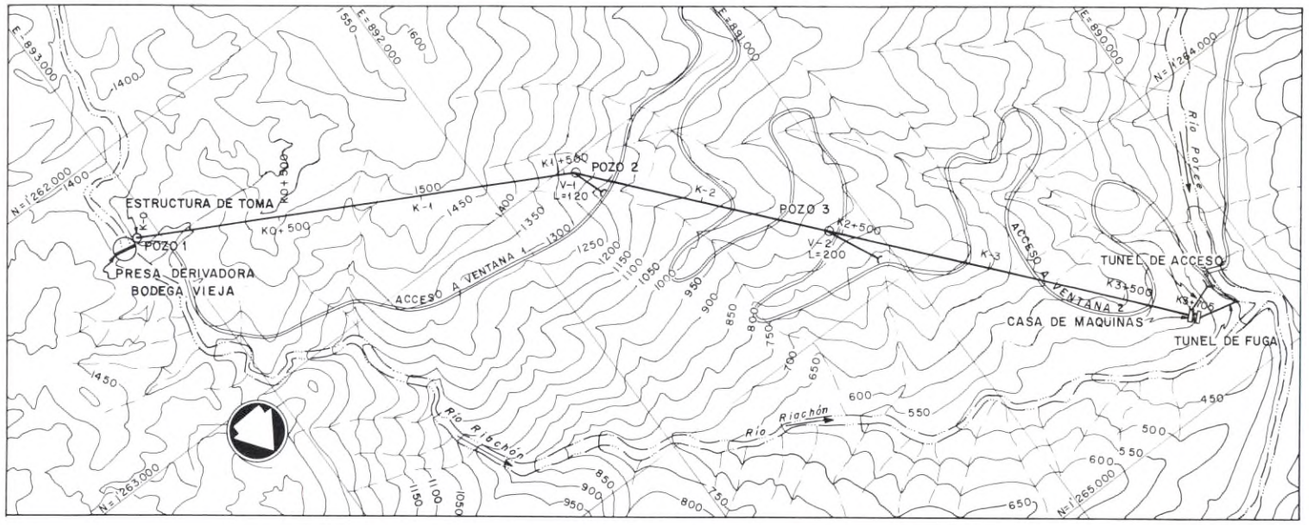


CORTE A-A
ESCALA — B

20 10 0 20 40 60m
ESCALA - A

5 2.5 0 5 10 15m
ESCALA — B

NOTAS Ver localización de Zonas I y II en el perfil mostrado en el Plano Nº 9 Dimensiones en metros. Las inyecciones figuran solo esquemáticamente.	APROBO: R. Oñoro REVISO: G. Castro DIBUJO: M.M. Rodríguez DISEÑO: J. Mora G. Angel	INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA. Ingenieros Consultores	EEPP DE MEDELLIN EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN	PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON CONDUCCION ESTRUCTURA DE TOMA Y SECCIONES DEL TUNEL Y POZO Nº 1	ESCALAS: INDICADAS REFERENCIA: DH - 26 FECHA: DICIEMBRE 1982 PL. No. 8

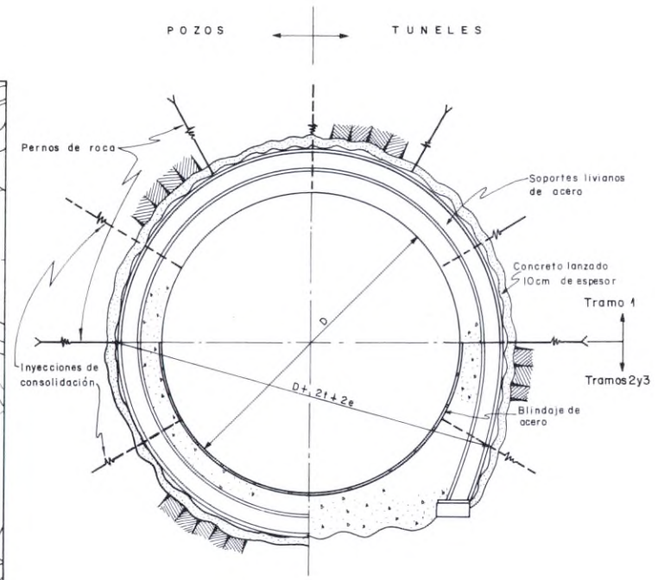


PLANTA

ESCALA - A

0 100 200 300 400 500 600m

ESCALA - A

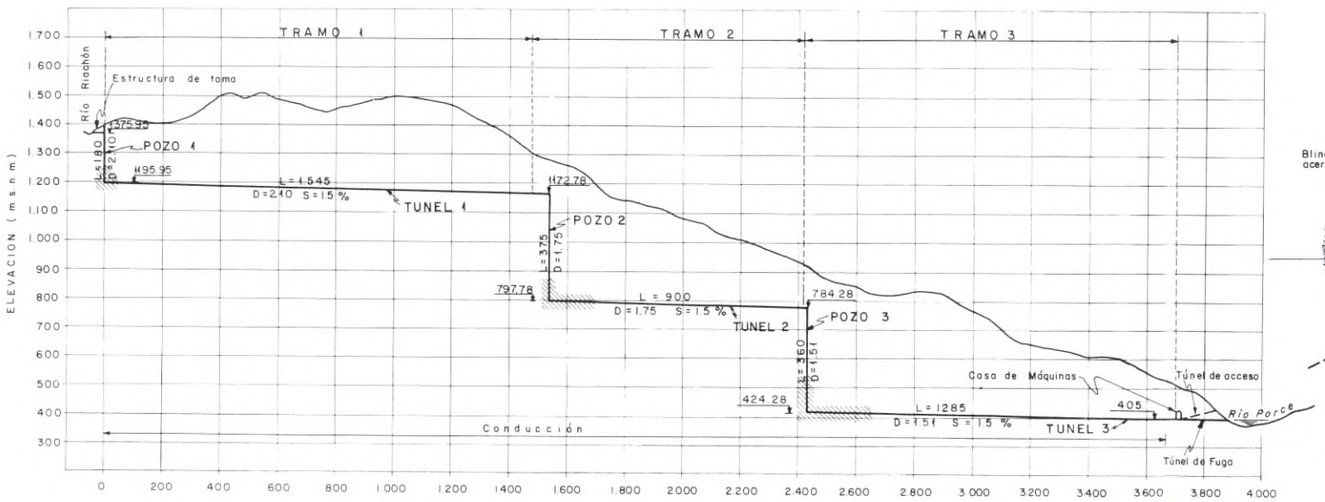


SECCION TUNELES Y POZOS EN ZONAS DE FALLA O ROCA DESCOMPUESTA

DIMENSIONES CONDUCCION

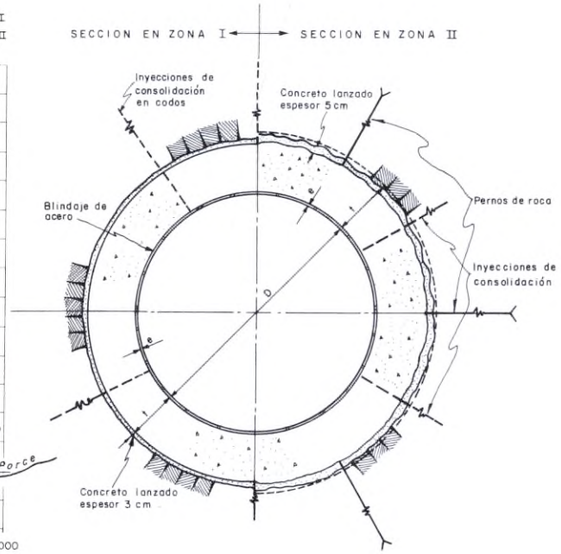
TUNEL No	TUNELES					
	Sin Desviaciones			Con desv. Q Caracolí + Q La Víbora		
	D (m)	t (m)	e (m.m.)	D (m)	t (m)	e (m.m)
1	2.10	0.25	—	2.10	0.25	—
2	1.75	0.41	15 *	1.75	0.41	15 *
3	1.51	0.514	31	1.65	0.441	34

POZO No	POZOS					
	Sin Desviaciones			Con desv. Q Caracolí + Q La Víbora		
	D (m)	t (m)	e (m.m.)	D (m)	t (m)	e (m.m)
1	2.10	0.25	—	2.10	0.25	—
2	1.75	0.308	17 **	1.75	0.308	17 **
3	1.51	0.417	28	1.65	0.344	31

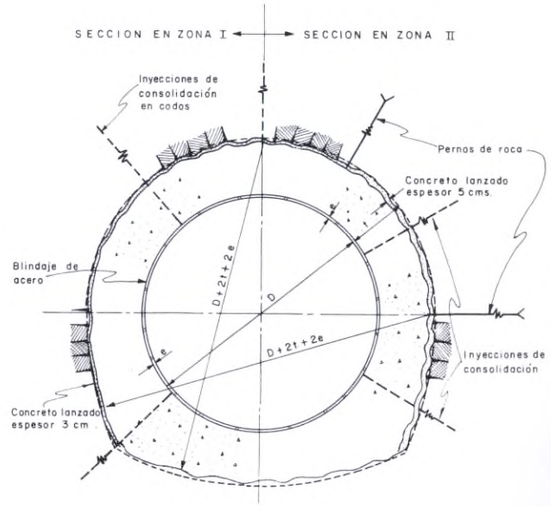


PERFIL LINEA DE CONDUCCION

ESCALA - A



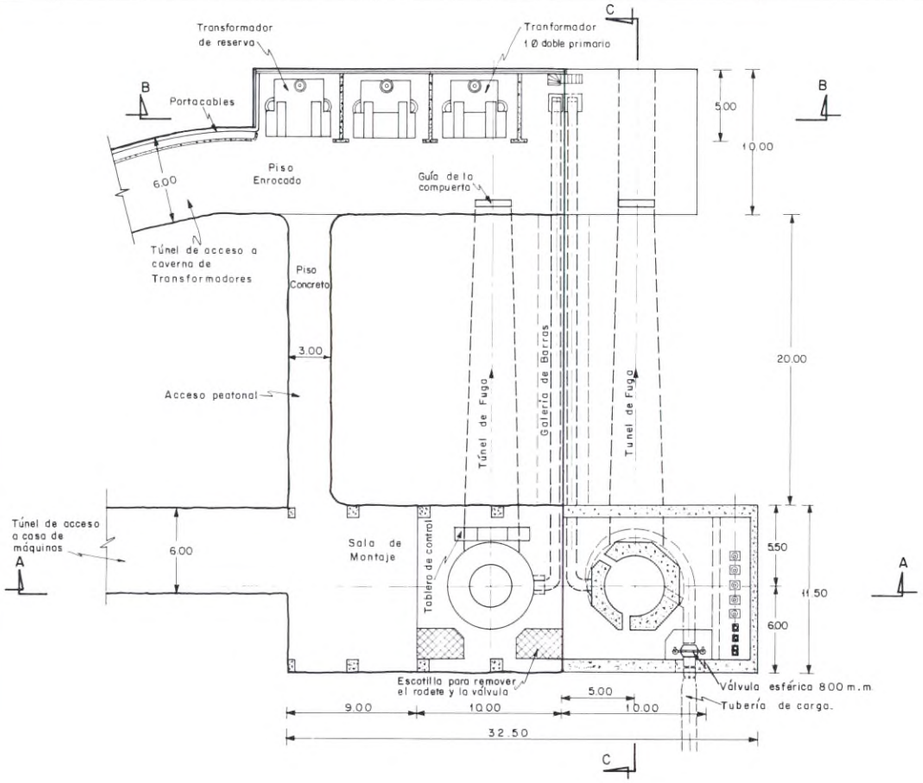
POZOS 2 y 3



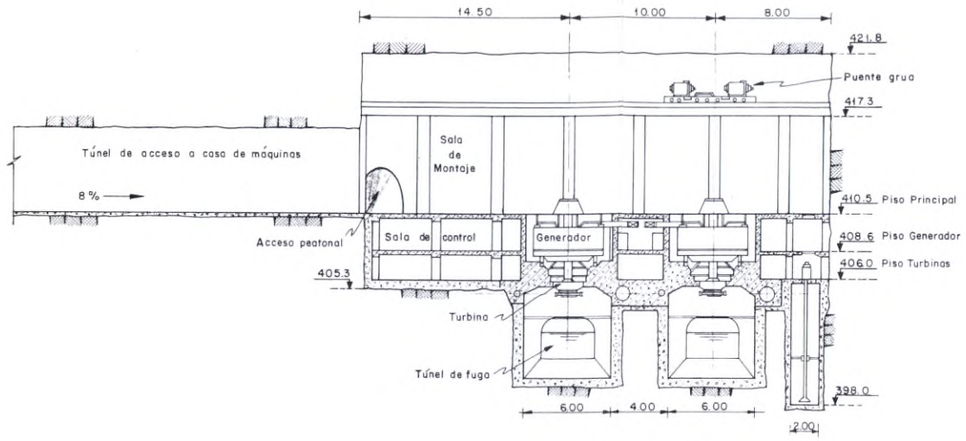
TUNEL TRAMOS 2 y 3

NOTAS
- Dimensiones en metros.
- Para los diametros de la conducción ver cuadro de dimensiones en este mismo plano.
- Las secciones de la conducción en el tramo 1 y pozo No 1 se encuentran en el plano No 8.
- Ver accesos a las ventanas de construcción en el plano No 20.
- * Rigidizantes cada 50 cm aproximadamente
- ** Rigidizantes cada 30 cm aproximadamente.

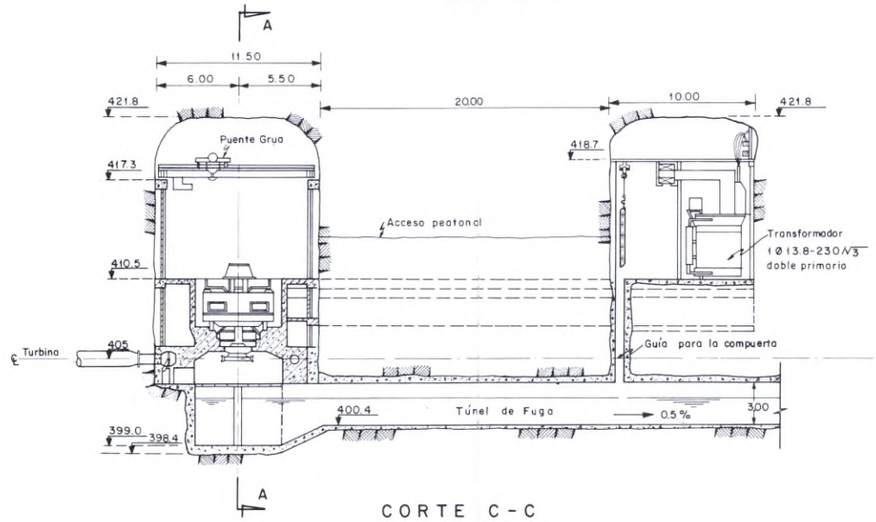
APROBO R. Oñoro REVISO G. Castro DIBUJO R.H.Jamaica M.M.R. DISEÑO J.Mora M.M. Uribe	INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA. Ingenieros Consultores	EEPP DE MEDELLIN	EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN	PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON CONDUCCION PLANTA Y PERFIL - SECCIONES TUNELES Y POZOS	ESCALA: INDICADAS FECHA: DICIEMBRE 1.982 REFERENCIA: DH - 27 PL. No 9



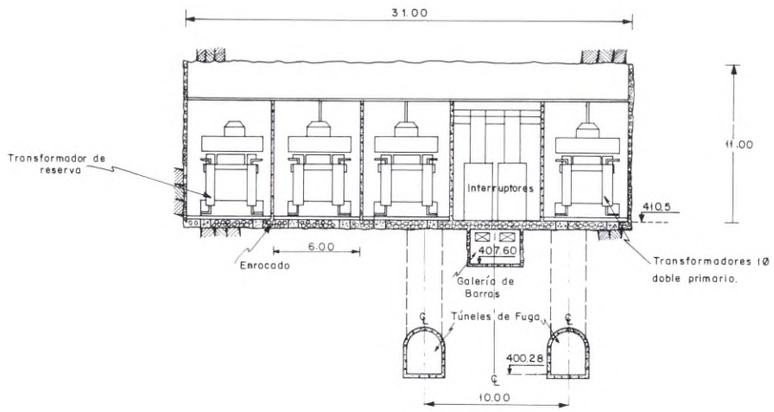
PLANTA



CORTE A - A



CORTE C - C



CORTE B-B

CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES			
ALTERNATIVAS	TURBINAS	GENERADORES	TRANSFORMADORES
BASICA: Aprovechamiento RIACHON regulado en los SURIBIOS. Caudal Diseño: 10,6 m^3/s	Número de Unidades 2 Tipo Pelton Eje Vertical Potencia 45 M.W. Caída de Diseño 920 m. Velocidad Nominal 600 R.P.M.	Número de Unidades 2 Tipo Eje Vertical Potencia Nominal 45 MVA Factor de Potencia 0.9 Velocidad Nominal 600 R.P.M. Frecuencia 60 Hz Voltaje 13.8 K.V.	Número de Unidades 3 Tipo 1 Ø Doble Primario Refrigeración F.O.W. Potencia Nominal 30 M.V.A. Voltaje Alta Tensión 230/√3 KV Voltaje Baja Tensión 13,8 - 13,8 KV Conexión Δ/Y
Desviación Quebrada Caracolí Caudal Diseño: 12,6 m^3/s.	Potencia 50	Potencia 50 MVA	Potencia 33 MVA
Desviación Quebrada Caracolí y La Víbora. Caudal Diseño 13,5 m^3/s	Potencia 55 MW.	Potencia 55 MVA	Potencia 37 MVA

0 5 10 15 20m.

ESCALA

NOTAS:

Dimensiones en metros.

Elevaciones en metros sobre el nivel del mar.

Secciones de túneles de fuga en el Plano Nº 11

Ver localización de Casa de Máquinas en el Plano Nº 11

APROBO:	R. Oñoro
REVISO:	G. Gómez
DIBUJO:	M. M. Rodríguez
DISEÑO:	G. Gómez

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA.
Ingenieros Consultores

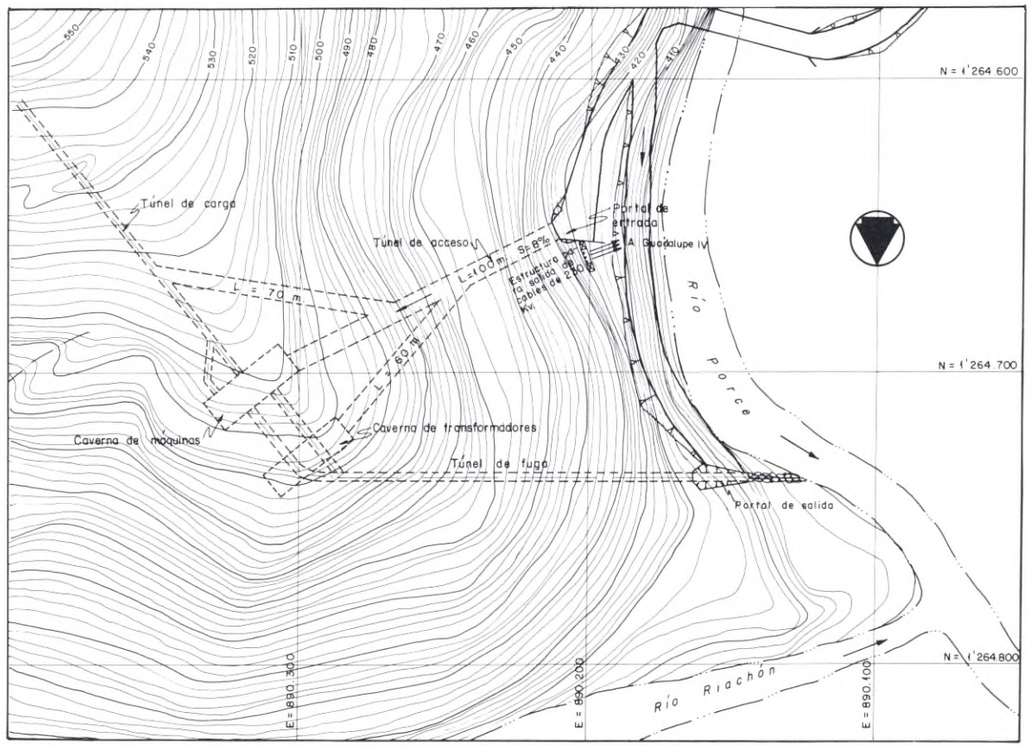
EEPP de MEDELLIN

EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

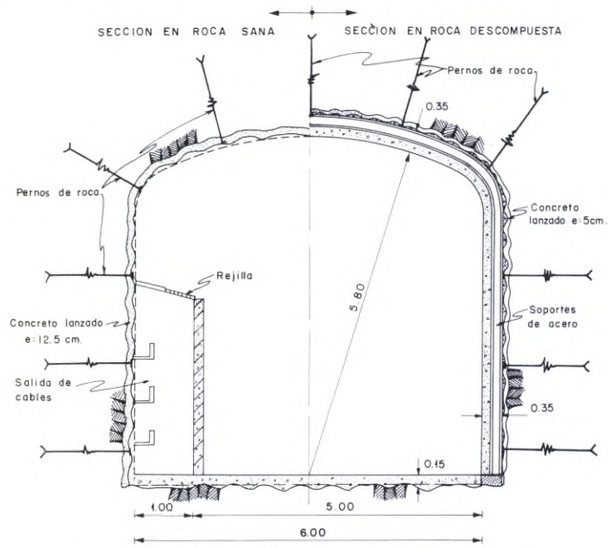
CASA DE MAQUINAS
PLANTA Y CORTES

ESCALA:	INDICADA
FECHA:	DICIEMBRE 1982
REFERENCIA:	DH - 28
PL. No.	10



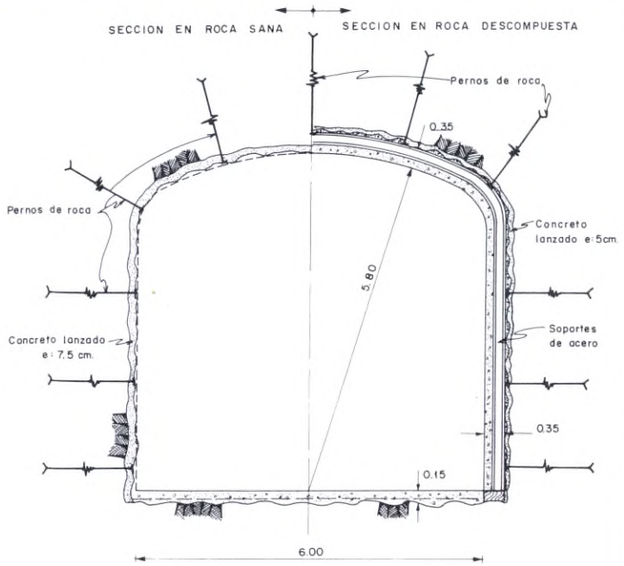
PLANTA GENERAL - CASA DE MAQUINAS Y TUNELES DE ACCESO Y FUGA

ESCALA - A



TUNEL DE ACCESO A CASA DE MAQUINAS

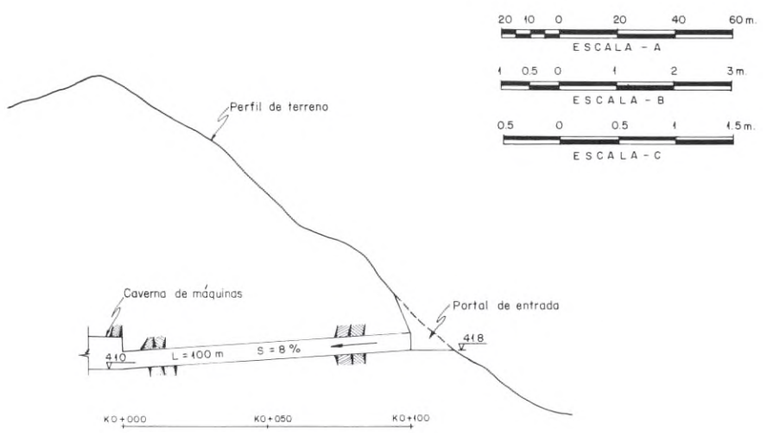
ESCALA - B



VENTANAS DE CONSTRUCCION

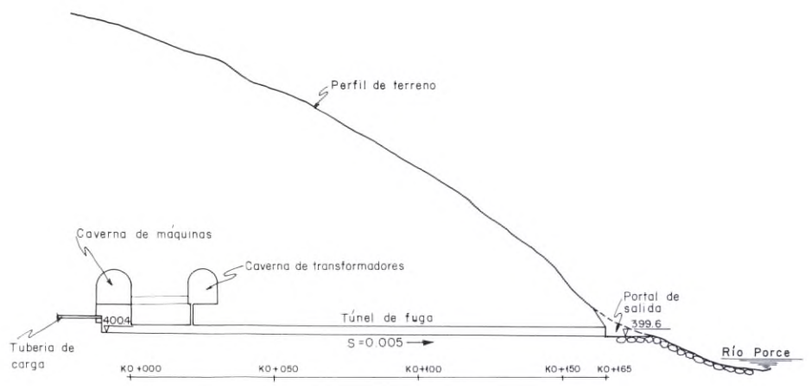
ESCALA - B

DIMENSIONES DEL TUNEL DE FUGA				
ALTERNATIVA	Q m^3/s	b m	r m	Y m
Sin desviaciones	10.6	2.30	1.15	1.69
Con desviación Quebrada Caracolí	12.0	2.50	1.25	1.70
Con desviación Quebrada Caracolí más desviación Quebrada La Víbora	13.6	2.80	1.40	1.68



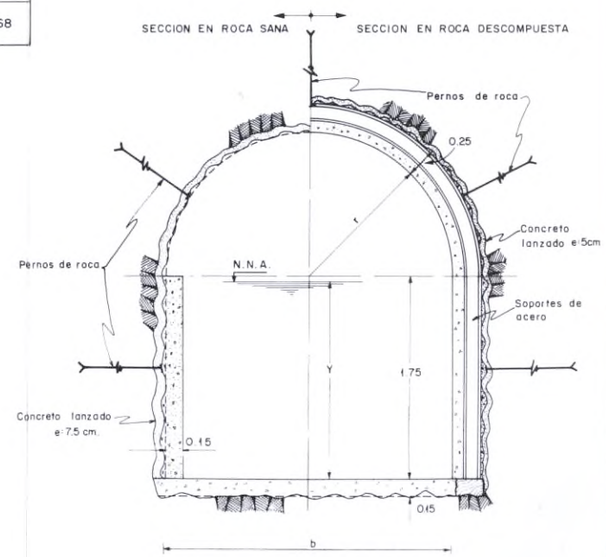
PERFIL TUNEL DE ACCESO A CASA DE MAQUINAS

ESCALA - A



PERFIL TUNEL DE FUGA

ESCALA - A



TUNEL DE FUGA

ESCALA - C

NOTAS:
- Dimensiones en metros.
- Ver localización de ventanas de construcción en el plano Nº 9.
- Ver detalles de la casa de máquinas en el Plano Nº 10

APROBO:	R. Oñoro
REVISO:	J. Mora G. Gómez
DIBUJO:	M.H. Rojas
DISEÑO:	M.M. Uribe

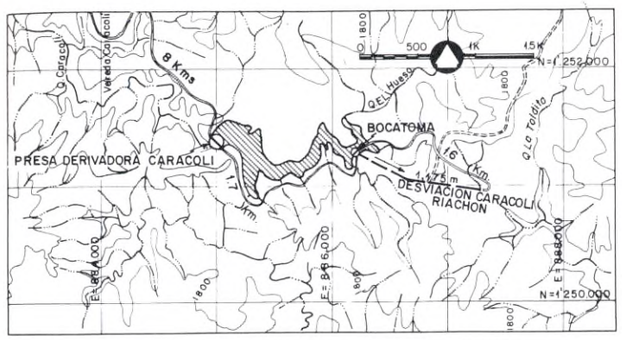
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA.
Ingenieros Consultores

EEPP DE MEDELLIN — EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

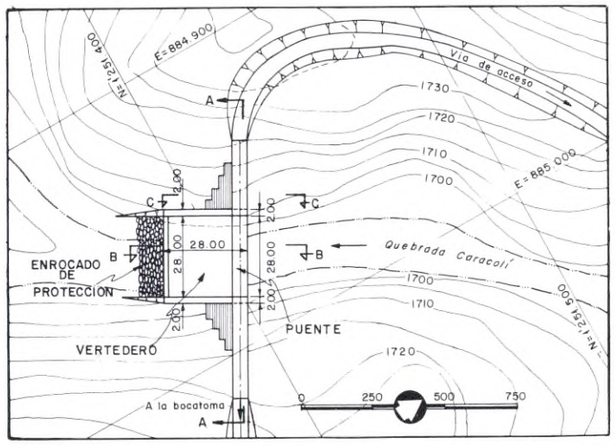
PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

CASA DE MAQUINAS
TUNELES DE ACCESO Y FUGA

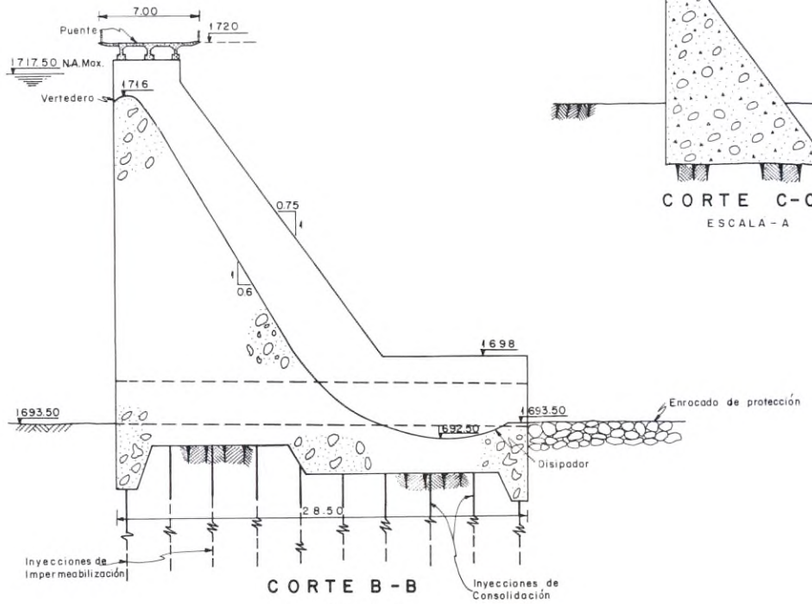
ESCALA:	Indicadas
FECHA:	DICIEMBRE 1982
REFERENCIA:	DH - 29
PL. No.	11



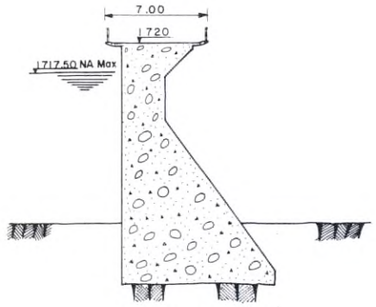
DESVIACION QUEBRADA CARACOLI
LOCALIZACION



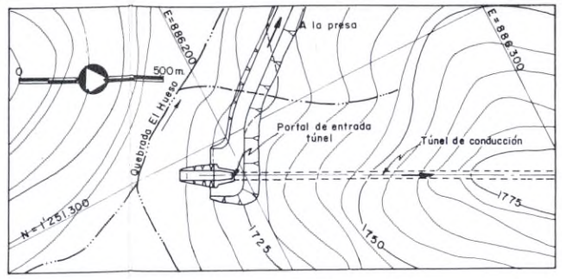
PRESA DESVIACION QUEBRADA CARACOLI



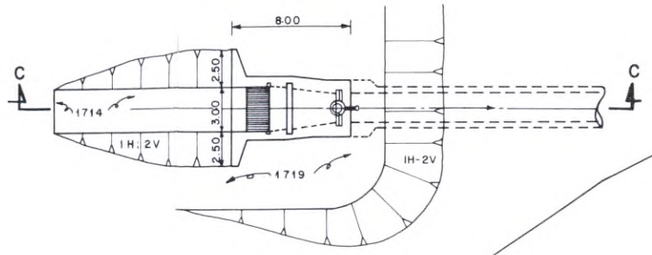
CORTE B-B
ESCALA-A



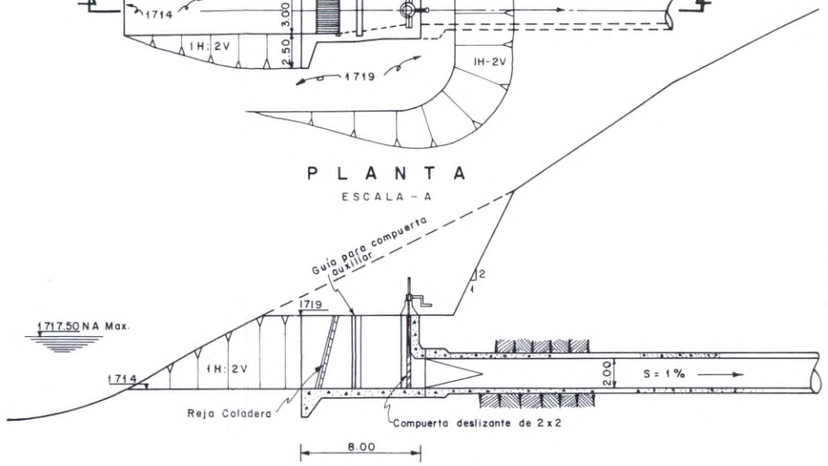
CORTE C-C
ESCALA-A



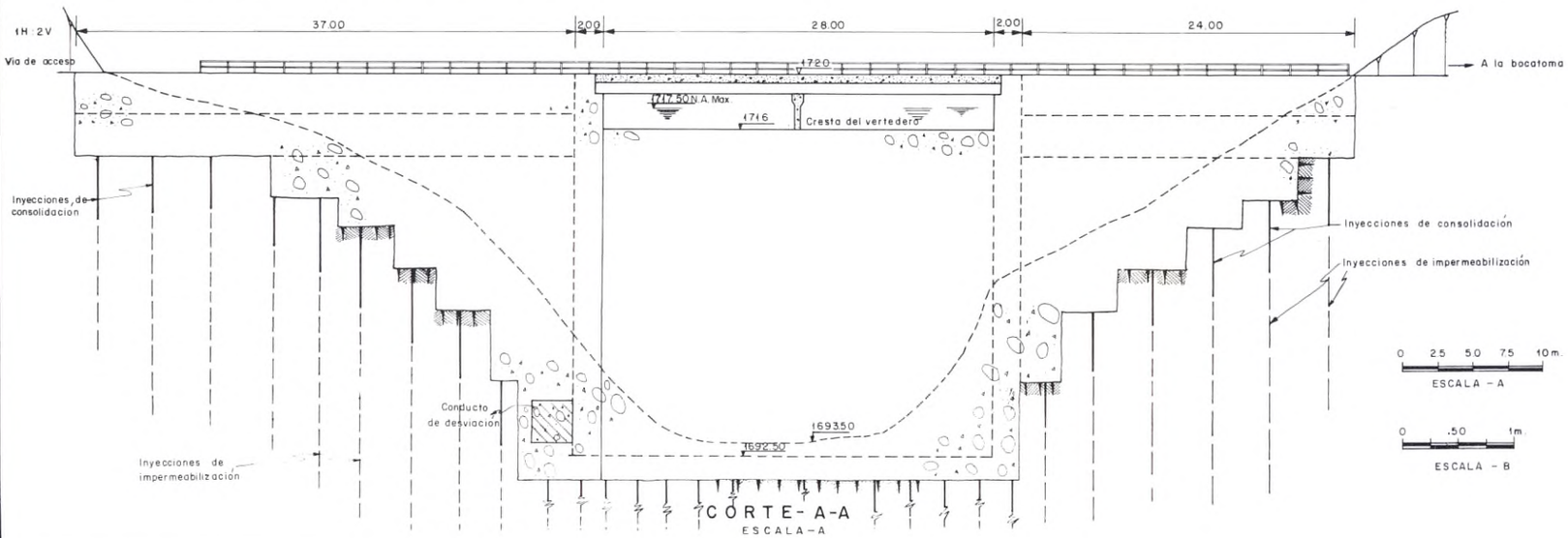
BOCATOMA
PLANTA GENERAL



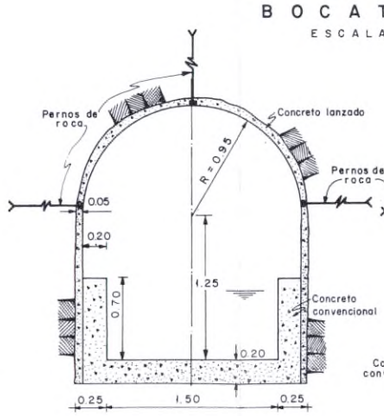
PLANTA
ESCALA-A



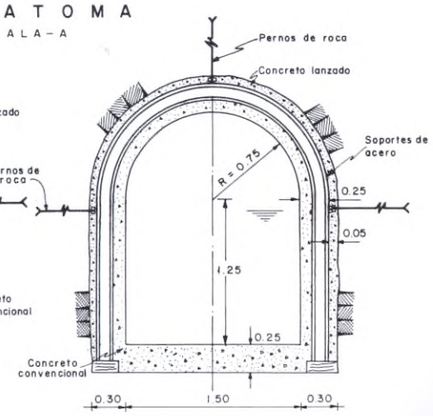
CORTE C-C
BOCATOMA
ESCALA-A



CORTE-A-A
ESCALA-A



SECCION EN ROCA SANA
ESCALA-B



SECCION EN
ROCA DESCOMPUESTA O FRACTURADA
ESCALA-B

SECCIONES TIPICAS PARA TUNELES DE DESVIACION

NOTAS
Dimensiones en metros
Las inyecciones se indican esquemáticamente

APROBO	R. Oñoro
REVISO	G. Castro
DIBUJO:	M C Fandiño
DISEÑO	J. Mora M.M. Uribe

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA.
Ingenieros Consultores

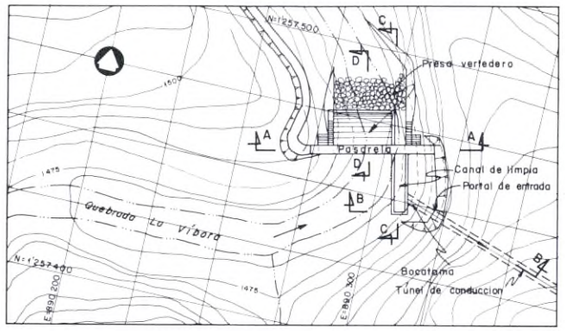
EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

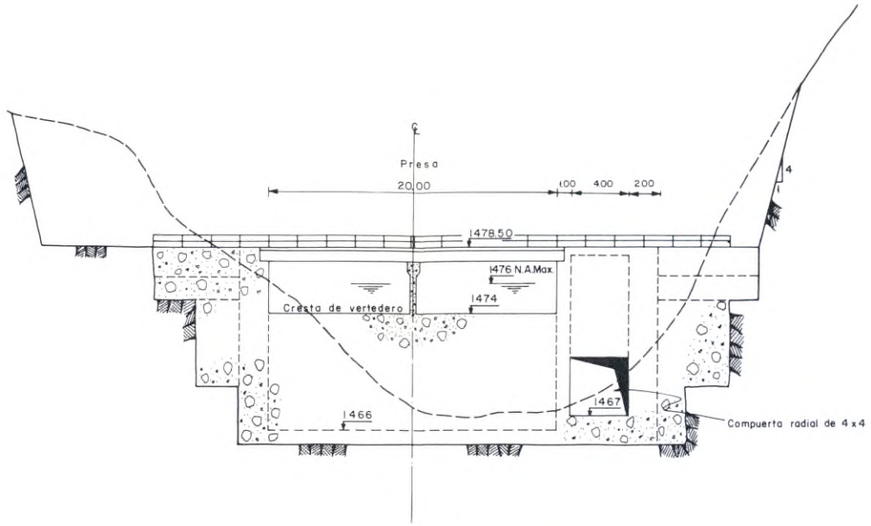
DESVIACION QUEBRADA CARACOLI
LOCALIZACION - PLANTA Y CORTES

ESCALA: INDICADAS
FECHA: DICIEMBRE 1.982
REFERENCIA: DH-30
PL. No. 12

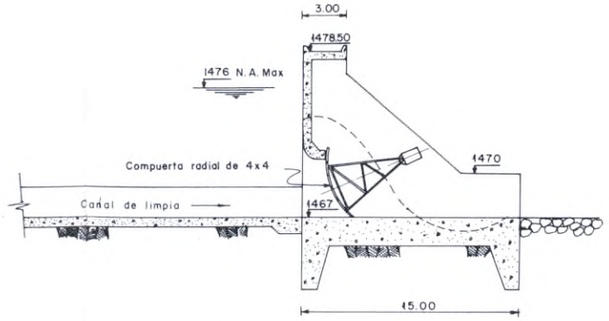
DESVIACION QUEBRADA LA VIBORA
LOCALIZACION
ESCALA - A



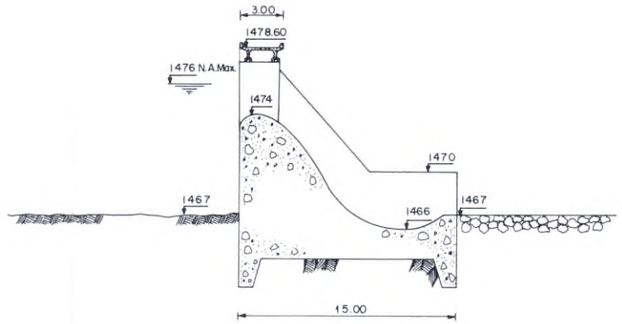
PRESA Y BOCATOMA
PLANTA
ESCALA-B



CORTE A-A
ESCALA - C



CORTE C-C
ESCALA - C



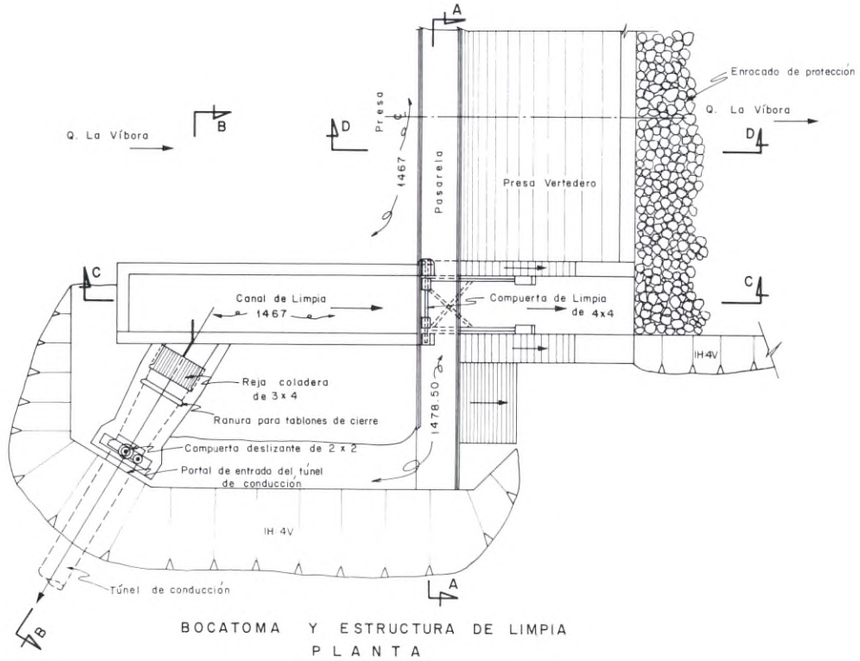
CORTE D-D
ESCALA-C

0.5 0 0.5 1 1.5 Km.
ESCALA - A

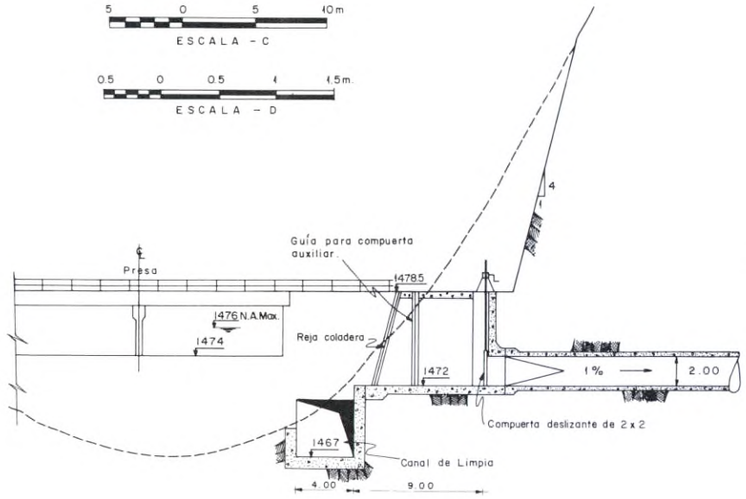
20 10 0 20 40 60 m
ESCALA - B

5 0 5 10 m
ESCALA - C

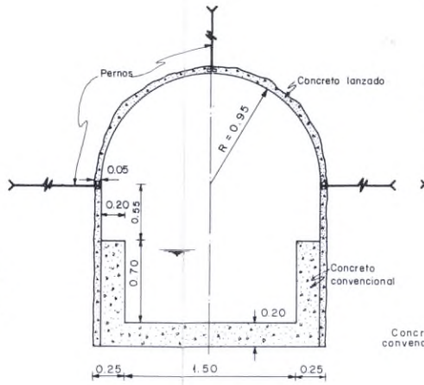
0.5 0 0.5 1 1.5 m.
ESCALA - D



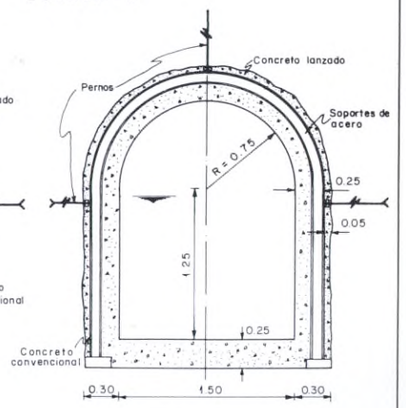
BOCATOMA Y ESTRUCTURA DE LIMPIA
PLANTA
ESCALA-C



CORTE B-B
ESCALA - C



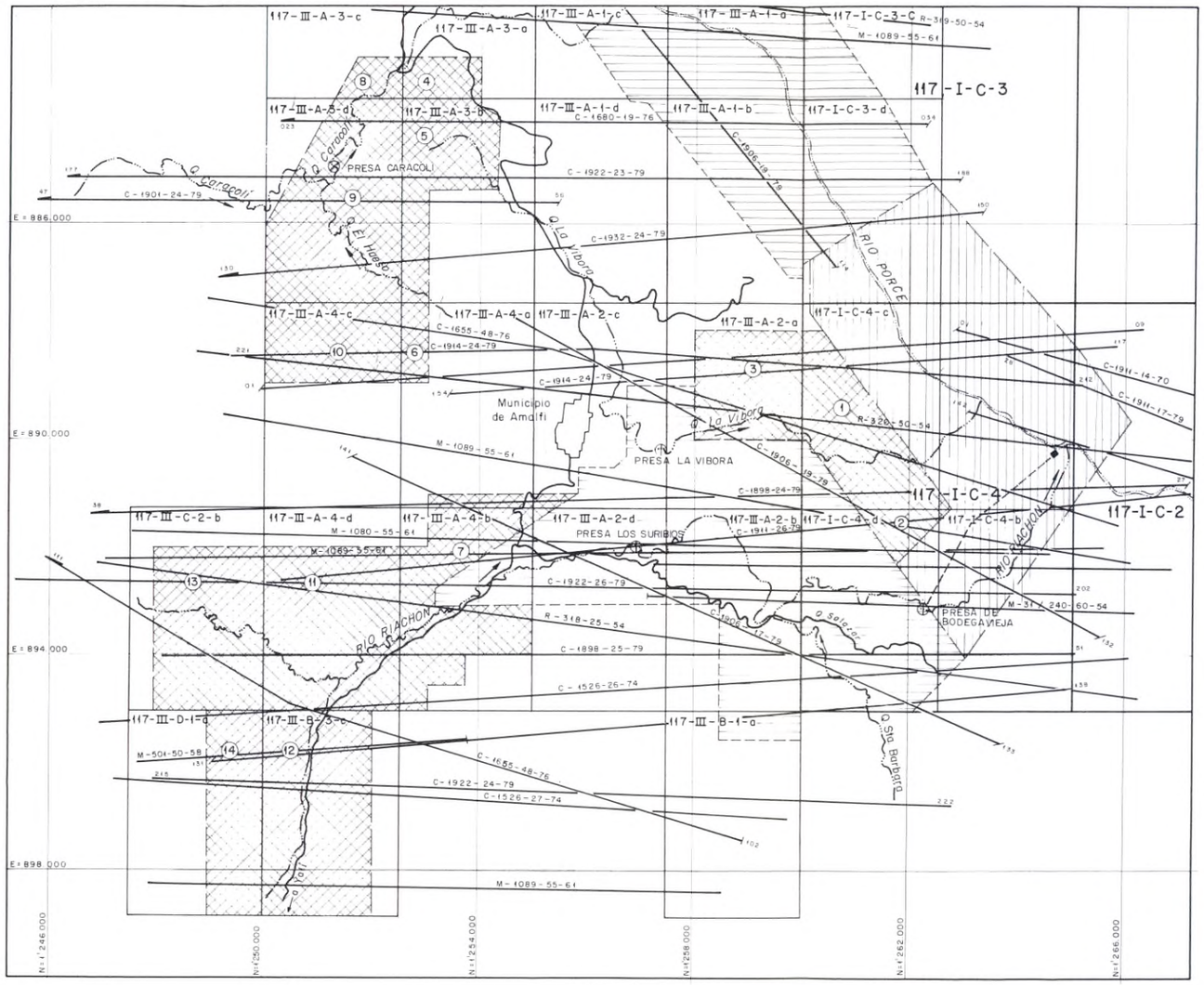
SECCION EN ROCA SANA
ESCALA - D



SECCION EN
ROCA DESCOMPUESTA O FRACTURADA
ESCALA - D

SECCIONES TIPICAS PARA TUNELES DE DESVIACION

NOTAS: Dimensiones en metros.	APROBO: R. Oñoro REVISO: J. Mora DIBUJO: M.H. Rojas DISEÑO: J.Mora M.M.Uribe	INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA. Ingenieros Consultores	EEPP DE MEDELLIN EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN	PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON DESVIACION QUEBRADA LA VIBORA LOCALIZACION PLANTA Y CORTES	ESCALAS: INDICADAS FECHA: DICIEMBRE 1982 REFERENCIA: DH - 31 PL. No. 13



CONVENCIONES

Cubrimiento Cartografía existente en escala 1: 5,000

Cubrimiento Cartografía existente en escala 1: 10,000

Cubrimiento Cartografía restituida durante el estudio escala 1: 5000

117-III-A-4-d — Numeración correspondiente a nomenclatura del IGAC. escala 1: 5, 000

117-I-C-4 — Numeración correspondiente a nomenclatura del IGAC. escala 1: 10,000

(2) — Numeración planos restituidos por Sadec.

No de vuelo / No de fotografías: C-1922-26-79 — Linea de vuelo.

Presa

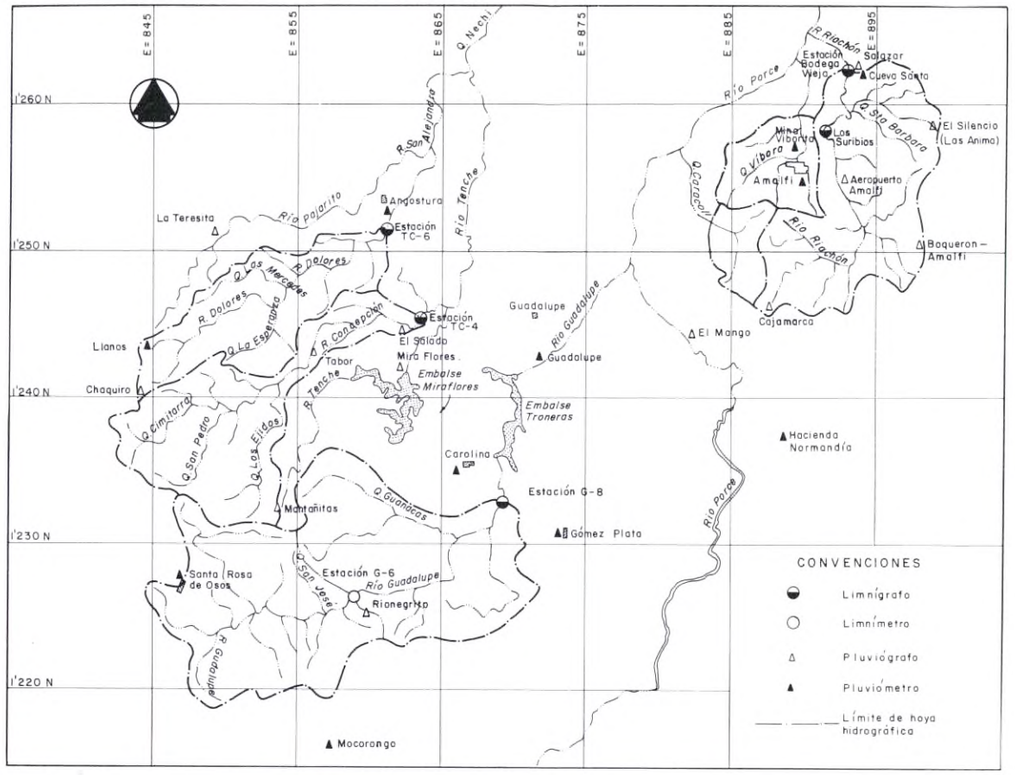
Túnel de conducción

0 1 2 3 4 5 Km.

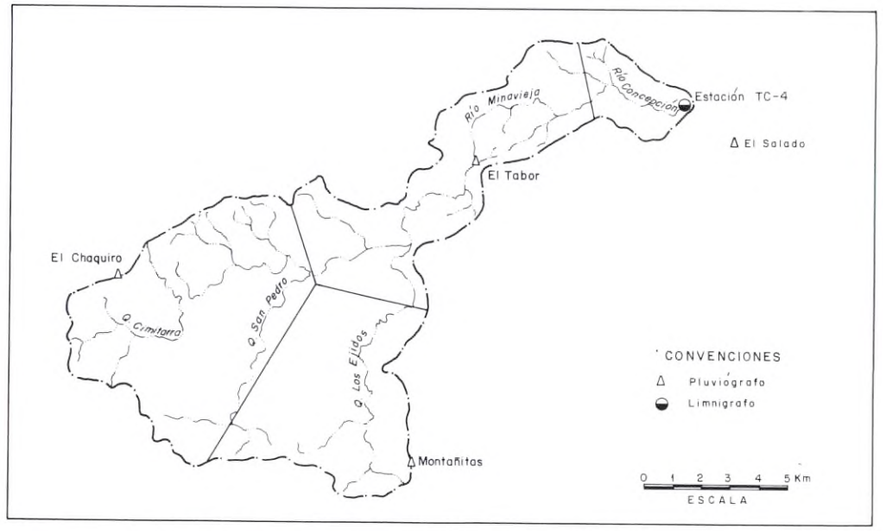
ESCALA

NOTAS:
-Esquema tomado con base en la cartografia 1: 25.000 del IGAC.

APROBO: R. Oñoro	INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA. Ingenieros Consultores	EEPP MEDELLIN	PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON	ESCALA: Indicada	FECHA: DICIEMBRE 1982
REVISO: M.M. Uribe		EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN	PLANO INDICE DE CARTOGRAFIA	REFERENCIA: T-01	PL. No. 14
DIBUJO: R. H. Jamaica					
DISEÑO: M.M. Uribe					



A) HOYAS HIDROGRAFICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO
Y LOCALIZACION DE ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS EXISTENTES



B) POLIGONOS DE THIESSEN CUENCA RIO CONCEPCION-ESTACION TC-4
FIGURA No 1

LOCALIZACION DE SITIOS DE AFORO
FIGURA No 2

CONVENCIONES

- Limnígrafo y aforos de caudal
- Mira fluviométrica y aforos de caudal
- Aforos de caudal

NOTAS:
Las coordenadas estan dadas en miles.
Esquema tomado con base en la cartografía 1:25000 del IGAC.

APROBO:	R. Oñoro
REVISO:	G. Cortes
DIBUJO:	M. H. Rojas
DISEÑO:	J. Corredor

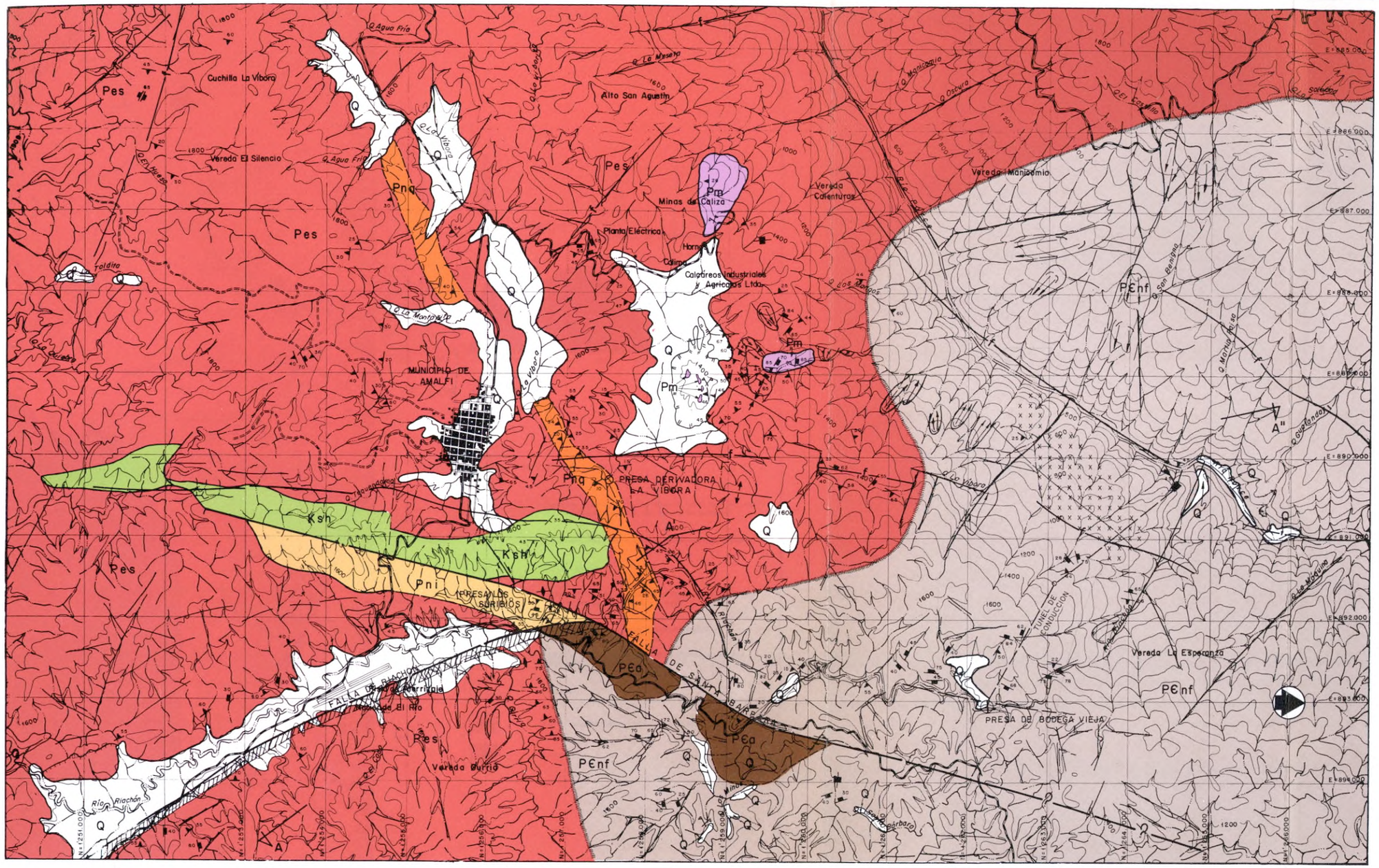
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA.
Ingenieros Consultores

EEPP DE MEDELLIN
EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

LOCALIZACION DE ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS Y SITIOS DE AFORO

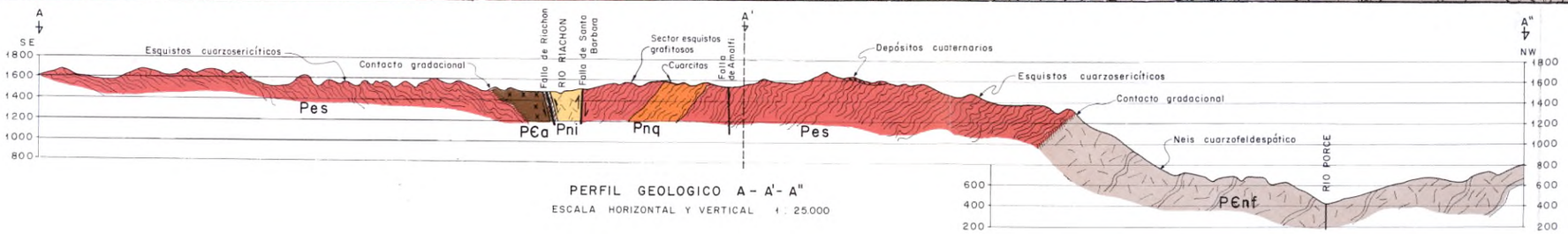
ESCALA: Indicada
FECHA: DICIEMBRE 1982
REFERENCIA:
PL. No. 15



CONVENCIONES

Cuaternario	Q	Cuaternario sin diferenciar: comprende: depósitos aluviales, coluviones y flujos de lodo.
Cretáceo	Ksh	Formación San Pablo: comprende shales negros fosilíferos y areniscos conglomeraticos a la base.
Paleozoico	Pni	Neis intrusivo de composición cuarzo feldespático.
	Pes	Esquistos cuarzo micáceos, cuarzo grafiticos, sericiticos y cuarcitas.
	Pnq	Cuarcitas.
	Pm	Mármoles.
Precámbrica	PЄnf	Neises migmatíticos, cuarzofeldespático y cuarzo micaceos.
	PЄa	Anfibolitas.

- Falla principal
- Falla incierta
- Falla secundaria
- Alineamientos
- Fracturas
- Zona de influencia de la falla
- Contacto Geológico Definido
- Contacto Geológico aproximado
- Contacto Geológico gradacional
- Eje anticlinal
- Eje sinclinal
- Foliación inclinada
- Foliación vertical
- Diaclasa inclinada
- Diaclasa vertical
- Rumbo y buzamiento de estratos
- Frente erosivo y zona inestable
- Estdo actual de excavación de mina
- Zona de meteorización madura
- Deslizamientos: Activo / Inactivo
- Sitio de Presa
- Tuneles



PERFIL GEOLOGICO A - A' - A"

ESCALA HORIZONTAL Y VERTICAL 1 : 25.000

0 0.5 1.0 1.5 2.0 Km.

Escala

NOTAS:

1. Plano con base en la cartografía escala 1 : 25.000 del I.G.A.C.
2. Se utilizó la información geológica de Ingeominas (1.972) como base para el presente trabajo.

APROBO:	R. Oñoro
REVISO:	R. Alvarez
DIBUJO:	J. León
DISEÑO	G. Forero C. Bolívar

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA.
Ingenieros Consultores

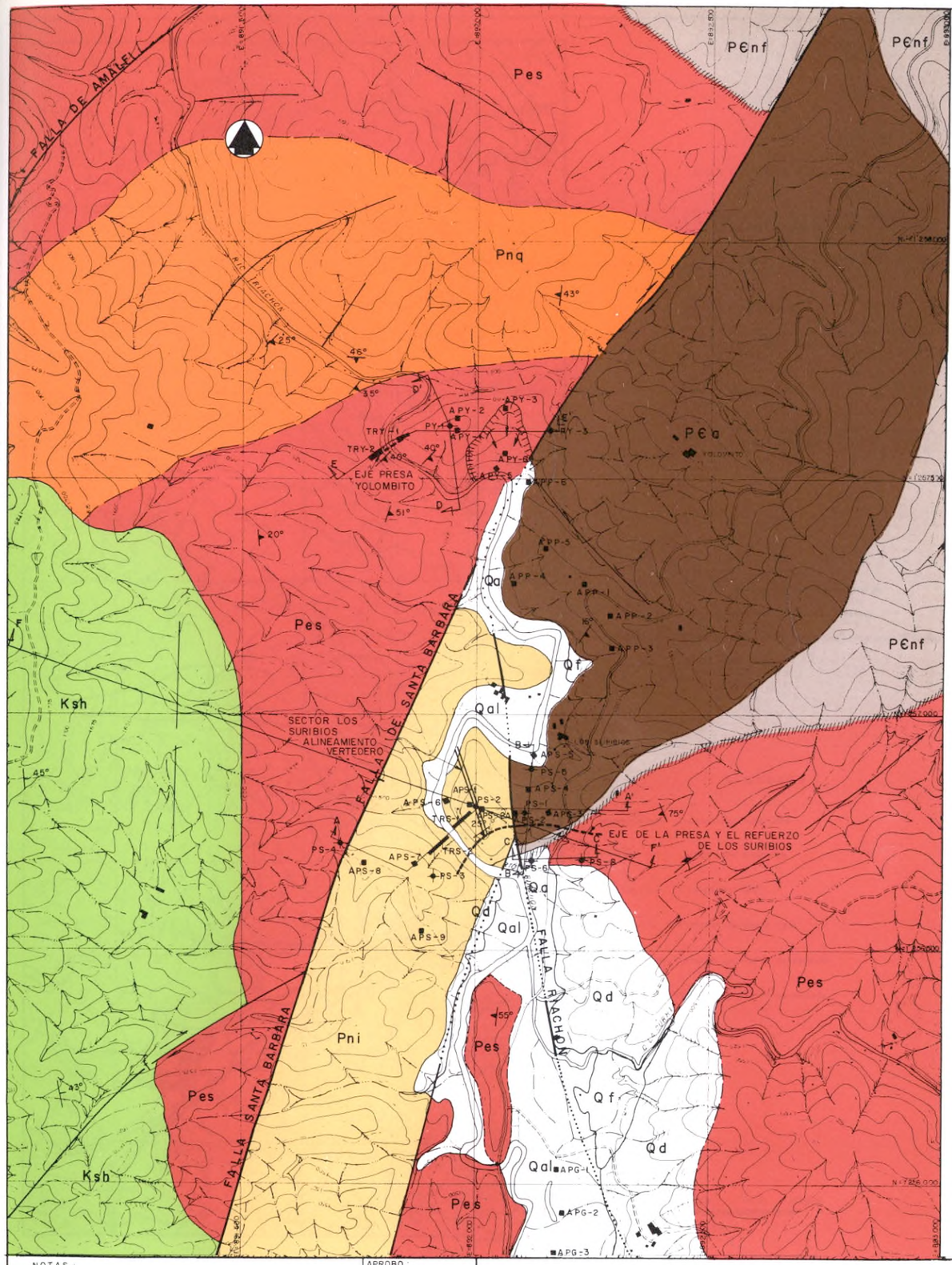
EEPP DE MEDELLIN

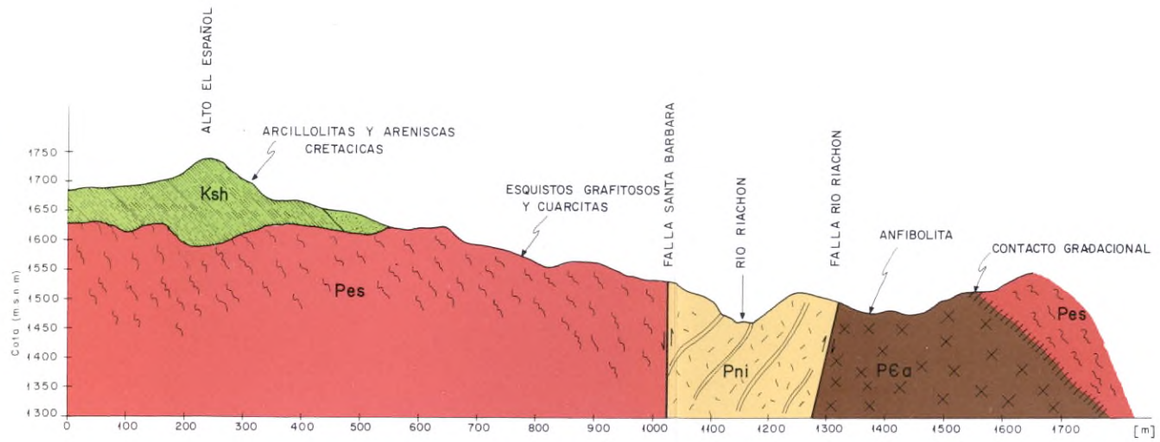
EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

GEOLOGIA GENERAL

ESCALA:	1: 25000
FECHA:	DICIEMBRE 1982
REFERENCIA:	GS - 01
PL. No.	16





PERFIL F – F' DE LA ZONA DE LOS SURIBIOS

ESCALA 1:5000

SIMBOLOS

- Falla principal
- Falla cubierta
- Falla secundaria
- Alineamientos
- Fracturas
- Contacto geológico definido
- Contacto geológico apróximado
- Contacto geológico gradacional
- Deslizamiento activo
- Frente erosivo y zona inestable
- Foliación inclinada (15°)
- Foliación Vertical
- Diaclasa inclinada (75°)
- Diaclasa Vertical
- Rumbo y buzamiento de estratos (45°)
- Perforación ejecutada
- Trinchera ejecutada
- Apique ejecutado

CONVENCIONES

CUATERNARIO	Qal	Depósitos aluviales; incluyen terrazas, conos aluviales, depósitos del cauce actual y de las llanuras de inundación
	Qd	Coluviones, depósitos de ladera y depósitos de pie de monte
	Qf	Flujos de lodo
CRETACEO	Ksh	Formación San Pablo: Comprende Shale negros, fosilíferos y areniscas conglomeráticas a la base.
PALEOZOICO	Pni	Neis intrusivo de composición cuarzo feldespática
	Pes	Esquistos cuarzo micáceos, cuarzo grafíticos, sericíticos y cuarcitas
	Pnq	Cuarcitas
PRECAMBRICO	PЄnf	Neises migmatíticos, cuarzo feldespáticos y cuarzo micáceos
	PЄa	Anfibolita

0 100 200 300 400 m.

ESCALA

NOTAS:

APROBO:	R. Oñoro
REVISO:	R. Alvarez
DIBUJO:	R.H. Jamaica
DISEÑO:	G. Forero C. Bolívar

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA.
Ingenieros Consultores

EEPP DE MEDELLIN — EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

GEOLOGIA ZONA DE LOS SURIBIOS

ESCALA:	FECHA:
INDICADAS	DICIEMBRE/82
REFERENCIA: GS – 06	PL. No 17

CONVENCIONES

Cuaternario	Qa	Cuaternario sin diferenciar comprende: depósitos aluviales, coluviones y flujos de lodo.
Cretáceo	Ksh	Formación San Pablo: Shales negros con algo areniscas y conglomerados.
Paleozoico	Pni	Neis intrusivo.
	Pes	Esquistos cuarzo micáceos, cuarzo grafíticos y esquistos sericíticos.
	Pnq	Cuarcitas.
	Pm	Mármoles.
Precámbrica	PЄnf	Neises migmatíticos, cuarzo feldespáticos y cuarzo micáceos.
	PЄa	Anfibolita

▨	Zonas de préstamos de materiales granulares.
▨	Zonas de préstamos de materiales limosos.
▩	Zonas de préstamos de enrocado y material para triturado.
■	Apique realizado.

SIMBOLOS

—?—	Lineamiento indefinido
— — —	Lineamiento moderado.
- - - - - - -	Lineamiento débil.
～	Contacto geológico neto.
～	Contacto geológico gradacional.
- - - - - -	Contacto geológico aproximado.
⚒	Minas.

0 250 500 1000 1500 m.

ESCALA

NOTAS:

- Plano con base en la cartografía escala 1:25.000 del IGAC.

APROBO: R. Oñoro

REVISO: A. González

DIBUJO: M.M. Rodríguez

DISEÑO: G. Angel G. Pabón

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA.
Ingenieros Consultores

EEPP DE MEDELLIN

EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

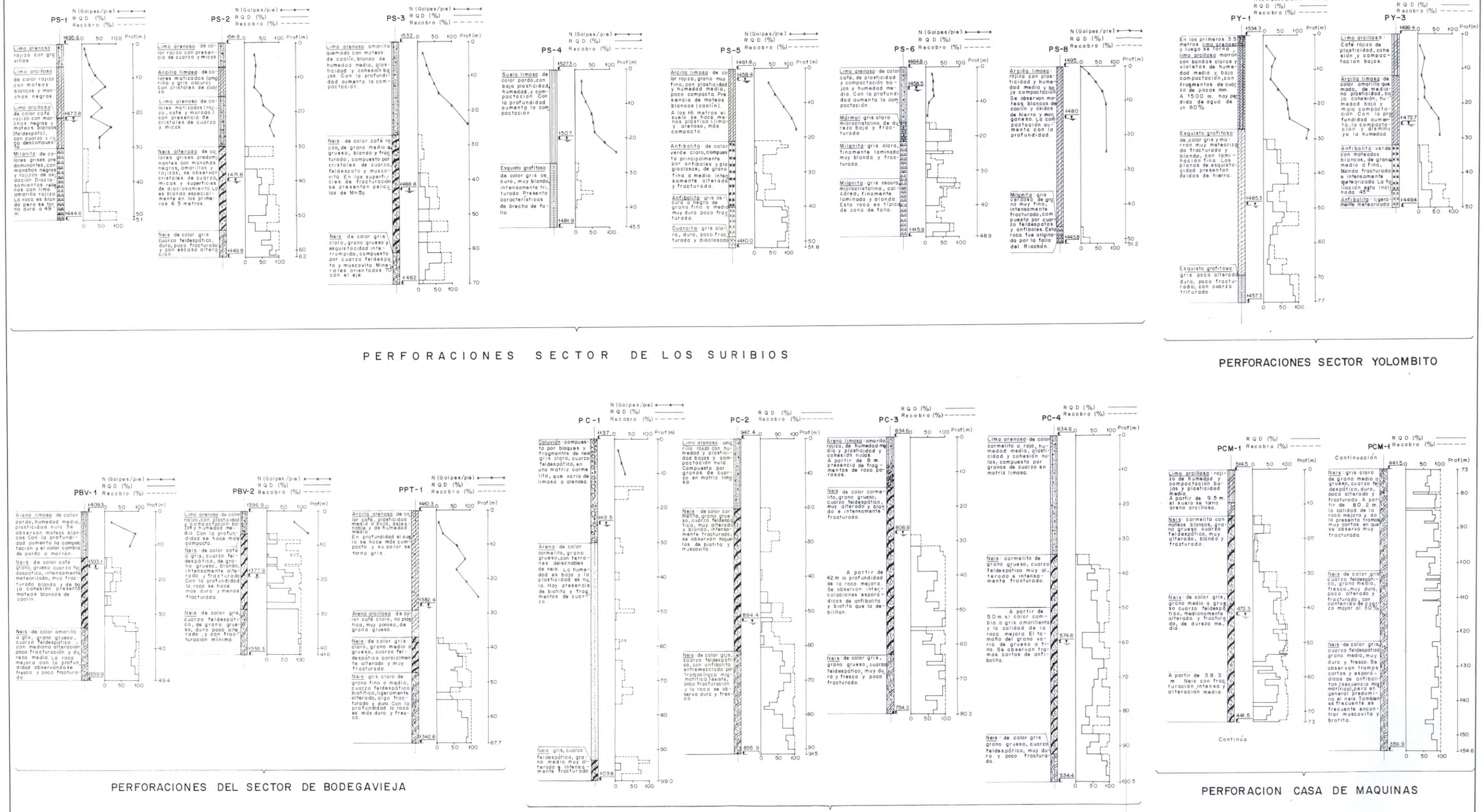
FUENTES DE MATERIALES PARA CONSTRUCCION

ESCALA: INDICADA

FECHA: DICIEMBRE DE 1982

REFERENCIA: GS-05

PL. No. 18



NOTAS:

Cotas en m.s.n.m.

En los tramos en que no aparecen gráficados el RQD o el Recobro, sus valores son 0 (cero).

APROBO:	R. Oñoro
REVISO:	R. Alvarez
DIBUJO:	M. H. Rojas
DISEÑO:	G. Pabón

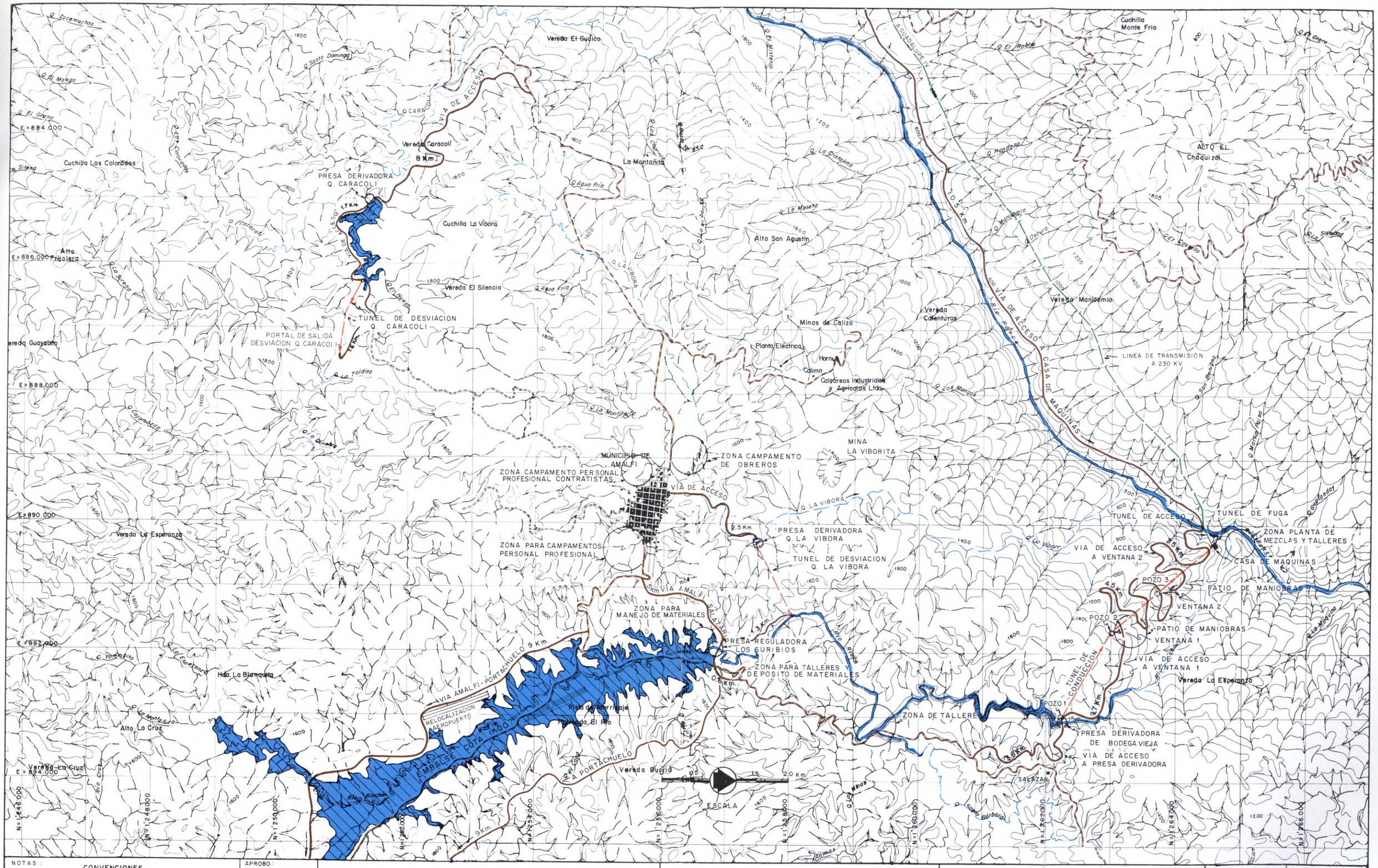
INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA.
Ingenieros Consultores

EEPP DE MEDELLIN — EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

REGISTROS LITOLOGICOS RESUMIDOS DE LAS PERFORACIONES

ESCALA:	INDICADA
FECHA:	DICIEMBRE 1982
REFERENCIA:	
PL. No.	19



NOTAS:

CONVENCIONES
- LINEA DE TRASMISION
- CARRETERA ACTUAL SIN PAVIMENTAR
- CARRETERA POR CONSTRUIR
- PRESA
- TUNEL
- POZO

Plano con base en la cartografía escala 1:25.000 del IGAC.

APROBO:	R. Oñoro
REVISO:	J. Moro
DIBUJO:	M.M. Rodríguez
DISEÑO:	R. Lozano

INGENIERIA E HIDROSISTEMAS LTDA. - CANOGU LTDA.
Ingenieros Consultores

EEPP MEDELLIN
EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN

PROYECTO HIDROELECTRICO DE RIACHON

VIAS DE ACCESO Y OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

ESCALA:	FECHA: DICIEMBRE 1982
REFERENCIA: IV - 06	PL. No. 20